

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**MADEIRA SERRADA NA REGIÃO SUL DO
ESPÍRITO SANTO:
COMERCIALIZAÇÃO E PROPRIEDADES**

LUCELIO PIETRALONGA LOVATTI

**ALEGRE,
ESPÍRITO SANTO – BRASIL
MARÇO - 2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**MADEIRA SERRADA NA REGIÃO SUL DO
ESPÍRITO SANTO:
COMERCIALIZAÇÃO E PROPRIEDADES**

LUCELIO PIETRALONGA LOVATTI

Orientador: José Tarcísio da Silva Oliveira
Co-orientadores: Marcelo Nogueira e Nilton César Fiedler

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Produção vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

**ALEGRE,
ESPÍRITO SANTO – BRASIL
MARÇO - 2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

L896m Lovatti, Lucelio Pietralonga, 1981-
Madeira serrada na região sul do Espírito Santo: comercialização e propriedades / Lucelio Pietralonga Lovatti. – 2008.
118 f. : il

Orientador: José Tarcísio da Silva Oliveira.
Co-Orientador: Marcelo Nogueira, Marcelo Nogueira.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo,
Centro de Ciências Agrárias.

1. Madeira serrada – Espírito Santo (Estado). 2. Madeira – Efeito da umidade. 3. Propriedade. 4. Higrometria. 5. Controle de umidade. 6. Madeira serrada - comércio. I. Oliveira, José Tarcísio da Silva. II. Nogueira, Marcelo. III. Fiedler, Nilton César. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

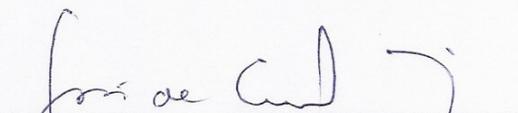
CDU: 63

MADEIRA SERRADA NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO: COMERCIALIZAÇÃO E PROPRIEDADES

LUCELIO PIETRALONGA LOVATTI

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Produção vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

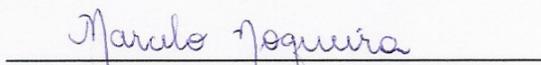
Aprovada: 26 de março de 2008



Prof. Dr. José de Castro Silva
Universidade Federal de Viçosa



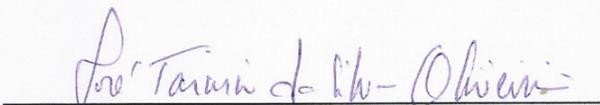
Prof. Dr. José Franklin Chichorro
Centro de Ciências Agrárias - UFES



Prof. Dr. Marcelo Nogueira
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Co-orientador)



Prof. Dr. Nilton César Fiedler
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Co-orientador)



Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira
Centro de Ciências Agrárias - UFES
(Orientador)

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Zélia Maria Pietralonga Lovatti, pelo apoio durante toda a minha formação.

Aos meus tios, Alfredo Lovatti e Gelcia Cerqueira Lovatti, pelo apoio incondicional durante todo o curso de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo pelo oportunidade de realização deste trabalho.

A Secretaria de Inclusão Social do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, pelo apoio ao projeto CVTEM - ES na aquisição de equipamentos imprescindíveis à realização da parte experimental deste trabalho.

A Fundação Ceciliano Abel de Almeida - FCCA, pela oportunidade de trabalho no projeto CVTEM – ES.

À Pesquisadora Maria José de Andrade Casimiro Miranda, responsável pelo Laboratório da Madeira e Produtos Derivados (LMPD), do Centro de Tecnologia de Recursos Florestais (CT - Floresta), do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT), pelo trabalho de identificação de parte das amostras de madeira.

Aos professores José Tarcísio da Silva Oliveira, Marcelo Nogueira e Nilton César Fiedler, pela amizade, ensinamento e orientação.

Aos professores José de castro Silva e José Flanklim Chichorro pela participação da comissão de defesa e importantes sugestões apresentadas para a melhoria do trabalho.

Ao marceneiro Elecy Palácio Constantino e ao funcionário do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM), José Geraldo da Silva Oliveira, pela ajuda na confecção dos corpos-de-prova.

BIOGRAFIA

LUCELIO PIETRALONGA LOVATTI, filho de Darcy Lovatti e Zélia Maria Pietralonga Lovatti, nasceu em 20 de fevereiro de 1982, no Município de Iconha, ES.

Cursou o segundo grau na Escola de Primeiro e Segundo Grau de Rio Novo do Sul, ES.

Ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo em 2001, graduando-se Engenheiro Florestal em fevereiro de 2006.

Em março de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Produção Vegetal, na Universidade Federal do Espírito Santo, concluído em março de 2008.

CONTEÚDO

	RESUMO.....	viii
	ABSTRACT.....	ix
1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	Histórico da exploração florestal no Brasil.....	3
2.2	O setor florestal brasileiro.....	6
2.2.1	Cadeias produtivas.....	9
2.3	O setor florestal no Espírito Santo.....	10
2.4	Propriedades físicas da madeira.....	11
2.4.1	Massa específica aparente.....	12
2.4.2	Retratibilidade da madeira.....	14
2.4.3	Teor de umidade da madeira.....	17
2.5	Equilíbrio higroscópico da madeira.....	19
3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

CAPÍTULO 1	COMERCIALIZAÇÃO DA MADEIRA SERRADA NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO.....	26
	RESUMO.....	26
	ABSTRACT.....	27
1	INTRODUÇÃO.....	28
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1	Obtenção de dados.....	30
2.2	Coleta de material e identificação botânica.....	31
2.3	Teor de umidade da madeira.....	32
2.4	Agrupamento das espécies.....	32
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.1	Identificação botânica das madeiras.....	37
3.1.1	Nomes utilizados na comercialização das madeiras.....	39
3.1.2	Grau de comercialização das espécies.....	41
3.2	Procedência da madeira.....	43
3.3	Forma de aquisição.....	45
3.4	Critério de escolha das espécies de madeira.....	45
3.5	Grau de processamento.....	46
3.6	Padronizações das dimensões.....	47
3.7	Padronização da qualidade quanto à classificação visual.....	48
3.8	Condições de umidade da madeira comercializada.....	50
3.9	Agrupamento das madeiras identificadas de acordo com o uso final na construção civil habitacional.....	53
4	CONCLUSÕES.....	58
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
CAPÍTULO 2	COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO	62
	RESUMO.....	62
	ABSTRACT.....	63
1	INTRODUÇÃO.....	64

2	MATERIAL E MÉTODOS.....	66
2.1	Ensaio de sorção.....	66
2.2	Estimativa do teor de equilíbrio higroscópico através de equações da literatura.....	68
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
3.1	Ensaio de sorção.....	70
3.2	Estimativa da umidade de equilíbrio da madeira utilizando equações da literatura.....	78
4	CONCLUSÕES.....	81
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
CAPÍTULO 3 RETRATIBILIDADE DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES E SUAS RELAÇÕES COM O TEOR DE UMIDADE E ORIENTAÇÃO DA GRÃ		84
	RESUMO.....	84
	ABSTRACT.....	85
1	INTRODUÇÃO.....	86
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	88
2.1	Estabilidade dimensional e massa específica aparente.....	88
2.2	Retratibilidade em diferentes ângulos das fibras.....	91
3	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	93
3.1	Massa específica aparente básica e estabilidade dimensional.....	93
3.2	Relação entre retratibilidade e teor de umidade da madeira.....	96
3.3	Efeito da inclinação da grã na retratibilidade da madeira.....	102
4	CONCLUSÕES.....	105
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

LOVATTI, Lucelio Pietralonga, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, Março de 2008. **Madeira serrada na região Sul do Espírito Santo: comercialização e propriedades**. Orientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira. Co-orientadores: Prof. Dr. Nilton César Fiedler e Prof. Dr. Marcelo Nogueira.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo geral obter informações referentes à comercialização e propriedades físicas das madeiras serradas comercializadas na região Sul do Estado do Espírito Santo. Foram visitadas dezessete madeiras e coletadas amostras, bem como aplicado um questionário para obtenção das informações. Através da anatomia do lenho, foram identificadas quarenta espécies sendo comercializadas na forma serrada, provenientes principalmente da região Amazônica. Referente às informações gerais coletadas, se pode destacar, o não uso de especificações técnicas estabelecidas por entidades normalizadoras, tanto para o dimensionamento das peças quanto para a qualidade em relação a defeitos e problemas com a secagem das madeiras, as quais são comumente comercializadas verdes. Para as principais espécies, estudou-se o comportamento higroscópico em diversas condições de umidade relativa do ar e as relações entre retratibilidade e o teor de umidade da madeira. As madeiras utilizadas no estudo acerca do comportamento higroscópico e da retratibilidade são provenientes do comércio da região e também do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. Para as curvas de sorção, observou-se que cada espécie possui características próprias, o que significa um comportamento diferenciado entre as madeiras nas diversas condições de umidade relativa do ar. Em relação à retratibilidade com a variação no teor de

umidade das amostras, observou-se que as contrações volumétrica, radial e tangencial, não variam exponencialmente com a perda de água pela madeira.

Palavras-chave: madeira serrada, equilíbrio higroscópico, retratibilidade.

LOVATTI, Lucelio Pietralonga, M.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo, March of 2008. **Sawn wood in the South area of the Espírito Santo State: commercialization and properties.** Adviser: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira. Co-adviser: Prof. Dr. Nilton César Fiedler e Prof. Dr. Marcelo Nogueira.

ABSTRACT

This research had as general objective to obtain information regarding commercialization and physical properties of the sawn wood marketed in the South area of the Espírito Santo State. Seventeen wood deposits were visited and collected samples, as well as applied a questionnaire for obtaining of the information. Through the anatomy of the log forty species being marketed as sawn coming mainly of the Amazonia area were identified. Regarding the collected general information, it can highlight, there are no one use of technical specifications established by entities of normalization, so much for the dimensioning of the pieces as for the quality in relation to defects and problems with the drying of the wood, which are commonly marketed green. The behavior hygroscopic in several conditions of relative humidity of the air and the relationships between retratibility and the moisture content of the wood for the main species was studied. The wood used in the study concerning of the behavior hygroscopic and of the retratibility are deriving from the trade of the area and also of the Laboratório de Ciências da Madeira (LCM) of the Departamento de Engenharia Florestal of the Univercidade Federal do Espírito Santo. For the sorption curves it was observed that each species possesses own a characteristic that means a differentiated behavior among the wood in the several conditions of relative humidity of the air. In relation to the retratibility with the variation in the moisture content of the samples the shrinkages volumetric, radial and tangential not vary exponentially with the loss of water by wood.

Key words: sawn wood, equilibrium moisture content, retratibility.

1 – INTRODUÇÃO GERAL

A utilização da madeira de forma sustentável poderá trazer uma série de benefícios às gerações atuais e futuras.

Em todo o desenvolvimento da humanidade, a madeira contribuiu de forma decisiva nos diversos avanços alcançados pelo homem, como na construção dos navios, que permitiram a expansão da civilização europeia, e na fabricação de papel, condição importante na divulgação de conhecimentos (ZENID, 1997).

Apesar do grande avanço tecnológico ter propiciado o surgimento de uma série de materiais, como, por exemplo, o alumínio e o plástico, a madeira ainda é um material muito utilizado pela humanidade, principalmente onde ela é um material insubstituível, como os dormentes utilizados para a construção de ferrovias, entre outras aplicações. Segundo Zenid (1997), a madeira ainda desempenha um papel muito importante em vários segmentos econômicos, como o da construção civil e do mobiliário.

A produção sustentável das florestas nativas, embasada no manejo florestal, e os plantios florestais, fazem com que a madeira se distinga dos demais materiais. Através de modernas técnicas silviculturais empregadas nos reflorestamentos, pode-se obter alterações na madeira que determinam o uso final mais adequado de acordo com o manejo.

Atualmente, a madeira é amplamente utilizada na construção civil, fabricação de papel, energia, transposição de obstáculos (pontes, viadutos, passarelas para pedestres), na indústria de embalagens, na indústria moveleira, meios de transporte, artigos esportivos, entre outros. O beneficiamento da madeira consome menos energia do que outros materiais. Segundo Oliveira (1997), a quantidade de energia

para produzir uma tonelada de madeira é de 1.000 Kwh, o aço requer por volta de 4.000 Kwh e o alumínio, por volta de 70.000 Kwh.

As árvores em desenvolvimento absorvem dióxido de carbono da atmosfera através da fotossíntese, produzindo oxigênio e glicose. Dessa forma, as florestas e os produtos de madeira mantêm carbono em sua composição, contribuindo para atenuar o efeito estufa. Do total da biomassa de uma árvore, podemos dizer que 50% são constituídas por carbono.

Além desses aspectos, as florestas oferecem ainda bens e serviços de diversas naturezas à sociedade, como produção de água, regularização de vazão, controle de cheias, prevenção de erosão, conservação de solo, proteção da vida silvestre, oportunidades para a promoção da caça e da pesca, recursos paisagísticos e impactos no clima, na poluição e na produção agrícola (SCHETTINO, 2000).

Koch (1992) analisou o impacto da redução do corte de madeira das florestas da região de Washington, Oregon e Califórnia nos Estados Unidos, com a conseqüente substituição de produtos estruturais de madeira, por materiais não renováveis como aço, alumínio, concreto, tijolos e plásticos. Nessa análise, o autor mostra um aumento significativo do consumo global de energia, com variação de 25 a 141 milhões de barris de óleo anualmente, e conseqüente adição de dióxido de carbono na atmosfera variando de 11 a 62 milhões de toneladas ao ano, dependente do grau de redução da exploração de madeira a ser adotado. Ainda afirmando tal impacto, o autor diz que o excedente em óleo necessário a tais medidas, poderia operar anualmente uma frota de 11 milhões de automóveis.

Segundo Barros e Veríssimo (1996), estimativas indicam que a Amazônia brasileira abriga recursos florestais imensos, ou seja, um terço das florestas tropicais do planeta e um volume estimado em 60 bilhões de metros cúbicos de madeira em tora.

A conscientização da importância das florestas para o planeta e a busca de conhecimentos sobre a utilização das florestas plantadas e, sobretudo as nativas, certamente contribuem para a preservação e conservação dos remanescentes florestais.

O objetivo geral desta pesquisa foi obter informações referentes às espécies de madeira serradas comercializadas na região Sul do Espírito Santo, quanto à comercialização e suas propriedades.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Histórico da exploração florestal no Brasil

A exploração das florestas no Brasil começou logo após o seu descobrimento, e sabe-se que a utilização dos produtos florestais começou com o pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) e constitui-se no primeiro ciclo econômico do Brasil colônia.

De acordo com Souza (1947), a exploração das florestas no Brasil talvez tenha começado até antes, através de relatos das navegações de Sancho Brandão, em 1343, até às de Pinzon, em janeiro de 1500, além das cartas geográficas anteriores à viagem de Cabral. Segundo o mesmo autor, Américo Vespúcio, em 1501, e Gonçalo Coelho, em 1503, levaram para a coroa portuguesa muita madeira cor de brasa (Ibira-pitanga – pau vermelho, na língua indígena) e, daí, o nome de Brasil, madeira essa que se tornou logo um importante artigo de comércio, cujo monopólio o Rei conferiu ao aventureiro Fernão de Noronha, que só no ano de 1511 retirou 5.000 toras que foram embarcadas na nau Bretoa, para Portugal.

Já em 1605, foi baixado o regulamento do pau-brasil, proibindo terminantemente a sua exploração por particulares (SOUZA, 1947). Em 1799, a Rainha de Portugal mandava reservar, como sendo da coroa real, todas as matas e arvoredos à borda da costa ou de rios navegáveis, das antigas Sesmarias. Essa medida era extensiva às Capitanias da Paraíba, Bahia e Rio Grande do Sul.

Explorado ao extremo, para uso como corante e construção de navios, o pau-brasil praticamente desapareceu das matas nativas. Estima-se que cerca de setenta milhões de exemplares tenham sido enviados para a Europa (MEDEIROS, 2006).

A base da economia portuguesa era essencialmente agrícola. De início, a extração da madeira pau-brasil; em seguida, o plantio intensivo de cana-de-açúcar. De acordo com o MMA (2002), o desmatamento no início do século XVI na costa brasileira estava ligado ao cultivo da cana-de-açúcar e movimentação dos engenhos. Deslocou-se depois para o interior do país, com o ciclo da mineração iniciado no século XVIII, fornecendo madeira para as minas e abrindo espaço para a pecuária, que ia se instalando a reboque da mineração, como fonte de suprimento de carne a mão-de-obra envolvida nesse ciclo (MMA, 2002).

Ocupada a costa brasileira, o desmatamento expandiu-se em direção ao sudeste, com a implantação da cafeicultura, ocupando principalmente terras do

Estado do Rio de Janeiro, o Vale do rio Paraíba e o planalto paulista, avançando finalmente em direção às terras férteis do norte do Estado do Paraná. Expandiu-se depois para o sul, atrelado ao ciclo da exploração das ricas florestas de *Araucaria* (MMA 2002). Conforme Zenid (1997), foi na segunda metade do século XIX, com o estabelecimento de colonos europeus em Santa Catarina, Rio Grande do Sul e, posteriormente, no Paraná, que se iniciou o processo de exploração das extensas reservas de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze.), e que marcou o surgimento da indústria de madeira serrada brasileira.

Zenid (1997) afirma que, no início do século XIX, a madeira não estava entre os principais produtos exportados pelo País e que o pau-brasil era a única espécie que contribuía com volumes regulares. Esse autor menciona que essa pequena participação persistiu ao longo de todo o século XIX e ilustra com valores de 2673 toneladas, para 1839 e 1840, e de 28636 toneladas para 1871 e 1872.

A despeito da disponibilidade de grandes reservas florestais e do início da produção de madeira serrada de pinho, as duas primeiras décadas do século passado foram marcadas pela importação significativa de madeiras serradas e beneficiadas, do hemisfério norte, para atender à demanda das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (ZENID, 1997).

A exploração do pinho-do-paraná iniciou-se, com maior intensidade, a partir de 1909, com a instalação da empresa estadunidense '*Southern Brazil Lumber and Colonization Company*' – a maior serraria da América Latina, que se estabeleceu no Estado de Santa Catarina e recebeu do governo brasileiro a concessão de quinze quilômetros de cada margem da ferrovia São Paulo - Rio Grande; o equivalente a uma área de 3.248 km² (WOLOSZ, s.d).

O pinho-do-paraná foi conquistando definitivamente o mercado interno e passou a comandar as exportações brasileiras de madeira serrada (ZENID, 1997). Em 1941, criou-se o Instituto Nacional do Pinho, visando estabelecer as bases para a normalização e a defesa da produção madeireira, aperfeiçoar os métodos de produção, fomentar o comércio, estabelecer um sistema de circulação da produção, distribuição, consumo, entre outros (SOUZA, 1947).

Nas décadas de 1950 e 1960, a região Sul dominou a produção brasileira de madeira serrada, tendo atingido o auge de produção nos anos de 1975 e de 1976, para, então, entrar em franco declínio de produção, em razão da exaustão de suas reservas (ZENID, 1997).

A promulgação do novo Código Florestal em 1965, a instituição do incentivo fiscal para reflorestamento, em 1966 e a criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), em 1967, marcaram a definição de uma nova política florestal brasileira, a do reflorestamento em larga escala (BRDE, 2004). Até este ponto, as florestas nativas constituíam a principal fonte de suprimento de madeira para o setor de base florestal. No entanto, a prática de manejos não sustentáveis em larga escala tem comprometido a eficiência do setor florestal brasileiro.

No primeiro momento, as florestas plantadas serviram e foram focadas na produção de fibras para papel e celulose, chapas e energia. Durante a década de 1990, houve grande expansão da área de produtos sólidos (ex: móveis) e o uso múltiplo das florestas plantadas vem crescendo desde então (AZEVEDO, 2003).

Durante os últimos vinte e cinco anos, a Amazônia se tornou a maior região produtora de madeira processada do Brasil, produzindo 75% da madeira em tora do país (NEPSTAD et al., 1999). Essa posição de destaque está relacionada à exaustão dos recursos madeireiros das regiões Sul e Sudeste do Brasil, à melhoria da infraestrutura viária, a demanda dos mercados interno e externo e a concentração de empresas madeireiras, localizadas principalmente nos Estados do Pará e Mato Grosso (GERWING & VIDAL, 2002).

O parque industrial brasileiro voltado à produção de madeira serrada (pranchas, vigas, vigotas, caibros, tábuas, sarrafos, etc.) dispõe de aproximadamente 10.000 unidades, predominando aquelas de pequeno porte (74,6% têm capacidade instalada menor do que 10.000 m³/ano e 24,7%, entre 10.000 e 30.000 m³/ano), sendo aproximadamente 60% das serrarias existentes no Brasil, localizadas nas regiões Centro-Oeste e Norte do País (SBS, 2006).

Conforme o IBAMA (2002), nas décadas de 1970/80, os incentivos fiscais concedidos para as atividades de agricultura e pecuária deram início a um extensivo processo de desmatamento na região amazônica, processo este que, mesmo cessada a concessão de incentivos, seguiu seu curso.

2.2 - O setor florestal brasileiro

O setor florestal é, sem dúvida, um dos principais segmentos da economia brasileira geradores de emprego e arrecadação tributária, oferecendo uma significativa contribuição socioeconômica para o país, conforme pode ser visto pela Tabela 1.

Tabela 1 - Indicadores sócio-econômicos da indústria de base florestal e da indústria de madeira processada mecanicamente para o ano de 2006

Indicador	Indústria de base florestal	Indústria de madeira processada mecanicamente
PIB	US\$ 37,3 bilhões (3,5% do PIB nacional)	US\$ 12,8 bilhões (1,2% do PIB nacional)
PEA (empregos)	8,5 milhões (8,7% da PEA nacional)	2,1 milhões (2,2% da PEA Nacional)
Capacidade de Geração de Empregos (a cada R\$ 10 milhões investidos)	352 empregos diretos; 374 indiretos e; 565 efeito-renda. Total = 1.291	293 empregos diretos; 219 indiretos e; 294 efeito-renda. Total = 806
Consumo de Energia Elétrica	12.158 GW.h (3,5% da energia elétrica consumida pelo país)	3.126 GW.h (menos de 1% da energia elétrica consumida pelo país)
Arrecadação Tributária	US\$ 5,2 bilhões (1,4% do total da arrecadação nacional)	US\$ 2,2 bilhões (0,6% do total da arrecadação nacional)
Exportação	US\$ 8,5 bilhões (6,2% do total da exportação)	US\$ 3,7 bilhões (2,7% do total da exportação)
Superávit	US\$ 6,8 bilhões (14,6% do superávit nacional)	US\$ 3,6 bilhões (8,5% do superávit nacional)
Investimentos Esperados	US\$ 18 bilhões (perspectiva até 2014)	US\$ 5 bilhões (perspectiva até 2014)

Fonte: ABIMCI (2007).

De acordo com a ABIMCI (2007), o setor florestal proporciona a fixação do homem no interior, exerce uma importante influência na balança comercial, causando um forte impacto na geração de renda, impostos e divisas, além de colaborar ativamente para a preservação ambiental.

O Brasil é o país com a maior área de floresta tropical do mundo, com aproximadamente 65% do seu território (5,5 milhões de km²), ainda, detendo algum tipo de cobertura florestal. Em nossas florestas, encontra-se a maior biodiversidade

de espécies e ecossistemas do planeta e, são elas que protegem a circulação de 20% de água doce disponível no mundo (AZEVEDO, 2003). A composição da floresta natural é dada pelas florestas densas, florestas abertas e outras formas de vegetação natural.

Dos 8,5 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro, aproximadamente, 63,7% são cobertos por florestas nativas, 23,2% ocupados por pastagens, 6,8% agricultura, 4,8% pelas redes de infra-estrutura e áreas urbanas, 0,9% culturas permanentes e apenas 0,6% abrigam florestas plantadas (ABRAF, 2006). Em relação às áreas plantadas, as principais espécies são do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. A Tabela 2 apresenta a área de floresta plantada com pinus e eucalipto no ano de 2006 por Estado.

Tabela 2 - Área total de floresta existente plantada com pinus e eucalipto no Brasil, até o ano de 2006 (em ha)

Estado	Pinus	Eucalipto	Total
Minas Gerais	152.000	1.083.744	1.235.744
São Paulo	146.474	816.880	963.354
Paraná	686.453	121.908	808.361
Santa Catarina	530.992	70.341	601.333
Bahia	54.820	540.172	594.992
Rio Grande do Sul	181.378	184.245	365.623
Espírito Santo	4.408	207.800	212.208
Mato Grosso do Sul	28.500	119.319	147.819
Pará	149	115.806	115.955
Maranhão	-	93.285	93.285
Amapá	20.490	58.473	78.963
Goiás	14.409	49.637	64.046
Mato Grosso	7	46.146	46.153
Outros	4.189	41.392	45.581
Total	1.824.269	3.549.148	5.373.417

Fonte: ABRAF (2007).

Além do eucalipto e do pinus, podem ainda ser destacadas, como espécies de importância, a acácia (*Acacia* sp.), a teca (*Tectona grandis*) e a seringueira (*Hevea brasiliensis*). Araucária (*Araucaria angustifolia*) e populus (*Populus* sp.) são outras espécies plantadas utilizadas pelo setor madeireiro, todavia, em menores proporções. Pela Tabela 3, tem-se a área com as principais espécies plantadas no Brasil, além do pinus e eucalipto.

Tabela 3 - Área de florestas plantadas com outras espécies no Brasil (2005 e 2006)

Espécie	Área em 2005 (ha)	Área em 2006 (ha)
Acácia	178.377	184.363
Seringueira	67.964	81.312
Teca	50.000	42.496
Araucaria	24.235	18.275
Populus	5.600	2.972
Paricá	n.i.	41.100
Total	326.176	370.518

Fonte: ABRAF (2007).

Apesar da pequena área, de acordo com a ABRAF (2006), o setor de florestas plantadas, integrado às diversas cadeias industriais de transformação da madeira, ocupa atualmente lugar de destaque entre os diferentes segmentos industriais nacionais, tendo em vista os indicadores, como geração de renda, arrecadação de tributos, mão-de-obra empregada e geração de divisas.

O comércio internacional de produtos florestais movimenta no mundo inteiro US\$ 290 bilhões/ano, sendo que os principais países nesse riquíssimo segmento são Canadá, com 20,5%; Estados Unidos, com 11,6%; e Finlândia com 7,6% (RENAI, 2003). Conforme o mesmo autor, o Brasil, apesar de suas dimensões continentais, 539 milhões de hectares de floresta, atrás apenas da Rússia com 834 milhões de hectares de floresta, fica em 8º lugar, com apenas 1,5% desse total.

As florestas naturais são a principal fonte de madeira para o processamento mecânico no Brasil, abastecendo, em especial, a indústria de construção civil e a de móveis. Das florestas naturais saem, também, lenha e carvão para produção de energia e abastecimento das siderúrgicas, além de uma ampla gama de produtos não-madeireiros, utilizados na indústria de alimentos, resinas, fitoterápicos e fitocosméticos (AZEVEDO, 2003).

É importante ressaltar, contudo, que a utilização das matas nativas pela indústria madeireira deverá ser efetivada somente quando observadas as recomendações de manejo tecnicamente sustentável e em observância aos regulamentos ambientais vigentes (REMADE, 2005).

As florestas plantadas são fontes de matéria-prima para as indústrias de papel e celulose e painéis reconstituídos de madeira, que são setores verticalizados da economia. Contribuem, também, para produção de carvão para indústria siderúrgica e de lenha para consumo industrial e doméstico, especialmente nas

regiões sudeste e sul do país. As florestas plantadas abastecem, ainda, 25% da indústria de processamento mecânico da madeira; além disso, produzem óleos essenciais (folhas de eucalipto e resina de pinus) e frutos (araucária) (AZEVEDO, 2003).

O Brasil apresenta condições naturais favoráveis ao desenvolvimento das florestas plantadas, devido às tecnologias disponíveis, mão-de-obra especializada e clima favorável. O país conta com segmentos industriais altamente competitivos, em função do rápido crescimento das plantações florestais, que atingem produtividade cerca de dez vezes superior à observada nos países líderes do mercado internacional.

As plantações de eucalipto no Brasil crescem 35 m³/ha/ano; com um intenso esforço de pesquisa, em algumas regiões brasileiras chega-se a produzir 50 m³/ha/ano, e há registros de até 70 m³/ha/ano (MEDRADO, 2006).

Destaca-se, assim, a necessidade de se ampliar as bases científicas, tecnológicas e de inovação para que o Brasil possa manter e, principalmente, ampliar esta importante vantagem que decorre de sua base de recursos naturais (principalmente solo e clima) e dos avanços genéticos e silviculturais e da indústria de transformação já alcançados (REMADE, 2005).

2.2.1 - Cadeias produtivas

Conforme Azevedo (2003), o setor florestal brasileiro pode ser dividido e analisado pelas cadeias de produção e serviços a ele associados destacando-se:

- papel e celulose – incluindo indústrias de celulose, papéis de impressão, sanitários e de embalagens;
- processamento mecânico da madeira – incluindo todo segmento de transformação da madeira sólida, remanufatura, painéis, compensados e componentes de mobiliário;
- painéis reconstituídos de madeira – incluindo indústria de chapas aglomeradas, MDF, OSB e HDF;

- energia e carvão vegetal – incluindo a indústria siderúrgica, lenha para consumo industrial e doméstico;
- resina vegetal – incluindo indústria de colas, tintas e solventes;
- fitocosméticos e fitoterápicos;
- alimentos – especialmente a indústria de alimentos energéticos, frutas, sucos e refrigerantes de guaraná.

Existe, ainda, o setor de serviços, em especial a indústria do turismo (especialmente o setor de eco-turismo), e serviços ambientais, como captação de carbono e conservação da água.

2.3 - O setor florestal no Espírito Santo

No Espírito Santo, a evolução dos investimentos no setor florestal acompanha o crescimento da atividade no Brasil. O Estado possui, atualmente, segundo a ABRAF (2007), cerca de 208.933ha de florestas plantadas, o que corresponde a 4,5% do território do Estado, sendo que 204.035ha dessas florestas são do gênero *Eucalyptus*.

O mercado de madeira, utilizada para diversos fins (celulose, fabricação de móveis, carvão, construção civil, caixotaria, entre outros), movimenta R\$ 3,5 bilhões por ano, cerca de 12% do Produto Interno Bruto (PIB) do Espírito Santo (MADEIRA TOTAL, 2007).

Somente no setor de produção, via integração produtor-indústria e plantios próprios de agricultores, estima-se que estejam envolvidas cerca de 14.000 propriedades rurais, a maioria de base familiar, que têm nessa atividade uma importante alternativa de renda, especialmente em períodos cíclicos de preços baixos do café, principal atividade agrícola do Estado (REMADE, 2005).

Analisando alguns estudos sobre o setor florestal no Espírito Santo, observa-se a sua importância no desenvolvimento socioeconômico. Tal fato pode ser comprovado através da significativa participação do setor nos indicadores, como no Produto Interno Bruto (PIB), geração de empregos, arrecadação de impostos e exportações.

Cabe, ainda, acrescentar uma particularidade desse setor: o emprego e a renda gerada ocorrem tanto no campo (trabalho florestal) quanto nas cidades (trabalho nas indústrias florestais), colaborando, assim, para a redução do êxodo rural (VALVERDE et al., 2005).

A participação do setor florestal poderá ser ainda maior num curto espaço de tempo. Estima-se que existam, na área agrícola do Estado, cerca de 600.000ha de terras degradadas, dos quais, 400.000ha estão ocupados com pastagens degradadas, com nenhuma vocação para a produção de culturas ou pecuária (REMADE, 2005). Essas áreas poderão ter, no plantio comercial de florestas, condições de aumentar a renda da propriedade rural e, ao mesmo tempo, recuperar o solo degradado e reduzir a pressão sobre os remanescentes florestais. O produtor necessita de madeira, cuja extração, na sua área de floresta nativa, tem forte restrição legal.

Conforme REMADE (2005), as condições naturais favoráveis, aliadas ao desenvolvimento tecnológico avançado da silvicultura e a outras condições privilegiadas, como localização geográfica, infra-estrutura, logística de transporte, diversificação de plantas industriais, entre outras, permitem ao Estado um elevado potencial de crescimento da atividade florestal, o que lhe assegura um papel de destaque no desenvolvimento capixaba, como um dos seus principais vetores de desenvolvimento.

2.4 - Propriedades físicas da madeira

O conhecimento das propriedades da madeira é importante para um uso racional nas diferentes formas de utilização. As propriedades físicas mais importantes e abrangidas pela MB-26 (1940) da ABNT são o teor de umidade, a retratibilidade e a massa específica aparente (densidade da madeira). Segundo Oliveira (1997), outras propriedades físicas podem ser importantes para uma utilização mais específica da madeira, como à propagação do som, eletricidade e térmicas.

Tais propriedades podem ser determinadas através de ensaios de laboratório, utilizando-se equipamentos específicos para essa finalidade, seguindo normas que determinam os métodos a serem adotados, dimensões de corpos-de-prova, etc. Dentre as normas utilizadas no mundo estão a americana ASTM (American Society for Testing Materials); a britânica BSI (British Standard

Institution); as internacionais da ISO (International Organization for Standardization); e, COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). No Brasil, destaca-se a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Segundo Araújo (2002), as propriedades físicas e mecânicas das madeiras são muito importantes no que se refere às aplicações a que serão destinadas. Desse modo, aliado a outros aspectos (econômicos, estéticos, durabilidade, trabalhabilidade, etc.), de acordo com essas propriedades, as madeiras podem ser classificadas e agrupadas em usos a que se mostram mais adequados, por exemplos, estruturas, uso em ambientes internos e externos de habitações, móveis, painéis, embalagens, entre outros.

As características físicas, químicas e anatômicas da madeira são bons parâmetros para avaliação de sua qualidade, além de sua grande utilidade em programas de melhoramento genético florestal (OLIVEIRA, 1990).

As características físicas das madeiras são influenciadas por uma série de fatores. Segundo Calil et al. (2003), os valores numéricos das propriedades da madeira variam com a região de origem da árvore; com as peculiaridades do povoamento; dentro do povoamento, com a árvore; e dentro desta, com as singularidades das amostras ensaiadas.

2.4.1 - Massa específica aparente

A massa específica aparente (densidade básica) é determinada através da razão de sua massa pelo volume e, é uma das principais propriedades físicas relacionada à utilização da madeira de diferentes espécies para fins tecnológicos e industriais.

As madeiras mais densas, normalmente, apresentam maior retratibilidade e, por conseguinte, são mais difíceis de serem trabalhadas. Segundo Oliveira (1997), na maioria das vezes, o aumento na dificuldade de secagem está relacionado a valores mais altos de densidade, sendo, por outro lado, altamente correlacionado positivamente com as propriedades mecânicas.

Araújo (2002) aplicou a análise multivariada para agrupar espécies amazônicas similares, em termos de propriedades físico-mecânicas. Para o autor, a massa específica da madeira seria o melhor indicativo para usos dependentes da resistência a esforços mecânicos.

A determinação da densidade permite a obtenção da estimativa do peso da madeira por metro cúbico sólido e empilhado (estéreo), permitindo também, expressar a produtividade da floresta em termos de matéria seca por unidade de área, importante em termos de transporte, armazenamento e outras operações de controle da matéria-prima (PALERMO et al., 2004).

A densidade é uma das propriedades da madeira que, quando analisada em função da espécie, variedade, povoamento, idade, árvore, e até mesmo dentro de uma amostra ou disco, apresenta diferentes valores (REZENDE et al., 1995). As variações dentro de uma mesma árvore podem ser, tanto no sentido longitudinal, ou seja, da base para o topo, como no sentido radial, da medula para a periferia do tronco.

Segundo Klock, (2000), a madeira por ser um material heterogêneo, sofre influências de diversos fatores que atuam na organização da sua estrutura interna e determinam variações na sua massa específica. Essas variações ocorrem, principalmente, devido à variação na espessura da parede celular e às alterações no volume de espaços vazios existentes no interior da madeira (DINWOODIE, 1981; PANSIN & ZEEUW, 1980, citados por SIQUEIRA, 2004).

Do ponto de vista tecnológico, tão importante quanto o estudo da variabilidade da densidade entre indivíduos é o diagnóstico dessa variabilidade dentro da árvore, tanto no sentido transversal ou radial, quanto longitudinal (GARCÍA, 1995).

Conforme Tomazello Filho (1994), a densidade da madeira é uma característica complexa, considerando-se que é resultado de diferentes porcentagens de diversos tipos de células que, por sua vez, variam em diâmetro, espessura da parede e comprimento, contendo teores variáveis de extrativos.

A qualidade da madeira pode ser influenciada geneticamente, além de sofrer interferência dos fatores ambientais e tratos silviculturais no aumento ou na diminuição da velocidade de crescimento das árvores (SIQUEIRA, 2004), provocando variações em suas propriedades, dentre elas a densidade.

De acordo com Souza et al. (1979) e Pinheiro (1999), para o gênero *Eucalyptus*, a densidade pode variar com a idade, vigor da espécie, local onde crescem as árvores (clima e sítio), tipo de manejo imposto ao povoamento, taxa de crescimento e, na mesma árvore, ainda varia no sentido base-topo e no sentido medula-casca, variando, também, dentro de uma mesma espécie.

O Wood Handbook (1999) relata a existência de dois principais fatores que afetam a qualidade dos produtos à base de madeira sólida, o teor de umidade e a densidade da madeira, além de outros elementos, como extrativos e minerais, sendo que estes dois últimos pouco contribuem para o aumento da massa da madeira, sendo, ainda, extremamente variável de espécie para espécie.

Sturion et al. (1987) estudaram a variação da densidade de doze espécies de *Eucalyptus*, plantadas no município de Uberaba - MG, em que foram encontradas variações dentro dos mesmos indivíduos, tanto no sentido longitudinal como no radial, entre árvores de uma mesma espécie e entre as espécies diferentes. Wang et al. (1984) encontraram significativa variação na densidade entre vinte progênies de *Eucalyptus grandis*, consideradas absolutamente normais, devido à variabilidade genética.

Tomazello Filho (1985) constatou aumento na densidade no sentido medula casca para o *E. saligna* e *E. grandis*, segundo o autor, o aumento do valor da densidade básica, no sentido medula-casca, constitui no modelo mais comum no gênero *Eucalyptus*, devendo-se considerar, dentro do citado modelo padrão, os valores da densidade básica inicial e final e a idade na qual os valores da densidade básica tendem a estabilizar.

A determinação da densidade das madeiras é de fundamental importância na sua correta utilização, nas suas diferentes formas, relacionando a facilidade de trabalhá-la com ferramentas cortantes, a facilidade de serem pregadas, coladas e de acabamento em geral.

2.4.2 - Retratibilidade da madeira

A retratibilidade é a redução das dimensões em uma peça de madeira, através da saída da água que está aderida à parede celular. O processo inverso também ocorre, ou seja, um aumento na umidade da madeira irá ocasionar aumento em suas dimensões. As variações nas dimensões das peças de madeira começam a ocorrer quando esta perde ou ganha umidade, abaixo do ponto de saturação das fibras (OLIVEIRA, 1997).

O ponto de saturação das fibras (PSF) é o teor de umidade da madeira, no qual os lúmens das células estão isentos de água, mas suas paredes celulares estão completamente saturadas. Na maioria das madeiras, está em torno de 30%, podendo variar um pouco para baixo ou para cima desse valor, dependendo da

espécie de madeira, entre outros fatores. De acordo com Oliveira (2007), madeira verde é normalmente aquela que está com o teor de umidade acima do ponto de saturação das fibras (PSF), não importando se está completamente saturada ou não.

De acordo com Almeida et al. (2006), o ponto de saturação das fibras foi inicialmente definido em 1906, por Tiemann. Segundo Skaar (1988), Tiemann notou em seu estudo o efeito do teor de umidade nas propriedades de resistência da madeira. As peças que pareciam ter um teor de umidade muito baixo aumentavam a sua resistência mecânica, mas a partir de um determinado ponto a resistência era independente do teor de umidade da madeira. Tiemann considerou que o PSF é o teor de umidade no qual a cavidade das células estão sem água, mas suas paredes estão completamente saturadas.

Esse ponto é crucial para um eficiente processamento da madeira, porque suas propriedades são alteradas a partir de variações no teor de umidade abaixo desse ponto. Segundo Kollmann e Cotê (1968), a retirada da água nos espaços submicroscópicos da parede celular faz com que as micelas se aproximem uma das outras, conferindo maior rigidez à madeira.

Segundo Calil et al. (2003), a diminuição ou o aumento da quantidade de água de impregnação aproximam ou afastam as cadeias de celulose e as microfibrilas, ocasionando as correspondentes variações dimensionais de retração ou inchamento. As variações dimensionais na madeira, devido às contrações ou inchamento das células ou fibras, podem impedir uma maior eficiência na utilização da madeira (AHMET et al., 1998).

Os extrativos presentes na parede celular afetam a retratibilidade volumétrica significativamente. A extração desses aumenta a contração total da madeira, altera o ponto de saturação das fibras e as relações adsorção-desorção (CHAFE, 1987). O mesmo autor relatou para *Eucalyptus* e outras espécies aumento na retratibilidade volumétrica em função da quantidade de polissacarídeos, e uma diminuição com aumento no teor de extrativos.

Um índice importante que obtemos a partir da razão entre as contrações tangencial e radial é o coeficiente de anisotropia. Conforme Oliveira (1988), tal índice é muito importante no estudo das retrações, uma vez que quanto maior este, maior será a probabilidade de formação de fendas e empenamentos na madeira. Tais valores variam de 1,3 a 1,4, para madeiras muito estáveis, a mais de 3, para

espécies extremamente instáveis dimensionalmente, como no caso das madeiras de muitas espécies do gênero *Eucalyptus* (OLIVEIRA, 1997).

Pela Tabela 4, observa-se que as características de retração da madeira variam bastante de espécie para espécie e são responsáveis pelos principais defeitos de secagem, como empenamentos, rachaduras e formação de fendas. De acordo com Scanavaca & Garcia (2004), os efeitos combinados da retração tangencial e radial ocasionam mudanças na forma das peças de madeira por causa das diferenças nas retrações e na curvatura dos anéis de crescimento.

Tabela 4 – Valores médios da contração e do índice de anisotropia da madeira de algumas espécies

Espécie	Variação dimensional		Relação T/R
	Tangencial	Radial	
<i>Helietta longifoliata</i> (Amarelinho)	10,4	6,2	1,7
<i>Cordia goeldiana</i> (Freijó)	6,7	3,2	2,1
<i>Swietenia macrophylla</i> (Mogno)	4,5	3,2	1,4
<i>Caryocar villosum</i> (Pequi)	9,2	5,5	1,7
<i>Aspidosperma polyneuron</i> (Peroba-rosa)	7,8	4	2,0
<i>Xylopia sericea</i> (Pindaíba)	9,4	3,4	2,8
<i>Corymbia citriodora</i> (eucalipto citriodora)	9,6	6,5	1,5
<i>Eucalyptus maculata</i>	9,4	5,9	1,6
<i>Eucalyptus tereticornes</i>	16,7	7,3	2,3
<i>Eucalyptus urophylla</i>	15,3	7,9	1,9
<i>Eucalyptus grandis</i>	10,1	5,4	1,9

Fonte: IPT (1989), Oliveira (1988) e Oliveira (1997).

Existem inúmeros trabalhos reportando a retratibilidade. Silva et al. (2006) observaram aumento da retratibilidade, em função da idade e da posição radial do tronco em *Eucalyptus grandis*. Oliveira & Silva (2003) também encontraram resultados semelhantes para o *Eucalyptus saligna*, sendo que para maiores densidades obtiveram os maiores valores de retratibilidade. Variações da retratibilidade no sentido medula-casca também foram relatadas por Cruz, et al. (2003), para sete clones de *Eucalyptus*.

De acordo com Pinheiro (1999), essa variação entre as dimensões tangenciais e radiais é atribuída à forma de organização dos elementos celulares, dispostos tanto transversalmente quanto radialmente, ao longo do tronco da árvore. Rezende (2003) cita a influência da densidade e umidade na retratibilidade da madeira. De maneira geral, quanto maior a densidade de uma peça de madeira,

maior será a retratibilidade. De acordo com Kollmann & Cotê (1968), a retratibilidade volumétrica máxima aumenta de forma linear com a densidade da madeira.

2.4.3 - Teor de umidade da madeira

Apesar de não ser considerada uma característica intrínseca da madeira, o estudo da umidade é indispensável, por se tratar de um parâmetro que afeta todo o comportamento da madeira, quanto à trabalhabilidade, estabilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade natural (OLIVEIRA, 1997).

O teor de umidade é definido como sendo a quantidade de água que uma peça de madeira contém, expressa como porcentagem da massa seca em estufa ($103 \pm 2^\circ\text{C}$) da peça de madeira, calculada pela fórmula a seguir:

$$TU = \left(\frac{m_1 - m_o}{m_o} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que:

TU = teor de umidade da madeira, em porcentagem;

m_1 = massa inicial, em gramas;

m_o = massa seca em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, em gramas.

Além da variação entre as espécies, o teor de umidade varia significativamente dentro de uma mesma árvore. Madeiras leves, por serem mais porosas, apresentam maior quantidade de água que as madeiras mais pesadas. Da mesma forma, o alburno, por ser formado por células cuja função principal é a condução da água, apresenta um conteúdo de umidade maior que o cerne (KLITZKE, 2006). Em algumas espécies, a extremidade superior poderá conter maior teor de umidade que próximo à base (OLIVEIRA et al., 1990).

A umidade da madeira na árvore pode variar de 31 a 249%, no cerne, e de 40-213% no alburno (Wood Handbook, 1999). Para árvores de *Xylopia sericea*, o teor de umidade médio encontrado foi de 74%, com acentuada variação no sentido medula-casca e ao longo do tronco, sendo a região interna mais úmida (OLIVEIRA et al., 1988). Em *Eucalyptus maculata*, a variação encontrada no teor de umidade foi de 50-70%, no *E. citriodora*, de 46-80%, e no *E. grandis*, de 50-133% (CARMO,

1996). Martins (1988) menciona que para o pau-de-balsa, o teor de umidade pode chegar a 400%.

Oliveira et al. (2005), trabalhando com sete espécies de eucaliptos, encontraram teores de umidade mais elevados na base do tronco, diminuindo até por volta da sua metade, aumentando a partir do terço superior, com valores no topo, próximos aos da base da árvore.

Os tipos de água existentes na madeira são freqüentemente classificados da seguinte forma: (1) água livre ou capilar: àquela localizada nos lumes celulares e nos espaços intercelulares; (2) água higroscópica ou de adesão: àquela que se encontra adsorvida pelas paredes celulares, principalmente pela celulose e hemiceluloses, que constituem a maior parte da substância madeira e (3) água de constituição: é àquela que faz parte da estrutura molecular dos componentes da madeira (KOLLMANN & CÔTE, 1968; OLIVEIRA, 1997; WOOD HANDBOOK, 1999).

Existem vários métodos para verificar o teor de umidade das madeiras, alguns são precisos, porém, não são imediatos; outros permitem a obtenção de uma rápida resposta, mas apresentam precisão contestada pela literatura (CALONEGO, et al., 2006).

O método mais simples e preciso de determinação do teor de umidade da madeira é o método da estufa ou gravimétrico. Porém, o mesmo apresenta como desvantagem o fato de ser destrutivo e de exigir muito tempo para se obter a resposta. Conforme Calonego et al. (2006), a umidade também pode ser determinada por meio de medidores elétricos que são menos precisos, porém proporcionam resposta imediata.

Skaar (1988) afirma que os medidores elétricos são de dois tipos: (1) medidores tipo resistência: que medem a resistência ao fluxo de corrente elétrica direta na madeira entre dois eletrodos e (2) medidores dielétricos: que medem a constante dielétrica ou a permissividade elétrica da madeira, através do uso de corrente alternada. De acordo com Calonego et al., (2006) os medidores mais utilizados para medir o teor de umidade da madeira são os do tipo resistência.

Para a determinação da umidade pelo método da estufa, primeiro pesa-se a amostra para a obtenção da massa inicial e coloca-a na estufa a uma temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até que se obtenha a massa constante da amostra (peso seco em estufa). Aplica-se, então, a Equação (1) para se obter o teor de umidade da madeira.

Os medidores elétricos de umidade do tipo resistência possuem agulhas (eletrodos) que são introduzidas na madeira, fornecendo a leitura do teor de umidade, instantaneamente, através de um visor. Severo (2007) menciona que tais medidores são mais precisos, numa faixa de 6 a 30% de umidade.

2.5 - Equilíbrio higroscópico da madeira

Pelo fato de a madeira ser um material higroscópico ela retrai e incha, por estar em constante troca de umidade com o ar que a envolve, tendendo a se equilibrar com o ambiente, sendo esse equilíbrio denominado umidade de equilíbrio ou teor de equilíbrio higroscópico da madeira. Segundo Borges & Quirino (2004), essa característica é explicada pela constituição química da madeira, composta pelos polímeros de celulose, hemiceluloses e lignina. Dentre essas substâncias, a hemicelulose é a mais hidrófila, contribuindo para a variação dimensional da madeira

De acordo com Ball et al. (2001) o teor de equilíbrio higroscópico da madeira é afetado pela umidade relativa do ar, temperatura, tipo de madeira (cerne ou alburno) e pelo processo de sorção (desorção ou adsorção). Quanto aos extrativos ou componentes secundários, Oliveira (1997) afirma que esses se caracterizam, na maioria das vezes, por conferir menor higroscopicidade à madeira, por ocuparem parte dos sítios de adsorção das moléculas de água.

Diferenças no processo de sorção ocorrem porque algumas madeiras secas em estufas possuem umidade acima do teor de equilíbrio (adsorvem água até o teor de equilíbrio), enquanto outras são secas abaixo desse ponto (dessorvem água até o teor de equilíbrio). Ball et al. (2001) afirmam que a madeira em desorção pode atingir um teor de equilíbrio higroscópico 3% mais alto que a madeira em adsorção.

Vários trabalhos demonstram que o teor de equilíbrio higroscópico durante a desorção é diferente do teor de equilíbrio na adsorção para uma mesma condição de umidade relativa e temperatura, resultando no fenômeno de histerese. O mais alto teor de equilíbrio higroscópico durante a dessorção pode ser atribuído a mecanismos de sorção de água. Segundo Chauhan & Aggarwal (2003), durante a adsorção, as pontes de hidrogênio entre as moléculas de celulose são quebradas e substituídas por pontes de hidrogênio entre celulose e água separando as cadeias de celulose adjacentes, que resultam no inchamento da madeira, durante a desorção, as pontes de hidrogênio entre celulosas quebradas são refeitas o que resulta em um teor de umidade mais alto e em maiores dimensões das peças.

As variações na umidade da madeira podem ocasionar defeitos como empenamentos. A estabilidade da madeira em uso é particularmente uma característica de desempenho crítica quando produtos de madeira são expostos em ambientes onde o teor de equilíbrio higroscópico é diferente da umidade na madeira, e/ou a temperatura ambiente e a umidade relativa são variáveis (BALL, et al., 2001).

A utilização de madeira seca nas construções poderá evitar uma serie de inconvenientes, como problemas nas ligações, sobretudo àquelas unidas por adesivos, em acabamento, tanto por tintas como por vernizes e, também, problemas relativos aos empenamentos, onde são mais severos em aplicações da madeira em assoalhos, esquadrias, portas e janelas, dentre outras utilizações da madeira (OLIVEIRA, 1997).

Até mesmo uma pequena mudança no teor de umidade pode causar transtornos, especialmente em usos da madeira como portas, janelas, assoalhos e móveis. Como exemplo para as densas espécies de folhosas americanas, tal como o carvalho vermelho e o branco, uma variação de 2% no teor de umidade poderia causar fendas e rachaduras na madeira (WENGERT, citado por ESPONOZA et al., 2007).

Almeida et al. (2006) mencionam que a quantidade de água na estrutura da madeira pode afetar suas propriedades físicas, mecânicas e biológicas. Segundo Oliveira (2007), o teor de umidade na madeira afeta todo o seu comportamento quanto à trabalhabilidade, estabilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade natural. A variação no teor de umidade afeta, também, a geometria das peças em serviço, em virtude da retração e inchamento (OLIVEIRA et al., 1990).

Num programa de secagem, a umidade final da madeira a ser atingida, quando não especificado pelo cliente (como no caso de exportações), deve estar próxima ao teor de equilíbrio higroscópico da madeira para o local onde a mesma será utilizada, podendo minimizar as variações dimensionais, reduzindo a ocorrência de defeitos.

3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMET, K.; HERNANDEZ, R. E.; BEAUDOIN, M. Shrinkage of fast-growing hybrid poplar clones. **Forest Products Journal**; v.48, n.2, pg.82-87, 1998.

ARAÚJO, H. J. B. **Agrupamento das espécies madeireiras ocorrentes em pequenas áreas sob manejo florestal do Projeto de Colonização Pedro Peixoto (AC) por similaridade das propriedades físicas e mecânicas**. 168 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **A importância do setor florestal para o Brasil**, 2005. Disponível em: < http://www.abimci.com.br/importancia_setor.html>. Acesso em 12 de nov. de 2007.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2005**. Brasília, 2006.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2006**. Brasília, 2007.

ALMEIDA, G.; STÉPHANE G, S.; HERNÁNDEZ, R. E. A NMR study of water distribution in hardwoods at several equilibrium moisture contents. **Science and Technology**, v.41, Springer-Verlag, p.293–307, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira** – MB-26/40. Rio de Janeiro,1940, 16p.

AZEVEDO, T. R. Cadeias produtivas e um prognóstico do setor florestal no Brasil. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 2, Belo Horizonte, 2003. **Anais**. Viçosa: SIF, 2003. p.1-11.

BALL, R.D.; SIMPSON, I.G.; PANG, S. Measurement, modeling and prediction of equilibrium moisture content in *Pinus radiata* heartwood and sapwood. **Holz als Roh – und Werkstoff**, v.59, n.6, p.457-462, 2001.

BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. A expansão da atividade madeireira na Amazônia: impactos e perspectiva para o desenvolvimento do setor florestal no Pará. Belém: **IMAZON**, 1996. 168p.

BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado ermicamente. **Revista Biomassa & Energia**, vol.1, n.2, 2004, p.173-182.

BRDE - Banco regional de desenvolvimento do Extremo Sul. **Programa de suprimento florestal para a cadeia produtiva da madeira**. Florianópolis – SC, 2004.

CARMO, A.P.T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996.74f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

CHAFE, S. C. Collapse, volumetric, specific gravity and extractives in Eucalyptus and other species. Part II: The influence of wood extractives. **Wood Science and Technology**, v.21, 1987, p. 27-41.

CHAUHAN, S. S., AGGARWAL, P. Effect of moisture sorption state on transverse dimensional changes in wood. **Wood Science and Technology**, v.62, n.50, Springer-Verlag, p.50-55, 2003 ,

CALIL, C., LAHR.; F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais**. 1. ed. Barueri: Manole, 2003.152p.

CALONEGO et al. Avaliação do teor de umidade da madeira de *Eucalyptus grandis* por medidores elétricos resistivos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo - SP, v. 18, n. único, p. 71-78, 2006.

CRUZ, R. C.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de Eucalyptus. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 33-47, 2003.

ESPOÑOZA, O.A.; BOND, B.H.; LOFERSKI, J.R. Equilibrium moisture content during storage, manufacturing, and shipping of Bolivian wood products. **Forest Products Journal**, vol. 57, n. 6. p. 81-87. 2007.

GARCÍA, C. B. **Anatomia, composição e propriedade de cinco madeiras paraguaias**. 1995, 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.

GERWING, J.; VIDAL, E. Degradação de Florestas pela exploração madeireira e fogo na Amazônia. **Série Amazônica**, v. 1, n. 20, p. 26, 2002.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Relatório perspectivas do meio ambiente no Brasil**. GEO BRASIL. Capítulo 2 - estado do meio ambiente. Brasília, DF abr, 2002.

KLITZKE, R. J. **Secagem da madeira**. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias Aplicadas ao setor madeireiro. Vitória: Aquarius, 2006.

KOCH, P. Wood versus nonwood materials in U.S. residential construction: some energy-related global implications. **Forest Products Journal**, v.42, n.5, p.31-42, 1992.

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. Curitiba, 2000. 291f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology**. New York, springer-Verlag, v.1, 1968.

MADEITA TOTAL. **Estado quer aumentar plantio de florestas**, 2007. Disponível em: <<http://www.madeiratotal.com.br/ntc.asp?Cod=2434>>. Acesso em 14/12/2007.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF, 1988, 56p.

MEDEIROS, J. D. **Os Estados da Mata Atlântica**: Santa Catarina. In: Maura Campanili; Miriam Prochnow. (Org.). Mata Atlântica: Uma rede pela floresta. 1 ed. Brasília: RMA, 2006, v. 1, p. 45-57.

MEDRADO, M. J. S. Eucalipto gera desenvolvimento, 2006. Associação Gaúcha de Empresas Florestais - **AGEFLOR**. Disponível : <<http://www.ageflor.com.br>>. Aceso em 15 dez, 2006.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Relatório perspectivas do meio ambiente no Brasil: estado do meio ambiente. **GEO BRASIL**. Brasília, DF, 2002.

NEPSTAD, D. C.; et alli. **Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire**. Nature, v. 398, n.1, p. 505-508, 1999.

OLIVEIRA, J. T. S. **Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba** (*Xylopia sericea* St. Hill). 1988. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, E. Correlação entre parâmetro de qualidade da madeira e do carvão de *E. grandis* (W. Hill ex-Maiden). **Boletim técnico**, Viçosa-MG, n.2 p. 1-9, 1990.

OLIVEIRA, J. T. C.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429f. Tese (Doutorado em ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S., HELLMEISTER, J. C., TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

OLIVEIRA, J.T.S. **Propriedades físicas e mecânicas da madeira**. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias Aplicadas ao setor madeireiro II. Vitória: Aquarius, 2007.

PALERMO, G. P. M. et al. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* engelm, através de atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n.1, p. 01 - 06, 2004.

PINHEIRO, A. L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira. **SIF**, Viçosa-MG, 1999, 144p.

RENAI - **Rede Nacional de Informações sobre Investimento**. 2003. Disponível em: <<http://investimentos.desenvolvimento.gov.br/interna.asp?htm=conteudo/21.htm>>. Acesso em 15/12/2007.

REMADE - REVISTA DA MADEIRA. **Espírito Santo se destaca na produção florestal**. n. 92, 2005. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acesso em 15 de novembro de 2007.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, n.48/49, p.133-141, 1995.

REZENDE, M. A. Retratabilidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com umidade e densidade. **Revista Scientia Forestalis** n. 64, p. 120-127, dez. 2003.

SCANAVACA, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Revista Scientia Forestalis**, n. 65, p. 120-129, 2004.

SCHETTINO, L. F. **Diagnóstico da situação florestal do Espírito Santo, visando Estabelecer um plano de gestão sustentável**. 2000. 174f. Tese (Doutorado em ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SEVERO. **A secagem da madeira de eucalipto e seus desafios**. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias Aplicadas ao setor madeireiro II. Vitória: Aquarius, 2007.

SKAAR, C. **Wood – water relations**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 283 p.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. C.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. Variação da retratabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.803-810, 2006.

SIQUEIRA, P. S. **Variabilidade da massa específica de *Pinus taeda* L. em diferentes classes de sítio**. 2004. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Fatos e números**, 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em 22 nov. 2007.

SOUZA, P. F. **Tecnologia de Produtos Florestais**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1947.

SOUZA, A.P.; DELLA LUCIA, R.M.; RESENDE, G.C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. **Revista árvore**, Viçosa – MG, v.1, p. 16-27, 1979.

STURION, J. A. et al. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo-PR, n. 14, p.28-38, 1987.

TOMAZELLO FILHO, M. Formação e caracterização da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus*. Piracicaba: **ESALQ**, 1994, 11P.

TOMAZELLO FILHO, M. Estrutura anatômica da madeira de oito espécies de *Eucalyptus* no Brasil. **IPEF**, n. 29, p. 25-346, 1985.

VALVERDE, S. R.; OLIVEIRA, G. G.; CARVALHO, R. M. A. M.; SOARES, S. S. Efeito multiplicador do setor florestal na economia capixaba. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, n.1, p.85-93, 2005.

ZENID, G.J. **Identificação e grupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**. São Paulo: 1997, 170f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Universidade de São Paulo.

WANG, S.; LITTEL, R. C.; ROCKWOOD, D. L. Variation in density an moisture content of wood an bark among twenty *Eucalyptus grandis* progenies. **Wood Science and Technology**. v.18, p.97-112, 1984.

WOOD HANDBOOK – **Wood as an Engineering Materia**. Madison. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 463p. 1999.

WOLOSZ, W. N. **EM BUSCA DA TERRA: Colonização e exploração de madeiras no Oeste Catarinense**. Disponível em:
<http://www.pesquisa.uncnet.br/pdf/historia/BUSCA_TERRA_COLONIZACAO_EXPLORACAO_MADEIRAS_OESTE_CATARINENSE.pdf>. Acesso em 15 nov. 2007.

CAPÍTULO 1

COMERCIALIZAÇÃO DA MADEIRA SERRADA NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada para buscar informações referentes às espécies de madeira comercializadas na forma serrada na região Sul do Estado do Espírito Santo. Foram visitadas dezessete madeireiras, onde foram coletadas amostras de madeira para correta identificação, e aplicado um questionário para obtenção de diversas informações. A identificação das espécies foi realizada através da anatomia do lenho. Foram identificadas quarenta espécies sendo comercializadas na forma serrada. As espécies identificadas são provenientes, principalmente, da Região Amazônica. Duas espécies provenientes de plantios florestais foram identificadas, sendo o eucalipto e o pinus. Apesar do elevado número de espécies de madeira sendo comercializadas na região, muitas não são comumente encontradas, aparecendo somente de forma esporádica. As principais espécies comercializadas no Sul do Espírito Santo são o angelim pedra (*Hymenolobium petraeum*), o eucalipto (*Eucalyptus* sp.), a garapa (*Apuleia leiocarpa*), o paraju (*Manilkara* sp.), o pequi (*Caryocar villosum*), a peroba-mica (*Aspidosperma populifolium*), o pinus (*Pinus* sp.) e o roxinho (*Peltogyne discolor*). Durante o estudo foi constatado a ocorrência de alguns erros referentes à correta identificação das madeiras, provavelmente por falta de conhecimento da espécie por parte dos comerciantes. Com relação às informações gerais coletadas, podem ser destacadas: o não uso de especificações estabelecidas por entidades normalizadoras, tanto para o dimensionamento das

peças quanto para a qualidade, e os problemas com a secagem das madeiras, as quais são comumente comercializadas verdes (teor de umidade acima de 30%), ou secas de forma inadequada.

Palavras-chave: madeira serrada, agrupamento de madeiras, teor de umidade.

COMMERCIALIZATION OF THE SAWN WOOD IN THE SOUTH AREA OF THE ESPÍRITO SANTO STATE

ABSTRACT

In this research was realized to look for information about the wood species marketed in the sawn form in the South area of Espírito Santo State. Seventeen wood deposits were visited, where wood samples were collected for correct identification and applied a questionnaire to obtain several information. The identification of the species was accomplished through of the anatomy of the wood. Forty species being marketed as wood sawn were identified. Two species derived from forest plantings were identified too, being them the eucalyptus and the pine. Although a high number of species of wood to be marketed in the area, many are not commonly found, only appearing sporadically. The main species marketed in the Espírito Santo South are the *Hymenolobium petraeum*, the *Eucalyptus* sp., the *Apuleia leiocarpa*, *Manilkara* sp., the *Caryocar villosum*, the *Aspidosperma populifolium*, the *Pinus* sp. and the *Peltogyne discolor*. During the study the occurrence of some mistakes regarding to the correct identification of the wood was verified, probably for lack of knowledge of the species by the merchants. In relation to the collected general information was not found the use of specifications established for entities of normalization, so much for the dimensioning of the pieces as for the quality, and the problems with the drying of the wood, which are commonly marketed green (moisture content above 30%) or dried in an inadequate way.

Key words: sawn wood, grouping of wood, moisture content.

1 - INTRODUÇÃO

A madeira é um material biológico compreendido pelo grupo de plantas conhecidas como gimnospermas e angiospermas dicotiledôneas. Justamente por esta característica, a madeira possui variações naturais em suas características, que são provenientes das diferentes espécies, genótipos e condições edafo-climáticas. Tais variações na estrutura da madeira fazem com que esta apresente uma enorme versatilidade de usos.

De acordo com Gonçalves (2005), a maioria dos materiais industrializados não é renovável e ainda produzido a um custo muito elevado para a sociedade, devido aos gastos de energia consumida e degradação ambiental. Nesse sentido, a madeira por ser renovável torna-se um material muito atraente frente a esses materiais.

Atualmente, grande parte da madeira utilizada pela indústria do Espírito Santo é proveniente de florestas plantadas; entretanto quando se trata de madeira serrada, pode-se dizer que a maior parte provém das florestas nativas, principalmente da Região Amazônica.

A Floresta Amazônica apresenta cerca de três mil espécies florestais identificadas. No entanto, apenas 230 espécies são aproveitadas industrialmente e 80% da produção é alimentada por menos de 50 espécies. Destas, apenas 20 a 30% são exaustivamente empregadas na manufatura de móveis e chapas compensadas, além de outros produtos (REMADE, 2005).

O uso da floresta nativa, de forma não sustentável no Espírito Santo, praticamente levou à sua exaustão. Somente para o atendimento da demanda

energética no Estado do Espírito Santo, ao longo da década de 1980, o desmatamento foi superior a 35.000 hectares/ano (SCHETTINO, 2000).

Dessa forma, a utilização da madeira nativa do Estado para fins industriais, praticamente não existe mais. Essa atividade que já representou importante alternativa econômica nas décadas de 1960 e 1970, não tem mais o mesmo significado, por ter sido efetuada de forma não sustentada (SCHETTINO, 2000). Do total de madeira em tora comercializado no Estado, em 2004, 5.602 m³ vieram das florestas nativas e 4.721.188 m³ dos plantios comerciais (IBGE 2005). A madeira de plantio comercial é utilizada para lenha, carvão, papel e celulose, fabricação de móveis, construção civil, dentre outros usos; as madeiras de florestas nativas são utilizadas, basicamente, para a fabricação de móveis e na construção civil como forros, telhados, esquadrias e outros usos e, são provenientes principalmente da Região Amazônica.

Para um uso mais eficiente da madeira é necessária a sua correta identificação, assim como o agrupamento de espécies mais indicadas para determinados usos. De acordo com Keenam & Tejada (1984), a utilização adequada das espécies de madeira depende de procedimentos que garantam a identificação das mesmas, quer seja como árvores, toras ou como madeira processada. Chimelo & Alfonso (1985) apontam a identificação como base dos estudos de caracterização da madeira e sua utilidade no comércio, propiciando meios para se detectar enganos e fraudes.

Face à importância em se conhecer o tipo de material lenhoso comercializado no Estado do Espírito Santo, bem como informações tecnológicas acerca das madeiras comercializadas, objetivou-se fazer um levantamento das espécies de madeira comercializadas na região Sul do Estado quanto à procedência, número e tipologia das espécies, bem como a sua correta identificação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na região Sul do Espírito Santo, onde foram visitadas madeireiras em dez cidades: Alegre, Cachoeiro de Itapemirim, Castelo, Guaçuí, Ibatiba, Iúna, Itapemirim, Marataízes, Mimoso do Sul e Piúma, as quais são apresentadas na Figura 1. A escolha das cidades limitou-se àquelas com população acima de vinte mil habitantes.



Figura 1 – Mapa destacando os dez municípios visitados durante a pesquisa.

A escolha dos locais de comercialização de madeiras foi realizada através de listas telefônicas e em anúncios de jornal. Os dados foram coletados em 17 madeireiras da região.

2.1 – Obtenção de dados

Durante a visita aos postos de comercialização foi aplicado um questionário em forma de entrevista aos proprietários ou gerentes, visando obter as seguintes informações:

- (i) espécies de madeiras comercializadas;
- (ii) procedência da madeira serrada comercializada;
- (iii) forma de aquisição;
- (iv) critério de escolha das espécies de madeira;
- (v) existência de processamento;
- (vi) existência de algum tipo de Secador;
- (vi) padronizações das dimensões;
- (vii) padronização da qualidade;
- (viii) condições de umidade das espécies comercializadas;
- (ix) existência de medidor de umidade.

2.2 - Coleta de material e identificação botânica

Além da aplicação do questionário, foram coletadas amostras de madeiras para verificar a correta identificação no Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo e também no Centro de Tecnologia Florestal do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

A identificação botânica foi realizada através do exame macroscópico da anatomia do lenho, que consiste no exame com vista desarmada e também com auxílio de uma lupa de 10 vezes de aumento, das características organolépticas e anatômicas da madeira. Para tal, contou-se com o auxílio de um manual (IPT, 1989) e uma chave de identificação (IPT, 1983). Como padrão para a identificação, as amostras foram comparadas com outras madeiras já identificadas, arquivadas na Xiloteca do LCM.

Quando a identificação através do processo macroscópico se revelava insuficiente, adotava-se o processo microscópico de exame das características anatômicas. Para tal, foi necessária a preparação de laminais histológicas.

Durante a coleta das amostras foi solicitado ao entrevistado que fosse fornecido o nome comercial das madeiras, para verificar a ocorrência de espécies sendo comercializadas com nomes errôneos.

Com a obtenção do nome científico, foi dado o correspondente nome comercial de cada espécie com auxílio das seguintes fontes: (IPT, 1983), (IPT, 1989) e IBDF (1985). A tabulação das espécies seguiu a ordem alfabética pelo nome científico, com correspondente nome comercial e família botânica.

2.3 - Teor de umidade da madeira

Durante as visitas aos locais de comercialização das madeiras, foram verificados os teores de umidades com os quais as peças eram comercializadas. Para tanto, utilizou-se um medidor elétrico de umidade do tipo resistência da marca Etec, que mede essencialmente a resistência ao fluxo de corrente elétrica direta na madeira entre dois eletrodos.

A umidade de cada peça foi medida em três posições distintas: 30cm de cada uma das extremidades e na metade, obtendo-se assim o valor médio de cada peça.

Verificou-se a umidade em 501 peças de madeira serrada prontas para a comercialização, totalizando 42 lotes. Para cada lote, determinou-se a umidade média e seu correspondente desvio-padrão e coeficiente de variação.

2.4 - Agrupamento das espécies

Para cada espécie identificada, as informações tecnológicas para classificação nos grupos de uso na construção civil foram coletadas. Tal agrupamento pôde ser realizado com auxílio das seguintes fontes: IBDF (1981), IBDF (1983), IBDF (1985), IPT (1989), ZENID (1997), NASCIMENTO et al. (1997), LORENZI (2000, a), LORENZI (2000, b) e IPT(2003).

As informações tecnológicas pesquisadas foram as seguintes:

- densidade da massa a 15% de umidade;
- resistência à flexão estática;
- resistência à compressão axial;
- resistência ao cisalhamento;
- dureza de Janka;
- resistência ao choque;
- retratibilidade;
- durabilidade natural;
- trabalhabilidade;
- aparência;
- cor.

2.5 - Critérios adotados para o agrupamento das madeiras identificadas de acordo com o uso na construção civil

Os usos da madeira na construção civil habitacional foram classificados, tendo como base as informações contidas nas literaturas citadas no item 2.4, principalmente a fonte IPT (1989). Os critérios adotados são descritos a seguir.

1. Pesada interna: peças de madeira na forma de viga e caibros empregados como componentes de estruturas de telhado.

2. Leve externa e leve interna, uso estrutural: pontaletes, andaimes, fôrmas para concreto, partes secundárias de estruturas internas, como ripas, caibros, entre outros.

3. Leve interna e decorativa: Lambris, painéis, molduras, perfilados, guarnições, forros, entre outros.

4. Leve interna de utilidade geral: Cordões, guarnições, rodapés, entre outros.

5. Leve, em esquadria: Portas, venezianas, caixilhos, entre outros.

6. Assoalhos domésticos: Tacos, tábuas e parquetes.

Para a alocação das madeiras nos grupos de uso final, utilizou-se de um critério onde foram consideradas as propriedades e/ou características listadas no item 2.4.

Para a determinação do uso final, consideram-se os valores máximos e mínimos de cada propriedade, tendo como base madeiras tradicionais empregadas nos usos considerados.

As exigências estabelecidas para cada um dos usos de finais na construção civil, segundo Zenid (1997), são apresentadas a seguir.

2.5.1 - Pesada interna

Referência: peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg.)

- Densidade da massa (15% de umidade) não inferior a 710 Kg/m³;
- Flexão estática:
 - máxima resistência (madeira verde) não inferior a 84 MPa (Mega Pascal);
 - módulo de elasticidade (madeira verde) não inferior a 8700 MPa;
- Compressão axial:
 - máxima resistência (madeira verde) não inferior a 39 MPa;
- Cisalhamento:

- máxima resistência (madeira verde) não inferior a 10 MPa;
- Durabilidade natural:
 - durável:
 - Durabilidade natural não inferior a 5 anos, em contato com o solo.

2.5.2 – Leve em esquadria

Referência: pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze.)

- Densidade da massa (15% de umidade) não inferior a 530 kg/m³ e não superior a 840 Kg/m³;
- Flexão estática:
 - máxima resistência (madeira verde) não inferior a 57 MPa,
 - módulo de elasticidade (madeira verde) não inferior a 8700 MPa;
- Estabilidade dimensional:
 - contrações (do ponto de saturação das fibras até 0% de umidade):
 - radial não superior a 4,0%,
 - tangencial não superior a 8,0%,
 - volumétrica não superior a 13,5%,
 - relação T/R não superior a 2;
- Durabilidade natural:
 - Durável:
 - Durabilidade natural não inferior a 5 anos, em contato com o solo, ou
 - Tratável (CCA):
 - Retenção não inferior a 4 kg/m³, de ingrediente ativo, e penetração total ou parcial periférica.

2.5.3 - Leve externa e interna estrutural

Referência: pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze.)

- Densidade da massa (15% de umidade) não inferior a 530 kg/m³ e não superior a 840 kg/m³;
- Flexão estática:
 - máxima resistência (madeira verde) não inferior a 57MPa,
 - módulo de elasticidade (madeira verde) não inferior a 8700 Mpa;
- Compressão axial:

- máxima resistência (madeira verde) não inferior a 25 MPa;
- Cisalhamento:
 - máxima resistência (madeira verde) não inferior a 7 MPa;
- Durabilidade natural/tratabilidade:
 - durável:
 - Durabilidade natural não inferior a 5 anos, em contato com o solo, ou
 - tratável (CCA):
 - Retenção não inferior a 4 kg/m³, de ingrediente ativo, e penetração total ou parcial.

2.5.4 - Leve interna, decorativa

Referência: imbuia (*Ocotea porosa* (Ness ex. mart.) Barroso)

- Estabilidade dimensional:
 - contrações (do ponto de saturação das fibras até 0% de umidade):
 - radial não superior a 4,0%,
 - tangencial não superior a 8,0%,
 - volumétrica não superior a 13,5%,
 - relação T/R não superior a 2;
- Trabalhabilidade:
 - regular a muito boa (SUDAM, 1981, citado por ZENID (1997)),
 - boa a excelente (IBDF, 1988, citado por ZENID (1997));
- Aparência decorativa;
- Cor - As madeiras deste grupo são separadas nas seguintes cores: esbranquiçada, amarela, acastanhada, rosada ou avermelhada, arroxeadas e enegrecidas.

2.5.5 - Leve interna, de utilidade geral

Referência: pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze.)

- Densidade da massa (15% de umidade) não superior a 700 kg/m³;
- Estabilidade dimensional:
 - contrações (do ponto de saturação das fibras até 0% de umidade):
 - radial não superior a 4,0%,
 - tangencial não superior a 8,0%,

- volumétrica não superior a 13,5%,
- relação T/R não superior a 2;

- Trabalhabilidade:
 - regular a muito boa (SUDAM, 1981, citado por Zenid (1997)),
 - boa a excelente (IBDF, 1988, citado por Zenid (1997)).

2.5.6 - Assoalhos domésticos

Referência: peroba-rosa (*Aspidosprma polyneuron* Muell. Arg.)

- Densidade da massa (15% de umidade) não inferior a 710 kg/m³;
- Choque:
 - trabalho absorvido (madeira seca ao ar) não inferior a 23 J (Joule);
- Dureza de Janka (madeira verde):
 - não inferior a 6700 N (Newton);
- Durabilidade natural/tratabilidade:
 - durável:
Durabilidade natural não inferior a cinco anos, em contato com o solo, ou
 - tratável (CCA):
Retenção não inferior a 4 kg/m³, de ingrediente ativo, e penetração total ou parcial periférica;
- Estabilidade dimensional:
 - contrações (do ponto de saturação das fibras até 0% de umidade):
 - radial não superior a 4,0%,
 - tangencial não superior a 8,0%,
 - volumétrica não superior a 13,5%,
 - relação T/R não superior a 2;
- Trabalhabilidade:
 - regular a muito boa (SUDAM, 1981, citado por ZENID (1997)),
 - boa a excelente (IBDF, 1988, citado por ZENID (1997)).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Identificação botânica das madeiras

A análise das características do lenho das amostras coletadas permitiu identificá-las botanicamente e atribuir a cada uma delas o seu nome científico e comercial. A Tabela 1 mostra as espécies encontradas no comércio da região durante as visitas aos estabelecimentos, com sua identificação botânica.

Tabela 1 – Espécies de madeiras comercializadas na Região Sul do Espírito Santo

Nome Científico	Nome Comercial	Família
<i>Apuleia leiocarpa</i>	Garapa	Leguminosae
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba-rosa	Apocynaceae
<i>Aspidosperma populifolium</i>	Peroba-mica	Apocynaceae
<i>Astronium</i> sp.	Muiracatiara	Anacardiaceae
<i>Bagassa guianensis</i>	Tatajuba	Moraceae
<i>Bertholletia excelsa</i>	Castanheira	Lecythidaceae
<i>Brosimum</i> sp.	Falso-pau-brasil, Conduru ou Muirapiranga	Moraceae
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá-rosa	Lecythidaceae
<i>Caryocar villosum</i>	Pequi	Caryocaraceae
<i>Cedrela</i> sp.	Cedro	Meliaceae
<i>Corymbia citriodora</i>	Eucalipto citriodora	Myrtaceae
<i>Clarisia racemosa</i>	Oiticica	Moraceae
<i>Couratari</i> sp.	Tuari branco	Lecythidaceae
<i>Couratari</i> sp.	Tuari vermelho	Lecythidaceae
<i>Dialium guianense</i>	Jutaí-pororoca	Leguminosae
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	Leguminosae
<i>Ecclinusa</i> sp.	Balata	Sapotaceae
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Fava-orelha-de-negro	Leguminosae
<i>Enterolobium</i> sp.	Orelha-de-negro	Leguminosae
<i>Eucalyptus</i> spp	Eucalipto	Myrtaceae
<i>Euxylophora paraensis</i>	Pau-amarelo, Amarelinho	Rutaceae
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	Goupiaceae

Tabela 1 – Cont.

<i>Hymenaea</i> sp.	Jatobá	Leguminosae
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelim-pedra	Leguminosae
<i>Lecythis pisonis</i>	Sapucaia	Lecythidaceae
<i>Macrosamanea pedicellaris</i>	Juerana	Leguminosae
<i>Manilkara</i> sp.	Paraju, Maçaranduba	Sapotaceae
<i>Ormosia</i> sp.	Tento	Leguminosae
<i>Paratecoma peroba</i>	Peroba-do-campo	Bignoniaceae
<i>Peltogyne discolor</i>	Roxinho, Pau roxo	Sapotaceae
<i>Pinus</i> sp.	Pinus	Pinaceae
<i>Plathymeria</i> sp.	Vinhático	Leguminosae
<i>Pouteria pachycarpa</i>	Goiabão	Sapotaceae
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	Timborana	Leguminosae
<i>Qualea</i> sp.	Mandioqueira, Cambará	Vochysiaceae
<i>Swietenia macrophylla</i>	Mogno	Meliaceae
<i>Sclerolobium</i> sp.	Tachi	Leguminosae
<i>Tabebuia</i> sp.	Ipê	Bignoniaceae
<i>Terminalia</i> sp. ou <i>Buchenavia</i> sp.	Tanibuca, Cuiarana	Combretaceae
<i>Vatairea</i> sp.	Angelim-amargoso	Leguminosae

Durante as visitas foram coletadas 52 amostras, apenas de espécies que não puderam ser identificadas de imediato.

Pela análise da Tabela 1, verifica-se que foram identificadas 40 espécies de madeira sendo comercializadas na forma serrada, na região Sul do Espírito Santo. Para algumas madeiras, a identificação botânica atingiu apenas o gênero, se levarmos isso em conta e o fato de que algumas espécies aparecem esporadicamente, o número de espécies comercializadas na região poderia ser bem maior. Como exemplo, tem-se o gênero *Eucalyptus*, o qual se sabe que possui várias espécies sendo comercializadas na região, algumas com propriedades físicas e mecânicas bem distintas, entretanto a sua identificação botânica através do lenho é extremamente difícil.

Do total identificado, duas espécies são originárias de florestas plantadas: eucalipto e pinus. As demais 38 espécies identificadas são originárias de florestas

nativas, dessas, pelo menos 17 são espécies tipicamente amazônicas (angelim-amargoso, angelim-pedra, castanheira, cumarú, cupiúba, falso-pau-brasil, garapa, goiabão, mogno, muiracatiara, pau-amarelo, pequi, peroba-mica, tatajuba, tauari branco e vermelho e timborana) e cinco não ocorrem na Região Amazônica (peroba-rosa, jequitibá, juerana, peroba-do-campo e vinhático), sendo estas comum na mata atlântica.

Zenid (1997) identificou para a cidade de São Paulo, 57 espécies de madeira utilizadas na construção civil; cinco eram de florestas plantadas e 52 de florestas nativas, a maioria de origem amazônica. Para a cidade de Curitiba-PR, Nisgoski et al. (2000) observaram 37 espécies utilizadas para laminação, dentre estas, encontravam-se espécies amazônicas, da Mata Atlântica, espécies de reflorestamento (pinus e eucalipto), além de madeiras importadas, como sapele e carvalho. Oliveira et al. (2007) identificaram para o município de Jerônimo Monteiro, localizado na região Sul do Espírito Santo, 28 espécies utilizadas nas serrarias.

As madeiras identificadas no presente estudo pertencem a 38 gêneros e 15 famílias diferentes, conforme a Tabela 1. A família Leguminosae se destaca frente às demais, com 13 gêneros; e as famílias Lecythidaceae e Sapotaceae aparecem em segundo lugar, mas com apenas quatro gêneros, cada uma.

Resultado semelhante foi obtido por Zenid (1997) em pesquisa realizada na cidade de São Paulo, destacando a família Leguminosae, como a que mais contribui para a diversidade das espécies de madeiras comercializadas. Tal resultado é consequência do grande número de espécies e gêneros que essa família possui e da grande diversidade das florestas tropicais.

3.1.1 - Nomes utilizados na comercialização das madeiras

Os resultados relativos aos nomes das espécies, indicados erroneamente pelos comerciantes entrevistados, são apresentados na Tabela 2. Por esta Tabela observa-se que 14 espécies tiveram o seu nome fornecido de forma incorreta, pelo menos uma vez.

Tabela 2 – Nomes adotados na comercialização das madeiras

Nome Vulgar	Nome Coletado
Muiracatiara	Guaribú
Castanheira	Jequitibá e Cedrinho
Falso-pau-brasil, Conduru ou Muirapiranga	Oiticica Vermelha
Jutaí-pororoca	Mista
Balata	Joerana
Fava-orelha-de-negro	Mirindiba
Juerana	Mista
Tento	Guajrá pedra (2) e Mista
Peroba-do-campo	Cacunda
Goiabão	Mista
Timborana	Angelim-pedra, Angico e Mista
Mandioqueira, Cambará	Cambará, Mista e Tatajuba
Tachi	Louro canela
Tanibuca, Cuiarana	Mista

A timborana foi a espécie com o maior número de identificações incorretas, com três nomes diferentes: angelim-pedra, angico e mista, este último por dois entrevistados. Nisgoski, et al. (2000) coletaram amostras de cinco espécies diferentes, comercializadas como lâminas de mogno na cidade de Curitiba. Para madeira serrada, Zenid (1997) observou quinze espécies diferentes, vendidas com o nome de cedrinho na cidade de São Paulo, com propriedades físico-mecânicas bem variáveis entre elas. Enganos na identificação da madeira podem ser decorrentes da semelhança das espécies.

As madeiras chamadas de mistas pelos entrevistados correspondem a lotes de madeira, com diferentes espécies. Sete espécies comercializadas foram identificadas como mistas. Isso mostra que tais espécies não têm suas propriedades conhecidas pelos entrevistados, mas são vendidas para um mesmo uso final. De acordo com os entrevistados, geralmente essas espécies são utilizadas para estrutura de telhados. Pôde-se constatar pela correta identificação dessas espécies que as propriedades físico-mecânicas podem variar entre elas, por exemplo, a

juerana e a tanibuca possuem densidade básica, a 15% de umidade, de 0,53 e 0,95 g/cm³ respectivamente (IPT, 1989).

Outro exemplo de madeiras, com características distintas, vendidas como mista, é a timborana e jutaí-pororoca. A madeira de timborana é indicada para partes internas de móveis, lâminas decorativas, instrumentos musicais, decoração e adorno, e a madeira do jutaí-pororoca pode ser usada em obras externas e hidráulicas, construções pesadas, vigas, dormentes e construções navais.

A madeira de sapucaia (*Lecythis pisonis*), vendida como jarana, pode ser confundida com a espécie *Holopyxidium jarana*, cujo nome popular mais comum é jarana, entretanto essas duas espécies possuem propriedades bem parecidas, o que não ocasionaria maiores conseqüências.

A espécie *Qualea* spp tem o seu nome mais comum, segundo a “Padronização da nomenclatura comercial das madeiras brasileiras das madeiras tropicais amazônicas” IBDF (IBDF, 1987), como sendo mandioqueira, entretanto, essa madeira vem sendo comercializada com o nome de cambará. Tal fato, também, foi constatado por Zenid (1997) para a cidade de São Paulo.

A freqüência de erros na identificação das espécies de madeira, principalmente naquelas menos tradicionais em uso, ressalta a necessidade do conhecimento desse material, com base na estrutura anatômica do lenho, seguindo padronizações das nomenclaturas comerciais, através de documentos, como as publicações do IBDF (1987). Para uma utilização mais eficiente e com menores riscos, deve-se conhecer a espécie que está sendo utilizada, bem como as suas propriedades físico-mecânicas.

3.1.2 - Grau de comercialização das espécies

A Tabela 3 mostra as espécies mais freqüentes no comércio da região e a porcentagem em que apareceram durante visitas aos dezessete estabelecimentos.

Tabela 3 – Relação das espécies de madeira com maior ocorrência

Espécie	Estabelecimentos (n)	Porcentagem (%)
Paraju ou Maçaranduba	14	82
Angelim-pedra	13	76
Pinus	7	41
Peroba-mica	7	41
Eucalipto	6	35
Eucalipto citriodora	6	35
Roxinho	6	35
Garapa	6	35
Pequi	5	29

Pela análise da Tabela 3, verifica-se que as principais espécies comercializadas na forma serrada na região Sul do Espírito Santo são o parajú e o angelim-pedra, com as outras sete espécies aparecendo com números bem próximos entre si, variando de cinco a sete. Todas as demais espécies que não são citadas na Tabela 3 apareceram somente uma ou duas vezes durante a pesquisa.

Considerando o paraju no grupo de uso final denominado construção civil, pesada interna, na qual a madeira da peroba-rosa encontra sua maior utilização, a madeira do paraju pode ser empregada com grande eficiência, como já vem ocorrendo no Sul do Espírito Santo e, provavelmente, em todo o Estado.

A madeira de angelim-pedra, a segunda mais comercializada, poderia ser indicada na construção civil, como: pesada interna; leve em esquadria; leve externa e interna estrutural; e leve interna decorativa. Segundo Zenid (1997), a madeira de angelim-pedra atende a todos os critérios de classificação no que diz respeito à fixação mecânica, durabilidade natural, tratabilidade e estabilidade dimensional.

Pelos resultados, nota-se que a grande diversidade de espécies encontradas nas florestas tropicais se reflete no comércio de madeira serrada, porém um pequeno número de espécies é responsável por grande parte da madeira comercializada. Tais fatos ocorrem devido ao baixo conhecimento das espécies

menos tradicionais em uso, apesar da escassez crescente destas madeiras tradicionais, como por exemplo, a peroba-rosa.

Dentre as madeiras de reflorestamento, a espécie que mais aparece é o pinus, ocorrendo sete vezes. Cabe destacar, no entanto que ao contrário do eucalipto, a madeira de pinus é usada, quase que exclusivamente, na forma de tábuas na construção civil.

A utilização da madeira de eucalipto requer a superação de alguns problemas de secagem, como o colapso, rachaduras, fendilhamentos, torções, entre outros, inerentes às espécies oriundas de florestas de rápido crescimento, através da utilização de técnicas que minimizem a ocorrência de tais problemas. Adicionalmente, cabe ressaltar a necessidade de investimentos para a formação de novas florestas, visando ao atendimento da demanda futura de matéria-prima de qualidade.

3.2 - Procedência da madeira

As informações apresentadas se referem à fonte de suprimento e não devem ser confundidas com a estimativa do volume comercializado.

A procedência da madeira comercializada na região Sul do Espírito Santo, segundo informações coletadas no comércio, são apresentadas na Tabela 4, onde se vêem em percentagem as citações de cada Estado e Região.

Como pode ser visto pela Tabela 4, a Região Amazônica é a principal fonte de madeira serrada comercializada na região Sul do Estado do Espírito Santo, com um total de 74% das citações. A região Sudeste do país é a segunda em importância com 14% das citações, seguida da região Sul com 12%.

Tabela 4 - Procedência da madeira serrada comercializada na região Sul do Espírito Santo

Região	Citações (n)	Porcentagem (%)
Região Amazônica	30	74
Grosso	Acre	2,5
	Maranhão	2,5
	Mato	4
	Pará	15
	Rondônia	9
Sudeste	6	14
Santo	Espírito	3
	Minas	7
Gerais	3	7
Sul	5	12
Catarina	Paraná	3
	Santa	2
		5

Os Estados do Paraná e Santa Catarina fornecem, para a região, madeiras de pinus na forma de tábuas, utilizadas principalmente na construção civil, enquanto os dois Estados da região Sudeste citados são fornecedores da madeira de eucalipto, principalmente. Conclui-se que a maior parte da madeira comercializada é proveniente de florestas nativas, estando esses dados de acordo com a literatura, onde dois terços da madeira serrada consumida no Brasil ainda são provenientes de florestas nativas (REFLORE, 2007).

De acordo com a Tabela 4, o Estado do Pará é mais citado pelos entrevistados (37%), seguido por Rondônia (22%). Acredita-se que tal situação possa ser generalizada para todo o Estado do Espírito Santo.

Zenid (1997) encontrou resultados semelhantes para a cidade de São Paulo, com uma participação da Região Amazônica de 61%, destacando-se o Estado de Rondônia, como a principal fonte da matéria-prima (19%), seguido do Pará, com 14%. Segundo o mesmo autor, antes da década de 1990 o setor de vendas

(distribuidoras) se abastecia, principalmente, com produtos oriundos da região Sul (52% do total), e das regiões Norte e Centro-Oeste (46,15%).

Mantidas as condições atuais de pouca utilização de madeiras de reflorestamentos na forma serrados, a região Amazônia deverá ser a principal fornecedora da matéria-prima por muitos anos, face à grande área territorial e à quantidade de madeira existente.

3.3 - Forma de aquisição

A forma de aquisição das peças de madeiras pelas madeireiras é apresentada na Tabela 5. Apenas um dos entrevistados disse ter produção própria. Cerca de 35% dos entrevistados afirmou que a aquisição era feita junto terceiros e a maioria (59%) adquiri a madeira diretamente de distribuidores. Segundo o entrevistado que disse ter produção própria, a madeira comercializada por ele e proveniente de uma área de manejo no Estado do Pará.

Tabela 5 - Forma de aquisição da madeira serrada pelas madeireiras na Região Sul do Espírito Santo

	Número de citações	Percentual (%)
Distribuidor	10	59
Produção de Terceiros	6	35
Produção Própria	1	6

Esses resultados revelam a importância que os distribuidores têm no abastecimento de madeira serrada no Sul do Estado do Espírito Santo.

Segundo Zenid (1997), na cidade de São Paulo, 68% da madeira chegam até o comércio e construtoras através de distribuidores. Esse panorama deve ocorrer em toda a região Sudeste, já que a maior parte da madeira serrada comercializada é proveniente de florestas nativas.

3.4 - Critérios de escolha das espécies de madeira

Os critérios de escolha para as espécies de madeiras que estão sendo comercializadas na região são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Critérios para escolha das espécies comercializadas

	Estabelecimento (n)	Percentual (%)
Disponibilidade	11	55
Tradição	6	30
Projeto	2	10
Preço	1	5

Pela Tabela 6 observa-se que apenas dois entrevistados disseram escolher as espécies em função de projetos. Cerca de 30% dos entrevistados, alegaram que a tradição é o critério empregado na escolha das espécies de madeira. A disponibilidade perfaz 55% das citações e apenas um entrevistado alegou que o preço tem influência na escolha.

A escolha das espécies madeireiras, de acordo com especificação em projetos, é importante para racionalizar o uso da madeira, promovendo um uso mais eficiente da matéria-prima. O uso da madeira sem a especificação do projeto pode levar à escolha de espécies não adequadas, como exemplo, as espécies mistas, as quais possuem diferentes propriedades e, são utilizadas para uma mesma finalidade.

3.5 - Grau de processamento

Nos estabelecimentos, levantaram-se informações sobre o grau de processamento da madeira comercializada. De acordo com a Tabela 7, a maioria das madeiras comercializadas na região possui algum tipo de processamento.

Tabela 7 - Informações relativas ao grau de processamento da madeira

Ocorrência/Tipo de Processamento	Estabelecimento (n)	Percentual (%)
Sim	13	76
Não	4	24
Serra circular, desengrosso e outras máquinas	8	62
Serra circular e desengrosso	2	15
Somente serra circular	3	23

Somente 24% dos entrevistados disseram não proceder nenhum tipo de processamento da madeira, sendo comercializada nas dimensões padrões, de acordo com o fornecido pelos distribuidores. Para 76% das madeireiras visitadas (13), há pelo menos um tipo de processamento da madeira, sendo que destas treze, para 77% há processamento completo do material (serra circular e desengrosso) e para 23% dos estabelecimentos, constatou-se apenas, a existência de serra circular.

O processamento da madeira pode ser importante para o estabelecimento, como forma de agregar valor ao produto e, sobretudo, garantir um melhor atendimento ao usuário da madeira.

3.6. Padronização das dimensões

Nas empresas visitadas, procurou-se obter informações sobre as dimensões das peças comercializadas, ou seja, se existe algum tipo de padronização do material comercializado. As informações são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Padronização das dimensões das peças de madeira serradas comercializadas

Existência de Padronização	Estabelecimentos (n)	Percentual (%)
Sim	13	76
Não	4	24

Na Tabela 8, observa-se que 76% dos entrevistados disse que usam algum tipo de padronização, enquanto 24% responderam que não seguem nenhuma padronização das peças. Quando solicitados sobre o tipo de padronização adotado, todos os entrevistados disseram adotar as dimensões comerciais ou de mercado.

A padronização das peças serradas é uma atividade essencial, comumente desenvolvida em países que são grandes consumidores de madeira, onde é reconhecida como material de engenharia e normalizada.

No Brasil, a ABNT especifica dimensões e nomes das peças, mas esses itens são ignorados pelos setores de produção e comércio de madeira serrada beneficiada. As normas disponíveis são: NBR7203 – Madeira serrada e beneficiada;

NBR9487 – Classificação de madeira serrada de folhosas; NBR12498 – Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral: dimensões e lotes; e NBR14807 – Peças de madeira serrada: dimensões.

Os nomes das peças de madeira serrada, de acordo com suas dimensões nominais em centímetros (espessura x largura), fornecidos pelos entrevistados são apresentados a seguir:

- caibro: 4x7; 4x10;
- peça: 2x7; 2x5; 2,5x13; 4x7; 5x7; 6x10; 7x7; 7x11; 7x12; 7x14; 7x15; 7x20; 7x24; 7x25; 7x29; 7x30; 8x8; 10x5; 10x6; 14x7; 14x14; 15x15;
- ripa: 2x4; 2x5;
- tábuas para assoalho: 2,5x15; 2,5x20; 3x25;
- taco (largura x comprimento): 7x21;
- régua: 3x13;
- ripão: 3x5; 3x6;
- ripinha: 1x4,5;
- coluna: 14x14;
- prancha: 4x10; e, 3,5 e 4 de espessura, com largura variável;
- taipá: 2,5x20; 2,5x25; 2,5x30.

Através dessas informações, observa-se uma pequena confusão com relação aos nomes atribuídos a tais dimensões, sobretudo nas peças de madeira serrada denominadas peças, onde se vê um grande número de dimensões, algumas bem distintas das outras. Existem peças com as mesmas dimensões, mas comercializadas com nomes diferentes, como por exemplo, as dimensões 4x7 comercializadas como caibro e com o nome de peça. De acordo com a ABNT (2002), peças de madeira denominadas caibro, são aquelas que variam de 4 a 8 cm para a espessura e de 5 a 8 cm para a largura. Por essa norma a dimensão de 4x10 cm não poderia ser denominada caibro.

3.7 - Padronização da qualidade quanto à classificação visual

Foi abordado às empresas se elas utilizavam algum tipo de padronização, para a qualidade das peças de madeira serrada comercializada. Quando a resposta era afirmativa, solicitava-se então ao entrevistado informar qual era a padronização utilizada. Os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Padronização da qualidade das peças de madeira serrada e comercializada

Existência de Padrões de Qualidade	Estabelecimentos (n)	Percentual (%)
Sim	10	59
Não	7	41

Na Tabela 9, pode-se observar que 59% dos entrevistados padronizam as peças de madeira de acordo com a qualidade, cerca de 41% não utilizam nenhum tipo de padronização. Quando perguntados qual a padronização utilizada, todos os entrevistados que dizem seguir algum tipo de padronização para a qualidade, responderam que classificam as peças de madeira apenas, como de primeira e segunda. Nenhum entrevistado disse seguir alguma norma e/ou especificações que definam essa padronização utilizada.

A presença de defeitos naturais (nós e bolsas de resina, por exemplo) ou de processamento (empenamentos e rachaduras, por exemplo) afeta a qualidade e desempenho das peças de madeira serrada.

As peças podem ser classificadas através de normas que adequam o material de acordo com as necessidades do consumidor. Tais classificações podem ser feitas visualmente.

A existência de definições precisas, de termos e de especificações, de dimensões e de qualidade é reconhecida internacionalmente como uma das exigências básicas para o desenvolvimento racional do comércio de madeiras (ZENID, 1990). Segundo o mesmo autor, a classificação de madeira serrada no Brasil, foi praticada largamente somente com a madeira de pinho-do-paraná, destinada aos usos domésticos e internacionais. Atualmente, a despeito da existência de normas para pinus e folhosas (angiospermas-dicotiledôneas), registradas na ABNT, a classificação só é praticada na madeira destinada à exportação para países desenvolvidos.

As regras de classificação são baseadas nos defeitos, levando em consideração, seu tamanho, tipos, quantidade e posição, que devem ser comparados visualmente pelo classificador, peça por peça. Essa classificação pode

ser feita utilizando as normas NBR11700 – Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento para uso geral e NBR14806 – Madeira serrada de eucalipto – Requisitos. Para a classificação da madeira usada em estruturas, cita-se a NBR7190 – Projeto de estrutura de madeiras.

A ausência de classificação é um problema importante para o comércio de madeira, sendo, portanto, necessárias medidas para solucioná-lo. Dentre as soluções que podem ser apresentadas, pode-se citar a utilização de normas e especificações pelos comerciantes.

3.8 - Condições de umidade da madeira comercializada

As informações acerca da existência de estufa nos estabelecimentos visitados são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Existência de estufa nas madeireiras visitadas

Ocorrência de estufa	Estabelecimento (n)	Percentual (%)
Sim	4	26
Não	13	74

Na Tabela 10, observa-se que apenas 26% dos entrevistados possuem estufa para efetuar a secagem de suas madeiras. Na maioria dos estabelecimentos, ou seja, em 74% deles, a madeira é seca ao ar livre. A secagem pode ser executada ao ar, porém esse método possui a desvantagem de ser mais lento.

O uso da madeira seca na execução dos projetos é de grande importância, por evitar uma série de problemas, como empenamentos, rachaduras, colapso, entre outros, problemas esses que não são do conhecimento da maioria dos consumidores. Quando possível, o ideal é que a madeira chegue seca até os estabelecimentos, reduzindo o peso da carga e, por conseguinte o custo de transporte.

Informações a respeito do uso de medidores elétricos de umidade foram procuradas nos estabelecimentos visitados. O resultado referente a essa informação é apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Existência de medidor de umidade

Ocorrência de Medidor de Umidade	Estabelecimento (n)	Percentual (%)
Sim	2	12
Não	15	88

Na Tabela 11, verifica-se que apenas 12% dos entrevistados possuem medidor de umidade da madeira. Durante o contato com os gerentes ou proprietários dos estabelecimentos visitados, percebeu-se que a maioria nem sabia da existência de tais aparelhos. Também foi constatado que a grande maioria dos comerciantes não sabia se as madeiras que estavam comercializando estavam realmente secas. Tal fato é importante, pois são comuns reclamações de ocorrência de problemas com a madeira em uso.

Durante as visitas aos estabelecimentos, realizou-se a medição da umidade em lotes de madeiras com auxílio de um medidor elétrico de umidade. Procurou-se sempre medir a umidade das peças que já estavam prontas para serem comercializadas. Os resultados referentes à umidade das peças encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Condições de umidade da madeira comercializada

Espécie	Lotes (N)	Peças (N)	Teor de umidade dos lotes		
			Mínimo	Média	Máximo
Pequi	6	58	36,3	51,2	60,7
Eucalipto	8	97	25,6	46,6	63,0
Angelim pedra	6	66	13,9	20,5	29,2
Garapa (7x12)	2	20	26,3	39,1	51,9
*Angelim-pedra (2,5x30cm)	2	36	20,9	20,9	21,0
*Eucalipto p/ janelas	2	20	17,6	17,4	17,3
Cumaru (assoalho)	1	13	-	38,8	-
Joerana	1	12	-	64,2	-
Ipê (assoalho)	1	10	-	14,9	-
Parajú (4x7cm)	2	29	32,1	39,0	45,8
Peroba mica (3x20cm)	4	60	15,1	16,7	17,9
Pinus (6x6cm)	5	65	15,6	31,5	54,0
Roxinho	2	15	26,7	31,9	37,1
Total	42	501			

N = número de peças ou de lotes medidos; e *madeira seca em estufa.

Observa-se um grande número de peças de madeira, comercializadas ainda verdes, ou seja, umidade da peça acima de 30%. Constata-se que uma das madeireiras vendia assoalhos com um teor de umidade considerado elevado (38,8%, pela leitura do aparelho). São comuns as reclamações de desempenho ruim da madeira, principalmente em assoalhos, em função do desconhecimento ou do descaso pela higroscopicidade da madeira.

Entre os quarenta e dois lotes examinados, apenas doze estão com um teor de umidade próximo ao do teor de equilíbrio higroscópico, sendo eles, seis lotes de angelim-pedra, quatro de peroba-mica, um de ipê e um de pinus. A maioria dos lotes está com um teor de umidade médio acima de 30%, conforme a Tabela 12.

Mesmo nas peças secas em estufa, pode-se constatar que algumas estão com um teor de umidade muito elevado, enquanto outras estão bem abaixo do teor de equilíbrio higroscópico e outras com o teor de umidade próximo ao teor de

equilíbrio. Tal variação na umidade entre peças de madeira serrada secas em estufa pode ser constatada pelo alto desvio-padrão e coeficiente de variação.

Quando realizada de forma correta, a secagem apresenta vantagens, como a redução de custo no processo, e propicia a obtenção de material uniformemente seco e isento de defeitos. De acordo com o IPT (1985), a variação da umidade pode causar sérios problemas durante a estocagem, fabricação ou uso da madeira. Dessa forma, para reduzir a excessiva variação de umidade entre peças, recomenda-se um tratamento de equalização na fase final de secagem, tal processo é descrito pelo IPT (1985).

3.9 - Agrupamento das madeiras identificadas de acordo com o uso final na construção civil habitacional

A variabilidade entre as madeiras e as respectivas propriedades dificultam a sua comercialização, principalmente nos países tropicais. A exuberância do número de espécies de madeiras existentes nas florestas é uma das expressões da sua biodiversidade. Para um uso mais racional, essa heterogeneidade pode ser reduzida através do seu agrupamento em categorias de propriedades comuns.

As classes de usos facilitam a utilização das diferentes espécies de madeira. Em um projeto estrutural desenvolvido de acordo com essa norma bastará a verificação das propriedades de resistência de um lote de peças de madeira à classe de resistência especificada no projeto, por exemplo.

Assim, as espécies ou grupos de madeiras identificadas nesta pesquisa foram reunidas em grupos de usos finais na construção civil habitacional, de acordo com o critério de classificação proposto a seguir.

3.9.1 - Construção civil pesada interna

A tabela 13 engloba as peças de madeira serrada na forma de vigas, caibros, pranchas e tábuas utilizadas em estruturas de cobertura.

Tabela 13 - Agrupamento por uso final, de acordo com o critério de classificação pesada interna - Referência: peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*)

Nome popular	Nome científico	DN
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	+++ ***
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	+++ ***
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	+++ ***
Eucalipto	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	
Falso-pau-brasil, Conduru ou Muirapiranga	<i>Brosimum</i> sp.	+++ ***
Fava-orelha-de-negro	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	++ **
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	+ **
Goiabão	<i>Pouteria pachycarpa</i>	+ *
Ipê	<i>Tabebuia</i> spp.	+++ ***
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp.	++ **
Jutaí-pororoca	<i>Dialium guianense</i>	+++ **
Paraju	<i>Manilkara</i> spp.	++ ***
Pau-amarelo ou amarelinho	<i>Euxylophora paraensis</i>	+++ *
Pequi	<i>Caryocar villosum</i>	+++ ***
Peroba-do-campo	<i>Paratecoma peroba</i>	++ **
Roxinho	<i>Peltogyne discolor</i>	+++ ***
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i>	+++ ***
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	+++ ***

DN = durabilidade natural, sendo: +++ = alta resistência a cupins de madeira seca; ++ = média resistência a cupins de madeira seca; + = baixa resistência a cupins de madeira seca; *** = alta resistência a fungos apodrecedores; ** = média resistência a fungos apodrecedores; e * = baixa resistência a fungos apodrecedores.

3.9.2 - Leve externa e leve interna estrutural

A Tabela 14 engloba as peças de madeira serrada na forma de tábuas e pontaletes empregados em usos temporários (andaimas, escoramento e fôrmas

para concreto) e as ripas e caibros, utilizados em partes secundárias de estruturas de cobertura.

Tabela 14 - Agrupamento para uso final, de acordo com o critério de classificação leve externa e leve interna estrutural - Referência: pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia*)

Nome comercial	Nome científico	DN
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	+++ ***
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	+++ ***
Eucalipto	<i>E. grandis</i>	
Eucalipto citriodora	<i>Corymbia citriodora</i>	++ **
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	+ **
Jequitibá	<i>Cariniana</i> sp.	+ *
Peroba-do-campo	<i>Paratecoma peroba</i>	++ **
Peroba-mica	<i>Aspidosperma populifolium</i>	
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	+ **
Pau-amarelo ou amarelinho	<i>Euxylophora paraensis</i>	+++ *
Peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	++ *
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	+++ ***
Tauari	<i>Couratari</i> spp.	+ *

DN = durabilidade natural; +++ = alta resistência a cupins de madeira seca; ++ = média resistência a cupins de madeira seca; + = baixa resistência a cupins de madeira seca; *** = alta resistência a fungos apodrecedores; ** = média resistência a fungos apodrecedores; e * = baixa resistência a fungos apodrecedores.

3.9.3 - Leve interna decorativa

A Tabela 15 abrange as peças de madeira serrada e beneficiada, como forros, painéis, lambris e guarnições, onde a madeira apresenta cor e desenhos considerados decorativos.

Tabela 15 - Agrupamento por uso final, de acordo com o critério de classificação leve interna decorativa - Referência: Imbuia (*Ocotea porosa*)

Nome comercial	Nome científico	DN
Angelim-pedra	<i>Hymenolopium petraeum</i>	+++ ***
Cedro	<i>Cedrela</i> sp.	++ **
Oiticica	<i>Clarisia racemosa</i>	+ *
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	+++ ***
Falso-pau-brasil, Conduru ou Muirapiranga	<i>Brosimum</i> sp.	+++ ***
Ipê	<i>Tabebuia</i> spp.	+++ ***
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp.	++ **
Jequitibá	<i>Cariniana</i> sp.	+ *
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	+ **
Peroba-do-campo	<i>Paratecoma peroba</i>	++ **
Pau-amarelo ou amarelinho	<i>Euxylophora paraensis</i>	+++ *
Peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	++ *
Roxinho	<i>Peltogyne discolor</i>	+++ ***
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	+++ ***
Vinhático	<i>Plathymenia</i> sp.	+++ ***

DN = durabilidade natural; +++ = alta resistência a cupins de madeira seca; ++ = média resistência a cupins de madeira seca; + = baixa resistência a cupins de madeira seca; *** = alta resistência a fungos apodrecedores; ** = média resistência a fungos apodrecedores; e * = baixa resistência a fungos apodrecedores.

3.9.4 - Leve interna de utilidade geral

A Tabela 16 engloba as peças de madeira serrada e beneficiada, como forros, painéis, lambris e guarnições, onde o aspecto decorativo da madeira não é fator limitante.

Tabela 16 - Agrupamento por uso final, de acordo com o critério de classificação leve interna de utilidade geral - Referência: pinho (*A. angustifolia*)

Nome comercial	Nome científico	DN
Eucalipto	<i>E. grandis</i> e <i>E. saligna</i>	
Pinus	<i>Pinus</i> sp.	+ *
Juerana	<i>Macrosamanea pedicellaris</i>	+ *
Tauari	<i>Couratari</i> spp.	+ *

DN = durabilidade natural; +++ = alta resistência a cupins de madeira seca; ++ = média resistência a cupins de madeira seca; + = baixa resistência a cupins de madeira seca; *** = alta resistência a fungos apodrecedores; ** = média resistência a fungos apodrecedores; e * = baixa resistência a fungos apodrecedores.

3.9.5 - Leve em esquadrias

A Tabela 17 engloba as peças de madeira serrada e beneficiada, como portas, venezianas e caixilhos.

Tabela 17 - Agrupamento por uso final, de acordo com o critério de classificação leve em esquadrias - Referência: pinho (*A. angustifolia*)

Nome comercial	Nome científico	DN
Angelim-pedra	<i>Hymenolopium petraeum</i>	+++ ***
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	+++ ***
Cedro	<i>Cedrela</i> sp.	++ **
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	+ **
Jequitibá	<i>Cariniana legalis</i>	+ *
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	+ **
Oiticica	<i>Clarisia racemosa</i>	+ *
Pau-amarelo ou amarelinho	<i>Euxylophora paraensis</i>	+++ *
Tauari	<i>Couratari</i> spp.	+ *

3.9.6 - Assoalhos domésticos

A Tabela 18 compreende os diversos tipos de peças de madeira serrada e beneficiada usada em pisos (tábuas corridas, tacos, tacões e parquetes).

Tabela 18 - Agrupamento por uso final, de acordo com o critério de classificação assoalhos domésticos - Referência: peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*)

Nome comercial	Nome científico	DN
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	+++ ***
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	+ **
Goiabão	<i>Pouteria pachycarpa</i>	+ *
Ipê	<i>Tabebuia</i> spp.	+++ ***
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp	++ **
Parajú	<i>Manilkara</i> spp.	++ ***
Pau-amarelo ou amarelinho	<i>Euxylophora paraensis</i>	+++ *
Roxinho	<i>Peltogyne discolor</i>	+++ ***
Tanibuca, Cuiarana	<i>Terminalia</i> sp. ou <i>Buchenavia</i> sp.	++ **
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	+++ ***

4 - CONCLUSÕES

Com base nas informações coletadas durante as visitas nas madeiras podemos concluir que:

- grande parte das espécies comercializadas na região é proveniente da região Amazônica;

- algumas espécies são comercializadas com o nome incorreto, devido à falta de conhecimento da espécie por parte dos comerciantes;

- algumas espécies com propriedades físico-mecânicas bem distintas são comercializadas com o nome de mistas, e utilizadas para um mesmo uso final.

- Apesar de terem sido encontradas quarenta espécies comercializadas na região, apenas nove são comumente encontradas.
- Normas reguladoras para padronização das dimensões e qualidade da madeira inexistem na região.
- A grande maioria das madeiras comercializadas, é vendida na forma verde.
- O uso de medidor elétrico de umidade é reduzido na região.
- A maioria dos comerciantes adquire as espécies de madeira de acordo com a sua disponibilidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9487**. Classificação de madeira de folhosas. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 32p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7203**. Condições Gerais – Nomenclatura de peças de madeira serrada. Rio de Janeiro: ABNT, 1982. 272p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12297**: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral: medições e quantificações de defeitos. Rio de Janeiro, 1991. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11700**: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral. Rio de Janeiro, 1991. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12498**: Madeira serrada de coníferas provenientes de reflorestamento, para uso geral – Dimensões e lotes. Rio de Janeiro, 1991. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14807**: Peças de madeira serrada – Dimensões. Rio de Janeiro, 2002. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14806**: Madeira serrada de eucalipto – Requisitos. Rio de Janeiro, 2002. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

CHIMELO, J.P.; ALFONSO, V.A. Anatomia e identificação de madeiras. In: IPT. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo: ABPM, 1985. p. 23-58 (Boletim ABPM 36).

HOEFLICH, V. A. **O papel das florestas para o desenvolvimento da sociedade brasileira**. REMADE, 2007. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acesso em 14 de dez. 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=es>. Acesso em: 03 de jul. 2006.

GONÇALVES, F. G. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla x grandis* para produtos sólidos**. 2005. 169f. Dissertação (Mestrado em produção Vegetal). Universidade federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v 1, 2º edição, Nova Odessa: Plantarum, 2000. 381p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v 2, 2º edição, Nova Odessa: Plantarum, 2000. 381p.

NASCIMENTO, C. C.; GARCIA, J. G.; DIÁZ, M. P. **Agrupamento de espécies madeireiras da amazônia em função da densidade básica e propriedades mecânicas**. Madera y Bosques v.3, n.1, 1997: p.33-52.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Principais madeiras utilizadas para laminação na Região de Curitiba, PR. **Scientia Agraria**, v.1, n. 1-2, p. 33-38, 2000.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Madeiras de Tucuruí, Características e Utilização**. Brasília - DF, 1981.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Potencial madeireiro do grande Carajás**. Brasília - DF, 1983. 134p.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Identificação e agrupamento de espécies de madeiras tropicais amazônicas; síntese**. Brasília - DF, 1985. 59p.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Padronização da nomenclatura comercial brasileira das madeiras tropicais amazônicas**. Brasília, IBDF, 1987. 85p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Manual de Identificação das Principais Madeiras Comerciais Brasileiras**. São Paulo, 1983; 241p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Manual de secagem da madeira**. São Paulo, 1985; 69p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo, 1989; 418p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. São Paulo, 2003 (Publicação IPT; 2980).

KEENAN, F.J.; TEJADA, M. **Tropical timber for building materials in the andean group countries of South America**. Ottawa, Ontario: International Development Research Centre-IDRC, 1984. 151p.

OLIVEITA, J. T. S.; et. al. 2007. **Atlas com informações tecnológicas das madeiras comercializadas no município de Jerônimo Monteiro**. Jerônimo Monteiro – ES, 2007. CD-ROM.

REFLORE – Associação sul-mato-grossense de produtores e consumidores de florestas plantadas. **Imensidão Verde**, 2007. Disponível em: <<http://www.reflore.com.br/exibe>>. Acesso em 27 de novembro de 2007.

REMADE – Revista da madeira. **Novas espécies apontam economia e produtividade**. n. 93, 2005. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acesso em 15 de novembro de 2007.

SCHETTINO, L. F. **Diagnóstico da situação florestal do Espírito Santo, visando Estabelecer um plano de gestão sustentável**. 2000. 174f. Tese (Doutorado em ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

ZENID, G.J. Noções de classificação de toras e de madeira serrada. São Paulo, 1990. 62p. (publicação IPT 1815).

ZENID, G.J. **Identificação e grupamento das madeiras serradas empregadas na construção civil habitacional na cidade de São Paulo**. São Paulo: 1997, 170f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Universidade de São Paulo.

CAPÍTULO 2

COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES COMERCIALIZADAS NA REGIÃO SUL DO ESPÍRITO SANTO

RESUMO

O estudo do comportamento higroscópico da madeira é indispensável para um bom aproveitamento dos recursos florestais na fabricação de produtos distintos. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o teor de equilíbrio higroscópico das sete espécies de madeira de folhosa mais comercializadas na região Sul do Espírito Santo, em diversas condições de umidade relativa do ar, bem como elaborar curvas de sorção para cada espécie, ajustar equações para a estimativa do teor de equilíbrio, e comparar as equações ajustadas para a desorção e a adsorção com aquelas comumente encontradas na literatura. As madeiras utilizadas neste estudo são provenientes do comércio da região e também do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. As amostras com dimensões de 1,5 x 1,5 x 6 cm, com a última dimensão no sentido axial, foram saturadas em água e, posteriormente levadas a uma câmara climática com temperatura e umidade relativa do ar controladas. Após a obtenção das massas para as fases de desorção e adsorção, as amostras foram secas em uma estufa para obtenção da massa anidra e conseqüente determinação do teor de umidade nas distintas umidades relativas para as duas fases. As equações ajustam-se muito bem para todas as espécies estudadas, apresentando sempre um elevado coeficiente de determinação (R^2). As equações ajustadas para a

adsorção geram resultados mais próximos dos obtidos através de equações da literatura.

Palavras-chave: madeiras, equilíbrio higroscópico, curvas de sorção.

HIGROSCÓPIC BEHAVIOR OF THE WOOD OF SEVEN SPECIES MARKETED IN THE SOUTH AREA OF ESPÍRITO SANTO STATE

ABSTRACT

The study of the hygroscopic behavior of the wood is indispensable for a good use of the forest resources in the production of different products. This research had as objective to evaluate the equilibrium moisture content of the seven hardwood species more marketed in the South of the Espírito Santo, in several conditions of relative humidity of the air, as well as to elaborate sorption curves for each species, to adjust equations for the estimate equilibrium moisture content, and to compare the adjusted equations for the sorption and adsorption with those commonly found in the literature. The woods used in this study are deriving from the trade of the area and also of the Laboratório de Ciências da Madeira (LCM) of the Departamento de Engenharia Florestal of the Universidade Federal do Espírito Santo. The samples with dimensions of 1,5 x 1,5 x 6 cm, with the last dimension in the axial sense were saturated in water and later taken to a climatic camera with temperature and relative humidity of the air controlled. After the obtaining of the masses for the sorption and adsorption phases, the samples were dried in an oven for obtaining of the anidra mass and consequent determination of the moisture content in the different relative humidities for the two phases. The equations adjust very well for all of the studied species, always presenting a high determination coefficient (R^2). The adjusted equations for the adsorption generate closer results to the obtained through equations of the literature.

Key words: wood, equilibrium moisture, sorption curves.

1- INTRODUÇÃO

O estudo do comportamento higroscópico da madeira é de suma importância para um bom aproveitamento dos recursos florestais na fabricação de produtos distintos. A umidade da madeira é um parâmetro que afeta todo o comportamento do material, como a trabalhabilidade, retratibilidade, resistência mecânica e durabilidade natural. O teor de umidade da madeira é influenciado pela umidade relativa do ar, temperatura, espécie, relação cerne/alburno e pelo teor de extrativos, tendendo-se a equilibrar com o ambiente. Esse equilíbrio é denominado umidade de equilíbrio ou teor de equilíbrio higroscópico da madeira. O principal fator que influencia na umidade de equilíbrio é a umidade relativa do ar, a influência da temperatura é de segunda importância.

O teor de equilíbrio higroscópico para uma mesma espécie varia conforme a localização geográfica. Essas variações condicionam a umidade final da madeira seca ao ar e também provocam a movimentação dimensional da madeira, quando colocada em uso. A estimativa da umidade de equilíbrio para uma determinada região só poderá ser feita mediante dados de umidade relativa e temperatura do ar.

As variações dimensionais na madeira ocorrem quando há um ganho ou perda de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, que está em torno de 30%. Conforme Galvão (1975), essa variação dimensional é maior na direção tangencial da madeira, podendo atingir até mais de 15% do valor original, quando a umidade varia de 30 a 0%. Segundo Kollman & Côté (1968), a diferença entre a retratibilidade tangencial e a radial pode ser explicada pela influência restritiva dos raios na direção radial e também pelo arranjo helicoidal diferente das microfibrilas nas paredes tangenciais e radiais.

As alterações dimensionais da madeira durante a secagem ou recondicionamento podem ocasionar defeitos, como empenamentos,

encanoamento, encurvamento, arqueamento, torcimento, rachaduras, entre outros. Outro aspecto importante a considerar é a determinação dos teores de equilíbrio higroscópico da madeira nos processos de desorção e adsorção de umidade, onde tais valores são sempre maiores para a etapa de desorção.

Segundo Oliveira (1997), o conhecimento das propriedades higroscópicas é, sem dúvida, a chave para a utilização bem-sucedida da madeira. A madeira seca a um teor de umidade igual ou próximo daquele de equilíbrio com as condições de uso do material não apresenta os problemas referentes à umidade.

A importância do teor de equilíbrio da madeira tem sido discutida por diversos autores: Kollmann & Côté (1968), Jankowsky & Galvão (1979), Silva & Oliveira (2003), Oliveira (1988), Mendes & Arce (2003).

Normalmente, as umidades de equilíbrio são determinadas a partir de gráficos ou equações já existentes, que por sua vez são obtidos da média de diversas espécies de madeira, portanto não representativa de muitas espécies, existindo diferenças importantes entre os reais teores de equilíbrio de cada uma (AHMET et al., 1999).

Dentre os componentes da madeira, a hemicelulose é o material mais hidrófilo, à qual é atribuída grande parte do fenômeno de adsorção, e a lignina é o mais hidrofóbico dos componentes, pouco contribuindo para a adsorção de água na madeira. Segundo Moreschi (1975), a celulose é acessível à água somente nas áreas amorfas e nas superfícies das áreas cristalinas.

Num programa de secagem, quando não especificado pelo cliente (como no caso de exportações, por exemplo), a umidade final da madeira a ser atingida deve estar próxima ao teor de equilíbrio higroscópico da madeira para o local onde a mesma for utilizada, dessa forma, pode-se minimizar as variações dimensionais, o que reduz a ocorrência de defeitos.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o teor de equilíbrio higroscópico das sete espécies de folhosa mais comercializadas na região Sul do Espírito Santo em diversas condições de umidade relativa do ar, bem como elaborar curvas de sorção para cada espécie, ajustar equações para estimativas do teor de equilíbrio higroscópico e comparar tais equações com as encontradas na literatura.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Ensaio de sorção

As espécies de madeiras utilizadas no ensaio de sorção são provenientes do comércio da região Sul do Espírito Santo e também do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo. As sete espécies de folhosa mais comercializadas na região são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies utilizadas no ensaio de sorção (desorção e adsorção)

Nome vulgar	Nome Científico	Família
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	Leguminosae
Eucalipto citriodora	<i>Corymbia citriodora</i>	Myrtaceae
Eucalipto rosa	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Caesalpiniaceae
Paraju	<i>Manilkara</i> sp.	Sapotaceae
Peroba-mica	<i>Aspidosperma populifolium</i>	Apocynaceae
Roxinho	<i>Peltogyne</i> sp.	Caesalpiniaceae

A norma MB-26 (1940) foi utilizada com algumas alterações, onde os 20 corpos-de-prova de cada espécie foram retirados nas dimensões de 1,5 x 1,5 x 6 cm, sendo a última dimensão no sentido axial. Após a preparação dos corpos-de-prova, todas as amostras foram saturadas com água e levadas a um dessecador no qual se aplicou vácuo até alcançarem teores de umidade acima do ponto de saturação das fibras (PSF). Finalizada essa etapa, as amostras foram levadas a uma câmara climática com umidade relativa do ar e temperatura controladas automaticamente. O ensaio de sorção, iniciado pela fase de desorção, começou com uma umidade relativa do ar de 80%, com redução gradativa de 10% à medida que os corpos-de-prova atingiam a massa constante, sendo então pesados. Prosseguiu-se nessa fase até que as amostras se equilibrassem na umidade relativa do ar de 20%.

Em todo o estudo de sorção, a temperatura da câmara climática permaneceu constante a 25°C.

Após a pesagem dos corpos-de-prova em equilíbrio na umidade relativa de 20%, iniciou-se o processo inverso, ou seja, a fase de adsorção, com um aumento

gradativo de 10%, procedendo-se da mesma maneira anterior, até que as amostras atingissem o teor de equilíbrio, com a umidade relativa do ar de 80%. Encerrado esse processo, os corpos-de-prova foram levados para estufa de laboratório, de ventilação forçada, a uma temperatura de $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ para obtenção da massa seca.

Os dados foram lançados em planilhas do software Excel para realização dos cálculos do teor de equilíbrio higroscópico para as duas fases de sorção (desorção e adsorção). Aplicou-se o teste de Tukey a 5% de significância nas duas fases de sorção, para verificar quais médias diferiam entre si. O teor de umidade da madeira em cada fase foi calculado com base na massa seca, através da equação 1.

$$TU = \frac{(m_1 - m_0)}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

em que:

TU = teor de umidade (%);

m_1 = massa no teor de equilíbrio higroscópico (g);

m_0 = massa final seca em estufa a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ (g).

A partir dos dados de teores de equilíbrio higroscópico, nas diversas condições de umidade relativa do ar para as fases de sorção, foram elaboradas duas curvas para cada espécie, sendo uma para desorção e a outra para adsorção. Foram ajustadas equações de regressão para cada madeira nas duas fases do estudo, utilizando o modelo a seguir:

$$TU = \beta_0 + \beta_1.UR + \beta_2.UR^2 + \beta_3.UR^3 \quad (2)$$

em que:

TU = teor de equilíbrio higroscópico da madeira;

UR = umidade relativa do ar;

β = parâmetros a serem estimados.

2.2 - Estimativa do teor de equilíbrio higroscópico através de equações da literatura

O teor de equilíbrio higroscópico também foi estimado através de equações propostas por alguns autores, utilizando as mesmas faixas de umidades relativas e temperatura do experimento. As equações a serem comparadas foram desenvolvidas a partir das teorias de sorção de Hailwood e Horrobin, Enderby-King, Bradly e BET. Tais equações são apresentadas a seguir.

Teoria de Hailwood e Horrobin (equação de um hidrato)

$$UE = \left[\frac{K1.K2.H}{1+K1.K2.H} + \frac{K2.H}{1-K2.H} \right] \frac{1800}{W} \quad (3)$$

em que:

UE = umidade de equilíbrio da madeira (%);

$K1 = 3,730 + 0,03642 T - 0,000154 T^2$;

$K2 = 0,6740 + 0,001053 T - 0,000001714 T^2$;

$W = 216,9 + 0,01961 T + 0,005720 T^2$;

T = temperatura em graus Fahrenheit.

H = pressão relativa de vapor d'água (U / 100);

U = umidade relativa do ar (%).

Teoria de Hailwood e Horrobin (equação de dois hidratos)

$$UE = \left[\frac{K.H}{1-H.K} + \frac{K.H.K1+2.k1.K2.K^2.H^2}{1+K.H.K1+K1.K2.K^2.H^2} \right] \frac{1800}{W} \quad (4)$$

em que:

UE = umidade de equilíbrio da madeira, em %;

$W = 349 + 1,29.T + 0,0135.T^2$;

$$K = 0,805 + 0,000736.T - 0,00000273.T^2 ;$$

$$K1 = 6,27 - 0,00938.T - 0,000303.T^2 ;$$

$$K2 = 1,91 + 0,0407.T - 0,000293.T^2 ;$$

h = pressão relativa de vapor d'água (U/100);

C = temperatura, em graus Celsius;

U = umidade relativa do ar (%).

Teoria de Enderby-King

$$M = m_0 \left\{ \left[\frac{axK1xK2xH}{1 + K1xK2xH} \right] + \left[\frac{bxK2xH}{1 - K2xH} \right] \right\} \quad (5)$$

em que:

M = umidade de equilíbrio da madeira (%);

$$a = 1,039 + 0,0212 T;$$

$$b = 0,587 - 0,000609 T;$$

$$K1 = 2,71 + 0,00915 T - 0,000423 T^2;$$

$$K2 = 0,827 + 0,000607 T;$$

$$m_0 = 7,75 - 0,0234 \text{ } ^\circ\text{C} - 0,000234 T^2;$$

T = temperatura, em graus Celsius;

h = pressão relativa de vapor d'água (U/100);

U = umidade relativa do ar (%).

Teoria de BET

$$UE = \left[\left(\frac{Wm.C.H}{1-H} \right) \left(\frac{1 - [n+1]H^n + n.H^{n+1}}{1 + [C-1]H - C.H^{n+1}} \right) \right] \quad (6)$$

em que:

UE = umidade de equilíbrio da madeira (%);

$W_m = 7,4 - 0,020 T$ (teor de umidade quando o teor de adsorção monomolecular está completo);

$C = 6$ (constante relacionada com a energia de adsorção);

$n = 4,6 + 0,020 T$ (número de camadas por sítio de adsorção);

T = temperatura em graus Fahrenheit;

H = pressão relativa de vapor d'água ($U / 100$).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Ensaio de sorção

A Tabela 2 apresenta os valores relativos à umidade de equilíbrio higroscópico da madeira de cada uma das sete espécies, bem como a média de todas ao mesmo tempo, numa ampla faixa de variação da umidade relativa do ar e para uma temperatura de 25 °C durante o ensaio de sorção.

Observa-se uma aproximação dos teores de umidade a que cada espécie deverá ser seca dependendo do local de uso. O comportamento higroscópico é bastante homogêneo para as amostras de uma mesma espécie, o que pode ser verificado pelo desvio-padrão e o coeficiente de variação, entretanto entre as espécies há considerável variação no teor de equilíbrio higroscópico, fato esse que pode ser comprovado pelo maior valor do desvio-padrão e coeficiente de variação, principalmente para 80% de umidade relativa do ar.

Ahmet et al. (2000) estudaram o comportamento da madeira de doze espécies de folhosas e de seis coníferas, nas quais encontraram diferenças para o teor de equilíbrio higroscópico tanto dentro de cada grupo (coníferas ou folhosas), como entre eles.

Tabela 2 - Valores médios da umidade de equilíbrio (%) para a madeira das sete espécies submetidas a diferentes condições de umidade relativa do ar durante o ensaio de sorção (desorção e adsorção respectivamente)

Espécie	Família	Umidade Relativa (%)							DB
		20	30	40	50	60	70	80	
A. pedra	Fabaceae	4,46 cd ¹ (0,19) (4,18)*	6,60 c (0,14) (2,07)	8,51b (0,22) (2,62)	10,39 c (0,18) (1,74)	12,51 de (0,20) (1,58)	14,55 c (0,19) (1,33)	18,58 de (0,27) (1,46)	0,57f
		5,55 C (0,22) (3,97)	7,19AB (0,18) (2,49)	8,14 CD (0,18) (2,22)	10,27 B (0,23) (2,23)	12,34 C (0,25) (2,02)	17,94 A (0,27) (1,49)		
E. citriodora	Myrtaceae	5,04 a (0,09) (1,72)	7,26 a (0,10) (1,34)	9,09 a (0,10) (1,11)	10,91 ab (0,13) (1,23)	13,08 b (0,14) (1,10)	15,54 b (0,34) (2,16)	19,51 c (0,50) (2,56)	0,73f
		6,01 A (0,09) (1,47)	7,21 AB (0,12) (1,72)	8,35 BC (0,12) (1,39)	10,36 B (0,14) (1,39)	12,59 BC (0,22) (1,76)	17,57 B (0,32) (1,84)		
E. rosa	Myrtaceae	4,70 b (0,21) (4,51)	6,99 b (0,16) (2,35)	8,93 a (0,24) (2,74)	10,72 b (0,31) (2,92)	12,99 bc (0,25) (1,89)	15,24 bc (0,38) (2,5)	20,87 a (0,38) (1,82)	0,45g
		5,98 A (0,16) (2,71)	7,38 A (0,20) (2,64)	8,61 A (0,19) (2,20)	10,65 A (0,16) (1,46)	13,82 A (0,30) (2,19)	16,00 C (0,27) (1,71)		
Garapa	Caesalpiaceae	4,69 b (0,32) (6,84)	6,97 b (0,31) (4,41)	8,65 b (0,31) (3,60)	10,24 c (0,43) (4,20)	12,28 de (0,58) (4,75)	13,95 d (0,79) (5,68)	18,21 e (0,77) (4,24)	0,81b
		5,73 BC (0,39) (6,84)	6,96 C (0,37) (5,33)	8,14 CD (0,44) (5,38)	9,93 C (0,44) (4,39)	11,29 D (0,53) (4,65)	14,39 F (0,46) (3,22)		
Paraju	Sapotaceae	5,14 a (0,13) (2,50)	7,28 a (0,11) (1,57)	9,07 a (0,22) (2,46)	11,09 a (0,15) (1,40)	13,46 a (0,12) (0,87)	16,06 a (0,40) (2,51)	20,47 a (0,12) (0,55)	0,87a
		5,94 AB (0,11) (1,88)	7,14 BC (0,20) (2,82)	8,37 B (0,14) (1,64)	10,36 B (0,16) (1,54)	12,86 B (0,33) (2,59)	16,22 C (0,26) (1,58)		
Peroba-mica	Apocynaceae	4,29 d (0,15) (3,56)	6,58 c (0,14) (2,20)	8,69 b (0,20) (2,31)	10,46 c (0,23) (2,23)	12,80 bc (0,26) (2,00)	15,16 c (0,21) (1,38)	18,66 d (0,36) (1,92)	0,68e
		5,59 C (0,16) (2,79)	7,10 BC (0,19) (2,64)	8,10 D (0,21) (2,62)	10,01 C (0,22) (2,22)	12,72 B (0,26) (2,03)	14,73 E (0,17) (1,19)		

Tabela 2 – Cont.

Espécie	Família	Umidade Relativa (%)							DB
		20	30	40	50	60	70	80	
Roxinho	Caesalpinaceae	4,41 cd	6,69 c	8,58 b	10,37 c	12,71 cd	15,14 c	19,92 b	0,76c
		(0,29) (6,54)	(0,29) (4,39)	(0,36) (4,19)	(0,35) (3,35)	(0,38) (3,02)	(0,16) (1,04)	(0,31) (1,57)	
			5,61 C	7,08 BC	8,03 D	10,13 BC	12,37 C	15,16 D	
			(0,27) (4,85)	(0,30) (4,28)	(0,28) (3,49)	(0,37) (3,64)	(0,44) (3,59)	(0,33) (2,20)	
Todas as espécies		4,68	6,91	8,79	10,60	12,83	15,09	19,53	
		(0,36) (7,77)	(0,33) (4,82)	(0,33) (3,76)	(0,40) (3,76)	(0,47) (3,69)	(0,75) (4,94)	(1,12) (5,71)	
			5,77	7,15	8,25	10,24	12,57	16,00	
			(0,29) (4,96)	(0,26) (3,65)	(0,30) (3,70)	(0,35) (3,38)	(0,78) (6,20)	(1,31) (8,16)	
Máximo na desorção		5,14	7,28	17,94	11,09	13,46	16,06	20,87	
Mínimo na desorção		4,29	6,58	14,39	10,24	12,28	13,95	18,21	
Máximo na adsorção			6,01	2,66	8,61	10,65	13,82	17,94	
Mínimo na adsorção			5,55	3,55	8,03	9,93	11,29	14,39	
Amplitude desorção		0,85	0,70	0,58	0,85	1,18	2,11	2,66	
Amplitude adsorção			0,46	0,42	0,58	0,72	2,53	3,55	

DB = densidade básica;

Valores entre parênteses são desvio-padrão e coeficiente de variação em %, respectivamente;

Médias na vertical minúsculas seguidas de mesma letra não diferem entre si para o ensaio de desorção ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey;

Médias na vertical maiúsculas seguidas de mesma letra não diferem entre si para o ensaio de adsorção ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

As diferenças no teor de equilíbrio entre espécies ou até mesmo dentro do mesmo indivíduo são consideradas normais. Segundo Skaar (1988), os principais fatores que influenciam na umidade de equilíbrio da madeira são a umidade relativa, a temperatura, a espécie da madeira e os extrativos, a história da exposição, as tensões mecânicas e a radiação. A umidade relativa e a temperatura são, entretanto, os fatores que predominam, sendo que a primeira exerce uma maior influência no teor de equilíbrio higroscópico.

Oliveira (1997), estudando o comportamento da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*, proveniente de árvores de 16 anos, aproximadamente, encontrou diferenças entre as sete espécies estudadas para o teor de equilíbrio higroscópico (TEH) alcançado durante o ensaio de retratibilidade.

Ahmet et al. (1999) estudaram diferenças no teor de equilíbrio higroscópico para madeiras que se encontravam, no início do experimento, secas ao ar, secas em estufa até 10% de umidade e verdes. Para as madeiras que se encontravam inicialmente verdes e as que estavam em equilíbrio com o ambiente, os resultados são similares para ambas as amostras, sendo o teor de equilíbrio higroscópico, em média, 0,5% maior para as primeiras. Entre as madeiras que foram secas em estufa e as madeiras verdes, a diferença no teor de equilíbrio higroscópico é em média, 2% maior para as últimas.

Quanto à amplitude de variação entre as espécies estudadas, a maior diferença para a desorção é de 2,66% na umidade relativa de 80% e a menor de 0,58%, para a umidade relativa do ar de 40%, sendo a média geral de 1,28%. Para a fase de adsorção, a maior amplitude é de 3,55% e a menor de 0,42% também para as umidades relativas de 80 e 40%, respectivamente. Esses dados evidenciam que a menor variação no teor de equilíbrio entre as diferentes espécies estudadas, para uma faixa de umidade relativa entre 20% e 80%, ocorre próximo à umidade de 40%, e a maior variação, para umidades ao redor de 80%, o que pode ser comprovado pelos valores do desvio-padrão e coeficiente de variação. Com essas variações no teor de equilíbrio higroscópico entre as diferentes espécies, fica evidente a necessidade do ajuste de equações específicas para cada espécie.

Quando aplicada a análise de variância para a desorção (80-20%) e a adsorção (30-80%), há pelo menos uma diferença entre médias para cada tratamento em nível de 5% de significância. Ainda na Tabela 2, tem-se o teste de Tukey para o ensaio de sorção em nível de 5% de significância. Uma melhor

visualização da variação do teor de equilíbrio higroscópico em função da umidade relativa do ar para as madeiras do presente estudo é apresentada nos gráficos das Figuras 1 e 2.

Ao fazer a plotagem no gráfico dos pontos médios dos teores de umidade de equilíbrio para cada espécie, fica bastante evidente pela disposição dos pontos, a forma sigmóide, característica das curvas de sorção. Os dados de desorção e adsorção de cada espécie, assim como as médias das sete simultaneamente, ajustados a um modelo de regressão geraram equações que expressam muito bem o teor de umidade de equilíbrio de cada madeira, numa faixa de umidade relativa do ar de 20 a 80% para a temperatura de 25°C.

Como ocorre freqüentemente (WOOD HANDBOOK, 1999), o teor de equilíbrio higroscópico da madeira durante a desorção é maior que o teor de equilíbrio na adsorção, o que pode ser comprovado pelas Figuras 1 e 2, mostrando a desorção e adsorção para todas as sete espécies. Segundo Skaar (1988), se obtivermos uma terceira curva referente a uma segunda desorção, esta passará entre a curva da primeira desorção e a curva de adsorção.

As informações contidas nas Figuras 1 e 2 são de suma importância na secagem das madeiras. As equações apresentadas referentes à desorção poderão subsidiar o controle do processo de secagem, podendo-se atingir um teor de umidade da madeira adequado para cada espécie em função do local de uso.

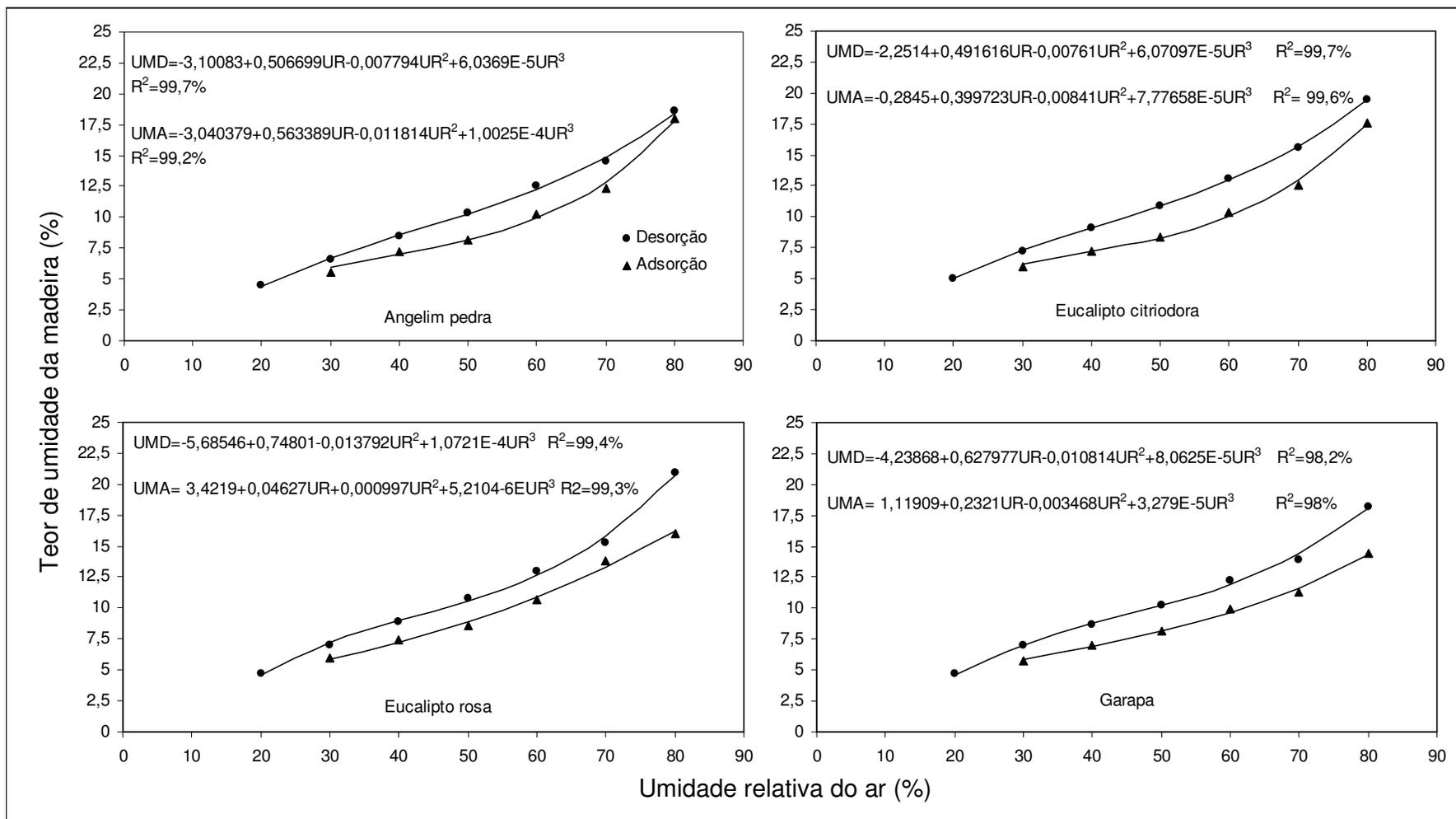


Figura 1 - Curvas de sorção para as madeiras de angelim-pedra, eucalipto citriodora, eucalipto rosa e garapa. UMD = umidade de equilíbrio na desorção; e UMA = umidade de equilíbrio na adsorção.

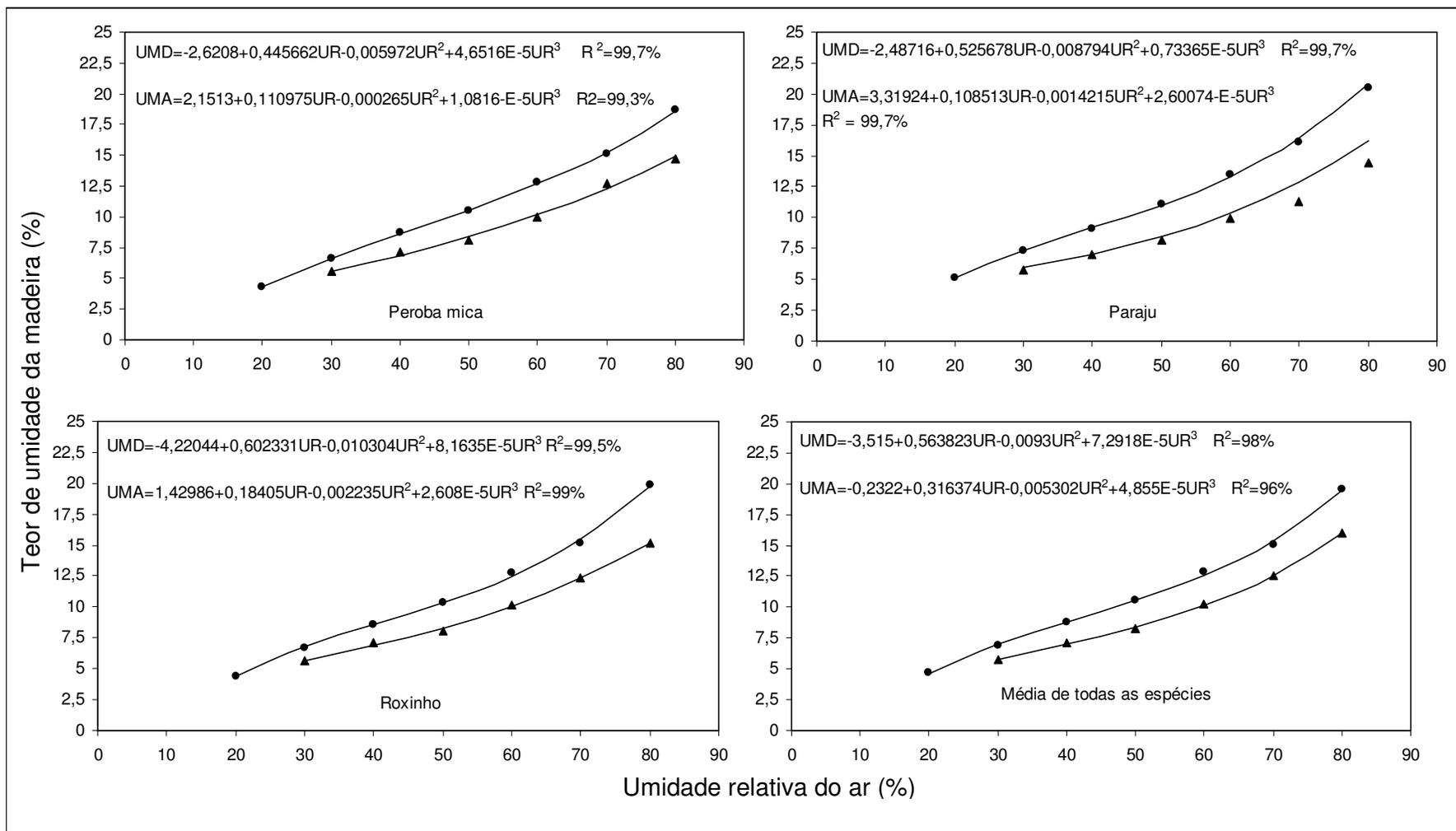


Figura 2 - Curvas de sorção para as madeiras de paraju, peroba-mica, roxinho e para todas as espécies simultaneamente. UMD = umidade de equilíbrio na desorção; e UMA = umidade de equilíbrio na adsorção.

As equações propostas nas Figuras 1 e 2 devem ser usadas somente para locais com umidades relativas de 80% no máximo, já que não podemos ultrapassar o valor limite utilizado na equação de regressão. Para o Estado do Espírito Santo, a maioria dos municípios possui umidade relativa abaixo de 80% ou pouco acima deste valor, o que torna as equações adequadas para praticamente todo o Estado, desde que se disponha de dados de umidade relativa para o local em questão. A temperatura afeta pouco o teor de equilíbrio higroscópico, uma vez que o principal fator é a umidade relativa do ar. Para o Estado, a temperatura média está em torno de 23°C.

Os coeficientes de histereses, determinados pela razão entre o teor de equilíbrio higroscópico na adsorção e o teor de equilíbrio na desorção, podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de histerese (adsorção/desorção) para as sete espécies estudadas

Espécie	Umidade Relativa do Ar (%)						Média
	30	40	50	60	70	80	
Angelim-pedra	0,84	0,85	0,78	0,82	0,85	0,97	0,85
E. citriodora	0,83	0,79	0,76	0,79	0,81	0,90	0,81
E. rosa	0,86	0,83	0,80	0,82	0,91	0,77	0,83
Garapa	0,82	0,81	0,79	0,81	0,81	0,79	0,80
Parajú	0,82	0,79	0,76	0,77	0,80	0,79	0,79
Peroba-mica	0,85	0,82	0,77	0,78	0,84	0,79	0,81
Roxinho	0,84	0,82	0,77	0,80	0,82	0,76	0,80
Todas as espécies	0,84	0,81	0,78	0,80	0,83	0,82	0,81

Observa-se, na Tabela 3, que para a umidade relativa do ar entre 30 e 80%, o coeficiente de histerese é semelhante entre todas as espécies, sendo os únicos dados discrepantes encontrado no angelim-pedra e eucalipto citriodora, na umidade relativa de 80%, com valores de 0,97 e 0,90, respectivamente. A pequena variação do coeficiente de histerese também pode ser observada pela sua média, onde o maior valor é 0,85 e o menor, 0,79.

Quanto mais esse coeficiente se aproxima de 1, menor é a amplitude entre as curvas de desorção e adsorção. Para o angelim-pedra na umidade relativa do ar de 80%, o teor de equilíbrio na desorção e adsorção estão muito próximos, conforme

mostra a Figura 1. O efeito de histerese é mais pronunciado nas umidades de 40, 50 e 60%, como pode ser observado pelas médias de todas as espécies na Tabela 3. A histerese entre a primeira desorção e a adsorção é bem pronunciada nas espécies estudadas, especialmente para a madeira de paraju.

Oliveira (1998) encontrou um coeficiente de histerese médio de 0,94 para a madeira da pindaíba (*Xylopiá sericea*), representado pelo quociente entre o teor de equilíbrio na primeira adsorção e o teor de equilíbrio na segunda desorção, num intervalo de 20 a 90% de umidade relativa. Talavera et al. (2002) encontraram um valor médio entre a adsorção e a primeira desorção de 0,83 para a madeira de *Persea americana*.

Conforme Klock et al. (2005), a explicação para o fenômeno da histerese se baseia na interconversão da ponte de hidrogênio de celulose-água e celulose-celulose. Durante a desorção, muitas pontes de hidrogênio entre a celulose e a água são convertidas em pontes de celulose-celulose, as quais somente podem ser desfeitas pela absorção de água à pressão de vapor elevada.

Segundo Skaar (1988), as diferenças entre a desorção e adsorção são atribuídas a diversos fatores, tais como: estado de equilíbrio de umidade incompleto, história de secagem das amostras de madeira, temperatura de determinação e, especialmente, as diferenças físico-químicas na parede celular, além da quantidade de extrativos.

3.2 - Estimativa da umidade de equilíbrio da madeira utilizando equações da literatura

A Tabela 4 apresenta as estimativas do teor de equilíbrio higroscópico da madeira para as umidades relativas do ar de 20 a 80%, calculadas através das equações de Hailwood e Horrobin (equação de dois hidratos), Hailwood e Horrobin (equação de um hidrato), Enderby-King, Bradley e BET, assim como os valores do teor de equilíbrio de todas as sete espécies para a desorção e adsorção obtidos através da equação.

Tabela 4 - Estimativa das umidades de equilíbrio higroscópico da madeira obtidas através de equações da literatura e das equações ajustadas com dados de sorção para sete espécies

Autor	Umidade Relativa (%)						
	20	30	40	50	60	70	80
Hailwood e Horrobin (dois hidratos)	4,3	6,1	7,6	9,1	10,8	12,9	15,8
Hailwood e Horrobin (um hidrato)	4,4	6,0	7,5	9,1	10,9	13,1	16,0
Enderby-King	4,9	6,3	7,8	9,4	11,1	13,3	16,2
Bradley	4,2	5,9	7,4	8,9	10,6	12,6	15,1
BET	4,2	5,9	7,4	8,9	10,6	12,6	15,1
Desorção de todas as espécies ¹	4,6	7,0	8,8	10,5	12,6	15,4	19,4
Adsorção de todas as espécies	4,9	5,8	7,0	8,4	10,2	12,6	16,0

¹ Médias relativas a um número de 140 corpos-de-prova das 7 espécies estudadas.

Para a umidade relativa de 80%, o maior valor estimado pelas equações retiradas da literatura é de 16,2% e o menor de 15,1%. Para a desorção a umidade de equilíbrio estimada, a essa umidade relativa, é de 19,4% com uma diferença de 4,3%, quando comparada com as equações de Bradley e BET. As equações de um e dois hidratos de Hailwood e Horrobin apresentam um desempenho com características bem semelhantes, sendo a diferença praticamente desprezível entre ambas. A equação de Enderby-King foi a que apresentou os maiores teores de equilíbrio estimados para todas as umidades relativas.

A Figura 3 ilustra a variação dos teores de equilíbrio higroscópico para as referidas umidades relativas. Todas as equações apresentam valores de estimativas muito próximos, fato que pode ser verificado pelo feixe de curvas. A única exceção é a equação ajustada para a desorção das sete espécies, que passa acima das demais.

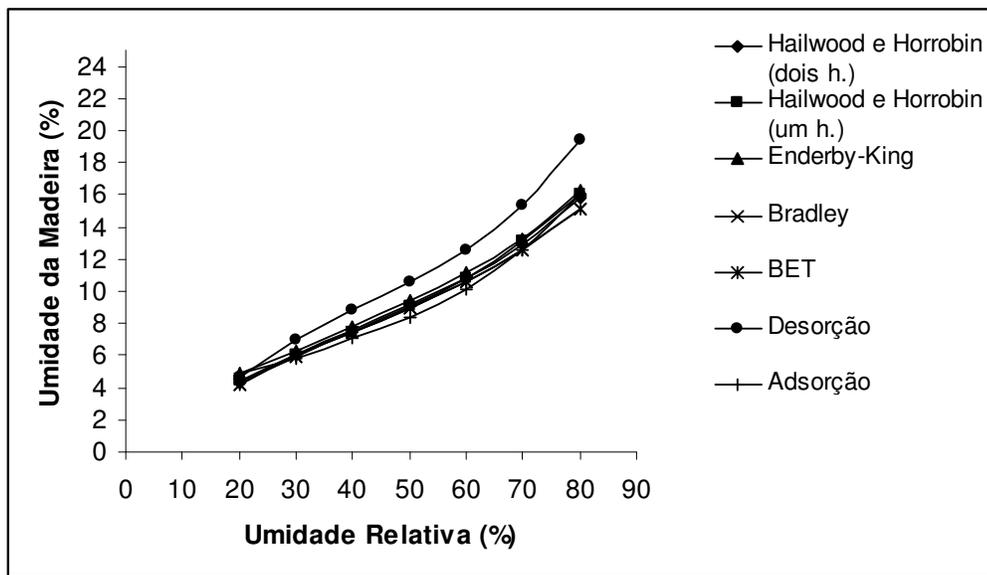


Figura 3 – Curvas da estimativa teor de equilíbrio higroscópico segundo alguns autores e curvas de sorção obtidas a partir das equações ajustadas.

Através da Figura 3, observa-se que os valores do teor de equilíbrio na adsorção estão bem próximos aos estimados através das equações; entretanto, para a desorção, os valores do teor de equilíbrio estão consideravelmente acima dos obtidos pelas equações.

Na Tabela 5, podem ser observados, os coeficientes obtidos através da relação (TUE/TUR), ou seja, a razão entre o teor de umidade estimado (TUE), através de equações, e o teor de umidade real (TUR), obtido experimentalmente.

Tabela 5 - Coeficientes obtidos através da relação TUE/TUR

Autor	Umidade Relativa (%)							Média
	20	30	40	50	60	70	80	
Hailwood e Horrobin (dois hidratos)	0,93	0,88*	0,87	0,86	0,84	0,86	0,81	0,85
		1,06**	1,06	1,11	1,06	1,03	0,99	1,05
Hailwood e Harrobin (um hidrato)	0,94	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,82	0,87
		1,04	1,05	1,10	1,06	1,04	1,00	1,05
Enderby-King	1,05	0,91	0,89	0,89	0,87	0,88	0,83	0,90
		1,09	1,09	1,14	1,09	1,06	1,02	1,08
Bradley	0,91	0,86	0,84	0,84	0,83	0,83	0,78	0,84
		1,03	1,04	1,08	1,03	1,00	0,95	1,02
BET	0,91	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,83	0,89
		1,04	1,08	1,16	1,14	1,10	1,01	1,09
Sorção	0,99	1,01*	1,00	1,00	0,98	1,02	0,99	1,00
		1,00***	0,99	1,02	0,99	1,00	1,00	1,00

* relação entre o teor de umidade estimado através da equação propostas com os dados de desorção do experimento;

** relação entre o teor de umidade estimado através da equação proposta com os dados de adsorção do experimento;

*** relação entre a equação ajustada para a adsorção e os dados de adsorção do experimento.

Através da Tabela 5, observa-se que, na fase de adsorção, os valores experimentais estão bem próximos daqueles estimados pelas equações da literatura, ou seja, a relação entre ambos está bem próxima de 1. Observa-se que as equações ajustadas são mais precisas que as encontradas na literatura para estimar o teor de equilíbrio higroscópico das sete espécies do presente estudo.

4. CONCLUSÕES

Pela análise dos dados expostos para as sete espécies estudadas, conclui-se que:

- as amostras de uma mesma espécie, em equilíbrio com os diferentes teores de umidade relativa do ar, apresentam valores bem próximos, o que pode ser verificado pelo baixo desvio-padrão e coeficiente de variação;

- cada espécie possui curvas de sorção características, o que significa um comportamento diferenciado entre as madeiras nas diversas condições de umidade relativa do ar;

- as equações ajustam-se bem para todas as espécies estudadas.

- A equação ajustada com os dados experimentais da adsorção fornece estimativas dos teores de equilíbrio higroscópico mais próximos dos obtidos através de equações encontradas na literatura.

- Face ao comportamento diferenciado de sorção para as sete espécies analisadas nesta pesquisa, tais estudos são de grande importância na definição de parâmetros de secagem da madeira, para serem utilizadas nas diversas regiões do Estado do Espírito Santo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMET, K.; DAI, G.; JAZAYERI, S.; TOMLIN, R. Experimental procedures for determining the equilibrium moisture content of twenty timber species. **Forest Products Journal**, Madison, v. 49, n.1; pg. 88-93, 1999.

AHMET, K.; DAI, G.; TOMLIN, R.; KACZMAR, P.; RIDDIOUGH, S. The equilibrium moisture content of common U.K. species at three conditions of temperature and relative humidity. **Forest Products Journal**, Madison, v. 50, n.6; pg. 64-68, 2000.

GALVÃO, A.P.M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF**, Piracicaba – SP, n.11, p.53-65, 1975.

KLOCK, U. MUÑIZ, G. I.B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 3 ed. UFPR. 2005 86p.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. v. 1.

MENDES, L. M.; ARCE, J. E. Análise comparativa das equações utilizadas para estimar a umidade de equilíbrio da madeira. **Cerne**, Lavras, v.9, n. 2, p. 141-152, 2003.

MORESCHI, J.C. **Relação água madeira e sua secagem**. Curitiba: UFPR, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, 1975, 91p.

JANKOWSKY, I. P.; GALVÃO, A. P. M. Influência do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira. **IPEF** n.18, p.1-33, 1979.

OLIVEIRA, J. T. S. **Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba** (*Xylopia sericea* St. Hill). 1988. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

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

SKAAR, C. **Wood – water relations.** Berlin: Springer-Verlag, 1988. 283 p.

TALAVERA, F. J. F.; GUZMÁN, J. A. S.; RAMÍREZ, M. G. L.; RICHTER, H. G.; DUEÑAS, R. S. Comportamiento higroscópico de la madera de *Persea americana* var. *guatemalensis* Mill (Hass). **Revista Chapingo.** Chapingo-México, v.8, n.001, 2002.

WOOD HANDBOOK – Wood as an Engineering Material. Madison. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 463p. 1999.

CAPÍTULO 3

RETRATIBILIDADE DA MADEIRA DE SETE ESPÉCIES E SUAS RELAÇÕES COM O TEOR DE UMIDADE E ORIENTAÇÃO DA GRÃ

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo estudar a retratibilidade da madeira das sete espécies folhosas mais comercializadas na região Sul do Espírito Santo. Foram avaliadas as contrações parciais na madeira em relação à desorção de água, a retratibilidade total em função da massa específica e, ainda, o efeito da orientação da grã na retratibilidade. As madeiras utilizadas neste estudo são provenientes do comércio da região e também do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Apesar da retratibilidade ser freqüentemente correlacionada positivamente com a massa específica básica, algumas madeiras com valores elevados para essa propriedade apresentam contrações, consideravelmente, inferiores à outras de menor massa. Referente à relação das contrações com o teor de umidade das amostras, os resultados mostram que as retratibilidades volumétrica, radial e tangencial variam exponencialmente com a perda de água pela madeira. Em relação à orientação da grã na madeira, essa pode reduzir ou aumentar a estabilidade dimensional na mesma, dependendo de como é retirada a amostra nas peças.

Palavras-chave: madeira, teor de umidade, retratibilidade.

**RETRATIBILITY OF THE WOOD OF SEVEN SPECIES AND THEIR
RELATIONSHIP WITH THE MOISTURE CONTENT AND ORIENTATION OF THE
GRAIN**

ABSTRACT

To present research had as objective to study the retratibility of the wood of the seven hardwood species more marketed in the South of the Espírito Santo. The partial contractions in the wood in relation to the sorption of water, total retratibility in function of the density and still the effect of the orientation of the grain in the retratibility were evaluated. The woods used in this study are derived from the trade of the area and also of the Laboratório de Ciências da Madeira (LCM) of the Departamento de Engenharia Florestal of the Univercidade Federal do Espírito Santo. Although of the retratibility frequently to be correlated positively with the basic density, some wood with high values for this property presented contractions considerably inferior to the other of smaller mass. Regarding to the relationship of the contractions with the moisture content of the samples, the results show that the retratibility volumetric, radial and tangential vary exponentially with the loss of water by wood. In relation to the orientation of the grain, this can reduce or to increase the dimensional stability in the wood, depending on as the sample is removed in the pieces.

Key words: wood, moisture content, shrinkage.

1 - INTRODUÇÃO

A estrutura anatômica da madeira, sua composição química, bem como suas propriedades físicas e mecânicas, variam consideravelmente entre espécies, entre árvores de uma mesma espécie e, até mesmo, dentro de uma mesma árvore. Segundo Rocha (1994), a heterogeneidade da madeira se deve aos diversos tipos de células com funções específicas, ao fato de ser constituída de uma série de compostos químicos, orgânicos e inorgânicos e também aos fatores que afetam o desenvolvimento das árvores, tais como: clima, solo, local de crescimento e os de ordem genética.

Segundo Oliveira & Silva (2003), todo material higroscópico, como a madeira e vários outros materiais celulósicos, apresenta contração, quando o seu teor de umidade, a partir do ponto de saturação das fibras (PSF), é reduzido até à condição absolutamente seca ou anidra. As contrações e as expansões da madeira ocorrem devido a mudanças no teor de umidade, podendo ocasionar uma série de defeitos nas peças em uso ou durante a secagem.

Essas contrações, que ocorrem na madeira, devido às alterações no teor de umidade, são denominadas de retratibilidade. Por ser a madeira um material anisotrópico, essas contrações ocorrem de maneira diferenciada nos três planos da madeira, devido à forma e organização das células. Segundo Panshin & De Zeeuw (1964), as contrações podem apresentar um comportamento diferenciado dentro de uma mesma árvore e, conforme o Wood Handbook (1999), a retratibilidade da madeira é muito variável entre as espécies, sendo as variáveis secagem e temperatura aquelas que ditam o comportamento da madeira, levando a mesma a contrair e inchar, podendo causar empenamentos, formação de fendas e rachaduras de topo.

Quando a madeira entra em contato com a umidade, as moléculas de água, seja no estado de vapor ou líquido, penetram na parede da célula pela união com as moléculas de hidrogênio e hidroxilas, passando a fazer parte dos seus componentes. Dessa forma é que a madeira poderá aumentar ou diminuir seu volume, em razão do ganho ou perda de água até o PSF (GALVÃO & JANKOWSKY, 1985).

Em geral, a contração na direção tangencial é, aproximadamente, duas vezes maior do que na direção radial. A razão entre a contração tangencial e radial (relação T/R), chamada de fator de anisotropia, geralmente varia de 1,4 a 2,5, e tornou-se um índice muito importante nos estudos de contração. Quanto menor esse índice, mais estável dimensionalmente é a madeira, tornando-a menos propensa à ocorrência de defeitos como empenamentos e rachaduras.

Normalmente, as madeiras de maior massa específica possuem maior retratibilidade. Chimelo (1980), Oliveira (1988) e Kollmann & Côté (1968) afirmam que, quase sempre, a massa específica se apresenta correlacionada com a retratibilidade, a secagem, a trabalhabilidade, a impregnabilidade, a durabilidade natural e as várias propriedades mecânicas da madeira. Segundo Skaar (1988), a retratibilidade volumétrica é proporcional à densidade básica da madeira, sendo que a correlação destas é maior em espécies de clima temperado do que em espécies tropicais.

Gonçalves (2005) encontrou para um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* valores maiores de retratibilidade em árvores com maior massa específica aparente. Mattonen & Luostarinen (2006) observaram uma correlação positiva entre a densidade básica e retratibilidade volumétrica para a madeira de *Betula pendula*.

A madeira em uso ganha ou perde umidade de acordo com as condições de umidade relativa e temperatura do ambiente, variando dessa forma, também, a sua dimensão, proporcionalmente à quantidade de água sorvida. Estudos das variações dimensionais da madeira são fundamentais para as suas mais variadas formas de utilização industrial, e suas relações com o teor de umidade das peças são essenciais para uma utilização mais eficiente.

Devido à necessidade de se conhecer as características do material lenhoso, e os índices lineares de retratibilidade encontrados na literatura, corresponderem normalmente à madeira seca até 0% de umidade, a presente pesquisa teve como objetivo estudar as relações da retratibilidade com o teor de umidade e densidade

básica, das sete espécies de folhosa mais comercializadas na região Sul do Espírito Santo, além de avaliar a retratibilidade em relação à orientação da grã.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Estabilidade dimensional e massa específica aparente

O material utilizado neste estudo foi obtido das sete espécies florestais de folhosa mais comercializadas na Região Sul do Espírito Santo na forma serrada, provenientes do comércio da região e também do Laboratório de Ciência da Madeira (LCM) do Departamento de Engenharia Florestal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. A Tabela 1 apresenta a identificação botânica das espécies estudadas.

Tabela 1 - Identificação botânica das espécies utilizadas nos ensaios de retratibilidade

Nome vulgar	Nome Científico	Família
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	Leguminosae
Eucalipto citriodora	<i>Corymbia citriodora</i>	Myrtaceae
Eucalipto-rosa	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Caesalpiniaceae
Paraju	<i>Manilkara</i> sp.	Sapotaceae
Peroba-mica	<i>Aspidosperma populifolium</i>	Apocynaceae
Roxinho	<i>Peltogyne</i> sp.	Caesalpiniaceae

O procedimento do ensaio seguiu a norma MB-26 (1940) da ABNT, onde se adota um número de 20 corpos-de-prova, com dimensões de 2x2x3cm, sendo a última dimensão no sentido longitudinal. As amostras foram submersas em água por um período de 60 dias em dessecadores de vidro, até tornarem-se saturadas com auxílio de uma bomba de vácuo. Tal procedimento foi necessário pelo fato de que algumas das madeiras se encontravam secas ao ar ou com teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF).

Logo após a saturação, as amostras foram pesadas e medidas na direção radial e tangencial, além da determinação do volume verde pelo método da balança hidrostática. Repetiu-se esse procedimento até as amostras atingirem o teor de equilíbrio higroscópico com o ambiente do laboratório, o qual ficou em torno de 10 a

12%, dependendo da espécie. A partir desse ponto, a secagem passou a ser feita com o auxílio de uma estufa, sendo a temperatura inicial de 40°C, que foi gradativamente aumentada até atingir a temperatura final de 103±2°C, na qual as amostras foram mantidas até atingir 0% de umidade. Durante todo o experimento, as amostras foram sucessivamente pesadas numa balança de precisão de 0,01g e medidas suas dimensões na direção radial e tangencial, com um micrometro de 0,001mm de precisão. A cada medição foi possível determinar as contrações tangencial e radial das amostras para os diversos valores de umidade da madeira, desde a amostra completamente saturada até a sua secagem total.

A partir das mensurações, foram calculados os seguintes parâmetros, em diferentes teores de umidade das amostras.

- Teor de umidade

$$TU = \frac{(m_1 - m_0)}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

em que:

TU = teor de umidade da amostra (%);

m_1 = massa a um teor umidade qualquer (g);

m_0 = massa final ou anidra (g).

- Contração radial

$$CR = \frac{(DR_1 - DR_0)}{DR_0} \times 100 \quad (2)$$

em que:

CR = contração radial da amostra (%) , do PSF até determinado teor de umidade;

DR_1 = dimensão radial verde (mm);

DR_0 = dimensão radial no teor de umidade para o qual a amostra foi mensurada (mm).

- Contração tangencial

$$CT = \frac{(DT_1 - DT_0)}{DT_0} \times 100 \quad (3)$$

em que:

CT = contração tangencial da amostra (%), do PSF até determinado teor de umidade;

DT₁ = dimensão tangencial verde (mm);

DT₀ = dimensão tangencial no teor de umidade para o qual a amostra foi mensurada (mm).

- Contração volumétrica

$$CV = \frac{(V_v - V_0)}{V_0} \times 100 \quad (4)$$

em que:

CV = contração volumétrica da amostra (%), do PSF até determinado teor de umidade;

V_v = volume verde da amostra (cm³);

V₀ = volume no teor de umidade para o qual a amostra foi mensurada (cm³).

A densidade básica, foi determinada pela equação 5.

$$DB = \frac{m_s}{v_v} \quad (5)$$

em que:

DB = densidade básica (g/cm³);

m_s = massa absolutamente seca da amostra (g);

V_v = volume verde da amostra (cm³).

Uma vez conhecidos os valores de umidade e das contrações, fez-se o ajuste dos dados a um modelo de regressão exponencial para as contrações lineares e volumétricas. Tal modelo é descrito a seguir:

$$CR = CR_t e^{-ku} \quad (6)$$

em que:

CR_t = contração radial total (%);

k = constante de retratibilidade;

u = umidade da amostra.

$$CT = CT_t e^{-ku} \quad (7)$$

em que:

CT_t = contração tangencial total.

$$CV = CV_t e^{-ku} \quad (8)$$

em que:

CV_t = contração volumétrica total.

2.2 - Retrabilidade em diferentes ângulos das fibras

As contrações lineares das sete espécies em diferentes ângulos de orientação da grã também foram determinadas. Para tanto, utilizou-se o MB – 26 (1940) da ABNT com algumas alterações, onde as amostras de cada espécie foram serradas com inclinações nas fibras de 30 e 60° na direção tangencial e radial, como mostram as Figuras 1 e 2. Para essas peças de madeira também se determinaram as contrações lineares com a grã paralela ou a um ângulo de 0° das fibras.

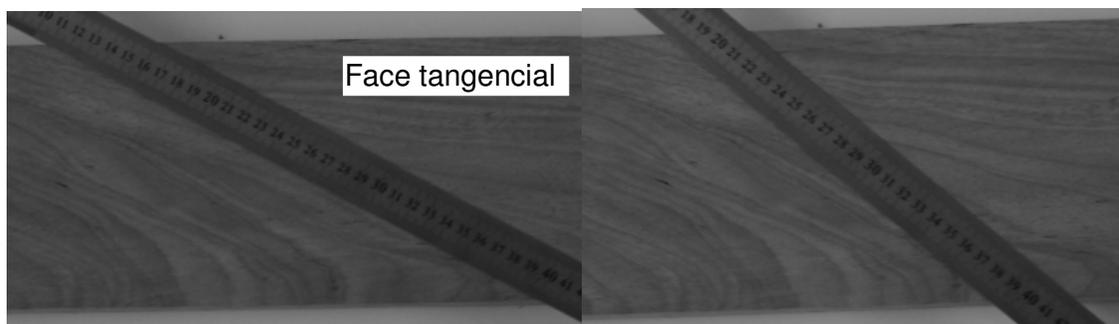


Figura 1 - Imagens mostrando o tipo de corte com inclinações de 30° e 60° respectivamente, na direção tangencial.

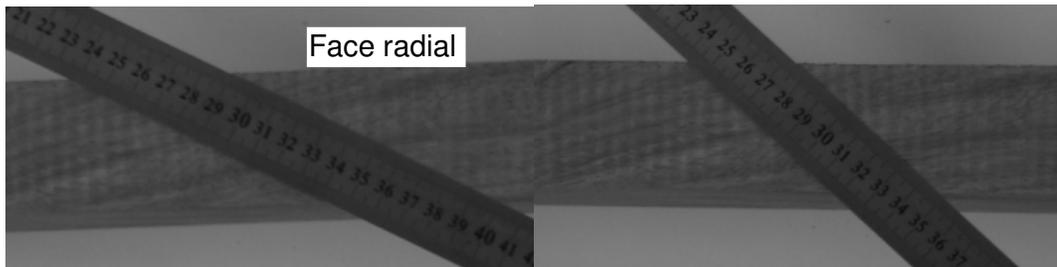


Figura 2 - Imagens mostrando o tipo de corte com inclinações de 30° e 60° na direção radial.

A reprodutibilidade de cada amostra foi determinada utilizando as equações descritas no sub-item anterior.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Massa específica aparente e estabilidade dimensional

Os valores médios da massa específica aparente (densidade básica (DB)); contrações: volumétrica (CV), tangencial (CT) e radial (CR); fator anisotrópico (FA); e coeficiente de retratibilidade volumétrica (CRV)), para as sete espécies mais comercializadas na região Sul do Espírito Santo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores médios de densidade básica e contrações para a madeira das sete espécies estudadas

Espécie	Propriedades Físicas *					
	DB (g/cm ³)	CV (%)	CT (%)	CR (%)	FA	CRV
A. pedra	0,57 f ¹ (0,01) (2,37) ²	11,89 e (0,29) (2,40)	6,94 f (0,28) (3,97)	3,64 g (0,09) (2,41)	1,91 a (0,09) (4,86)	0,42 e (0,01) (2,40)
E. citriodora	0,73 d (0,02) (3,32)	21,53 a (1,26) (5,87)	11,33 a (0,90) (7,92)	8,71 a (0,50) (5,74)	1,30 f (0,07) (5,71)	0,77 a (0,05) (5,87)
E. rosa	0,45 g (0,01) (2,06)	13,83 d (0,35) (2,52)	8,46 d (0,23) (2,66)	4,89 e (0,11) (2,23)	1,73 b (0,04) (2,57)	0,49 d (0,01) (2,52)
Garapa	0,81 b (0,02) (1,94)	12,24 e (0,18) (1,54)	7,36 e (0,14) (1,89)	4,44 f (0,11) (2,45)	1,66 c (0,06) (3,63)	0,44 e (0,01) (1,16)
Paraju	0,87 a (0,01) (0,76)	20,47 b (0,33) (1,62)	11,31 a (0,41) (3,62)	7,84 b (0,12) (1,58)	1,44 e (0,05) (3,68)	0,73 b (0,01) (1,62)
Peroba-mica	0,68 e (0,03) (4,72)	16,59 c (0,66) (3,96)	9,41 c (0,48) (5,09)	6,24 d (0,33) (5,24)	1,51 d (0,06) (4,30)	0,59 c (0,02) (3,96)
Roxinho	0,76 c (0,01) (0,88)	16,72 c (0,38) (2,28)	10,47 b (0,21) (2,01)	5,34 c (0,11) (2,04)	1,96 a (0,03) (1,38)	0,60 c (0,01) (2,28)

* DB = densidade básica; CV = contração volumétrica; CT = contração tangencial;

CR= contração radial; FA = fator anisotrópico; CRV = coeficiente de retratibilidade volumétrica;

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si em nível de 5% pelo teste de Tukey;

²Valores entre parênteses são desvio-padrão g/cm³ e coeficiente de variação em %, respectivamente.

Os desvios-padrão e coeficientes de variação dentro de cada espécie são baixos, indicando baixa variabilidade entre as amostras estudadas.

Estatisticamente, observa-se diferença entre as espécies para todas as variáveis estudadas, identificando assim, variáveis de qualidade bem definidas quanto ao fenômeno físico. Para a densidade básica, tem-se uma ampla faixa de variação, de 0,45 g/cm³, para o eucalipto rosa, a 0,87 g/cm³ para o paraju, sendo todas as médias diferentes entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Pelos resultados apresentados na Tabela 2, e as exigências estabelecidas para cada um dos grupos de uso final na construção civil, apresentadas no capítulo 1, podemos sugerir os usos mais indicados para cada madeira estudada:

1. pesada interna – eucalipto citriodora, garapa, paraju, roxinho;
2. leve em esquadria – angelim-pedra;
3. leve externa e interna estrutural – angelim-pedra, eucalipto citriodora, peroba-mica e roxinho;
4. leve interna decorativa – angelim-pedra e garapa;
5. leve interna de utilidade geral – angelim-pedra e eucalipto rosa;
6. assoalhos – garapa.

As variações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira ocorrem entre espécies, dentro de uma espécie e de uma mesma árvore. Silva et al. (2004), estudando a madeira de *Eucalyptus grandis* em quatro diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos), encontraram valores para a densidade básica de 0,46; 0,55; 0,60 e 0,55 g/cm³, respectivamente. Oliveira (1997) analisou o comportamento radial da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*, e verificou que a partir de 20 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), para o *E. urophylla*, e superior, entre 25 a 30 cm, para o *E. grandis*, pode-se encontrar madeira com propriedades mais uniformes. Oliveira & Silva (2003), verificaram para o *Eucalyptus saligna* uma densidade básica de 0,47 g/cm³ e contração volumétrica de 26%. Com base nessas informações, a madeira de eucalipto rosa deste estudo, é provavelmente pertencente à espécie *Eucalyptus grandis* ou *E. saligna*, ou até mesmo um híbrido destas duas espécies.

Segundo Lopes & Garcia (2002), em termos gerais, pode-se dizer que as variações da densidade básica entre espécies estão relacionadas às suas características anatômicas, como, o comprimento e largura da célula, espessura da parede celular, diâmetro do lume e proporção e distribuição dos tecidos no lenho.

Em relação às contrações na madeira, essas são freqüentemente correlacionadas com a densidade básica, devido à maior quantidade de massa por unidade de volume, possuindo, assim, maior quantidade de parede celular para expandir. Gonçalves (2005), em estudo com híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis*, encontrou maiores valores de retratibilidade em árvores mais velhas, devido a sua maior densidade básica.

A madeira do eucalipto citriodora, no entanto, apesar de apresentar uma densidade básica intermediária ($0,73\text{g/cm}^3$) entre as espécies estudadas, a retratibilidade é maior em relação às demais. A madeira de garapa, por exemplo, com uma densidade básica de $0,81\text{g/cm}^3$, tem contrações volumétricas bem inferiores ao eucalipto citriodora, conforme pode ser verificado pela Tabela 1. Tal fato também pode ser observado entre as outras espécies estudadas e as duas espécies de eucaliptos. Essas contrações volumétricas elevadas em eucaliptos são freqüentemente relatadas pela literatura.

As diferenças nas contrações da madeira entre espécies é resultado da constituição anatômica, podendo ser influenciada pelas proporções de fibras, parênquimas, ângulo microfibrilar ou, mesmo, a constituição química da madeira.

Wu et al. (2006) estudando a relação da densidade básica e as contrações em três espécies de *Eucalyptus*, concluíram que a densidade básica exerce grande influência na contração tangencial e radial, sendo os principais fatores que afetam a retratibilidade em eucaliptos, a proporção de parede celular, o ângulo microfibrilar e a espessura da parede celular.

Quanto à massa da madeira em uso, esta é afetada por dois fatores principais, a densidade de sua estrutura e o teor de umidade. De acordo com o Wood Handbook (1999), um terceiro fator; minerais e extrativos possuem efeito num número limitado de espécies.

Outro parâmetro importante referente à estabilidade dimensional da madeira é o seu fator anisotrópico, como resultado direto entre a contração tangencial e a radial. Os valores médios para cada uma das sete espécies encontram-se na Tabela 2, onde se verifica que há diferença estatística para essa variável, indicando novamente a ocorrência de qualidade distinta das madeiras quanto a esse parâmetro. As maiores médias são para o roxinho e angelim-pedra com valores de 1,96 e 1,91, respectivamente, os quais não diferem estatisticamente entre si. O menor valor é apresentado pelo eucalipto citriodora que, apesar de ter uma contração volumétrica muito elevada, sua relação entre a contração tangencial e radial é de apenas 1,3. Outra espécie que apresenta o fator anisotrópico baixo é o paraju, apenas 1,44, seguido da peroba-mica, com um valor de 1,51.

Espécies com fatores anisotrópicos baixos são ideais para usos que não permitam empenamentos e torções. A garapa e o eucalipto rosa apresentaram

valores de 1,66 e 1,72, respectivamente, valores estes que podem ser considerados médios.

Essas diferenças nas contrações nos planos da madeira são denominadas de anisotropia da madeira, a qual resulta em defeitos durante a secagem ou acondicionamento, tais como rachaduras, torções, empenamentos e abaulamentos. O ideal seria que as relações entre as contrações fossem iguais a 1, isso praticamente eliminaria a ocorrência de defeitos de secagem.

Os resultados relativos ao fator anisotrópico para essas madeiras estão de acordo com aqueles apresentados pelo IPT (1989), ocorrendo pequena variação, em média de 0,2, para mais ou para menos. A madeira de garapa, por exemplo, teria um fator de 1,93, já o roxinho e o angelim-pedra, de 1,79 e 1,78, respectivamente. Essa relação pode variar dentro de uma espécie ou de um mesmo indivíduo. Silva et al. (2003) encontraram diferentes resultados para o *Eucalyptus grandis*, analisando árvores de idades diferentes e no sentido medula-casca. Oliveira (1997) encontrou para o eucalipto citriodora um fator anisotrópico de 1,4, resultado bem próximo ao do presente estudo. Para o *Eucalyptus saligna*, Oliveira & Silva (2003) verificaram um fator anisotrópico de 1,99. Silva et al. (2006) encontraram para o *Eucalyptus grandis* um fator anisotrópico médio de 1,71, sendo os maiores valores próximo à casca e em árvores mais velhas, resultados esses, bem próximos aos valores de 1,73, encontrados para a madeira de eucalipto rosa neste estudo.

3.2 - Relação entre retratibilidade e teor de umidade da madeira

As Figuras 3 e 4 mostram a variação da retratibilidade tangencial (CT), radial (CR) e volumétrica (CV) para cada uma das sete espécies estudadas, desde a madeira saturada em água até a sua completa secagem. As equações ajustadas, com seus correspondentes coeficientes de determinação (R^2) e coeficiente de retratibilidade (k), proposto para cada uma das equações podem ser observadas juntamente com tais Figuras. Para a condição anidra ($u=0$), obtêm-se as máximas contrações linear e volumétrica. Para umidades acima de 28%, a madeira se torna estável dimensionalmente, com as contrações sendo reduzidas drasticamente.

Aplicando-se a equação ajustada para a garapa, por exemplo, com a madeira a um teor de umidade de 30% ($u=30\%$) têm-se contrações tangencial, radial e volumétrica de 0,26; 0,15 e 0,5%, respectivamente, valores esses que são praticamente nulos, confirmando que, acima do ponto de saturação das fibras (PSF),

as contrações podem ser consideradas desprezíveis, ou mesmo, inexistentes. Quando $u=0$, tem-se as máximas contrações, tangencial, radial e volumétrica, as quais para a garapa são de 7,36; 4,44 e 12,25%, respectivamente.

Rezende (2003), trabalhando com *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* obteve um coeficiente de retratibilidade (k) para o *E. grandis* menor do que para o *P. caribaea*. O autor sugeriu que este coeficiente poderia ser inversamente proporcional à densidade. Pelos resultados, encontrados não se observa um padrão definido de variação para o coeficiente k , em função da densidade.

Pelas Figuras 3 e 4, verifica-se que a retratibilidade nos três planos da madeira varia exponencialmente com o teor de umidade, como mostram os gráficos. As equações ajustam-se muito bem em todos os casos, sempre apresentando coeficientes de determinação acima de 96%, com exceção do eucalipto citriodora que apresenta coeficiente de 94% para a retratibilidade tangencial.

Logicamente, para teores de umidades mais elevados têm-se os maiores volumes até o PSF, a partir desse ponto, a madeira se torna estável dimensionalmente. Segundo Lower (1972), o teor de umidade da madeira de sequóia durante a secagem pode ser estimado a partir da massa da madeira e seu volume, através de uma equação ajustada.

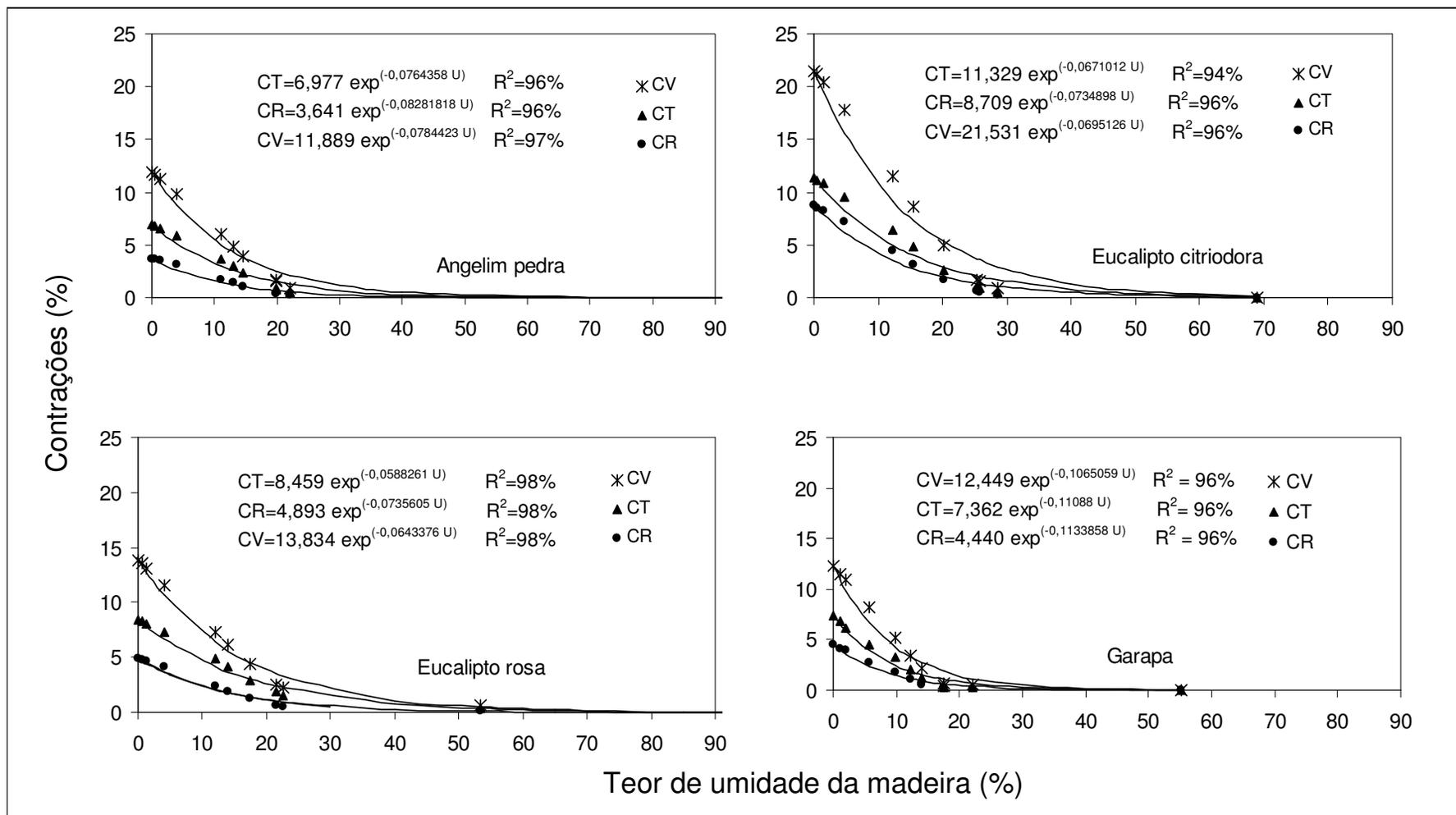


Figura 3 - Curvas de retratibilidade da madeira em função do teor de umidade para a madeira de angelim-pedra, eucalypto citriodora, eucalypto rosa e garapa; CV= contração volumétrica; CT = contração tangencial; e CR = contração radial.

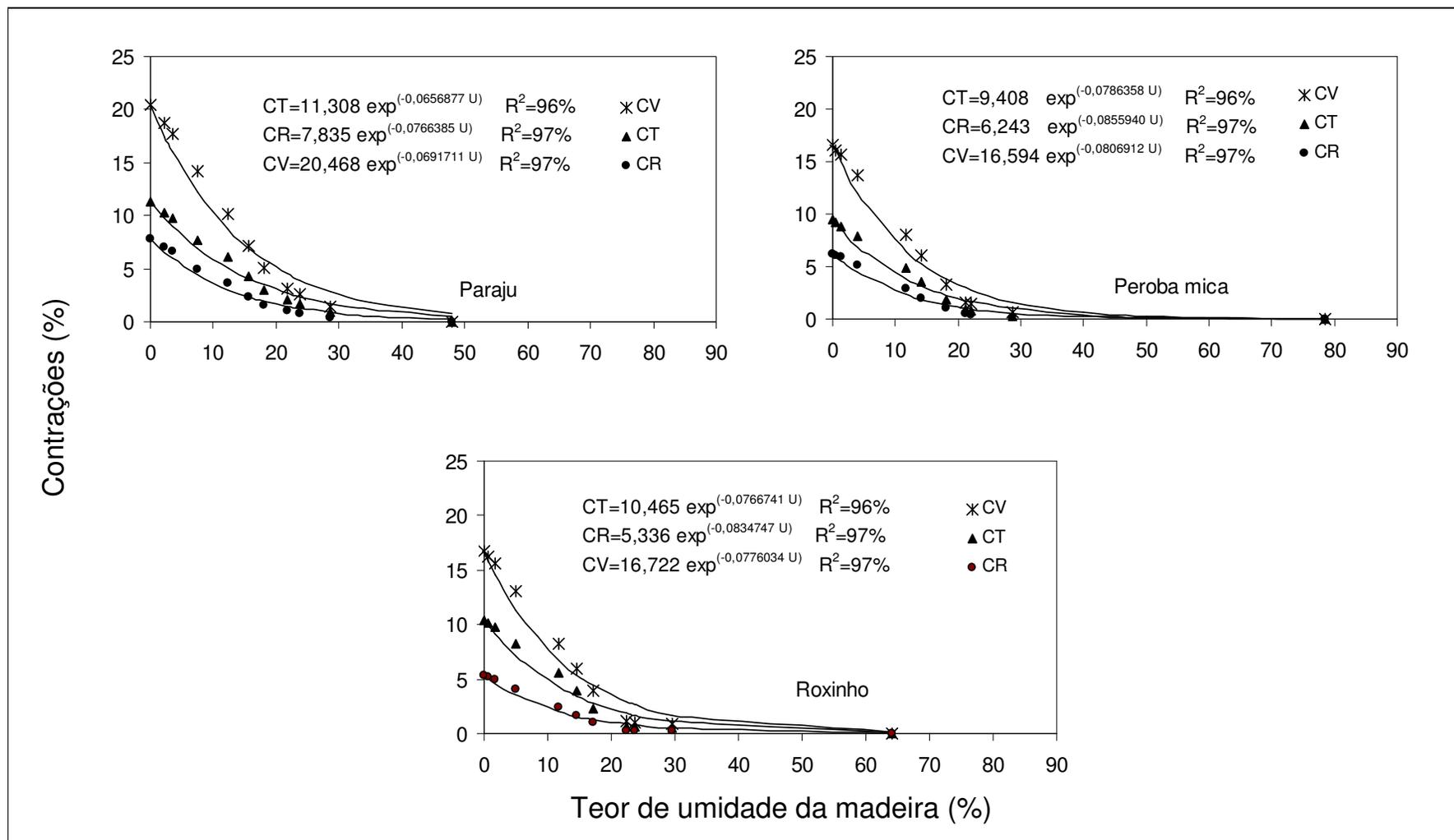


Figura 4 - Curvas de retratibilidade da madeira em função do teor de umidade para a madeira de paraju, peroba-mica e roxinho; CV = contração volumétrica; CT = contração tangencial; e CR = contração radial.

Em relação ao comportamento exponencial das curvas mostradas nas Figuras 3 e 4, pode-se sugerir uma explicação. De acordo com Severo (2007), a madeira seca da superfície externa para a parte interna, isto é, de fora para dentro; rapidamente, a superfície tende a secar abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF). Inicia-se, então, um gradiente de umidade, com a água se movendo do interior (alta umidade) para a superfície (baixa umidade), inicialmente por capilaridade e, depois, por difusão, tão rápido quanto as condições do meio (velocidade do ar, temperatura e umidade relativa) possam absorvê-la, assim que chega a superfície da madeira. Se essas condições do meio evaporarem mais água do que a madeira tem condições de enviar à superfície, a linha de evaporação (interface onde está ocorrendo a secagem) penetra na madeira, isto é, a superfície ficará mais seca do que no interior. O gradiente de umidade ao longo da peça de madeira depende das dimensões e densidade da peça (REZENDE, 2003).

Como a diminuição da umidade da madeira durante o processo de secagem não ocorre de forma homogênea ao longo da peça, as contrações, também, não serão homogêneas ao longo desta. Os gradientes de umidade podem explicar em parte o comportamento exponencial das curvas nas Figuras de 3 e 4. Alguns autores sugerem que, se as amostras forem suficientemente pequenas, com dimensões inferiores a 1cm, por exemplo, o comportamento da retratibilidade provavelmente seria praticamente linear, já que os gradientes de umidade seriam bem menores.

Para diminuir o gradiente de umidade, as amostras utilizadas neste trabalho foram expostas ao ar até atingirem o teor de equilíbrio higroscópico com o ambiente do laboratório, sendo medidas nessa condição e também antes e após. Após as medições das peças em equilíbrio com o ambiente no laboratório, observou-se que o comportamento não foi linear. Este aspecto pode ser verificado através da Tabela 3, que mostra a contração volumétrica real média de cada espécie, e a estimada, através do coeficiente de retratibilidade volumétrico. Em um ambiente aberto, as condições ambientais sofrem alterações constantemente. Para um resultado mais preciso, recomendam-se experimentos em câmaras climáticas com temperaturas e umidades controladas.

Tabela 3 - Contração volumétrica (%) mensurada e estimada para as madeiras das sete espécies em equilíbrio com o ambiente

Espécie	TEH (%)	CV mensurada	CRV	CV estimada
Garapa	9,96	5,25	0,44	7,94
Roxinho	11,72	8,31	0,60	9,77
A. Pedra	11,09	5,99	0,42	7,10
Parajú	12,27	10,22	0,73	11,48
Citriodora	12,28	11,52	0,77	12,10
Eucalipto	11,98	7,33	0,49	7,85
P. Mica	11,61	8,05	0,59	9,67

TEH = teor de equilíbrio higroscópico ao ar;

CV = contração volumétrica;

CRV = coeficiente de retratibilidade volumétrica.

A Tabela 4 mostra a contração volumétrica estimada através da equação ajustada (Figuras 3 e 4) para cada uma das sete espécies, numa faixa de umidade da madeira de 30 a 0%.

Tabela 4 - Valores estimados da contração (%) volumétrica, tangencial e radial para as madeiras das sete espécies estudadas

Espécie		Teor de umidade (%)						
		30	25	20	15	10	5	0
A. pedra	CV	1,1	1,7	2,5	3,7	5,4	8,0	11,9
	CT	0,7	1,0	1,5	2,2	3,2	4,7	6,9
	CR	0,3	0,5	0,7	1,1	1,6	2,4	3,6
E. citriodora	CV	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15,2	21,5
	CT	1,5	2,1	3,0	4,1	5,8	8,1	11,3
	CR	1,0	1,4	2,0	2,9	4,2	6,0	8,7
E. rosa	CV	2,0	2,8	3,8	5,3	7,3	10,0	13,8
	CT	1,4	1,9	2,6	3,5	4,7	6,3	8,5
	CR	0,5	0,8	1,1	1,6	2,3	3,4	4,9
Garapa	CV	0,5	0,9	1,5	2,5	4,2	7,2	12,2
	CT	0,3	0,5	0,8	1,4	2,4	4,2	7,4
	CR	0,1	0,3	0,5	0,8	1,4	2,5	4,4
Parajú	CV	2,6	3,6	5,1	7,3	10,2	14,5	20,5
	CT	1,6	2,2	3,0	4,2	5,9	8,1	11,3
	CR	0,8	1,2	1,7	2,5	3,6	5,3	7,8
P. mica	CV	1,5	2,2	3,3	4,9	7,4	11,1	16,6
	CT	0,9	1,3	2,0	2,9	4,3	6,3	9,4
	CR	0,5	0,7	1,1	1,7	2,7	4,1	6,2
Roxinho	CV	1,6	2,4	3,5	5,2	7,7	11,3	16,7
	CT	1,0	1,5	2,3	3,3	4,9	7,1	10,5
	CR	0,4	0,7	1,0	1,5	2,3	3,5	5,3

CV = contração volumétrica; CT = contração tangencial; e CR = contração radial.

Pela Tabela 4, observa-se que as contrações volumétricas para a umidade de 30% não são nulas. Esse fato pode ter ocorrido devido aos gradientes de umidade na madeira, que normalmente seca da parte externa para a parte interna. Os gradientes de umidade na madeira podem ocorrer principalmente em peças com teores de umidade mais elevados, nos quais a velocidade de secagem é maior.

Trugilho et al. (1997) reportaram uma variação dimensional acima do ponto de saturação das fibras para o *Eucalyptus grandis*, maior do que o relatado normalmente pela literatura. Os autores concluíram que as contrações volumétricas acima do PSF podem estar relacionadas com a formação de madeira juvenil, já que a proporção foi bastante alta. O ponto de saturação das fibras não é exatamente o mesmo para todas as espécies, podendo apresentar pequena variação para mais ou para menos. Shupe & Chow (1996) encontraram um teor de umidade de 23% no PSF para a madeira de *Koompassia malaccensis*. Dessa forma, como as contrações na madeira começam a ocorrer a partir do PSF, algumas espécies começam a contrair com um teor de umidade mais elevado do que outras.

3.3 - Efeito da inclinação da grã na retratibilidade da madeira

Os resultados dos coeficientes de retratibilidade total para a madeira com fibras normais ou sem inclinação (0°) e em amostras retiradas com a orientação da grã a 30 e 60° nas direções radial e tangencial são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

O tipo de orientação não altera o valor da densidade básica nem a retratibilidade volumétrica total. Nas inclinações de 30° na direção tangencial, observa-se uma diminuição no fator anisotrópico, ou seja, a madeira se torna mais estável dimensionalmente. Se a inclinação for demasiada, no entanto, as contrações tangenciais serão muito baixas, como pode ser observado para a grã a 60°, na direção tangencial. Nesse caso fez-se a relação da contração radial com a tangencial (CR/CT), indicando um elevado fator anisotrópico, que é apresentado na Tabela 5.

Em relação às inclinações na direção radial, nos dois ângulos de inclinação da grã, há um grande aumento na relação entre a contração tangencial e radial.

Tabela 5 - Contrações determinadas em fibras paralelas e em ângulos com orientação na direção tangencial

Espécie	0°			30°			60°		
	CT*	CR	FA	CT	CR	FA	CT	CR	FA
A. pedra	6,97 (0,44) (6,33)	4,01 (0,32) (7,88)	1,75 (0,19) (10,92)	5,84 (0,66) (11,29)	4,04 (0,77) (18,94)	1,49 (0,29) (19,74)	2,48 (0,27) (10,75)	4,13 (0,16) (3,97)	1,70 (0,20) (12)
E. citriodora	11,57 (0,34) (2,98)	8,62 (0,26) (3,01)	1,34 (0,06) (4,61)	9,75 (0,37) (3,78)	8,68 (0,31) (3,61)	1,13 (0,06) (5,65)	2,53 (0,33) (12,96)	9,21 (0,66) (7,14)	3,60 (0,58) (15,65)
E. rosa	8,53 (0,32) (3,80)	5,55 (0,47) (8,55)	1,55 (0,14) (9,15)	7,15 (0,46) (6,37)	6,77 (0,47) (6,94)	1,06 (0,04) (3,62)	2,63 (0,26) (9,88)	6,42 (0,52) (8,17)	2,40 (0,29) (11,88)
Garapa	8,54 (0,76) (8,85) ¹	4,41 (0,41) (9,36)	1,94 (0,15) (1,94)	5,70 (0,42) (7,39)	4,36 (0,25) (5,69)	1,31 (0,13) (10,18)	2,54 (0,30) (11,86)	4,74 (0,24) (5,00)	1,90 (0,26) (14,17)
Paraju	10,83 (0,48) (4,39)	7,85 (0,25) (3,23)	1,38 (0,08) (6,12)	7,84 (0,91) (11,62)	7,34 (0,48) (6,57)	1,07 (0,09) (8,79)	2,93 (0,34) (11,74)	7,90 (0,17) (2,15)	2,70 (0,33) (12,12)
Peroba-mica	8,80 (0,44) (4,95)	5,73 (0,52) (9,05)	1,54 (0,13) (8,41)	6,80 (0,51) (7,43)	5,12 (0,16) (3,18)	1,33 (0,13) (9,64)	2,52 (0,81) (32,07)	5,24 (0,41) (7,83)	2,10 (0,61) (25,53)
Roxinho	9,71 (0,27) (2,79)	5,30 (0,36) (6,72)	1,84 (0,14) (7,67)	8,27 (0,50) (6,04)	5,55 (0,19) (3,47)	1,49 (0,08) (5,06)	2,96 (0,26) (8,86)	5,42 (0,13) (2,46)	1,80 (0,16) (8,73)

*CT = contração tangencial, CR = contração radial e FA = fator anisotrópico;

¹ Valores entre parênteses são desvio-padrão e coeficiente de variação em %, respectivamente.

Tabela 6 - Contrações determinadas em fibras paralelas e em ângulos com orientação na direção radial

Espécie	0°			30°			60°		
	CT*	CR	FA	CT	CR	FA	CT	CR	FA
A. pedra	6,94 (0,28) (3,97)	3,64 (0,09) (2,41)	1,91 (0,09) (4,86)	7,41 (0,17) (2,25)	3,06 (0,19) (6,19)	2,43 (0,17) (6,97)	6,97 (0,35) (5,01)	1,41 (0,16) (11,48)	4,99 (0,57) (11,53)
E. citriodora	11,33 (0,90) (7,92)	8,71 (0,50) (5,74)	1,30 (0,07) (5,71)	12,75 (0,69) (5,42)	6,80 (0,52) (7,61)	1,88 (0,15) (8,04)	12,11 (1,25) (10,32)	2,79 (0,49) (14,42)	4,39 (0,53) (12,16)
E. rosa	8,41 (0,23) (2,66)	4,77 (0,11) (2,23)	1,76 (0,04) (2,57)	9,29 (0,66) (7,11)	5,13 (0,26) (5,06)	1,81 (0,16) (8,82)	9,69 (0,78) (8,00)	1,94 (0,27) (13,83)	5,03 (0,49) (9,67)
Garapa	7,36 (0,14) (1,89) ¹	4,44 (0,11) (2,45)	1,66 (0,06) (3,64)	7,47 (0,12) (1,63)	3,13 (0,14) (4,40)	2,39 (0,10) (4,39)	7,50 (0,37) (4,88)	1,01 (0,12) (12,16)	7,53 (0,84) (11,16)
Paraju	11,31 (0,41) (3,62)	7,84 (0,12) (1,58)	1,44 (0,05) (3,68)	11,74 (0,23) (1,99)	6,16 (0,22) (3,56)	1,91 (0,09) (4,56)	12,10 (0,24) (1,94)	3,50 (0,14) (4,02)	3,46 (0,18) (5,32)
Peroba-mica	9,40 (0,48) (5,09)	6,25 (0,33) (5,23)	1,51 (0,06) (4,41)	9,10 (0,64) (9,00)	4,80 (0,34) (5,50)	1,94 (0,12) (10,54)	9,81 (0,31) (3,19)	1,51 (0,19) (12,52)	6,62 (0,90) (13,64)
Roxinho	10,17 (0,22) (2,12)	5,20 (0,11) (2,10)	1,95 (0,33) (1,37)	10,24 (0,19) (1,87)	3,88 (0,11) (2,73)	2,64 (0,09) (3,50)	10,50 (0,18) (1,75)	1,34 (0,10) (7,50)	7,86 (0,63) (8,05)

*CT = contração tangencial, CR = contração radial e FA = fator anisotrópico;

¹ Valores entre parênteses são desvio-padrão e coeficiente de variação em %, respectivamente.

Com a inclinação na direção tangencial, as contrações na direção radial da madeira serão as mesmas obviamente, ao contrário da retratibilidade tangencial, para esta última, quanto maior a inclinação das fibras na direção tangencial, menores as contrações nesta direção. Tal fato ocorre porque quanto mais inclinamos as fibras nessa direção, mais próximos da direção longitudinal estarão medindo. Por exemplo, se inclinássemos as fibras em 90° , teríamos uma amostra comum a qualquer outra, ou seja, para uma inclinação de 45° , estaríamos num ponto intermediário entre a direção tangencial e longitudinal. Como a contração radial não se altera e a tangencial diminui à medida que inclinamos as fibras nessa direção, a relação entre a contração tangencial e radial será menor até certo ponto, tornando a madeira mais estável dimensionalmente, e a partir desse determinado ponto, as contrações tangenciais serão muito baixas, aumentando, assim, o fator anisotrópico (CR/CT).

No que diz respeito às inclinações de 30° e 60° na direção radial, neste caso as contrações tangenciais serão as mesmas, já as contrações radiais, irão diminuindo à medida que as fibras estão mais inclinadas nessa direção. Como as contrações tangenciais nesse caso são as mesmas, e as radiais diminuem com a inclinação, a relação da retratibilidade tangencial sobre a radial será maior, o que, por consequência, torna a madeira mais instável dimensionalmente.

As reduções nas contrações tangencial ou radial, dependendo do tipo de orientação da grã, não são proporcionais à inclinação das fibras, tal fato ocorre porque as contrações longitudinais da peça não são nulas, exercendo pequena influência.

4 - CONCLUSÕES

- As contrações na madeira não dependem de forma exclusiva da densidade;
- A retratibilidade volumétrica, a linear tangencial e a radial, de cada espécie estudada, pode ser estimada a partir das equações ajustadas com elevados valores para o coeficiente de determinação;
- A variação da retratibilidade, em função da sorção de água na madeira, não ocorre de forma linear;
- A orientação da grã no sentido tangencial, até certo ponto, pode aumentar a estabilidade dimensional da madeira;
- As reduções na contração tangencial ou radial dependem do tipo de corte e não ocorrem de forma linear.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Ensaio físicos e mecânicos da madeira** – MB-26/40. Rio de Janeiro, 1940, 16p.

CHIMELO, J.P. **Development of a probability-based computerized characterization system for identification and for property prediction of selected tropical hardwoods.** Blacksburg, 1980. 206p. Tese (Doutorado Virginia Polytechnic Institute and State University)

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira.** São Paulo: Nobel, 1985. 111p.

GONÇALVES, F. G. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos.** 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Madeiras. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** São Paulo, 1989; 418p.

KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology.** New York, springer-Verlag, 1968. v.1.

LOPES, G. A.; GARCIA, J. N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 13-23, 2002.

LOWER, D. P. Predicting moisture content in douglas-fir and ponderosa pine boards. **Forest Products Journal**, v.22. n. 12, p. 35-39, 1972.

MÖTTÖNEN, V.; LUOSTARINEN, K. Variation in density and shrinkage of birch (*Betula pendula* Roth) timber from plantations and naturally regenerated forest. **Forest Products Journal**; 2006; V.56, n1, p 34-39.

OLIVEIRA, J. T. S. **Estudos das propriedades físicas e tecnológicas da madeira da Pindaíba (*Xylopiya sericea* St. Hill).** 1988. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 1988.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 1997. 429f. Tese (Doutorado em ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology.** New York: McGraw Hill, Vol. I, Second edition, 643 p, 1964.

REZENDE, M. A. Retratibilidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com umidade e densidade. **Revista Scientia Forestalis** n. 64, p. 120-127, dez. 2003.

ROCHA, J. S. **A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras amazônicas**. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1994.

SEVERO. A secagem da madeira de eucalipto e seus desafios. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias Aplicadas ao setor madeireiro II. Vitória: Aquareius, 2007.

SILVA, J. C., OLIVEIRA J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JÚNIOR, S.; MATOS, J. L. M. **Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex. maiden**. Revista Floresta, Curitiba-PR, v. 34, n.1, p.13- 22, 2004.

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

SILVA, J. C., OLIVEIRA, J. T. S.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.803-810, 2006.

SHUPE, T. F.; CHOW, P. Sorption, shrinkage, and fiber saturation point of kempas (*Koompassia malaccensis*). **Forest Products Journal**, v.46. n.10, p.94-96, 1996.

SKAAR, C. **Wood – water relations**. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 283 p.

WOOD HANDBOOK – **Wood as an Engineering Material**. Madison. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 463p. 1999.

TRUGILHO, P F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. Variação dimensional acima e abaixo da umidade de saturação das fibras da madeira de eucalipto. Anais: Conferência **IUFRO** sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. Colombo: EMBRAPA FLORESTAS, 1997. v. 3. p. 393-400.

WU, Y.; HAYASHI, K.; LIU, Y.; CAI, Y.; SUGIMORI, M. Relationships of anatomical characteristics versus shrinkage and collapse properties in plantation-grown eucalypt wood from China. **Journal Wood Science**, 2006.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)