

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

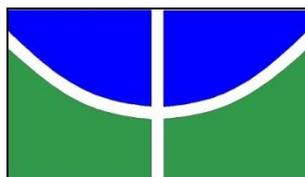
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Amanda de Freitas Meireles**

**EFEITO DA FOTODEGRADAÇÃO ARTIFICIAL EM LÂMINA DE MADEIRA  
DE MOGNO (*Swietenia macrophylla* King) TRATADA COM UM PRODUTO DE  
ACABAMENTO.**

Brasília-DF

2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Efeito da fotodegradação artificial em lâmina de madeira de mogno *Swietenia macrophylla* King) tratada com um produto de acabamento.

Aluna: Amanda de Freitas Meireles

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Produtos Florestais

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez

Coorientadora: Msc. Marcella Hermida de Paula

Projeto de pesquisa a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília, dezembro de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Durante quase seis anos vivi momentos únicos e inesquecíveis que graças a UnB pude vivenciar. Muitas pessoas foram essenciais na minha graduação, desde aqueles que convivi por muito pouco tempo ou mesmo aos que estiveram sempre ao meu lado, do início ao fim dessa jornada.

Agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida, saúde e disposição para enfrentar todas as adversidades no meio do caminho.

Aos meus pais Ivan Meireles e Enilva Maria de Freitas e meus irmãos por me ajudarem durante toda a graduação e por sempre me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos. À vocês dedico meu amor incondicional.

Ao meu orientador Dr. Joaquim Gonzalez por ter disponibilizado todo material necessário para a viabilização do trabalho, além dos ensinamentos e orientação.

À minha coorientadora doutoranda Marcella Hermida que tenho profunda admiração e respeito. Obrigada primeiramente pela sua paciência, por estar sempre disposta (em qualquer dia e horário da semana) a estender a mão e me ajudar, com ensinamentos, críticas, conselhos, incentivo e bom humor. Sou eternamente grata.

Ao Laboratório de Tecnologia da Madeira e a todo o Departamento de Engenharia Florestal, em especial os doutorandos Roberta Souza e Robert Mesquita e a mestranda Gabriela Neves pelo apoio e auxílio no desenvolvimento do trabalho.

Às minhas amigas que ganhei no curso de Engenharia Florestal, em especial a Laryssa e a Letícia, sem vocês essa aventura não teria a menor graça. A ECOFLOR pelo crescimento profissional e amizades adquiridas.

Ao Dr. Eraldo Matricardi por todo o aprendizado, carinho, amizade e por ser um pai de vez em quando.

Muito Obrigada!

## **RESUMO**

### **EFEITO DA FOTODEGRADAÇÃO ARTIFICIAL EM LÂMINA DE MADEIRA DE MOGNO (*Swietenia macrophylla* King) TRATADA COM UM PRODUTO DE ACABAMENTO.**

**Autor: Amanda de Freitas Meireles**

**Orientador: Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez**

**Coorientadora: Msc. Marcella Hermida de Paula**

**Brasília, 2017.**

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é uma espécie nativa da região amazônica e por sua madeira de qualidade é utilizada para diversos fins. O objetivo do trabalho foi simular o processo de envelhecimento artificial a partir da fotodegradação em lâminas de madeira de mogno lixadas e tratadas com cera (produto selante e impermeabilizante). Para avaliação deste processo, foram utilizadas as técnicas de colorimetria CIELAB 1976 e da rugosidade superficial da madeira em cada ciclo de tratamento. As amostras foram submetidas apenas ao lixamento e ao lixamento com cera de carnaúba a ciclos de radiação ultravioleta (UV) até perfazer um total de 456 horas de irradiação e 60°C, de acordo com norma Cool Whites. A cada ciclo as amostras foram retiradas da câmara para realização de medições de cor e de rugosidade. A cor da superfície das lâminas foram feitas pelo espectrofotômetro Color Eye – XTH- X-rite acoplado a um microcomputador e a rugosidade realizada por meio do equipamento rugosímetro SurfTest SJ-401, da marca Mitutoyo. A espécie de *Swietenia macrophylla* King sofre alterações significativas da cor ao longo do tempo de exposição; do marrom avermelhado para o vermelho escuro. O tratamento realizado com cera de carnaúba foi significativo na ação selante e impermeabilizante quando comparada a testemunha e a lixada, apesar de não ser perceptível a olho nu. A rugosidade da superfície da lâminas de mogno quando analisadas paralelamente não sofreram diferenças significativas estatisticamente em todos os tipos de tratamento.

Palavras-chave: Colorimetria, Rugosidade, Cera de Carnaúba.

## **ABSTRACT**

### **ARTIFICIAL PHOTODEGRADATION EFFECT ON WOODEN MOGNO BLADE (*Swietenia macrophylla* King) TREATED WITH A FINISHING PRODUCT.**

**Author: Amanda de Freitas Meireles**

**Advisor: Joaquim Carlos González**

**Co-advisor: Marcella Hermida de Paula**

**Brasília, 2017.**

Mogno (*Swietenia macrophylla* King) is a native species from Amazon region and because of the quality of its wood, this species is used for various purposes. The aim of the present study was to simulate the artificial aging process by photodegradation on sanded and waxed (sealant and waterproofing product) wooden mogno blades. To evaluate this process, CIELAB 1976 colorimetry and surface roughness of wood techniques were used in each cycle. The samples were only submitted to sanding and sanding with carnaúba wax to cycles of ultraviolet (UV) radiation until reaching a total of 456 hours of irradiation and 60°C according to the Cool Whites standard. In each cycle, the samples were removed from the chamber to perform color and roughness measurements. The color of the surface of the blades were done by spectrophotometer Color Eye – XTH – X-rite coupled to a microcomputer, and the roughness measurements were done by the Surftest SJ-401 roughness equipment, from Mitutoyo brand. *Swietenia macrophylla* King species undergoes significant color changes over the exposure time; from reddish brown to deep red. The sealant and waterproofing action with carnaúba wax treatment was significant when compared to the control and sanded samples, although it is not perceptible to the naked eye. Surface roughness of wooden mogno blade when analyzed in parallel did not suffer statistically significant differences in all types of treatment.

**Key-words: Colorimetry; Roughness; Carnaúba Wax.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do sistema colorimétrico CIELAB 1976. Fonte: Minolta 1998. ....	15
Figura 2 - Lixas para madeira grana 320. Fonte: O autor.....	18
Figura 3 - Acabamento selante e impermeabilizante incolor (cera carnaúba)....	19
Figura 4- Câmara de intemperismo acelerado modelo QUV/SPRAY da empresa Q-lab. Fonte: O autor.....	20
Figura 5 - Espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite.....	20
Figura 6 - Rugosímetro Mituoyo Sufitest modelo SJ-400 em esquema de utilização. Fonte: O autor. ....	22
Figura 7- Imagem do perfil da rugosidade média. Fonte: LOPES, 2014 citado por CASTRO, 2000. ....	23
Figura 8- Curvas de reflectância de lâmina de mogno com diferentes tratamentos em cada ciclo de fotodegradação.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Média dos parâmetros colorimétricos da lâmina de madeira de mogno sem tratamento (testemunha), lixadas e lixadas e tratadas com cera de carnaúba para cada período de fotodegradação. .... 24

Tabela 2- Variação total da cor ( $\Delta E$ ) na madeira de mogno antes e após os tratamentos. .... 27

Tabela 3 - Valor médio do parâmetro de rugosidade ( $R_a$ ) da lâmina de mogno em diferentes tratamentos para cada período de fotodegradação artificial. .... 31

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	12
2.1.	Objetivo Geral.....	12
2.2.	Objetivos Específicos .....	12
2.3.	Hipótese .....	12
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1.	Espécie estudada.....	12
3.2.	Fotodegradação da madeira .....	13
3.3.	Cor da madeira.....	14
3.4.	Rugosidade Superficial da Madeira.....	16
3.5.	Lixamento .....	16
3.6.	Produto Superficial de Acabamento .....	17
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1.	Origem e Preparo do corpos de prova .....	17
4.2.	Ensaio de Fotodegradação Artificial.....	19
4.3.	Colorimetria da Madeira.....	20
4.4.	Rugosidade da Madeira .....	21
4.5.	Análise Estatística.....	23
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.1.	Colorimetria da madeira de Mogno .....	24

5.2.	Rugosidade da Madeira de Mogno .....	30
6.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	32
7.	REFERÊNCIAS .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico existe um número relativamente grande de espécies de madeira conhecidas comercialmente mas poucos são os estudos relacionados às suas cores e ao comportamento sob ação da luz. A ação de agentes múltiplos externos nos componentes estruturais da madeira causa mudanças de sua cor. A radiação ultravioleta (UV) é o fator considerado mais prejudicial, pois desencadeia reações de decomposição química na madeira, principalmente em sua superfície (GONÇALEZ et al., 2010).

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) foi explorado intensamente no passado sem preocupação com sua escassez. Em função disso, esta espécie teve restrição quanto a sua exploração por muitos anos, entrando na lista de espécies ameaçadas de extinção. Hoje, sua exploração é permitida somente com o plano de manejo sustentável. Esta espécie é uma das mais procuradas pelo mercado madeireiro em função de suas propriedades mecânicas, físicas e principalmente de sua cor. Tanto como madeira maciça como em lâminas a madeira de mogno tem uma ampla utilização, por exemplo, mobiliário, painéis, objetos de adorno, folhas faqueadas decorativas, usos interiores, entre outros (EFFGEN, 2005; LOUREIRO et al, 1979).

As propriedades sensoriais que aguçam os órgãos sensitivos, como a cor, o cheiro, o gosto, a textura, e o desenho que aparece no material irão influenciar diretamente no valor ornamental da peça (MORESCHI, 2005). As lâminas de madeira são utilizadas em larga escala na indústria moveleira, em componentes estruturais e na fabricação de painéis. Assim, torna-se importante conhecer os fatores que influenciam na resistência e na rigidez, e a partir disso escolher as melhores espécies para esta finalidade (TELES, 2014).

De acordo com Moreschi (2005), a cor do material lenhoso se origina por substâncias depositadas no interior das células, impregnadas na parede celular da madeira. Podendo citar substâncias como: resinas, gomas, derivados tânicos, corantes específicos. A cor é um importante indicador da superfície da madeira, e está diretamente influenciada pela exposição à radiação solar, elevação da temperatura e umidade. Geralmente a madeira torna-se mais escura quando exposta ao ar devido à oxidação das substâncias orgânicas contidas no material lenhoso.

Um importante indicador da qualidade da superfície da madeira é a rugosidade (MARTINS et al.,2011). A rugosidade é influenciada pela estrutura anatômica, particularmente pelas cavidades celulares existentes na madeira (TAYLOR et al., 1999). No entanto, outros componentes têm influência na rugosidade da madeira, como os equipamentos e produtos de acabamentos utilizados.

O envelhecimento da madeira acontece principalmente pela exposição da mesma à luz solar, sendo que quanto maior a quantidade de lignina maior a fotodegradação da madeira. Isso acontece devido à modificação de grupos cromóforos capazes de absorver a radiação ultravioleta no comprimento de onda entre 300 e 400 nm. O envelhecimento causa aspectos indesejáveis, como desbotamento, trincas e a presença de agentes xilófagos, desvalorizando o produto que a madeira esta fazendo parte (TEMIZ et al., 2005).

Os produtos de acabamentos como vernizes, seladoras e ceras usados na madeira têm como objetivo principal amenizar o envelhecimento da madeira, protegendo-as contra raios ultravioletas. No entanto, frequentemente estes produtos alteram a cor e a textura original da madeira. O conhecimento tecnológico destes produtos e suas interações com a madeira, sobretudo em relação à sua cor são de fundamental importância para um melhor aproveitamento dos produtos de acabamentos para mobiliários, assim como também para conhecer as possíveis alterações que estes causam na cor da madeira (GONCALEZ, et al. 2010). Ainda segundo estes autores, a ação da luz constitui-se em um problema para os usuários, pois afeta o desempenho dos produtos de proteção aplicados a madeira. Estas resinas possuem um tempo de vida limitado, mesmo aqueles que contêm compostos absorvedores de UV. Os autores concluem em seu estudo, que a investigação do comportamento destes produtos utilizados em acabamentos da madeira para sua proteção e alteração da sua cor e textura é um campo de pesquisa ainda pouco explorado.

Uma maneira de simular a incidência da radiação ultravioleta em laboratório é a utilização de câmaras de envelhecimentos. Têm-se respostas mais rápidas dos efeitos da radiação UV por um período de tempo determinado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O estudo objetivou avaliar a alteração da cor e da rugosidade de lâminas de madeira de mogno (*Swietenia macrophylla* King) lixadas e tratadas com cera (produto selante e impermeabilizante) submetidas à fotodegradação.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Avaliar a modificação da cor das lâminas de madeira submetidas à fotodegradação;
- Avaliar as modificações da rugosidade superficial das lâminas de madeira no sentido paralelo as fibras;
- Analisar a influência da técnica de lixamento no processo de fotodegradação;
- Analisar a influência do uso de produto de acabamento no processo de fotodegradação;
- Contribuir para o conhecimento tecnológico da espécie estudada.

### **2.3. Hipótese**

A aplicação do produto de acabamento na lâmina madeira (cera de carnaúba) proporcione maior resistência a ação da fotodegradação, tornando sua cor mais estável ao longo do tempo e preserve sua superfície.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Espécie estudada**

#### ***Swietenia macrophylla* King (Mogno)**

O mogno (*Swietenia macrophylla* King) é uma espécie nativa da região Amazônica encontrada em uma faixa de 1,5 milhão de quilômetros quadrados, principalmente na parte Norte do Brasil, onde a parte mais rentável economicamente se restringe a uma área de 800 mil quilômetros quadrados, mais fortemente concentrada no

sul do Pará e Acre (Miranda & Miranda, 2000). Devido a exploração inadequada da floresta Amazônica o uso atual deve ser executado por meio de um manejo sustentável, para que a floresta tenha valor e não seja substituída pelo uso agropecuário (PASTORE, 2004).

A espécie estudada é pertencente à família *Meliaceae*, sendo considerada uma árvore semidecídua ou decídua, heliófita, característica de florestas clímax de terra firme, sobretudo argilosa, o mogno apresenta ampla produção de sementes viáveis, rápido crescimento no seu habitat e com alguma regeneração natural (EFFGEN, 2005).

É uma espécie de grande porte, atingindo até 30m de altura, com 0,5 – 0,8 m de diâmetro e necessita de alta precipitação. A madeira é moderadamente pesada (0,55 a 0,70 g/cm<sup>3</sup>), de resistência moderada ao apodrecimento e altamente resistente a ataque de fungos e insetos (LOUREIRO et al, 1979).

Devido a sua cor marrom avermelhada, com superfície lisa e brilhante é muito utilizada para artigos mobiliários de luxo, painéis, objetos de adorno, folhas faqueadas decorativas e laminadas, acabamentos internos em construção civil, entre outros (EFFGEN, 2005; LOUREIRO et al., 1979).

### **3.2. Fotodegradação da madeira**

A madeira é composta basicamente por três polímeros: a celulose, a hemicelulose e a lignina, em uma proporção aproximada de 50:25:25, distribuídas na parede celular. Complementando sua composição química, tem ainda os componentes de baixo peso molecular formado por extrativos e pelas substâncias minerais (PASTORE, 2004).

Segundo Mitsui e Tsuchikawa (2005), citado por Costa et al. (2011) a lignina é a maior responsável pela fotodegradação da madeira e a mudança em sua coloração se deve a degradação da lignina por oxidação, que leva a produção de quinonas, ou seja, extrativos que mudam a coloração da madeira.

A radiação ultravioleta é responsável pelos maiores impactos aos polímeros naturais da madeira, uma vez que, apesar da radiação visível atingir uma profundidade

de 200  $\mu\text{m}$  e a radiação ultravioleta uma profundidade de 75  $\mu\text{m}$ , a energia visível (70 kcal/mol) é menor em relação a energia da radiação ultravioleta (90 kcal/mol), sendo insuficiente pra romper as ligações químicas de qualquer constituinte da madeira (HON, 2001).

A madeira é constituída superficialmente por uma grande quantidade de cromóforos que impedem a entrada de luz em sua camada interna (Costa et al., 2011), por isso a fotodegradação é mais perceptível na camada externa da madeira.

A madeira, quando submetida ao intemperismo, sofre danos que são inicialmente detectados pela variação de cor que podem chegar a comprometer as propriedades químicas, físicas e mecânicas (MESQUITA, 2016).

As lâminas de madeira são muito utilizadas na indústria moveleira, servindo como revestimentos em MDF, MDP e OSB. Assim, radiação ultravioleta na camada externa das lâminas constitui um grande problema no desempenho dos produtos sobre ela aplicados, além de uma aparência indesejável.

### **3.3. Cor da madeira**

Para a determinação da cor de um objeto é considerada a radiação eletromagnética que incide sobre o mesmo; parte desta radiação será absorvida e a parte que será refletida caracterizará a cor do material de acordo com Gonzalez (1993) citado por GOUVEIA (2008).

Na identificação e indicação de usos de espécies de madeira a cor é uma das variáveis mais importantes, principalmente quando associada aos aspectos de textura e desenho. Diversos fatores podem alterar a cor como: umidade, temperatura, degradações provocadas pelo ataque de organismos xilófagos, ou ainda reações fotoquímicas dos elementos químicos presentes na sua estrutura (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

Os planos de orientação da madeira influenciam diretamente na cor da madeira. Em sua avaliação, a metodologia de colorimetria quantitativa é eficaz na medição da cor

da madeira, pois descreve cada elemento da composição de uma cor de forma numérica (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

O sistema CIELAB 1976 é um dos métodos mais utilizados para classificar e caracterizar a madeira (COSTA et al., 2011). Este sistema fornece um espaço mais uniforme da distribuição de cores sendo baseado em três elementos: tonalidade (matiz), luminosidade (claridade) e saturação (cromaticidade). Esses elementos são obtidos por meio dos parâmetros colorimétricos  $L^*$ ,  $+a^*$ ,  $-a^*$ ,  $+b^*$ ,  $-b^*$  e  $C$  (Figura 1) (GONÇALEZ et al., 2001).

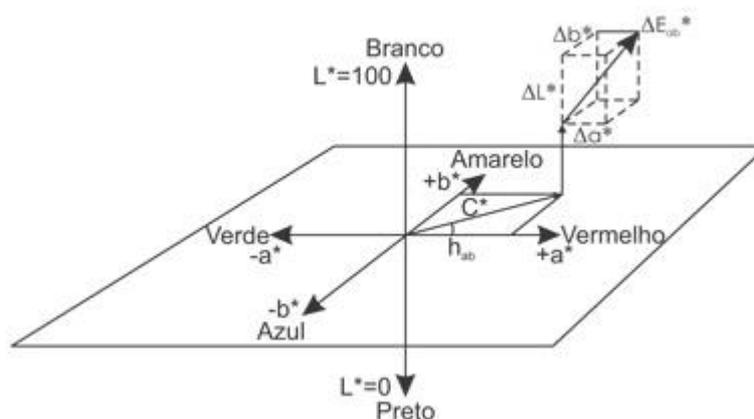


Figura 1 - Representação do sistema colorimétrico CIELAB 1976.  
Fonte: Konica Minolta 1998.

De acordo com Gonzalez et al (2001), citado por Barros et al (2014) a luminosidade ou claridade ( $L^*$ ) é definida pela escala cinza, onde o valor 0 significa preto absoluto e 100 para branco total. A tonalidade é expressa pelas variáveis:  $a^*$  presente no eixo horizontal dado pela cor vermelho-verde, e variável  $b^*$  no eixo vertical dado pela cor azul-amarelo, seus valores encontram-se na faixa de 0 a 60 (unidimensional). A tonalidade pode ser dada também pelo ângulo do círculo, interpretada pela variável  $h^*$ . A saturação ou cromaticidade ( $C$ ) é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo  $L^*$  (luminosidade), onde quanto maior o valor de  $C$  mais saturação na cor, seus valores também se encontram na escala de 0 a 60 (unidimensional).

### **3.4. Rugosidade Superficial da Madeira**

A superfície da madeira é uma mistura heterogênea e complexa de polímeros lignocelulósicos, sendo influenciada pela densidade, textura, rugosidade, umidade e também pelas condições de usinagem (CÔTÉ et al., 1983, citado por TIBÚRCIO, 2009).

A rugosidade compreende os conjuntos de desvios microgeométricos causados pelas pequenas saliências e entrâncias presentes na superfície da madeira (ABNT, 2002). A estrutura anatômica da madeira influencia na qualidade da mesma deve-se levar em conta a espécie, densidade, teor de umidade, distribuição e diâmetro do lume das fibras, vasos e traqueídeos (MAGOSS, 2008 citado por TELES, 2014).

A medição da rugosidade serve como indicador para a qualidade da superfície da madeira. Diversos métodos são utilizados para avaliar a rugosidade, como: rugosímetros de agulha, perfilometria óptica, análise de imagens técnicas usando câmera de vídeo, pneumática, ultrassom, e microscopia, entre outros (MARTINS et al., 2011).

Apesar da crescente expansão brasileira moveleira, a determinação da rugosidade ainda é pouco utilizada na indústria (KILIC et al., 2006).

### **3.5. Lixamento**

Em indústrias moveleiras o processo de lixamento tem função de preparar a superfície usinada para receber a aplicação de revestimentos, com isso a madeira estará preparada para receber os mais variados tipos de acabamentos para diversas utilizações comerciais (TIBÚRCIO, 2009).

A partir do lixamento é possível melhorar a aparência visual da madeira ou lâmina de madeira tanto *in natura*, quanto na aplicação de produtos de revestimentos. Este processo é classificado em duas classes. A primeira refere-se ao aplainamento e alisamento da superfície da madeira. A segunda refere-se a preparação para aplicação do produto de acabamento (TIBÚRCIO, 2009).

O lixamento gera uma superfície uniforme, mas isso depende do tipo de espécie, visto que uma pode conter uma superfície mais irregular em relação à outra. Este tipo de problema pode ser amenizado a partir da determinação dos grãos das lixas, além da

velocidade e pressão de lixamento (KOCH, 1964 citado por TIBÚRCIO, 2009). Ainda segundo Tibúrcio (2009), em operações de lixamento dois importantes parâmetros são avaliados: o primeiro é a taxa material removido e o segundo é a qualidade do acabamento superficial.

### **3.6. Produto Superficial de Acabamento**

Contra ao intemperismo e uso da madeira, sugere-se o uso de um produto de acabamento (tratamento) adequado para a proteção e durabilidade. A qualidade do acabamento depende de todas as operações que antecedem o acabamento final, como: cortes convencionais e remoção das irregularidades pelo processo de lixamento, bem como a escolha do produto de acabamento (TIBÚRCIO, 2009; SOUZA et al., 2011).

Os produtos de acabamentos podem ser de origem natural ou sintética, eles têm a função e proteger e preservar o produto acabado, além de deixá-lo mais agradável esteticamente. Os produtos de acabamento de origem sintética são as tintas, vernizes e seladoras; os naturais são ceras e óleos. A cera de carnaúba é um exemplo de um produto natural. Todos os produtos visam proteger, limpar, lustrar e conservar a madeira (SOUZA et al, 2011).

O tratamento escolhido deve revestir a madeira formando uma película dura e elástica, perfeitamente aderida ao substrato, protegendo-o contra as ações do ambiente e resistente a fatores físicos e químicos. Com um acabamento adequado, tem-se como garantia a durabilidade e a estética do produto ao longo do tempo. (SENAI, 1995 citado por MESQUITA, 2016).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Origem e Preparo do corpos de prova**

Este projeto foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. Para o estudo foram utilizadas amostras de lâminas da madeira de mogno (*Swietenia macrophylla* King). A

dimensão original das lâminas era de aproximadamente 0,1cm de espessura x 60cm de largura x 262cm de comprimento (padrão existente no mercado), de onde foram obtidos 30 corpos de prova nas dimensões de 40 mm de largura, 75 mm de comprimento e aproximadamente 1,0 mm de espessura.

Dez corpos de prova serviram de testemunha (não lixados ou tratados com o produto de acabamento), outros dez foram esfoliados com lixas para madeira grana 320 (Figura 2), e os últimos dez corpos de prova foram esfoliados também com as lixas grana 320 e submetidos ao acabamento com selante e impermeabilizante incolor (cera carnaúba) fabricado pela empresa Microcristal Ceras Ltda. cuja a composição é silicone impermeabilizante, estearato de zinco, cera virgem de abelhas, cera de carnaúba, parafinas e água raz mineral (Figura 3).

A cera de carnaúba foi utilizada de forma sistemática de acordo com as recomendações do fabricante. Todas as amostras foram acondicionadas em ambiente sem luz para manter as condições de tratamento até o momento do experimento.



Figura 2 - Lixas para madeira grana 320. Fonte: O autor.



Figura 3 - Acabamento selante e impermeabilizante incolor (cera carnaúba).  
Fonte: O autor.

#### 4.2. Ensaio de Fotodegradação Artificial

Todos os corpos de prova foram expostos à fotodegradação por meio de câmara de teste de envelhecimento que simula os efeitos deterioração causada pelo intemperismo natural na superfície da madeira. Para isso, o equipamento utilizado foi o modelo QUV/spray da empresa Q-lab. As amostras foram acopladas em suportes metálicos ao qual deixou a face tangencial da lâmina exposta a radiação simulada com lâmpadas fluorescentes UV de 340 nm com irradiância de  $0,60 \times 10^4$  lux e 40°C de temperatura. A figura 4 apresenta o equipamento utilizado.

Todos os corpos de prova foram expostos à fotodegradação (radiação e temperatura) de forma acelerada de acordo com a norma Cool Whites durante os períodos de: 24h, 48h, 96h, 192h e 456h (horas). A cada ciclo as amostras foram retiradas da câmara para realização de medições de cor e de rugosidade.



Figura 4- Câmara de intemperismo acelerado modelo QUV/SPRAY da empresa Q-lab. Fonte: O autor.

### 4.3. Colorimetria da Madeira

Neste ensaio foi empregado o espectrofotômetro Color Eye – XTH- X-rite acoplado a um microcomputador (Figura 5). Utilizou-se para as medições o iluminante D65 e o ângulo de 10° em temperatura ambiente e o software icolor rite, A varredura foi feita no sentido das fibras, totalizando 10 medições por amostra entre cada ciclo de cada tratamento (testemunha, lixa e lixa/produto de acabamento).



Figura 5 - Espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite.  
Fonte: O autor.

Para as medições colorimétricas de acompanhamento das amostras, utilizou-se o sistema CIELAB 1976 (Gonzalez, 1993). Os parâmetros colorimétricos de avaliação foram (L\*, a\*, b\*, C e h\*). Para mensurar a alteração na cor da madeira antes e após os tratamentos ( $\Delta E$ ) utilizou-se a equação a seguir.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

$\Delta E$  = variação da cor entre o tratamento e a testemunha;

$\Delta L^*$  = variação da luminosidade;

$\Delta a^*$  = variação do parâmetro a\* (parâmetro colorimétrico do eixo de cores vermelho-verde);

$\Delta b^*$  = variação do parâmetro b\* (parâmetro colorimétrico do eixo de cores amarelo-azul).

Para classificar a diferença da cor foi utilizada a Tabela 1 elaborada por Hikita et al. (2001) baseada em níveis de percepção.

TABELA 1: Classificação da variação total da cor ( $\Delta E^*$ ) de madeiras.

Varição da cor ( $\Delta E^*$ )	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

#### 4.4. Rugosidade da Madeira

A caracterização da superfície das amostras de lâminas de madeira de mogno foi realizada por meio do equipamento rugosímetro *Surftest SJ-401*, da marca Mitutoyo (Figura 6). O aparelho faz parte da classe dos equipamentos que utilizam o processo de

apalpação para traçar os perfis das superfícies, o qual é constituído por uma unidade de comando com uma impressora térmica integrada, uma unidade acionadora e um sensor.

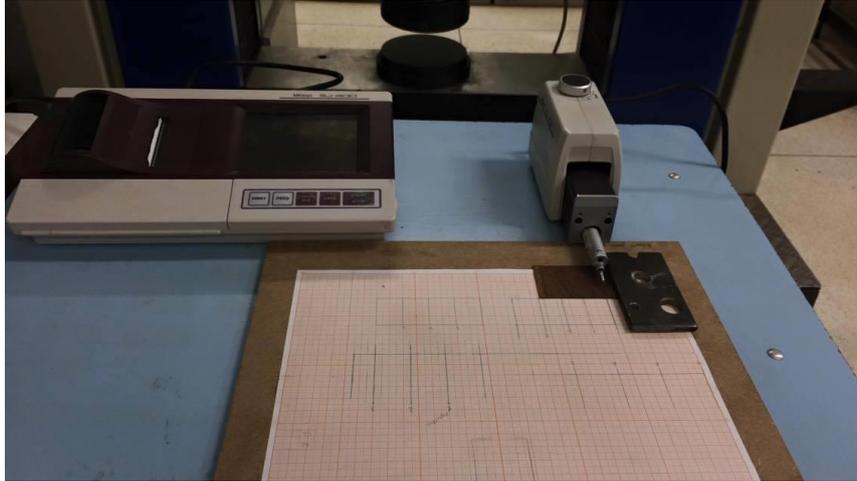


Figura 6 - Rugosímetro Mitutoyo Sufitest modelo SJ-401 em esquema de utilização. Fonte: O autor.

A determinação dos parâmetros de rugosidade das superfícies, Ra (média aritmética da rugosidade), Rz (média dos cinco picos mais altos do perfil e a profundidade dos cinco vales mais profundos do perfil medidos de uma linha paralela à linha média) e Rt (a soma da altura do pico máximo do perfil e a profundidade do vale máximo do perfil da amostra avaliada) foram realizadas conforme as especificações da norma JIS B 0601 (2001), com *cutt-off* de 0,8 mm e percurso de avaliação de 12,5 mm

Em cada amostra foram realizadas três medições no sentido paralelo às fibras em cada ciclo de cada tratamento de exposição de fotodegradação. Os parâmetros Ra, Rz e Rt estão sendo determinados de acordo com as Equações 2, 3 e 4, respectivamente, obtidos diretamente pelo equipamento utilizado (MITUTOYO CORPORATION, 2004), conforme TELES (2014).

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=5}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Rt = Y_p + Y_v \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

$Y_i$  = Desvios do perfil;

$Y_{pi}$  = Picos mais altos;

$Y_{vi}$  = Vales mais profundos;

$Y_p$  = Pico mais alto;

$Y_v$  = Vale mais profundo.

Neste trabalho foi analisado apenas o parâmetro de  $R_a$  por exprimir a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil da linha média e ser o mais utilizado (Figura 7).

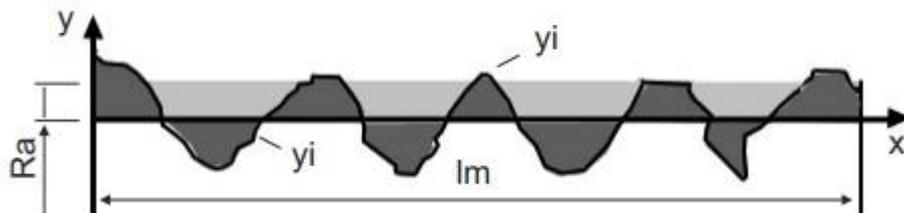


Figura 7- Imagem do perfil da rugosidade média. Fonte: LOPES, 2014 citado por CASTRO, 2000.

#### 4.5. Análise Estatística

A análise estatística baseou-se em um delineamento experimental casualizado (DIC) para os três tipos de amostras (testemunha, apenas lixadas e lixadas com aplicação de cera de carnaúba). Efetuou-se a análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias foi feita pelo Teste de Turkey a 5% de probabilidade utilizando-

se o software Assistat 7.7. O objetivo da análise foi verificar se havia diferença estatística entre os diferentes tipos de tratamento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Colorimetria da madeira de Mogno

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a lâmina de madeira de mogno, sem tratamento (testemunha), apenas lixadas e lixadas e tratadas com cera de carnaúba.

Tabela 1- Média dos parâmetros colorimétricos da lâmina de madeira de mogno sem tratamento (testemunha), lixadas e lixadas e tratadas com cera de carnaúba para cada período de fotodegradação.

	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	0h	44,36a	17,05bc	25,20a	30,43a	55,92a
	24h*	36,55b	20,30a	24,11a	31,52a	49,85bc
	48h	35,02b	18,00 b	20,66b	27,41b	48,88c
	96h	34,80b	17,47b	20,02bc	26,58b	48,80c
	192h	32,47b	15,93d	18,86c	24,71c	49,60bc
	456h	35,43b	16,16cd	20,09bc	25,81bc	51,08b
Lixada	0h	44,19a	16,45c	23,98a	28,79b	55,55 <sup>a</sup>
	24h	37,41b	19,86a	23,79a	30,99a	50,14c
	48h*	35,37c	17,44b	20,35b	26,80c	49,38cd
	96h	35,62c	17,19b	19,90bc	26,30cd	49,15d
	192h	35,72c	16,23cd	19,21c	25,15e	49,79cd
	456h	36,05c	18,78d	19,88bc	25,39de	51,51b
Lixada/cera carnaúba	0h	42,59a	16,86cd	23,33a	28,79b	54,12 <sup>a</sup>
	24h*	36,11bc	20,34a	22,53a	30,36a	47,90cd
	48h	33,41d	17,95b	19,49b	26,50b	47,31d
	96h	34,35cd	17,47bc	19,22b	25,98bc	47,66cd
	192h	35,66bc	16,42d	18,81b	24,97bc	48,82c
	456h*	36,58b	15,45e	19,27b	24,71c	51,21b

0h – 0 horas de fotodegradação; 24h – 24 horas de fotodegradação; 48h – 48 horas de fotodegradação; 96h – 96 horas de fotodegradação; 192h – 192 horas de fotodegradação; 456h – 456 horas de fotodegradação. As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna

dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Em todos os tipos de tratamento o valor de  $L^*$  (luminosidade) decaiu, ou seja, a madeira escureceu. Nas testemunhas a partir das 24h (horas) até o final da fotodegradação a luminosidade não difere estatisticamente. Nas amostras que foram apenas lixadas a partir das 48h sua luminosidade não diferiu estatisticamente. As lâminas que foram lixadas e tratadas com cera de carnaúba obtiveram oscilações significativas em sua luminosidade em cada estágio de fotodegradação, mas ao final do ensaio o valor de  $L^*$  foi semelhante ao estágio de 24h.

Na avaliação dos três tratamentos a perda de luminosidade foi mais significativa e perceptível a olho nu foi nas primeiras 24 horas. Esse fenômeno acontece pela radiação UV na presença de oxigênio que ocasiona a degradação da lignina e a formação de compostos quinoidais (HON, 2001; SILVA et. al 2006). Todas as amostras escureceram de forma equivalente; ao final as lâminas sem tratamento ficaram minimamente mais escuras em relação as demais, não sendo perceptível a olho nu. Os resultados do experimento condizem com valores encontrados na literatura, cujo valor de  $L$  menor ou igual a 56 denota a cor escura da madeira (CAMARGOS E GONÇALEZ et al., 2001).

A redução da luminosidade ( $L^*$ ) em consequência do aumento do tempo de exposição ao calor e a radiação ultravioleta vai de acordo com espécies categorizadas como escuras (ipê-roxo -*Handroanthus impetiginosus*- e maçaranduba - *Manilkara huberi*- por Silva et. al (2006), e o jatobá (*Hymenaea courbaril*) no trabalho realizado por Costa et al, (2011a); nesse mesmo experimento observou um comportamento contrário a espécie de tauari (*Couratari tauari*) (clareamento das amostras) reiterado pelo estudo de Mesquita (2016) com a mesma espécie. Ressaltando que no estudo de Silva et al. (2006) e Mesquita (2016) foi analisado o intemperismo em que, além da fotodegradação avalia-se o efeito da chuva. Após o período de 192 horas a luminosidade ( $L^*$ ) tendeu a estabilização de todos os tratamentos até o final do último ciclo, com valores bem próximos as lâminas sem tratamento (testemunhas).

Na análise do parâmetro C (saturação da cor) existe uma alteração devido a correlação com as coordenadas de  $a^*$  e  $b^*$ , ou seja, a redução dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  reduzem a tonalidade da cor, característica observada em todos os corpos de prova mesmo com o leve aumento da cromática  $a^*$  nas lâminas apenas lixadas.

As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela formação da cor das madeiras, analisando esses dois parâmetros verifica-se que a coordenada  $b^*$  (coloração amarela) apresentou valores mais elevados quando comparados à coordenada  $a^*$  (coloração vermelha), entretanto segundo a literatura (Camargos e Gonzalez, 2001; Gonzalez et al., 2001) quando a coordenada  $a^*$  (+) (coloração vermelha) apresentar valores acima de 10 a mesma é pronunciada de forma relevante na cor da madeira em relação a coordenada  $b^*$ . Assim, a coordenada  $a^*$  tem uma presença mais marcante na composição e formação final da cor do mogno. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo da espécie de jatobá (*Hymenaea courbaril*) por COSTA et al. (2011a).

Ao longo dos ciclos, a tonalidade da cor das lâminas de mogno diminuíram e como a coloração avermelhada é mais expressa na madeira de mogno, o ângulo de tinta ( $h^*$ ) tende a ser menor a  $45^\circ$ , mais próximo ao eixo de parâmetro  $a^*$ , segundo o sistema CIELAB 1976. Nos estudos das espécies de curupixá (*Micropholis* sp) e tauari (*Couratari tauari*) em ensaios desenvolvidos por Mesquita (2016) submetidas ao envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta e Prates (2011) ao estudar a fotodegradação do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) a pigmentação amarelada (coordenada cromática  $b^*$ ) foi mais pronunciada, tendendo ao amarelamento dessas espécies. Entretanto na espécie de bambu houve um aumento da claridade ( $L^*$ ) com o processo de fotodegradação (clareamento da espécie).

Tabela 2- Variação total da cor ( $\Delta E$ ) na madeira de mogno antes e após os tratamentos.

Tratamento	Exposição (h)	$\Delta E$	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Testemunha	T 0h	10,33	Muito apreciável	Marrom avermelhado
	456h			Vermelho escuro
Lixada	T 0h	9,41	Muito apreciável	Marrom avermelhado
	456h			Vermelho escuro
Cera Carnaúba	T 0h	8,22	Muito apreciável	Marrom avermelhado
	456h			Vermelho escuro

T0h – Tempo inicial do experimento de fotodegradação, T456h – Tempo final do experimento de fotodegradação. (\*) = Classificação da variação da cor proposta por Hikita et al. (2001) baseada em níveis de percepção. (\*\*) = Cor da madeira, segundo classificação proposta por Camargos & Gonzalez (2001).

Na comparação dos três tipos de tratamentos (Tabela 1), todos apresentaram diferença significativas entre eles, com uma tendência de escurecimento da madeira. As lâminas sem tratamento ficaram minimamente mais escuras em relação as outras amostras, não sendo perceptível a olho nu. Observa-se que a coordenada cromática  $a^*$  foi a que mais detectou a mudança de cor se comparada a coordenada  $b^*$ , provavelmente pela maior influência do pigmento vermelho na espécie estudada; essa característica é confirmada com a mudança no tom das lâminas de mogno de marrom avermelhada para vermelho escuro (Tabela 2).

As lâminas naturais de mogno (T0h) foram classificadas de acordo com a proposta de Camargos & Gonzalez (2001) como marrom avermelhada. Visualmente, o lixamento e a aplicação de cera de carnaúba anterior ao processo de fotodegradação não promoveram a alteração da cor, de forma que o produto cumpre o que propõe ao se definir como incolor. Entretanto após o processo artificial de envelhecimento todas as amostras sofreram alteração igual da cor (testemunha, lixadas e lixadas e enceradas com cera de carnaúba) e passaram a ser classificadas como vermelho escuro. Em todos os tipos de tratamento até o último ciclo (456h) a mudança da cor da madeira é tida como muito apreciável de acordo com a classificação proposta por Hikita et al. (2001).

As testemunhas (sem tratamento) escureceram mais em relação as amostras tratadas, provavelmente o lixamento e a aplicação do produto de acabamento interferiram no escurecimento da madeira, entretanto não foi perceptível a olho nu essa variação de cor.

As curvas de reflectância permitem acompanhar as mudanças químicas da madeira durante o processo de fotodegradação das lâminas em diferentes tratamentos em função do comprimento de onda (Figura 8).

A reflectância em todos os tratamentos diminuiu (de 50% a 60% para 40% a 50%) ao longo do processo de fotodegradação artificial confirmando o escurecimento da madeira de mogno.

Em todos os tratamentos verifica-se maior valor de reflectância antes da fotodegradação artificial (T0h) em relação ao comprimento de onda, pois são as amostras mais claras. É possível observar também que em cada ciclo ocorre um posicionamento diferente da curva de modo que as amostras sem tratamento tiveram comprimentos de onda com menor quantidade de luz refletida às 192h, lixadas às 456h e enceradas às 96h, pois é a curva de posição mais inferior do gráfico.

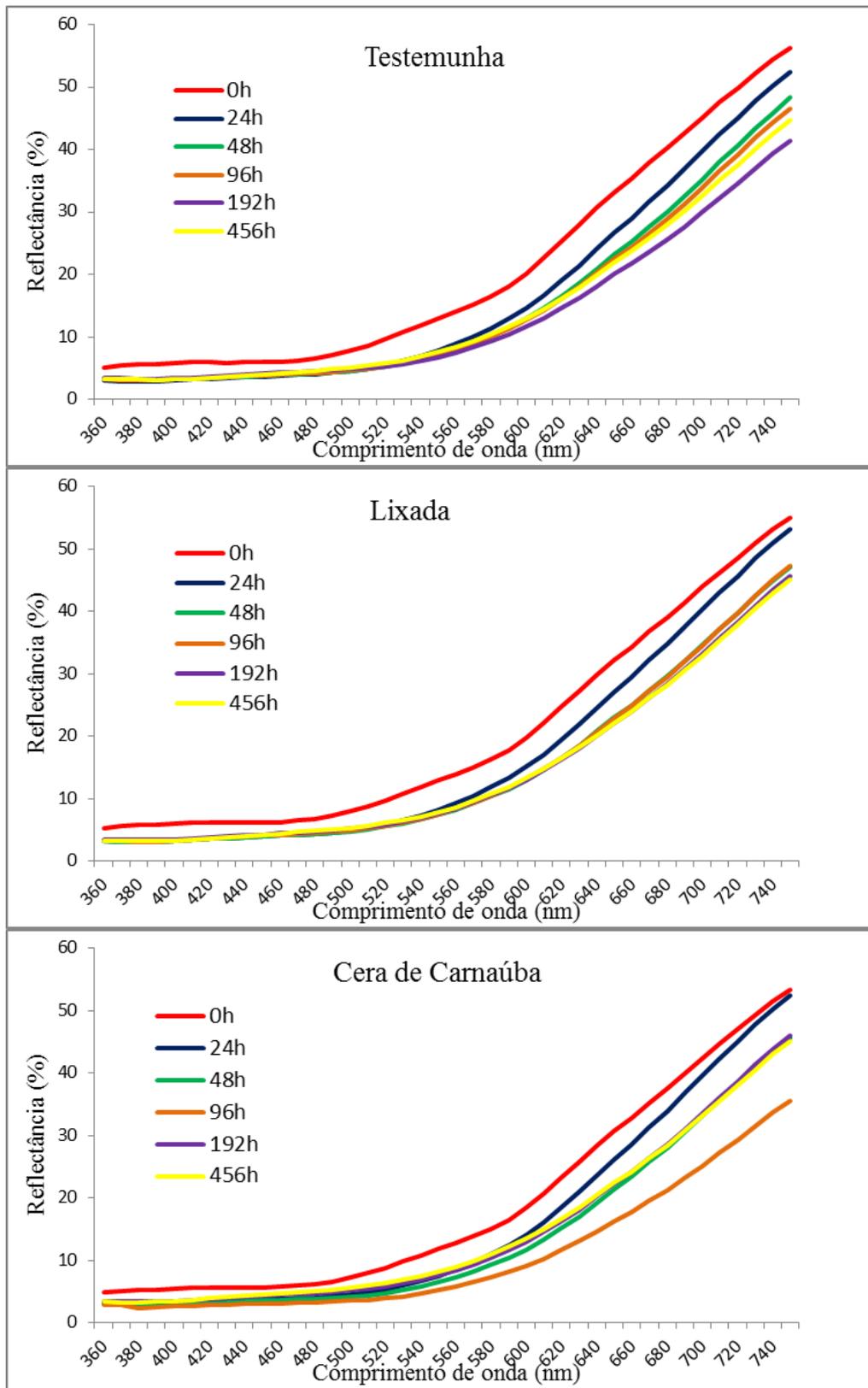


Figura 8- Curvas de reflectância de lâmina de mogno com diferentes tratamentos em cada ciclo de fotodegradação.

No estudo realizado com as madeiras de jatobá e tauari por Costa et al. (2011a) ambas as espécies escureceram devido a radiação UV, entretanto a madeira de jatobá refletiu menos luz que a de tauari em todos os comprimentos de onda do espectro. A madeira de jatobá assim como a de mogno apresentaram a mesma variação de cor quando colocadas em fotodegradação artificial e porcentagem de reflectância similares (40 a 50% de reflectância).

No trabalho de Gonzalez, et al. (2010) os corpos de prova de Freijó (*Cordia goeldiana* Huber) quando tratadas com seladora (nitrocelulose) e levadas ao reator de envelhecimento artificial, a curva espectral apresentou comportamento similar ao da madeira de mogno sendo ascendente e atingindo de 40 a 50% de reflectância em comprimentos de onda de 680 a 720nm.

De forma geral, nos três tipos de tratamento, testemunha, lixadas e tratadas com cera de carnaúba, houve uma diminuição na intensidade de luz refletida devido radiação ultravioleta o que provocou o escurecimento das amostras, apresentando uma porcentagem de reflectância similar em todos os tratamentos.

## **5.2. Rugosidade da Madeira de Mogno**

A Tabela 3 apresenta o valor médio do parâmetro Ra de rugosidade para a lâmina de madeira de mogno sem produto de acabamento, lixadas e lixadas e tratadas com cera de carnaúba para cada período de fotodegradação artificial.

Tabela 3 - Valor médio do parâmetro de rugosidade (Ra) da lâmina de mogno em diferentes tratamentos para cada período de fotodegradação artificial.

Mogno	Tempo	Ra ( $\mu\text{m}$ )
Testemunha	0h	5,13a
	24h	4,80a
	48h	5,03a
	96h	4,90a
	192h	5,37a
	456h	5,98a
Lixada	0h	4,70a
	24h	4,03a
	48h	4,82a
	96h	5,14a
	192h	4,47a
	456h	4,38a
Cera carnaúba	0h	5,29a
	24h	5,58a
	48h	4,88a
	96h	4,68a
	192h	4,36a
	456h	4,47a

0h – 0 horas de fotodegradação; 24h – 24 horas de fotodegradação; 48h – 48 horas de fotodegradação; 96h – 96 horas de fotodegradação; 192h – 192 horas de fotodegradação; 456h – 456 horas de fotodegradação. As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Foi analisado o parâmetro Ra por expressar a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil da linha média e por ser muito utilizado. Em análise paralela às fibras foi percebido que os tratamentos não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Ou seja, não houve incremento nos valores dos parâmetros de Ra, de forma que a rugosidade superficial não aumentou.

No estudo de Mesquita (2016) na análise da rugosidade da madeiras de curupixá e tauari no sentido perpendicular às fibras foi observado incremento dos valores dos parâmetros Ra com crescimento constante até o final do experimento, evidenciando o aumento da rugosidade na superfície das duas madeiras. Em ambas as madeiras o produtos de acabamento (verniz e polisten) foram eficientes em relação a diminuição da rugosidade (menores valores).

É sabido que quanto maior o valor de Ra, mais rugosa é a superfície da madeira (BRAGA et al., 2014). Ao avaliar a rugosidade na direção perpendicular as fibras da madeira de jequitibá (*Cariniana micrantha* Ducke) os valores mostraram a eficiência do produto de acabamento, apresentando superfícies mais lisas em relação as demais (NEVES, 2016). O parâmetro de rugosidade Ra avaliado superficialmente na madeira de *Eucalyptus benthamii* por Martins et al. (2011b) não foram influenciados pelo processo de lixamento.

Devido a não variação estatística das amostras de mogno submetidas à fotodegradação artificial neste estudo, foi possível determinar que a avaliação da rugosidade no sentido paralelo não segue os mesmos resultados encontrados na literatura na direção perpendicular.

## **6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

A espécie de mogno (*Swietenia macrophylla* King) sofre alterações significativas da cor ao longo do tempo de exposição à fotodegradação. Nos testes de colorimetria houveram diferenças estatísticas em relação aos parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ), coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$ , saturação (C) e ângulo de tinta ( $h^*$ ), com escurecimento da madeira ao passar do tempo, principalmente nas primeiras 24 horas de envelhecimento artificial.

As testemunhas (não lixadas e não enceradas com cera de carnaúba) foram as que mais escureceram, mas em todos os ensaios houve a modificação da cor da madeira. Os tratamentos realizados com lixa e principalmente lixa e cera de carnaúba foram significativos na ação selante e impermeabilizante quando comparada a testemunha,

apesar de não ser perceptível a olho nu. Segundo a tabela de cores todos os corpos de prova mudaram do marrom avermelhado para o vermelho escuro. A reflectância apresentou uma porcentagem similar em todos os tratamentos, ao longo do processo de fotodegradação artificial a reflectância diminuiu confirmando o escurecimento da madeira de mogno.

Pode-se concluir que o parâmetro Ra de rugosidade na direção paralela da superfície da lâmina de mogno não foi influenciada pelo modo de processamento da superfície, não sendo possível identificar resultados semelhantes na literatura.

Sugere-se em trabalhos futuros a avaliação da rugosidade na direção perpendicular às fibras, devido a não diferença estatística no sentido paralelo às fibras a fim de comparação. Assim como, outros grãos de lixas e produtos de acabamentos.

## 7. REFERÊNCIAS

BRAGA, P. P. C.; SILVA, J.; NÉRI, A.; CALEGÁRIO, N.; LIMA, J. Qualidade na usinagem e no acabamento da madeira de *Coffea arabica*. **CERNE**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 21-28 jan./mar. 2014

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Nº 71, setembro de 2001.

COSTA, J. A.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. A.; GOMES, I. A. S. Fotodegradação de duas espécies de madeira tropical: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **CERNE**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 133-139, jan./mar. 2011.

EFFGEN, E. M.; MENDONÇA, A. R.; SILVA, L. G.; BRAGANÇA, H. B. N.; MARTINS FILHO, S. **Germinação e Índice de Velocidade de Emergência de Sementes de Mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2005. Pág. 515 a 517.

GONÇALEZ, J. C. **Characterisation technologique de quatre especes peu connues de la foret amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques.** Nancy: Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêt, 1993. 445 p. Docteur thesis - Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêt, 1993.

GONÇALEZ, J. C.; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; COSTA, A. F.; VALLE, A. T. **Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira.** Brasil Florestal, Rio de Janeiro, ano 20, n. 72, p. 47-58, 2001.

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.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação EFLD-003/2008, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131p, 2008.

HON, D.N.-S. **Weathering and photochemistry of wood.** In: Hon, D.N.-S.; Shiraishi, N. Wood and cellulosic chemistry. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 2001.

KILIC, M; HIZIROGLU, S; BURDURLU, E. **Effect of machining on surface roughness of wood.** Building and Environment, v. 41, n. 8, p. 1074-1078, 2006.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to instrumentation.** Tokyo, 1998. 59 p.

LOPES, C. S. D; NOLASCO, A. M.; FILHO, M. T.; DIAS, C. T. S. Avaliação da rugosidade superficial da madeira de Eucalyptus sp submetida ao fresamento periférico. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 471-476. 2014.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia.** Manaus: INPA, 1979. 245p.

MARTINS SA, SANTOS CM, GONÇALEZ JC, CAMARGOS JA. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *eucalyptus benthamii* e *pinus caribaea var. hondurensis*. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 87-96, jan./mar. 2011a.

MARTINS, S.A.; FERRAZ, J. M.; SANTOS, C. M.T., Del MENEZZI, C.H.S.; SOUZA, M. R. Efeito da Usinagem na Rugosidade da Superfície da Madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta e Ambiente** 2011b; 18(2):135-143

MESQUITA, R. R. S. **Comportamento das madeiras de curupixá (*micropholis* sp.) e tauari (*couratari* sp.) submetidas ao intemperismo artificial com diferentes produtos de acabamento**. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Universidade de Brasília. Publicação: PPGEFL.DM-268/2016, 2016.

MIRANDA, E. M.; MIRANDA, K. R. **Propagação vegetativa do mogno (*Swietenia macrophylla* King) por enraizamento de estacas semilenhosas em câmara úmida**. Circular Técnica nº32. ISSN 0100-9915. EMBRAPA, 2000.

MITUTOYO CORPORATION. SJ-401 **Surface Roughness Tester**. User's manual. 2004.346P.

MORESCHI, JC. **Propriedades Tecnológicas da Madeira**. Universidade Federal do Paraná. Departamento de Engenharia Florestal. 3º edição: fevereiro/2005.

NEVES, G. **Efeito do Lixamento e da Aplicação de Seladora na Qualidade da Superfície da Madeira de Jequitibá (*Cariniana micrantha* Ducke)**. Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2016.

PASTORE, T. C. M. **Estudos do efeito da radiação ultravioleta em madeiras por espectroscopias Raman (FT-RAMAN), de refletância difusa no infravermelho (DRIFT) e no visível (CIE-L\*a\*b\*)**. 2004. 131f. Tese de doutorado - Universidade de Brasília, Brasília.

PRATES, E. M. B. **Fotodegradação do bambu (*Dendrocalamus giganteus munro*) após aplicação de radiação ultravioleta artificial.** Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Universidade de Brasília, 2011.

SILVA, J.O.; PASTORE, T.C. M.; PASTORE JUNIOR, F. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 17-23, nov., 2006.

SOUZA, M. O.A.; SILVA, J. C.; EVANGELISTA, W.V. **Aplicação de acabamentos superficiais em madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake visando ao uso na indústria moveleira.** Sci. For., Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 403-409, dez. 2011

TAYLOR, JB, Carrano AL, Lemaster RL. **Quantification of process parameters in a wood sanding operation.** Forest Products Journal 1999; 49(5):41-46.

TELES, RF. **Ensaio não destrutivo para avaliar o desempenho de madeiras amazônicas tratadas quimicamente.** Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal. Brasília-DF, Abril/2014.

TEMIZ, A.; YILDIZ, U. C.; AYDIN, I.; EIKENES, M.; ALFREDSSEN, G.; ÇOLAKOGLU, G. **Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test.** Applied Surface Science, v. 250, p. 35-42, aug. 2005.

TIBÚRCIO, U. F. O. **Medição e análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009.