

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

SOLANGE MARIA KRUG WEISE

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE
***Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin - Melastomataceae**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BLUMENAU

2014

SOLANGE MARIA KRUG WEISE

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE
***Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin - Melastomataceae**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Prof. Dr. Geraldo Moretto – Orientador

Prof. Dr. Jackson Roberto Eleotério – Co-orientador

BLUMENAU

2014

Ficha Catalográfica elaborada pela
Biblioteca Universitária da FURB

Weise, Solange Maria Krug, 1988-
W427c Caracterização tecnológica da madeira de *Miconia cinnamomifolia*
 (De Candolle) Naudin - Melastomataceae / Solange Maria Krug Weise. -
 2014.
 78 f. : il.

Orientador: Geraldo Moretto.

Co-orientador: Jackson Roberto Eleotério.

Dissertação (mestrado) - Universidade Regional de Blumenau,
Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal.

Inclui bibliografia.

1. Madeira. 2. Madeira - Identificação. 3. Madeira - Tecnologia.
I. Moretto, Geraldo. II. Eleotério, Jackson Roberto. III. Universidade Regional
de Blumenau. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

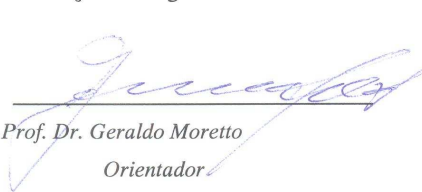
CDD 674.83

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE
***Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin - Melastomataceae**

por

SOLANGE MARIA KRUG WEISE

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal na Universidade Regional de Blumenau – FURB.

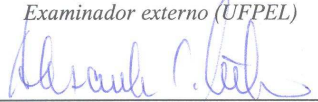

Prof. Dr. Geraldo Moretto
Orientador


Prof. Dr. Marcelo Diniz Vitorino
Coordenador

Banca examinadora:


Prof. Dr. Geraldo Moretto
Presidente


Darci Alberto Gatto
Examinador externo (UFPEL)


Prof. Dr. Alexander Christian Vibrans
Examinador interno (FURB)

Blumenau, 28 de março 2014

Dedico este trabalho aos meus pais
Bernadete Krug e Alcides Simão Krug
e ao meu marido Ricardo César Weise.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me ajudar nos momentos difíceis, me dar força para superar os obstáculos, mostrar o caminho certo a seguir e nunca desistir.

À Universidade Regional de Blumenau, Pró-reitoria de pesquisa, pós-graduação, extensão e cultura e ao curso de pós-graduação em engenharia florestal (PPGEF), por viabilizarem a realização deste trabalho, com auxílio da bolsa de gratuidade.

Ao Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – FUMDES da Secretaria Estadual de Educação de Santa Catarina pelo aporte financeiro através da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Jackson Roberto Eleotério, pela orientação constante, pelo incentivo e, além disso, pela confiança e amizade durante a construção deste trabalho.

Ao professor Dr. Geraldo Moretto, pelas contribuições e auxílios na realização deste trabalho.

À minha família, em especial à minha mãe Bernadete, meu pai Alcides, meu marido Ricardo, minha irmã Simone, meu primo Guilherme, meus avós, meus cunhados e meus sogros, pelo amor incondicional, paciência, apoio e incentivo.

Aos colegas e professores do mestrado pelas conversas, apoio e amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica Éder Lima e Thiago Henrique Duarte que me ajudaram na montagem dos experimentos.

Ao senhor José Pamplona e ao colega Adilson Luiz Nicoletti pela procura e doação de madeira para os experimentos.

Aos colegas Isalena Meneghelli, Douglas Reichert, Carla Marcolla, Aline Klitzke, Juliana Jaqueline Budag, Iago Dalbosco Rachadel, Deyse Brassanini, Andreza Stringari e Paulo Eduardo Bartolomeu por estarem presentes e ajudando nesse trabalho.

De modo geral, agradeço a todos que, de alguma forma, se fizeram presentes nesta trajetória acadêmica.

RESUMO

As florestas Secundárias do estado de Santa Catarina, em geral, são vistas como de pouco valor econômico, porém nelas estão inseridas espécies com grande potencial ainda não valorizadas. O estudo das propriedades tecnológicas das árvores e seus resultados são de grande importância para estimar outras propriedades e indicar a partir delas a melhor utilização. O objetivo principal deste projeto foi determinar algumas das principais características tecnológicas da madeira de jacatirão-açú – *Miconia cinnamomifolia*. A madeira foi obtida de um lote comercial sendo utilizada para todos os experimentos realizados neste projeto, sendo eles, determinação das propriedades físicas e estimativa das propriedades mecânicas da madeira, para elaboração de programas de secagem, para obtenção experimentalmente da umidade de equilíbrio, para análise do efeito de intemperismo na cor da madeira com e sem produto de acabamento, resistência aos térmitas de madeira seca e arborícolas e tratabilidade. A partir dos experimentos pode-se observar que a madeira de *Miconia cinnamomifolia* possui massa específica básica mediana e estabilidade dimensional média, o teor de umidade inicial determinado após 28 dias foi de 79,6, sendo teor de umidade estimado pela equação de Simpson foi de 96,5%. Em relação às propriedades mecânicas estimadas foram classificadas de acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) como altas, podendo ser muito bem empregada na construção civil. As metodologias utilizadas para elaboração dos programas de secagem, entre elas a secagem drástica e a partir da massa específica básica permitiram a elaboração, sendo que a mais indicada por representar os defeitos em uma escala piloto foi a de secagem drástica. As isotermas de sorção obtidas experimentalmente e estimadas por Simpson não tiveram diferença significativas. Os produtos de acabamentos utilizados neste projeto alteraram a cor natural da madeira, tanto o verniz como o *stain*, logo após suas aplicações, escureceram a madeira. A madeira de *Miconia cinnamomifolia* apresentou resistência à *Cryptotermes brevis* e susceptível ao gênero *Nasutitermes*. A respeito da tratabilidade, a madeira foi considerada impermeável.

Palavras-chave: propriedades tecnológicas, jacatirão, florestas secundárias

ABSTRACT

Secondary forests in the state of Santa Catarina in general are seen as little economic value, but there are species with big potential not valued yet. The study of the technological properties of trees and their results is of great importance to estimate other properties and indicate a better use from them. The main aim of this project was to determine some of the major technological characteristics of wood jacatirão-açú – *Miconia cinnamomifolia*. The wood was obtained from a commercial lot, being used for all experiments performed in this project like determining the physical properties and estimation of mechanical properties of wood, for elaboration of drying programs to obtain, experimentally, the equilibrium moisture content, to analyze the weathering effect on wood's color with and without finishing product, resistance to drought and arboreal termites and wood treatability. From the experiments, it can be observed that *Miconia cinnamomifolia* has median specific weight and average dimensional stability. The initial moisture content determined after 28 days was 79.6, and the moisture content being estimated by Simpson's equation was 96.5%. Regarding the mechanical properties estimates, were classified according to the Brazilian Forest Service (SFB) as high and can be very useful in construction. The methodologies used to elaborate the drying programs, between them, the drastic drying and from basic specific weight, allowed the elaboration, being the drastically drying the most indicated to represent the defects in a pilot scale. The sorption isotherms obtained experimentally and estimated by Simpson showed no significant differences. The finishing products used in this project changed the natural color of the wood, both varnish and stain, after their applications, they darkened the wood. The wood *Miconia cinnamomifolia* showed resistance to *Cryptotermes brevis* and susceptible to the genus *Nasutitermes*. Regarding tractability, the wood was considered impermeable.

Keywords: technology properties, "jacatirão", secondary forests

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVO GERAL	18
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1	A MADEIRA DE <i>Miconia cinnamomifolia</i>	19
3.2	PROPRIEDADES E PROCESSOS QUE DEFINEM A QUALIDADE DAS MADEIRAS	20
3.3	FATORES QUE AFETAM A SECAGEM DA MADEIRA	22
3.4	SECAGEM AO AR.....	23
3.5	SECAGEM CONVENCIONAL	24
3.5.1	Programas de Secagem.....	25
3.6	DURABILIDADE NATURAL.....	26
3.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
4	PROPRIEDADES FÍSICAS E ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE <i>Miconia cinnamomifolia</i>.....	32
4.1	INTRODUÇÃO.....	32
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.4	CONCLUSÕES.....	36
4.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
5	ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE PROGRAMAS DE SECAGEM PARA MADEIRA DE <i>Miconia cinnamomifolia</i>	38
5.1	INTRODUÇÃO.....	38
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.4	CONCLUSÕES.....	46
5.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
6	ISOTERMAS DE SORÇÃO PARA MADEIRA DE <i>Miconia cinnamomifolia</i> ..	49
6.1	INTRODUÇÃO.....	49
6.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	50
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
6.4	CONCLUSÕES.....	53
6.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

7	EFEITO DO INTEMPERISMO NA COR DA MADEIRA DE <i>Miconia cinnamomifolia</i> COM E SEM PRODUTOS DE ACABAMENTO.	55
7.1	INTRODUÇÃO	55
7.2	MATERIAL E MÉTODOS	57
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
7.4	CONCLUSÕES	63
7.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
8	DURABILIDADE NATURAL DE <i>Miconia cinnamomifolia</i>.	65
8.1	INTRODUÇÃO	65
8.2	MATERIAL E MÉTODOS	66
8.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
8.4	CONCLUSÕES	76
8.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
9	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.	78

1 INTRODUÇÃO

No estado de Santa Catarina, grande parte das florestas remanescentes são formações florestais secundárias que, de forma geral, são vistas como de pouco valor para o propósito de produção de madeira. Esta percepção é muito natural, considerando-se que a região era, até há pouco tempo, abundante em espécies produtoras de madeiras nobres.

O mercado de madeira de espécies das formações secundárias nunca foi desenvolvido, pois por muito tempo, houve suficiente suprimento de madeiras nobres, e após o esgotamento destas, a oferta de madeiras com baixo preço vindas da Amazônia e a introdução de exóticas cobriu a demanda regional (FANTINI; SIMINSKI, 2005).

Nas formações secundárias de Santa Catarina e do Paraná, o jacatirão-açú (*Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudin) é uma das principais arbóreas dominantes (KLEIN, 1980). A espécie possui potencial para o manejo madeireiro, que pode contribuir para o incremento da renda dos agricultores e para a diversificação na oferta de madeira (SCHUCH et al., 2008).

Por ter um crescimento retilíneo do tronco, as toras provenientes da espécie *Miconia cinnamomifolia* apresentam forma adequada para o aproveitamento em serrarias, uma característica importante para melhorar a sua utilização.

A importância de conhecer as propriedades tecnológicas está em utilizá-la de modo correto, para que o produto final seja de qualidade e avaliando criteriosamente os defeitos e os processos com o auxílio das propriedades da madeira.

Para a conversão da madeira em produtos de melhor qualidade deve-se fazer a secagem, pois esta confere melhoria em várias propriedades, tais como redução de massa, aumento da resistência mecânica, redução da anisotropia de contração, aumento da resistência a organismos xilófagos, dentre outras. Na confecção de produtos de maior valor agregado a secagem da madeira também é imprescindível por tornar propícios os acabamentos, colagem e revestimentos.

Um dos fatores que limita a utilização da madeira de algumas espécies é a sua baixa resistência natural ao ataque de agentes deterioradores, físicos e biológicos. O conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de térmitas torna-se um requisito importante para a correta utilização da madeira, pois este conhecimento pode prevenir possíveis danos em objetos confeccionados com madeiras com resistência ainda pouco conhecida (CARVALHO, 2003).

Além do ataque de térmitas, o intemperismo, que é uma ação combinada de diversos fatores como a umidade, luz, forças mecânicas e calor, afeta as propriedades da madeira. Em curto período de tempo a madeira apresenta variação de cor, posteriormente, a superfície

torna-se áspera, ou seja, com aspectos indesejáveis quando aparência é uma característica de qualidade.

Assim, diante da falta de informações confiáveis sobre propriedades físicas, mecânicas, cor, resistência à deterioração biológica e física de uma das espécies mais frequentes do estado de Santa Catarina, desenvolveu-se o projeto de pesquisa com o objetivo de definir algumas das características tecnológicas da madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

A partir dos resultados obtidos, pretende-se contribuir para melhoria do seu aproveitamento, por meio da difusão de conhecimentos científicos e tecnológicos sobre esta espécie. Assim, com processamento mais eficiente dessa madeira, de forma a incrementar seu desdobro, gerando novas oportunidades de trabalho e renda para população rural e os empregados nas indústrias.

Essa dissertação está dividida em seis capítulos, o primeiro apresentará a revisão de literatura, o segundo serão apresentadas as propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Miconia cinnamomifolia*, o terceiro capítulo tratará da elaboração e comparação de duas metodologias para indicação de programas de secagem. O quarto capítulo abordará as isotermas de sorção obtidas experimentalmente e estimadas a partir da metodologia proposta por Simpson (1971). O quinto capítulo avaliará o efeito de proteção da madeira testando dois produtos de acabamento, e o sexto capítulo abordará a resistência natural ao ataque de térmitas em condições de laboratório e a tratabilidade com produtos hidrossolúveis.

2 OBJETIVO GERAL

Determinar algumas das principais características tecnológicas da madeira de jacatirão-açú – *Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin - Melastomataceae como subsídio para a sua utilização.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar a massa específica da madeira e estimar as propriedades mecânicas a partir da massa específica básica;
- b) Propor, simular e comparar programas de secagem convencional para a madeira serrada;
- c) Avaliar a estabilidade da cor da madeira sob o efeito do intemperismo, com ou sem tratamento superficial;
- d) Avaliar a resistência natural da madeira ao ataque de térmitas, em condições de laboratório;
- e) Relacionar o teor de extrativos da madeira com a resistência ao ataque de insetos xilófagos e com a cor, e;

- f) Avaliar a tratabilidade da madeira sob pressão com produtos hidrossolúveis.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A MADEIRA DE *Miconia cinnamomifolia*

Os mosaicos de vegetação em vários estádios sucessionais de formações secundárias dentro do domínio da mata atlântica, surgiram após diversas áreas serem convertidas para agricultura, que ao longo do tempo foram abandonadas (QUEIROZ, 1995).

Nas formações secundárias encontra-se a *Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin (Figura 1), uma árvore perenifólia da família Melastomataceae, de 15 a 20 m de altura, de fuste reto, podendo alcançar diâmetro à altura do peito de 30 a 40 cm, típica de ambientes abertos, característica de uma espécie pioneira favorecida pela ação antrópica que forma densos aglomerados denominados *Miconietum*, apresentando longevidade de 30 a 50 anos (REITZ et al., 1978).



Figura 1. Árvore jovem de *Miconia cinnamomifolia*

A madeira de *Miconia cinnamomifolia* é moderadamente pesada, esbranquiçada ou amarelada, com alburno e cerne indistintos, não sendo resistente à umidade e ataque de térmitas (REITZ et. al., 1978). Ela apresenta camadas de crescimento distintas, demarcadas pelo achatamento e maior espessamento parietal das fibras no lenho tardio. Os elementos dos vasos estão presentes em uma frequência de 7 (3-12) /mm², solitários ou múltiplos de 2-4

elementos, raramente em cachos de 3-4 elementos, com paredes com 4 μ m de espessura, em média. As fibras libríformes apresentam comprimento de 875 (627-1474) μ m; diâmetro tangencial de 19 (10-24) μ m; lúmen de 10 (4-17) μ m; paredes delgadas a espessas (MARCON; COSTA, 2000).

A *Miconia cinnamomifolia* possui potencial de aproveitamento em serrarias, pelo crescimento retilíneo do tronco, com a primeira ramificação normalmente acima dos 6,0 m, em geral com aproveitamento de duas toras de 3,0 m por árvore. A qualidade da madeira do jacatirão já foi destacada para o emprego na construção civil, através de ripas, sarrafos, tabuado em geral, estacas e alinhamentos de telhado (SCHUCH et al., 2008).

3.2 PROPRIEDADES E PROCESSOS QUE DEFINEM A QUALIDADE DAS MADEIRAS

Entre muitas propriedades que estão relacionadas à qualidade da madeira, a massa específica aparente e a retratibilidade são importantes na avaliação da qualidade da madeira, e relacionadas à utilização da madeira. A massa específica aparente está relacionada principalmente com as propriedades mecânicas e anatômicas da madeira (MARQUES et al., 2012).

Para obter-se um melhor aproveitamento econômico, é preciso ter uma compreensão do comportamento da madeira como material estrutural, determinando as características físicas e, a partir delas, estimar as propriedades mecânicas (LUCAS FILHO, 2012).

A propriedade física da madeira mais significativa é sua massa específica, pois é um parâmetro de fácil determinação e está relacionada às mais diversas características da madeira, matéria-prima destinada à construção civil, utilização na indústria de móveis e na fabricação de chapas (HELLMEISTER, 1982).

Estudos mostraram que a massa específica básica eleva-se na mesma proporção da dureza Janka. Os estudos realizados por Kolmann e Côté (1968) confirmam a alta correlação entre as propriedades mecânicas e a massa específica, afirmando que a dureza é diretamente proporcional a massa específica da madeira (LUCAS FILHO, 1997).

A estrutura anatômica da madeira pode restringir a taxa de movimentação da água, desta forma a susceptibilidade da estrutura anatômica pode acentuar o desenvolvimento de tensões durante a secagem, limitando a taxa de secagem e causando vários defeitos de secagem (VERMAAS, 1998).

Além disso, o desenho da madeira, que determina muito da sua aceitação como matéria-prima para móveis, depende dos elementos anatômicos e de como estes estão distribuídos.

Características como a massa específica, textura, grã e dureza são utilizadas na classificação e na avaliação da qualidade da madeira. Recentemente, a cor também vem sendo considerada como um importante índice de classificação e qualidade da madeira (MORI et al., 2004).

De acordo com Mori et al. (2005), a análise final da cor de qualquer produto, componente da estética que se associa à superfície e ao desenho da peça de madeira, lhe garante um padrão de qualidade exigida de mercado. Esta propriedade deve ser incorporada na avaliação e na caracterização tecnológica da madeira, para atender aos usos mais nobres desse material. Segundo Mady (2000), a cor das madeiras é muito influenciada pela quantidade e pela composição química de extrativos presentes na parede celular.

Os extrativos são compostos de baixo peso molecular, geralmente formados por terpenos, óleos essenciais, resinas, taninos, graxas, polifenóis, flavonóides, estilbenos, quinonas, entre outros, conferindo diferenciadas cores ao lenho (PHILIPP; ALMEIDA, 1988). O alto teor de extrativos está relacionado com o parâmetro colorimétrico luminosidade (L^*), ou seja, quanto mais escura for a madeira, maior será a quantidade de extrativos presentes. Os anéis de crescimento, vasos, raios e tipos de parênquima axial, também podem influenciar a cor da madeira (MADY, 2000).

A composição química da madeira influencia na retração volumétrica, a molhabilidade e a adsorção e a dessorção de umidade (CRUZ, 2006). A retratibilidade varia entre as espécies, dependendo ainda do modo de condução da secagem e do próprio comportamento da madeira, o que leva a alterações da forma e à formação de fendas e empenos. Precauções rigorosas devem ser tomadas nas situações em que se exige a estabilidade da madeira. Em peças de madeira podem ocorrer vários prejuízos, chegando até mesmo inviabilizar o produto final quando a secagem até a umidade de equilíbrio das condições de uso é realizada de forma inadequada (VIVIAN, 2011).

Durante a secagem, as retrações para pontos diferentes na madeira não ocorrem em paralelo. Este aspecto é mais evidente quando ocorrem elevados gradientes de umidade, sendo estes dependentes da massa específica e das dimensões da peça (REZENDE, 1997).

Um dos fatores que limita a utilização da madeira para diversas finalidades, é a sua baixa resistência natural. Assim, o conhecimento desta característica torna-se um requisito importante para a correta utilização da madeira. Madeiras de maior durabilidade natural são preferidas em relação a madeiras que necessitam tratamento preservativo a fim de aumentar esta durabilidade (SILVA et al., 2004).

Estudos mostraram que a porcentagem de defeitos aumenta de acordo com o grau de severidade imposto pelos programas de secagem, sendo que os defeitos permanecem com maior aparência na seguinte ordem: colapso, encanoamento, rachaduras e empenamentos. O colapso, o principal defeito observado, é atribuído principalmente ao emprego de temperaturas elevadas no início da secagem. O encanoamento é atribuído a diferentes intensidades de contração no sentido tangencial e radial da madeira (anisotropia) (SEVERO, 2000). As rachaduras aparecem como consequência da diferença de contração nas direções radial e tangencial da madeira e dos gradientes de umidade durante o processo de secagem (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985). O colapso, de acordo com Simpson (1991), pode ser causado por tensões compressivas de secagem nas partes internas das tábuas que excedem a resistência de compressão da madeira ou forcas de capilaridade nas cavidades celulares que estão completamente cheias de águas.

No encanoamento as margens da tábua permanecem aproximadamente paralelas e adquire um aspecto encanoado. Em consequência da diferença de contração entre as direções radial e tangencial, que provoca maior movimentação de uma das faces da peça em relação à outra aparece este tipo de empenamento. As tensões que se desenvolvem na madeira durante a saída da água são a causa básica dos defeitos de secagem. (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

Martins (1988) afirma que os defeitos resultantes da secagem, além de causarem desvalorização do preço da madeira serrada, geram desinteresse quanto à utilização de determinadas espécies refratárias. Esse fato contribui em parte para exploração seletiva e de um pequeno número de espécies.

3.3 FATORES QUE AFETAM A SECAGEM DA MADEIRA

A secagem é uma das etapas mais importantes para obtenção de produtos de madeira com qualidade. Salienta-se que a perda de água da madeira diminui o custo de transporte, proporcional à redução do peso, além da redução da movimentação dimensional, sendo que as peças passam a ser produzidas com maior precisão de dimensões, com excelente atuação de tintas, vernizes e impregnação de líquidos preservativos (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

A madeira, por ser um material higroscópico, apresenta o fenômeno de sorção, isto é, pode ganhar ou perder umidade. Quando exposta a determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar, a madeira perde umidade até entrar em equilíbrio com o ambiente. Esse teor de umidade que a madeira apresenta quando em equilíbrio com o ambiente é denominado de umidade de equilíbrio (KOLLMANN; COTÉ, 1968). As madeiras mais densas e as peças com maior espessura requerem mais tempo para secar. De acordo com

Martins (1988), a massa específica está relacionada com a permeabilidade, que é um dos fatores que mais influenciam na secagem.

Conforme estudos de Marques (2008), a largura do lúmen das fibras e a massa específica básica foram as características que mais se correlacionaram com as características de secagem como o teor de umidade inicial, taxa e tempo de secagem. Embora a madeira seja um material altamente poroso, não é muito permeável. A maioria das madeiras possui massa específica seca variando de $0,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a $0,8 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. A falta de permeabilidade é devida ao fato de que os espaços vazios, que correspondem em torno de 45% a 80% do valor total da massa específica, são muito discretos, com pouca comunicação entre eles (STAMM, 1964).

Conforme estudos apresentados por Eleotério et al. (2006) e Eleotério (2009), o coeficiente de difusividade efetivo apresenta correlação significativa e inversa com a massa específica da madeira. A sorção de água pela madeira está diretamente relacionada com instabilidade dimensional, além disso, existe relação entre a massa específica e a retratibilidade: quanto maior a massa específica maior a retratibilidade (OLIVEIRA, 1997).

A composição química, especialmente, o teor e o tipo de extrativos, têm papel fundamental na definição da umidade de equilíbrio. Wangaard e Granados (1967) comprovaram o efeito dos extrativos na redução da umidade de equilíbrio de espécies tropicais, especialmente com umidade relativa do ar acima de 60%. Conforme Jankowsky e Galvão (1979), dentro de uma mesma espécie, o aumento no teor de extrativos provoca uma redução na umidade de equilíbrio e, em termos quantitativos, o efeito depressivo na umidade de equilíbrio é o mesmo, tanto para os extrativos solúveis em água como solúveis em álcool-benzeno.

3.4 SECAGEM AO AR

A secagem ao ar livre depende de fatores ambientais, que não são controláveis, como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar. Apesar disso, pode-se interferir sobre o processo, manipulando fatores como largura da pilha, espessura dos sarrafos separadores, a ocupação horizontal das pilhas e o arranjo físico do pátio de secagem (JANKOWSKY, 1992).

Uma característica inalterável da secagem ao ar é que o teor de umidade final coincide com a umidade de equilíbrio do local, o que, dependendo da localidade e do uso da madeira pode ser muito elevado (GOULART et al., 2003). A construção e a disposição das pilhas no pátio de secagem são fatores decisivos para a obtenção de madeira seca ao ar com qualidade. A pilha deve ser posicionada de forma que o fluxo normal do vento seja paralelo ao comprimento dos tabiques (CARLOS, 1984 apud GOULART et al., 2003).

Na secagem ao ar, a madeira serrada é geralmente deixada no estaleiro, até atingir um teor de umidade entre 20% e 25%, após atingir o teor de umidade desejado, está pronta o processamento dependendo da sua utilização final (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999).

A maior vantagem da secagem de madeiras ao ar, quando comparado com secagem por outros processos, são os baixos custos. As limitações de secagem ao ar estão associadas com a as influências naturais no processo (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999).

De acordo com o tipo e com as dimensões das peças a serem secas o tempo de secagem ao ar pode variar, no caso de tábuas de três centímetros de espessura, pode variar de 3 a 6 meses, dependendo ainda da espécie em questão e das condições atmosféricas do local (OLIVEIRA; CARVALHO, 2001 apud ROSSO, 2006).

Assim, a secagem ao ar livre pode ser utilizada como secagem definitiva ou como uma pré - secagem, e o conhecimento da umidade de equilíbrio da madeira da localidade se torna parâmetro decisivo para determinar o ponto final da secagem (MENDES et al., 2000 apud ROSSO, 2006). E o uso de cobertura protege a madeira da ação dos raios do sol e da precipitação, evitando rachaduras de topo e outros defeitos (SANTINI, 1992).

3.5 SECAGEM CONVENCIONAL

A secagem convencional é um tipo de secagem artificial, realizada em estufas que operam com temperaturas entre 45°C e 100°C, com controle de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (BRAMHALL; WELLWOOD, 1976 apud MARTINS, 1988).

Conforme Santos (2002) a secagem artificial permite o equilíbrio entre a velocidade de evaporação da água na superfície da madeira, a taxa de movimentação interna e as reações da madeira durante o processo, de forma a tornar a secagem a mais rápida possível e com um nível de perdas e padrão de qualidade aceitável para o produto final.

Em climas úmidos, a secagem em estufa é empregada, após a natural, para finalizar o processo, de acordo com as especificações do produto final. As estufas convencionais são frequentemente usadas para aumentar a taxa de secagem e condicionar a madeira a teores de umidade específicos (EATON; HALE, 1993).

Galvão e Jankowsky (1985) afirmam que a secagem convencional tem como principais vantagens: a redução do período de secagem, possibilitando giro mais rápido do capital; maior controle sobre os defeitos da secagem; possibilidade de eliminar fungos e insetos; redução da umidade da madeira, em qualquer época do ano, a teores previamente determinados; eliminação da necessidade de grandes pátios requeridos para a secagem natural.

O controle do processo de secagem envolve, portanto, o controle das condições ambientais, que, por sua vez são definidos, principalmente, em função do teor de umidade da madeira. Deste modo, torna-se necessária à medição contínua ou intermitente dos seguintes parâmetros: teor de umidade da madeira, temperatura no interior do secador e umidade relativa do ar dentro do secador. A relação entre esses parâmetros é definida pelo programa de secagem, que deve ser selecionado de acordo com a espécie e espessura da madeira submetida à secagem (JANKOWSKY, 1992).

O conhecimento do comportamento da madeira, quando exposta as condições de secagem, também traz benefícios para o controle dos defeitos da madeira (MARQUES, 2008).

3.5.1 Programas de Secagem

A relação entre os parâmetros: teor de umidade da madeira, temperatura no interior do secador e umidade relativa do ar dentro do secador define o programa de secagem, que deve ser selecionado de acordo com a espécie e a espessura da peça de madeira submetida à secagem (JANKOWSKY, 1992).

A estratégia na escolha de um programa de secagem é encontrar o melhor equilíbrio entre o desejo de secar mais rápido possível, o que exige condições de secagem severas na forma de altas temperaturas de bulbo seco e grandes depressões de bulbo úmido (umidade relativa baixa), e o desejo de minimizar os defeitos de secagem, utilizando temperaturas mais baixas e depressões baixas bulbo úmido. Várias propriedades da madeira estão associadas com o programa de secagem, tais como a massa específica, a difusividade, a retratibilidade e as propriedades mecânicas (SIMPSON, 1996).

A seleção de um programa de secagem irá depender fundamentalmente do tipo de controlador disponível. Quando o controle é manual, normalmente são utilizados os programas com mudanças bruscas. Os sistemas de controle computadorizados podem atuar das formas brusca ou suave, dependendo da capacidade e da programação do computador (ANDRADE, 2000). De acordo com Galvão e Jankowsky (1985), um programa típico de secagem apresenta três fases distintas: aquecimento inicial, secagem propriamente dita e controle de qualidade.

O potencial de secagem se refere a relação entre o teor de umidade da madeira e a umidade de equilíbrio do ambiente, ou seja, influenciada pelas condições de temperatura e umidade relativa do ar utilizadas dentro do secador (SANTINI, 1981).

O emprego cada vez mais frequente de sistemas computadorizados para controle do processo de secagem de madeiras deve-se às exigências em qualidade e à elevação dos custos da madeira e de energia. O controle preciso das condições da estufa, a supervisão do processo

em tempo real e a possibilidade de interferir a qualquer momento no programa de secagem, permitem economia de energia, devido a finalização mais rápida do processo e a melhoria na qualidade do produto final (SANTINI, 1992).

Para elaboração dos programas pode ser aplicada a metodologia de secagem drástica a 100°C, que correlaciona a intensidade de defeitos, tempo e velocidade de secagem (JANKOWSKY, 2009; SANTOS, 2002; ANDRADE, 2000).

A elaboração de programas de secagem com base na massa específica básica é uma alternativa, já que esta propriedade física está relacionada com outras propriedades importantes na secagem, como difusividade e retratibilidade. Entretanto, existem exceções a este método como as madeiras de eucaliptos (SIMPSON; VERRIL, 1997).

3.6 DURABILIDADE NATURAL

A durabilidade natural da madeira está relacionada com a exposição a ambientes internos ou externos, às condições de umidade a que estará submetida, ao uso que se pretende dar à peça e ao acabamento protetor que será aplicado. A exposição da madeira a ambientes externos torna-a suscetível a uma série de condições que possibilitam sua degradação natural, independente da presença de xilófagos (IBACH, 1999 apud GOUVEIA, 2008).

Um dos fatores que limita a utilização da madeira para diversas finalidades é a sua baixa resistência natural. Silva et al. (2004) mencionaram que o conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de organismos xilófagos, principalmente térmitas, torna-se um requisito importante para a correta utilização da madeira, particularmente nas indústrias de móveis e na construção civil. Segundo os mesmos autores, este conhecimento pode prevenir possíveis danos futuros em objetos confeccionados com madeiras com resistência ainda pouco conhecida.

Com relação à resistência natural da madeira, existe uma variação significativa entre durabilidade do cerne e do alburno, pois estes apresentam características diferentes, com o alburno mais vulnerável ao ataque de agentes biodeterioradores em relação ao cerne (SZÜCS et al., 2006).

Pessoa et al. (2006) verificaram que madeiras submetidas a tratamento térmico com temperaturas mais elevadas sofrem menores danos causados pelos térmitas. No entanto, esses pesquisadores não indicaram a temperatura e o tempo ideal de tratamento.

Os principais fatores que podem atuar isoladamente ou de forma combinada contribuem para a degradação natural da madeira são: umidade, luz, forças mecânicas e calor. A peça de madeira exposta à luz absorve intensamente a radiação solar e sofre degradação fotoquímica por causa da ação dos raios ultravioletas, que comprometem o seu aspecto geral,

tornando-a descorada ou acinzentada, amarelada ou escurecida, dependendo da influência da composição da madeira, especialmente dos extrativos (AYADI et al., 2003; FEIST, 1983, CHANG et al., 1982 apud GONÇALEZ et al., 2010).

A madeira submetida a intempéries, em curto período de tempo, apresenta variação de cor, posteriormente, a superfície torna-se áspera, provocada pela erosão causada pela água da chuva, que remove os polímeros decompostos e deteriora a microestrutura (DANIEL et al., 2004).

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. de. **Indicação de programas para a secagem convencional de madeiras**. 2000. 72 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa, 2003. nv, il. (Espécies arbóreas brasileiras).

CRUZ, M. M. S. **Estudo da molhabilidade da madeira de pinho pela resina ureia-formaldeído** [tese]. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 2006.

DANIEL, T.; HIRSCH, M. S.; MCCLELLAND, K.; ROSS ALAN S.; WILLIAMS R. S.. Finding the balance between aesthetics and durability. J. C. T. **Coating Tech.**, Blue Bell, v. 1, n. 9, p. 42-48, 2004.

EATON, R. L.; HALE, M. D. C. **Wood: Decay, pest and protection**. London. Chapman & Hall. 1993.

ELEOTÉRIO, J. R. **Modelagem e simulação do processo de secagem de madeiras serradas de espécies tropicais brasileiras**. 2009. 255 p. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

ELEOTÉRIO, J. R.; VALLE, J. A. B.; BERTOLI, S. L.; ULSON DE SOUZA, A. A.; GUELLI, U.; SOUZA, S. M. A. Influência da espécie de madeira na difusividade efetiva da água durante o processo de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, XVI, 2006, Santos (SP). **Anais...** Lorena; Campinas (SP): EEL; UNICAMP, 2006.

FANTINI, A. C.; SIMINSKI, A. Recuperação natural da vegetação após uso agrícola da terra no litoral de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2005, Curitiba/PR. **Anais do...** Curitiba: SOBRAGE, 2005. p. 147-155.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Air Drying of Lumber**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. 62 p.

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

GONÇALEZ, J. C.; FÉLIX, T. L. F.; GOUVEIA, F. N.; CAMARGOS, J. A. A.; RIBEIRO, P. G. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 657-664, out.-dez., 2010.

GOULART, D. M.; ELEOTERIO, J. R.; ELEOTÉRIO, E. S. R.; VOIGTLAENDER, M.; LIMA, M. P. Comparação entre dois métodos de empilhamento na secagem ao ar de *Pinus taeda*. In: Encontro de Ciência e Tecnologia, II., 2003, Lages (SC). **Anais ...** Lages (SC): UNIPLAC, 2003.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. 2008. 133 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

HELLMEISTER, J. C. (1982). **Sobre a determinação das características físicas da madeira**. São Carlos. 119 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

JANKOWSKY, I. P. **Metodologia simplificada para indicação de programas de secagem**. 2009. 129 p. Tese (Livre-docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

_____. O controle do processo de secagem. In: SIMPÓSIO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL – TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 1992, Santa Maria. **Anais...** Esteio: UFSM/AGEFLOR/CEPEF/FATEC, 1992. p. 9-29.

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

KLEIN, R. M. Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, Itajaí, v. 32, n. 32, p.164-369. nov. 1980.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ JR, W. A. **Principles of wood science and technology**. I. Solid Wood. New York: Springer, 1968.

LUCAS FILHO, F. C. Efeito combinado do teor de umidade e da massa específica na resistência e rigidez da madeira de *Pinus elliottii*. **Floresta**, v. 42, p. 519-526, 2012.

_____. **Influência do teor de umidade e da massa específica aparente sobre a resistência e rigidez das madeiras de *Pinus elliottii*, E. e *Pinus taeda* L.** 1997. Dissertação de mestrado, PPGEF – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais**. Manaus: SEBRAE-AM, 2000. 212 p.

MARCON, M. L.; COSTA, C. G. Anatomia da madeira de quatro espécies do gênero *Miconia* Ruiz & Pavón (Melastomataceae). **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 78/79, p. 5–20, 2000.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília, IBDF/DPq/LPF, 1988. 56p

MARQUES, M. H. B. **Agrupamento de 41 espécies de madeiras da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas**. 2008. 141f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MARQUES, S. S.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, E. S.; SILVA, A. G.; FIEDLER, N. C. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* LAM.) nativa e de reflorestamento. **Revista Árvore**, v. 36 n.2, p. 373-380, 2012.

MORI, C. L. S. O, LIMA, J. T., MORI, F. A., TRUGILHO, P. F., GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Revista Cerne**. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras. v. 11, n.2, p.137-146, 2005.

MORI, C. L. S. O, MORI, F. A., LIMA, J. T., TRUGILHO, F., OLIVEIRA, A. C. Características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**. Santa Maria - RS: Universidade Federal de Santa Maria. v. 14, n.2, p.123-132, 2004.

OLIVEIRA, J. T. O. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997. 2 v.

PESSOA, A. M. C.; BRITO FILHO, E.; BRITO, J. O. Avaliação da madeira termorretificada de *Eucalyptus grandis*, submetida ao ataque de cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 11-16, dez. 2006.

PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L.O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1988. 964 p.

QUEIROZ, M. H. Estádios iniciais da regeneração em Santa Catarina. In: REIS, A.; REIS, M. S.; QUEIROZ, M. H.; MANTOVANI, A.; ANJOS, A. **Caracterização de estádios sucessionais na vegetação catarinense**. Universidade Federal de Santa Catarina, CCA/CCB. UFSC, 1995.86p

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28/30, p. 3-320, 1978.

REZENDE, M. A. **Uma abordagem não convencional sobre as principais características físicas da madeira, com ênfase para retratibilidade, massa específica e técnica de atenuação da radiação gama**. Botucatu, 1997. 138 p. Tese (Livre-Docência) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de Eucalyptus resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 2006. 91f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SANTINI, E. J. Métodos de secagem de madeira. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DE MADERA, 1., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. p. 47-59.

SANTINI, E. J. **Secagem de madeira serrada em estufa solar e sua comparação com os métodos convencionais**. 1981. 185f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1981.

SANTOS, G. R. V. **Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis***. 2002. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Maderia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SCHUCH, C.; SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. Usos e potencial madeireiro do jacatirão-açú (*Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudin) no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 735-741, 2008.

SEVERO, E. T. D. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.1, p.109-124, 2000.

SILVA, J. C.; LOPES, A. G. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). **Revista Árvore** 28(4): 583-587, 2004.

SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual**. Madison, Forest Products Laboratory, 1991. 274 p. (Agricultural Handbook 188).

_____. **Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings: tropical and temperate hardwoods**. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 55 p, 1996.

SIMPSON, W. T.; VERRIL, S. P. Estimating kiln schedules for tropical and temperate hardwoods using specific gravity. **Forest Products Journal**, v. 47, n. 7/8, p. 64-68, 1997.

STAMM, A. J. **Wood and cellulose science**. New York: Ronald Press, 1964. 549p

SZUCS, C.A.; TEREZO, R.F.; VALLE, Â.; MORAES, P.D. Estruturas de madeira. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 186 p. Apostila. Disponível em: <<http://www.ecv.ufsc.br/secdepto/graduacao/planoensino/AEstruturaMadeiras.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2013

VERMAAS, H. F. Interaction of wood, water and stresses during drying: a review. **Southern African Forestry Journal**, n.181, p.25-32, Mar. 1998.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo**. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

WANGAARD, F. F.; GRANADOS, L. A. 1967. The effect of extractives on water-vapor sorption by wood. **Wood Science and Tecnology**, 1: 253-277.

4 PROPRIEDADES FÍSICAS E ESTIMATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Miconia cinnamomifolia*

RESUMO

A massa específica básica por ser uma propriedade de fácil determinação e também ter uma boa correlação com as propriedades mecânicas é uma das propriedades mais estudadas. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a madeira de *Miconia cinnamomifolia* (jacatirão), provenientes de um lote comercial. Foram avaliadas a massa específica básica, o teor de umidade inicial e estimadas a contração e as propriedades mecânicas: módulo de ruptura e módulo de elasticidade na flexão estática, resistência à compressão paralela às fibras e ao cisalhamento. Observou-se resultados semelhantes tanto para massa específica básica quanto para o teor de umidade inicial para *Miconia cinnamomifolia* em relação à outros autores. Em relação às propriedades físicas e mecânicas estimadas, a contração radial e tangencial determinaram uma espécie com estabilidade dimensional mediana. As propriedades mecânicas estimadas apresentaram classificação considerada altas, ou seja, com indicação maior na utilização de estruturas.

Palavras-chave: massa específica básica, resistência da madeira, estabilidade dimensional.

4.1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material que apresenta grande variabilidade nas suas propriedades. As propriedades físicas da madeira também são influenciadas pelas estruturas anatômicas, que resultam em um comportamento anisotrópico, além disso, a madeira também apresenta porosidade. Em função da orientação dos elementos celulares, a madeira é um material anisotrópico, apresentando três planos principais: transversal, longitudinal radial e longitudinal tangencial (BODIG; JAYNE, 1982).

O desempenho e a resistência da madeira são influenciados significativamente pelas propriedades físicas, sendo importante o conhecimento das mesmas (MOTTA, 2011). Segundo Moreschi (2010), a maioria das propriedades físicas depende da massa específica, quanto maior a massa específica, maior será a retratibilidade e também a dificuldade de trabalhar com a madeira.

Madeiras de alta massa específica apresentam proporcionalmente paredes celulares mais espessas e menor volume de lúmen, apresentando maiores valores de inchamento e contração.

De Paula et al. (1986) apud Dias e Lahr (2004) ensaiaram várias espécies de madeiras do Amazonas e procuraram relacionar as propriedades mecânicas com a massa específica, e concluíram ser viável a utilização da massa específica como uma estimativa das propriedades mecânicas. Porém os baixos valores de coeficientes de determinação (R^2) para contração, resistência a tração e fendilhamento, inviabilizam correlações com a maioria das outras propriedades e indicam que são influenciadas por outros fatores como a anatomia e a presença de extrativos (ARAUJO, 2007).

Os objetivos desse estudo foram determinar a massa específica e o teor de umidade inicial e estimar a contração radial e tangencial e algumas das principais propriedades mecânicas da madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Teor de Umidade Inicial

A partir de sete árvores de *Miconia cinnamomifolia*, foram obtidas 11 toras, as quais foram beneficiadas e transformadas em tábuas, dentre essas tábuas foram selecionadas doze para determinação do teor de umidade inicial. Nesse período, as toras ficaram 15 dias no campo até serem levadas para serraria, e após serem serradas, ficaram mais 13 dias até a determinação do teor de umidade da madeira.

As tábuas foram levadas ao laboratório, onde se iniciou a determinação do teor de umidade inicial da madeira pela pesagem de uma amostra em balança com sensibilidade de 0,001g, obteve-se a massa úmida (M_u). Após a secagem, após a amostra ter atingido a massa constante, obteve-se a massa seca (M_s).

O teor de umidade da madeira foi determinado pela relação entre a diferença da massa úmida e seca em relação à massa seca.

Massa Específica Básica

Para obtenção da massa específica básica, foram obtidas 18 amostras, que foi utilizado o método estereométrico para determinação do volume em peças com dimensões nominais de 100 mm x 50 mm x 10 mm, sendo esta última paralela à grã.

A massa específica básica ($\rho_{bás}$) foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\rho_{bás} = \left(\frac{P_s}{V_a} \right)$$

Em que:

ρ = massa específica básica (g/cm^3);

P_s = massa seca da amostra (g);

V_a = volume da amostra (cm^3).

Estimativa das propriedades físicas e mecânicas

As equações ajustadas para estimar as propriedades físicas e mecânicas de *Miconia cinnamomifolia*, foram obtidas por Araujo (2007). As equações para estimar as propriedades físicas e mecânicas estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1. Equações de regressão ajustadas para estimativas das propriedades físicas e mecânicas da madeira utilizando a massa específica básica $\rho_{bás}$ como variável independente

Propriedade		Equação ajustada	R ²
$\varepsilon_{r,3}$	Contração tangencial	$\varepsilon_{r,3} = 6,4526 + 3,6368 \rho_{bás}$	0,132
$\varepsilon_{r,2}$	Contração radial	$\varepsilon_{r,2} = 12,021 - 43,633 \rho_{bás} + 76,073 \rho_{bás}^2 - 39,532 \rho_{bás}^3$	0,220
f_M	Módulo de ruptura à flexão estática	$\sqrt{f_M} = 1,4169 + 19,844 \rho_{bás} - 7,517 \rho_{bás}^2$	0,902
E_{M0}	Módulo de elasticidade à flexão estática	$E_{M0} = -1741,8 + 32414 \rho_{bás} - 12889 \rho_{bás}^2$	0,810
f_{c0}	Resistência à compressão paralela às fibras	$f_{c0} = -5,1558 + 108,55 \rho_{bás}$	0,907
f_{v0}	Resistência ao cisalhamento	$\sqrt{f_{v0}} = 0,7111 + 5,7022 \rho_{bás} - 1,7949 \rho_{bás}^2$	0,814

Fonte: ARAUJO, 2007

A partir das propriedades mecânicas estimadas, as mesmas foram classificadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Classificação das propriedades mecânicas.

Propriedade Mecânica	Baixa	Média	Alta
Módulo de Ruptura (MPa)	< 64,9	64,9<X<68,4	> 68,4
Módulo de Elasticidade (MPa)	< 9414,4	9414,4<X<12846,7	> 12846,7
Compressão Axial (MPa)	< 29,2	29,2<X<48,2	> 48,2
Cisalhamento (MPa)	< 7,6	7,6<X<11,5	> 11,5

Fonte: <http://sistemas.florestal.gov.br/madeirasdobrasil/> adaptado pelo autor (2014)

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao teor de umidade inicial da madeira de *Miconia cinnamomifolia* obtidos tiveram variação entre 71,0 e 94,8% com média 79,6 e desvio padrão de 7%.

Após a transformação do teor de umidade base seca em base úmida, pode-se comparar com a pesquisa realizada por Brand et al. (2013), dentre as quatro amostras de *Miconia cinnamomifolia*, o teor de umidade inicial médio foi de 44%, e para essa pesquisa foi

de 44,3% na base úmida. Observa-se também que foi determinado o teor de umidade após 28 dias, influenciado pela ação do clima.

Comparando os dados obtidos, com a equação de Simpson e Baah, 1989 para estimar a umidade inicial a partir da massa específica básica, foi obtido um teor de umidade médio 96,5%.

A massa específica básica variou entre 0,52 e 0,68 g/cm³ com média de 0,61 g/cm³. Segundo Carvalho (2003) a *Miconia cinnamomifolia* apresenta massa específica básica de 0,58 g/cm³ e de acordo com Brand et al. (2013), apresentou massa específica de 0,552g/cm³, com amplitude entre 0,485 g/cm³ a 0,622 g/cm³.

Os dados apresentados na tabela 3 referem-se a estimativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

Tabela 3. Propriedades da madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

Propriedades da madeira	
$\rho_{bás}$ (g/cm ³)	0,61
Contração tangencial (%)	8,7
Contração radial (%)	4,8
Fator Anisotrópico	1,82
Modulo de ruptura à flexão estática (MPa)	115,4
Módulo de elasticidade à flexão estática (MPa)	13.246
Resistência à compressão paralela às fibras (MPa)	61,3
Resistência ao cisalhamento (MPa)	12,5

Durlo e Marchiori (1992) classificam as madeiras de acordo com o fator anisotrópico em excelente (1,2 a 1,5), normal de (1,5 a 2,0) e acima de 2,0 considerada como ruim. A madeira de *Miconia cinnamomifolia* foi classificada como normal, entre outras espécies classificadas como normal estão a peroba-rosa, o ipê, a teca entre outras.

Conforme estudos realizados por Benjamin (2006), para espécie *Eucalyptus grandis* encontrou massa específica básica média de 0,583 g/cm³ e resistência à compressão paralela às fibras de 57,15 MPa na umidade de 12%, semelhante ao encontrado para *Miconia cinnamomifolia*.

Comparando estudos da madeira de *Eucalyptus grandis* de duas idades realizados por ASHLEY e OZARSKA (2000) com a madeira de *Miconia cinnamomifolia*, encontraram valores de 12.062 e 13.239 MPa para *Eucalyptus grandis* sendo que para madeira de *Miconia cinnamomifolia* foi encontrado o valor de 13.246MPa próximo do encontrado para *Eucalyptus grandis* com vinte e oito anos para módulo de elasticidade. Para módulo de ruptura foi

obtido valores de 76,7 e 96,3 MPa, sendo que a madeira em estudo a *Miconia cinnamomifolia* foi obtido o valor de 115,4 MPa, acima do que encontrado para o *Eucalyptus grandis* de vinte e dois e vinte e oito anos.

De acordo com a classificação apresentada na Tabela 2, a madeira de *Miconia cinnamomifolia* apresentou alta resistência à compressão e ao cisalhamento e também apresentou alto módulo de ruptura e de elasticidade, sendo considerada ótima para utilização em estruturas.

4.4 CONCLUSÕES

A madeira de *Miconia cinnamomifolia* apresenta massa específica básica média de 0,61g/cm³. Em decorrência da madeira exposta vinte oito dias, o teor de umidade inicial médio foi de 79,6%, e o estimado pela equação a partir da massa específica foi de 96,5%.

Considerando a massa específica e a retratibilidade dessa espécie, verifica-se uma boa aptidão para serem utilizadas no segmento moveleiro, a partir do fator anisotrópico a madeira de *Miconia cinnamomifolia* foi considerada normal.

A espécie *Miconia cinnamomifolia*, em razão de suas propriedades mecânicas boas, é uma espécie com características apropriadas para sua utilização na indústria moveleira.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHLEY, P.N.; OZARSKA, B. Furniture from young, plantation eucalypts. In: The future of Eucalyptus for wood products, 2000, Launceston, Tasmania. Proceedings.... Launceston: IUFRO, 2000. p. 176-184. 2000.

ARAÚJO, J. H. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

BENJAMIN, C. A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (eucalyptus) citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 158 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Malabar: Krieger, 1982. XXI, 712p, il.

BRAND, M. A.; CUNHA, A. B. DA; CARVALHO, A. F. de; BREHMER, D. R.; KÜSTER, L. C. Análise da qualidade da madeira e do carvão vegetal produzido a partir da espécie *Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin (Jacatirão-açu) na agricultura familiar, em Biguaçu, Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 401-410, 2013.

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa, 2003. nv, il. (Espécies arbóreas brasileiras).

DIAS, F. M.; LAHR, A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.65, p.102-113, 2004.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/>>. Acesso em 20 dez. 2013.

MOTTA, J.P. **Propriedades tecnológicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. proveniente do Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. 2011.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Ministério da Educação e do Desporto. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. 175p. 2010.

SIMPSON, W.T. BAAH, C.K. **Grouping tropical wood species for kiln drying**. Madson: USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory, 1989. 14p.

5 ELABORAÇÃO E COMPARAÇÃO DE PROGRAMAS DE SECAGEM PARA MADEIRA DE *Miconia cinnamomifolia*

RESUMO

A elaboração de programas de secagem apropriados é fundamental para a obtenção de madeira seca com boa qualidade em estufa convencional. No presente estudo, foram elaborados, segundo duas metodologias, programas de secagem para a madeira de *Miconia cinnamomifolia*. A metodologia proposta por Simpson e Verril (1997), tem como variável independente a massa específica básica e na outra metodologia, proposta por Jankowsky (2009), os parâmetros do programa de secagem estão relacionados com tempos, taxas e escores de defeitos durante a secagem drástica. A temperatura do bulbo seco (TBS) e o potencial de secagem (PS) em cada uma das fases foram usados para comparar as metodologias distintas. A massa específica básica média obtida foi de 0,61g/cm³ com desvio padrão de 0,04 g/cm. Entre as metodologias de elaboração dos programas de secagem não há diferença significativa na temperatura de bulbo seco até o teor de umidade de 30%, porém há diferença significativa em todas as fases para o potencial de secagem. Em relação à estimativa do tempo de duração da secagem houve diferença de 36 horas entre as duas metodologias, sendo que a secagem drástica com média de 13 dias e a massa específica básica com média 11 dias.

Palavras-chave: programas de secagem, secagem drástica, massa específica básica.

5.1 INTRODUÇÃO

Para obtenção de produtos de maior valor agregado à madeira, a secagem é fundamental, sendo que a falta de atenção a este processo é refletida no baixo padrão de qualidade que comumente é encontrado em produtos madeireiros (ANDRADE et al., 2001).

Eleotério e Silva (2012) destacam a secagem convencional pelo fato de reduzir o tempo de secagem e por permitir o controle de vários fatores como: velocidade, sentido do fluxo, temperatura e umidade relativa do ar. O processo de secagem é controlado a partir de um programa de secagem, que visa o equilíbrio entre a velocidade da secagem e incidência de defeitos (SIMPSON, 1996). Segundo Mendes et al. (1998), um programa de secagem pode ser definido como um plano preestabelecido, contendo as alterações adequadas de temperatura e umidade relativa do ar que devem ser aplicadas à carga de madeira ao longo da secagem. Um

programa adequado, quando corretamente utilizado, deve possibilitar a obtenção de madeira seca no teor de umidade final desejado, com o mínimo de defeitos e no menor tempo possível.

Um programa típico de secagem apresenta três fases distintas: aquecimento inicial, secagem propriamente dita e controle de qualidade (GALVÃO E JANKOWSKY, 1985). Entre as principais metodologias utilizadas para elaboração de programas está a proposta por Simpson e Verril (1997), em que a massa específica básica é a única variável utilizada para determinar a temperatura de bulbo seco e a depressão psicrométrica. Outra metodologia, proposta por Jankowsky (2009), consiste em analisar a secagem de pequenas amostras durante secagem drástica a 100°C, e baseia-se no princípio de que pequenas amostras apresentarão comportamento proporcional a lotes em secagem convencional. Brandão (1989) ressalta que essa abordagem melhora a seleção de um programa correto.

A avaliação de pequenas amostras durante a secagem drástica também foi realizada para determinação de programas de secagem por Eleotério e Silva (2012), Andrade et al. (2001) e Santos (2002), entre outros.

A elaboração técnica e criteriosa de programas serve como subsídio inicial para a secagem de espécies de comportamento pouco conhecido, porém não elimina a necessidade de validação experimental e a contínua avaliação e modificação de acordo com as necessidades industriais.

Entre as espécies com potencial madeireiro com comportamento desconhecido durante a secagem está o jacatirão-açu (*Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudin). A espécie pertence à família Melastomataceae, possui madeira moderadamente pesada, esbranquiçada ou amarelada com alburno e cerne indistintos, dura, leve e macia para pregar (REITZ et al., 1978). Apresenta crescimento monopodial, DAP de até 120 cm, 25 m de altura, porém tendo baixa longevidade, não ultrapassa 40 anos. A massa específica aparente da madeira a 12% de umidade varia de 0,70 a 0,76 g.cm³ e a massa específica básica média é de 0,58 g.cm³ (CARVALHO, 2003).

O objetivo deste trabalho foi elaborar, segundo metodologias distintas, programas de secagem para madeira de *Miconia cinnamomifolia* comparando-os ao longo das fases de secagem.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir de um lote comercial foram confeccionadas 18 amostras com 10 cm de comprimento, 5 cm de largura e 1 cm de espessura, sendo a maior dimensão paralela às fibras.

As metodologias adotadas foram baseadas na massa específica, seguindo as recomendações apresentadas por Simpson e Verril (1997) e baseados nas taxas de secagem e na formação de defeitos durante a secagem drástica, seguindo as recomendações apresentadas por Jankowsky (2009).

Determinação de programas de secagem a partir da secagem drástica

O método da secagem drástica se baseia na secagem de amostras com tamanho definido anteriormente, à 100°C, até alcançarem um teor de umidade inferior a 5%. Durante este período as peças são pesadas com intervalos de uma hora e os defeitos como comprimento e largura das rachaduras são medidos com auxílio de paquímetro e calibrador de folga.

Para determinação das taxas de secagem foram utilizadas as equações 1 a 3:

$$V_1 = \frac{m_u - m_5}{T_1 \times 100} \text{ em que:} \quad (1)$$

V_1 = Velocidade de secagem da umidade inicial até 5% (g/cm².h);

m_u = massa da amostra úmida (umidade inicial) (g);

m_5 = massa da amostra a 5% de umidade (g);

T_1 = tempo de secagem da umidade inicial até 5% (h).

$$V_2 = \frac{m_u - m_{30}}{T_2 \times 100} \text{ em que:} \quad (2)$$

V_2 = Velocidade de secagem da umidade inicial até 30% (g/cm².h);

m_u = massa da amostra úmida (umidade inicial) (g);

m_{30} = massa da amostra a 30% de umidade (g);

T_2 = tempo de secagem da umidade inicial até 30% (h).

$$V_3 = \frac{m_{30} - m_5}{T_3 \times 100} \text{ em que:} \quad (3)$$

V_3 = Velocidade de secagem de 30% à 5% de umidade (g/cm².h);

m_{30} = massa da amostra a 30% de umidade (g);

m_5 = massa da amostra a 5% de umidade (g);

T_1 = tempo de secagem da 30% até 5% de umidade (h).

As rachaduras de topo foram medidas com auxílio de lâminas calibradoras de 0,05 a 1,00 mm e paquímetro digital, considerando sempre a maior intensidade de ocorrência do defeito. As medidas das rachaduras foram então transformadas em escore, conforme a classificação da Tabela 1.

Tabela 1. Quantificação do escore atribuído aos defeitos de secagem.

ESCORE	RACHADURAS			INTENSIDADE DO COLAPSO (*)
	DE TOPO	SUPERFICIAL	INTERNA	
1	Ausente	Ausente	Ausente	ausente
2	CR < e/2	CR < c/4	CR < e/4	A-B < e/40
	LR < e/20	LR < c/400	LR < e/20	
3	CR > e/2	CR < c/2	CR < e/4	e/20 > A-B > e/40
	LR < e/20	LR < c/200	LR > e/20	
4	CR < e/2	CR < 3c/4	----	e/10 > A-B > e/20
	e/10 > LR > e/20	LR < c/100		
5	CR > e/2	CR > 3c/4	----	A-B > e/10
	e/10 > LR > e/20	LR < c/100		
6	CR > e/2	----	----	----
	LR > e/10			

Fonte: JANKOWSKY (2009)

Em que :

(*) = A espessura sem colapso e B espessura no ponto colapsado

CR = comprimento da rachadura (mm)

LR = largura da rachadura (mm)

e = espessura da amostra (mm)

c = comprimento da amostra (mm)

Os parâmetros do programa de secagem foram calculados, com base nos valores das 18 amostras, aplicando-se as equações 4 a 6.

$$T_i = 27,9049 + 0,7881(T_2) + 419,0254(V_1) + 1,9483(R_2) \quad (4)$$

$$T_f = 49,2292 + 1,1834(T_2) + 273,8685(V_2) + 1,07554(R_1) \quad (5)$$

$$PS = 1,4586 - 30,4418(V_3) + 42,9653(V_1) + 0,1424(R_3) \quad (6)$$

Em que:

T_2 = tempo de secagem da umidade inicial até 30% (h);

V_1 = taxa de secagem da umidade inicial até 5%(g/cm².h);

V_2 = taxa de secagem da umidade inicial até 30% (g/cm².h);

V_3 = taxa de secagem de 30 a 5% de umidade (g/cm².h);

R_1 = intensidade das rachaduras da umidade inicial até 5%;

R_2 = intensidade das rachaduras da umidade inicial até 30%;

R_3 = intensidade das rachaduras de 30% a 5% de umidade.

A construção do programa de secagem seguiu as seguintes etapas: a temperatura inicial (T_i) permaneceu constante até que o teor de umidade da madeira fosse igual a 30%, em seguida é linearmente aumentada até atingir o valor previsto para a temperatura final nas etapas finais do programa (umidade da madeira igual ou inferior a 15%), incluindo a uniformização e o condicionamento. O potencial de secagem calculado é adotado quando o teor de umidade da madeira estiver entre 30% e 25%, e permanecerá constante até o final da secagem.

Elaboração do programa de secagem em função da massa específica básica

O método aplicado para determinar os programas de secagem foi desenvolvido por Simpson e Verril (1997), com base na massa específica básica da madeira ($\rho_{bás}$). A temperatura inicial de bulbo seco (T_i) é o primeiro parâmetro que deve ser definido no programa de secagem, através das equações 7 e 8.:

$$T_i = \frac{1}{(0,0115 + 0,0167 \rho_{bás})} \quad (7)$$

O segundo parâmetro é a depressão psicrométrica inicial, através da equação.

$$D_i = \frac{1}{(0,0832 + 0,509 \rho_{bás})} \quad (8)$$

A depressão psicrométrica inicial é mantida constante até que a madeira atinja 45% de umidade. Já a temperatura inicial é mantida até que a umidade da madeira atinja 30%, após este limite eleva-se a temperatura em 5,6 °C para cada 5% de redução no teor de umidade.

As depressões psicrométricas posteriores (D) são calculadas através da equação 9, sendo o valor máximo admitido de 27,8 °C e a temperatura de bulbo úmido mínima de 32 °C.

$$D = a \times e^{(-b \times M)} \quad (9)$$

Sendo:

M = teor de umidade (%)

a e b = coeficientes empíricos calculados pelas equações abaixo:

$$a = \frac{1}{(0,00110 + 0,00124 \times D_i)} \quad (10)$$

$$b = 0,140 - 0,0458 \times \ln(D_i) \quad (11)$$

As depressões psicrométricas foram calculadas com o teor de umidade médio de cada fase. O potencial de secagem foi calculado como sendo a relação entre umidade média da madeira na fase considerada e a umidade de equilíbrio nesta mesma fase.

Umidade relativa do ar e umidade de equilíbrio da madeira

Em ambos os programas de secagem a umidade relativa do ar foi estimada com as equações psicrométricas, apresentadas por Lier et al. (2013) e a umidade de equilíbrio foi calculada com a isoterma de Hailwood e Horrobin (equação 12), com os coeficientes apresentados por Forest Products Laboratory (2010) (equações 13 a 16).

$$U_{eq} = \frac{1800}{W} \left[\frac{Kh}{1-Kh} + \frac{K_1Kh + 2K_1K_2K^2h^2}{1 + K_1Kh + K_1K_2} \right] \text{ em que:} \quad (12)$$

$$W = 349 + 1,29 + 0,0135T^2 \quad (13)$$

$$K = 0,805 + 0,000736T + 0,00000273T^2 \quad (14)$$

$$K_1 = 6,27 - 0,00938T - 0,000303T^2 \quad (15)$$

$$K_2 = 1,91 + 0,0407T - 0,000293T^2 \quad (16)$$

Sendo que o T é representado pela temperatura do bulbo seco em °C.

Estimativa do tempo de secagem

Após a confirmação da normalidade da massa específica básica e do teor de umidade inicial, foram geradas 100 combinações dessas duas variáveis, com médias e desvio padrão iguais aos obtidos experimentalmente. Em seguida a equação 17, apresentada por Simpson e Baah (1989) foi utilizada para simular o tempo de secagem em cada uma das fases.

$$t = \frac{-L^{1,52}}{b_s} \frac{b_{T_1}}{b_{T_2}} \ln \left(\frac{W_a - U_{eq}}{W_0 - U_{eq}} \right) \text{ em que,} \quad (17)$$

t = tempo (dias)

L = espessura (mm)

b_s = coeficiente empírico da massa específica básica

b_{T_1} = coeficiente empírico para ajuste da temperatura de 49°C

b_{T_2} = Coeficiente empírico calculado para ajuste da temperatura diferente de 49 °C

W_a = Umidade final de cada fase (%)

W_0 = Umidade Inicial (%)

U_{eq} = Umidade de equilíbrio (%)

As análises estatísticas foram realizadas com o suplemento *Action* do Excel, utilizando o teste de Tukey para comparação de médias entre as duas metodologias.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para *Miconia cinnamomifolia* fora obtida massa específica básica média de 0,61g/cm³ e teor de umidade inicial 79,6%, resultando em temperatura inicial de 46,1°C e depressão inicial de 2,5°C, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros para elaboração do programa de secagem a partir da massa específica básica de acordo com as equações 7 a 11.

Amostra	$\rho_{bás}$ (g/cm ³)	T_i (°C)	D_i (°C)	a	b
$\bar{x}$	0,61	46,1	2,5	235,55	0,10
(S)	0,041	1,5	0,140	9,32	0,002

Os resultados obtidos durante a secagem drástica de *Miconia cinnamomifolia* são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros da secagem drástica e do programa de secagem de acordo com as equações 1 a 4

Amostra	T ₂	V ₁	V ₂	V ₃	R ₁	R ₂	R ₃	T _i	T _f	PS
	(h)	(g/cm ² .h)						(°C)		
$\bar{x}$	1,08	0,02	0,04	0,02	3,00	2,89	3,00	45,7	66,4	2,52
S	0,380	0,002	0,006	0,002	0	0,458	0	1,770	1,400	0,066

Os valores obtidos para *Miconia cinnamomifolia* são próximos aos recomendados para eucalipto por Susin (2012) e por Santos (2002).

Comparação entre as metodologias de elaboração dos programas de secagem

Com relação a temperatura do bulbo seco (TBS), até atingir 30% de teor de umidade não há diferença significativa entre as duas metodologias, abaixo de 30% de teor de umidade há diferença significativa nas fases subsequentes, com valores superiores para o programa de

secagem elaborado a partir da massa específica. No potencial de secagem (PS) há diferença significativa entre as duas metodologias em todas as fases. (Tabela 4)

Tabela 4. Programa de secagem para a madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

Umidade da Madeira	Determinação através da Secagem Drástica		Determinação através da Massa Específica Básica	
	TBS	PS	TBS	PS
Ui – 45	45,7 A	3,3 a	46,1 A	2,4 b
45 – 40	45,7 A	3,1 a	46,1 A	2,6 b
40 – 35	45,7 A	2,9 a	46,1 A	2,8 b
35 – 30	45,7 A	2,7 a	46,1 A	3,3 b
30 – 25	50,5 A	2,5 a	51,7 A	3,9 b
25 – 20	56,1 A	2,5 a	57,3 B	5,9 b
20 – 15	61,4 A	2,5 a	62,9 B	4,4 b
15 – 10	66,4 A	2,5 a	68,5 B	2,8 b

Médias de TBS na mesma linha, seguidas por mesmas letras maiúsculas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey com $\alpha=5\%$.

Médias de PS na mesma linha, seguidas por mesmas letras minúsculas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey com $\alpha=5\%$.

Simulação dos programas de secagem

Pode-se observar na Figura 1 que no programa de secagem elaborado pela massa específica básica, as peças chegam ao teor de umidade final, de 10%, em 11,5 dias, já o programa de secagem elaborado pela secagem drástica atinge o mesmo teor de umidade com 13 dias, ou seja, com 1 dia e meio de diferença. Além disso, o programa de secagem elaborado a partir da massa específica básica, abaixo de 30% de teor de umidade, tem uma taxa de secagem maior que o programa elaborado a partir da secagem drástica.

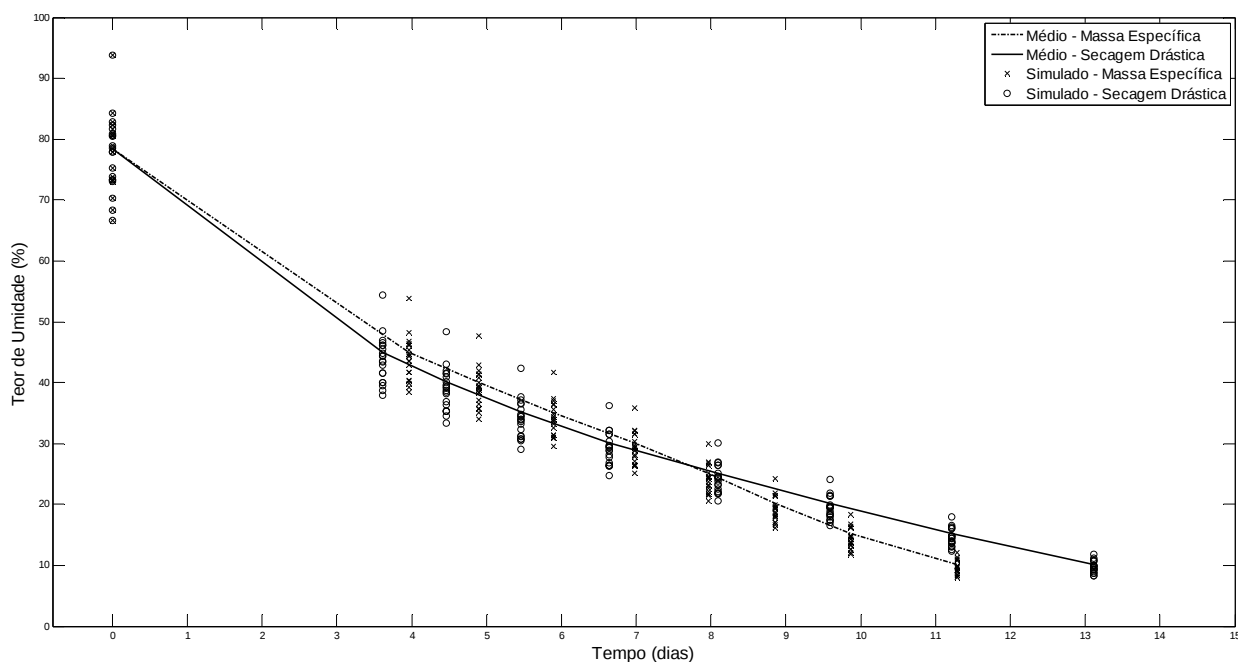


Figura 1. Simulação do tempo de secagem para duas metodologias propostas.

5.4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados e dentro das limitações do estudo, permitiram a elaboração de programas de secagem de maneira rápida dos programas de secagem para a madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

A metodologia da secagem drástica utiliza pequenas amostras de madeira, que representará na secagem em escala piloto os defeitos apresentados.

Em relação aos resultados obtidos para Temperatura do Bulbo Seco (TBS), pode-se perceber que nas primeiras fases não houve diferença significativa, mas já nas fases posteriores há diferença significativa em todas as fases, com valores superiores para a TBS do programa de secagem elaborado a partir da massa específica. No Potencial de Secagem (PS) teve diferença significativa em todas as fases.

Na simulação do tempo de secagem, comparando as duas metodologias obteve-se uma diferença de 36 horas, que pode ser considerada alta, porém deve-se levar em conta a qualidade das peças no processo de secagem para as duas metodologias. Recomenda-se para este trabalho que seja realizado uma secagem em escala piloto, pois sendo uma espécie ainda pouco conhecida e a ser explorada, é necessário que se os programas de secagem sejam validados.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. de; DUCATTI, M. A.; JANKOWSKY, I. P.. Grupamento de madeiras para secagem convencional. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 89-99, jun. 2001.

BRANDÃO, A.T.O. **Determinação de metodologia para a indicação de programas de secagem de madeiras**. 1989. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa, 2003. nv, il. (Espécies arbóreas brasileiras).

ELEOTÉRIO, J. R.; SILVA, C. M. K. Comparação de programas de secagem para Cumaru (*Dipteryx odorata*), Jatobá (*Hymenaea* spp.) e Muiracatiara (*Astronium lecointei*) obtidos por diferentes métodos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p.537-545, dez. 2012.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Washington: US Department of Agriculture, 2010, 509p.

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

JANKOWSKY, I. P. **Metodologia simplificada para indicação de programas de secagem**. 2009. 129 p. Tese (Livre-docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

LIER, S. O.; MORAES, P. L.; LIBARDI, J. H. MIRANDA. **LCE-0200 - Física do Ambiente Agrícola**. Disponível em: < <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce200/lce200.html> > Acesso em: 2 de abril de 2013.

MENDES, A. S.; MARTINS, V. A.; MARQUES, M. H. B. **Programas de secagem para madeiras brasileiras**. Brasília: IBAMA, 1998. 114p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28/30, p. 3-320, 1978.

SANTOS, G. R. V. dos. **Otimização da secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* (Hillex Maiden)**. 2002. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Piracicaba

SIMPSON, W.T. BAAH, C.K. **Grouping tropical wood species for kiln drying**. Madson: USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory, 1989. 14p.

SIMPSON, W. T.; VERRIL, S. P. Estimating kiln schedules for tropical and temperate hardwoods using specific gravity. **Forest Products Journal**, v. 47, n. 7/8, p. 64-68, 1997.

SIMPSON, W. T. **Method to estimate dry-kiln schedules and species groupings: tropical and temperate hardwoods**. Madson: Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 55 p, 1996.

SUSIN, F. **Avaliação de programas de secagem para madeiras de eucalipto elaborados com base em testes prévios a alta temperatura.** 2012. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

6 ISOTERMAS DE SORÇÃO PARA MADEIRA DE *Miconia cinnamomifolia*

RESUMO

A madeira apresenta o fenômeno de sorção, isto é, pode ganhar ou perder umidade, por ser um material higroscópico. A estimativa da umidade de equilíbrio da madeira pode ser realizada pela equação proposta por Hailwood e Horrobin. O objetivo deste trabalho foi determinar experimentalmente o teor de umidade de equilíbrio para jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e ajustar as isotermas. Entre a umidade de equilíbrio obtida experimentalmente e estimada pela equação de Simpson, não houve diferença significativa, porém a umidade de equilíbrio na maioria das umidades relativas foram superestimadas, exceto para temperatura de 45 e 75°C, com umidade relativa de 69,9 e 65,5% respectivamente.

Palavras-chave: umidade de equilíbrio, Hailwood e Horrobin, coeficientes.

6.1 INTRODUÇÃO

A madeira, por ser um material higroscópico, apresenta o fenômeno de sorção, isto é, pode ganhar ou perder umidade. Quando exposta a determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar, a madeira pode perder ou ganhar umidade até entrar em equilíbrio com o ambiente. Esse teor de umidade que a madeira apresenta quando em equilíbrio com o ambiente é denominado de umidade de equilíbrio (KOLLMANN; COTÉ, 1968).

O efeito dos extrativos na redução da umidade de equilíbrio é comprovado quando a umidade relativa do ar é maior que 60% (WANGAARD E GRANADOS, 1967).

Apesar de cada espécie apresentar sua peculiaridade, a umidade de equilíbrio quando exposta ao ar pode ser estimada com precisão (DURLO, 1991). Exemplo disso são as tabelas e mapas de umidade de equilíbrio disponíveis para muitas cidades do país (MARTINS et al., 2003).

Porém deve-se utilizar cautelosamente os valores da umidade de equilíbrio obtidos a partir de tabelas ou equações gerais, pois espécies podem apresentar comportamento distinto, conforme foi observado por JANKOWSKY (1979). A relação entre a umidade de equilíbrio de um material higroscópico e a umidade relativa do ar, em determinada temperatura, é chamada de isoterma de sorção (ELEOTERIO, 2009).

Entre as espécies com potencial madeireiro com comportamento desconhecido durante a secagem está o jacatirão (*Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudin). A espécie

pertence à família Melastomataceae, possui madeira moderadamente pesada, esbranquiçada ou amarelada com alborno e cerne indistintos, dura, leve e macia para pregar (REITZ et al., 1978). Apresenta crescimento monopodial, DAP de até 120 cm, 25 m de altura, porém tendo baixa longevidade, não ultrapassa 40 anos. A massa específica aparente da madeira a 12% de umidade varia de 0,70 a 0,76 g.cm⁻³ e a massa específica básica média é de 0,58 g.cm³ (CARVALHO, 2003).

Com o objetivo de reduzir a falta de informações relacionadas com a higroscopicidade de madeiras em geral, o objetivo do estudo foi determinar experimentalmente o teor de Umidade de Equilíbrio (UEq) para jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e para ajustar os parâmetros da isoterma de Hailwood e Horrobin.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

As isotermas de sorção foram determinadas para amostras que foram mantidas, durante a dessorção inicial, dentro de caixas de vidro com soluções salinas supersaturadas. Cada uma das soluções supersaturadas dos sais apresentados na Tabela 1 resultou em uma diferente pressão parcial de vapor, alterando a umidade relativa do ar. Todos os sais foram adquiridos como tendo pureza para análise (P.A.). As caixas de vidro ficaram mantidas dentro de estufas de secagem com temperatura controlada.

Os tratamentos foram a combinação de sete soluções salinas e de três temperaturas. Os tratamentos, apresentados na Tabela 1 serão aplicados em sete repetições.

Tabela 1. Umidade relativa do ar (%) obtida em diferentes temperaturas para soluções salinas supersaturadas.

SAL	TEMPERATURA		
	45°C	60°C	75°C
LiCl	11,2	11	10,6
Mg ₂ Cl	31,1	29,3	26,9
K ₂ CO ₃	43	45	41,3
NaBr	52	49,7	50,3
NaNO ₃	69,9	67,3	65,5
NaCl	74,5	74,5	75,6
KCl	81,7	80,3	79,2

Fonte: Jannot et. al. (2003).

Ao final do processo de condicionamento, quando o equilíbrio higroscópico foi atingido, as amostras foram transferidas para uma estufa de secagem com ventilação forçada,

regulada em 103 ± 2 °C, até nova estabilização da massa, definida quando pesagens sucessivas, com intervalos mínimos de três horas resultarem em variação menor que a sensibilidade mínima da balança.

Dispondo da massa seca e das massas aparentes obtidas ao longo do processo, foram calculados os teores de umidade de equilíbrio para cada temperatura e umidade relativa do ar. O teor de umidade foi expresso como percentagem da base seca como é o usual na industrialização da madeira.

$$K_1 = 1 + \frac{B^2 + \sqrt{B^2 + 4AC}}{2AC} \quad (1)$$

$$K_2 = \frac{200C}{B + \sqrt{B^2 + 4AC}} \quad (2)$$

$$W = 1800 + \left(\frac{4AC + B^2 + B\sqrt{B^2 + 4AC}}{B\sqrt{B^2 + 4AC}} \right) \quad (3)$$

Sendo que A, B e C são coeficientes ajustados da parábola apresentada pela equação abaixo:

$$\frac{H}{M} = \frac{W}{18} + \left(\frac{1}{K_2(K_1 + 1)} \right) + \frac{W}{1800} \left(\frac{K_1 - 1}{K_1 + 1} \right) H - \frac{W}{180000} \left(\frac{K_1 K_2}{K_1 + 1} \right) H^2 \quad (4)$$

As isotermas de sorção obtidas experimentalmente foram comparadas com aquelas obtidas através das equações apresentadas por Simpson (1971) apud Eleotério e Silva (2011), com os coeficientes W, K1 e K2 estimados apenas com a temperatura.

Os teores de umidade de equilíbrio obtidas experimentalmente foram comparadas com aqueles obtidos por meio das Equações 5 a 8, apresentadas por Simpson (1971).

$$UE_q = \frac{1800}{W} \left[\frac{Kh}{1 - Kh} + \frac{K_1 Kh + 2K_1 K_2 K^2 h^2}{1 + K_1 Kh + K_1 K_2} \right] \text{ em que:} \quad (5)$$

$$W = 349 + 1,29 + 0,0135T^2 \quad (6)$$

$$K = 0,805 + 0,000736T + 0,00000273T^2 \quad (7)$$

$$K_1 = 6,27 - 0,00938T - 0,000303T^2 \quad (8)$$

$$K_2 = 1,91 + 0,0407T - 0,000293T^2 \quad (9)$$

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os coeficientes do polinômio que estima os parâmetros K1, K2 e W.

Tabela 2. Coeficientes do polinômio do segundo grau (A, B e C) que estima os parâmetros K1, K2 e W em função da temperatura.

T(°C)	A	B	C	Erro Padrão	R ²
45	2,13	0,13	0,0012	1,39	25%
60	6,57	0,06	0,0009	1,03	55%
75	3,01	0,21	0,0019	0,93	68,4%

A Tabela 3 apresenta os parâmetros estimados para ajustar a umidade de equilíbrio pela metodologia do Simpson (1971).

Tabela 3. Parâmetros K1, K2 e W estimados em função da temperatura.

T (°C)	K1	K2	W
45	37,75	0,79	298,2
60	15,67	0,77	293,2
75	27,86	0,80	464,2

Conforme Eleotério e Silva, (2011) o parâmetro K1 representa a constante de equilíbrio entre a água dissolvida e a madeira hidratada, foram observados valores elevados na temperatura de 30°C, foi o que ocorreu para *Miconia cinnamomifolia* mais elevado na temperatura de 45°C e diminuindo com 60°C e aumentando novamente com 75°C, ou seja o efeito da temperatura não é constante.

Já os parâmetros K2, significam a constante de equilíbrio entre o vapor de água e a água dissolvida, não sofrem tanto influencia pela temperatura, pois os mesmos não diferem entre as temperaturas. E o parâmetro W é representado pela massa da madeira por kmol de sítios de adsorção, entre 45 e 60°C não diferem, porém aos 75°C há uma elevação.

A Tabela 4 indica as umidades de equilíbrio e os valores estimados pela equação de Simpson (1971) para *Miconia cinnamomifolia* ensaiadas nas caixas de vidro com temperaturas de 45°C, 60 °C e 75°C e umidades relativas de cada sal utilizado

Tabela 4. Valores médios (%) para a UEq de *Miconia cinnamomifolia*.

Sal	Temperatura (°C)					
	45		60		75	
	UEq(%)	Simpson	UEq(%)	Simpson	UEq(%)	Simpson
LiCl	3,22	5,23	1,4	4,07	2,18	3,08
MgCl ₂	-	7,41	5,2	6,57	3,68	4,39
K ₂ CO ₃	8,38	8,70	5,25	8,44	4,76	5,41
NaBr	7,69	9,88	5,94	9,07	5,51	6,17
NaNO ₃	15,73	13,20	11,41	12,07	9,08	7,90
NaCl	11,88	14,41	10,43	13,78	8,59	9,59
KCl	15,95	16,79	14,63	15,51	-	10,38

Comparando a umidade de equilíbrio obtidas no experimento com as estimadas por Simpson, não houve diferença significativa pelo teste de Tukey a nível de significância à 5% de probabilidade para nenhuma temperatura.

A diminuição da Ueq pode estar correlacionada com teor de extrativos e a massa específica, quanto maior essa correlação, mais elevado a intervenção na umidade de equilíbrio, e por consequência diminuição na umidade de equilíbrio (JANKOWSKY, 1979).

De acordo com Trugilho et al. (2000), na estimativa da umidade de equilíbrio para 27 espécies, observou-se que provocou erros, sendo que superestima a umidade de equilíbrio para madeiras de alta massa específica e subestima para de baixa massa específica.

Porém neste trabalho, todas as Ueq foram superestimadas por Simpson, exceto para Nitrato de Sódio para temperatura de 45 e 75° com umidade relativa do ar de 69,9 e 65,5 % respectivamente que tiveram redução da umidade de equilíbrio.

6.4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos tanto pelo ajuste da isoterma de sorção obtida experimentalmente e estimada pela equação de SIMPSON não houve diferença significativa, porém na maioria as umidade de equilíbrio foram superestimadas.

Os valores experimentais obtidos nas câmaras com MgCl₂ e KCl, nas temperaturas de 45 °C e 75 °C devem ser repetidos pois divergiram do padrão esperado.

O ideal é construir um modelo estatístico mais adequado, que estime com maior segurança a umidade de equilíbrio da madeira, sendo por espécie ou classe de massa específica.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa, 2003. nv, il. (Espécies arbóreas brasileiras).

DURLO, M. A. **Relação água-madeira**. In.: I Seminário sobre Secagem de Madeira. Santa Maria: UFSM, CEPEF/FATEC, 1991.

ELEOTÉRIO, J. R. **Modelagem e simulação do processo de secagem de madeiras serradas de espécies tropicais brasileiras**. 2009. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

ELEOTÉRIO, J. R.; SILVA, C. M. K. Ajuste dos parâmetros da isoterma de sorção de Hailwood e Horrobin para madeira. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 02, n. 02, p. 96-108, 2011.

JANKOWSKY, I.P. **Influência da densidade básica e do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira**. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, 94pg, 1979.

KOLLMAN, F. P., COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**, v,1, Berlin: Springer Verlag, 1968, 592p.

MARTINS, V.A.; ALVES, M.V.S.; SILVA, J.F.; REBELLO, E.R.G.; PINHO, G.S.C. Umidade de equilíbrio e risco de apodrecimento da madeira em condições de serviço no Brasil. **Brasil Florestal**, Brasília, n.76, p.29-34, 2003.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28/30, p. 3-320, 1978.

SIMPSON, W.T., 1971. Equilibrium moisture content prediction for wood. **Forest Products Journal**, Madison, 21: 48-9, 1971.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; SILVA, J. R. M.; MENDES, L. M.; PINTO, L. V. A. Umidade de equilíbrio da madeira para diferentes condições de temperatura e umidade relativa em câmara de climatização. In: EBRAMEM - ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 7., 2000, São Carlos (SP). **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2000.

WANGAARD, F.F.; GRANADOS, L.A. The effect of extractives on water sorption by wood. **Wood science and technology**, Berlin, 1: 253-77, 1967.

7 EFEITO DO INTEMPERISMO NA COR DA MADEIRA DE *Miconia cinnamomifolia* COM E SEM PRODUTOS DE ACABAMENTO.

RESUMO

Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito da exposição às intempéries na cor da madeira de jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e o efeito de proteção de dois produtos de acabamento. O sistema CIELAB 1976, em que se determina os parâmetros colorimétricos L^* , a^* , b^* , C e h^* foi utilizado. Os produtos de acabamentos utilizados nesta pesquisa alteraram a cor natural da madeira, tanto o verniz como o osmocolor stain, logo após suas aplicações, escureceram a madeira. Entre os parâmetros colorimétricos, o mais significativo foi o L^* , pois todos os tratamentos tiveram escurecimento das peças, sendo o mais representativo foi o natural, quando as peças ficaram todas acinzentadas. O parâmetro b^* foi o determinante no tratamento verniz e osmocolor stain que mantiveram o pigmento amarelo presente na madeira. Os produtos verniz e osmocolor stain foram estáveis com variação semelhante no decorrer de cada mês, apesar da classificação demonstrar que a variação da cor encontra-se entre notável e muito apreciável.

Palavras-chave: deterioração, colorimetria, impermeabilizante.

7.1 INTRODUÇÃO

A cor, bem como a textura, grã, brilho, além de outras propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas contribuem para a qualidade da madeira, que influencia diretamente na sua utilização.

De acordo com Mori et al. (2005), para garantir um produto com padrão de qualidade exigido pelo mercado, a cor é uma propriedade que deve ser incorporada à caracterização tecnológica da madeira.

A colorimetria é uma das formas para determinação da cor que surgiu para descrever esta característica com precisão. Para colorimetria quantitativa existem dois tipos de aparelhos para descrever numericamente cada elemento da composição de uma cor em superfícies: os colorímetros e os espectrofotômetros (GONÇALEZ et al., 2001).

A figura 1 representa o sistema CIELAB 1976 que apresenta no eixo vertical a luminosidade ou claridade, que define a escala cinza entre o branco e o preto. O parâmetro colorimétrico L^* assume valor zero (zero) para o preto absoluto e 100 para o branco total. A

tonalidade é expressa pelas cores vermelho, verde, amarelo e azul, sendo representada em forma de um círculo cortado por duas retas perpendiculares passando pelo centro. Os valores destas variáveis encontram-se na faixa de 0 a 60, sem unidade de medida.

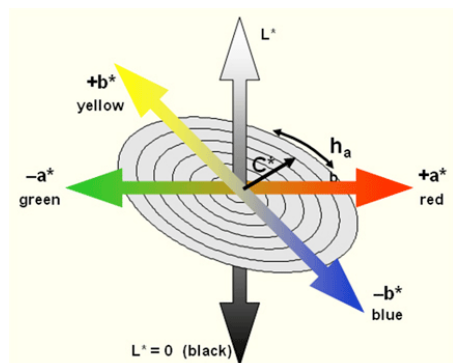


Figura 1. Escala de cor CIELAB . <http://www.globalspec.com>

Os pigmentos vermelho, verde, amarelo e azul são definidos pelas coordenadas $+a^*$, $-a^*$, $+b^*$ e $-b^*$, respectivamente, assim, qualquer variação destas coordenadas significa que a cor pode avermelhar ($+a^*$), esverdear ($-a^*$), amarelar ($+b^*$) ou azular ($-b^*$). A saturação (C) indica a pureza da cor, enquanto o ângulo de tinta (h) indica a dominância de alguma tonalidade na cor (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

Os produtos de acabamento verniz e *stain* foram selecionados por possuírem mecanismos de proteção diferentes, ambos possuem compostos que absorvem os raios UV, reduzindo a velocidade de degradação da superfície, além de conter pigmentos inorgânicos que combatem o ataque de microrganismos.

O jacatirão-açu (*Miconia cinnamomifolia* (De Candolle) Naudin) é uma das mais frequentes e dominantes espécies arbóreas (SCHUCH et. al., 2008).

É uma árvore perenifólia pertencente à família das Melastomataceas, sua altura é de 15 a 20 metros, fuste reto, com diâmetro à altura do peito de 30 a 40 cm. A copa é arredondada, de cor verde clara. Tipicamente encontrada em clareiras possui grande capacidade para se tornar uma pioneira antrópica e de formar densos aglomerados chamados de *Miconietum*, com longevidade de 30 a 50 anos. A madeira é moderadamente pesada, esbranquiçada ou amarelada, com alborno e cerne indistintos, dura, leve e macia para pregar (REITZ et al., 1978).

O interesse em estudar as espécies com potencial madeireiro oriundos de formações secundárias é pela alta massa específica de árvores que resulta em um grande estoque de madeira, na maioria com idade de exploração. A espécie possui potencial para o manejo

madeireiro, que pode contribuir para o incremento da renda dos agricultores e para a diversificação na oferta de madeira para os centros consumidores.

Os objetivos do trabalho foram avaliar o efeito da exposição às intempéries na cor da madeira de jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) e o efeito protetivo de dois produtos de acabamento.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de madeira de jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) provenientes de lote comercial obtido na região do Vale do Itajaí. Foram confeccionadas 10 peças com 60 centímetros de comprimento, 4,5 centímetros de largura e 2 centímetros de espessura, plainadas e lixadas.

Para avaliar o efeito de produtos protetores, os produtos de acabamento selecionados foram o verniz incolor exterior e o osmocolor stain incolor com proteção UV.

Cada uma das peças foi dividida em três partes, sendo que em uma não foi aplicado nenhum produto protetor e, na porção intermediária foi aplicado verniz e na outra o *stain*. A pintura foi realizado segundo o fornecedor do produto, que orientava três demãos do produto com intervalo mínimo de 12 horas. E todas foram fixadas em uma bancada e deixadas em um local aberto, conforme figura 2, exposta às intempéries, no período de 06 de junho de 2013 a 06 de novembro de 2013.



Figura 2. Bancada para exposição das amostras às intempéries.

Durante esse período foram realizadas 15 medições mensais por peça, sendo cinco para cada parte. Com auxílio do espectrofotômetro de esfera série SP60, que utiliza o sistema CIELAB. Neste sistema, foram obtidos os parâmetros colorimétricos L^* , a^* , b^* , C e h .

As diferenças colorimétricas do sistema CIE-L*a*b* foram quantificadas pela mudança total da cor ΔE^* por meio da equação 1.

$$\Delta E^* = \left(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} \right)^{1/2} \quad (1)$$

Em que:

ΔL^* = variação da luminosidade (Amostra Tempo Final - Amostra Tempo Inicial);

Δa^* e Δb^* = variação das coordenadas cromáticas (Amostra Tempo Final - Amostra Tempo Inicial);

Para classificar a variação de cor (ΔE^*) foi utilizada a tabela 1 elaborada por Hikita et al. (2001) que se baseou em níveis de percepção para classificar a diferença de cor.

Tabela 1. Classificação da variação total da cor (ΔE^*) de madeiras.

Variação da Cor - ΔE^*	Classificação
0,0 – 0,5	Desprezível
0,5 – 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 – 3,0	Notável
3,0 – 6,0	Apreciável
6,0 – 12,0	Muito apreciável

Fonte: HIKITA et. al., (2001).

Os dados foram processados e analisados a partir do programa de análise estatística *Action*, e avaliados pelo Teste de Kruskal-Wallis em nível de 5% de probabilidade de erro.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os valores médios dos parâmetros colorimétricos da espécie estudada jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) para cada tratamento utilizado no início do experimento.

Tabela 2. Valores médios de caracterização colorimétrica da madeira de jacatirão com três tratamentos testados

Parâmetro Colorimétrico	Natural	Verniz	Stain
L*	63 A (3,6)	55 B (4,8)	55 B (3,6)
a*	6 A (0,7)	9 B (1,3)	11 C (1,0)
b*	23 A (4,5)	27 B (4,2)	34 C (3,6)
C	24 A (4,4)	29 B (4,1)	36 C (3,5)
H	76 A	71 B	71 B

	(2,9)	(3,1)	(2,4)
Médias de L*, a*, b*, C e h na mesma linha, seguidas por mesmas letras maiúsculas, não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis com $\alpha=5\%$.			

Analisando o parâmetro colorimétrico L* (luminosidade), a partir da Tabela 2 pode-se perceber que houve diferença entre o tratamento natural com verniz e *stain*. Entre o verniz e o *stain* não houve diferença significativa. No tratamento verniz e *stain*, as peças com a aplicação dos produtos se tornaram mais escuras em relação ao natural. Para os parâmetros colorimétricos a* (eixo vermelho-verde) e b* (eixo amarelo-azul) houve diferença significativa entre todos os tratamentos. (Figura 3)

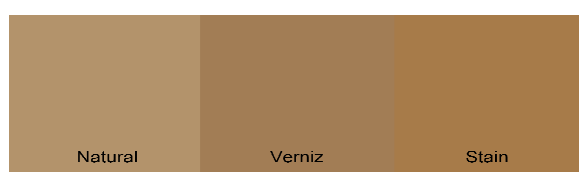


Figura 3. Diferença de cor entre os três tratamentos no tempo inicial do experimento

A Tabela 03 e a Figura 4 apresentam as variações ocorridas no decorrer do experimento em que foram avaliados os parâmetros colorimétricos após exposição às intempéries e os resultados obtidos pelos produtos de acabamento.

Tabela 3. Variações ocorridas durante cinco meses entre os valores dos parâmetros colorimétricos das amostras de madeira de *Miconia cinnamomifolia* após aplicação de dois produtos de acabamento.

Tratamento	Mês	ΔE^*
Natural	Junho	10,12
Natural	Julho	6,93
Natural	Agosto	7,19
Natural	Setembro	4,54
Natural	Outubro	3,46
Verniz	Junho	7,42
Verniz	Julho	2,65
Verniz	Agosto	2,89
Verniz	Setembro	2,93
Verniz	Outubro	9,15
Stain	Junho	2,72
Stain	Julho	1,42
Stain	Agosto	1,71
Stain	Setembro	1,58
Stain	Outubro	2,64

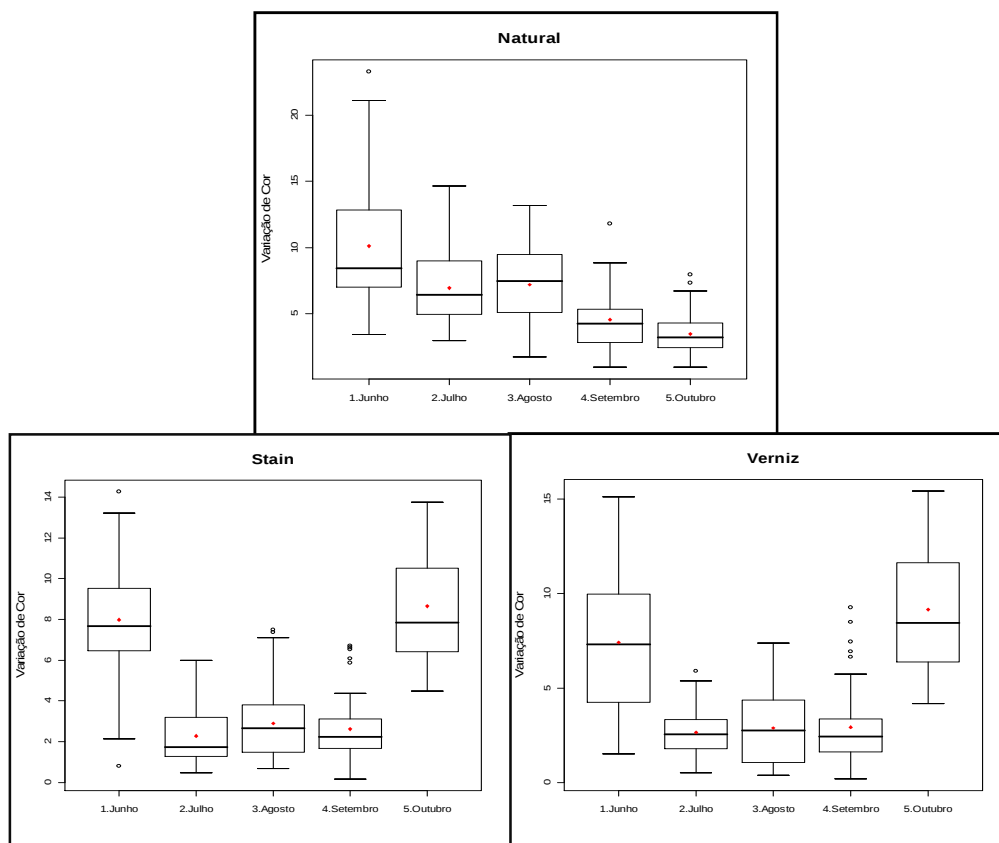


Figura 4. Gráfico representando as variações ocorridas durante cinco meses para cada tratamento avaliado.

Analisando a Tabela 3 e a Figura 4, podemos observar que o mês que ocorreu maior variação de cor, foi no início do experimento para o tratamento natural e *stain*, exceto para o verniz que maior variação ocorreu no mês de outubro.

No tratamento natural pode-se constatar que a variação de cor diminuiu ao longo do tempo, menos entre julho e agosto que teve um aumento da variação de cor. Classificando a variação de cor ocorrida no tratamento, todos os meses tiveram variação de cor entre apreciável e muito apreciável.

Acompanhando a variação de cor para o verniz, observou-se uma peculiaridade. Houve uma variação muito apreciável no mês de junho, porém no mês de julho diminuiu, e nos meses subsequentes a variação de cor aumentou entre os meses de agosto e setembro, mas nada consideravelmente. E no mês de outubro a variação de cor aumentou tornando-se muito apreciável, maior que se obteve no mês de junho.

No tratamento *stain*, observou-se um comportamento semelhante ao verniz, porém a classificação da variação foi menor que ocorrida com o verniz, classificando-a como notável.

Pode-se verificar que nos meses de julho, agosto e setembro nos tratamentos verniz e *stain* a variação de cor foi estável, e no mês de outubro teve um aumento da variação, podendo estar relacionada com as variáveis: temperatura, precipitação e radiação solar que ocorreram durante este mês.

De acordo com a Figura 4, o tratamento natural ao longo do tempo vai estabilizando, pois no início do experimento a variação de cor máxima era de 20 com média de 10,12, e no final do experimento a variação máxima era de 8 com média de 3,46.

No tratamento verniz e *stain*, o conjunto de dados das variação de cor não tiveram diferenças entre as máximas, porém a média de verniz no início do experimento foi de 7,42 e para o *stain* de 2,72, e no final do experimento a média da variação de cor foi de 9,15 para o verniz e 2,64 para o *stain*.

De acordo os dados obtidos por Cademartori et al. (2013), amostras de *Eucalyptus grandis* com 8 horas à uma temperatura de 180°C, tiveram uma variação de cor ΔE^* semelhante à *Miconia cinnamomifolia* no tratamento natural após cinco meses de exposição. Conforme pesquisas realizadas por Griebeler, (2013) com amostras de madeira *Eucalyptus grandis* modificadas termicamente resultam que a variação total da cor (ΔE^*) das superfícies tratadas entre os planos de corte é apreciável para a região próxima ao alburno e ligeiramente perceptível para a região intermediária e para a região próxima à medula.

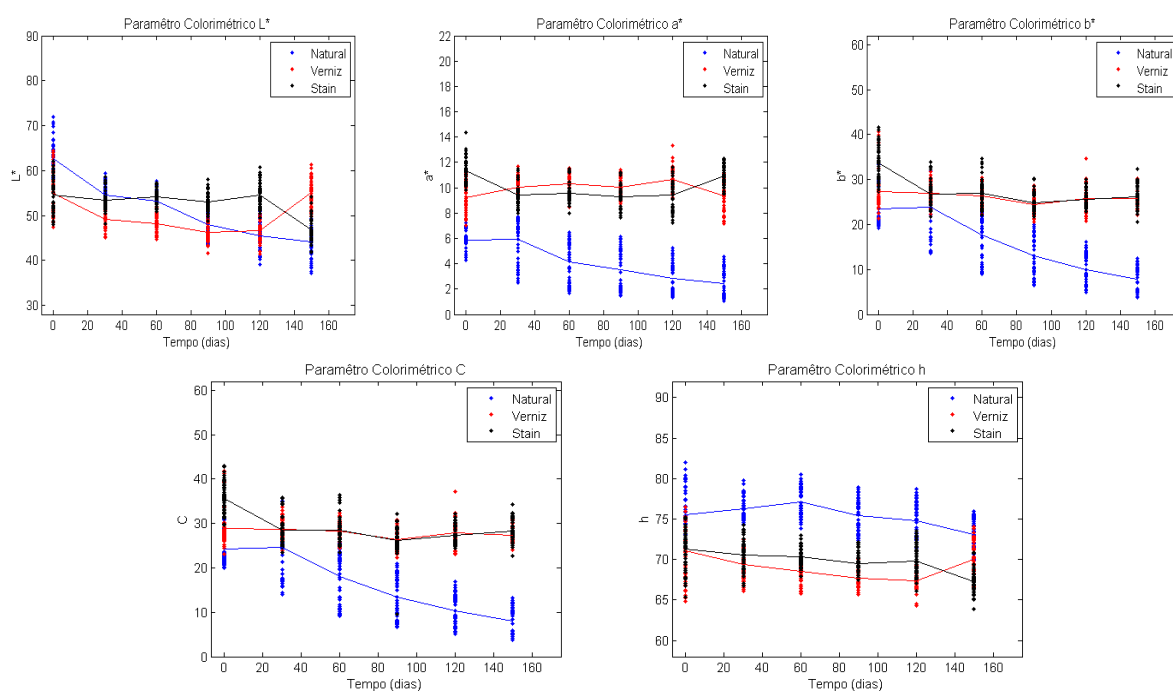


Figura 5. Representação dos cinco parâmetros colorimétricos para os três tratamentos avaliados.

Na Figura 5 pode-se observar os parâmetros colorimétricos ao longo do cinco meses, no parâmetro colorimétrico L^* , o tratamento natural ao longo do tempo de exposição às intempéries teve um decréscimo de luminosidade.

Para os tratamentos verniz e *stain* mantiveram-se constantes até 120 dias, após esse período o verniz teve aumento de luminosidade e o *stain* diminuiu a luminosidade, porém valores de L^* bem próximos.

O parâmetro colorimétrico a^* (eixo verde-vermelho) no tratamento natural teve um decréscimo do pigmento vermelho ao longo do tempo, já o verniz e o *stain* não tiveram variação significativa do a^* ao longo dos cinco meses.

O parâmetro colorimétrico b^* (eixo azul-amarelo) que define o pigmento amarelo presente na madeira de *Miconia cinnamomifolia*, no tratamento natural ao longo do tempo todas as peças perderam a coloração e ficaram acinzentadas, tanto o parâmetro colorimétrico a^* quanto o b^* ficaram próximos de 0. No tratamento com verniz e *stain* o parâmetro colorimétrico b^* mantiveram-se sobrepostos entre o 20 e 30, não sofrendo alteração ao longo do tempo.

Na figura 06 pode-se observar a diferença colorimétrica visualmente entre os três tratamentos no período de cinco meses.

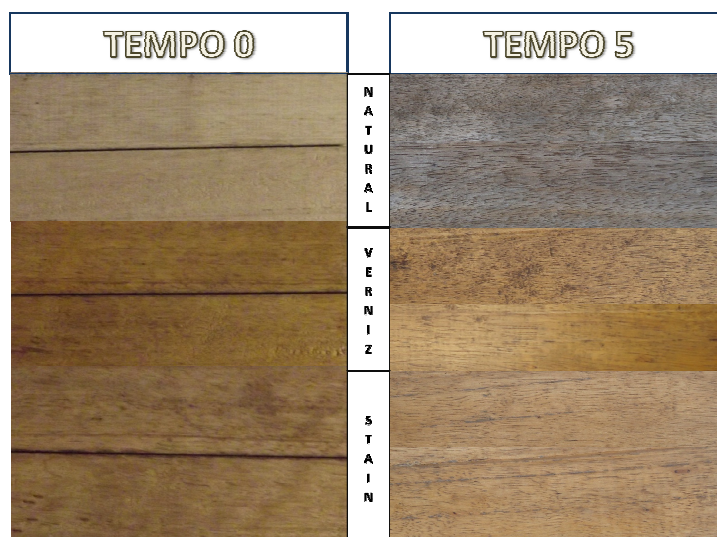


Figura 6. Aparência da madeira com os tratamentos e após cinco meses exposta às intempéries

Conforme resultados obtidos pelas comparações dos parâmetros colorimétricos pode-se observar na figura 6 que confirma-se a hipótese que, após cinco meses de exposição, a coloração da madeira com o produto de revestimento se mantém próximo do original. Além disso, o que podemos avaliar na figura 6 é a diferença entre as peças, ou seja, a cor da madeira

é muito variável é influenciada por vários fatores como composição química da madeira, confirmado por pesquisa de Mori et al., 2004 que correlacionou algumas características tecnológicas com a cor da madeira de alguns clones de eucalipto e encontrou uma maior correlação de polifenóis, que são extrativos da madeira responsáveis pela sua cor.

7.4 CONCLUSÕES

A madeira de jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*) é caracterizada pela coordenada b* (pigmentação amarela) e pela claridade (L*). Os produtos de acabamentos utilizados nesta pesquisa alteraram a cor natural da madeira, tanto o verniz como o *stain*, logo após suas aplicações, escureceram a madeira.

Nas condições experimentais utilizadas, o *stain* foi produto com melhor aparência, e também menor variação de cor da madeira ao longo dos cinco meses após à exposição de intempéries para madeira de *Miconia cinnamomifolia*.

Sugere-se, para as próximas pesquisas, relacionar os parâmetros colorimétricos com a análise química da madeira para melhor entender o comportamento da cor e de suas implicações.

7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CADEMARTORI, P. H. G.; SANTOS, P. S. B.; SERRANO, L.; LABIDI, J.; GATTO, D. A. Effect of thermal treatment on physicochemical properties of Gympie messmate wood, **Industrial Crops and Products**, 45, 360-366, 2013.

CAMARGOS, J. A. A. ; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 71, 2001.

GLOBALSPEC. Color Meters and Appearance Instruments Information. Disponível em: <http://www.globalspec.com>. Acesso em:10/05/2013.

GONÇALEZ, J.C; JANIN, G.; SANTORO, A.C.S.; COSTA, A.F.da; VALLE, A.T.do. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Brasil Florestal**. ano XX. n. 72. p. 47 – 48. 2001.

GRIEBELER, C. G. de O. **Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* w.hill ex maiden modificada termicamente**. 2013. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. Weathering testing of timber – discoloration. In: IMAMURA, Y. **High performance utilization of wood for outdoor uses**. Kyoto, Japão: Press-net, 2001.

MORI, C. L. S. O, MORI, F. A., LIMA, J. T., TRUGILHO, F., OLIVEIRA, A. C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 14, n.2, p.123-132, 2004.

MORI, C. L. S. O, LIMA, J. T., MORI, F. A., TRUGILHO, P. F., GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**. Lavras-MG. v. 11, n.2, p.137-146, 2005.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28/30, p. 3-320, 1978.

SCHUCH, C.; SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.. Usos e potencial madeireiro do Jacatirão-açú (*Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudin) no litoral de Santa Catarina. **Floresta**, v. 38, n. 4, p. 735-741, 2008.

Work with color. **Color converter**. Disponível em: <<http://www.workwithcolor.com/color-converter-01.html>>. Acesso em:15/11/2013.

8 DURABILIDADE NATURAL DE *Miconia cinnamomifolia*

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar a resistência natural da madeira de *Miconia cinnamomifolia* ao ataque de térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e arborícolas (*Nasutitermes* sp.), bem como avaliar a tratabilidade da madeira desta espécie. Os corpos de prova submetidos aos térmitas de madeira seca, bem como a série testemunha foram avaliados com 45, 60 e 75 dias. Os corpos de prova submetidos aos térmitas arborícolas, foram avaliados com 45 e 60 dias. De acordo com os testes, foi constatado que a madeira de *Miconia cinnamomifolia* apresentou maior resistência ao ataque de térmitas de madeira seca. Já nos testes com os térmitas arborícolas constatou-se que no decorrer do tempo houve aumento gradual no ataque. Os corpos de prova submetidos ao ensaio de tratabilidade mostraram que, na madeira de *Miconia cinnamomifolia*, a penetração do produto preservante é nula. Com os resultados obtidos é possível concluir que a madeira de *Miconia cinnamomifolia* deve ser empregada em ambientes internos sem contato direto com umidade, pelo fato de ser suscetível ao ataque de térmitas arborícolas, não ser naturalmente resistente devido ao seu baixo nível de extrativos e por não ser tratável.

Palavras-chave: térmitas, tratabilidade, resistência natural.

8.1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores que limita a utilização da madeira para diversas finalidades é a sua baixa resistência natural. Silva et al., (2004) mencionaram que o conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de organismos xilófagos, principalmente térmitas, torna-se um requisito importante para a correta utilização da madeira, particularmente nas indústrias de móveis e na construção civil. Segundo os mesmos autores, esse conhecimento pode prevenir possíveis danos futuros em objetos confeccionados com madeiras com resistência ainda pouco conhecida.

Dependendo da espécie, o responsável pela resistência natural da madeira pode ser apenas um composto químico, e em outros casos vários compostos atuam juntos, garantindo a durabilidade natural (OLIVEIRA et al., 1986).

Os térmitas são insetos sociais que vivem em colônias formadas por um casal real, operários e soldados. O casal real tem a função de perpetuar a espécie, os operários realizam os serviços e os soldados, munidos de grandes mandíbulas, ou de outras características anatômicas que os permita, fazer a segurança do cupinzeiro (GALVÃO et al., 2004). Atualmente são conhecidas mais de duas mil e seiscentas espécies de térmitas, classificadas

em 281 gêneros. No Brasil são poucas as espécies registradas, cerca de 200, sendo as famílias que geram prejuízos significativos Kalotermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae (GONÇALVES et al., 2013).

Segundo Abreu et al. (2002) existem entre as espécies de térmitas alguns que atacam madeira com elevados teores de umidade e outros que preferem madeira seca. Para Pêgas (2007) o cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis*, é uma espécie cosmopolita e o principal agente destruidor do material fora de contato com solo, colonizando madeiras com teor de umidade abaixo de 30%.

Segundo Mantovanni (2003) ao se partir do pressuposto que a maioria das florestas remanescentes é de formação secundária, o estudo das espécies com potencial madeireiro que as compõem contribuirá para determinar práticas de manejo que viabilizem sua exploração. Oliveira (1997) relata a importância do estudo da durabilidade natural de madeiras empregadas na construção civil, sobretudo seu desempenho na presença de agentes xilófagos que produzem expressiva deterioração, como o cupim de madeira seca.

O presente trabalho objetivou avaliar a resistência natural da madeira de *Miconia cinnamomifolia* ao ataque de térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e arborícolas (*Nasutitermes* sp.), bem como avaliar a tratabilidade da madeira desta espécie.

8.2 MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de resistência ao ataque de térmitas de madeira seca

O ensaio foi desenvolvido segundo o método descrito pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1980). Os corpos de prova de 7,0 x 2,0 x 0,5 mm foram unidos, aos pares, com parafina e expostos por 45, 60 e 75 dias à ação de 40 térmitas da espécie *Cryptotermes brevis*, mantidos em potes plásticos acoplados aos corpos de prova. Além dos corpos de prova de *Miconia cinnamomifolia*, foi montada uma série testemunha de *Pinus* sp., que foi submetida às mesmas condições (Figura 1).



Figura 1. Ensaio de resistência ao ataque de térmitas de madeira seca

No final do tempo de exposição de cada corpo de prova, foi feito o levantamento do número de térmitas mortas, e a avaliação do ataque efetuado por cinco avaliadores que atribuíram notas para cada nível de desgaste, conforme a Tabela 1. A nota para a avaliação do desgaste seguiu o padrão apresentado na Figura 2.

Tabela 1. Atribuição de nota de acordo com a avaliação de desgastes pelos térmitas

Nota	Avaliação
0	Nenhum desgaste
1	Desgaste superficial
2	Desgaste moderado
3	Desgaste acentuado
4	Desgaste profundo (semelhante à série testemunha)

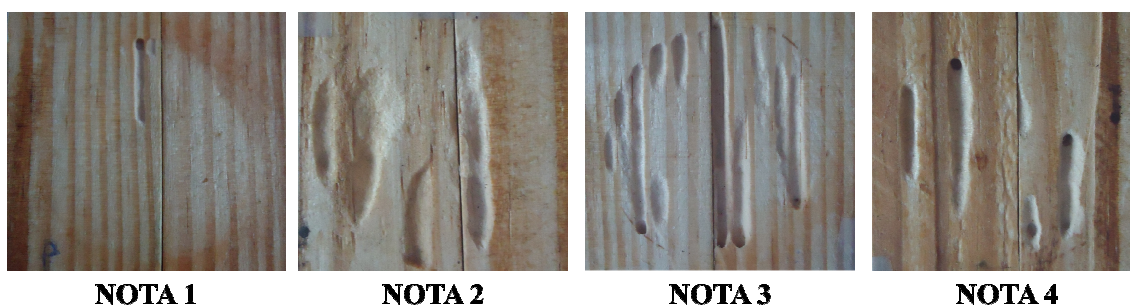


Figura 2. Amostras de peças atacadas por térmitas com suas respectivas notas.

Ensaio de resistência ao ataque de térmitas arborícolas

O ensaio para térmitas arborícolas foi executado segundo a norma ASTM D-3345 (1994), sendo os corpos-de-prova cortados com dimensão de 2,54 x 2,54 x 0,64 cm, com a maior dimensão no sentido das fibras. O ensaio foi montado em recipientes de vidro, esterilizados com solução de hipoclorito de sódio e secos em estufa na temperatura de 103°C.

Em cada recipiente foram colocados 200g de areia peneirada, lavada e seca em estufa, que foi depositada 5,5% de água para sua saturação. Para cada frasco foi separado 1 g de térmitas *Nasutitermes* sp. na proporção de 95% operários e 5% soldados. Dentro do recipiente com areia umedecida foi colocado o corpo de prova e em seguida os térmitas, conforme Figura 3.

Além dos corpos de prova de *Miconia cinnamomifolia*, foi montada uma série de testemunha de *Pinus* sp., que foi submetida às mesmas condições.



Figura 3. Experimento montado para térmitas arborícolas

Semanalmente foi verificada a umidade da madeira retirando cinco amostras aleatórias. Caso fosse constatada a diminuição da umidade igual ou acima de 2% nos recipientes era acrescentada mais água. A avaliação começou na primeira semana de experimento analisando a posição dos térmitas (acima ou abaixo da amostra de madeira) e também o índice de mortalidade (1 - Leve, 2 - Média, 3 - Pesada e 4-Total). Ao final do tempo referente a cada tratamento se repetiu a análise da posição dos térmitas, o índice de mortalidade e avaliou-se os níveis de desgaste, por cinco avaliadores de acordo com as notas 0, 4, 7, 9 e 10, conforme a Tabela 2 e Figura 4.

Tabela 2. Atribuição de nota de acordo com o desgastes pelos térmitas

Nota	Tipo de desgaste
10	Sadio, permitindo escarificações superficial
9	Ataque superficial
7	Ataque moderado, havendo penetração
4	Ataque intensivo
0	Falha, havendo ruptura dos corpos-de-prova

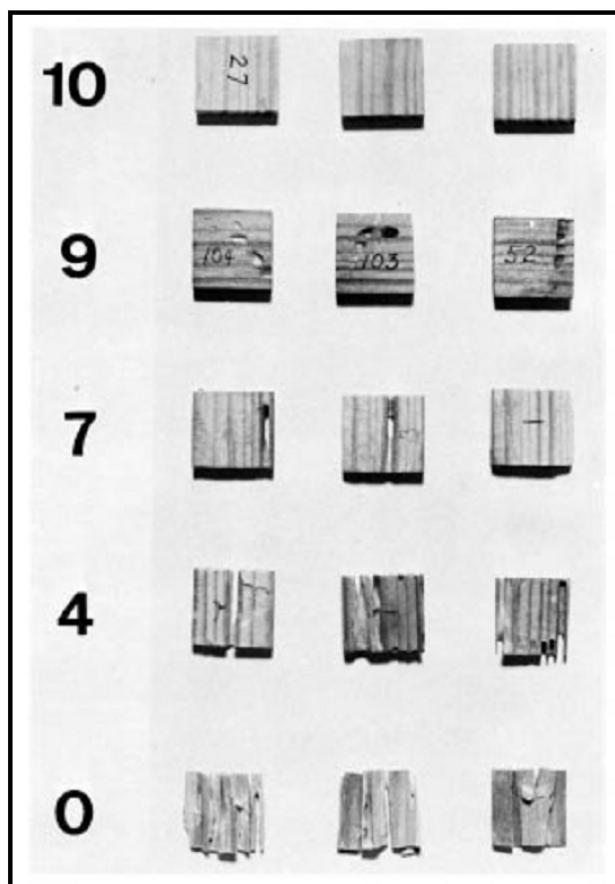


Figura 4. Registro dos ataques dos térmitas subterrâneos e suas respectivas notas. Fonte: ASTM D – 3345 (1994).

Ensaio de tratabilidade

As peças de *Miconia cinnamomifolia* foram cortadas nas dimensões de 10 x 5 x 5 cm e foram enviadas à uma empresa especializada para a realização do tratamento em autoclave, com substância preservante. Todas as peças foram pesadas antes e depois do tratamento para verificar a retenção do produto.

Cada peça foi cortada em quatro partes e analisada a penetração do produto pelo método colorimétrico, utilizando a solução Cromoazurol-S como indicador. Essa solução reage com o preservante, especificamente o cobre, mostrando uma coloração azulada, o que indica sua presença na madeira. A penetração do preservante na peça foi classificada de acordo com os padrões mais comuns (Figura 5).

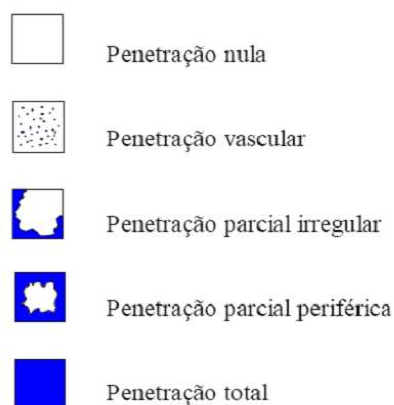


Figura 5. Classificação que será utilizada para determinação da penetração do produto preservativo (Fonte: SALES-CAMPOS et al., 2003)

A retenção dos produtos de preservação na madeira foi calculada dividindo-se a diferença entre o peso da amostra, antes e após cada tratamento, pelo seu correspondente volume e classificada de acordo com a Tabela 3:

Tabela 3. Classificação de retenção de preservativos.

GRUPO	CCA-A – retenção de ingredientes ativos (kg/m ³)
I	≥ 12
II	$8 \leq \text{retenção} \leq 11,95$
III	$4 \leq \text{retenção} \leq 7,95$
IV	< 4

Fonte: SALES-CAMPOS et al., 2003

Após a obtenção desses resultados foi realizada a classificação final da tratabilidade conforme a Tabela 4:

Tabela 4. Classificação final da tratabilidade da madeira.

Tratabilidade	Retenção	Penetração
Muito fácil	Grupo I	Total
	Grupo II	Total
Fácil	Grupo I	Parcial periférica
	Grupo II	Parcial periférica
	Grupo III	Total
Moderadamente fácil	Grupo II	Parcial irregular
	Grupo III	Parcial periférica
Difícil	Grupo III	Parcial irregular ou vascular
	Grupo IV	Parcial periférica
Não tratável	Grupo IV	Parcial irregular
		Vascular
		Nula

Fonte: SALES-CAMPOS et al., 2003

Para obtenção dos teores de extrativos, foram enviadas amostras de *Miconia cinnamomifolia*, juntamente com outras de espécies de alta resistência natural, ao Laboratório de Química da Madeira da UFPR.

Análise Estatística

Após a análise do teste de normalidade, foi verificado que os mesmos não tem distribuição normal. Foi testada a transformação Box-Cox, raiz quadrada, mas mesmo assim não foi possível a normalização. Sendo os dados considerados não normais, assim a avaliação estatística foi conduzida pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

8.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio de resistência ao ataque de térmitas de madeira seca

Quando comparado o fator tempo com a nota de desgaste e o número de térmitas mortos nos testes com a madeira de *Miconia cinnamomifolia* observa-se diferenças entre 45 e 60 dias e de 60 para 75 dias, mas não entre 45 e 75 dias. Na Tabela 5 é possível observar o baixo valor de desgaste e o alto número de térmitas mortos referindo-se a avaliação em 60 dias, o que ocasionou esta contradição. Esse fato pode ser explicado considerando-se que esse é um ensaio acelerado que envolve organismos vivos e sensíveis em que existe a possibilidade de lesões durante a coleta e manuseio que podem ocasionar a morte dos mesmos. Já para *Pinus* sp houve diferença estatística entre a nota do desgaste para os tempos estudados. Comparando as notas dos 45 aos 75 dias não houve diferença em relação à térmitas mortos, o que pode ser explicado da mesma forma que para *Miconia cinnamomifolia*.

Tabela 5 Valores médios e desvio padrão de térmitas mortos e do desgaste ocasionados à *Miconia cinnamomifolia* e à testemunha.

Tratamento	Tempo	Nota de desgaste à madeira	Número de térmitas mortos
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	45 dias	1,46 (1,01)	29,13 (6,45)
<i>Pinus</i> sp.	45 dias	2,48 (1,18)	18,17 (6,89)
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	60 dias	0,49 (0,99)	32,90 (7,29)
<i>Pinus</i> sp.	60 dias	2,46 (1,43)	26,60 (5,43)
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	75 dias	1,44 (1,53)	29,14 (7,00)
<i>Pinus</i> sp.	75 dias	2,70 (1,09)	13,50 (15,58)

Ao comparar as notas de desgaste e o número térmitas mortos entre as espécies madeiras em todos os tempos avaliados é possível constatar que houve diferenças estatisticamente significativas. Ao analisar a Figura 6 e a Figura 7 pode-se averiguar que *Miconia cinnamomifolia* teve em todos os casos resistência superior ao ataque do cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*.

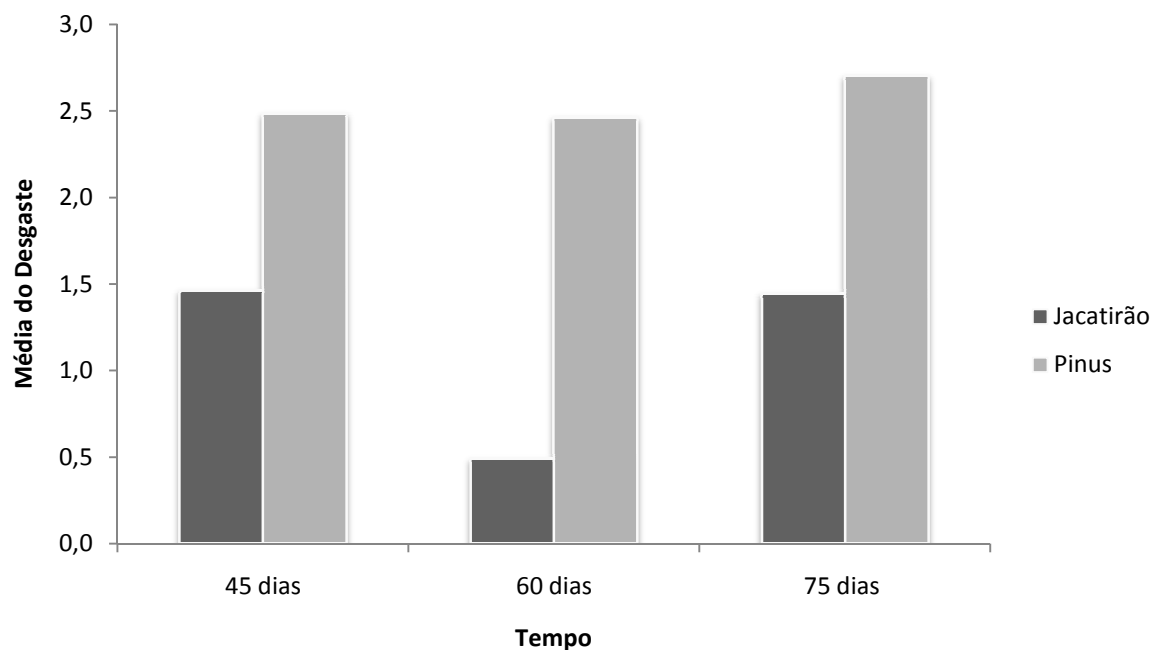


Figura 6. Médias de desgaste de *Miconia cinnamomifolia* e *Pinus* sp.

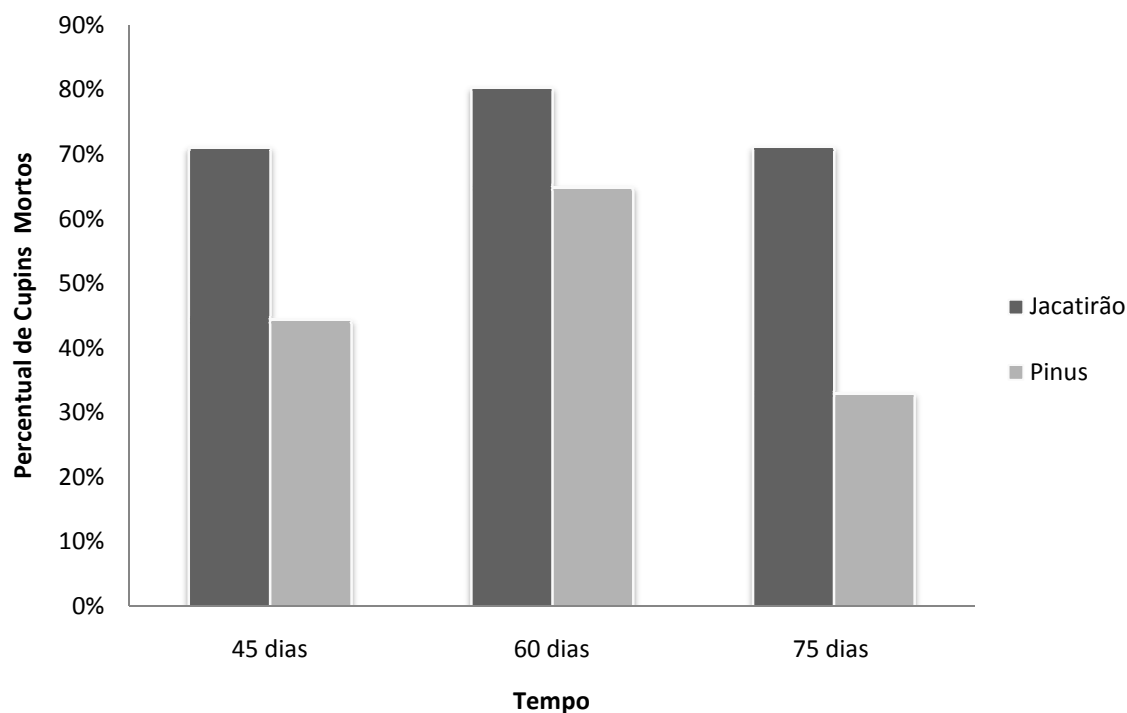


Figura 7. Percentual de térmitas mortas no ensaio com *Miconia cinnamomifolia* e *Pinus* sp.

Ensaio de resistência ao ataque de térmitas de madeira seca

Comparando o índice de mortalidade e as notas em relação ao tempo de exposição, aos 45 dias, a madeira de *Miconia cinnamomifolia* apresentou desgaste menor que a madeira de *Pinus* sp., pois de acordo com Figura 8, a nota máxima corresponde à peça com escarificações superficiais. As amostras de *Pinus* sp. ficaram com nota média de desgaste de 5 correspondente ao ataque de moderado à intensivo. Aos 60 dias, a madeira de *Miconia cinnamomifolia* apresentou desgaste maior em relação à madeira de *Pinus* sp., com média 4,5, equivalente ao ataque intensivo. A madeira de *Pinus* sp. apresentou nota média de desgaste de 6,5 equivalente ao ataque moderado, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão dos desgastes ocasionados à *Miconia cinnamomifolia* e à testemunha pelos térmitas arborícolas

Espécie	Índice de Mortalidade	Notas
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (45 dias)	0,57 (0,90)	7,00 (2,41)
<i>Pinus</i> sp. (45 dias)	0,57 (0,90)	5,17 (2,59)
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (60 dias)	0,25 (0,66)	4,50 (3,07)
<i>Pinus</i> sp. (60 dias)	2,00 (0)	6,55 (2,14)

Nesse experimento o desgaste da madeira de *Miconia cinnamomifolia* aos 45 dias foram semelhantes às amostras de *Pinus* sp. aos 60 dias, ou seja, as amostras tiveram ataque superficial. As amostras de *Miconia cinnamomifolia* aos 60 dias tiveram semelhança às amostras de *Pinus* aos 45 dias com ataque moderado a intensivo.

Nesse ensaio ficou evidente a influência do tempo de exposição, principalmente na nota de desgaste. O menor desgaste da madeira de *Pinus* sp. no tempo de 60 dias provavelmente se deve ao fato do experimento ser biológico e possuir alguns fatores não controlados.

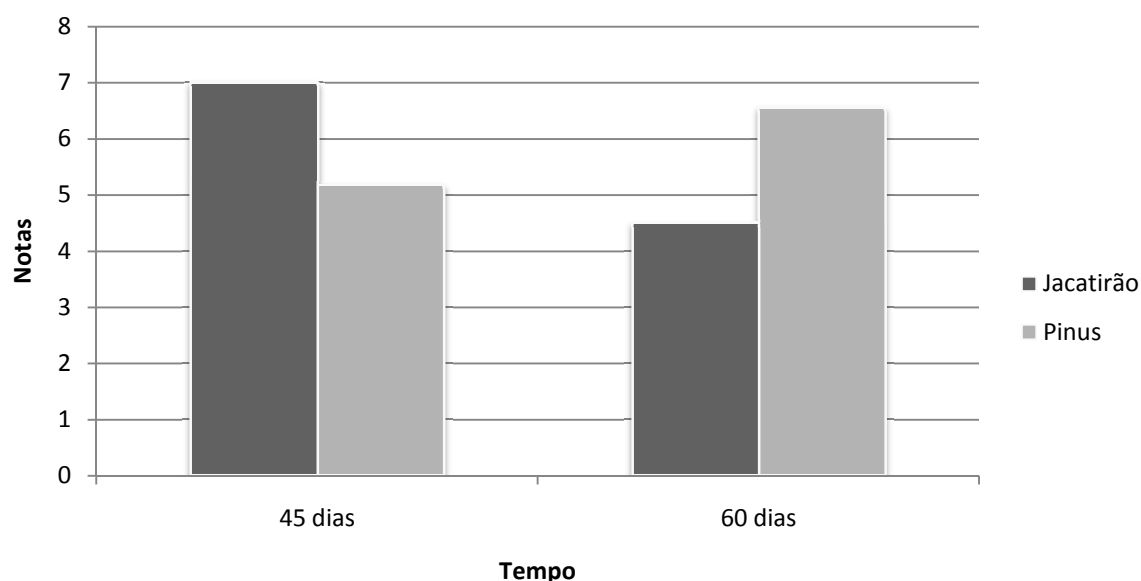


Figura 8. Notas médias relativas ao desgaste produzido na madeira de *Miconia cinnamomifolia* e testemunha pelo térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*)

Tratabilidade

Os valores de penetração e retenção para cada corpo de prova da madeira de *Miconia cinnamomifolia* são apresentados na Tabela 7, assim como o grupo de absorção e tipo de penetração quanto à tratabilidade.

Tabela 7. Classificação das peças de *Miconia cinnamomifolia* de acordo com absorção do produto preservativo.

Peça	Retenção de solução kg/m ³	Grupo	Penetração
1	139,99	III	Nula
2	162,07	III	Nula
3	83,38	IV	Nula
4	149,16	III	Nula
5	138,35	III	Nula
6	92,76	IV	Nula
7	148,96	III	Nula
8	125,86	III	Nula
9	142,90	III	Nula
10	95,03	IV	Nula
11	93,14	IV	Nula
12	145,04	III	Nula
13	116,25	III	Nula
14	26,82	IV	Nula

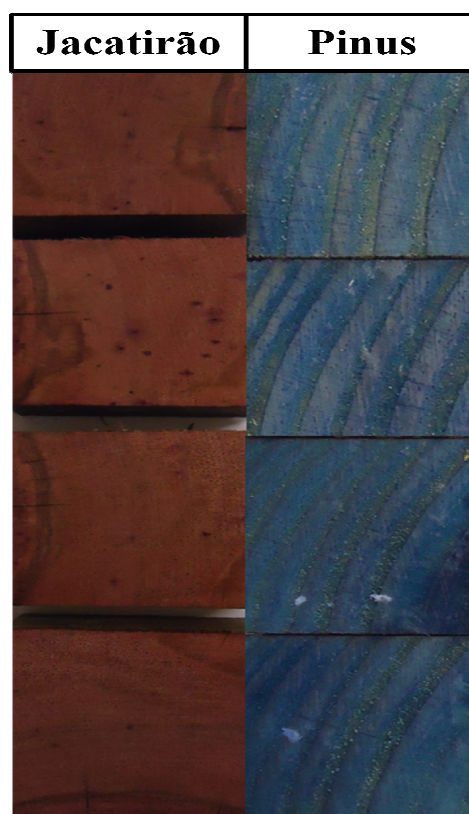


Figura 9. Peças com penetração total (*Pinus* sp.) e penetração nula (*Miconia cinnamomifolia*).

Conforme resultados apresentados na tabela 7, a penetração do produto preservante na madeira de *Miconia cinnamomifolia* foi baixa, com absorção média de 119 kg/m³. SALES-CAMPOS et al., (2003) afirmam que os vasos, quando não obstruídos, são responsáveis pela penetração utilizando-se o creosoto como substância preservante. Além dos vasos, a obstrução do lúmen celular por extrativos e outros compostos químicos de natureza complexa constitui um fator limitante no processo de tratabilidade da madeira e que as fibras assumem importante papel na dispersão do preservante.

Comparação com teores de extrativos

Os teores de extrativos obtidos pelo experimento foram relacionados com dados de durabilidade e tratabilidade pelo IPT, (1989), que são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Comparação da *Miconia cinnamomifolia* com espécies com alto teores de extrativos.

Espécie	$\rho_{bás}$ (g/cm ³)	Teor de Extrativos solúveis em:			Ambiente	Durabilidade* Natural	Tratabilidade*
		Etanol: tolueno	Água quente	Água fria			
Jacatirão <i>Miconia cinnamomifolia</i> (pesquisa)	0,61	3,34	0,55	0,19	Seco	Resistente	Impermeável
					Úmido	Susceptível	
Muiracatiara <i>Astronium lecointei</i>	0,81	20,66	9,57	1,75	Seco	Durável	Baixa permeabilidade à impermeável
					Úmido	Susceptível	
Cumarú <i>Dipteryx odorata</i>	0,91	12,47	5,25	2,2	Seco	Alta resistência	Impermeável
					Úmido	Baixa resistência	
Jatobá <i>Hymenaea courbaril</i>	0,80	6,02	1,96	0,18	Seco	Resistência alta	Impermeável (Cerne)
					Úmido	Susceptível	
Andiroba <i>Carapa guianensis</i>	0,59	2,5	0,42	0,22	Seco	Susceptível	Baixa permeabilidade à impermeável
					Úmido	Resistente	

* IPT, 1989

Comparando a espécie *Miconia cinnamomifolia* com espécies de alto teor de extrativos e teores de extrativos semelhantes pode-se verificar que as características de durabilidade natural são próximos às obtidas para *Miconia cinnamomifolia*. Estudos realizados por Paes et al., 2009 a alta resistência da madeira de aroeira está associada a massa específica e quantidade de extrativos solúveis em água quente.

As madeiras mais densas tendem a apresentar teores de extrativos mais elevados e uma maior resistência a organismos xilófagos (BOWYER et al., 2003).

A relação da espécie ser susceptível ou resistente a algum tipo de térmita e pode estar relacionado ao tipo de extrativo. Por exemplo o Jatobá tem teores extrativos mais elevados extraídos em etanol e água quente, porém mais baixo em teores extraíveis em água fria, sendo que é resistente no ambiente seco.

8.4 CONCLUSÕES

A madeira *Miconia cinnamomifolia* é resistente ao ataque de *Cryptotermes brevis* aos 45, 60 e 75 dias, porém é susceptível ao ataque de térmitas arborícolas, que aumenta gradualmente no decorrer do tempo de exposição.

A madeira de *Miconia cinnamomifolia* é avaliada como não tratável, o que pode estar correlacionado com seus aspectos anatômicos e químicos.

A madeira de *Miconia cinnamomifolia* deve ser empregada em ambientes internos sem contato direto com umidade, pelo fato de ser suscetível ao ataque de térmitas arborícolas, não ser naturalmente resistente devido ao seu baixo teor de extrativos e por não ser tratável.

8.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. L. S., SALES-CAMPOS, C. S., HANADA, R. E., VASCONCELLOS, F. J., FREITAS, J. A. Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Árvore**. vol.26 no.6 (2002)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - (ASTM). D3345. Standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termites. **Annual Book of ASTM Standards**, Philadelphia, v. 0410, p. 439-41, 1994.

BOWYER, J.L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J.G. **Forest products and wood science: an introduction**. 4th ed. EUA: Iowa State Press; 2003.

GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. de. Processos Práticos para Preservar a Madeira. Embrapa Floresta/Colombo, 2004. 49 p, il. (GONÇALVEZ, 2013)

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. G.; OLIVEIRA, G. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. **Floresta e Ambiente**, Seropédica - RJ, v. 20, n. 1, p.110-116, 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. 2a ed. São Paulo: IPT, 1989a. 418p. (publicação IPT n. 1791).

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Ensaio acelerado da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae)**. São Paulo: IPT, 1980.

MANTOVANI, M. et al. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa MG, v.27, n.4, p.451-458, 2003.

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

OLIVEIRA, A.M.F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E.S.; LOPEZ, G.A.C.; OLIVEIRA, L.C.S.; CAÑEDO, M.D.. Agentes destruidores da madeira. In: Lepage ES, (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1, p. 99-279.

PAES, J.B.; MORAIS, V.M.; LIMA, C.R.; SANTOS, J.C. dos. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simuladores de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 511-520, 2009.

PÊGAS, M.R.A. **Resistência natural de nove espécies de madeiras ao ataque de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. 2007. 24 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

SALES-CAMPOS, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M.S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae (pau-rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. **Acta Amazônica**, v. 27, n. 6 p. 845-853, 2003.

SILVA, J.C.; LOPES, A.G.C.; OLIVEIRA, J.T.S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). **Revista Árvore**; 28(4): 583-587, 2004.

9 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A madeira de *Miconia cinnamomifolia* tem características boas, dentre elas propriedades físicas e mecânicas, sendo que as propriedades mecânicas precisam ser validadas com ensaios de laboratórios.

Os programas de secagem elaborados devem ser realizados em escala piloto, possibilitando a avaliação dos defeitos ao longo do processo de secagem, como possíveis necessidades de ajustes.

Para umidade de equilíbrio obtida experimentalmente e estimada estimada a partir de isotérmias generalizadas para diferentes espécies e as ajustadas especificamente não houve diferença significativa entre elas. O melhor ajuste das isoterms de sorção pode ser obtido aumentando os valores experimentais, especialmente para temperaturas abaixo de 75 °C.

A cor da madeira teve diferença em todos os tratamentos, sendo eles, ao natural, como verniz e com osmocolor, escureceram a madeira, podendo afirmar que não protegem totalmente a cor.

A madeira de *Miconia cinnamomifolia* foi considerada madeira resistente ao ataque de térmitas de madeira seca e susceptível ao térmitas arborícolas. E após a realização de teste de retenção e penetração do produto preservativo a madeira foi considerada impermeável.

A partir desses resultados obtidos neste projeto, pode-se concluir que a madeira tem características boas, que pode ser empregada na construção civil, construção de móveis, que não tenham contato com umidade, para maior durabilidade.