



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JOÃO JORDÃO FERREIRA

**ENSAIOS DE TORNEAMENTO EM DIFERENTES
ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS**

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Dezembro-2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JOÃO JORDÃO FERREIRA

**ENSAIOS DE TORNEAMENTO EM DIFERENTES
ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

Seropédica, RJ
Dezembro - 2011

**ENSAIOS DE TORNEAMENTO EM DIFERENTES
ESPÉCIES NATIVAS BRASILEIRAS**

Monografia aprovada em 07 de dezembro de 2011.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho
DPF/IF/UFRRJ
Orientador

Prof^a. M.Sc. Natália Dias de Souza
DPF/IF/UFRRJ
Membro

M.Sc. Elaine Ferreira Avelino
DPF/IF/UFRRJ
Membro

RESUMO

No presente trabalho visou-se comparar os resultados de ensaios de torneamento para as espécies nativas Angelim, Canela, Muiracatiara, Cedro e Ipê, e determinar a relação com a densidade da madeira, visando à avaliação ao seu uso na indústria moveleira. As peças ou amostras de madeira utilizadas no estudo foram obtidas em uma marcenaria no município de Angra dos Reis, localizado no estado do Rio de Janeiro. Para o teste de torneamento foram confeccionadas 2 amostras de 3 cm x 3cm x 17 cm para cada espécie. Para determinação da densidade aparente e do teor de umidade foram confeccionadas 4 amostras de 1,5cm x 2,0cm x 5,5cm, para cada espécie avaliada. As propriedades físicas determinadas foram a densidade aparente e o teor de umidade de equilíbrio. As avaliações do teste de torno foram feitas seguindo a norma ASTM-D 1666-87. A madeira de Ipê foi a que apresentou os melhores resultados no teste de torno, sendo também a espécie com maior valor de densidade aparente. As espécies de Angelim, Canela e Muiracatiara também apresentaram potencial para a indústria moveleira devido aos pequenos defeitos ocorridos. Apenas a espécie de Cedro não demonstrou bom desempenho no teste de torno, sendo também a madeira com o menor valor de densidade aparente, podendo concluir que a densidade da madeira interferiu no resultado do teste de torno.

Palavras-chave: torneamento, usinagem da madeira, trabalhabilidade da madeira.

ABSTRACT

This study had the objective of evaluate the results of turning tests for the wood of brazilian native species “angelim”, “canaela”, “muiracatiara”, “cedro” and “ipê”, and to determine the relationship with the density of the wood, evaluating important tests of for the furniture industry and segment. The wood samples used in the study were obtained in a wood industry in the city of Angra dos Reis, located in the state of Rio de Janeiro. For each turning test were utilized 2 samples of 3 cm were made x 3cm x 17 cm for each species. For determination of the apparent density and the moisture content were made 4 samples of 1,5cm x 2,0cm x 5,5cm for each appraised species. The physical properties obtained were apparent density and the equilibrium moisture content. The evaluations of the turning test were made following the norm ASTM-D 1666-87. The wood of “ipê” presented the best results in the turning test, being also the species with higher value of apparent density. The species of “angelim”, “canaela” and “muiracatiara” also presented potential for the furniture industry. The species of cedro didn't present good acting in the lathe test, being also the wood with the smallest value of apparent density, could conclude that the density of the wood interfered in the result of the turning tests.

Key-words: wood turningt, machinability of wood, workability of the wood.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo geral.....	2
2.2 Objetivo específico.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3.1 Usinagem da madeira.....	2
3.1.1 Torneamento em madeiras.....	3
3.2 Uso da madeira nativa no segmento madeireiro.....	4
3.3 Espécies estudadas.....	4
3.3.1 Angelim.....	4
3.3.2 Canela.....	5
3.3.3 Muiracatiara.....	6
3.3.4 Cedro.....	6
3.3.5 Ipê.....	7
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4.1 Material.....	8
4.2 Metodologia.....	8
4.2.1 Densidade aparente.....	8
4.2.2 Teor de umidade.....	9
4.2.3 Teste de torno.....	10
4.2.4 Análise de dados.....	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
5.1 Densidade aparente.....	13
5.2 Teor de umidade.....	14
5.3 Teste de torno.....	15
6. CONCLUSÕES.....	16
7. RECOMENDAÇÕES.....	17
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
ANEXO 1.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Exemplos de peças de madeiras torneadas.....	3
Figura 2. Corpos-de-prova sendo pesados em uma balança analítica.....	9
Figura 3. Corpos-de-prova na estufa a 103 ± 2 °C.....	10
Figura 4. Torno utilizado para a realização do teste de torneamento.....	11
Figura 5. Ferramenta de corte (formão).....	11
Figura 6. Corpos-de-prova preparados para a realização do teste de torno.....	11
Figura 7. Detalhes de uma amostra sendo torneada.....	12
Figura 8. Corpos-de-prova depois da realização do teste de torno. Da esquerda para a direita, as espécies canela, ipê, angelim, muiracatiara e cedro, respectivamente.....	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Densidade aparente das sub-amostras da madeira das espécies avaliadas.....	14
Tabela 2. Teor de umidade de equilíbrio das sub-amostras da madeira das espécies avaliadas.....	15
Tabela 3. Resultados do teste de torneamento para as espécies estudadas.....	16

1. INTRODUÇÃO

A madeira, desde a época do descobrimento do Brasil, com a utilização em larga escala da madeira de Pau-Brasil, tem grande importância para o desenvolvimento econômico do país, por ser matéria-prima para diversos produtos e setores da economia, como celulose, carvão, lenha, construção civil, indústria moveleira, entre outros.

Na indústria de móveis é importante que a madeira seja de boa qualidade, para que possa ser gerado um maior valor agregado na comercialização do produto final.

A madeira tem como principal vantagem ser um recurso renovável. O conhecimento de suas propriedades, associado à sua trabalhabilidade, contribui para seu melhor aproveitamento.

Um requisito básico para se determinar se uma espécie de madeira é adequada para um uso determinado, é o conhecimento e a análise de suas propriedades durante a usinagem.

Usinagem é um termo que abrange uma vasta quantidade de processos de fabricação em que há a remoção de material da matéria-prima em forma de cavaco para que sejam alcançadas as especificações de projeto da peça, como forma e dimensão (CERVELIN, 2009).

Operações de usinagem são cortes e processamentos secundários visando o aumento de qualidade, acertos de dimensões, entalhes e furações nos produtos de madeira. Entre as operações de usinagem, podemos citar algumas como aplainamento, desengrosso, torneamento, lixamento, fresamentos diversos, furações.

Segundo Silva (2005), quando a madeira é destinada à fabricação de móveis, assoalhos, esquadrias e outros usos que demandam alta qualidade da superfície, a usinagem bem executada melhora o seu desempenho perante os processos de acabamento superficial, tornando a operação economicamente ajustada.

O torneamento é utilizado para fabricação de peças cilíndricas. Opera fazendo girar a uma peça presa em uma placa (peças curtas e grossas) ou fixada entre pontas (peças longas e finas), enquanto uma ou diversas ferramentas de corte são pressionadas em um movimento regulável de avanço de encontro à superfície da peça, removendo material de acordo com as condições técnicas adequadas.

Devem-se levar em consideração alguns aspectos para um melhor resultado durante o processo de torneamento, como o uso da ferramenta correta, assim como a velocidade de corte adequada durante o processo e as condições da máquina utilizada.

Um bom operador de torno também é fundamental, visto que o torno utilizado muitas vezes é manual, onde o marceneiro é quem faz as peças utilizando uma faca (formão) apropriada para realizar entalhes na madeira.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar os resultados do teste de torneamento para as espécies nativas Angelim, Canela, Muiracatiara, Cedro e Ipê, visando a avaliação de resultados importantes ao seu uso na indústria moveleira.

2.2 Objetivo específico

- Determinar as propriedades físicas de densidade aparente e umidade de equilíbrio a partir de sub-amostras das peças avaliadas;
- Determinar a relação entre a densidade e o comportamento da madeira no processo de torneamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Usinagem da Madeira

Segundo Silva (2002), citado por Lopes (2007), o termo usinabilidade define o grau de facilidade de processamento da madeira com ferramentas manuais e/ou mecânicas, sendo que a qualidade da usinagem depende da combinação dos atributos e características intrínsecas da madeira com as condições de atuação das máquinas e ferramentas cortantes.

O estudo da usinabilidade serve para descobrir as propriedades de mecanização de um determinado material, definindo-a ainda como a facilidade de se manipular um material em formas e dimensões definidas com certa qualidade superficial, por operações de corte (TIBÚRCIO, 2009).

O objetivo da usinagem não é somente cortar a madeira, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e a qualidade da superfície, tão exata e economicamente for possível (SILVA, 2005).

Os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados a quatro fontes básicas. Primeiramente, têm-se as variações das propriedades da madeira, seguido das características de funcionamento das máquinas e das ferramentas de corte e por último o treinamento da mão-de-obra (SILVA et.al., 1996, citado por SILVA et.al., 2009).

Segundo Silva et.al. (2009) a melhoria da qualidade do acabamento pode ser alcançada com a redução da velocidade de avanço da madeira e/ou o aumento do número de gumes ativos de corte e da frequência de rotação do eixo porta-ferramenta da máquina.

O entendimento sobre o correto modo de se usinar a madeira de uma determinada espécie é importante, pois influencia economicamente na produção, reduzindo perdas com a necessidade da adição de mais uma etapa de usinagem, e melhorando o acabamento superficial da madeira, aumentando assim o seu valor agregado (SILVA, 2010).

O torneamento visa à confecção de cortes ou entalhes circulares nas peças, que são fixas ao torno em suas extremidades que proporcionam a movimentação para que sejam feitos os processamentos por facas ou formões.

3.1.1 Torneamento em madeiras

Segundo Martins (2001), citado por Gessner (2004), o torneamento é um processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de superfícies cilíndricas com o auxílio de uma ou mais ferramentas.

O torneamento é um dos processos de usinagem mais empregados em trabalhos experimentais sobre usinagem (TRENT; WRIGHT, 2000, citado por CERVELIN, 2009) e também na indústria.

É possível a execução de várias operações no torneamento, o que permite a fabricação de peças cilíndricas, cônicas, esféricas, com detalhes ou uma combinação de tudo isso, tornando-o um processo muito versátil (CERVELIN, 2009).

Dependendo da trajetória da ferramenta, pode-se obter operações tais como torneamento cilíndrico, cônico, axial, radial, curvilíneo e ainda a combinação de vários tipos de torneamento (GESSNER, 2004).

Gessner (2004) definiu torneamento cilíndrico como sendo um processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca, segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina.

Na Figura 1 foram inseridos exemplos de peças de madeira torneadas.



Figura 1. Exemplo de peças de madeira torneadas.

3.2 Uso da madeira nativa no segmento madeireiro

A economia florestal brasileira tem importante papel na qualidade de vida do país sendo necessárias informações que possibilitem uma exploração mais consciente e sustentável das espécies nativas (MELLONI, 2010).

Atualmente, o plantio heterogêneo com essências nativas ocorre em menor escala no Brasil e visa o reflorestamento para fins conservacionistas, sendo pouca a importância dada aos reflorestamentos com essências nativas para fins madeireiros, porém a realização desse tipo de reflorestamento poderia atender a certas áreas do mercado florestal que atualmente são supridas por meio da exploração não-sustentável de florestas naturais (MACHADO & BACHA, 2001, citado por MELLONI, 2010).

Correspondentes a 98% da cobertura florestal com potencial produtivo no Brasil, as florestas nativas constituem uma importante fonte de geração de renda e de empregos, se exploradas de forma sustentável (JUVENAL & MATTOS, 2002). Segundo os mesmos autores, a execução de bons planos de manejo florestal, com consistência econômica, ambiental e social, pode garantir o aumento da produção de madeira ao mesmo tempo em que se protege a floresta de desmatamentos e ocupações desordenadas.

Segundo Juvenal & Mattos (2002), o BNDES tem procurado estimular a adoção do manejo sustentável em florestas nativas e, em 2001, apoiou, pela primeira vez, um projeto de serraria na região amazônica, no valor de R\$ 9 milhões, aprovado e acompanhado pelo IBAMA e pelo órgão ambiental estadual. Foi exigida a certificação da cadeia de custódia dos produtos da serraria, visando garantir que todo o processo de produção seja realizado em bases sustentáveis.

Em uma situação quase oposta ao setor de florestas plantadas, caracterizado pelo uso de modernas tecnologias de silvicultura e fortemente capitalizado, o segmento de florestas nativas encontra-se em um estágio inicial de desenvolvimento econômico e tecnológico (VERÍSSIMO, 2006). Segundo o mesmo autor, para agravar a situação, o setor de florestas nativas, especialmente na Amazônia, enfrentou uma crise severa em função da ausência de um marco legal que possibilitasse acessar as florestas públicas, condição básica para o seu desenvolvimento e institucionalização.

3.3 Espécies estudadas

3.3.1 Angelim

O angelim também possui outros nomes vulgares como angelim-pedra, angelim-do-campo, entre outros, pertence a família Leguminosae – Papilionideae (Fabaceae). É uma espécie arbórea de médio porte com altura variando de 14 a 18m, com o tronco de 40 a 50 cm de diâmetro. Possui folhas compostas, imparipinadas, alternas, com inflorescências paniculadas terminais e frutos do tipo drupa (CUSTÓDIO FILHO & MONTOVANI, 1986; ARMELIN, 2005). Floresce durante os meses de outubro-novembro e os frutos amadurecem nos meses de fevereiro-março (LORENZI, 2002).

As espécies de angelim existentes no Brasil e utilizadas industrialmente são *Andira anthelmia* (Vell.) J.F. Macbr. e *Andira fraxinifolia* Benth.

É uma planta semidecídua, heliófita, seletiva higrófita, característica das florestas semidecídua e pluvial, ocorrendo preferencialmente em fundo de vales e encostas úmidas, tanto no interior da floresta primária densa, como em formações abertas e secundárias, apresentando dispersão ampla, porém sempre em baixa densidade populacional (LORENZI, 2002).

Segundo Armelin (2005) espécies heliófitas (baixa tolerância a sombreamentos) têm um ponto de compensação fótica relativamente mais alto, e por isso necessitam evitar o sombreamento, especialmente aquele causado pelas plantas estabelecidas ao seu redor, o qual é característico de uma formação vegetal florestal, por isso investem a maior parte dos seus recursos em crescimento vertical, o que lhes possibilita atingir mais rapidamente a altura necessária para fugir do sombreamento causado pelas plantas ao seu redor.

A madeira do angelim é pesada, dura, decorativa, resistente, de longa durabilidade mesmo em ambientes externos, sendo própria para acabamentos internos em construção civil, como rodapés, molduras, portas, batentes, lambris, lâminas faqueadas decorativas, e para usos externos, como postes, moirões, estacas, etc (LORENZI, 2002).

Pode ser encontrada desde Bahia e Minas Gerais até o Paraná, principalmente na floresta latifoliada semidecídua, e por ser uma planta pioneira rústica, é ótima para inclusão em plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação.

3.3.2 Canela

A canela também é conhecida como canela-rosa, canela-amarela, louro-rosa, etc, pertence à família Lauraceae. É uma espécie arbórea de médio porte com altura variando de 10 a 20m, dotada de copa globosa ampla, com ramos novos ferrugineo-tomentelos, possuindo tronco ereto e cilíndrico, diâmetro variando de 30 a 50cm, com casca externa fina e quase lisa com lenticelas em fileiras verticais e horizontais, florescendo durante um longo, predominando, entretanto durante os meses de setembro-novembro (LORENZI, 2002).

Uma das espécies mais comum é a *Aniba firmula*, nome popular louro-rosa (importância econômica da família Lauraceae), possui relatos bibliográficos datados da década de 60, onde foi estudada pelos pesquisadores O. Gottlieb e W. Mors, sobre o ponto de vista da constituição dos componentes químicos dos seus óleos essenciais e o estudo do isolamento de algumas estirilpironas (QUEIROZ, 2009).

A canela ocorre nos estados da Bahia, Espírito Santo e Minas Gerais até o Rio de Janeiro, na mata pluvial atlântica, e sua madeira é considerada moderadamente pesada, dura, aromática, de textura média, grã inclinada, resistente e bastante durável, sendo utilizada para construção civil como caibros, vigamentos, ripas, tabuado para divisórias, marcos para portas, para o fabrico de móveis, esquadrias, etc (LORENZI, 2002). Segundo o mesmo autor, a espécie é perenifólia, ciófita, seletiva higrófita, clímax, característica e exclusiva da mata

pluvial da encosta Atlântica, onde apresenta frequência ocasional com dispersão vasta e contínua ao longo de sua faixa de distribuição, ocorrendo preferencialmente no interior da mata primária densa de planícies, várzeas aluviais e encostas suaves, sobre solos argilosos bem supridos de umidade, sendo mais raramente encontrada em capoeirões, beira de matas e como árvore isolada em pastagens.

Segundo Kropf et.al., 2006, a *Aniba firmula*, com distribuição ao longo da costa em florestas pluviais e em matas de restinga, possui um odor característico de rosas tendo o óleo essencial utilizado na indústria da perfumaria.

3.3.3 Muiracatiara

A muiracatiara, *Astronium lecointei* Ducke, popularmente conhecida como muiracatiara, ou maracatiara, pertence à família Anacardiaceae. É encontrada na Amazônia.

Possui cerne e albarno distintos pela cor, cerne variável do bege-rosado ao castanho-escuro-avermelhado, com estrias mais escuras, brilho moderado, cheiro e gosto imperceptíveis, grã irregular, textura média. A massa específica aparente é alta, em torno de 0,97 g/cm³, apresenta boa resistência mecânica. É indicada para fabricação de assoalhos, lâminas decorativas, forros, rodapés. (MADEIRAS BRASILEIRAS E EXÓTICAS, 2007; LUZ, 2008).

O crescimento desta espécie relacionou-se positivamente com a quantidade de radiação direta e difusa, sendo que esta relação foi mais nítida principalmente na estação chuvosa (TANAKA & VIEIRA, 2006). Segundo os mesmos autores, *A. lecointei* pode ter característica de tolerante à sombra ao mesmo tempo ela possui alta resistência para estiagem, e vigor com adição de outro recurso como umidade.

3.3.4 Cedro

O cedro ou cedro-rosa, cedro-vermelho, cedro-branco ou cedro-batata é uma árvore da família Meliaceae que ocorre tipicamente em populações de baixa densidade e a espécie é muito conhecida por sua madeira de importante valor econômico no Brasil (MELLONI, 2010). No Brasil consegue-se encontrar a árvore distribuída do Rio Grande do Sul até Minas Gerais, principalmente nas florestas semidecídua e pluvial atlântica, ocorrendo também em menor intensidade em todo o país. A principal espécie de cedro existente no Brasil e utilizada industrialmente é a *Cedrela fissilis* Vell. (LORENZI, 2002).

Com altura variando de 20 a 35 m e com tronco que varia de 60 a 90 cm, a árvore apresenta folhas compostas e um fruto tipo cápsula deiscente, a madeira do cedro é leve e macia ao corte e pode ser utilizada na confecção de compensados, em contraplacados, esculturas e obras de talha, modelos e molduras, esquadrias, móveis em geral, marcenaria, na construção civil, naval e aeronáutica, na confecção de pequenas caixas, lápis, instrumentos

musicais, etc. (LORENZI, 2002; MELLONI, 2010). Segundo os mesmos autores, a árvore é largamente empregada no paisagismo e não deve faltar na composição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas para preservação.

Sua utilização principal tem sido nas marcenarias e na construção naval e aeronáutica, o que a torna uma das espécies nativas de maior importância econômica para o Brasil, porém ao longo dos anos, sua exploração foi realizada de maneira extrativista, havendo carência de informações sobre processos que viabilizem o seu plantio em programas de reconstituição e, ou, plantios para fins comerciais, visto que as informações técnicas disponíveis sobre a produção de mudas de cedro-rosa são escassas, o que limita o progresso de sua silvicultura (XAVIER et.al., 2003).

3.3.5 Ipê

O ipê é também conhecido popularmente como ipê-amarelo, ipê-da-serra ou ipê-tabaco, pertencente à família Bignoniaceae, apresenta altura variando de 20 a 30m, com tronco de 40 a 60cm de diâmetro, possuindo folhas compostas e inflorescência uma panícula terminal ampla, sendo seus frutos cápsulas cilíndricas indeiscentes, revestidos por tomento aveludado (LORENZI, 2002). As principais espécies de ipê existentes no Brasil são a *Tabebuia alba* (Cham.) Sandwith (Ipê-amarelo), *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f.ex S. Moore (Ipê-amarelo-do-cerrado), *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb. (Ipê-roxo)

Segundo Lorenzi (2002) a ocorrência dos ipês vai desde o Rio de Janeiro e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, na floresta semidecídua de altitude, sendo a madeira considerada pesada, dura, compacta, de longa durabilidade mesmo sob condições favoráveis ao apodrecimento, própria para obras externas, como dormentes, pontes, moirões, vigas, eixo de rodas de carroças, rolos de moendas, tacos e tábuas para assoalho, para confecção de tonéis, dentes de engrenagem, e para marcenaria e carpintaria em geral.

Zidko (2002) relatou que os ipês ocorrem em florestas primárias densas e em formações secundárias, sendo uma espécie de rápido crescimento, utilizada na fabricação de tacos e tábuas para assoalho, na marcenaria e em projetos paisagísticos, podendo também ser empregada em áreas perturbadas.

A espécie ipê é decídua, heliófita, e floresce durante os meses de julho-setembro, geralmente com a planta totalmente despida de folhagem. A maturação dos frutos inicia-se durante o mês de outubro e prolonga-se até o final de novembro (LORENZI, 2002).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As peças de madeira utilizadas no estudo foram obtidas em uma marcenaria no município de Angra dos Reis, localizado no estado do Rio de Janeiro.

Estas amostras foram levadas para o Laboratório de Processamento de Madeira do DPF/IF/UFRRJ, onde posteriormente foi feito o desdobro e confecção de amostras para os ensaios físicos e de torneamento.

Para o teste de torneamento foram confeccionadas 2 amostras de 3 cm x 3cm x 17 cm para cada espécie. Para determinação da densidade aparente e do teor de umidade foram confeccionadas 4 amostras de 1,5cm x 2,0cm x 5,5cm, em média, para cada espécie utilizada.

4.2 Metodologia

As amostras beneficiadas no laboratório foram utilizadas para a condução do teste de torno ou de torneamento, seguindo uma adaptação da norma ASTM D 1666-87: “Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials”, que descreve os procedimentos para condução do torneamento das amostras e da avaliação dos resultados.

Após o teste de torneamento os corpos-de-prova foram avaliados segundo um critério de notas de 1 a 5, onde a nota 1 significou amostra sem defeitos, sendo as demais notas dadas em função da intensidade dos mesmos.

Para determinação da densidade aparente e do teor de umidade, as amostras foram levadas para o Laboratório de Papel e Celulose, onde foram realizados os ensaios.

4.2.1 Densidade Aparente

A densidade aparente é a relação entre a massa (g) e o volume (cm³) de um corpo, determinada no teor de umidade em que ele se encontra. Normalmente a densidade aparente da madeira é determinada quando a amostra se encontra no estado de umidade de equilíbrio com o ambiente, sendo importante a identificação deste teor de umidade.

Na densidade aparente determina-se o volume global, incluindo-se o volume dos poros. A densidade aparente foi determinada pela Equação 1.

$$\text{Densidade } (\rho) = \frac{M}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad \text{Equação 1}$$

onde: M = massa do corpo de prova em g;
V = volume do corpo de prova em cm³.

Para a determinação da densidade aparente, foi utilizado um paquímetro e uma balança analítica, determinando o volume e o peso dos corpos de prova, respectivamente.

4.2.2 Teor de umidade de equilíbrio (%)

Teor de umidade é definido como a quantidade de água na madeira, expressa em porcentagem, baseada na massa de madeira seca em estufa a 103 ± 2 °C de temperatura.

O teor de umidade é determinado pela Equação 2:

$$U (\%) = (PU-PS / PS) \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

onde: PU = peso úmido da amostra (g)

PS = peso seco da amostra (g)

A fórmula utilizada para a determinação da umidade dos corpos-de-prova foi a da base seca, sendo mais indicada para a área da tecnologia, incluindo secagem, painéis, chapas, madeira sólida ou serrada, etc. A fórmula com a base úmida é mais indicada para a área de celulose e papel, e no denominador utilizamos o valor de PU ao invés do PS.

Neste estudo os corpos-de-prova foram pesados (Figura 2) em uma balança analítica, obtendo-se o peso úmido, depois foram levados para a estufa a 103 ± 2 °C (Figura 3), permanecendo por 24 horas para determinação do peso seco.



Figura 2. Corpos-de-prova sendo pesados em uma balança analítica.



Figura 3. Corpos-de-prova na estufa a 103 ± 2 °C.

O teor de umidade de equilíbrio é determinado quando uma amostra ou peça de madeira encontra-se em condição de equilíbrio com a umidade relativa do ar, ou do ambiente no qual ela se encontra. Neste equilíbrio a madeira permanece em uma dada condição em que não perde mais água para o ambiente, mantendo certo teor de umidade.

4.2.3 Teste de torno

No torneamento das amostras avaliadas utilizou-se um torno com rotação de 1450 rpm (Figura 4), combinado com uma ferramenta de corte (Figura 5) própria para fazer peças com o perfil preestabelecido pela norma ASTM D 1666–7 que delimita os contornos das amostras a serem torneadas (Figura 6).

As peças foram torneadas seguindo um padrão: utilização da mesma ferramenta, até apresentarem o contorno bastante próximo ao descrito na norma.

A avaliação levou em consideração defeitos denominados:

- grã felpuda (“fuzzy grain”);
- grã arrancada (“torn grain”);
- superfície enrugada (“roughness”).

Para cada peça depois de torneada foi atribuída as seguintes notas:

- Nota 1 (excelente) – superfície sem defeitos;
- Nota 2 (boa) – fraca intensidade de grã felpuda na peça;
- Nota 3 (regular) – média intensidade de grã felpuda na peça;
- Nota 4 (ruim) – forte intensidade de grã felpuda na peça;
- Nota 5 (muito ruim) – grã arrancada e extremidades quebradas na maior parte da peça.



Figura 4. Torno utilizado para a realização do teste de torneamento.



Figura 5. Ferramenta de corte (formão)



Figura 6. Corpos-de-prova preparados para realização do teste de torno.

Nas Figuras 7 e 8 é possível observar as amostras sendo torneadas e os corpos-de-prova após o ensaio.



Figura 7. Detalhe de uma amostra sendo torneada.



Figura 8. Corpos-de-prova depois da realização do teste de torno. Da esquerda para a direita, as espécies canela, ipê, angelim, muiracatiara e cedro, respectivamente.

4.2.4 Análise dos Dados

Além da análise visual dos corpos-de-prova ensaiados, segundo a metodologia de notas descrita no item anterior, foi também realizada análise estatística dos resultados de densidade aparente e umidade de equilíbrio.

Através do uso do software livre ASSISTAT - Versão 7.6 beta (2011), foram determinados, além das médias, os coeficientes de variação e as análises de variância seguidas do teste de comparação de médias de Tukey, conduzido ao nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Densidade Aparente

O resultado de $0,75 \text{ g/cm}^3$ para a espécie canela, encontrado na média das densidades aparentes das sub-amostras de madeiras avaliadas foi compatível com o trabalho de Lorenzi (2002), que descreve a madeira de canela como sendo moderadamente pesada. Já a espécie angelim apresentou densidade aparente de $0,77 \text{ g/cm}^3$, também considerada compatível com a descrição de pesada e dura (LORENZI, 2002).

Através do Teste de Tukey, pode-se concluir que as médias das densidades aparentes dessas espécies não diferem estatisticamente entre si, sendo que as sub-amostras das espécies de canela e angelim apresentaram um coeficiente de variação de 3,07 e 1,69%, respectivamente.

A densidade aparente encontrada para o cedro, de $0,37 \text{ g/cm}^3$, é considerada muito baixa, típica de madeiras leves e macias, conforme apresenta o estudo de Melloni (2010). O coeficiente de variação entre as sub-amostras foi de 6,09%.

A espécie de ipê foi a que apresentou o maior valor de densidade aparente, $1,19 \text{ g/cm}^3$ com um coeficiente de variação de 5,27%, considerado um valor muito alto de densidade aparente, porém em concordância à sua madeira ser classificada como dura e compacta (LORENZI, 2002).

A espécie muiracatiara apresentou o segundo maior valor de densidade aparente $0,98 \text{ g/cm}^3$, considerado um valor de madeiras pesadas e duras. Foi a espécie que possuiu o maior valor de coeficiente de variação entre as sub-amostras avaliadas, que foi de 6,87%.

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de densidade aparente para os corpos-de-provas das espécies analisadas.

Tabela 1. Densidade aparente das sub-amostras da madeira das espécies avaliadas*:

Espécie	Sub-amostra	Volume (cm ³)	Peso (g)	Densidade Aparente (g/cm ³)
Angelim	1	14,04	10,99	0,783
	2	13,51	10,16	0,752
	3	13,88	10,71	0,772
	4	14,45	11,06	0,765
Média				0,768 (1,69) c
Canela	1	18,10	13,66	0,755
	2	14,38	11,30	0,786
	3	17,54	12,97	0,739
	4	15,15	11,14	0,735
Média				0,754 (3,07) c
Cedro	1	14,49	5,16	0,356
	2	14,14	5,19	0,367
	3	15,67	6,40	0,408
	4	16,31	6,00	0,368
Média				0,375 (6,09) d
Ipê	1	20,23	23,33	1,153
	2	16,07	19,34	1,203
	3	15,39	17,27	1,122
	4	16,28	20,60	1,265
Média				1,186 (5,27) a
Muiracatiara	1	11,55	11,14	0,965
	2	13,30	14,28	1,074
	3	14,65	13,36	0,912
	4	12,60	12,33	0,979
Média				0,982 (6,87) b

* valores entre parênteses referem-se aos coeficientes de variação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.2 Teor de Umidade de Equilíbrio

A espécie de cedro foi a que teve o maior teor de umidade de equilíbrio, 16,82%, com um coeficiente de variação de 1,98% entre as sub-amostras.

As espécies muiracatiara e canela apresentaram segundo o Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, médias estatisticamente iguais de 16,13 e 15,63% respectivamente. O coeficiente de variação para a espécie de muiracatiara foi de 1,13% e para a espécie de canela foi de 0,88%.

As amostras de angelim avaliadas apresentaram um coeficiente de variação entre as sub-amostras de 2,81%, sendo o mais alto entre as espécies, e apresentou um teor de umidade de equilíbrio de 14,17%. Já o ipê foi a que mostrou o menor valor de umidade de equilíbrio, 13,19% com 1,05% de coeficiente de variação entre as sub-amostras.

Na Tabela 2, estão os valores do teor de umidade de equilíbrio das sub-amostras da madeira das espécies avaliadas.

Tabela 2. Teor de umidade de equilíbrio das sub-amostras da madeira das espécies avaliadas*:

Espécie	Sub-amostra	Peso Úmido(g)	Peso Seco (g)	Teor de Umidade (%)
Angelim	1	10,99	9,58	14,72
	2	10,16	8,93	13,77
	3	10,71	9,39	14,06
	4	11,06	9,69	14,14
Média				14,17 (2,81) c
Canela	1	13,66	11,81	15,66
	2	11,30	9,78	15,54
	3	12,97	11,23	15,49
	4	11,14	9,62	15,80
Média				15,63 (0,88) b
Cedro	1	5,16	4,43	16,48
	2	5,19	4,45	16,63
	3	6,40	5,46	17,22
	4	6,00	5,13	16,96
Média				16,82 (1,98) a
Ipê	1	23,33	20,60	13,25
	2	19,34	17,06	13,36
	3	17,27	15,27	13,10
	4	20,60	18,22	13,06
Média				13,19 (1,05) d
Muiracatiara	1	11,14	9,61	15,92
	2	14,28	12,30	16,10
	3	13,36	11,51	16,07
	4	12,33	10,59	16,43
Média				16,13 (1,33) b

* valores entre parênteses referem-se aos coeficientes de variação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, segundo o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.3 Teste de Torno

No teste de torneamento a espécie que apresentou os melhores resultados foi o ipê, conseguindo nota máxima, com a superfície isenta de defeitos.

A canela também apresentou um bom desempenho no teste, com pequenos defeitos. Pode-se considerar que esta espécie apresentou um desempenho no teste de torno praticamente sem defeitos, assim como a espécie de ipê.

As espécies de angelim e muiracatiara possuíram desempenho semelhante, por isso receberam a mesma nota na avaliação. Apenas em uma pequena parte das amostras foram observadas grã arrancada e grã felpuda em média intensidade.

Já a espécie de cedro apresentou um resultado muito ruim devido à enorme quantidade de grã arrancada e grã felpuda encontrada na peça, além das extremidades quebradas.

Tabela 3. Resultados do teste de torneamento para as espécies estudadas:

Espécie	corpo-de-prova	Nota	Observação
Angelim	1	3	Grã felpuda em média intensidade
	2	3	Grã felpuda em média intensidade
Canela	1	2	Grã felpuda em uma pequena parte da peça
	2	2	Grã felpuda em uma pequena parte da peça
Cedro	1	5	Grã arrancada e extremidades quebradas
	2	5	Grã arrancada e extremidades quebradas
Ipê	1	1	Superfície sem defeitos
	2	1	Superfície sem defeitos
Muiracatiara	1	3	Grã felpuda em média intensidade
	2	3	Grã felpuda em média intensidade

6. CONCLUSÕES

A partir deste trabalho pode-se concluir que:

- A madeira de ipê pode ser utilizada pela indústria moveleira, na fabricação de móveis ou de seus componentes, visto que o seu desempenho no teste de torno foi excelente;
- A madeira de canela também teve um ótimo resultado no teste de torno, sendo também recomendado seu uso na indústria moveleira;
- As madeiras de angelim e muiracatiara, que tiveram resultados praticamente iguais no teste de torno, não podem ser descartadas para o uso na fabricação de móveis ou de seus componentes, visto que os pequenos defeitos que apareceram podem ter sido provocados pela qualidade da ferramenta de corte e pela velocidade de rotação da máquina de torno utilizada, que não era a ideal;

- A madeira de cedro avaliada não demonstrou bons resultados para o uso de peças torneadas pela indústria moveleira, pois foi a que apresentou os piores resultados no teste de torno, devido aos vários defeitos que apareceram na madeira;
- Pode-se associar a densidade com o desempenho da madeira no teste de torno, visto que a espécie de ipê, que foi a melhor avaliada no teste, também teve o maior valor de densidade aparente, e a espécie de cedro, com o pior desempenho no teste de torno, foi a que apresentou o menor valor de densidade aparente.

7. RECOMENDAÇÕES

- Para futuros trabalhos de avaliação do torneamento deve-se utilizar uma ferramenta de corte adequada para a realização do teste de torno, pois interfere no resultado o uso da ferramenta correta;
- No equipamento de torneamento utilizado é preciso aumentar a rotação do eixo para proporcionar um valor mínimo de 3200rpm, como recomendado pela norma ASTM D 1666–87, revisada em 1994.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1666-87: **Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials** (reapproved 1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.
- ARMELIN, R.S. **As dinâmicas de *Schefflera angustissima* (March.) Frodin (Araliaceae) e de *Andira anthelmia* (Vell.) March (Fabaceae) na Reserva de Morro Grande, SP.** 2005
- ASSISTAT - Versão 7.6 beta (2011), disponível em <http://www.assistat.com>
- CARVALHO, P.E. **Espécies Florestais Brasileiras.** EMBRAPA-CNPQ, 672p. 1994
- CERVELIN, J.E. **Estudo teórico-experimental das forças de corte no processo de torneamento.** Dissertação (Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), 2009
- CUSTÓDIO FILHO, A.; MANTOVANI, W. **Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga – Leguminosae *Hoehnea* .13: 113-140.** 1986

- GESSNER, D. **Protótipo de um gerador de código CNC para tornos.** FURB. 2004
- JUVENAL, T.L. ; MATTOS, R.L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento.** BNDES Setorial, RJ, n.16. p.3-30, 2002
- KROPF, M.S. ; QUINET, A. ; ANDREATA, R.H.P. **Lista anotada: distribuição e conservação das espécies de Lauraceae das restingas fluminenses, Brasil. PESQUISAS BOTÂNICA.** n°57: 161-180. São Leopoldo, Instituto Anchietano de Pesquisas, 2006
- LOPES, C.S.D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria.** Dissertação (Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”) Piracicaba, 2007
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras** – Editora Plantarum Ltda, Nova Odessa, SP, 384p.il. 2002
- LUZ, J.R.M. **Controle de qualidade do processo produtivo de piso engenheirado da empresa Novo Piso AS.** Monografia (UFPR). Curitiba, 2008
- MACHADO, J. A. R.; BACHA, C. J. C. **Análise da rentabilidade econômica dos reflorestamentos com essências nativas brasileiras: o caso do Estado de São Paulo.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v.40, n.3, p. 581-604, 2002.
- MARTINS, M.E.S. **Fundamentos de usinagem.** São Paulo, 2001
- MELLONI, M.N.G. **Determinação do número cromossômico de espécies arbóreas nativas com potencial madeireiro.** Dissertação (UNESP) Jaboticabal, SP, 2010
- NAHUZ, M.A.R. **Madeiras brasileiras e exóticas/ Marcio Augusto Rabelo Nahuz.** – Caxias do Sul,RS : Lettech Editora e Gráfica,2007
- QUEIROZ, M.M.F. **Utilização da técnica hifenada CLAE-DAD-IES-EM na detecção e caracterização de substâncias em *Ocotea paranapiacabensis* e *Aniba firmula* (Lauraceae).** Dissertação (Universidade Estadual Paulista) Araraquara, 2009
- SILVA, B.T.B. **Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de Mogno africano.** Monografia (UFRRJ), 2010
- SILVA, J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden de diferentes idades, visando sua utilização na indústria moveleira.** 160p. Tese (Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais). UFPR, Curitiba. 2002
- SILVA, J.R.M. **Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.** Revista Árvore. V.29, n.3, p.479-487, 2005
- SILVA, J.R.M. ; MARTINS, M. ; OLIVEIRA, G.M.V. ; BRAGA, P.P.C. **Parâmetros de qualidade da usinagem para determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus*.** Cerne, Lavras, v.15, n.1, p. 75-83, 2009

SILVA, J.R.M. et al. **Afiação de ferramentas para o setor madeireiro**. Lavras: UFLA/DCF. 37p. 1996.

TIBURCIO, U.F.O. **Método e Análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento**. Tese (Universidade Estadual Paulista) Guaratinguetá, 2009

TANAKA, A. ; VIEIRA, G. **Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central**. Acta Amaz. Vol.36, nº2, Manaus, 2006

TRENT, E.M. ; WRIGHT, P.K. **Metal cutting**. 4ªed. Woburn: Butter Worth-Heinemann, 2000

VERISSIMO, A. **Estratégia e mecanismos financeiros para florestas nativas do Brasil**. 2006

XAVIER, A.; SANTOS, G.A.; OLIVEIRA, M.L. **Enraizamento de ministaquia caulinar e foliar na propagação vegetativa da Cedro-rosa (Cedrela fissilis Vell.)**. Revista Árvore, Viçosa-MG v.27, n.3, p.351-356, 2003

ZIDKO, A. **Coleopteros (insecta) associados às estruturas reprodutivas de espécies florestais arbóreas nativas do estado de São Paulo**. Dissertação (USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”) Piracicaba, 2002

ANEXO 1

(resultados da análise estatística dos dados, ANOVAS e Testes de Tukey gerados pelo software ASSISTAT - Versão 7.6 beta (2011), disponível em <http://www.assistat.com>)

Tabela 4. Análise de variância para os dados de densidade aparente:

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	1.46109	0.36527	188.5742 **
Resíduo	15	0.02906	0.00194	
Total	19	1.49014		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 5. Resultados do Teste de Tukey para os dados de densidade aparente:

Médias de tratamento

1	0.76800	c
2	0.75375	c
3	0.37475	d
4	1.18575	a
5	0.98250	b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6. Análise de variância para os dados de umidade de equilíbrio:

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	35.04402	8.76101	123.9648 **
Resíduo	15	1.06010	0.07067	
Total	19	36.10412		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns não significativo

Tabela 7. Resultados do Teste de Tukey para os dados de umidade de equilíbrio:

Médias de tratamento

1	14.17250	c
2	15.62250	b
3	16.82250	a
4	13.19250	d
5	16.13000	b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade