



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

PABLO VIEIRA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Corymbia
citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson APÓS O PROCESSO DE
TERMORRETIFICAÇÃO**

Profº Drº Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

Seropédica, RJ
Janeiro - 2014



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

PABLO VIEIRA DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson APÓS O PROCESSO DE TERMORRETIFICAÇÃO

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

Prof^o Dr^o Alexandre Monteiro de Carvalho
Orientador

Seropédica, RJ
Janeiro - 2014

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Corymbia
citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson APÓS O PROCESSO DE
TERMORRETIFICAÇÃO**

PABLO VIEIRA DOS SANTOS

Comissão Examinadora

Monografia aprovada em: 29 de Janeiro de 2014.

Profº. Drº. Alexandre Monteiro de Carvalho
UFRRJ/IF/DPF
Orientador

Profº. Drº. Alexandre Miguel do Nascimento
UFRRJ/IF/DPF
Membro

Profº. Drº. Azarias Machado de Andrade
UFRRJ/IF/DPF
Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida e por tudo que tem feito durante a minha trajetória.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), por conceder a oportunidade de me formar em Engenharia Florestal, pelos momentos únicos dos quais nunca me esquecerei e que estarão sempre guardados em meu coração e mente.

À Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Programa de Iniciação Científica – PROIC da UFRRJ pelo apoio financeiro, durante quatro anos, concedido através das bolsas de Iniciação Científica.

Ao CNPq pelo Programa Ciência Sem Fronteiras, que me proporcionou um intercâmbio de dez meses na Universidad de León, Espanha.

Ao Professor Dr. Alexandre Monteiro de Carvalho por ter me orientado neste trabalho e em diversos outros que pude realizar nesses anos de estágio, além dos momentos de apoio e bate papo, sendo além de um orientador, um amigo.

À Professora Silvia Regina Goi, por ter sido a professora que me propiciou o primeiro contato com a pesquisa científica.

Ao Professor Dr. Alexandre Miguel do Nascimento pelo apoio e ajuda na realização desta monografia.

Ao Professor Dr. Azarias Machado de Andrade pelo auxílio, disponibilizando a mufla para os procedimentos de termorretificação.

À Professora Dr^a Rosilei Aparecida Garcia por permitir a utilização do espectrofotômetro portátil, possibilitando a realização dos testes de cor.

Aos meus pais, Paulo Vieira dos Santos, Cleida Bandeira Vieira dos Santos e Sônia Regina Mello de Souza, por todo apoio e confiança, além de todo amor por mim. À minhas irmãs Daniela de Souza Tauil e Juliana de Souza Tauil por todo amor e carinho. À minha namorada Marcelly Alves da Silva pelo amor, carinho, companherismo e amizade em todos os momentos.

Aos amigos do LPM (Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira), Ananias Francisco Dias Júnior, Vitor Werneck (Monstrinho) e José Henrique Camargo Pace, por todos os momentos vividos e trabalhos realizados nesses anos.

Aos amigos, Claire Vieira Neves de Mello, Cléssio Gomes da Silva, Danilo Reis Gonçalves, Luís Octávio Vieira Pereira e Raquel de Oliveira Santos, pela amizade fiel e momentos incríveis que certamente estarão para sempre em meu coração e lembranças.

À todos o meu eterno agradecimento...

RESUMO

A madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson apresenta características importantes para a indústria e cada vez mais tem se buscado técnicas e procedimentos com o intuito de melhorar suas características visando o seu uso final; uma dessas técnicas é o tratamento de termorretificação. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar da qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* após o processo de termorretificação, através das suas propriedades físicas, testes de usinagem e colorimetria. A termorretificação foi realizada em uma mufla elétrica a temperaturas de 160°C, 180°C e 200°C, totalizando quatro tratamentos, três de termorretificação e um controle (sem termorretificação). Os ensaios de propriedades físicas foram realizados segundo a norma ABNT NBR 7190:1997 e os testes de usinagem obedeceram a norma ASTM D 1666-87 – 1994. As análises colorimétricas foram realizadas através do sistema CIE-L*a*b* com auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta. Os resultados mostraram que a termorretificação levou a diminuição da densidade aparente, do teor de umidade de equilíbrio e da variação volumétrica das amostras termorretificadas. Nos testes de usinagem, de forma geral se observou uma melhora no desempenho, porém para o teste de fendilhamento por pregos notou-se que a termorretificação influenciou diretamente aceitação da madeira por pregos, obtendo-se 100% de “não aceitação” por pregos nos tratamentos termorretificadores. A termorretificação causou alteração na cor original da madeira, levando a um escurecimento da mesma, sendo este mais acentuado a 200°C, podendo assim, agregar maior valor a madeira de *Corymbia citriodora* através da criação de novos padrões de cor.

Palavras-chave: Colorimetria, estabilidade dimensional, sistema CIE-L*a*b*, tratamento térmico.

ABSTRACT

The wood of *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L.A.S. Johnson presents important features for industry and has increasingly sought techniques and procedures in order to improve the characteristics of the wood with a view to its end use, and one such technique is the treatment of heat treatment. In this context, the objectives of this study were to evaluate the technical quality of the wood *Corymbia citriodora* after heat treatment process through its physical properties, machining test and colorimetric . The heat treatment was performed in electric oven at temperatures of 160 ° C, 180 ° C and 200 ° C, totalizing four treatment, three heat treatment and a control (without heat treatment). The physical property tests were performed according to ABNT NBR 7190:1997 and machining test to ASTM D 1666-87 - 1994. The colorimetric analyzes were performed using the CIE-L * a * b * with the aid of portable spectrophotometer CM 2600d Konica Minolta. The results showed that the heat treatment led to a decrease in density, equilibrium moisture content and volumetric variation of heat treatments samples. For the machining test, in general was observed improvement in performance, but for test for splitting by nails was noted that heat treatment directly influence the mechanical strength of the wood, getting 100% of "non-acceptance" by the nails heat treatments . The heat treatment caused a change in the original color of the wood, resulting in a darkening in the wood, this being more accentuated at 200°C, thus being able add greater value to wood of *Corymbia citriodora* through the creation of new patterns of color.

Keywords: Colorimetry, dimensional stability, CIE-L * a * b *, heat treatment.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo Geral	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA	2
3.1 A Espécie Utilizada: <i>Corymbia citriodora</i>	2
3.2 Propriedades Físicas da Madeira.....	3
3.3 Usinagem e Qualidade da Madeira	4
3.4 Termorreificação da Madeira.....	5
3.5 Colorimetria	5
4. MATERIAL E MÉTODOS	6
4.1 Obtenção do Material e Confecção dos Corpos-de-prova.....	6
4.2 O Tratamento de Termorreificação.....	6
4.3 Propriedades Físicas da Madeira.....	8
4.4 Usinagem da Madeira.....	8
4.5 Análises da Cor Através do Sistema CIE-L*a*b*	10
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	12
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
6.1 Propriedades Físicas.....	12
6.2 Usinagem da Madeira.....	13
6.3 Colorimetria	14
7. CONCLUSÕES.....	16
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Plantio de *Corymbia citriodora* (A) e aspecto de sua madeira (B).
(Fonte: www.sementesarbocenter.com.br (02/12/2013); www.ipt.br (02/12/2013))...3
- Figura 2. Mufla, modelo Linn Elektro Therm usado no processo de termorretificação.....7
- Figura 3. Programa de temperatura vs. tempo dos tratamentos termorretificadores aplicados às madeiras de *Corymbia citriodora*. a: aquecimento até 100 °C. b: aumento da temperatura de 100 °C até a temperatura de termorretificação. c: tratamento de termorretificação. d: resfriamento.....7
- Figura 4. Esquema dos processos de aplainamento em oposição e concordância. (Fonte: DIAS JÚNIOR et al.,2013).....9
- Figura 5. Lixadeira de cinta utilizada durante o teste de lixamento.....9
- Figura 6. Corpo-de-prova dos ensaios de usinagem. Dp = desempenho; Fd = furação para dobradiça; Fc = furação para cavilha; Rg = rasgo; Fp = fendilhamento por pregos; Lx = lixamento. (Fonte: DIAS JÚNIOR et al.,2013).....10
- Figura 7. Espectrofotômetro portátil CM-2600d da Konica Minolta, utilizado nas medições de cor nas amostras de madeira (*Corymbia citriodora*).....11
- Figura 8. (A) Espaço de cor tridimensional do sistema CIE-L*a*b*. L*: luminosidade (eixo preto-branco). a* e b*: variáveis cromáticas (eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente). (B) Diagrama de cromaticidade (Fonte: KONICA MINOLTA, 1998).....11
- Figura 9. Presença de defeitos do tipo grã arrancada em corpo-de-prova do tratamento controle.....13
- Figura 10. Defeitos do tipo grã levantada presente nos corpos-de-prova referentes ao teste de rasgo.....14
- Figura 11. Comparação entre um corpo-de-prova com presença de rachaduras defeitos (200°C) e um isento de defeitos (controle).....14
- Figura 12. Valores médios da coordenada L* nos diferentes tratamentos.....15
- Figura 13. Valores médios da coordenada a* nos diferentes tratamentos.....15
- Figura 14. Valores médios da coordenada b* nos diferentes tratamentos.....16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Notas aplicadas nas avaliações de peças nos ensaios de usinagem. Fonte: ASTM D 1666-87 (1994).....	10
Tabela 2. Valores médios para propriedades físicas obtidos nos diferentes tratamentos.....	12
Tabela 3. Percentual médio dos corpos-de-prova segundo a ASTM 1666-87 (1994), referentes ao teste de furação.....	13

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação do homem em relação à sustentabilidade do planeta se deve ao expressivo consumo dos seus recursos naturais. Neste sentido, a madeira, um recurso natural renovável, propicia vantagens em sua utilização quando comparada a outros materiais, como ferro e plástico, não renováveis e não sustentáveis. No Brasil, vem se intensificando a exploração de florestas plantadas como fonte de matéria-prima para o setor florestal nacional, com o emprego, principalmente, dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*.

Segundo ABRAF (2013), no Brasil, cada vez mais se investe em florestas plantadas. Em 2012, a área brasileira de plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* atingiu 6,66 milhões de hectares, um crescimento de 2,2% em relação ao indicador de 2011, sendo os plantios de *Eucalyptus* 76,6% da área total e os plantios de *Pinus*, 23,4%.

O potencial da madeira serrada de eucalipto já é bastante conhecido na literatura, apresentando uma tendência crescente no sentido de canalizar esforços para viabilizar industrialmente a madeira do eucalipto. O conhecimento das propriedades da madeira associado ao domínio de sua trabalhabilidade, contribuem decisivamente para o melhor aproveitamento desse importante recurso natural. Alguns aspectos básicos como a silvicultura e a tecnologia vem se firmando cada vez mais, permitindo uma visão bastante otimista quanto à disseminação do uso da madeira desse gênero. Uma das espécies que vem atraindo bastante atenção dos produtores, é a espécie *Corymbia citriodora* por apresentar um grande potencial em sua madeira para diversos fins como: a construção civil, lenha, móveis, carvão, pisos e entre outras finalidades.

Dentro do mercado madeireiro cada vez mais vem se exige madeiras sólidas de eucalipto para fins nobres, isso tem resultado no avanço dos estudos científicos no sentido da elaboração e utilização de tratamentos no intuito de melhorar a qualidade da madeira. Dentre os tratamentos de maior destaque, a termorreificação contribui para a diminuição de características ou propriedades indesejáveis da madeira, entre elas, a instabilidade dimensional. Além dessa característica, a termorreificação pode melhorar a durabilidade natural e alterar a cor original da madeira, tornando-a mais escura, e esta mudança muito das vezes é considerada um efeito positivo no sentido estético, agregando um valor final ao produto.

A termorreificação se diferencia dos demais tratamentos por não utilizar produtos químicos nocivos ao meio ambiente, e sim por tratar a madeira a altas temperaturas, geralmente entre 150 e 250°C, por períodos que variam entre 15 minutos e 24 horas, dependendo das características do material (espécie, teor de umidade, densidade, dimensões), do processo (temperatura, tempo, presença ou ausência de oxigênio e óleos) e das características desejadas ao produto final (KAMDEM et al., 2002).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a qualidade tecnológica da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson após o processo de termorreificação.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar as propriedades físicas da madeira, como densidade aparente, teor de umidade de equilíbrio;
- Avaliar o efeito da termorreificação sobre os ensaios de usinagem da madeira (lixa, rasgo, fendilhamento por pregos, plaina e furação);
- Verificar a influência da termorreificação sobre a cor da madeira.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Espécie Utilizada: *Corymbia citriodora*

O gênero *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil por volta do início do século XIX, com evidências de que as primeiras árvores teriam sido plantadas em 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Este gênero é conhecido por sua grande variabilidade genética, pois possui centenas de espécies com propriedades físicas e químicas tão diversas que fazem com que os eucaliptos sejam usados para as mais diversas finalidades. Mesmo dentro de uma mesma espécie, as propriedades tecnológicas podem variar marcadamente, fazendo com que determinadas progênies ou procedências sejam apropriadas para um determinado processo industrial e que outras sejam utilizadas para fins menos nobres. (PEREIRA et al., 2000).

Segundo Prado (2008), entre os países localizados nos trópicos, o Brasil é considerado o terceiro com maior área de florestas plantadas, sendo superado somente pela Índia e pela Indonésia, que possuem, respectivamente, 18,9 e 8,8 milhões de hectares com plantios florestais. Essas áreas são reflorestadas por espécies de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus* ou *Pinus*. Os avanços obtidos através do melhoramento genético e das práticas silviculturais favoreceram o estabelecimento de plantios melhores adaptados, com alta produtividade e de melhor qualidade.

Estudos baseados em características morfológicas e moleculares permitiram a reclassificação do gênero *Eucalyptus* Hill & Johnson (1995) propuseram uma nova classificação, excluindo as espécies chamadas de *bloodwood*, formando com estas um novo gênero denominado *Corymbia*. Neste novo gênero foram incluídas 113 espécies, entre elas o *Eucalyptus citriodora* Hook, espécie selecionada para este estudo e classificada então como *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (nomenclatura adotada neste trabalho).

A espécie *Corymbia citriodora* apresenta árvores de grande porte, podendo atingir uma altura superior a 50 m e um diâmetro à altura do peito (DAP) de 1,20 m, de tronco retilíneo, coberto por casca cinza não persistente e de cor pálida, como ilustra a Figura 1-A.

É uma das espécies exóticas mais cultivadas no Brasil, com a área de plantio estimada em 85.000 ha, sendo sua maior concentração nos Estados de Minas Gerais e São Paulo (INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, 2013).

Sua madeira (Figura -B) apresenta alta densidade (densidade aparente à 15 % de umidade de $1,04 \text{ g.cm}^{-3}$ e densidade básica de $0,867 \text{ g.cm}^{-3}$), cerne e albarno distintos pela cor, sendo o cerne de cor parda e o albarno branco amarelado, não apresenta brilho, sua textura varia de fina a média e apresenta grã variável podendo ser regular ou irregular (ondulada ou reversa) (KROKAN, 2002)

O cerne é de difícil trabalhabilidade devido à baixa permeabilidade enquanto que o albarno é bastante permeável. A madeira é resistente ao apodrecimento, porém susceptível à ação de xilófagos marinhos. Apresenta boas características de aplainamento, lixamento, furação e acabamento, podendo ser indicada para plantios visando usos múltiplos, sendo utilizada para construções, estruturas, caixotaria, postes, dormentes, mourões, lenha e carvão (BOLLAND et al., 1994).



Figura 1. Plantio de *Corymbia citriodora* (A) e aspecto de sua madeira (B).
(Fonte: www.sementesarbocenter.com.br (02/12/2013);

3.2 Propriedades Físicas da Madeira

Considera-se que, dos parâmetros físicos de qualidade da madeira, a massa específica básica é um dos mais importantes e relaciona-se à estrutura anatômica e composição química (HILLIS & BROWN, 1984), incluindo a resistência mecânica, estabilidade dimensional e qualidade da superfície usinada (LOPES, 2007).

A massa específica (densidade) está relacionada à composição química e a quantidade de material lenhoso por unidade de volume ou, pelo contrário, do volume de espaços vazios presentes na madeira (BURGER & RICHTER, 1991).

A densidade é uma das características mais importantes da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas propriedades físicas e tecnológicas. De maneira geral, as madeiras pesadas são mais resistentes, elásticas e duras, se comparada com as leves, porém, em paralelo a estas vantagens, são de mais difícil trabalhabilidade (MORESCHI,

19??). O conhecimento da massa específica serve como uma informação útil para a classificação de uma madeira sobre sua qualidade e uso, devido ao alto grau de correlação existente entre a densidade, resistência mecânica e durabilidade natural da madeira (SCHILLING et al., 1997).

A variação dimensional, da mesma forma, constitui um importante parâmetro da madeira para aplicação em movelaria, estando relacionada à disposição dos raios na seção longitudinal radial e pelo ângulo das microfibrilas na parede das fibras (SILVA & OLIVEIRA, 2003).

De acordo com Trugilho et al. (2002) a massa específica básica e a variação dimensional da madeira das espécies florestais apresentam correlação positiva, sendo que as de maior massa de madeira/volume apresentam maior variação dimensional.

3.3 Usinagem e Qualidade da Madeira

O termo usinagem ou trabalhabilidade refere-se ao grau de facilidade de processar a madeira mediante o uso de instrumentos (BURGER & RICHTER, 1991), tendo como objetivo não somente cortá-la, mas produzir uma forma desejada quanto às dimensões e à qualidade da superfície, tão exato e econômico quanto for possível.

Segundo Silva et al. (2002) e Iskra & Tanaka (2005), os principais defeitos no processo de usinagem da madeira estão ligados aos seguintes parâmetros: variações das propriedades da madeira, condições das máquinas (desgastes dos componentes das máquinas - balanceamento e alinhamento), ferramentas de corte (conservação do gume de corte e a escolha da ferramenta mais adequada) e treinamento do operador (regulagem e o ajuste das máquinas). Os maiores problemas encontrados na usinagem são as características anisotrópicas e diferentes propriedades físicas e mecânicas, que dificultam a padronização das operações, ocasionando variações no rendimento e qualidade (DIAS JÚNIOR et al., 2013).

Quando a madeira é destinada para confecção de móveis, assoalhos, esquadrias e outros produtos que demandam alta qualidade da superfície, a usinagem bem executada melhora o seu desempenho frente aos processos de acabamento superficial, tornando a operação economicamente ajustada. É importante entender que a correta trabalhabilidade da madeira, requer conhecimento de suas propriedades, dos parâmetros de usinagem e de suas interações (SILVA et al., 2005).

Segundo Rozenberg & Cahalan (1997), o termo qualidade da madeira é utilizado para se expressar um conjunto de características relacionadas a uma determinada utilização. Já Biermann (1996) define o termo como sendo a adequação da madeira para um determinado propósito. Com isso, dependendo da utilização, diversas características podem ser levadas em consideração para a determinação de sua qualidade.

Segundo Kikuti, Fier & Calori (1996), a madeira de melhor qualidade é aquela que apresenta menor quantidade de defeitos, os quais lhes são intrínsecos (genéticos) ou resultantes do processo de corte, transporte, desdobro e/ou secagem da madeira.

Se o objetivo for caracterizar a qualidade da madeira para a utilização em estruturas, informações como a resistência, dureza e estabilidade dimensional seriam pertinentes, enquanto a madeira para projetos arquitetônicos poderia requerer a determinação de padrões de grã específicos ou cor. Na indústria de celulose e papel, a qualidade de madeira poderia estar fundamentada na caracterização das dimensões de fibras, densidade e na avaliação de componentes químicos como a de celulose e lignina (PUNCHES, 2004).

3.4 Termorretificação da Madeira

Nos últimos anos vem se buscando técnicas e procedimentos com o intuito de melhorar as características da madeira visando o seu uso final, com isso, existem diversos processamentos industriais da madeira em que o calor é usado, sendo, um dos tratamentos físico-químicos mais utilizados atualmente é a termorretificação.

A madeira quando submetida a altas temperaturas apresenta alteração em seu desempenho, devido à degradação de seus componentes químicos e das paredes celulares (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010). Essa degradação, está relacionada à fatores intrínsecos à madeira, tais como espécie, teor de umidade, dimensões das peças e à fatores inerentes ao processo de termorretificação, sendo eles, a temperatura, o tempo de exposição, o gradiente de temperatura e as condições da atmosfera de tratamento. Após o tratamento, a madeira apresenta uma modificação em suas propriedades, como a redução da densidade, de algumas propriedades mecânicas e a alteração da cor (KAMDEM et al., 2002).

Alguns autores verificaram que a madeira termorretificada apresenta melhorias em suas propriedades físicas e em sua durabilidade biológica quando comparada à madeira não tratada. Syrjänen (2001) afirma que a propriedade mais importante da madeira tratada termicamente é a redução do seu teor de umidade de equilíbrio e a consequente melhora na contração e no inchamento do material, quando comparado à madeira não tratada.

Weiland & Gyonnet (2003), afirmaram que a madeira termorretificada apresenta aumento significativo na estabilidade dimensional devido à redução da higroscopicidade, à degradação das hemiceluloses, à ruptura dos grupos hidroxílicos livres da região amorfa da celulose e à reticulação dos polímeros que compõem a madeira durante o tratamento.

Brito et al. (2006) ao compararem o material sólido termorretificado com a madeira em condições normais, relatam que a termorretificação fornece características diferenciadas ao corpo vegetal, algumas delas podendo se tornar interessante para aplicações diferenciadas.

3.5 Colorimetria

Colorimetria pode ser definida como a medição quantitativa das cores, que permite registrar objetivamente uma cor e de traduzi-la em dados numéricos (LAVISCI et al., 1989). Segundo Fernandes (2002), a colorimetria é a ciência da medição da cor e por meio dela, a impressão sensorial cor deixa de ser subjetiva para ser objetiva, podendo ser expressa quantitativamente, de uma forma numérica, pela medição por refletância em espectrofotômetro de um determinado objeto.

Um dos sistemas mais utilizados no mundo para mensuração de cor em objetos, de diferentes materiais, é o CIE-L* a* b* (ou CIELAB) - 1976, que consegue emitir a cor mediante os cálculos feitos através de três variáveis, onde o L* se refere à luminosidade, o a* à coordenada verde-vermelho e b* à coordenada azul-amarelo. Esse sistema torna-se importante, pois permite uma classificação por cor com ajuda das coordenadas cromáticas, o que pode, por exemplo, melhorar o preço da madeira no mercado, além de tornar o produto mais homogêneo quanto ao seu desenho e textura, e se transformar em um critério relevante na hora da compra (JANIN et al., 2001).

Tendo em vista sempre o produto ou uso final, a determinação da cor se destaca como um fator adicional e importante para a caracterização da qualidade da madeira, pois influencia diretamente no aspecto visual e conseqüentemente, na sua comercialização (MOYA; MARIN, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do Material e Confeção dos Corpos-de-prova

Para a realização deste estudo, foram utilizadas árvores de *Corymbia citriodora* de aproximadamente 60 anos de idade, obtidas em plantios no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, Rio de Janeiro. Após o abate das árvores, as toras foram levadas para o Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (LPM) – DPF-IF-UFRRJ, onde foram confeccionados os corpos-de-prova a serem usados no estudo. Uma vez prontos, as amostras ou corpos-de-prova foram encaminhadas para a câmara climatizada, ajustada nas condições de 20°C e 65% de umidade relativa, aonde ficaram por cerca de 5 semanas até que atingissem equilíbrio em torno de 12% de umidade.

Para o teste de usinagem, foram feitos um total de 40 corpos-de-prova, segundo a norma ASTM D 1666-87, sendo 10 repetições para cada tratamento térmico. As amostras foram tratadas termicamente para as temperaturas de 160°C, 180°C e 200°C. Para efeitos de comparação, um lote foi deixado como controle, gerando assim 4 tratamentos.

Com objetivo de se evitar a densidade como co-variável, foi feito um teste de comparação entre as médias das densidades aparentes, antes da madeira ser termorretificada, ao nível de 5% de significância, pelo teste F.

Para determinação das propriedades físicas foi utilizada a norma NBR 7190:1997, e os testes feitos foram: variação volumétrica, teor de umidade de equilíbrio e densidade aparente. Para tal foram feitos 10 repetições para cada tratamento térmico e também para o controle, totalizando assim 40 amostras.

4.2 O Tratamento de Termorretificação

Os procedimentos térmicos foram realizados no Laboratório de Energia da Madeira/DPF, utilizando-se de uma mufla elétrica, modelo Linn Elektro Therm (Figura 2), equipada com um sistema de controle de temperatura e tempo. Para cada batelada de corpos-de-prova (de cada tratamento), 10 amostras foram acondicionadas no interior do forno mufla, sendo empilhadas de maneira que permitisse a circulação do calor entre as peças.

Os tratamentos de termorretificação foram realizados em quatro etapas, sendo utilizadas três diferentes temperaturas de termorretificação: 160, 180 e 200°C. As quatro etapas foram: (1) aquecimento das amostras até 100°C: período correspondente à 2 horas; (2) aumento da temperatura de 100°C até a temperatura de termorretificação (160, 180 ou 200°C): período correspondente à 30 minutos; (3) tempo de tratamento na temperatura de termorretificação desejada: período correspondente à 1 hora e 30 minutos e (4) resfriamento do material durante aproximadamente 2 horas. A Figura 3 apresenta o ciclo total do tratamento de termorretificação, correspondente a 6 horas. As condições de temperatura e tempo dos tratamentos termorretificadores foram estipuladas com base na literatura.



Figura 2: Mufla, modelo Linn Elektro Therm utilizada no processo de termorreificação.

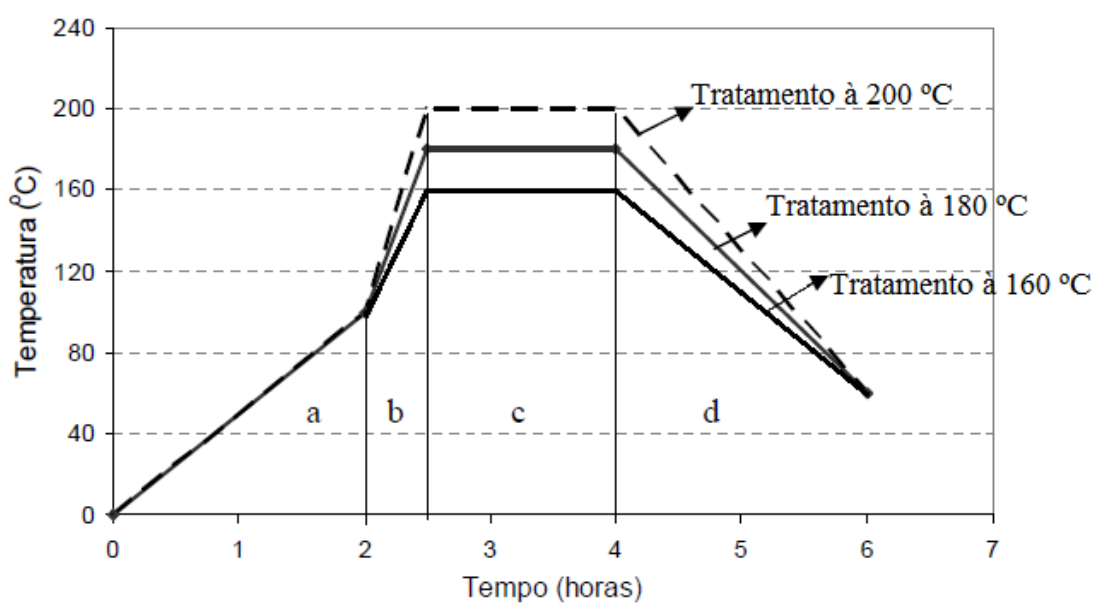


Figura 3. Programa de temperatura vs. tempo dos tratamentos termorreificadores aplicados às madeiras de *Corymbia citriodora*. a: aquecimento até 100 °C; b: aumento da temperatura de 100 °C até a temperatura de termorreificação; c: tratamento de termorreificação; d: resfriamento.

Após o processo de termorreificação os respectivos corpos-de-prova foram submetidos aos diferentes testes.

4.3 Propriedades Físicas da Madeira

As propriedades físicas foram determinadas seguindo-se os procedimentos descritos na norma nacional para projetos de estruturas de madeira, ABNT NBR 7190:1997. Foram realizados os ensaios para determinação das propriedades físicas: teor de umidade de equilíbrio, densidade aparente e variação volumétrica, nos diferentes tratamentos com ou sem a termorretrificação, visando-se encontrar diferenças entre os mesmos.

A densidade aparente (determinada pela Equação 1) pode ser entendida como uma massa específica convencional, definida pela razão da massa e o volume de corpos-de-prova a 12% de umidade. Para atingirem esta umidade foi preciso acomodar os corpos-de-prova na câmara climatizada, sob condições de 65% de umidade relativa do ar e temperatura de 20°C.

$$\rho_{ap} = m_i / V_i \quad \text{Equação 1}$$

Onde: m_i corresponde à massa no teor de umidade encontrado, em g; V_i corresponde ao volume obtido no teor de umidade encontrado, em cm^3 .

Para a determinação do teor de umidade de equilíbrio, se utilizou a Equação 2.

$$TUE_{fv} = (P_U - P_S) / P_S \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde, TUE_{fv} : teor de umidade (%); P_U : peso da amostra obtido após acondicionamento em câmara climática à 20°C e 65% UR (g); P_S : peso seco da amostra obtido após secagem em estufa à $103 \pm 2^\circ\text{C}$ (g).

4.4 Usinagem da Madeira

Após o tratamento térmico, as amostras foram submetidas a testes de usinagem da madeira, baseados nos parâmetros estabelecidos pela norma ASTM D 1667-87(1994) e assim foram avaliados os principais defeitos e intensidades. Os ensaios de usinagem referem-se a testes que caracterizam o comportamento da madeira em simulações de utilização quanto ao aplainamento, lixamento, furação, torneamento e aplicação de pregos. Os corpos-de-prova com dimensões de 30cm x 12,5cm x 2,5cm, foram submetidos aos ensaios acima citados e posteriormente se avaliou os principais defeitos sendo verificada a intensidade de ocorrência sobre as peças.

No teste de plaina foi utilizada uma plaina desgrossadeira de 2 facas, com velocidade de alimentação de $6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ e rotação de 3600 rpm, com espessura de corte de 3 mm e o ângulo de ataque de 30° . Nesta operação, os corpos-de-prova foram analisados quanto a presença de defeitos como, arrancamento de grã e arrepiamento nas superfícies das peças, em sentido concordante (AB) e discordante (BA) em relação à grã, ou sentido de crescimento vertical do fuste da árvore (Figura 3).

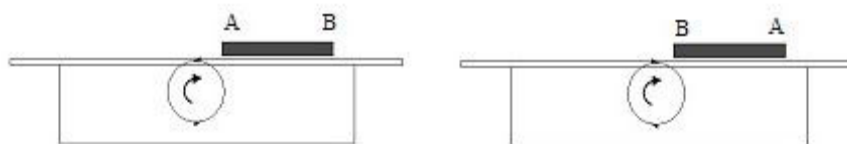


Figura 4. Esquema dos processos de aplainamento em oposição e concordância. (Fonte: DIAS JÚNIOR et al.,2013).

Para os ensaios de lixamento foi utilizada uma lixadeira de cinta (Figura 4), com dimensão da lixa de 1000 x 150m e de granulometria da lixa de 120. A face lixada por meio de pressão foi a mesma utilizada no teste de plaina, e o processo de lixamento se deu durante um período de 60 segundos, analisando-se defeitos como riscamento de superfície e grã felpuda.



Figura 5. Lixadeira de cinta utilizada durante o teste de lixamento.

Para o teste de furação, utilizou-se uma furadeira de coluna de 1 hp. Nos ensaios de furação para cavilha (Fc), realizado com furadeira vertical de bancada, foram utilizadas brocas helicoidais de aço de 6, 8 e 12 mm de diâmetro com duas perfurações por amostra. Os furos foram feitos com distância de 25 mm entre eles e das bordas. Já no teste de furação para dobradiça (Fd) a mesma furadeira foi equipada com broca chata de 26mm. Foram realizados dois furos, sendo um passante e outro não passante, sendo avaliado a presença de esmagamento de grã, grã felpuda e/ou arrancamentos de cavacos.

No teste de rasgo, foi usada uma furadeira horizontal RAIMANN de movimentos manuais, equipada com broca helicoidal de 8 mm e corte a direita, avaliando-se posteriormente a presença de defeitos como grã levantada, arrancada e felpuda.

No teste de fendilhamento por pregos, foram utilizados pregos 15x15 com 35 mm de comprimento e 2,4 mm de diâmetro. Os pregos foram transpassados em uma das extremidades de cada amostra de madeira, a 10 mm de suas bordas e com um espaçamento de 20 mm entre si, empregando-se um martelo de 425g. Neste ensaio, levou-se em consideração a presença de rachaduras ou trincas dos parâmetros analisados. Os detalhes destes testes podem ser observados na Figura 5.

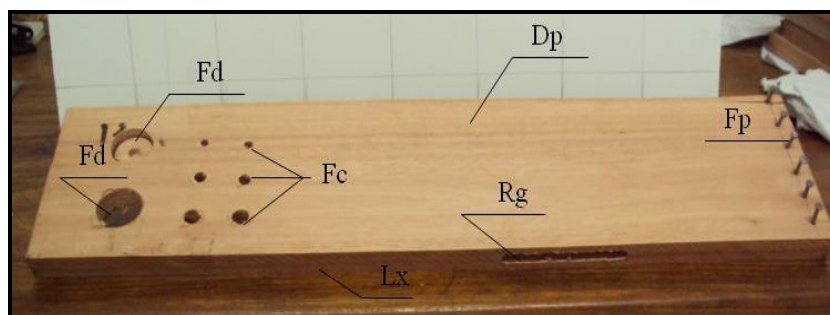


Figura 6. Corpo-de-prova dos ensaios de usinagem. Dp = desempenho; Fd = furação para dobradiça; Fc = furação para cavilha; Rg = rasgo; Fp = fendilhamento por pregos; Lx = lixamento. (Fonte: DIAS JÚNIOR et al.,2013).

Após a realização dos testes foi realizada a qualificação visual dos corpos-de-prova, com a atribuição de notas que variaram de 1 a 5, relacionadas aos defeitos preestabelecidos e descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Notas aplicadas nas avaliações de peças nos ensaios de usinagem:

Nota	Classificação	Defeitos
1	Excelente	Ausência de defeitos
2	Bom	Presença de menos de 50% de defeitos
3	Regular	Presença de 50% de defeitos
4	Ruim	Presença de mais de 50% de defeitos
5	Muito Ruim	Presença de 100% de defeitos

Fonte: ASTM D-1666-87 (1994).

4.5 Análises da Cor Através do Sistema CIE-L*a*b*

As análises colorimétricas foram realizadas nas amostras termorretificadas, bem como no tratamento controle (sem termorretificação), com o auxílio do espectrofotômetro portátil CM-2600d, versão 1.41, da Konica Minolta (Figura 6), disponível no Departamento de Produtos Florestais (IF, UFRRJ). Este aparelho propiciou a realização de medições de cor através do contato direto entre a superfície da amostra, em pontos pré-determinados, e a área de iluminação do aparelho, com diâmetro de abertura de 3 mm (SAV), com o iluminante D65 e ângulo de observador de 10°.



Figura 7. Espectrofotômetro portátil CM-2600d da Konica Minolta, utilizado nas medições de cor nas amostras de madeira (*Corymbia citriodora*).

Para as análises da colorimetria dos tratamentos foi utilizado o sistema CIE- $L^*a^*b^*$, o qual segue a norma *Commission Internationale de L'Éclairage* (CIE), caracterizada por três diferentes coordenadas (L^* , a^* e b^*) em um espaço de cor tridimensional tal como apresentado na (Figura 7A), onde L^* representa a luminosidade, a qual varia de zero (preto) a 100 (branco), enquanto que a^* e b^* representam as coordenadas cromáticas variando de -60 à +60. No diagrama CIE- $L^*a^*b^*$, os sinais positivos e negativos significam: $+a^*$ aumento na cor vermelha, $-a^*$ aumento na cor verde, $+b^*$ aumento na amarela e $-b^*$ aumento na cor azul tal como mostrado no diagrama de cromaticidade na Figura 8B (KONICA MINOLTA, 1998).

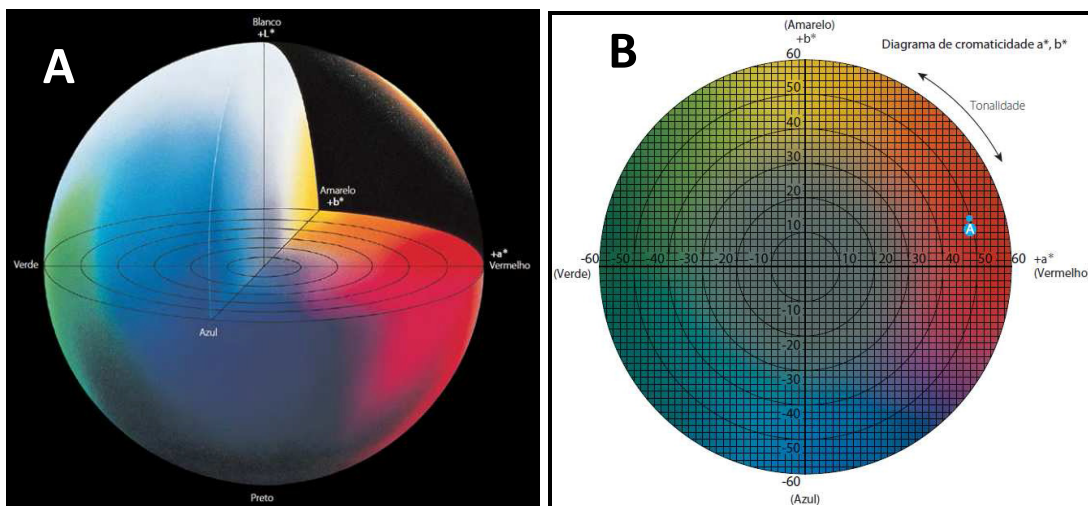


Figura 8. (A) Espaço de cor tridimensional do sistema CIE- $L^*a^*b^*$. L^* : luminosidade (eixo preto-branco). a^* e b^* : variáveis cromáticas (eixos verde-vermelho e azul-amarelo, respectivamente). (B) Diagrama de cromaticidade (Fonte: KONICA MINOLTA, 1998).

Para cada amostra, foram determinadas as variáveis L^* , a^* e b^* somente em um dos lados, com cinco observações por amostra. Após as medições, os dados foram transportados para software Microsoft Office Excel para as análises posteriores.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Por meio do programa Statistica 10, efetuou-se a análise estatística dos resultados de densidade aparente dos corpos-de-prova utilizados nos testes de usinagem e cor. Quando o valor encontrado no teste “F” foi significativo, foram aplicados testes de comparação de médias ao nível de 5% de significância.

Do mesmo modo, procedeu-se para a análise de cor, levando em consideração as variáveis L^* , a^* e b^* , as quais atenderam aos teste de normalidade e homogeneidade de variâncias, quando encontradas diferenças significativas, foram aplicados testes de comparação de médias ao nível de 5% de significância.

Com relação aos testes de usinagem, os resultados foram avaliados apenas por frequência das notas dadas aos diferentes corpos-de-prova nos diferentes testes.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Propriedades Físicas

Os valores médios obtidos para as propriedades físicas da madeira de *Corymbia citriodora* nos diferentes tratamentos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para propriedades físicas obtidos nos diferentes tratamentos.

Tratamento	TUE (%)	D_{ap} (g/cm ³)
Controle	12%	1,02
160°C	11%	0,96
180°C	10%	0,94
200°C	9%	0,91

Onde: TUE: Teor de umidade da madeira em %; Da: Densidade aparente em g/cm³

Os tratamentos termorretificadores apresentaram redução nos valores de teor de umidade de equilíbrio em relação ao tratamento não termorretificado, apresentando redução média de 8,33%, 16,66% e 25% após os tratamentos de 160°C, 180°C e 200°C, respectivamente. A redução no teor de umidade de equilíbrio conforme aponta Kocaeffe (2008), está ligada as modificações químicas que ocorrem nos constituintes da parede celular, tornando a madeira menos higroscópica, apresentando um menor teor de umidade de equilíbrio.

Verificou-se que a termorretificação provocou uma redução na densidade aparente, apresentando reduções médias de 5,8%; 7,84% e 10,78%, após os tratamentos de 160°C, 180°C e 200°C, respectivamente, evidenciando o aumento da variação da densidade com o aumento da temperatura. Esses resultados já eram esperados, pois Nunes (2012) e Brito et al. (2006) observaram também que a densidade da madeira termorretificada tende a diminuir quando comparada à densidade da madeira original, isto pode estar relacionado ao processo de decomposição térmica de parte da lignina pelo rompimento de algumas das suas ligações químicas, à eliminação de água resultante principalmente da degradação das hidroxilas presentes na madeira e à volatilização dos extrativos.

6.2 Usinagem da Madeira

Para o teste de plaina, as amostras apresentaram desempenho mais satisfatório nos tratamentos termorretificadores nos dois sentidos, concordante e discordante em relação a grã, no qual o tratamento de 200°C foi o que recebeu as melhores notas no sentido concordante, com uma média percentual de 60% de notas 1 (excelentes). Já no sentido discordante, o tratamento de 160°C foi o melhor, recebendo 50% das notas 2 (bom). Neste teste observou-se a presença do defeito tipo grã arrancada, como ilustra a Figura 8.

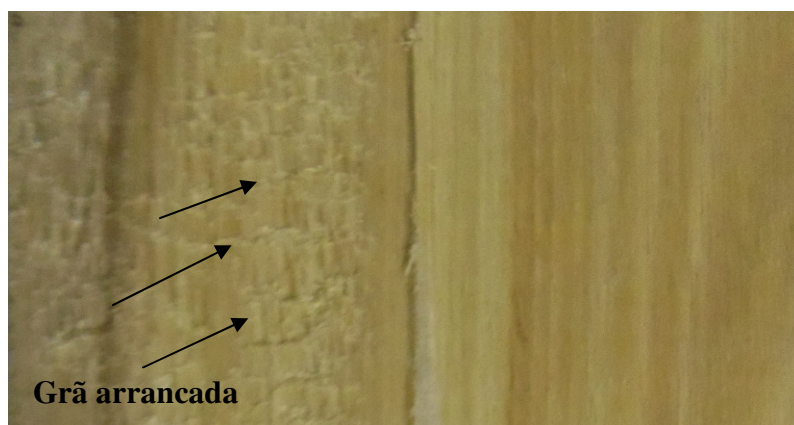


Figura 9. Presença de defeitos do tipo grã arrancada em corpo-de-prova do tratamento controle.

No teste de lixamento foram verificados melhores resultados nos tratamentos das extremidades, ou seja, o controle e o 200°C, que receberam 100% de notas 1 (excelentes). Os demais tratamentos receberam notas entre 1 e 2, notando-se de forma geral bons resultados para o este teste.

Para o teste de furação notou-se o comportamento crescente das notas excelentes, relacionado ao aumento da temperatura de termorretificação, como pode-se observar na Tabela 3.

Tabela 3. Percentual médio dos corpos-de-prova segundo a norma ASTM 1666-87 (1994), referentes ao teste de furação:

Percentual médio dos corpos-de-prova classificados (%)				
Tratamento	Excelente	Bom	Regular	Ruim
Controle	12	54	34	0
160°C	22	56	22	0
180°C	36	46	18	0
200°C	38	42	20	0

No teste de rasgo, o tratamento de 180°C foi o que apresentou as melhores notas, com 80% das notas 1 (excelentes). Foram notados a presença do defeito do tipo grã levantada, como mostra a Figura 9.

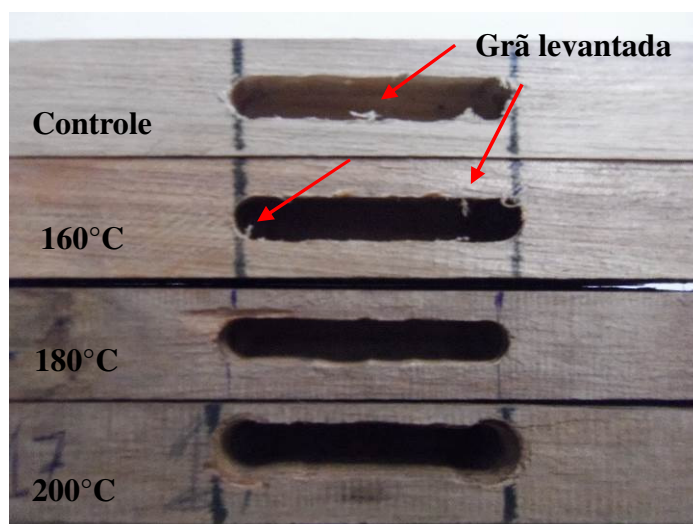


Figura 10. Defeitos do tipo grã levantada presentes nos corpos-de-prova referentes ao teste de rasgo.

No teste de fendilhamento por pregos foram observados resultados interessantes. Todos os tratamentos de termorretificação tiveram 100% de “não aceitação”, enquanto que no tratamento controle se obteve 70% dos corpos-de-prova com “aceitação” por pregos, evidenciando o efeito direto da termorretificação nas propriedades mecânicas da madeira, como a resistência. Essa diferença pode ser vista na Figura 10.

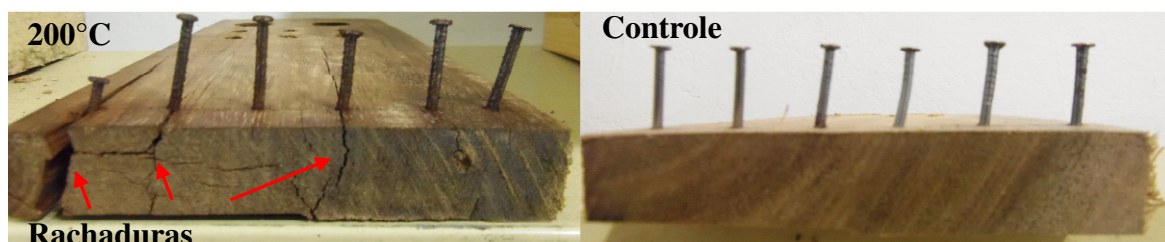


Figura 11. Comparação entre um corpo-de-prova com presença de rachaduras (200°C) e um isento de defeitos (controle).

6.3 Colorimetria

A coordenada L^* da madeira de *Corymbia citriodora*, apresentou redução significativa após a termorretificação da madeira, sendo esta redução acentuada com o aumento da temperatura.

Para a madeira do tratamento controle (sem termorretificação), a coordenada L^* apresentou um valor médio de 63,22, enquanto que para as madeiras termorretificadas, à 160°C, 180°C e 200°C, os valores médios foram 58,89, 51,64 e 44,57, correspondendo a decréscimos de 6,8%, 18,3% e 29,5% na luminosidade, respectivamente.

Os valores médios da coordenada L^* nos diferentes tratamentos podem ser vistos na Figura 11, se mostraram estatisticamente diferentes entre si à 5% de significância a partir do teste Tukey.

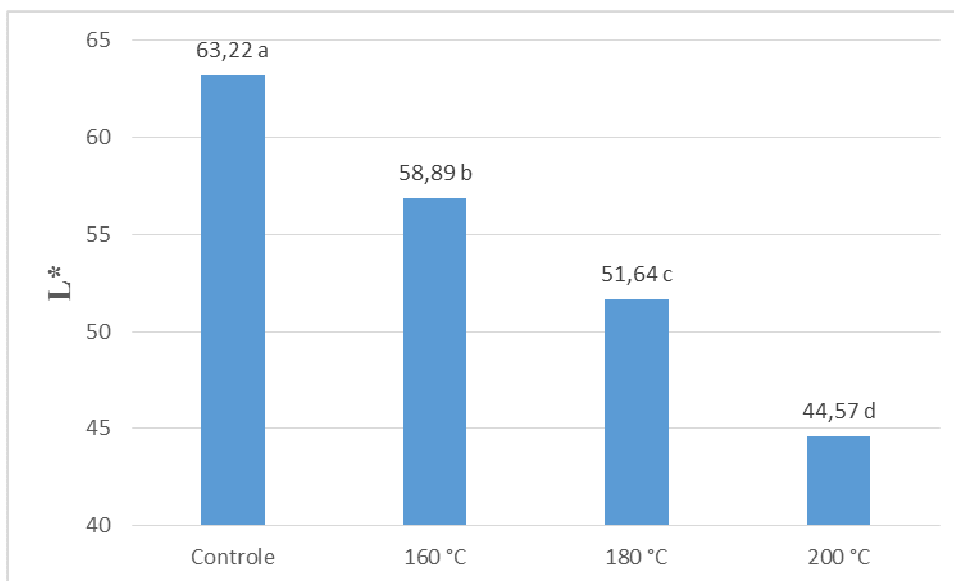


Figura 12. Valores médios da coordenada L* nos diferentes tratamentos.

O decréscimo do valor da coordenada L* após os tratamentos de termorretificação significa o escurecimento da madeira, comportamento também observado por diversos autores para diferentes espécies (ESTEVES et al., 2008; DUBEY et al., 2011; NUNES, 2012).

Para a coordenada cromática a*(vermelho), a termorretificação causou um acréscimo nos seus valores. O tratamento controle apresentou um valor de 8,45, enquanto que os tratamentos com termorretificação a 160°C, 180°C e 200°C apresentaram valores de 9,39, 9,89 e 10,01, correspondendo a acréscimos de 11,1, 17,04 e 18,46% na tonalidade vermelha, respectivamente.

Os valores médios da coordenada a* para o tratamento controle se mostrou estatisticamente diferente em relação aos demais tratamentos, como ilustra a Figura 12.

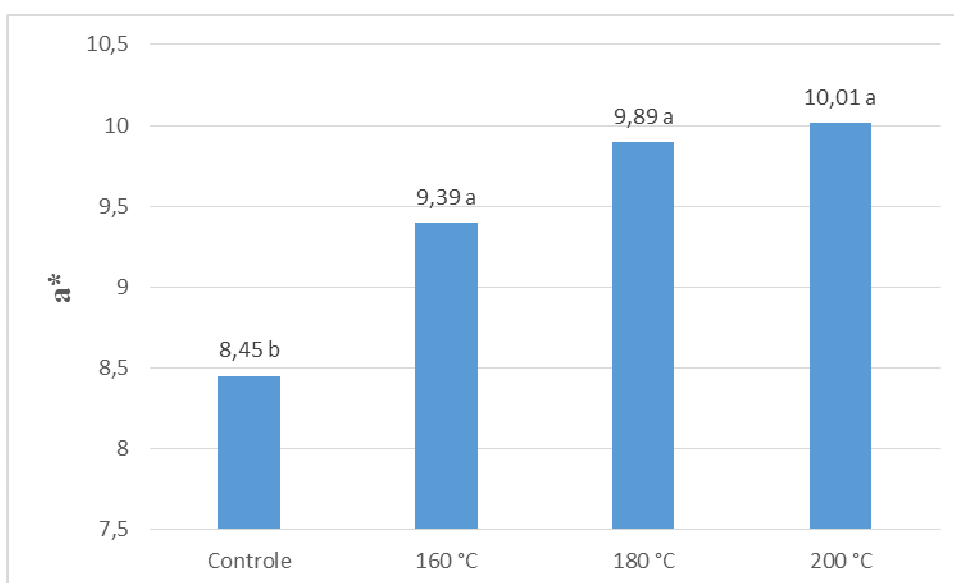


Figura 13. Valores médios da coordenada a* nos diferentes tratamentos.

Para a coordenada cromática b^* , a termorretificação causou um decréscimo nos seus valores. O tratamento controle apresentou um valor de 22,32, enquanto que nos tratamentos em que procedeu-se as termorretificações a 160°C, 180°C e 200°C, foram observados valores de 21,05, 20,73 e 19,08, correspondendo a decréscimos de 5,68, 7,12 e 14,51% na tonalidade amarela, respectivamente.

Os valores médios da coordenada b^* para o tratamento controle se mostraram estatisticamente diferentes em relação aos outros tratamentos, como ilustra a Figura 13.

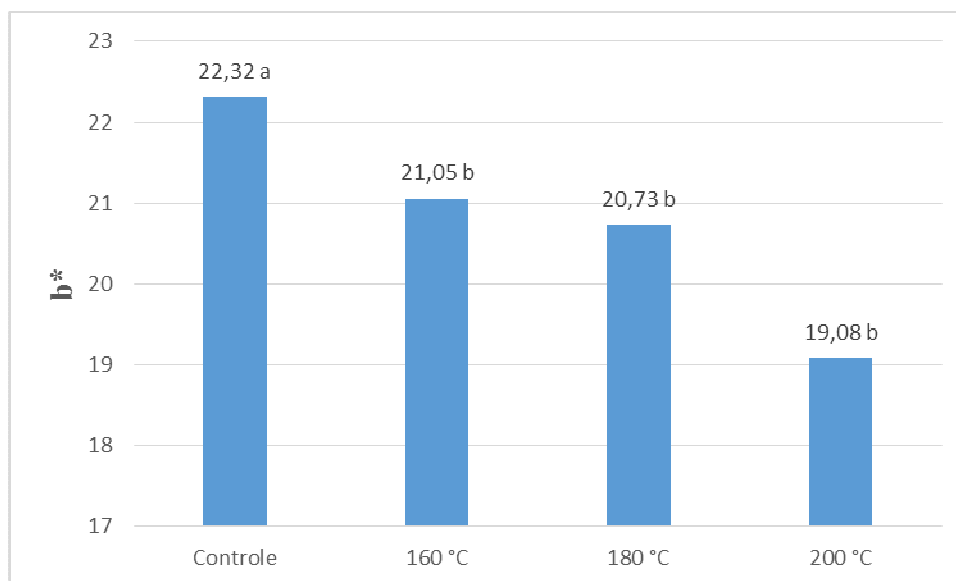


Figura 14. Valores médios da coordenada b^* nos diferentes tratamentos.

O decréscimo do valor da coordenada b^* após os tratamentos de termorretificação significa a diminuição da tonalidade amarela na cor da madeira. Este resultado corrobora com os resultados obtidos por Ahajji et al. (2009) em que o tratamento térmico ocasionou uma redução de b^* para a madeira de faia (*Fagus sylvatica*).

7. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, pôde-se concluir que:

- O processo de termorretificação causou um decréscimo na densidade aparente e no teor de umidade de equilíbrio, tornando-a mais estável sob o ponto de vista dimensional.
- De maneira geral, a usinagem da madeira apresentou melhores resultados em amostras que passaram pela termorretificação, entretanto a madeira termorretificada não aceita bem o fendilhamento por pregos, evidenciando o fato de que a termorretificação influencia diretamente nas propriedades mecânicas da madeira.

- A termorretificação influencia diretamente na coloração da madeira, variando seu padrão de cor, deixando-a mais escura.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013.

AHAJJI, A.; DIOUF, P. N.; ALOUI, F.; ELBAKALI, I.; PERRIN, D.; MERLIN, A.; GEORGE, B. Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives. **Wood Science and Technology**, v. 43, p. 69-83, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1666-87**: Standard method for conducting machining tests of wood and wood base materials (reapproved 1994). Philadelphia, 1995. p. 226 - 245.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Estruturas de Madeira: NBR 7190**. Rio de Janeiro, ABNT, 1997. 107p.

BIERMANN, C.J., Handbook of Pulping and Papermaking. San Diego. **Academic Press**. ed.2, 754p. 1996.

BOLLAND, D. J.; BROOKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M. **Forest trees of Australia**. 4. ed. Melbourne: CSIRO, 1994. 703p.

BRITO, J. O.; GARCIA JUNIOR, B.; PESSOA, A. M. C.; SILVA, P. H. M. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 182-188, 2006.

BURGER, L.M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 180p.

DIAS JÚNIOR, A. F., DOS SANTOS, P. V., PACE, J. H. C., DE CARVALHO, A. M., & LATORRACA, J. V. F. CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE QUATRO ESPÉCIES FLORESTAIS PARA USO EM MOVELARIA. **Ciência da Madeira** (Braz. J. Wood Sci.), Pelotas, v. 04, n. 01, p. 93-107, Maio de 2013.

DUBEY, M. K.; PANG, S.; WALKER, J. Effect of oil heating age on colour and dimensional stability of heat treated *Pinus radiata*. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 69, p. 255-262, 2011.

ESTEVES, B.; VELEZ, M. A.; DOMINGOS, I.; PEREIRA, H. Heat induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) wood. **Wood Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 369-384, 2008.

FERNANDES, A. C. **Protótipo de visualização para modelos de cor para medição de objetos em espectrofotômetros por reflectância**. Blumenau, 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook - **Wood as an engineering material**. General Technical Report FPL–GTR–190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010, 508 p.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. Systematic studies in eucalyptus. 7. A revision of the bloodwoods genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, v. 6, p. 173-505, 1995.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. Eucalypts for wood production. 2nd ed. Melbourne: CSIRO; **Academic Press**, 1984. 434 p

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS – IPEF. <http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/citriodora.asp>. Acessado dia 30/11/2013.

ISKRA, P.; TANAKA, C. The influence of wood fiber direction, feed rate, and cutting width on sound intensity during routing. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v.63, n.3, p.167-172, 2005.

JANIN, G.; GONÇALEZ, J. C.; ANANIAS, R.; CHARRIER, B.; SILVA, G. F.; DILEM, A. Aesthetics appreciation of wood colour and patterns by colorimetry: part 1, colorimetry theory for the CIELAB system. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, San José, v. 3, n. 1/2, p. 3-13, 2001.

KAMDEM, D. P.; PIZZI, A.; JERMANNAUD, A. Durability of heat-treated wood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 60, p. 1-6, 2002.

KIKUTI, P.; FIER, I.S.N.; CALORI, J.V. Produção de madeiras de reflorestamento de alta qualidade. **Revista da madeira**, v.5, n.30, p.8-13, 1996.

KOCAEFE, D.; PONCSÁK, S.; DORÉ, G.; YOUNSI, R. Effect of heat treatment on the wettability of white ash and softmaple by water. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 66, n. 5, p. 355-361, 2008.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor: Controle de qualidade da percepção à instrumentação**. 1998, 59 p.

KROKAN, F. J. N. **Inventário florestal das áreas reflorestadas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretária do estado de Meio Ambiente/ Instituto Florestal, 2002. 148p.

LAVISCI, P.; JANIN, G.; UZIELLI, L. Qualité du bois de six essences du maquis méditerranéen. **Forêt Méditerranéenne**, Marseille, t. XI, n°1, julho 1989.

LOPES, C. S. D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria**. 2007.Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007.

MORESCHI, J.C. **Propriedades da Madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná, s/d.

MOYA, R.; MARIN, J. D. Grouping of *Tectona grandis* (L.f.) clones using wood color and stiffness. **New Forests**, Dordrecht, v. 42, p. 329-345, 2011.

NUNES, Cintia Silva. **Propriedades tecnológicas e qualidade de adesão de madeiras de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus pellita* termorretrificadas**. 2012. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

PEREIRA, J.C.D.; STURION, J.A.; HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; SHIMIZU, J.Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2000. 113p. (Embrapa Florestas Documentos, 38).

PRADO, J. N. País avança em plantios de coníferas e exóticas. **Revista da Madeira**, n. 110, 2008.

PUNCHES, J. **Tree growth, forest management, and their implications for wood quality**. Oregon State University. 8p. 2004.

ROZENBERG, P.; CAHALAN, C. Spruce and wood quality: Genetic Aspects (A Review). **Silvae Genetica**. v.46, n.5, p.270-274. 1997.

SCHILLING, A.C.; SCHNEIDER, P.R.; HASELEIN, C.R.; FINGER, C. A. G. Influência da desrama sobre a densidade de primeiros desbaste de *Pinus elliottii* Engelman. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 77-89, 1997.

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

SILVA, J.R.M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden**. 2002. 179f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, J.R.M; MUÑIZ, G.I.B; LIMA, J.T; BONDUELLE, A.F. Relações da usinabilidade com a morfologia das fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 29, n. 3, p. 479-487, 2005.

SYRJÄNEN, T. Production and classification of heat treated wood in Finland. IN: RAPP, A.O. Review on heat treatments of wood. In: Special Seminar: ENVIRONMENTAL OPTIMISATION OF WOOD PROTECTION, 2001. Antibes, France. **Proceedings...** Antibes, France: COST ACTION E 22, 2001, p.11-20.

TRUGILHO, P. F. et al. Variação dimensional e densidade da madeira em árvore de *Eucalyptus*. In: ENCONTRO NACIONAL EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** São Carlos: IBRAMEM, 2002.