



**COMPORTAMENTO DE LÂMINAS DE MADEIRAS DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS SUBMETIDAS À FOTODEGRADAÇÃO ARTIFICIAL APÓS SEREM
TRATADAS COM DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTOS**

LOYANE FERNANDES DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**COMPORTAMENTO DE LÂMINAS DE MADEIRAS DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS SUBMETIDAS À FOTODEGRADAÇÃO ARTIFICIAL APÓS SEREM
TRATADAS COM DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTOS**

LOYANE FERNANDES DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. JOAQUIM CARLOS GONÇALEZ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM –
BRASÍLIA/ DF: DEZEMBRO - 2021**

**COMPORTAMENTO DE LÂMINAS DE MADEIRAS DE TRÊS ESPÉCIES
FLORESTAIS SUBMETIDAS À FOTODEGRADAÇÃO ARTIFICIAL APÓS SEREM
TRATADAS COM DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTOS**

LOYANE FERNANDES DA SILVA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

Profº Dr Joaquim Carlos Gonzalez (Departamento de Engenharia Florestal, UnB); (Orientador)

Profº Dr. Ailton Teixeira do Vale (Departamento de Engenharia Florestal, UnB); (Examinador interno)

Profº Dr. José Tarcisio da Silva Oliveira (Universidade Federal do Espírito Santo); (Examinador externo)

Prof. Dr. Humberto Ângelo (Departamento de Engenharia Florestal, UnB); (Examinador suplente)

Brasília, dezembro de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

S586c

Silva , Loyane Fernandes da

Comportamento de lâminas de madeira de três espécies florestais submetidas à fotodegradação artificial após serem tratadas com diferentes produtos de acabamento / Loyane Fernandes da Silva ; orientador Joaquim Carlos Gonçalves . - Brasília, 2021.

99 f.

Dissertação (Mestrado) Mestrado em Engenharia Florestal - PPGEFL- Universidade de Brasília, 2021.

1. Fotodegradação. 2. Produtos de acabamento . 3. Colorimetria. 4. Rugosidade. I. Gonçalves , Joaquim Carlos , orient. II. Título.

CDU 630*82

Ficha catalográfica por: Luis Carlos Meneses (CRB-1/3355)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Loyane Fernandes da. **Comportamento de lâminas de madeira de três espécies florestais submetidas à fotodegradação artificial após serem tratadas com diferentes produtos de acabamento**. 2021. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Loyane Fernandes da Silva.

TÍTULO: Comportamento de lâminas de madeiras de três espécies florestais submetidas à fotodegradação artificial após serem tratadas com diferentes produtos de acabamentos.

GRAU: Mestre

ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva todos outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Loyane Fernandes da Silva

loyane.engflorestal@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos:

À Deus, por me conceder a vida, saúde e sabedoria.

À Nossa Senhora Aparecida por sua poderosa intercessão.

Aos meus pais Ana Cristina e Robson Fernandes, e minha irmã Laenny Fernandes, pelo amor, apoio, incentivo e dedicação de sempre.

Ao meu esposo, que foi meu maior incentivador, esteve comigo em todos os momentos. Por toda ajuda, amor, cuidado, atenção e por acreditar em mim. Sua presença durante essa etapa me fez mais forte.

Ao meu orientador professor Dr. Joaquim Carlos Gonzalez, pelo seu conhecimento, paciência, ensinamentos e compreensão durante essa jornada.

Aos familiares, amigos e colegas que sempre perguntavam: - Loy, como está o mestrado?

Aos amigos e colegas de pós-graduação, em especial Marcella Hermida de Paula e Mírian de Almeida Costa, pela ajuda a qualquer hora do dia, pelos desabafos e pelas risadas, não sei como seria finalizar o mestrado sem o suporte de vocês.

Aos amigos, Lais Rayane, Gabrielle Xavier e Luis Carlos Meneses pelo incentivo, amizade e ajuda.

Aos funcionários e professores do Departamento de Engenharia Florestal por todo conhecimento passado.

Ao Mário Rabelo de Souza, pelo enorme auxílio com a máquina de fotodegradação, que esteve sempre à disposição para ajudar, com muita simpatia.

À Universidade de Brasília (UnB).

À CAPES pelo suporte financeiro.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho fica o meu MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Comportamento de lâminas de madeiras de três espécies florestais submetidas a fotodegradação artificial após serem tratadas com diferentes produtos de acabamentos.

Autor: Loyane Fernandes da Silva

Orientador: Prof. Joaquim Carlos Gonzalez

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, dezembro de 2021.

O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de lâminas de madeira das espécies *Simarouba amara* (marupá), *Cedrela fissilis* (cedro) e *Dipteryx odorata* (cumaru) tratadas com produtos de acabamento convencionais e produtos naturais, e submetidas a ação da fotodegradação acelerada. Foram utilizadas lâminas sem tratamento, denominadas de testemunhas, e lâminas tratadas com verniz brilhante, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona. Primeiramente foram obtidos parâmetros colorimétricos e de rugosidade da superfície das amostras. Posteriormente, elas foram levadas a uma câmara de envelhecimento acelerado para simular os efeitos da degradação, causados pela fotodegradação natural na superfície da madeira. Realizaram-se seis períodos de fotodegradação, totalizando 650 horas. A cada ciclo de fotodegradação, foram feitas análises colorimétricas e de rugosidade nas lâminas das espécies. Avaliou-se também a qualidade do acabamento a partir de ensaios de aderência e resistência química. As três espécies exibiram valores positivos das coordenadas a^* e b^* , indicando que as madeiras estudadas apresentaram cromaticidade vermelha e amarela. Na espécie marupá, em todos os tratamentos aplicados, a fotodegradação causou uma variação de cor classificada como muito apreciável. No cedro a classificação foi de notável para testemunha, apreciável para o verniz natural e laca natural e muito apreciável para verniz e óleo de mamona. O cumaru apresentou mudanças colorimétricas classificadas como muito apreciável para a testemunha e óleo de mamona e apreciável para os demais tratamentos. A fotodegradação não foi capaz de alterar a rugosidade da madeira. Os produtos de acabamento obtiveram boa aderência e uma boa ancoragem na madeira. Em relação à resistência química, o verniz e a seladora apresentaram maior facilidade de remoção de manchas. Concluiu-se que o tratamento com produtos naturais proporcionou um bom desempenho na proteção contra variação de cor da madeira frente à fotodegradação, com valores semelhantes aos produtos convencionais. Dos produtos naturais, a laca natural demonstrou os melhores resultados de variação colorimétrica, rugosidade e nos testes de avaliação de acabamento. Assim, o tratamento de lâminas de madeira para produção de móveis com a utilização de produtos de acabamento de fontes naturais representa uma alternativa eficiente, e serve de incentivo para demais estudos neste segmento.

Palavras-chave: lâminas de madeira, fotodegradação, colorimetria, rugosidade, produtos de acabamento.

ABSTRACT

Behavior of wood veneers from three forest species submitted to artificial photodegradation after finishing products treatments.

Author: Loyane Fernandes da Silva

Advisor: Joaquim Carlos González

Forestry Post-Graduation Program.

Brasília, december of 2021.

The objective of this study was to evaluate the behavior of *Simarouba Amara* (marupá), *Cedrela fissilis* (cedar) and *Dipteryx odorata* (Cumarú) wood veneers treated with conventional finishing products and natural products, and subjected to accelerated photodegradation. The experimental design considered untreated (control group) and treated wood veneers with glossy varnish, sealer, natural varnish, natural lacquer and castor oil. Firstly, colorimetric and roughness parameters were obtained from samples. Subsequently, the veneers were taken to an accelerated aging chamber to simulate the effects of degradation, caused by natural photodegradation on the wood surface. Six periods of photodegradation were performed, totaling 650 hours. At each photodegradation cycle, colorimetric and roughness data were taken from the species samples surface. Finish quality was also observed from adhesion and chemical resistance tests. It was found that the coordinates a^* and b^* showed positive values for the three species studied, indicating that the woods had red and yellow chromaticity. All treatments applied on marupá were responsible for photodegradation, causing color variation classified as very appreciable. The cedar color variation was classified as remarkable to control group, appreciable to natural varnish and natural lacquer and very appreciable to varnish and castor oil. Cumarú color changes were classified as very appreciable to the control group and castor oil and appreciable to other treatments. The photodegradation was not able to change the roughness of the studied woods. The finishing products presented good adhesion and anchorage in the wood surface. Regarding the chemical resistance, the varnish and sealer stains were easily removed. It was concluded that treatments with natural products provided a good performance in the protection of wood color modification against photodegradation, with values similar to conventional products. Among all natural products tested, the natural lacquer showed best results for colorimetric variation, roughness and finishing evaluation tests. Thus, the treatment of wood veneers for furniture production using finishing products from natural sources represents an efficient alternative and serves as motivation for further studies in this segment.

Keywords: wood veneers, photodegradation, colorimetry, roughness, finishing products

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Sistema Colorimétrico CIELab 1976	25
Figura 2 - Produtos utilizados para o acabamento da madeira. Da esquerda para direita: Verniz Brilhante, Seladora, Verniz à óleo, Laca Natural Brilhante e Óleo de mamona.	35
Figura 3 - Câmara de intemperismo acelerado QUV/Spray.....	36
Figura 4 - Placas metálicas da câmara. Vista frontal da máquina.	37
Figura 5 - Lâminas dispostas com a face tangencial exposta.	37
Figura 6 - Espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite.	38
Figura 7 - Rugosímetro SurfTest SJ – 400	40
Figura 8 - Etapas do ensaio de aderência. 1- Cortes em grade. 2- Colagem da fita adesiva. 3 - Análise do destacamento da superfície com a lupa de 10x.	41
Figura 9 - Variável luminosidade (L^*) para a madeira de marupá durante a fotodegradação.	47
Figura 10 - A: Coordenada a^* (pigmento vermelho) para a madeira de marupá. B: Coordenada b^* (pigmento amarelo) para a madeira de marupá durante a fotodegradação.....	48
Figura 11 – A: Valores médios da saturação (C) para a madeira de marupá; B: ângulo de tinta (h^*) para a madeira de marupá durante a fotodegradação.	49
Figura 12 – Variável luminosidade (L^*) para a madeira de cedro durante a fotodegradação..	58
Figura 13 - A: Coordenada a^* (pigmento vermelho) para a madeira de cedro. B: Coordenada b^* (pigmento amarelo) para a madeira de cedro durante a fotodegradação.....	59
Figura 14 - A: Valores médios da saturação (C) para a madeira de cedro; B: ângulo de tinta (h^*) para a madeira de cedro durante a fotodegradação.	60
Figura 15 - Valores médios do parâmetro de luminosidade (L^*) para a madeira de cumaru durante a fotodegradação.....	68
Figura 16 - A: Coordenada a^* (pigmento vermelho) para a madeira de cumaru. B: Coordenada b^* (pigmento amarelo) para a madeira de cumaru durante a fotodegradação.....	69
Figura 17 - A: Valores médios da saturação (C) para a madeira de cumaru; B: ângulo de tinta (h^*) para a madeira de cumaru durante a fotodegradação.....	70
Figura 18 - Superfícies das madeiras de marupá antes (superior – A a F) e após (inferior – G a L) serem submetidas a fotodegradação acelerada.	52
Figura 19 - Superfícies das madeiras de cedro antes (superior – A a F) e após (inferior – G a L) serem submetidas a fotodegradação acelerada.	63
Figura 20 - Superfícies das madeiras de cumaru antes (superior – A a F) e após (inferior – G a L) serem submetidas a fotodegradação acelerada.	72

Figura 21 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá. A –Perfil da madeira de in natura. B - Perfil das madeiras tratadas com os produtos convencionais (verniz e seladora). C- Perfil das madeiras de marupá tratadas com produtos naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).....	77
Figura 22 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de cedro. A –Perfil da madeira de cedro in natura. B - Perfil das madeiras tratadas com os produtos convencionais (verniz e seladora). C- Perfil das madeiras de cedro tratadas com produtos naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).	78
Figura 23 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de cumaru. A –Perfil da madeira de cedro in natura. B - Perfil das madeiras tratadas com os produtos convencionais (verniz e seladora). C- Perfil das madeiras de cumaru tratadas com produtos naturais (verniz natura, laca natural e óleo de mamona)	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos aplicados na superfície das amostras, nas espécies utilizadas (Simarouba amara, Cedrela fissilis e Dipteryx odorata).	34
Tabela 2 – Classificação da variação de cor (ΔE) das lâminas de madeira.....	39
Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de marupá antes e após a aplicação dos produtos.....	43
Tabela 4 - Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de marupá sem tratamento (Testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.....	44
Tabela 5 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro antes e após a aplicação dos produtos.....	53
Tabela 6 – Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sem tratamento (Testemunha), tratadas com Verniz, Seladora, Verniz Natural, Laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.....	54
Tabela 7 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cumaru antes e após a aplicação dos produtos.....	64
Tabela 8 - Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de cumaru sem tratamento (Testemunha), tratadas com Verniz, Seladora, Verniz Natural, Laca Natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.....	65
Tabela 9 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de marupá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.	49
Tabela 10 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de marupá sem tratamento, e tratada com os produtos após os períodos de fotodegradação.	50
Tabela 11 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cedro antes e após a aplicação de produtos de acabamento.	60
Tabela 12 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cedro sem tratamento, e tratada com os produtos após os períodos de fotodegradação.	61
Tabela 13 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cumaru antes e após a aplicação de produtos de acabamento.	70
Tabela 14 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cumaru sem tratamento, e tratada com os produtos após os períodos de fotodegradação.	71
Tabela 15 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de marupá antes e após a aplicação dos produtos.....	74

Tabela 16 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro antes e após a aplicação dos produtos.....	74
Tabela 17 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de cumaru antes e após a aplicação dos produtos.....	75
Tabela 18 - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de marupá sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.....	81
Tabela 19 - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.....	83
Tabela 20 - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de cumaru sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.....	85
Tabela 21 - Número de amostras classificadas pelo grau de aderência nos diferentes acabamentos.....	88
Tabela 22 - Média da porcentagem de destacamento da película dos acabamentos.	88
Tabela 23 – Dados referentes à dificuldade de remoção das manchas causadas por produtos diversos, nos diferentes acabamentos sobre a madeira de marupá, cedro e cumaru.	89

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

a^* = eixo cromático vermelho-verde

ANOVA = análise de variância

b^* = eixo cromático amarelo-azul

C = cromaticidade

CIE = Commission International d'Eclairage

cm = centímetros

COPANT = La Comisión Panamericana de Normas Técnicas

h^* = ângulo de tinta

IPT = Instituto de pesquisa tecnológica

L^* = claridade ou luminosidade

lm = Linha média

LPF = Laboratório de Produtos Florestais

m^2 = Metro quadrado

MIR = Espectrocopia no infravermelho médio

mm = milímetro

nm = Nanômetro

R_a = Média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil

R_q = Raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios do perfil a partir da linha média

R_t = Soma da altura do pico máximo do perfil sobre a extensão avaliada

R_z = Soma da altura 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

SPSS = software aplicativo do tipo científico

UV = Raios ultravioletas

VOCs = compostos orgânicos voláteis

W = Watt

y_i = Desvios do perfil de rugosidade superficial da madeira

Δa = Variação do parâmetro a^* entre ciclos

Δb = Variação do parâmetro b^* entre ciclos

ΔE^* = variação total da cor

ΔL = Variação da luminosidade entre ciclos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO.....	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1. ESPÉCIES	17
3.1.1. <i>Simarouba amara</i> Aubl. (Marupá)	17
3.1.2. <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (Cedro)	18
3.1.3. <i>Dipteteryx odorata</i> (Cumaru)	19
3.2. A MADEIRA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA.....	20
3.3. LÂMINAS DE MADEIRAS.....	21
3.4. COLORIMETRIA.....	23
3.4.1. COLORIMETRIA APLICADA EM MADEIRAS	24
3.5. FOTODEGRADAÇÃO.....	26
3.6. PRODUTOS DE ACABAMENTO	28
3.6.1. TOXIDADE DOS PRODUTOS DE ACABAMENTO	30
3.7. RUGOSIDADE	31
3.8. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ACABAMENTO.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1. PREPARO DAS AMOSTRAS	33
4.2. ENSAIO DE FOTODEGRADAÇÃO.....	36
4.3. COLORIMETRIA.....	37
4.4. RUGOSIDADE	39
4.5. QUALIDADE DO ACABAMENTO.....	41
4.5.1. ADERÊNCIA	41
4.5.2. RESISTÊNCIA QUÍMICA	42
4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1. COLORIMETRIA.....	43
5.2. RUGOSIDADE	73
5.3. QUALIDADE DO ACABAMENTO.....	87
5.3.1. ADERÊNCIA	87
5.3.2. RESISTÊNCIA QUÍMICA	89
6. CONCLUSÕES.....	91

7. RECOMENDAÇÕES	92
8. REFERÊNCIAS	92

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material versátil que pode ser utilizada em diversas aplicações, seja para uso estrutural, produção de celulose e papel, carvão ou para decoração. Além de ser um produto natural e renovável seu processamento precisa de energia mínima em comparação com outros materiais (FERNANDES & BRANCO, 2018).

O uso da madeira em diferentes vertentes faz com que o setor florestal seja amplamente difundido em diferentes segmentos industriais, como o de carvão, papel e celulose, na construção civil e movelaria (DIAS JÚNIOR *et al.*, 2013). Segundo Brainer (2018), a utilização da madeira para fabricar móveis é uma das mais tradicionais atividades na indústria de transformação, atende diferentes públicos e acompanha tendências. No setor moveleiro o valor estético da madeira tem importância significativa para suas aplicações, pois o produto final requer aspectos estéticos e qualidade visual (SANTOS & DUARTE, 2013).

Alterações de cor da madeira devido a condições ambientais, reações químicas e organismos xilófagos afetam seu valor decorativo, surgindo assim a necessidade de proteger a superfície da madeira dos móveis (SANTOS & DUARTE, 2013). Dessa forma, se faz necessário a utilização de métodos impermeabilizantes com a utilização de produtos compostos de resinas naturais ou sintéticas para proteção dos móveis (CERCHIARI; GAVA; GARCIA, 2010).

É possível encontrar vastas opções de produtos, entre eles produtos naturais e produtos sintéticos sendo estes os mais utilizados, abrangendo tintas, vernizes e seladoras. Apesar de serem bastantes utilizados e apresentarem um bom desempenho na superfície da madeira, esses produtos contêm solventes e substâncias tóxicas e perigosas (CERCHIARI; GAVA; GARCIA, 2010; CETESB, 2006; IPT, 2003).

Um dos principais impactos provenientes das empresas do setor de vernizes está na emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC) no meio ambiente, estes compostos causam efeitos nocivos, reduzindo a qualidade do ar no interior das construções e prejudicando a saúde dos usuários (CUNHA, 2012).

Para Cerchiari; Gava; Garcia (2010), as questões ambientais vêm sendo cada vez mais estudadas e discutidas na sociedade, e produtos menos nocivos à saúde têm sido desenvolvidos no intuito de gerar ações sustentáveis e que mantenha a qualidade de vida do planeta. Existem produtos sem solventes sintéticos e biodegradáveis já disponíveis no mercado, os quais têm

influência reduzida ou nula à saúde humana e ao meio ambiente (CETESB, 2006). No entanto, é necessário investigar a eficácia desses produtos quando aplicado nas lâminas de madeira, verificar e comprovar suas vantagens em comparação aos produtos sintéticos por meio de testes e, assim, incentivar a utilização desses produtos.

Considerando a toxicidade dos produtos mais utilizados no mercado, formas alternativas de acabamentos da superfície da madeira podem ser adotadas. Neste contexto, o enfoque desta pesquisa recai sobre os produtos de acabamentos de origem natural, já que é preciso verificar sua eficácia na madeira e observar os efeitos diante da fotodegradação, e assim avaliar se os resultados se igualam aos produtos comuns já estabelecidos no mercado.

2. OBJETIVO

Avaliar o comportamento de lâminas de madeiras das espécies *Simarouba amara*, *Cedrela fissilis* e *Dipteryx odorata*, submetidas à fotodegradação artificial tratadas com produtos de acabamentos naturais e de origem sintéticas.

2.1. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito de cinco produtos de acabamento em lâminas de madeira das espécies de marupá (*Simarouba amara*), cedro (*Cedrela fissilis*) e cumaru (*Dipteryx odorata*) sob ação da fotodegradação;
- Avaliar as modificações de cor e de rugosidade da madeira das lâminas antes e após a aplicação dos produtos e após os períodos de fotodegradação;
- Avaliar a qualidade do acabamento;
- Comparar os resultados dos produtos de origem natural produzidos com materiais renováveis e atóxicos com os produtos sintéticos já difundidos na indústria moveleira.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. ESPÉCIES

3.1.1. *Simarouba amara* Aubl. (Marupá)

O marupá pertencente à família Simaroubaceae, é uma espécie de floresta tropical úmida, nativa da floresta Amazônica, habita matas de várzeas onde é mais frequente e atinge maior porte, e é ocasional nas capoeiras e savanas de solo arenoso, podendo ser encontrado nas Índias Ocidentais, na Amazônia e nos Estados da Bahia, Ceará e Pernambuco (DE AZEVEDO *et al.*, 2010).

A madeira do marupá apresenta o cerne de cor branco-amarelado indistinto do albúrnio; possui uma madeira leve com densidade de 0,38 g/cm³ a 0,55 g/cm³, tendo baixa resistência mecânica, a secagem ao ar livre é fácil e em secadores tem uma secagem rápida, sem defeitos (DE AZEVEDO *et al.*, 2010). Apresenta um acabamento ruim no torno, porém na plaina, e em outros equipamentos como a broca e na serra, tem um excelente acabamento superficial (MELO & CAMARGOS, 2012).

A espécie é utilizada na construção civil interna, na caixotaria, na fabricação de tampo para instrumentos musicais, de compensados, movelaria, brinquedos, embalagens de palitos de fósforo, lenha e carvão; suas folhas, cascas e raízes são utilizadas na medicina popular, na produção de chá e repelentes (FILHO & SARTORELLI, 2015; MARQUES *et al.*, 2014; MELO & CAMARGOS, 2012).

A madeira do marupá é uma fonte de suprimento para o setor moveleiro, na fabricação de móveis que requerem baixa capacidade de carga, móveis finos, instrumentos musicais e esquadrias (SOUZA; BUFALINO; GOMES 2020).

3.1.2. *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro)

O cedro pertence à família Meliaceae. Segundo o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (2005), se trata de uma espécie que ocorre em diversas formações florestais brasileiras e em toda América Tropical, se comporta como secundária inicial ou secundária tardia. Ocorre em floresta primária, principalmente nas bordas da mata ou clareiras, como em floresta secundária, porém nunca em formações puras, possivelmente devido a sua heliofilia (IPEF, 2005). O cedro ocorre principalmente em solos profundos e úmidos, mas bem drenados caracterizados por textura argilosa a areno-argilosa, solos rasos ou com camadas de pedras e áreas de lençol freático superficial não são favoráveis ao seu desenvolvimento (CARVALHO, 2005).

De acordo com dados do IPEF (2005), a madeira do cedro possui coloração do albúrnio de branca a rosada enquanto o cerne varia entre bege-rosado e castanho-avermelhado. Trata-se de uma madeira leve a moderadamente densa com densidade de 0,47 a 0,61 g.cm³, a 15% de umidade, de fácil secagem em estufa e ao ar livre, sendo mínima a ocorrência de defeitos durante o processo de secagem. A madeira é de trabalhabilidade fácil, com instrumentos manuais ou mecânicos, e apresenta excelente absorção para pigmentos e polimento (CARVALHO, 2005).

O cedro tem uso paisagístico, mas devido às suas boas propriedades da sua madeira, como alta durabilidade quando é exposta ao tempo, o cedro tem grande importância econômica, e um alto valor agregado a sua madeira, sendo muito utilizado na indústria madeireira, marcenarias e na construção naval e aeronáutica (XAVIER; SANTOS; OLIVEIRA, 2003).

3.1.3. *Dipteryx odorata* (Cumaru)

Dipteryx odorata pertence à família das Fabaceae, é encontrada no bioma Amazônia e Mata Atlântica, ocorrendo em diversos estados do Brasil, na Bolívia, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, em Honduras, no Peru e na Venezuela (CARVALHO, 2009). É uma espécie considerada clímax ou clímax exigente em luz; geralmente encontrada no interior da floresta primária, onde é árvore emergente; é uma espécie de vida longa, indiferente às condições de solo consegue se desenvolver bem em solos moderadamente arenosos até muito argilosos, assim como em solos pobres e ácidos como em ricos em nutrientes (CARVALHO, 2009).

É uma árvore de grande porte, encontrada com mais de 50 metros de altura e 1,20 de diâmetro, tronco tem formato cilíndrico, com fuste de 18 a 24 m de comprimento (DUARTE; LAHR; CURVELO, 2021).

A madeira do cumaru é nobre, suas características são diferenciadas das espécies comuns, é uma madeira pesada com densidade básica de $0,75 \text{ g.cm}^{-3}$ a $1,09 \text{ g.cm}^{-3}$, de fácil secagem ao ar livre com leves tendências a rachar, já a secagem artificial é lenta, porém não apresenta defeitos, tem uma alta resistência ao ataque de organismos xilófagos, e é uma madeira difícil de ser trabalhada (IPT, 2011).

A madeira tem odor similar ao da baunilha e sem gosto perceptível (DUARTE; LAHR; CURVELO, 2021). Foi classificada por Paula *et al.* (2016) como amarela-amarronzada, mas distinto.

O cumaru está entre as 15 espécies mais exploradas da Amazônia, as sementes são utilizadas no artesanato, para extração de óleo essencial e como alimento, a madeira é amplamente utilizada na indústria madeireira, na construção civil, na fabricação de artigos laminados decorativos, mobiliários, assoalhos, embarcações, entre outros (VERÍSSIMO; LIMA; LENTINI, 2002).

3.2. A MADEIRA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA

A madeira é um dos materiais mais utilizados pelo homem e o acompanha desde os primórdios em praticamente todas as raças e culturas. Sua vasta utilização se dá devido a sua versatilidade, está disponível praticamente por todo o planeta e pode ser utilizada para obtenção de inúmeros objetos e em diversas áreas, seja móveis, construções, estruturas e objetos de usos variados, além de ser matéria prima de inúmeros produtos (FRANCO, 2010). Entre as possibilidades da utilização da madeira, encontra-se o setor moveleiro.

Desde os primórdios a mobília faz parte da história do homem e da sua evolução, que ao longo do tempo foi modificando para atender as necessidades humanas. Os móveis traziam a estética de quem projetava, assim como a representatividade de quem iria usá-lo, possuindo identidade cultural, estando intimamente relacionado ao tempo, espaço e civilização em que foi projetado (RAMOS, 2013).

O setor moveleiro pode ser classificado de acordo com o uso ou conforme a matéria-prima predominante (BRAINER, 2021). Dentro do setor há heterogeneidade em relação ao uso de tecnologias, diferentes nichos, presença de empresas de grande e médio porte coexistindo com micro e pequenas empresas (GALINARI *et al.*, 2013). Seu produto pode atender diferentes públicos e diferentes classe sociais, podendo acompanhar tendências e atender diferentes gostos e estilos (FONTE, 2016).

A grande demanda de vendas de móveis com madeira são as destinadas ao uso residencial, produtos como armários, móveis planejados para cozinha e quarto, poltronas, sofás, cadeiras, estantes, mesas, berços, entre outros muitos produtos (BRAINER, 2018).

Os maiores consumidores de móveis e principais produtores mundiais são China, União Europeia e Estado Unidos; na União Europeia se destacam dois produtores mundiais: Itália, líder mundial em design e Alemanha onde acontece a maior feira mundial de fornecedores da indústria (BRAINER, 2018).

No Brasil existem cerca de 20 mil estabelecimentos voltados para fabricação de móveis, o setor tem grande importância na economia brasileira, pois é responsável pela geração de quase 235 mil empregos, as regiões sul e sudeste são destaques na produção de móveis no Brasil (GALINARI *et al.*, 2013; BRAINER, 2021).

Segundo Brainer (2018), nesse setor são empregadas diversas matérias-primas, embora existam móveis de metais, plásticos, estofados, entre outros, a matéria prima

predominante é a madeira, seja oriunda de florestas nativas ou de reflorestamentos. A indústria moveleira brasileira tem potencial com móveis e artigos de madeira devido suas condições edafoclimáticas, uma vasta cobertura e diversidade florestal, que propiciam a exploração desse recurso (MELLO & MELLO, 2017).

Em muitos polos, a produção de móveis de madeira maciça é muito importante devido à sua resistência, durabilidade e seu aspecto estético, porém com a modernização do setor de móveis e painéis, as indústrias podem escolher entre a madeira serrada, painéis, lâminas, compensados, aglomerados e entre os diversos tipos de painéis, para a fabricação de móveis, propiciando ofertas variadas, preços competitivos, além da utilização de madeiras reflorestadas no processo produtivo (FONTE, 2016). A maioria dos móveis, na atualidade são produzidos a partir de painéis particulados ou de fibras, como MDF e o MDP (MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2015).

O surgimento dos painéis revestidos ocorreu quase que em sua totalidade na segunda metade do século XX, e foi um grande passo rumo à industrialização dos móveis (FONTE, 2016). Segundo Mattos et.al (2015), os painéis tanto os aglomerados quanto o MDF podem ser revestido, em ambas as faces ou apenas em uma. O autor explica que o revestimento pode ser de três tipos:

- BP: Baixa pressão, uma folha de papel especial fundida ao painel pela ação de temperatura e pressão;
- FF: *finish foil*, colagem de uma película de papel ao painel;
- LM: revestimento de lâmina de madeira natural.

3.3. LÂMINAS DE MADEIRAS

No Brasil as primeiras laminadoras e fábricas de compensados foram instaladas na década de 30, sendo sua principal utilização na indústria de compensados, geralmente sendo produzida pelos mesmos fabricantes dos painéis (SILVA *et al.* 2015).

Segundo Piva (2006), as lâminas de madeira, antigamente, eram cortadas com serras mecânicas, porém com esse método as lâminas obtidas tinham espessura superior a 2 cm, resultando em um baixo índice de aproveitamento, tornando o processo lento e de custo elevado, com os avanços tecnológicos hoje é possível obter lâminas decorativas de madeira natural com menos de 1mm.

Atualmente as lâminas de madeira são obtidas por um processo de fabricação que se inicia com o descascamento, seccionamento, aquecimento e, posteriormente o corte em lâminas, seguindo para gilotinagem e secagem (ESCOBAR *et al.*, 2011). O corte é feito por meio de uma faca específica, geralmente sua espessura está entre 0,5 e 1 mm, dependendo do tipo da madeira (FRANCO, 2010).

Para laminação existem dois métodos: torneamento e faqueamento. As lâminas tornadas assim que obtidas são destinadas à produção de compensados, têm espessura entre 1 a 3 mm, e são obtidas:

por desenrolamento contínuo das toras, isto é, a tora ainda cilíndrica é colocada entre as ponteiros de uma máquina semelhante a um torno e encosta-se nela uma faca comprimida em posição tangencial. Faz-se a tora girar de encontro à navalha de corte e a lâmina contínua é retirada semelhante ao desenrolar de uma bobina de papel (PIVA, 2006).

Já as lâminas faqueadas são utilizadas para revestimentos de superfícies de madeira como compensados, aglomerados ou MDF ou até paredes, o processo de produção é obtido a partir de uma tora inteira, produzindo fatias únicas (IPT, 2003). Para a obtenção das lâminas faqueadas:

a tora é dividida em setores especiais tendo como objetivo a obtenção dos desenhos mais agradáveis. Seu avanço é automático e ajustável, permitindo obter lâminas de diferentes espessuras, a qual também é determinada pela natureza da madeira (PIVA, 2006).

Para fabricação das lâminas, geralmente são utilizadas madeiras decorativas de boa qualidade, com maior valor comercial, que tem como finalidade produzir revestimento decorativos (IPT, 2003).

A qualidade da lâmina provém da própria madeira. As características tecnológicas ideais para laminação da madeira estão relacionadas aos seguintes fatores: densidade da madeira, diâmetro e forma do fuste, ângulo da grã e ausência de rachaduras no topo; essas condições são primordiais para obtenção de lâminas de qualidade e maior rendimento na laminação. A qualidade da lâmina também é influenciada pelas características operacionais do equipamento, velocidade de corte, afiação da faca entre outros (ESCOBAR *et al.*, 2011).

Os diversos fatores já citados influenciam para se obter diversas composições de desenho recriando a madeira na sua forma natural, em painéis nobres (GONÇALVES, 2010). A lâmina pode agregar muito valor aos móveis, pois podem ser utilizadas com a cor natural da madeira, ou podem ser tingidas com tintas, podendo imitar a coloração de outras espécies (SILVA *et al.*, 2015b).

3.4. COLORIMETRIA

A cor sempre esteve presente na história do homem, no início da humanidade as cores estavam mais associadas a necessidades psicológicas do que a estética, um exemplo são os egípcios que atribuía as cores sentidos psicológicos, tendo para cada cor um símbolo (SILVA *et al.*, 2015a).

Apenas no século XIX que houve um maior interesse pelo estudo científico das cores. A partir das cores existem um leque de possibilidades criativas que ativam a imaginação humana. A cor exerce três ações sobre o observador: impressionar a retina, provocar reações, e construir uma linguagem própria comunicando uma ideia ou representando um símbolo (SILVA *et al.*, 2015a).

Para existir a cor é necessário que haja três variáveis importantes: fonte luminosa, objeto e observador (BONFATTI JÚNIOR & LENGOWSKI, 2018). E segundo Guimarães (2004), a cor é definida por três características: matiz ou tonalidade, brilho ou luminosidade e a saturação ou croma. A matiz é a cor definida pelo comprimento de onda; brilho é a luminosidade da cor, referente à proximidade do branco ou preto; a croma é definida como sendo o grau de pureza da cor.

A definição e atribuição de uma determinada cor somente pela análise visual de um objeto é subjetivo, uma vez que pode haver diferenças de acordo com o observador e a fonte luminosa que estará sendo utilizada (SILVA *et al.*, 2017). Para reverter a subjetividade foram desenvolvidos métodos comparativos e quantitativos de medição de cores (SILVA *et al.*, 2015a).

A colorimetria é uma ciência de medição de cor e é amplamente empregada no comércio, indústria e laboratórios de desenvolvimento para expressar a cor em termos numéricos e para medir as diferenças de cor entre amostras. Atualmente, o dispositivo de mensuração de cor mais utilizado é o espectrofotômetro, constituído por uma unidade de base, um instrumento de mão e um cabo de fibra ótica conectado entre eles, que passa as informações para um computador, tendo como função iluminar uma amostra com luz branca e calcular o montante de luz refletido por esta em cada intervalo de comprimento de onda (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI, 2018).

Os instrumentos de medição de cor têm ganhado espaço e importância nas empresas onde a cor do produto é um importante fator a ser controlado. A colorimetria tem sido utilizada

há muito tempo por muitos segmentos industriais, recentemente a indústria moveleira nacional tem-se interessado por essa ciência (GOUVEIA, 2008), pois a cor é uma das propriedades da madeira, e está entre as principais percebidas pelos sentidos humanos, e a partir dela é possível identificar madeiras e classificá-las (BONFATTI JÚNIOR & LENGOWSKI, 2018).

A caracterização tecnológica da madeira vai além dos estudos anatômicos, físicos e mecânicos. O desenvolvimento de novas tecnologias tem auxiliado a melhorar os produtos e ter o conhecimento prévio das propriedades da madeira, utilizando metodologias eficientes, rápidas e não destrutivas. As técnicas não destrutivas são utilizadas na caracterização da madeira e na avaliação da durabilidade, são vantajosas em relação às tecnologias tradicionais, pois é possível avaliar uma peça sem ter de extrair dela corpos de prova, pode-se analisar uma grande quantidade de material de forma rápida e precisa, é versátil podendo ser utilizada em nível laboratorial assim como em nível industrial, pode ser utilizado na madeira e em produtos derivados, dentre estas técnicas se encontra a colorimetria (AMORIM; GONÇALEZ; CAMARGOS, 2013).

3.4.1. Colorimetria aplicada em madeiras

A cor da madeira é de fundamental importância para caracterizar os objetos, pois é uma das características que a classifica esteticamente como aceitável ou não, conforme a finalidade que será utilizada (MORI *et al.*, 2005). Na indústria madeireira, a cor de seus produtos está diretamente relacionada à tendência da moda ou com a finalidade do seu uso, como na produção de móveis (SILVA *et al.*, 2015a).

A demanda de madeira tem aumentado a variedade de espécies nativas comercializadas, e um dos pontos atrativos sobre a madeira na movelaria é a estética, que são dados por algumas de suas propriedades organolépticas, tais como: cor, brilho, desenho, etc. (SILVA *et al.*, 2017).

Existem diferentes métodos para quantificação da cor, e alguns são pouco eficazes, diminuindo sua precisão, como no caso da Carta de Munsell (Munsel Soil Color Chart - Munsell), uma metodologia desenvolvida para a classificação colorimétrica de solos. Uma outra opção é o sistema CIEL*a*b* de 1976 (Comissão Internacional de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) (SILVA *et al.*, 2017).

O emprego da colorimetria, por meio do sistema CIELab, tem apresentado viabilidade na classificação da qualidade da madeira (STANGERLIN *et al.*, 2013). O sistema CIELab é

um método que define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade, a tonalidade e a saturação ou cromaticidade, e é o mais empregado para medição das cores (SILVA *et al.*, 2015a).

A luminosidade é expressa pela variável “L” e assume o valor 0 (preto absoluto) e 100 (branco total), sendo representada por uma reta perpendicular a um círculo, passando pelo seu centro. A tonalidade é expressa pelas cores vermelho, verde, amarelo e azul, identificadas pelas variáveis “+a*”; “-a*”, “+b*” e “-b*”, respectivamente e graficamente por duas retas perpendiculares passando pelo centro de um círculo, a tonalidade também pode ser representada pela variável “h*” que é chamada de ângulo de tinta. A saturação ou cromaticidade, expressa pela variável “C” é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L, quanto mais distante do eixo, mais saturada será a cor. Esses elementos definem o sistema CIELab (Figura 1) (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

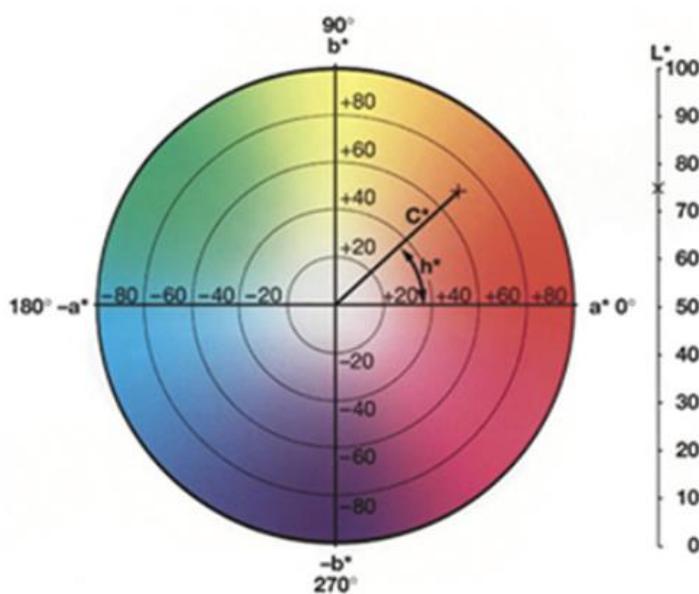


Figura 1 - Representação do Sistema Colorimétrico CIELab 1976
Fonte: (DAVID; POLIANA; SPRICIGO, 2017)

Nas madeiras podem ser encontradas tonalidades que vão desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto. Dentro desses intervalos existem madeiras amareladas, avermelhadas, arroxeadas e alaranjadas (CAMARGOS, 1999).

A cor da madeira não é estável, podendo ser alterada com o passar do tempo, escurecendo devido a oxidação dos componentes químicos, causada pela exposição a luz, além dos fatores como a umidade, temperatura e ataque de organismos xilófagos (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001; MARTINS *et al.*, 2011).

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas na tentativa de encontrar soluções para a melhoria das propriedades da madeira, sobretudo para otimizar as suas características quanto ao seu uso. Os estudos tem demonstrado a viabilidade da madeira através da classificação qualitativa (SILVA *et al.*, 2015a).

Stangerlin. *et al.* (2013), realizou a caracterização da biodeterioração de madeiras ao ataque de fungos de podridão branca e parda, e mostrou que a caracterização da colorimetria da madeira foi eficaz para o monitoramento da deterioração por fungos apodrecedores, bem como para diferenciação da podridão branca e parda, nos diferentes estágios.

Amorim, Gonzalez e Camargos (2013), determinaram as propriedades da madeira através da colorimetria, onde constataram que a colorimetria quantitativa é uma técnica adequada para determinação de propriedades físico-mecânicas da madeira. E por meio dos parâmetros colorimétricos fornecidos pelo sistema CIELAB 1976, foi possível diferenciar as madeiras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Eucalyptus grandis* e estimar as suas propriedades.

Outros estudos usaram a colorimetria para avaliar e caracterizar a madeira e seus derivados, como a caracterização da cor de aglomerados em diferentes proporções de mistura, e suas respectivas alterações de cores após exposição à luz natural (DE CASTRO *et al.*, 2014).

3.5. FOTODEGRADAÇÃO

O tempo é um fator determinante nas alterações superficiais da madeira, que são alteradas devido à radiação da energia solar, presença de umidade, temperatura, reações químicas de foto-oxidação, calor e outros elementos atmosféricos, além dos organismos xilófagos (CHANG; HON; FEIST, 1982). Os raios solares provocam o ressecamento na superfície da madeira, ocasionando retração, fotodegradação, fotodescoloração, facilitando o aparecimento de trincas e diminuindo o tempo de vida útil da peça (SILVA, 2012).

A peça de madeira quando exposta à luz absorve a radiação solar e sofre degradação fotoquímica por causa da ação dos raios ultravioletas. Porém a fotodegradação ocorre de forma superficial na madeira, devido a variedade de sistemas (quinomas, bifênol etc.) e dos grupos cromóforos (carbonila, dupla ligação etc.) que estão presentes em camadas externas. Após as primeiras reações de fotodegradação é formado uma pequena camada que protege as camadas inferiores e os outros constituintes celulósicos impedindo a entrada de luz na madeira (LIMA

et al., 2013; MARTINS *et al.*, 2011). Segundo Chang *et al.* (1982), mesmo após 100 anos de exposição à luz, a madeira é erodida não mais que sete milímetros.

A fotodegradação da madeira pode ser dividida em duas fases distintas: a primeira se dá pela degradação da celulose e hemicelulose, de forma conjunta, e a segunda diz respeito a degradação da lignina, sendo ela a principal constituinte responsável pela fotodegradação, pois em sua estrutura fenólica possui grupos cromóforos que sofrem ação dos raios ultravioletas (MARTINS *et al.*, 2011; MESQUITA, 2016).

Existem diferentes métodos para proteger a superfície da madeira da fotodegradação e garantir sua durabilidade, sendo um deles a aplicação de produtos de acabamento. Antes da aplicação dos produtos é importante saber em que ambiente a peça de madeira será colocada; caso seja em ambientes internos deve ter cuidado no revestimento feito na peça, quando usada em ambientes externos, ter atenção no revestimento, na arquitetura e no design do local. Os produtos de revestimento são transparentes à radiação ultravioleta, assim, com o tempo o produto perde sua eficiência, porém é possível acrescentar substâncias que tornem esses produtos mais eficientes (GOUVEIA, 2008).

Muitos trabalhos são realizados a fim de avaliar as madeiras durante o processo de fotodegradação. CHANG & CHANG (2001) compararam o efeito da fotodegradação em uma câmara de intemperismo marca Q-lab, modelo Q-PanelCo - com lâmpadas UVA-351, temperatura de 60 ± 2 °C, em um período de 16 dias - e em exposição em um ambiente com lâmpadas fluorescentes 10 horas por dia durante 5 anos por meio da avaliação da variação de cor de três espécies florestais. Os autores verificaram a viabilidade de simular a fotodegradação de madeiras em ambientes internos na máquina de envelhecimento acelerado com lâmpadas UVA-351, de forma que os resultados indicaram que o período de 16 dias na câmara simulou a mudança de cor da madeira correspondente a uma exposição interna de cinco anos.

Costa *et al.* (2011) verificaram o processo de fotodegradação e alteração da cor das madeiras *Hymenaea courbaril* e *Couratari oblongifolia*, submetidas à radiação ultravioleta artificial, e constataram que as madeiras das duas espécies sofreram alteração de cor causada pela fotodegradação, e ambas foram classificadas como madeiras com variação de cor muito apreciável.

Martins *et al.* (2011) avaliaram o efeito da radiação ultravioleta, através do envelhecimento artificial acelerado, na coloração da madeira de *E. benthamii* e *P. caribaea* var.

hondurensis, e verificaram que a técnica utilizada permitiu simular uma avaliação da alteração da cor da madeira das espécies estudadas quando empregadas, por exemplo, em mobiliário e expostas em um ambiente natural de escritório. A exposição às radiações ultravioletas causou a maior alteração de cor nas primeiras horas de irradiação.

Pace *et al.* (2018) avaliaram o efeito de diferentes acabamentos superficiais na variação da coloração das madeiras de *Corymbia citriodora* e *Khaya ivorensis* submetidas ao processo de envelhecimento acelerado. O processo de intemperismo acelerado provocou alterações significativas nas madeiras das espécies estudadas.

Gonzalez *et al.* (2010) avaliaram o efeito da radiação ultravioleta durante o envelhecimento artificial acelerado na coloração da madeira de *Cordia goeldiana* Huber antes e após aplicação de produtos de acabamentos, e concluíram que o envelhecimento da madeira quando tratada com seladora continuou modificando a cor com o passar do tempo e verificou que o produto polisten, depois de aplicado à madeira, conservou a cor para os períodos de envelhecimentos simulados.

3.6. PRODUTOS DE ACABAMENTO

Segundo Santos & Duarte (2013), desde tempos antigos foram desenvolvidas soluções para proteção da madeira, por ser um material biológico. Sua degradação ocorre de forma progressiva, e para estender a vida útil da peça, ao longo dos anos a produção de artigos de madeira esteve atrelada a produtos de preservação e acabamento, visando proteção da peça acabada, além de torná-la esteticamente mais agradável (SILVA, 2012).

São muitas as razões para a utilização dos produtos de acabamento na madeira e atualmente existe um leque de opções dependendo do aspecto desejado e do resultado que se quer atingir, produtos compostos de resinas naturais ou sintéticas, como tintas, vernizes, seladoras e ceras (DE SOUZA; SILVA; EVANGELISTA, 2011).

Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (2017), foi no ano de 1900 que surgiram as primeiras indústrias de tintas e vernizes no Brasil, as indústrias Tintas Hering em Blumenau, Santa Catarina e a Usina São Cristóvão no Rio de Janeiro. Atualmente o Brasil é o quinto maior produtor mundial no mercado de tintas e revestimentos, há centenas de fabricantes espalhados no país de grande, médio e de pequeno porte (SOUZA; GIANEZINI; WATANABE, 2018).

É possível encontrar no mercado brasileiro três tipos de empresas no setor de tintas e vernizes: grandes conglomerados (nacionais e internacionais), empresas de porte médio, com administração familiar, médias e pequenas indústrias voltadas à setores específicos (ABRAFATI, 2017).

Com o intuito de melhorar a estética da madeira e garantir sua durabilidade, o processo de acabamento, segundo Guedes (2011), compreende duas fases importantes: a preparação da superfície da madeira para a aplicação do acabamento, e a aplicação propriamente dita do acabamento. O revestimento deve formar uma película, que esteja perfeitamente aderida à madeira, e deve ser resistente à ação do ambiente e aos fatores físicos e químicos (BRAGA, 2011).

Os produtos de acabamentos podem ser de origem natural ou sintética. Os produtos sintéticos, sendo os mais difundidos na indústria moveleira as tintas, os vernizes e seladoras; os naturais se encontram as ceras, óleos e goma laca (DE SOUZA; SILVA; EVANGELISTA, 2011).

O verniz é uma solução de resinas sintética ou naturais dissolvidas em solventes, e sua utilização como películas protegem o substrato da madeira ou agem como revestimento com finalidade decorativa, dando brilho e proteção a madeira, aumentando sua durabilidade podendo prolongar sua vida útil em até quatro vezes (CUNHA, 2012).

A seladora é um preparo à base de solventes aromáticos, álcoois, éster, éter glicólico, resina alquídica e nitrocelulose, usualmente utilizada como acabamento de móveis (CERCHIARI; GAVA; GARCIA, 2010). É um produto próprio para fechar os poros da madeira, auxiliando a protege-la e/ou preparar para receber tintas e vernizes, mas também pode ser utilizada sozinha para acabamento simulando o verniz (VINICIUS, 2012).

As ceras são produtos à base de solventes, parafinas e algumas ceras naturais e sintéticas, e é utilizada para proteger e lustrar a madeira (CERCHIARI; GAVA; GARCIA, 2010).

Os óleos que são extraídos das sementes, assim como, o óleo de mamona que é extraído da semente de *Ricinus communis* L., uma planta da família Euphorbiaceae, que tem sua produção principalmente voltada para obtenção do óleo (SEVERINO, 2005). As aplicações do óleo de mamona são inúmeras, podendo ser utilizado na fabricação de tintas e isolantes, como base na indústria de cosméticos e drogas farmacêuticas, utilizada em processos industriais,

como a fabricação de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes, além de nylon e matéria plástica (COSTA *et al.*, 2004).

A goma laca é um poliéster natural, produzido pela cochonilha. O inseto secreta uma resina pegajosa que quando endurece, é retirada e submetida a tratamentos para separar a resina dos detritos e resíduos do inseto, e tem eficiência compatível com a maioria dos demais acabamentos (MANO & MENDES, 2013).

3.6.1. Toxicidade dos produtos de acabamento

Ao aplicar os vernizes e demais produtos de origem sintéticas em peças de madeira, devem ser tomados certos cuidados, visando a eficiência do produto e a segurança quanto aos aspectos ambientais e de saúde (IPT, 2003). Apesar de serem bastantes utilizados e apresentarem um bom desempenho na superfície da madeira, esses produtos contém solventes e substâncias tóxicas/perigosas que emitem vapores à temperatura ambiente sendo prejudicial para o meio ambiente, e por contato direto com a pele podem provocar alergias, queimaduras ou, após inalações repetidas, doenças respiratórias e lesões pulmonares (CERCHIARI; GAVA; GARCIA, 2010; CETESB, 2006; IPT, 2003).

Um dos principais impactos ambientais provenientes das empresas do setor de vernizes está na emissão de compostos orgânicos voláteis (VOC):

Os compostos orgânicos voláteis - VOCs - são compostos orgânicos que reagem fotoquimicamente na presença de oxigênio. Eles têm propriedades voláteis, que reagem com calor na presença do oxigênio. Os VOCs interagem com o ozônio quebrando suas moléculas e fazendo com que sua camada de proteção contra as emissões solares de UV-B seja reduzida (CUNHA, 2012).

Os VOCs causam efeitos nocivos, reduzindo a qualidade do ar no interior das construções e prejudicando a saúde dos usuários (CUNHA, 2012), corroborando com Silva (2012) que em seu trabalho verificou que os produtos para acabamento de superfície são fontes de riscos à saúde e ao bem estar do usuário e apresentam toxicidade e algum tipo de emissão gasosa prejudicial. A emissão desses compostos ocorrem durante todos os processos de fabricação; nas limpezas de equipamentos; nos vazamentos e válvulas de tubulações (CETESB, 2006).

Outro efeito nocivo nas indústrias de tintas e vernizes é a geração de resíduos durante e após o uso do produto, com o descarte da embalagem e a geração de efluentes (óleos e graxas, solventes, pigmentos e fosfatos) que está presente nas operações de lavagem; estas substâncias

contém altas concentrações de solventes e sólidos suspensos, que requerem tratamento (CETESB, 2006). Caso contrário, podem contribuir para contaminação do solo, podendo causar desequilíbrios do pH se lançados em corpos d'água, principalmente pelos componentes sintéticos e metais pesados presentes na formulação dos produtos (CUNHA, 2012).

Na escolha dos produtos de acabamento é importante se atentar as instruções na embalagem, orientações do fabricantes, utilização de EPIs, cuidado no manuseio e com os resíduos, e procurar por produtos/princípios ativos ambientalmente amigáveis (IPT, 2003).

Produtos sustentáveis e menos nocivos à saúde ao meio ambiente têm sido desenvolvidos, mas poucos são as informações científicas acerca do assunto e testes que demonstram a eficácia, quando utilizados como produtos de acabamento para a madeira (CERCHIARI; GAVA; GARCIA, 2010).

3.7. RUGOSIDADE

A superfície da madeira não é lisa, devido às cavidades celulares presentes em sua superfície (MESQUITA, 2016). A rugosidade compreende o conjunto de desvios microgeométricos caracterizado pelas pequenas saliências presentes na superfície, que ocorrem por diversos fatores (GUEDES, 2011).

A rugosidade em superfícies de madeira é influenciada por diferentes fatores, como a estrutura celular da madeira (largura dos anéis de crescimento, nós, raios, grã), densidade, condições de usinagem e do maquinário, se a peça foi ou não lixada, entre outros (TAYLOR, J.B.; CARRANO, A.L.; LEMASTER, 1999; TELES; DA COSTA; DE SOUZA, 2016)

A aspereza apresentada na superfície da madeira é uma característica importante relacionada à qualidade, de modo que quanto menor a aspereza, a peça apresentará melhor aspecto, apresentando menos imperfeições, irregularidades e captando menos sujeira, de modo que a madeira áspera dificulta na limpeza (HENZ, 2005).

Os estudos sobre rugosidade da superfície dos materiais na indústria metalúrgica iniciaram antes de 1939, enquanto os estudos sobre a rugosidade da madeira seguiram-se após 1950 (SORAGI, 2009). A qualificação de uma superfície se torna mais precisa quando é feito a medição da rugosidade, segundo Kilic *et al.* (2006) existem poucos registro na indústria, em relação a determinação da rugosidade da madeira.

Após a usinagem, as peças de madeira são avaliadas e qualificadas, e direcionadas para qual uso ou parte do móvel serão utilizadas. Um das formas de verificar o padrão de qualidade

que a peça deve ter é através da medição da rugosidade, e até madeiras que são destinadas a esquadrias e assoalhos também necessitam da avaliação da qualidade da superfície (DIAS JÚNIOR *et al.*, 2013).

A rugosidade da madeira pode ser determinada através da medição da altura, largura e forma dos picos e vales, através do rugosímetro (TELES; DA COSTA; DE SOUZA, 2016).

O rugosímetro é um aparelho eletrônico utilizado na indústria para determinar perfis lineares em superfícies de materiais. Ele é usado para verificar a rugosidade, medindo variações verticais em função de um deslocamento horizontal, verificando as irregularidades de diferentes materiais (SORAGI, 2009).

Madeiras que serão revestidas por produtos de acabamento, é importante que tenham baixa rugosidade, sem defeitos e com limpeza adequada, isso faz com que os produtos tenham um bom desempenho na peça (DA SILVA, 2002). A rugosidade permite o espalhamento do produto na peça, esse efeito é válido até certo ponto, pois quando a rugosidade aumenta ela se apresenta de forma negativa no desempenho da madeira com os produtos de acabamento (SINDERSKI, 2020).

O estudo a respeito da rugosidade da madeira é muito importante, em outros campos da engenharia também se faz uso dessa pesquisa, pois a rugosidade interfere sobre a qualidade final do produto (RAABE; DEL MENEZZI; GONÇALEZ, 2017).

3.8. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ACABAMENTO

Para se aferir a qualidade de uma superfície acabada, é necessário certificar a qualidade do revestimento feito. A norma NBR 14535 (ABNT, 2000) estabelece métodos de ensaio para acabamento e proteção de superfícies de móveis de madeira contra os efeitos provocados por agentes que possam causar danos.

A aderência é a capacidade de um composto se ligar à superfície do substrato no qual é aplicado. Em materiais porosos como a madeira, significa que o aderente penetrou no substrato enquanto líquido e após endurecimento forma pontes de ancoragem (SOUSA, 2008).

A boa ancoragem de um produto sobre um substrato depende das características do substrato e do composto, portanto é importante que a superfície possua baixa rugosidade, sem defeitos e com limpeza adequada (SILVA, 2002).

A resistência química consiste na capacidade de um acabamento não ser manchado por diversas substâncias, bem como a resistência à ação da água, que determina a resistência da película à umidade dentro de um intervalo de tempo determinado (FAZANO, 1989).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Anatomia da Madeira e Ensaio não destrutivo da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília.

4.1. PREPARO DAS AMOSTRAS

As lâminas de marupá (*Simarouba amara*), cedro (*Cedrela fissilis*) e cumaru (*Dipteryx odorata*) foram obtidas no mercado madeireiro do Distrito Federal. A escolha das espécies foi com base na coloração e por serem espécies utilizadas no mercado moveleiro.

Foram confeccionados 30 corpos de prova de cada espécie, sendo utilizados cinco corpos de prova para cada tratamento, com dimensões de 7,5cm x 3,5cm x 0,1cm (comprimento, largura e espessura, respectivamente). As amostras estavam em umidade de equilíbrio com o meio.

Foram aplicados cinco tratamentos na face tangencial dos corpos de prova, além da testemunha, ao qual não foi aplicado nenhum produto de acabamento em sua superfície. Os tratamentos são descritos na Tabela 1. Previamente à aplicação dos tratamentos, as amostras estavam acondicionadas em recipiente fechado para proteção contra a luz.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos aplicados na superfície das amostras, nas espécies utilizadas (*Simarouba amara*, *Cedrela fissilis* e *Dipteryx odorata*).

Tratamento	Descrição do tratamento	Observação
1	Testemunha	Natural (sem aplicação de produtos)
2	Verniz brilhante	Verniz brilhante 9104 (Sayerlack) – Composição: Acetato de etila, tolueno, etilbenzeno, xileno, acetato de butila, etanol, nitrocelulose, etilglicol - produto classificado conforme norma NBR 11702.
3	Seladora concentrada	Seladora 9245 a base de nitrocelulose (Sayerlack) - Composição: Estearato de zinco, acetato de etila, etanol, nitrocelulose, etilbenzeno, xileno, acetato de glicerol, acetato de butila, tolueno - produto classificado conforme norma NBR 11702.
4	Verniz à óleo (Verniz natural)	Marca General Iron Fittings: composto por uma mistura de óleos e resinas naturais, 100% naturais, como a colofônia natural, conforme informação do fabricante. Recomendado para superfícies e objetos em contato com alimentos, móveis, armários, portas, janelas de ambiente interno
5	Laca Natural Brilhante	Da marca General Iron Fittings: composta por goma laca indiana, colofônia, álcool, terebintina. Conteúdo 100% renovável e atóxica. Indicada para brinquedos, artesanato, objetos em contato com alimentos, móveis, armários, portas, janelas.
6	Óleo de mamona	Óleo natural extraído da planta, comprado no comércio local (100% natural)

Os tratamentos 2 e 3 são produtos da marca Sayerlack, que são bastantes convencionais no mercado. Para os tratamentos 4 e 5 os produtos foram adquiridos em uma empresa especialista em produtos de acabamento para madeira feitos a partir de fontes renováveis e materiais atóxicos, portanto serão chamados de “produtos naturais”, assim como o tratamento 6 (Figura 2).



Figura 2 - Produtos utilizados para o acabamento da madeira. Da esquerda para direita: Verniz Brilhante, Seladora, Verniz à óleo, Laca Natural Brilhante e Óleo de mamona.

Fonte: A autora (2021)

Previamente à aplicação dos produtos, as amostras foram submetidas a lixa de granulometria de granas 180 com a finalidade de retirar sujeiras e imperfeições. Entre as demãos de produto também foi passada a lixa, exceto na testemunha que foi lixada uma única vez.

Os produtos foram aplicados com pincel e a aplicação foi realizada seguindo as instruções do respectivo fabricante, exceto o óleo de mamona (tratamento 6), que se trata de um produto não convencional e não possui padronização no processo de aplicação - foram realizadas três demãos.

As amostras foram submetidas aos ensaios de rugosidade e colorimetria, antes e após a aplicação dos tratamentos, em seguida foram levadas para a câmara de envelhecimento acelerado.

4.2. ENSAIO DE FOTODEGRADAÇÃO

Para simular o efeito da radiação ultravioleta na superfície da madeira, as amostras foram levadas a uma câmara de intemperismo acelerado marca Q-lab modelo QUV/Spray (Figura 3) que simula os efeitos causados pela luz do sol, chuva e orvalho na superfície da madeira.



Figura 3 - Câmara de intemperismo acelerado QUV/Spray.

Fonte: A autora (2021)

No presente estudo não foram realizados efeitos de orvalho e chuva, apenas da luz do sol. Portanto, foram simulados os efeitos da fotodegradação utilizando lâmpadas fluorescentes UVA com irradiância de $0,66 \text{ W/m}^2/\text{nm}$ a 340 nm , e um controle de temperatura de 50°C , conforme a norma ASTM G154 (ASTM, 2006).

Foram realizados seis períodos totalizando 650 horas. Os ciclos de fotodegradação foram acumulativos na seguinte ordem: 0 (antes de ir para máquina), 24, 48, 96, 192, 384, 650 horas. A cada ciclo de fotodegradação nas lâminas foram feitas análises colorimétricas e de rugosidade.

Na câmara, as amostras foram acopladas em suportes metálicos (Figura 4) onde a face tangencial da madeira ficou exposta a radiação artificial (Figura 5).



Figura 4 - Placas metálicas da câmara. Vista frontal da máquina.

Fonte: A autora (2021)



Figura 5 - Lâminas dispostas com a face tangencial exposta.

Fonte: A autora (2021)

4.3. COLORIMETRIA

Para aferir a colorimetria das lâminas, antes e após tratamentos, foi utilizado um espectrofotômetro Color Eye XTH - X-Rite (Figura 6), nas condições: iluminante D65 e ângulo de 10°, em temperatura ambiente, acoplado a um microcomputador utilizando o software icolor rite. A varredura foi feita na face tangencial, em um total de 15 medições por amostra.



Figura 6 - Espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite.

Fonte: A autora (2021)

A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi com base no sistema CIELAB 1976. Os parâmetros colorimétricos determinados foram: L^* (claridade), coordenadas a^* e b^* , C (saturação) e h^* (ângulo de tinta), conforme Gonçalves (1993).

Para determinação da cor das espécies em sua forma natural, após a aplicação dos produtos e ao final da fotodegradação foi utilizada a tabela de cores sugerida por Camargos e Gonçalves (2001). E para determinar as variações dos parâmetros colorimétricos, e assim mensurar a alteração da cor da madeira, foi calculado a variação total da cor (ΔE) entre os tratamentos, conforme a Equação 1 de acordo com a norma ASTM 2244 (2009).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Equação 1

Onde:

ΔE = variação da cor entre ciclos;

ΔL = variação da luminosidade entre ciclos;

Δa = variação do parâmetro a^* (eixo de cores vermelho-verde) entre ciclos;

Δb = variação do parâmetro b^* (eixo de cores amarelo-azul) entre ciclos.

Para avaliar a variação da cor (ΔE) foi usada a Tabela 2, elaborada por Hikita *et al.* (2001).

Tabela 2 – Classificação da variação de cor (ΔE) das lâminas de madeira

Varição da cor (ΔE)	Classificação
0,0 - 0,5	Desprezível
0,5 - 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 - 3,0	Notável
3,0 - 6,0	Apreciável
6,0 - 12,0	Muito Apreciável

4.4. RUGOSIDADE

A rugosidade das lâminas da madeira foi determinada utilizando o equipamento Surfrest SJ – 400 (Mitutoyo) (Figura7), de acordo com a norma JIS B 0601 (JIS, 2001), com *cut-off* de 0,8 mm e percurso de avaliação de 8mm. Foram feitas 3 leituras equidistantes em cada corpo de prova, no sentido transversal às fibras. Com a ajuda de um gabarito, a leitura em todos os corpos de prova pôde ser realizada no mesmo local.



Figura 7 - Rugosímetro Surfrest SJ – 400

Fonte: A autora (2021).

Os parâmetros avaliados foram: Ra, a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil; Rz, somatória dos maiores picos e dos vales mais profundos medidos de uma linha paralela à linha média; e Rq, desvio médio quadrático. Os parâmetros são obtidos de acordo com as equações 2, 3 e 4.

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad \text{Equação 2}$$

$$Rz = \frac{1}{5} \sum_{i=5}^1 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad \text{Equação 3}$$

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2 dx} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Y_i = Desvios do perfil

Y_{pi} = Picos mais altos

Y_{vi} = Vales mais profundos

Z = Amplitude

L = Rugosidade ao longo do comprimento

4.5. QUALIDADE DO ACABAMENTO

Para a avaliação da qualidade do acabamento foram realizados ensaios de aderência e resistência química, todos de acordo com a norma NBR 14535 (ABNT, 2000). As lâminas que passaram por essa avaliação não foram levadas a câmara de envelhecimento, foram utilizadas somente para avaliar o acabamento.

4.5.1. Aderência

O ensaio de aderência foi realizado segundo o método de corte em grade, o qual foram feitos cinco cortes de comprimento de 10 mm, com distância de 2 mm entre os cortes (Figura 8), foram utilizadas cinco amostras por tratamento e foram feitas cinco grades por amostra, totalizando 25 cortes por tratamento. Após a realização dos cortes, uma fita adesiva filamentosa, código 710 da Adere, foi colada sobre a grade e removida após um intervalo de 2 minutos.

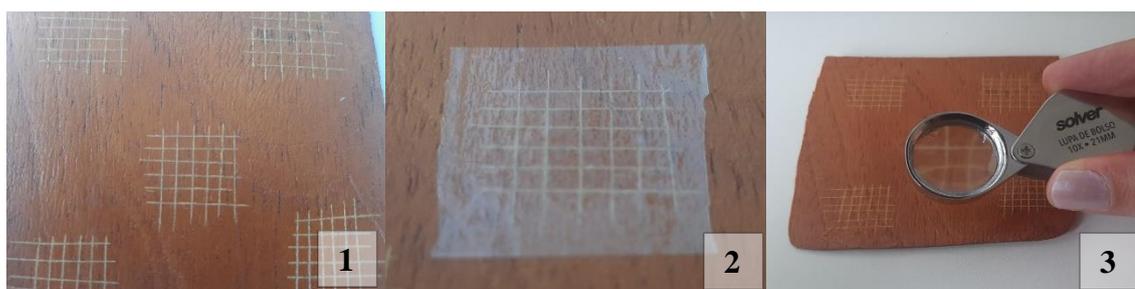


Figura 8 - Etapas do ensaio de aderência. 1- Cortes em grade. 2- Colagem da fita adesiva. 3 - Análise do destacamento da superfície com a lupa de 10x.

Fonte: A autora (2021).

O percentual da película destacada foi quantificado utilizando-se uma lupa 10x e foi classificado conforme o Quadro 1, de acordo com a norma NBR 14535 (ABNT, 2000).

Quadro 1 - Classificação do grau de aderência de acordo com a norma NBR 14535.

Grau	Descrição
0	0% de área destacada do acabamento, equivalente à 100% de aderência.
1	5% de área destacada do acabamento, equivalente à 95% de aderência
2	15% de área destacada do acabamento, equivalente à 85% de aderência
3	35% de área destacada do acabamento, equivalente à 65% de aderência
4	65% de área destacada do acabamento, equivalente à 35% de aderência

Fonte: NBR 14535 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

4.5.2. Resistência Química

O ensaio de resistência química foi realizado com a aplicação de 6 reagentes, para manchar a película de acabamento, sendo eles: batom, pincel atômico preto, caneta esferográfica azul, mostarda, *ketchup* e vinho tinto.

Os reagentes líquidos foram aplicados na quantidade de 1 ml por peça e para os reagentes pastosos foi utilizado ½ colher de café. Os reagentes foram aplicados sobre a superfície das amostras e removidos após 8 horas.

Após a remoção dos reagentes, foram utilizados procedimentos de limpeza descritos no Quadro 3:

Quadro 2 - Etapas de limpeza do ensaio de resistência química.

Grau de dificuldade de remoção	Etapas de limpeza
1	Limpar com algodão embebido em água, e após utilizar algodão seco.
2	Limpar com algodão embebido em uma solução de água diluída em 5% de sabão neutro, e após utilizar algodão úmido e depois algodão seco.
3	Limpar com algodão embebido em uma solução de 1:1 de água e álcool etílico 96°, e após utilizar algodão seco.
4	Limpar com algodão embebido em álcool etílico 96°, e após utilizar algodão seco.
5	Limpar com algodão embebido em solvente aguarrás, e após utilizar algodão seco.
6	Limpar com algodão embebido em saponáceos, e após utilizar algodão seco.

Fonte: NBR 14535 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000).

4.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para os valores das variáveis colorimétricas e das variáveis referentes aos parâmetros de rugosidade foram feitos testes iniciais que comprove a normalidade da distribuição dos dados (Shapiro-Wilk a 95% de probabilidade) e assim foi realizada a análise de variância (ANOVA), com auxílio do programa SPSS Statistics. Para os dados onde as amostras diferiram estatisticamente, foram aplicado o teste de médias de Tukey a 5% de significância.

Seguindo a metodologia utilizada por Fonte (2016), para os dados da avaliação de superfície das lâminas foi utilizado a análise não-paramétrica de *Kruskal-Wallis*, onde foi testada a hipótese de que pelo menos um dos produtos de acabamento aplicados apresentou performance diferente dos demais a nível de 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. COLORIMETRIA

5.1.1. Marupá

A Tabela 3 mostra os valores médios dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C e h^*) da madeira de marupá antes e após receber os produtos de acabamento.

Tabela 3 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de marupá antes e após a aplicação dos produtos.

Tratamentos		L^*	a^*	b^*	C	h^*
Verniz	ANTES DA APLICAÇÃO	61,81 a	7,04 a	24,87 a	25,85 a	61,81 a
	APÓS A APLICAÇÃO	62,20 a	8,02 b	29,37 b	30,45 b	74,73 b
Seladora	ANTES DA APLICAÇÃO	61,87 a	6,37 a	23,74 a	24,59 a	75,00 a
	APÓS A APLICAÇÃO	63,49 b	6,77 b	28,44 b	29,24 b	76,62 b
Verniz Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	60,74 a	6,74 a	24,02 a	24,95 a	74,37 a
	APÓS A APLICAÇÃO	55,47 b	9,35 b	32,59 b	33,91 b	74,03 a
Laca Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	58,89 a	6,25 a	23,24 a	24,07 a	74,95 a
	APÓS A APLICAÇÃO	52,01 b	15,01 b	40,59 b	43,24 b	69,67 b
Óleo Mamona	ANTES DA APLICAÇÃO	61,87 a	6,12 a	23,13 a	23,94 a	75,18 a
	APÓS A APLICAÇÃO	55,81 b	9,29 b	29,77 b	31,20 b	72,74 b

Os valores assinalados com a mesma letra, na mesma coluna, dentro de cada tratamento, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Em que: L^* = luminosidade; a^* = matizes do eixo vermelho-verde; b^* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h^* = ângulo de tinta.

Em todos os tratamentos as coordenadas a^* e b^* exibiram valores positivos. Isso significa que as amostras apresentaram cromaticidade vermelha e amarela, com os valores do parâmetro b^* superiores aos do parâmetro a^* , demonstrando que a madeira de marupá possui predominância na tonalidade amarela, elevando o valor de sua claridade (L^*). Após aplicação dos produtos, o comportamento dos parâmetros colorimétricos continua o mesmo, o pigmento amarelo mais expressivo. O ângulo de tinta (h^*) contribui para essa afirmativa posicionando a madeira dessa espécie, próximo ao eixo amarelo, conforme o sistema CIELAB 1976.

Após a aplicação dos produtos, constatou-se que ocorreu um leve escurecimento e diminuição da luminosidade (L^*) das superfícies nos tratamentos que foram utilizados verniz natural, laca natural e óleo de mamona. Entre esses três produtos verifica-se que a laca natural escurece mais a madeira, pois o valor de L^* é menor e o das coordenadas a^* e b^* são maiores, em relação às amostras tratadas com verniz natural e óleo de mamona. A utilização do verniz não alterou significativamente a claridade (L^*) na madeira de marupá. Já o uso da seladora fez

com que ocorresse um aumento da sua claridade provavelmente devido a menor manifestação da pigmentação vermelha presente no produto.

A tabela 4 apresenta os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de marupá sem tratamento (Testemunha), e tratadas com os cinco produtos de acabamento estudados para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Tabela 4 - Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de marupá sem tratamento (Testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Marupá						
Tratamento	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	T 0h	63,60ae (3,41)	7,02 a (9,61)	25,77 a (2,63)	26,71 a (2,58)	74,76 a (1,88)
	T 24h	67,67b (1,36)	9,99 b (4,88)	37,66 bc (2,77)	38,97 b (2,83)	75,15 a (0,66)
	T 48h	66,85bcd (0,94)	9,83 b (6,18)	37,94 bc (2,36)	39,19 b (2,48)	75,48 a (0,91)
	T 96h	65,63 ab (1,26)	11,63 cd (4,50)	39,35 c (1,57)	41,04 b (1,52)	73,54 a (0,98)
	T 192h	64,59 ade (1,54)	10,58 bc (13,88)	38,44 bc (2,90)	39,89 b (3,43)	74,64 a (2,34)
	T 384h	62,51 e (1,26)	12,69 de (5,84)	37,20 bc (2,48)	39,31 b (2,67)	71,18 b (1,12)
	T 650h	63,45 ae (2,18)	13,82 e (3,40)	36,78 b (2,25)	39,29 b (2,19)	69,40 b (0,85)
	Verniz	T 0h	62,20 a (3,77)	8,02 a (7,90)	29,37 a (6,83)	30,45 a (6,89)
T 24h		62,28 a (1,83)	11,85 b (6,62)	40,56 b (2,14)	42,26 b (2,46)	73,72 ab (0,99)
T 48h		60,07 a (2,05)	12,40 b (9,71)	41,04 bc (2,81)	42,88 bc (3,32)	73,23 ab (1,60)
T 96h		59,85 a (2,69)	13,39 bc (9,52)	42,94 c (1,71)	44,99 cd (2,24)	72,71 b (1,88)
T 192h		56,50 b (3,02)	14,65 cd (8,00)	41,61 bc (1,65)	44,13 bce (1,95)	70,62 c (1,93)
T 384h		54,54 b (3,55)	16,20 d (6,19)	42,20 bc (2,70)	45,22 de (2,06)	68,99 c (2,21)
T 650h		53,54 b (3,97)	19,89 e (5,74)	42,42 bc (3,72)	46,88 d (2,35)	64,83 d (3,07)
Seladora		T 0h	63,49 a (2,60)	6,77 a (6,91)	28,44 a (3,69)	29,24 a (3,86)
	T 24h	63,07 a (2,28)	11,37 b (7,89)	41,46 b (4,04)	42,99 bc (4,25)	74,68 a (0,94)
	T 48h	61,45 ab (1,61)	13,76 c (8,31)	42,43 bc (2,04)	44,61 c (2,47)	72,05 bc (1,66)
	T 96h	59,11 b (1,59)	13,92cd (3,90)	43,72 c (1,83)	45,88 cd (1,89)	72,35 b (0,73)
	T 192h	56,10 c (1,80)	15,37 d (4,12)	42,96 bc (1,89)	45,63 cd (1,71)	70,31 c (1,21)
	T 384h	53,95 c	17,61 e	43,46 bc	46,90 de	67,94 d

Marupá						
Tratamento	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Verniz Natural	T 650h	53,93 c (2,25)	20,93 f (4,29)	43,93 c (2,56)	48,68 e (2,15)	64,51 e (1,83)
	T 0h	55,47 a (1,76)	9,35 a (9,67)	32,59 a (5,24)	33,91 a (5,53)	74,03 a (1,03)
	T 24h	59,99 b (3,64)	11,36 b (4,17)	40,13 b (2,11)	41,72 b (1,81)	76,61 a (1,14)
	T 48h	59,61 b (3,46)	11,35 b (6,65)	40,90 bc (2,57)	42,45 b (2,51)	74,49 a (1,34)
	T 96h	59,25 b (3,26)	11,82 b (6,29)	41,48 bc (2,42)	43,14 bd (2,29)	74,10 a (1,39)
	T 192h	57,20 abc (3,45)	12,62 b (5,32)	41,03 bc (3,44)	42,94 b (3,26)	72,90 a (1,28)
	T 384h	55,36 ac (3,12)	18,94 c (7,69)	42,46 c (3,77)	46,51 c (3,52)	65,96 b (2,68)
	T 650h	55,35 ac (2,94)	19,80 d (2,41)	41,95 bc (4,29)	45,15 cd (3,98)	68,32 c (0,78)
	T 0h	52,01 a (1,79)	15,01 a (3,44)	40,55 a (2,12)	43,24 a (2,17)	69,67 a (0,67)
	T 24h	58,57 b (1,97)	17,37 bc (3,29)	48,37 b (2,93)	51,10 b (2,76)	70,11 a (0,92)
T 48h	58,77 b (1,93)	17,26 b (2,95)	48,38 b (1,48)	51,37 b (1,52)	70,36 a (0,63)	
T 96h	59,24 b (2,10)	17,14 b (3,14)	47,90 b (1,75)	50,88 b (1,79)	70,31 a (0,65)	
T 192h	58,82 b (1,59)	16,59 ab (4,01)	45,47 c (1,73)	48,40 c (1,85)	69,96 a (0,85)	
T 384h	59,37 b (1,36)	18,86 c (3,79)	44,54 c (1,26)	48,37 c (1,41)	67,05 b (1,06)	
T 650h	59,25 b (0,76)	18,85 bc (2,33)	44,00 c (1,86)	47,60 c (1,89)	67,59 b (0,36)	
Óleo de mamona	T 0h	55,81 a (2,22)	9,29 a (13,69)	29,77 a (7,88)	31,20 a (8,27)	72,74 ac (1,70)
	T 24h	60,36 b (2,71)	10,50 ab (8,04)	39,58 b (1,91)	40,96 b (2,00)	75,15 b (1,46)
	T 48h	59,44 bc (3,60)	11,35 b (6,56)	41,32 bc (2,65)	42,86 bc (2,52)	74,64 ab (1,34)
	T 96h	59,11 bcd (3,20)	11,98b (6,11)	42,50 c (1,94)	44,17 cd (1,81)	74,26 ab (1,33)
	T 192h	57,04 ace (2,96)	13,83 c (4,32)	42,42 c (2,49)	44,63 cd (1,99)	71,94 c (1,48)
	T 384h	56,39 ade (2,91)	15,49 d (2,81)	42,56 c (1,36)	45,30 d (0,96)	69,99 b (1,05)
	T 650h	56,30 ade (2,30)	18,09 d (3,32)	41,78 c (0,51)	44,94 cd (0,21)	68,39 b (1,08)

T 0h – 0 horas de fotodegradação, T 24h – 24 horas de fotodegradação, T 48h – 48 horas de fotodegradação, T 96h – 96 horas de fotodegradação, T 192h – 192 horas de fotodegradação, T 384h – 384 horas de fotodegradação, T 650h – 650 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.

Valores dentro do parêntese são referentes ao coeficiente de variação (%). Em que: L^* = luminosidade; a^* = matizes do eixo vermelho-verde; b^* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h^* = ângulo de tinta.

Analisando a tabela 4 pode-se afirmar que a coordenada b^* (coloração amarela) apresentou valores superiores aos da coordenada a^* (coloração vermelha) em todos os tratamentos durante todo o período de fotodegradação, demonstrando que a madeira de marupá possui predominância da tonalidade amarela. Todavia, nota-se também, de uma forma geral o aumento da coordenada a^* , sugerindo que esta tem participação importante na formação da cor desta espécie.

Observa-se que para a testemunha até 48 h de fotodegradação, a claridade aumentou de forma significativa. Nos dois períodos seguintes (96 e 192h), apesar de ter aumento da claridade em relação a hora inicial, não foi significativo. E no período de 192h e 650h, a claridade (L^*) da madeira reduziu e mostrou-se similar ao tempo 0 (0 horas). Verificando-se as coordenadas cromáticas (a^* e b^*) observa-se uma tendência de aumento em ambas. Dependendo do período uma aumenta mais que a outra e vice versa. Isso explica o comportamento da claridade (L^*), visto anteriormente, e que é amparado pelo comportamento do ângulo de tinta (h^*).

Os produtos de acabamento natural (verniz natural e óleo de mamona) tiveram comportamento semelhantes em relação a testemunha. Isto é, nas primeiras 24h, a claridade (L^*) da madeira aumenta assemelhando-se a testemunha, nas horas seguintes as coordenadas a^* e b^* aumentam, porém, a combinação de ambas não altera significativamente a claridade. Já nos períodos de tempos finais dos tratamentos (a partir de 192h) a madeira tende a escurecer, diminuindo os valores da claridade (L^*), causados pelo comportamento das coordenadas cromáticas. O ângulo de tinta (h^*) confirma este comportamento.

Os produtos de acabamentos, verniz e seladora mostraram uma tendência de escurecer a madeira (L^*), a partir de 192h. Nas horas que antecedem 192h, o aumento das coordenadas a^* e b^* não altera significativamente a claridade.

A seguir, fez-se uma análise individual dos parâmetros colorimétricos, mostrando-se graficamente o comportamento destes nos períodos de fotodegradação estudados, de acordo com o tipo de produto de acabamento aplicado na madeira.

Analisando a figura 9, observa-se que o parâmetro L^* (luminosidade) teve comportamento similar nos seis tratamentos. Para a testemunha, verniz natural e óleo de

mamona este parâmetro oscila aumentando nas primeiras horas e voltando a diminuir com tendência a estabilização. No verniz o L^* se manteve o mesmo, sem diferenças significativas até 96 horas, em 192 horas houve escurecimento das amostras que se manteve até o fim do ensaio sem diferenças significativas. Já a laca natural aumentou a luminosidade da madeira no início da fotodegradação e após 24 horas se estabiliza sem mudanças significativas. Infere-se que os constituintes químicos deste produto sofrem uma pequena degradação química inicial, para em seguida, tender a estabilizar, não mais modificando a cor da superfície da madeira de marupá.

A claridade da testemunha se manteve superior aos outros tratamentos durante todo o período de fotodegradação, mostrando que os produtos de acabamentos, quase sempre interferem na cor natural da madeira.

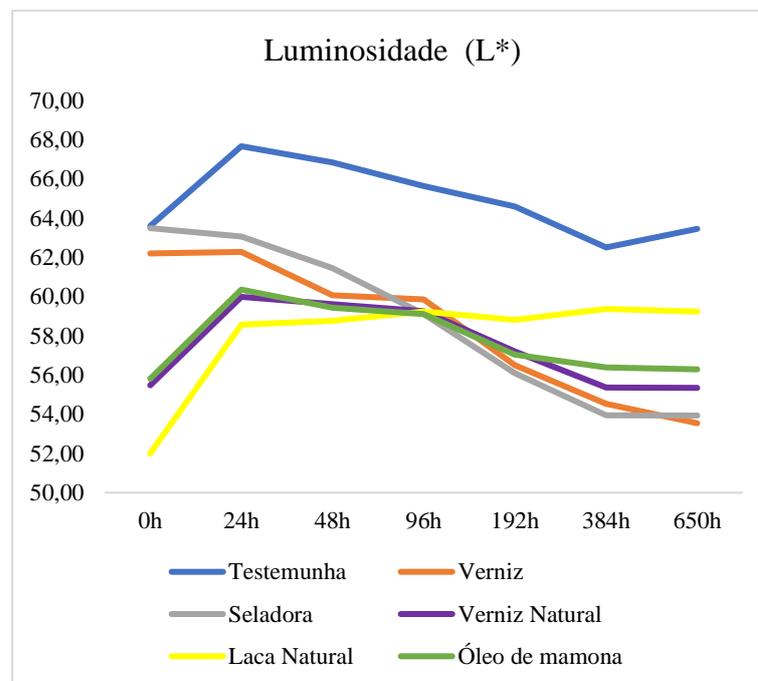


Figura 9 - Variável luminosidade (L^*) para a madeira de marupá durante a fotodegradação.

A figura 10 mostra uma acentuação dos valores das coordenadas a^* e b^* para madeira de marupá durante o período de fotodegradação. Ao final das etapas de fotodegradação, todos os tratamentos apresentaram tendência a estabilização, no parâmetro b^* , que pode ser relacionado com a estabilização da luminosidade (L^*).

A testemunha tanto no parâmetro a^* , quanto no b^* tem os menores valores em comparação com as madeiras tratadas, e o tratamento que tem os maiores valores é o da laca natural, que na maior parte da fotodegradação se mantém com os índices mais altos. Ao final

do ensaio, tanto a seladora, como o verniz mostram aumento das pigmentações vermelha e amarela, levando ao escurecimento da madeira.

A laca natural na maior parte dos períodos apresentou os maiores valores para as coordenadas a^* e b^* , sugerindo que esse produto possui em sua composição presença da cor amarela, com o passar das horas houve o aumento de a^* (pigmentação vermelha), provavelmente, pela diminuição de b^* (pigmento amarelo).

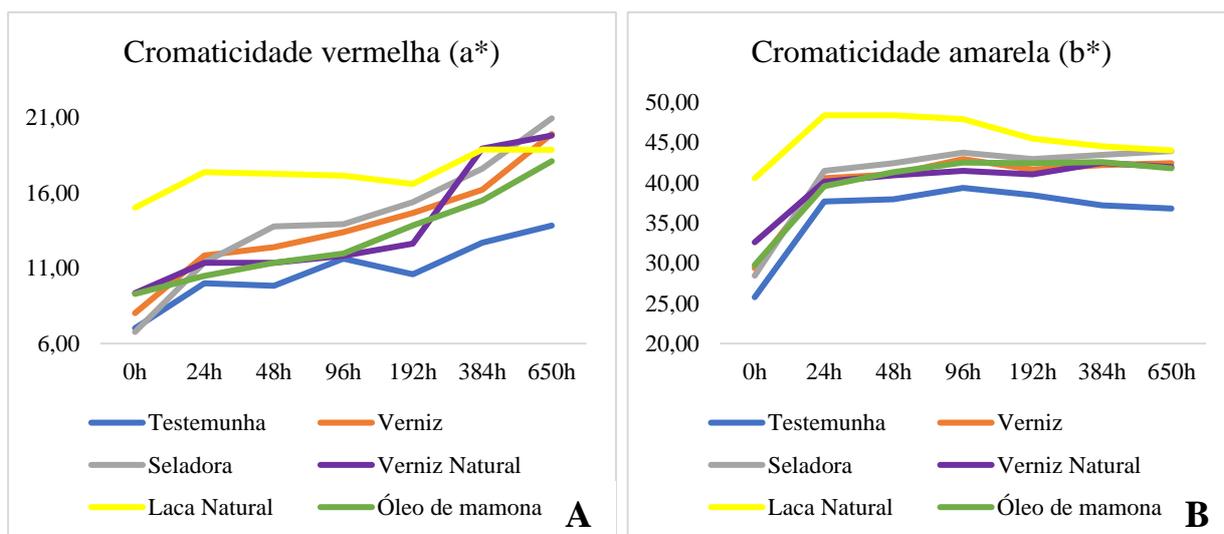


Figura 10 - **A:** Coordenada a^* (pigmento vermelho) para a madeira de marupá. **B:** Coordenada b^* (pigmento amarelo) para a madeira de marupá durante a fotodegradação.

Para a saturação da cor (C), a alteração dessa propriedade pode estar relacionada a alteração dos valores de a^* e b^* , isto é, o aumento dos parâmetros a^* e b^* , aumentaram a tonalidade da cor (Figura 11a). A saturação da cor da madeira de marupá apresentou aumento durante a fotodegradação, e apresentou tendência a estabilização ao final em todos os tratamentos.

O ângulo de tinta (h^*) em todos os tratamentos foi superior a 45° , confirmando o que já havia sido apresentado nos valores de b^* que foram superiores a a^* , demonstrando que a madeira de marupá tem tonalidade mais amarelada. Em todos os tratamentos se percebe uma redução do h^* durante a fotodegradação (Figura 11b), estando relacionado ao o aumento da coordenada a^* (pigmentação vermelha).

Os resultados encontrados por Gouveia (2008) corroboram com o estudo, em que o autor avaliando a madeira de marupá exposta a radiação ultravioleta obteve valores semelhantes

aos encontrados nesse estudo, exceto para o parâmetro de luminosidade (L^*) que no trabalho do autor reduziu com o tempo e no presente trabalho aumentou inicialmente e em seguida, houve também a redução.

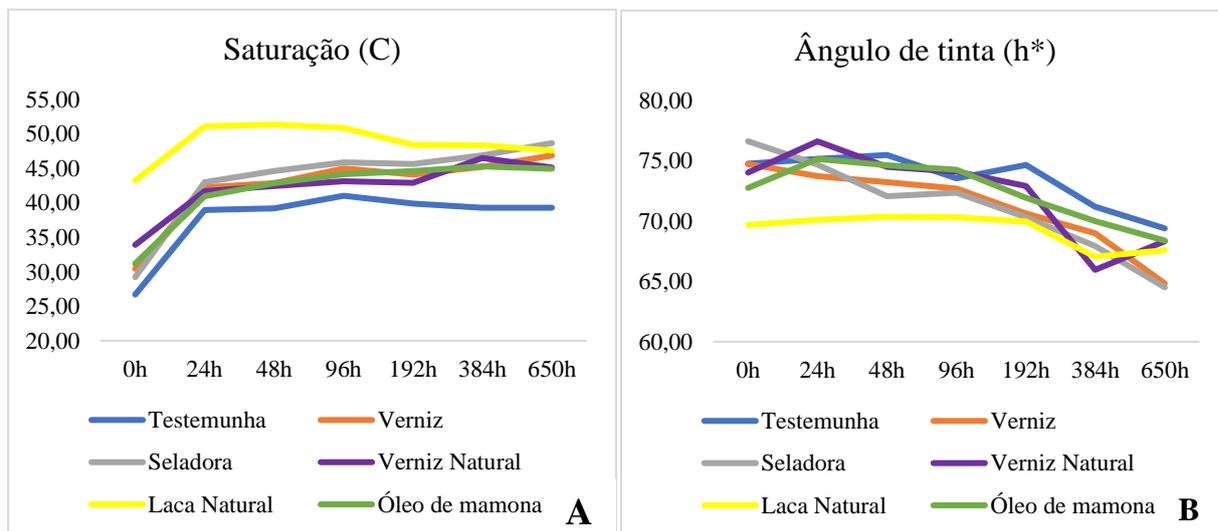


Figura 11 – **A:** Valores médios da saturação (C) para a madeira de marupá **B:** ângulo de tinta (h^*) para a madeira de marupá durante a fotodegradação.

As Tabelas 5 apresenta os valores de variação total de cor (ΔE) após aplicação dos produtos de acabamento, classificando a cor de acordo com a tabela proposta por Camargos & Gonzalez (2001).

Tabela 5 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de marupá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Marupá				
Tratamento	Exposição	ΔE	Classificação	Nome da cor
Verniz	Sem produto	4,6	Apreciável	Oliva - amarelado
	Com produto			Amarelo claro
Seladora	Sem produto	5,0	Apreciável	Oliva - amarelado
	Com produto			Amarelo - claro
Verniz Natural	Sem produto	10,4	Muito apreciável	Oliva - amarelado
	Com produto			Amarelo-Claro
Laca natural	Sem produto	20,6	Muito apreciável	Oliva - amarelado
	Com produto			Amarelo - alaranjado
Óleo Mamona	Sem produto	9,5	Muito apreciável	Oliva - amarelado
	Com produto			Marrom - oliva

Todos os tratamentos apresentaram mudanças perceptíveis. Como afirmado por Lima *et al.* (2013), somente aplicação dos produtos podem alterar a cor original da madeira, mesmo

o produto sendo transparente. A madeira de marupá natural sem produto foi classificada como oliva – amarelado. As aplicações de verniz, seladora e verniz natural acarretaram mudanças, no qual a madeira passou a ser classificada como amarelo-claro. Já o óleo de mamona promoveu mudanças que fez com que a cor passasse a ser classificada como marrom-oliva. E a laca natural apresentou uma saturação maior que os outros produtos, valores de b^* elevado e visualmente o produto tinha uma coloração alaranjada, o que pode justificar a coloração amarelo-alaranjado após aplicação. A classificação da variação de cor foi de apreciável para verniz e seladora e de muito apreciável para os produtos naturais.

A tabela 6 apresenta a variação total de cor (ΔE) de acordo com o tempo de exposição à fotodegradação para a madeira de marupá.

Tabela 5 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de marupá sem tratamento, e tratada com os produtos após os períodos de fotodegradação.

Marupá				
Tratamento	Exposição	ΔE	Classificação	Nome da cor
Testemunha	T 0h	12,9	Muito apreciável	Oliva - amarelado
	T 650h			Amarelo - alaranjado
Verniz	T 0h	19,7	Muito apreciável	Amarelo - claro
	T 650h			Amarelo - alaranjado
Seladora	T 0h	23,1	Muito apreciável	Amarelo - claro
	T 650h			Amarelo - amarronzado
Verniz Natural	T 0h	14,0	Muito apreciável	Amarelo - claro
	T 650h			Marrom - oliva
Laca natural	T 0h	8,9	Muito apreciável	Amarelo - alaranjado
	T 650h			Amarelo - alaranjado
Óleo Mamona	T 0h	14,9	Muito apreciável	Marrom - oliva
	T 650h			Amarelo - alaranjado

A fotodegradação acelerada (Tabela 6) classificou a mudança de cor para todos os tratamentos como muito apreciável, sendo a laca natural o produto que teve a menor variação e não mudou sua cor inicial (amarelo – alaranjado), a classificação coincide com Mesquita (2016) que obteve uma classificação de muito apreciável para madeira de curupixá tratada com verniz e polisten, após 700 horas de intemperismo artificial.

As nomeações das cores passaram a ser amarelo-alaranjado para a testemunha, verniz, laca natural e óleo de mamona. É interessante observar que os produtos de acabamentos mencionados, comportaram-se quanto a cor da madeira no final do tempo de fotodegradação, semelhantes o da testemunha. Já a seladora e o verniz natural que apresentaram uma maior

mudança de coloração ao final do processo, estão coerentes com o aumento da pigmentação vermelha e amarela, apresentado pelas coordenadas a^* e b^* , levando o ângulo de tinta (h^*) mais próximo ao eixo vermelho no sistema CIELAB 1976.

Verifica-se que o tratamento com seladora foi o que mais alterou a cor da madeira durante o tempo de 650 horas ($\Delta E = 23.1$) quando comparado com os outros tratamentos. Comportamento similar ocorreu com Gonzalez *et al.* (2010), que avaliaram o efeito da radiação ultravioleta na coloração da madeira de freijó antes e após aplicação de produtos de acabamentos e verificaram que a seladora foi o produto que mais alterou a cor da madeira após 168 horas.

A laca natural, conforme os resultados do presente estudo, é o produto que mais altera a cor da madeira assim que aplica, porém, esse produto apresenta pouca modificação da cor durante a fotodegradação, sendo o produto indicado para as lâminas da madeira de marupá, em móveis expostos a luz do sol, sofrendo ações da fotodegradação.

A Figura 12 apresenta o aspecto visual da superfície das amostras de marupá após a aplicação os produtos de acabamento (amostras na parte superior) e após as 600 horas de fotodegradação artificial (amostras na parte inferior). Visualmente nota-se que os produtos seladora e verniz foram os que mais alteraram a madeira, em conformidade com os valores verificados na variação total da cor observados na tabela 6.

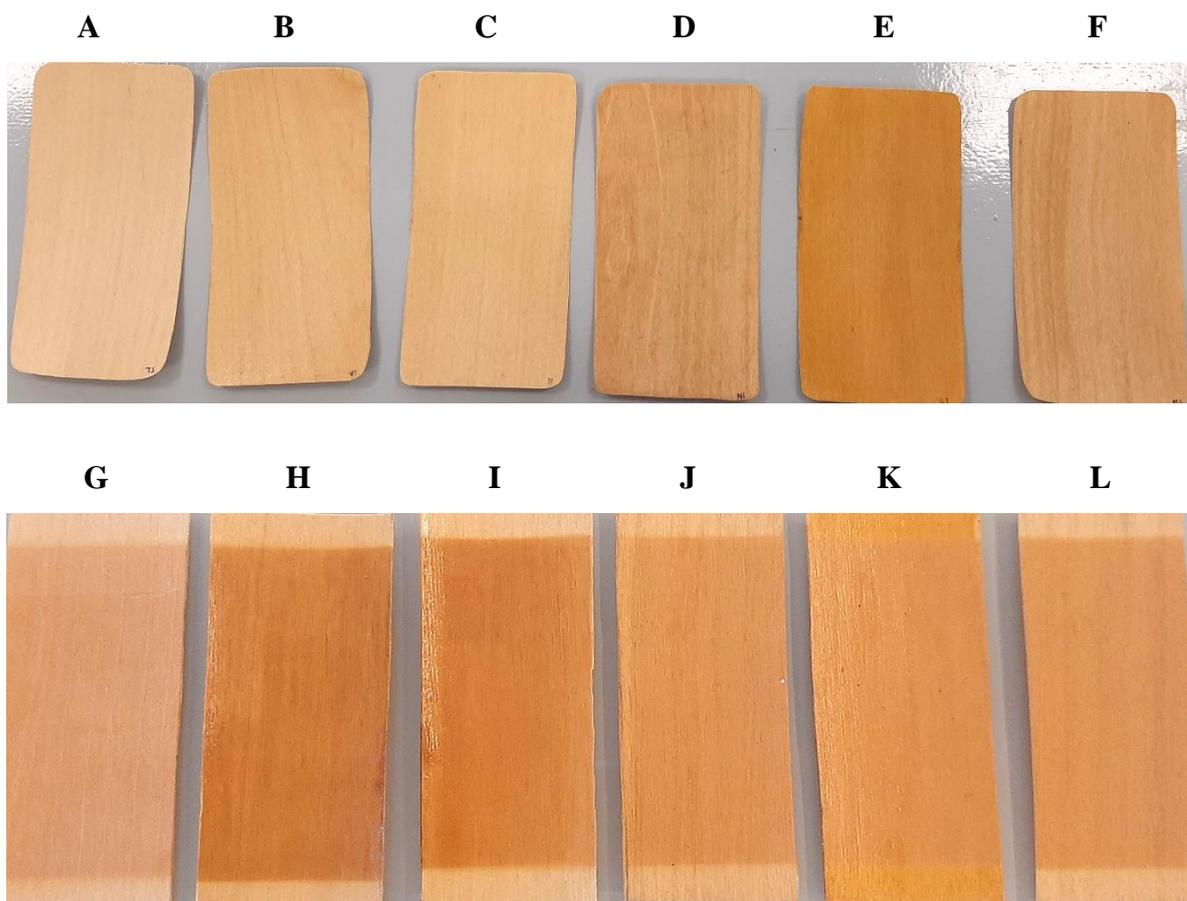


Figura 12 - Superfícies das madeiras de marupá antes (superior – A a F) e após (inferior – G a L) serem submetidas a fotodegradação acelerada.

Legenda: (A) e (G) são madeiras sem tratamento, (B) e (H) madeiras com aplicação de verniz, (C) e (I) tratadas com seladora, (D) e (J) madeiras tratadas com verniz natural e (E) e (K) tratadas com laca natural e (F) e (L) são madeiras tratada com óleo de mamona.

Fonte: A autora (2021)

5.1.2. Cedro

A Tabela 7 mostra os valores médios dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C e h^*) da madeira de cedro antes e após receber os produtos de acabamento.

Tabela 7 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro antes e após a aplicação dos produtos.

Tratamentos		L*	a*	b*	C	h*
Verniz	ANTES DA APLICAÇÃO	49,45 a	15,29 a	22,08 a	26,86 a	55,29 a
	APÓS A APLICAÇÃO	43,22 b	16,49 b	22,07 a	27,57 a	53,18 b
Seladora	ANTES DA APLICAÇÃO	49,10 a	14,95 a	21,59 a	26,26 a	55,29 a
	APÓS A APLICAÇÃO	46,46 b	16,84 b	24,25 b	29,53 b	55,21 a
Verniz Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	48,12 a	14,51 a	19,79 a	24,54 a	53,75 a
	APÓS A APLICAÇÃO	36,19 b	18,53 b	22,14 b	28,89 b	50,01 b
Laca Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	47,95 a	13,83 a	19,04 a	23,53 a	54,00 a
	APÓS A APLICAÇÃO	41,61 b	18,70 b	27,91 b	33,60 b	56,09 b
Óleo Mamona	ANTES DA APLICAÇÃO	44,53 a	14,29 a	19,39 a	24,10 a	53,58 a
	APÓS A APLICAÇÃO	33,66 b	18,95 b	19,00 a	26,87 b	44,83 b

Os valores assinalados com a mesma letra, na mesma coluna, dentro de cada tratamento, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Em que: L* = luminosidade; a* = matizes do eixo vermelho-verde; b* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h* = ângulo de tinta.

Para claridade (L*), nota-se que ocorreu uma redução dos valores em todos os tratamentos, indicando que todos os produtos tornaram a madeira de cedro mais escura. Para os cinco tratamentos as coordenadas a* e b* exibiram valores positivos, demonstrando que as amostras apresentaram cromaticidade vermelha e amarela, os valores do parâmetro b* são superiores aos do parâmetro a*, indicando que o pigmento amarelo é a tonalidade que mais se destaca na madeira de cedro. Após aplicação dos produtos o pigmento amarelo continua predominante.

O ângulo de tinta (h*) reduziu quando tratados com verniz, verniz natural e óleo de mamona, indicando uma aproximação do ângulo de tinta no pigmento vermelho, isso é conferido pelo parâmetro a* que aumentou no uso do verniz e do óleo de mamona, e o parâmetro b* não apresentou mudança significativa. Já para o produto laca natural ocorreu o aumento do parâmetro h*, indicando uma pigmentação mais amarelada desse produto.

Os parâmetros colorimétricos para a madeira de cedro *in natura* encontrados nesse trabalho, concorda com os resultados encontrados por Silva *et al.* (2015) que avaliou a coloração natural da madeira de oito espécies, uma delas *Cedrela fissilis* Vell..

Na tabela 8 são apresentados os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de cedro sem tratamento (Testemunha), e tratadas com os cinco produtos de acabamento estudados para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Tabela 8 – Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sem tratamento (Testemunha), tratadas com Verniz, Seladora, Verniz Natural, Laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

		Cedro				
	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	T 0h	48,29 ade (6,91)	15,19 a (5,29)	23,14 a (3,38)	27,69 a (2,91)	56,72 a (2,86)
	T 24h	44,72 bd (4,30)	18,10 b (3,16)	26,86 b (2,22)	32,39 b (2,46)	56,03 a (0,69)
	T 48h	44,67 bd (3,69)	17,29 b (3,71)	26,31 b (2,53)	31,48 bc (2,81)	56,69 a (0,89)
	T 96h	39,06 c (3,02)	19,47 c (4,31)	22,57 a (8,21)	29,82 ac (6,48)	49,15 b (2,52)
	T 192h	46,03 bde (2,74)	14,90 a (3,13)	25,98 b (2,19)	29,95 ac (2,04)	60,18 c (1,30)
	T 384h	47,28 e (3,14)	14,04 a (4,62)	24,79 ab (2,81)	28,49 a (3,15)	60,48 c (1,03)
	T 650h	49,60 ae (2,86)	14,65 a (3,60)	25,81 b (2,20)	29,68 ac (2,35)	60,43 c (1,08)
Verniz	T 0h	43,22 a (4,59)	16,49 a (2,20)	22,07 ac (4,83)	27,57 ad (2,72)	53,18 a (3,26)
	T 24h	42,04 ab (3,22)	20,42 b (2,96)	25,57 b (7,10)	32,73 b (5,39)	51,33 ab (2,55)
	T 48h	40,23 bc (3,40)	19,87 bc (4,47)	23,75 bc (8,97)	30,98 bc (7,02)	50,00 bc (2,86)
	T 96h	39,06 cd (3,02)	19,47 bc (4,31)	22,57 ac (8,21)	29,82 cd (6,48)	49,15 c (2,52)
	T 192h	37,65 d (2,44)	19,13 cde (3,89)	21,43 a (6,85)	28,73 cd (5,47)	48,20 cd (2,02)
	T 384h	36,94 d (2,66)	18,22 d (6,06)	20,72 a (8,50)	27,59 d (7,35)	48,62 c (2,02)
	T 650h	37,53 d (3,14)	19,42 be (5,66)	20,47 a (8,02)	28,23 d (6,66)	46,45 d (2,67)
Seladora	T 0h	46,46 a (2,41)	16,84 a (2,02)	24,25 acd (2,17)	29,53 a (1,56)	55,21 a (1,50)
	T 24h	43,95 b (2,71)	20,00 bc (1,57)	27,61 b (3,83)	34,10 b (2,74)	54,06 a (1,85)
	T 48h	42,13 bc (2,85)	20,23 b (0,89)	25,71 bc (5,06)	32,73 bc (3,27)	51,77 b (2,62)
	T 96h	40,61 cd (1,33)	19,94 bc (2,27)	25,05 ac (3,85)	32,02 bd (3,11)	51,46 b (1,32)
	T 192h	39,00 d (1,64)	19,60 bc (2,07)	23,72 acd (3,41)	30,78 acd (2,75)	50,43 b (1,19)
	T 384h	38,00 d (1,11)	18,98 c (3,33)	23,02 ad (3,66)	29,84 ad (3,43)	50,49 b (0,96)
	T 650h	38,78 d (1,13)	20,39 b (3,05)	22,66 d (2,32)	30,49 acd (2,43)	48,01 c (1,32)
Verniz Natural	T 0h	36,19 a (3,22)	18,53 a (1,52)	22,14 a (5,42)	28,89 a (3,80)	50,01 a (2,21)
	T 24h	36,67 a (1,56)	21,20 b (3,35)	21,15 a (3,82)	29,96 a (3,04)	44,87 be (2,61)
	T 48h	36,46 a	20,04 bc	21,84 a	29,65 a	47,41 c

		Cedro				
	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
		(1,64)	(2,89)	(3,69)	(3,25)	(1,12)
	T 96h	36,21 a (1,47)	19,70 a (2,07)	20,75 a (2,68)	28,62 a (2,24)	46,40 bc (1,39)
	T 192h	35,27 a (1,69)	19,38 a (3,91)	19,80 ab (4,98)	27,71 ab (4,43)	45,55 bc (1,05)
	T 384h	33,61 b (1,70)	23,04 d (3,39)	16,33 c (6,71)	28,26 ab (4,43)	35,27 d (2,86)
	T 650h	34,91 ab (1,35)	19,00 ac (2,13)	17,83 bc (3,47)	26,07 b (2,43)	43,11 e (2,07)
	T 0h	41,61 a (2,17)	18,70 ac (4,00)	27,91 ab (3,75)	33,60 ab (3,54)	56,09 a (1,48)
	T 24h	41,72 a (1,44)	21,21 b (1,34)	28,92 b (2,60)	35,87 b (2,07)	53,72 b (0,91)
	T 48h	41,04 a (1,51)	21,13 b (1,42)	28,00 b (3,53)	35,08 b (2,68)	52,93 b (1,31)
Laca natural	T 96h	40,10 a (2,26)	20,75 b (1,57)	26,31 ac (4,23)	33,51 ab (3,18)	51,71 bc (1,51)
	T 192h	39,76 a (2,65)	20,32 bc (0,83)	24,74 cd (3,11)	32,02 ac (2,07)	50,57 cd (1,51)
	T 384h	40,25 a (2,51)	20,33 bc (1,74)	23,23 d (4,53)	30,88 c (3,21)	48,79 d (1,90)
	T 650h	41,57 a (3,13)	19,38 c (1,55)	23,29 d (4,66)	30,31 c (3,34)	50,20 cd (1,87)
	T 0h	33,66 a (9,38)	18,95 a (4,27)	19,00 a (12,93)	26,87 a (8,37)	44,83 a (5,96)
	T 24h	32,30 a (1,86)	20,32 b (2,04)	21,89 b (3,76)	29,88 b (2,85)	47,08 b (1,42)
	T 48h	32,66 a (2,90)	20,23 b (2,98)	22,74 b (5,13)	30,45 b (4,13)	48,26 bc (1,48)
Óleo de mamona	T 96h	33,15 a (2,03)	18,86 a (1,97)	22,03 b (3,01)	29,01 ab (2,38)	49,40 c (1,29)
	T 192h	34,55 ab (3,36)	19,29 ab (5,24)	22,36 b (3,83)	29,55 b (2,91)	49,20 c (4,00)
	T 384h	36,51 b (2,61)	17,41 c (1,46)	22,56 b (3,40)	28,50 ab (2,54)	52,34 d (1,37)
	T 650h	38,26 b (2,26)	17,32 c (2,00)	22,75 b (3,21)	28,60 ab (2,62)	52,69 d (1,16)

T 0h – 0 horas de fotodegradação, T 24h – 24 horas de fotodegradação, T 48h – 48 horas de fotodegradação, T 96h – 96 horas de fotodegradação, T 192h – 192 horas de fotodegradação, T 384h – 384 horas de fotodegradação, T 650h – 650 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.

Valores dentro do parêntese são referentes ao coeficiente de variação (%). Em que: L* = luminosidade; a* = matizes do eixo vermelho-verde; b* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h* = ângulo de tinta.

Analisando a tabela 8 percebe-se que a coordenada b* (coloração amarela) é superior em comparação a coordenada a* (coloração vermelha) na maioria dos tratamentos e durante as etapas de fotodegradação, porém o valor de a* é próximo de b*, em alguns casos superando-o, indicando que a cor vermelha tem importância na constituição da cor da madeira de cedro.

Observa-se que para testemunha, inicialmente ocorre uma redução da claridade (L^*) e a partir de 192h ocorre um aumento que se iguala ao tempo inicial. O comportamento das coordenadas cromáticas (a^* e b^*) explica o comportamento da claridade da madeira. Assim como o ângulo de tinta (h^*) confirma essa variação.

Para o verniz e a seladora a claridade diminuiu durante o processo de fotodegradação. A madeira tratada com seladora registrou-se as maiores mudanças na claridade (L^*) em comparação com a hora inicial, esse comportamento é amparado pelas coordenadas a^* e b^* , onde a^* (pigmentação vermelha) aumenta e b^* (pigmentação amarela) tem oscilações durante o ensaio e ao fim da fotodegradação em comparação com a hora inicial diminui. Leão *et al.* (2017) avaliaram o comportamento da cor da madeira de *Cedrela odorata* tratada com seladora, e também obtiveram resultados semelhantes.

Os produtos de acabamento naturais, apresentaram poucas mudanças significativas durante o processo de fotodegradação. Ocorreu um leve escurecimento em 384 horas no tratamento de verniz natural, ocasionado pelo aumento da coordenada a^* que supera o valor de b^* , porém no período seguinte a luminosidade (L^*) voltou se igualar com a hora inicial. Para laca natural não ocorreu nenhuma mudança significativa.

A madeira tratada com óleo de mamona ao final da fotodegradação apresentou um pequeno clareamento que foi significativo, as mudanças de luminosidade condiz com o comportamento observado pelas coordenadas a^* e b^* , onde o pigmento vermelho reduziu em relação a hora inicial e b^* teve um aumento, o que justifica a madeira ter clareado neste tratamento.

Em seguida, foi realizada uma análise individual dos parâmetros colorimétricos, apresentando graficamente o comportamento destes nos períodos de fotodegradação estudados, de acordo com o tipo de produto de acabamento aplicado na madeira de cedro.

Observa-se que o parâmetro L^* (luminosidade) para testemunha teve uma tendência a diminuir até 96h e nas horas seguintes a claridade (L^*) se estabiliza, e seu valor se iguala a hora inicial, essa variação que ocorre ao longo do período de fotodegradação pode ser observada na Figura 13. Este resultado concorda com o encontrado por Leão *et al.* (2017), onde a luminosidade (L^*) da madeira de cedro, sem tratamento sofreu queda nas primeiras horas de exposição a fotodegradação e depois se manteve estável.

Para os produtos verniz e seladora, a madeira teve um escurecimento e estabilizou a partir de 96 horas, onde não houve mudanças significativas. Segundo Hon & Shiraishi (2001) esse escurecimento inicial se deve a formação de compostos quinoidais devido a degradação da lignina por meio da radiação UV na presença de oxigênio.

Neves (2019) em seu estudo avaliou o comportamento da superfície de *Cedrela odorata* tratada com seladora e verniz marítimo sob intemperismo acelerado. Apesar de que o presente trabalho se utilizou apenas da fotodegradação, ambos obtiveram resultados semelhantes. A autora observou o escurecimento da madeira tratada com seladora e verniz e a tendência a estabilização no final do ensaio. Para a testemunha também foi encontrado o mesmo comportamento, onde ocorreu uma diminuição nas primeiras horas e uma tendência a aumentar a partir de um certo tempo.

Para a laca natural a luminosidade não teve mudanças no decorrer das horas, indicando que esse produto apresenta uma maior estabilidade durante o período de fotodegradação, e houve a preservação da luminosidade da madeira durante todo o período em que a madeira esteve exposta. O valor da luminosidade das amostras tratadas com óleo de mamona, se manteve significativamente iguais até 192 horas, após essa hora ocorreu um aumento que se manteve estável.

Nos cinco tratamentos estudados e na testemunha observou-se uma tendência a estabilização da luminosidade (L^*), visto que a claridade não alterou nas últimas horas ou se igualou a hora inicial. Foi verificado em estudos semelhantes que essa tendência a estabilização é comum de ocorrer em madeiras amarronzadas à medida em que aumenta o tempo de exposição (SILVA; PASTORE; PASTORE, 2007).

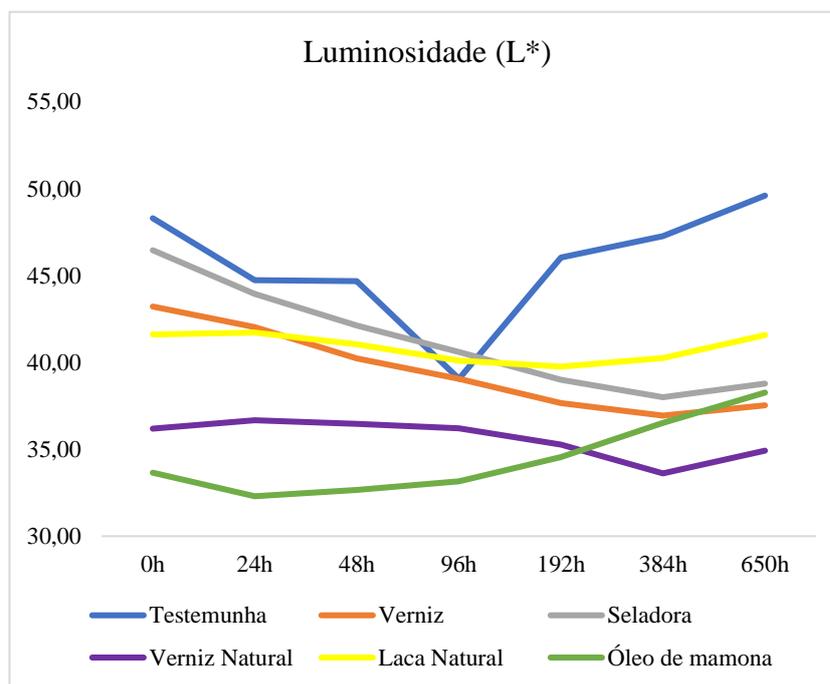


Figura 12 – Variável luminosidade (L*) para a madeira de cedro durante a fotodegradação.

A figura 14 ilustra o que foi apresentado na tabela 8, onde observa-se as oscilações dos parâmetros a^* e b^* durante a fotodegradação. Como mencionado anteriormente, o pigmento vermelho (a^*) tem influência na cor da madeira de cedro, já que seus valores são elevados e próximos ao da coordenada b^* .

A laca natural em comparação com a testemunha apresentou valores elevados dos pigmentos amarelo e vermelho, porém o comportamento desses parâmetros durante o ensaio não foi tão expressivo a ponto de alterar a luminosidade (L^*) da madeira.

Por vezes o pigmento vermelho (a^*) foi superior ao pigmento amarelo (b^*), como é observado no verniz natural em 384 horas de fotodegradação, o que levou a madeira a escurecer, porém no período seguinte o pigmento amarelo aumenta, o que faz com que a madeira volte a clarear se igualando o período inicial (0h), com isso se observa que o comportamento de a^* e b^* tem grande influência na claridade da madeira.

Segundo estudos a coordenada a^* quando é acima de 10 revela-se de forma mais pronunciada em relação a coordenada b^* , fazendo com que a madeira tenha influência da coloração vermelha, isso ocorreu no trabalho de Costa *et al.* (2011), onde avaliou a madeira de jatobá e conferiu que a coordenada a^* foi a principal variável na cor final da madeira.

De modo geral, nas primeiras 24 horas os componentes vermelho e amarelo aumentaram, e no decorrer do ciclo se estabilizaram, sem grandes mudanças, ocorrendo algumas oscilações em alguns casos, como a testemunha onde ocorreu um aumento do pigmento vermelho até 96 horas que reduz logo em seguida (Figura 14).

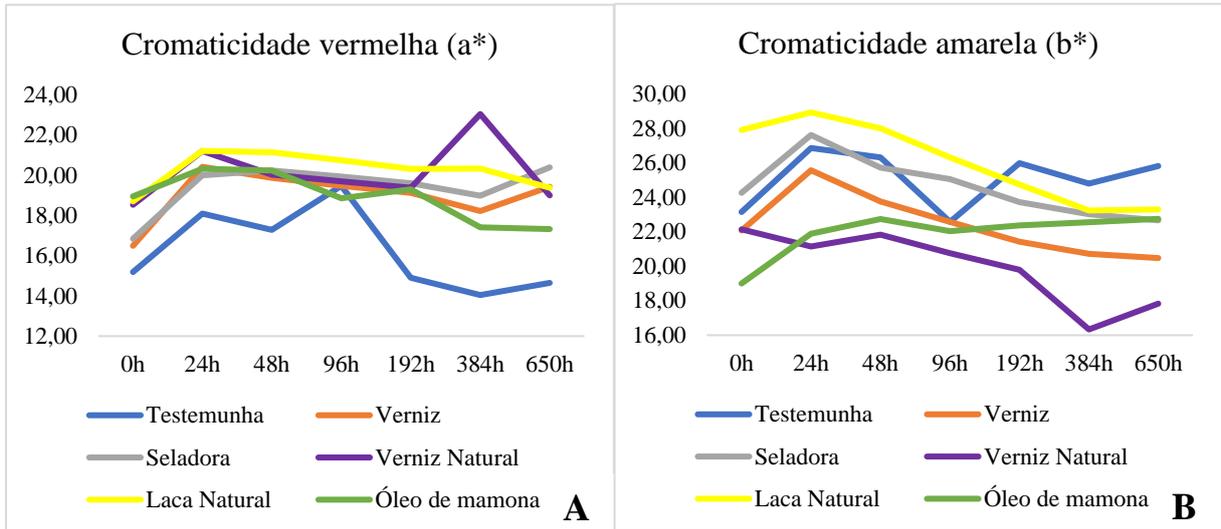


Figura 13 - **A:** Coordenada a* (pigmento vermelho) para a madeira de cedro. **B:** Coordenada b* (pigmento amarelo) para a madeira de cedro durante a fotodegradação.

Para o parâmetro C (saturação da cor), nos cinco tratamentos e na testemunha apresentou um aumento nas primeiras 48 horas (Figura 15a), e após esse período ocorreu a diminuição dos valores e teve uma tendência a estabilização, em alguns casos os valores passaram a se igualar com os da hora inicial. O comportamento coincide com as variações de a* e b*, quando se tem um aumento dessas coordenadas observamos um aumento de C, o contrário também é verdadeiro

O ângulo de tinta (h^*) também está associado aos parâmetros a^* e b^* , é observado na testemunha que esse parâmetro reduz até 96 horas, e aumenta logo em seguida, essa redução de h^* está associada ao aumento do pigmento vermelho (a^*). Para os outros tratamentos o ângulo de tinta tem uma tendência a reduzir sem grandes variações já que está associado ao aumento do pigmento vermelho que passou a ter influência na madeira, exceto para o óleo de mamona onde se observa um aumento dessa variável durante os períodos de fotodegradação.

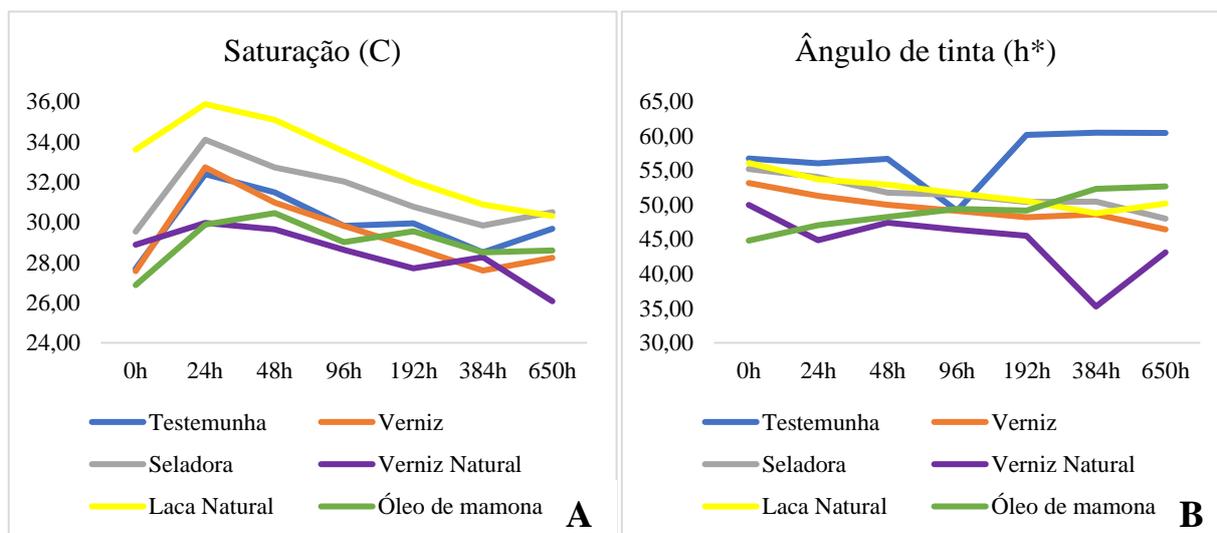


Figura 14 - **A**: Valores médios da saturação (C) para a madeira de cedro **B**: ângulo de tinta (h^*) para a madeira de cedro durante a fotodegradação.

A tabela 9 apresenta os valores de variação total de cor (ΔE) após a aplicação dos produtos de acabamento, classificando a cor de acordo com a tabela proposta por Camargos & Gonzalez (2001).

Tabela 6 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cedro antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Cedro				
Tratamento	Exposição	ΔE	Classificação	Nome da cor
Verniz	Sem produto	6,3	Muito apreciável	Marrom - avermelhado
	Com produto			Marrom - avermelhado
Seladora	Sem produto	4,2	Apreciável	Marrom - avermelhado
	Com produto			Amarelo amarronzado
Verniz Natural	Sem produto	12,8	Muito apreciável	Marrom - avermelhado
	Com produto			Vermelho
Laca Natural	Sem produto	11,9	Muito apreciável	Marrom - avermelhado
	Com produto			Amarelo amarronzado
Óleo Mamona	Sem produto	11,8	Muito apreciável	Marrom - avermelhado
	Com produto			Vermelho

A madeira de cedro natural antes da aplicação dos produtos foi classificada como marrom-avermelhado. A aplicação dos produtos promoveu uma variação de cor que foi classificada como muito apreciável, exceto para seladora que foi apreciável. A aplicação do verniz, apesar de ter sido classificada como muito apreciável, a cor da madeira permaneceu como marrom-avermelhado. É razoável aceitar que para esta espécie, o verniz traz em sua composição química componentes que estabilizam a cor desta madeira, deixando-a com aparência de madeira natural. Já a seladora e a laca natural alteraram a cor da madeira para amarelo-amarronzado e para os produtos verniz natural e óleo de mamona a cor passou a ser classificada como vermelho, provavelmente devido a presença de colofônia (breu) em suas composições, deixando a madeira mais avermelhada.

A tabela 10 apresenta a variação total de cor (ΔE) de acordo com o tempo de exposição à fotodegradação para a madeira de cedro, classificando a cor de acordo com a tabela proposta por Camargos & Gonzalez (2001).

Tabela 70 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cedro sem tratamento, e tratada com os produtos após os períodos de fotodegradação.

Cedro				
Tratamento	Exposição	ΔE	Classificação	Nome da cor
Testemunha	T 0h	3,0	Notável	Marrom-avermelhado
	T 650h			Amarelo-amarronzado
Verniz	T 0h	6,6	Muito apreciável	Marrom-avermelhado
	T 650h			Vermelho
Seladora	T 0h	8,6	Muito apreciável	Amarelo-amarronzado
	T 650h			Vermelho
Verniz Natural	T 0h	4,5	Apreciável	Vermelho
	T 650h			Vermelho
Laca Natural	T 0h	4,7	Apreciável	Amarelo-amarronzado
	T 650h			Vermelho
Óleo Mamona	T 0h	6,2	Muito apreciável	Vermelho
	T 650h			Vermelho

Observando-se a Tabela 10, após os períodos de fotodegradação a variação da coloração da madeira de cedro foi de notável no caso da testemunha, apreciável para o verniz natural e a laca natural e, muito apreciável para verniz e óleo de mamona.

Assim como observado na madeira de marupá, entre os produtos aplicados na madeira, a seladora foi a que causou maior instabilidade da cor na madeira de cedro. Lima *et al.* (2013) obtiveram o mesmo resultado, onde o uso de seladora na madeira de pau-marfim foi o produto que mais acentuou variação de cor da madeira durante 500 horas na presença de radiação

ultravioleta artificial. Assim como no trabalho de Neves (2019), que estudou a superfície da madeira de cedro tratada com extrativos da própria madeira, seladora e verniz marítimo e constatou, da mesma forma, que a seladora foi o produto que mais alterou a cor da madeira em 600h.

A madeira de cedro quando não tratada, em sua forma natural, obteve a menor variação colorimétrica, e sua a cor ao final da fotodegradação passou a ser amarelo-amarronzado. Mesquita (2016), também encontrou em seu trabalho com a madeira de curupixá após 700 horas de intemperismo artificial, a menor variação colorimétrica para a testemunha, em comparação com verniz e polisten.

Já para todos os outros tratamentos a cor foi classificada como vermelho. Pode-se pensar, que os produtos de acabamentos estudados, com a evolução do período de fotodegradação (ação dos raios ultravioletas) modificam a superfície da madeira desta espécie, passando para coloração avermelhada.

Conforme os resultados dessa pesquisa, o tratamento sem produto de acabamento obtém resultados satisfatórios, indicando baixa variação de cor durante a fotodegradação. E os produtos indicados para lâminas de madeira de cedro é verniz natural e a laca natural, pois apresentaram baixa modificação de cor durante a fotodegradação, indicando que esses produtos irão preservar a cor da madeira com o tempo de exposição à luz do sol.

A figura 16 exemplifica o aspecto visual da superfície das amostras de cedro após a aplicação os produtos de acabamento (amostras na parte superior) e após as 600 horas de fotodegradação artificial (amostras na parte inferior). Visualmente é possível ver a mudança da saturação na coloração da madeira, principalmente nos produtos da seladora e verniz.

Tabela 11 – Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cumaru antes e após a aplicação dos produtos.

Tratamentos		L*	a*	b*	C	h*
Verniz	ANTES DA APLICAÇÃO	42,16 a	10,00 a	19,04 a	21,52 a	62,28 a
	APÓS A APLICAÇÃO	36,67 b	12,00 b	16,57 b	20,48 b	53,80 b
Seladora	ANTES DA APLICAÇÃO	41,82 a	10,02 a	18,50 a	21,05 a	61,51 a
	APÓS A APLICAÇÃO	36,95 b	11,98 b	17,09 b	20,88 a	54,83 b
Verniz Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	44,31 a	9,97 a	18,54 a	21,06 a	61,66 a
	APÓS A APLICAÇÃO	28,95 b	11,52 b	11,55 b	16,33 b	44,84 b
Laca Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	44,70 a	9,59 a	21,06 a	23,15 a	65,39 a
	APÓS A APLICAÇÃO	36,67 b	13,91 b	19,50 b	23,97 a	54,33 b
Óleo Mamona	ANTES DA APLICAÇÃO	43,69 a	9,49 a	21,14 a	23,17 a	65,81 a
	APÓS A APLICAÇÃO	28,85 b	12,62 b	10,66 b	16,54 b	39,92 b

Os valores assinalados com a mesma letra, na mesma coluna, dentro de cada tratamento, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Em que: L* = luminosidade; a* = matizes do eixo vermelho-verde; b* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h* = ângulo de tinta.

Em todos os tratamentos a madeira é escura, pois segundo Camargos & Gonçalves (2001), a luminosidade é considerada escura para o valor de L* menor ou igual a 56 e, com aplicação dos produtos esse valor reduziu em todos os tratamentos, indicando que o uso dos produtos escurecem a madeira. Pôde-se observar uma tendência a acentuação da coloração vermelha, em todos os tratamentos, uma vez que os valores da coordenada a* cresceram, e em contrapartida a coordenada b*, responsável pelo pigmento amarelo, diminuiu, reduzindo assim o valor da sua claridade (L*).

O ângulo de tinta h* também reduziu em todos os tratamentos, indicando influência da tonalidade vermelha. O C* também reduziu em todos os tratamentos, resultado da diminuição do componente amarelo (b*), exceto na laca natural que não diferiu estatisticamente.

Comportamento semelhante a esse trabalho ocorreu com Mendes *et al.* (2016), onde após aplicarem produtos de acabamento na madeira de *Dipteryx odorata* observou o escurecimento das lâminas de madeira, onde também houve o aumento da variável a* e a diminuição dos valores de h*, quando comparado com a testemunha.

Os valores dos parâmetros colorimétricos para a madeira em sua forma natural concordam com os valores encontrados por Stangerlin *et al.* (2013) para a madeira de cumaru, onde encontraram valores iguais a 48,2 para L*, de 9,1 para a* e de 18,7 para b*.

Os produtos verniz natural e óleo de mamona foram os produtos que deixaram a madeira mais escura.

A tabela 12 apresenta os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de cumaru sem tratamento (Testemunha), e tratadas com os cinco produtos de acabamento estudados para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Tabela 12 - Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de cumaru sem tratamento (Testemunha), tratadas com Verniz, Seladora, Verniz Natural, Laca Natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

		Cumaru				
	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	T 0h	41,12 a (6,08)	10,06 a (4,03)	18,55 a (8,96)	21,11 a (7,66)	61,45 a (2,44)
	T 24h	44,03 b (3,97)	11,48 bc (2,68)	24,72 b (6,27)	27,26 b (5,39)	65,04 bc (1,85)
	T 48h	43,64 ab (3,50)	10,90 ab (2,67)	24,68 b (6,64)	26,98 b (5,87)	66,11 b (1,60)
	T 96h	43,29 ab (4,77)	10,49 ab (3,26)	24,81 b (6,36)	26,94 b (5,63)	67,03 b (1,76)
	T 192h	42,98 ab (4,11)	10,72 ab (2,94)	24,67 b (6,49)	26,90 b (5,83)	66,47 b (1,41)
	T 384h	42,02 ab (3,36)	10,97 ab (3,74)	23,71 b (7,60)	26,13 b (6,84)	65,12 bc (1,51)
	T 650h	42,83 ab (3,90)	12,29 c (2,81)	24,00 b (6,59)	26,97 b (5,77)	62,82 ac (1,48)
Verniz	T 0h	36,67 ab (5,13)	12,00 a (5,41)	16,57 a (11,46)	20,48 a (9,27)	53,80 ac (3,59)
	T 24h	37,95 b (2,70)	13,73 b (5,38)	20,71 b (7,87)	24,86 b (6,93)	56,40 a (1,94)
	T 48h	36,67 ab (3,27)	13,51 b (4,98)	20,35 bc (6,90)	24,44 b (6,09)	56,36 a (1,86)
	T 96h	36,45 ab (3,20)	13,54 b (5,42)	20,35 bc (8,65)	24,45 b (7,44)	56,28 a (2,34)
	T 192h	34,97 a (4,30)	13,19 ab (6,39)	18,23 ab (9,33)	22,51 ab (8,02)	54,02 ac (2,76)
	T 384h	34,28 a (3,08)	13,27 ab (6,44)	17,58 ac (8,63)	22,03 ab (7,53)	52,86 c (2,60)
	T 650h	34,70 a (3,03)	15,09 c (6,74)	16,77 a (7,82)	22,58 ab (7,00)	47,94 d (2,66)
Seladora	T 0h	36,95 a (3,11)	11,98 a (4,09)	17,09 a (9,70)	20,88 a (7,79)	54,83 a (3,04)
	T 24h	37,02 a (5,53)	14,06 b (4,18)	21,05 b (11,28)	25,33 b (9,01)	56,08 a (3,70)
	T 48h	36,59 a (4,88)	14,01 b (3,37)	20,48 bc (9,93)	24,83 b (7,69)	55,47 a (3,63)
	T 96h	36,39 a (3,91)	13,98 b (3,04)	20,46 bc (9,87)	24,80 b (7,50)	55,49 a (3,79)
	T 192h	34,93 a (4,75)	13,95 b (4,12)	19,24 ab (10,13)	23,78 ab (7,94)	53,93 a (3,41)

Cumaru						
	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
	T 384h	34,39 a (4,67)	13,90 b (6,48)	18,41 ab (11,57)	23,08 ab (9,64)	52,80 a (3,04)
	T 650h	34,73 a (4,26)	15,66 c (5,60)	17,67 ac (10,95)	23,62 ab (8,52)	48,30 b (3,53)
Verniz Natural	T 0h	28,95 a (7,09)	11,52 a (10,11)	11,55 a (14,52)	16,33 a (12,31)	44,84 a (2,80)
	T 24h	31,35 ab (3,55)	11,89 ab (6,08)	13,17 a (9,60)	17,75 a (7,95)	47,79 b (2,47)
	T 48h	31,38 ab (4,39)	11,56 a (4,61)	14,39 a (9,19)	18,47 a (7,31)	51,12 c (2,76)
	T 96h	31,23 ab (3,93)	11,34 a (5,60)	13,80 a (10,67)	17,87 a (8,53)	50,44 bc (3,15)
	T 192h	31,07 ab (3,73)	11,44 a (4,42)	13,77 a (8,07)	17,91 a (6,40)	50,15 bc (2,81)
	T 384h	30,24 ab (3,41)	14,93 c (10,45)	11,54 a (7,40)	18,92 a (7,12)	37,68 d (8,90)
	T 650h	31,85 b (3,82)	12,98 b (4,15)	13,84 a (7,37)	18,99 a (5,69)	46,69 ab (2,62)
Laca Natural	T 0h	36,67 a (2,79)	13,91 a (5,47)	19,50 a (8,54)	23,97 a (7,46)	54,33 a (1,79)
	T 24h	38,10 ab (3,94)	15,04 a (4,21)	22,80 b (8,81)	27,33 b (7,17)	56,46 ab (2,92)
	T 48h	38,28 ab (3,98)	15,08 a (3,54)	23,62 b (8,29)	28,03 b (6,84)	57,33 b (2,37)
	T 96h	38,76 ab (3,83)	14,70 a (4,78)	23,34 b (8,96)	27,59 b (7,67)	57,69 b (2,29)
	T 192h	39,27 ab (1,64)	14,45 a (2,27)	23,21 b (3,87)	27,35 b (3,35)	58,04 b (1,04)
	T 384h	39,41 ab (3,52)	14,77 a (2,78)	21,81 ab (7,28)	26,35 ab (5,72)	55,81 ab (2,53)
	T 650h	40,32 b (4,55)	14,54 a (2,83)	21,20 ab (7,84)	25,72 ab (6,08)	55,48 ab (2,84)
Óleo de mamona	T 0h	28,85 a (3,15)	12,62 ab (5,10)	10,66 a (9,17)	16,54 a (6,70)	39,92 a (3,24)
	T 24h	29,70 ab (1,32)	12,09 a (5,39)	14,95 b (5,43)	19,24 ab (5,16)	51,00 b (1,83)
	T 48h	30,38 ab (1,52)	12,16 a (4,02)	16,81 bc (3,58)	20,75 bc (3,35)	54,06 cd (1,75)
	T 96h	31,27 ac (2,62)	11,71 a (3,66)	17,59 bc (5,03)	21,14 bc (3,92)	56,31 c (2,57)
	T 192h	31,52 ac (4,59)	13,57 b (4,39)	17,58 bc (8,88)	22,22 bc (6,84)	52,22 bd (3,49)
	T 384h	32,32 bc (2,30)	12,80 ab (3,57)	18,54 c (5,68)	22,53 c (4,55)	55,34 c (2,20)
	T 650h	33,27 c (2,11)	13,97 ab (2,57)	18,26 c (5,18)	22,61 c (4,08)	53,84 bc (1,87)

T 0h – 0 horas de fotodegradação, T 24h – 24 horas de fotodegradação, T 48h – 48 horas de fotodegradação, T 96h – 96 horas de fotodegradação, T 192h – 192 horas de fotodegradação, T 384h – 384 horas de fotodegradação, T 650h – 650 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.

Valores dentro do parêntese são referentes ao coeficiente de variação (%). Em que: L^* = luminosidade; a^* = matizes do eixo vermelho-verde; b^* = matizes do eixo amarelo-azul; C = saturação; h^* = ângulo de tinta.

A madeira de cumaru não apresentou grandes variações durante a fotodegradação. Nas primeiras ocorreu um leve clareamento na madeira sem tratamento, que estabilizou nos períodos seguinte e não houve mudanças no decorrer no processo de fotodegradação.

Os cinco tratamentos tiveram comportamento semelhantes à testemunha durante a fotodegradação. Ocorreu o clareamento da madeira em todos os tratamentos, e após as 24 horas de exposição a madeira teve uma tendência a estabilizar, não havendo quase nenhuma mudança.

A coordenada b^* (coloração amarela) apresenta valores superiores à coordenada a^* (coloração vermelha), sugerindo que a o pigmento amarelo tem grande relevância na formação da cor do cumaru, o que colabora para o aumento da claridade (L^*). Exceto no período inicial do óleo de mamona, onde a^* supera o valor de b^* , sugerindo que o óleo de mamona tem influência de pigmentos vermelhos em sua composição. O valor do ângulo de tinta na hora inicial (0 horas) confirma a influência do vermelho, mas no primeiro período de exposição o valor de b^* supera a^* e a madeira aumenta sua claridade (L^*).

A seguir, fez-se uma análise individual dos parâmetros colorimétricos, mostrando-se graficamente o comportamento destes nos períodos de fotodegradação estudados, de acordo com o tipo de produto de acabamento aplicado na madeira de cumaru.

Analisando a tabela 12 verifica-se que a madeira sem tratamento clareou nas primeiras 24 horas, mas no decorrer do ensaio não houve diferenças significativas, indicando que a fotodegradação não alterou a luminosidade (L^*) da madeira de cumaru. Para as madeiras tratadas com os produtos não ocorreu grandes diferença estatística durante a fotodegradação. No verniz e seladora a madeira escureceu no decorrer do ensaio, porém os valores não diferiram estaticamente em relação a hora inicial. No verniz natural também seguiu sem diferenças estatísticas, apenas com 600 horas de fotodegradação ocorreu um aumento na luminosidade, e no óleo de mamona observa-se um aumento gradual da claridade da madeira.

Na figura 17 é possível notar que não houve grandes variações na luminosidade da madeira de cumaru, durante os períodos de fotodegradação.

Mendes al. (2016) avaliaram a madeira de cumaru sem tratamento e tratada com verniz marítimo e cetol e verificaram o escurecimento nas primeiras horas de intemperismo e após 76h ocorreu o aumento de L^* , a madeira ficou mais clara com o passar do tempo. No presente

trabalho foi utilizado apenas a fotodegradação, indica-se então que o intemperismo causou um maior impacto na madeira, ocorrendo mudanças significativas. Anderson; Zenon Pawlak; Feist (1991) realizaram o envelhecimento artificial de três espécies de madeiras, de três formas diferentes: envelhecimento apenas com ciclos de umedecimento, envelhecimento apenas com a radiação ultravioleta e envelhecimento contendo umedecimento e radiação em conjunto, e verificou que o tratamento que teve umidade e incidência de radiação ultravioleta casou maiores mudanças nas propriedades químicas da superfície das amostras, confirmando o que foi dito anteriormente.

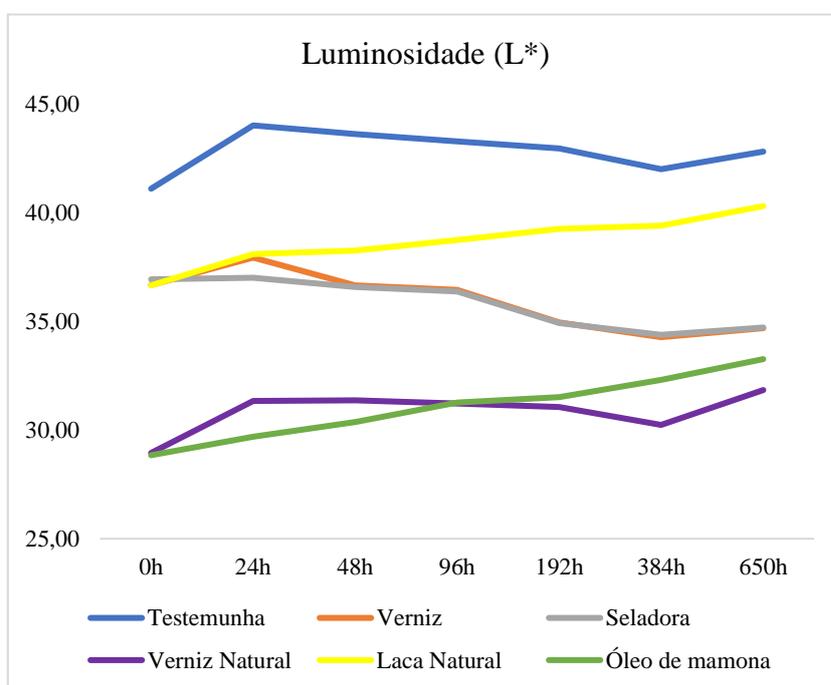


Figura 16 - Valores médios do parâmetro de luminosidade (L*) para a madeira de cumaru durante a fotodegradação

Em relação a coordenada a* (coloração vermelha) e b* (coloração amarela), na testemunha os valores de b* são superiores a coordenada a*, constatando que houve predominância do pigmento amarelo na madeira de cumaru, na sua forma original. Nas madeiras com produtos de acabamento verniz e seladora a coordenada a* teve aumento nas primeiras horas do ensaio de fotodegradação (Figura 18).

Já nos produtos naturais em relação ao pigmento vermelho (a*), o verniz natural não havia apresentado diferença estatística, porém em 384 horas ocorreu um aumento e logo depois uma redução. O óleo de mamona apresentou mudanças nesta coordenada em 192 horas, onde

ocorreu um aumento e tende a estabilizar. Já a laca natural não apresentou diferença significativa desde o início do ensaio, indicando que o produto preservou o pigmento vermelho durante a exposição.

Em relação a coordenada b^* , responsável pelo pigmento amarelo, foi observado um aumento nas primeiras 24 horas, na maioria dos tratamentos, e no decorrer do tempo de fotodegradação não apresentou diferença estatística em relação a hora inicial. O verniz natural não teve mudanças com diferenças significativas em nenhum momento, e o óleo de mamona aumentou durante todo o período.

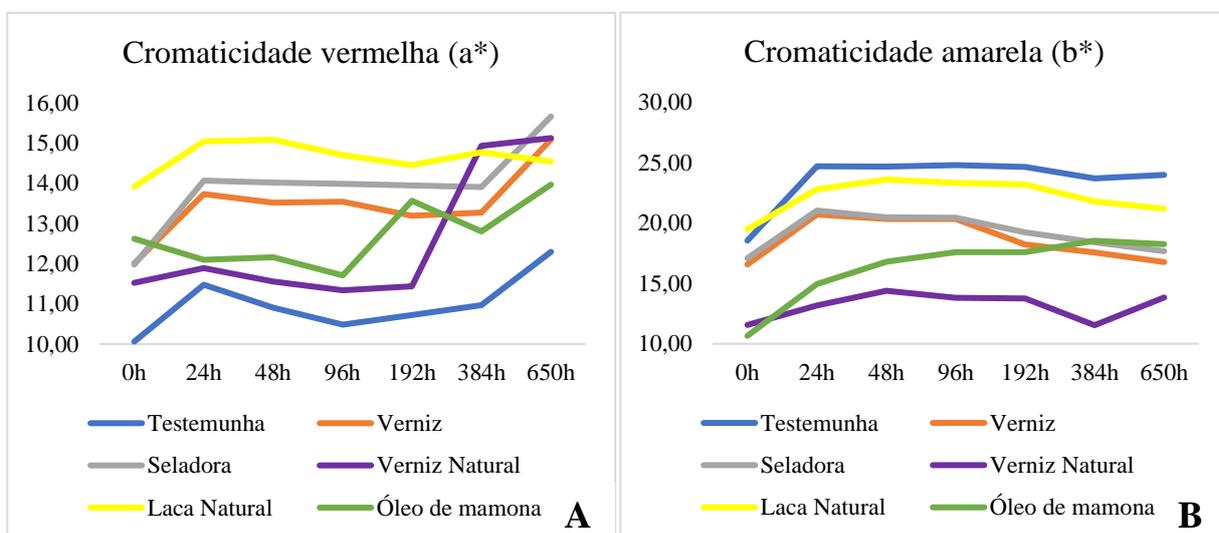


Figura 17 - **A:** Coordenada a^* (pigmento vermelho) para a madeira de cumaru. **B:** Coordenada b^* (pigmento amarelo) para a madeira de cumaru durante a fotodegradação.

A saturação da cor (C) acompanhou as variações da coordenada b^* , segundo Camargos & Gonzalez (2001) a variável C tem uma alta correlação com a variável b^* .

Na testemunha ocorreu um aumento nas primeiras 24 horas e seguiu durante o processo sem diferenças estatísticas, os outros tratamentos que foram tratados com verniz e seladora teve comportamento semelhante a testemunha onde ocorreu um aumento nas primeiras 24 horas, e na metade do período o valor reduziu sem mudanças significantes (Figura 19a). O verniz natural não apresentou mudanças e o óleo de mamona aumentou durante todo o período de exposição.

O ângulo de tinta (h^*) teve um aumento em todos os tratamentos, apenas na seladora o aumento não foi significativo. No decorrer do ensaio, o valor desse parâmetro começa a

reduzir sutilmente, onde podemos associar com a coordenada a^* , quando o pigmento vermelho aumenta a variável h^* reduz, indicando influência do pigmento vermelho na madeira.

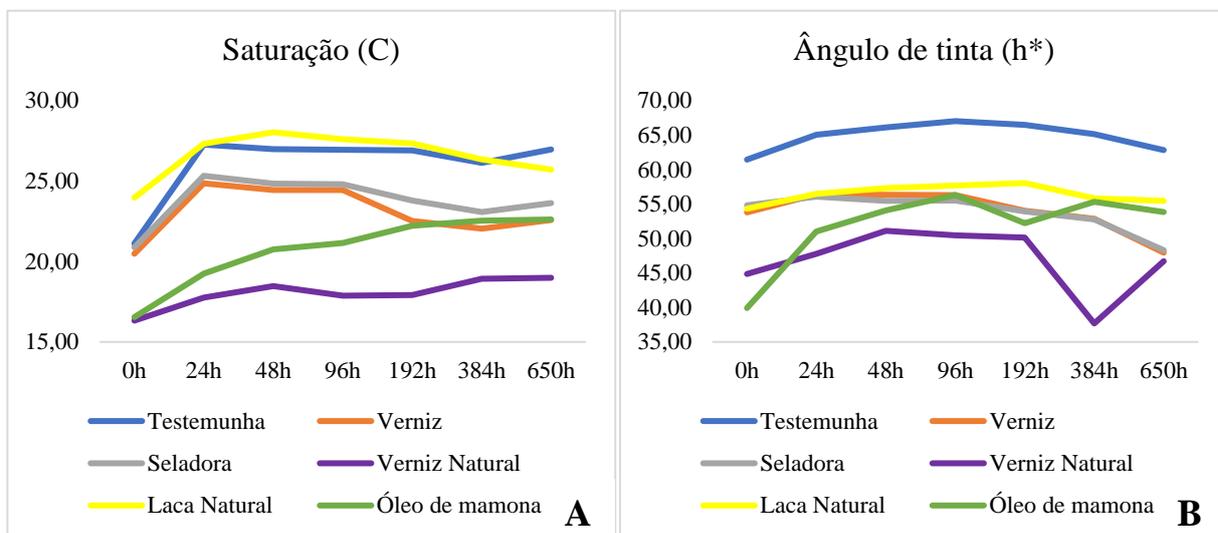


Figura 18 - **A:** Valores médios da saturação (C) para a madeira de cumaru **B:** ângulo de tinta (h^*) para a madeira de cumaru durante a fotodegradação.

As Tabelas 13 e 14 apresentam os valores de variação total de cor (ΔE) após aplicação dos produtos de acabamento e de acordo com o tempo de exposição a fotodegradação, para a madeira de cumaru, classificando a cor de acordo a tabela proposta por Camargos & Gonçalves (2001).

Tabela 8 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cumaru antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Cumaru				
Tratamento	Exposição	ΔE	Classificação	Nome da cor
Verniz	Sem produto	6,3	Apreciável	Oliva
	Com produto			Marrom-escuro
Seladora	Sem produto	5,4	Apreciável	Oliva
	Com produto			Marrom-escuro
Verniz Natural	Sem produto	16,9	Muito apreciável	Oliva
	Com produto			Marrom-arroxeadado
Laca Natural	Sem produto	9,3	Muito apreciável	Oliva
	Com produto			Marrom-avermelhado
Óleo Mamona	Sem produto	18,4	Muito apreciável	Oliva
	Com produto			Marrom-arroxeadado

A madeira de cumaru sem tratamento (antes da aplicação dos produtos de acabamento) foi classificada como oliva. Após a aplicação de verniz e seladora a sua cor passou a ser marrom-escuro, com o verniz natural e óleo de mamona a madeira foi classificada como

marrom-arroxeadado, e com a laca natural a madeira passou a ser classificada como marrom - avermelhado. Observa-se que de acordo com a espécie, os produtos de acabamentos comportam-se de maneira diferentes, mas sempre aumentando os valores das coordenadas cromáticas (a^* e b^*), apesar de nem sempre ser estatisticamente significativo, exceto na madeira de cumaru onde ocorre a redução da coordenada b^* .

Tabela 9 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cumaru sem tratamento, e tratada com os produtos após os períodos de fotodegradação.

Cumaru				
Tratamento	Exposição	ΔE	Classificação	Nome da cor
Testemunha	T 0h	6,1	Muito apreciável	Oliva
	T 650h			Marrom-oliva
Verniz	T 0h	3,7	Apreciável	Marrom-escuro
	T 650h			Marrom-escuro
Seladora	T 0h	4,3	Apreciável	Marrom-escuro
	T 650h			Marrom-escuro
Verniz Natural	T 0h	5,2	Apreciável	Marrom-arroxeadado
	T 650h			Marrom-escuro
Laca Natural	T 0h	4,1	Apreciável	Marrom-avermelhado
	T 650h			Marrom-vermelhado
Óleo Mamona	T 0h	8,9	Muito apreciável	Marrom-arroxeadado
	T 650h			Marrom-escuro

Observando-se a Tabela 14, após o ensaio de fotodegradação acelerada as madeiras de todos os tratamentos sofreram alteração da cor inicial. No entanto, dentre os tratamentos a testemunha e o óleo de mamona foram os que apresentaram maiores valores de variação total da cor, sendo classificados como muito apreciável, já os outros tratamentos foram classificados como apreciável, sendo a seladora a que apresentou menor valor de variação.

Resultados diferentes foram encontrados por Mendes *et al.* (2016), em que acompanharam o efeito do intemperismo artificial sobre lâminas de madeira de cumaru tratadas com cetol e verniz marítimo e constataram que a variação de cor para ambos os tratamentos foi classificado como ligeiramente perceptível, isso sugere que os produtos de acabamento utilizados pelos autores preservaram com melhor eficiência a coloração da madeira.

A cor da testemunha passou a ser marrom oliva, as madeiras tratadas com o verniz, seladora e laca natural não ocorreram mudanças na cor inicial, e para verniz natural e óleo de mamona a cor passou a ser marrom escuro.

Para madeira de cumaru os produtos indicados, conforme os resultados apresentados, é o verniz e a laca natural, pois apresentaram baixa variação de cor, podendo ser utilizados em lâminas de móveis que ficaram expostas a luz.

A figura 20 exemplifica o aspecto visual da superfície das amostras de cumaru após a aplicação os produtos de acabamento (amostras na parte superior) e após as 600 horas de fotodegradação artificial (amostras na parte inferior). É notável as mudanças que a fotodegradação causou nas madeiras, percebe-se as diferentes mudanças de tonalidade, nos diferentes produtos.

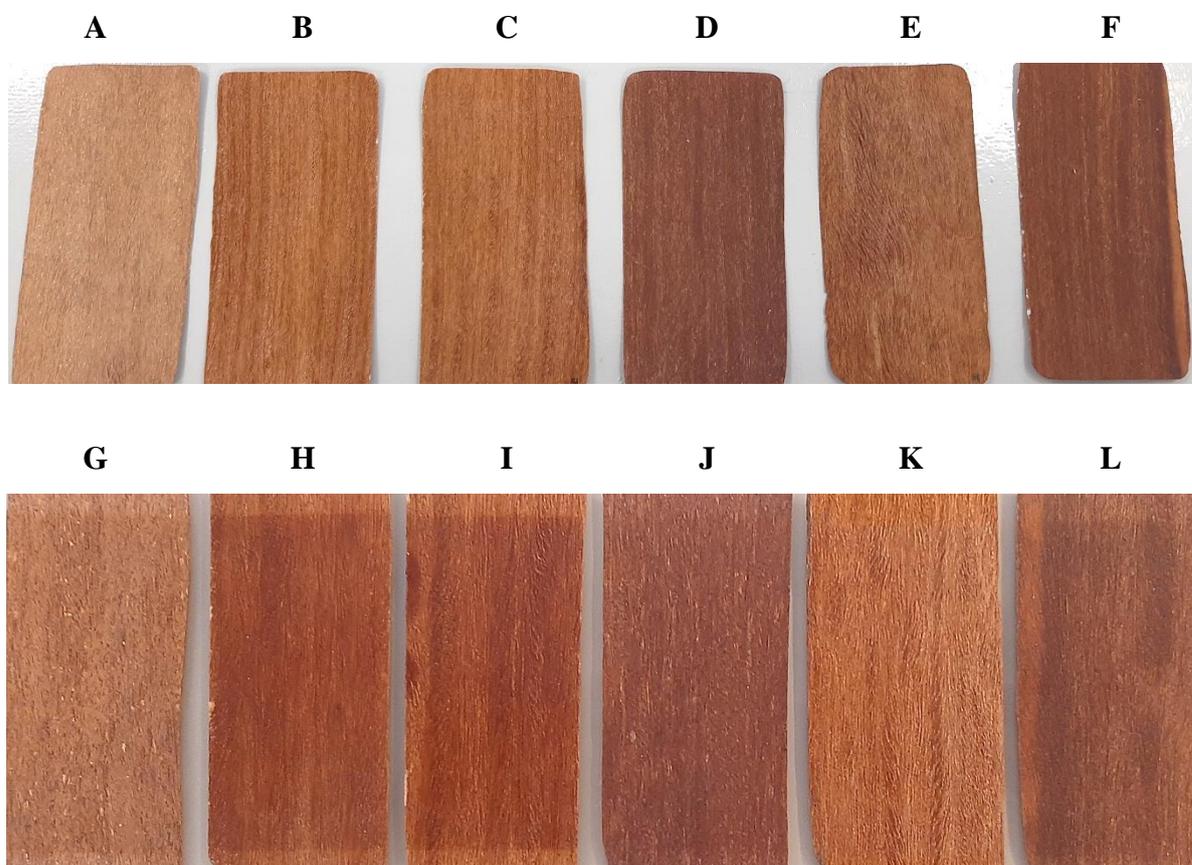


Figura 19 - Superfícies das madeiras de cumaru antes (superior – A a F) e após (inferior – G a L) serem submetidas a fotodegradação acelerada.

Legenda: (A) e (G) são madeiras sem tratamento, (B) e (H) madeiras com aplicação de verniz, (C) e (I) tratadas com seladora, (D) e (J) madeiras tratadas com verniz natural e (E) e (K) tratadas com laca natural e (F) e (L) são madeiras tratada com óleo de mamona.

Fonte: A autora (2021)

Observando o desempenho dos produtos de acabamento natural (verniz natural, laca natural e óleo de mamona) nas três espécies estudadas, quando se avalia a variação total de cor durante a fotodegradação, os produtos naturais se aproximam aos valores dos produtos

convencionais, e em alguns casos tendo valores inferiores a eles, como o caso da laca natural na madeira de marupá que foi o produto que teve a menor variação, e no cedro em que os produtos naturais tiveram valores inferiores aos produtos convencionais.

Maia *et al.* (2018) analisaram o efeito da aplicação do óleo de linhaça, cera de carnaúba bruta em peças de madeira de *Manilkara* sp. comparando-se a cor antes e após o envelhecimento natural e registraram as mudanças na coloração que foi de 8,51 (ΔE) para óleo de linhaça e de 7,75 (ΔE) para cera de carnaúba bruta, valores semelhantes aos encontrados para os produtos naturais no presente estudo.

Lima *et al.* (2013) verificaram o comportamento da cor de lâminas de madeira de pau-marfim tratada com óleo de peroba e seladora colocados na presença de radiação ultravioleta (UV) artificial, e obtiveram como resultado que a madeira apresentou maior resistência à radiação UV quando tratada com óleo de peroba em comparação com a seladora.

Estes resultados sugerem que a utilização de produtos de origem natural em madeiras destinadas a movelaria são eficazes na variação da coloração, os produtos mantêm a cor durante uma longa duração sob os efeitos da fotodegradação.

A escolha do produto também deve está atrelada ao gosto pessoal de cada usuário, já que alguns produtos tem uma tendencia a escurecer a madeira, já outros tendem a deixar a madeira mais clara. Além da capacidade de fotoproteção, o resultado da coloração durante o tempo em que ficará exposta também é importante, conforme o produto, a madeira pode escurecer com o tempo, agradando alguns usuários, ou a madeira pode ficar mais clara, agradando outro grupo de usuários.

5.2. RUGOSIDADE

As tabelas 15, 16 e 17 apresentam os valores médios dos parâmetros de rugosidade para a madeira de marupá, cedro e cumaru antes de receberem os produtos e após serem tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona.

Tabela 10 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de marupá antes e após a aplicação dos produtos.

Marupá				
Tratamentos		Ra	Rz	Rq
Verniz	ANTES DA APLICAÇÃO	7,61 a	44,91 a	9,60 a
	APÓS A APLICAÇÃO	3,55 b	19,23 b	4,48 b
Seladora	ANTES DA APLICAÇÃO	6,84 a	41,05 a	8,67 a
	APÓS A APLICAÇÃO	4,02 b	22,46 b	5,16 b
Verniz Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	7,57 a	47,21 a	9,70 a
	APÓS A APLICAÇÃO	6,32 b	37,66 b	7,96 b
Laca Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	6,85 a	41,96 a	8,75 a
	APÓS A APLICAÇÃO	4,87 b	25,67 b	6,04 b
Óleo Mamona	ANTES DA APLICAÇÃO	6,94 a	42,53 a	8,78 a
	APÓS A APLICAÇÃO	7,19 a	42,41 a	9,06 a

Os valores assinalados com a mesma letra, na mesma coluna, dentro de cada parâmetro de rugosidade (Ra, Rz e Rq), para cada tratamento (antes e após a aplicação), não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 11 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro antes e após a aplicação dos produtos.

Cedro				
Tratamentos		Ra	Rz	Rq
Verniz	ANTES DA APLICAÇÃO	10,74 a	58,33 a	13,38 a
	APÓS A APLICAÇÃO	5,33 b	27,38 b	6,68 b
Seladora	ANTES DA APLICAÇÃO	9,28 a	51,17 a	11,63 a
	APÓS A APLICAÇÃO	6,41 b	31,70 b	7,93 b
Verniz Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	9,88 a	52,63 a	12,28 a
	APÓS A APLICAÇÃO	10,55 a	56,51 a	13,18 a
Laca Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	10,81 a	58,12 a	13,52 a
	APÓS A APLICAÇÃO	6,80 b	35,63 b	8,49 b
Óleo Mamona	ANTES DA APLICAÇÃO	10,57 a	61,43 a	13,59 a
	APÓS A APLICAÇÃO	9,21 b	52,42 b	11,69 b

Os valores assinalados com a mesma letra, na mesma coluna, dentro de cada parâmetro de rugosidade (Ra, Rz e Rq), para cada tratamento (antes e após a aplicação), não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 12 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de cumaru antes e após a aplicação dos produtos.

Cumaru				
Tratamentos		Ra	Rz	Rq
Verniz	ANTES DA APLICAÇÃO	8,24 a	49,43 a	10,52 a
	APÓS A APLICAÇÃO	4,06 b	21,03 b	5,13 b
Seladora	ANTES DA APLICAÇÃO	9,69 a	55,11 a	12,21 a
	APÓS A APLICAÇÃO	5,64 b	28,92 b	7,04 b
Verniz Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	8,83 a	49,73 a	11,11 a
	APÓS A APLICAÇÃO	9,65 a	55,27 a	12,27 a
Laca Natural	ANTES DA APLICAÇÃO	7,33 a	44,51 a	9,40 a
	APÓS A APLICAÇÃO	5,86 b	29,88 b	7,29 b
Óleo Mamona	ANTES DA APLICAÇÃO	9,11 a	53,07 a	11,54 a
	APÓS A APLICAÇÃO	8,51 a	50,26 a	10,80 a

Os valores assinalados com a mesma letra, na mesma coluna, dentro de cada parâmetro de rugosidade (Ra, Rz e Rq), para cada tratamento (antes e após a aplicação), não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Para as três espécies, a testemunha obteve os maiores valores dos parâmetros de rugosidade, superiores as madeiras tratadas com os produtos, indicando que a aplicação dos produtos de acabamento proporcionou a redução da rugosidade nas madeiras.

O óleo de mamona não alterou significativamente a rugosidade da madeira de marupá e de cumaru. Já para a madeira de cedro, o produto de acabamento que não alterou significativamente os parâmetros de rugosidade foi o verniz natural.

Na etapa de preparação das lâminas, quando foram aplicados os produtos, foi percebido que para o verniz natural e o óleo de mamona não formaram uma película (filme) sobre a madeira, como os demais produtos. Ambos foram bastantes absorvidos e levaram mais tempo de secagem deixando a madeira com aspecto oleoso e mais molhada por mais tempo. Essas características provavelmente explicam a falta de mudança na rugosidade como mencionado anteriormente. Verifica-se então que o uso desses dois produtos não foram eficientes para essas madeiras, no quesito rugosidade, pois o sucesso dos acabamentos com o intuito de proteger e aumentar o valor econômico do produto final está ligado à lisura da superfície da madeira, conforme mencionado por Raabe; Del Menezzi; Gonzalez (2017).

Verniz, seladora e laca natural foram os produtos que tiveram um destaque para redução da rugosidade, sendo o verniz o acabamento que teve o melhor resultado para as três madeiras. Para o marupá e o cedro, a seladora ficou como o segundo melhor acabamento e a laca natural foi o segundo melhor produto para a madeira de cumaru.

Os resultados concordam com os encontrados por Leite (2014), que ao avaliar a superfície de *Corymbia maculata*, *Eucalyptus cloeziana* e *E. resinifera* encontrou diferenças das superfícies lixada *in natura* e as que receberam acabamento com verniz, onde a superfície tratada com verniz é menos rugosa. Raabe; Del Menezzi; Gonzalez (2017) verificaram que o uso de produtos de acabamento como a seladora diminui a rugosidade da superfície substancialmente, principalmente para lâminas lixadas.

Neste trabalho as madeiras que apresentaram a maior rugosidade foram o cedro, seguido por cumaru e do marupá. Diferente aos resultados deste trabalho, Teles; Costa; Souza (2016) verificaram que a madeira de marupá apresentou valores de rugosidade superiores ao da madeira de cumaru. Esses autores encontram para madeira de marupá valores de Ra iguais a 4,8 e para madeira de cumaru iguais a 4,0, os valores para as duas espécies são inferiores aos encontrados neste estudo. Essas diferenças encontradas entre os valores podem ser explicadas pela anatomia ou técnicas de desdobro utilizada.

Já para a madeira de cedro, Pereira; Xavier; Ramos (2016) obtiveram valores de Ra para madeiras lixadas com lixa de grão 120 de 4,88, este valor contradiz com os valores desse estudo, mas para madeiras aplainadas o valor foi de 9,67 o que coincide com o valor encontrado no presente estudo.

A Figura 21 apresenta os perfis do parâmetro Ra das superfícies da madeira de marupá, dividida em três gráficos, onde demonstra a rugosidade da madeira natural (testemunha), a rugosidade dos produtos convencionais (verniz e seladora) e os produtos naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).

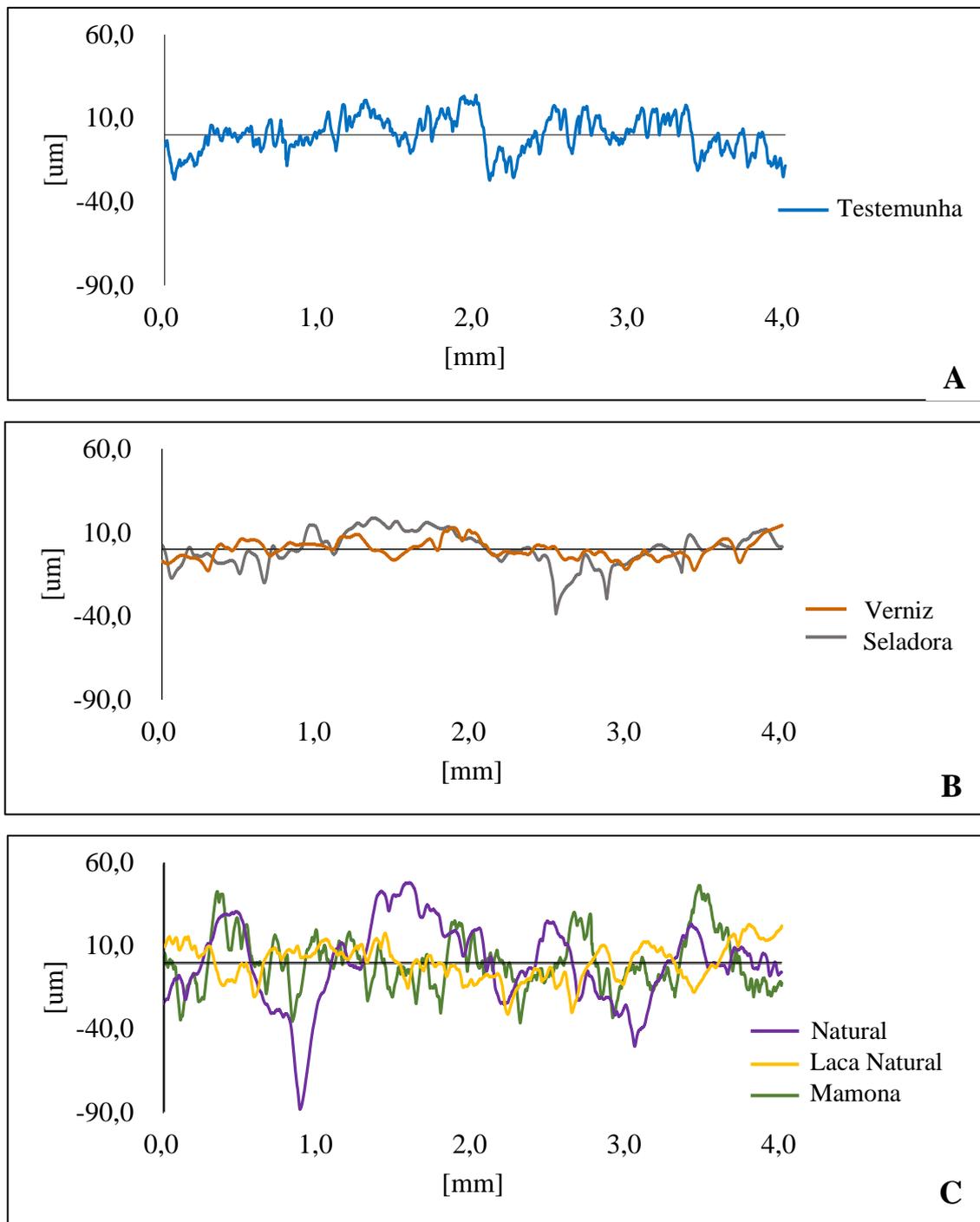


Figura 20 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de marupá. A –Perfil da madeira de *in natura*. B - Perfil das madeiras tratadas com os produtos convencionais (verniz e seladora). C- Perfil das madeiras de marupá tratadas com produtos naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).

A Figura 22 apresenta os perfis do parâmetro Ra das superfícies da madeira de cedro antes e após a aplicação dos produtos convencionais (verniz e seladora) e naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).

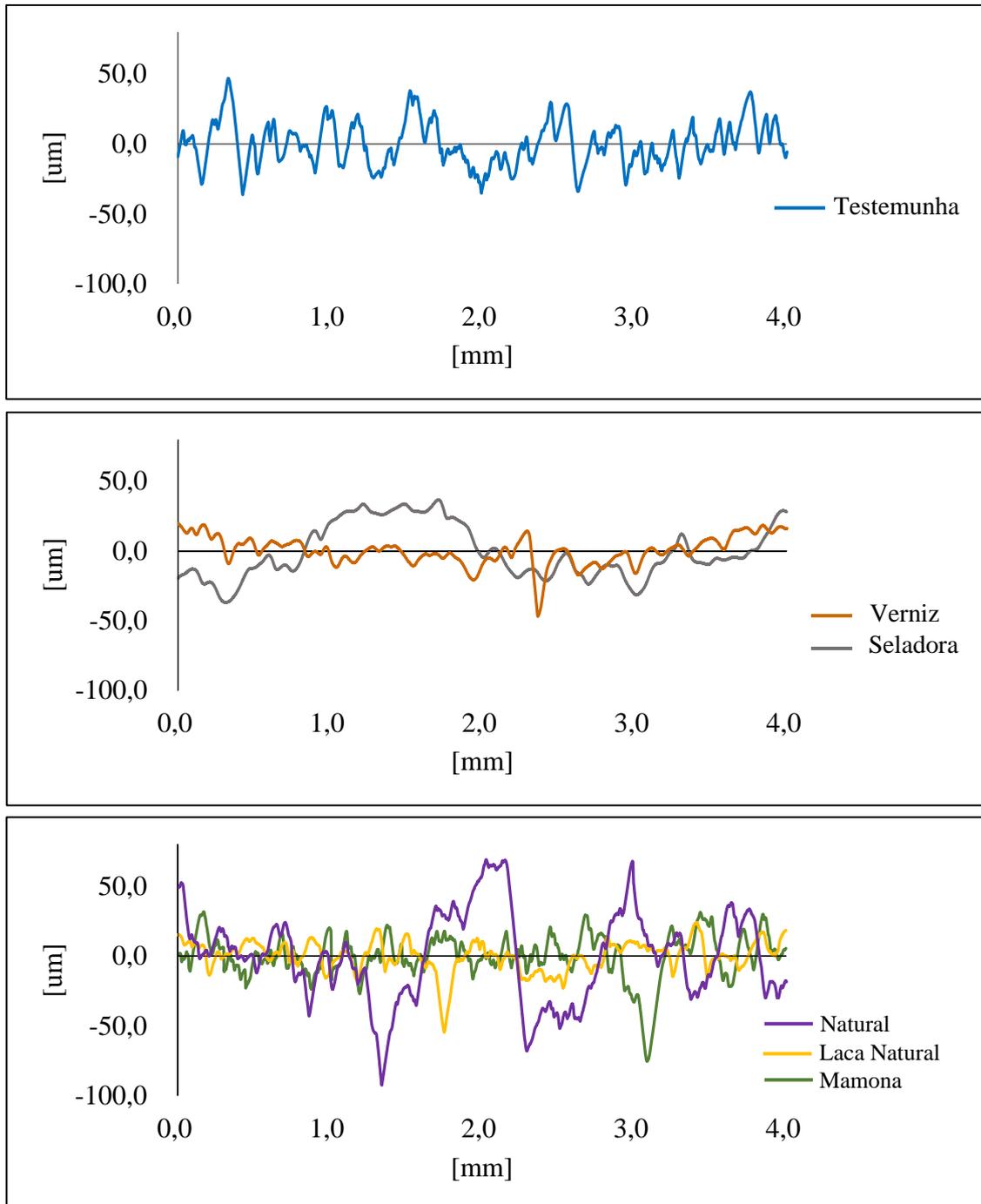


Figura 21 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de cedro. A –Perfil da madeira de cedro in natura. B - Perfil das madeiras tratadas com os produtos convencionais (verniz e seladora). C- Perfil das madeiras de cedro tratadas com produtos naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).

A Figura 23 apresenta os perfis do parâmetro Ra das superfícies da madeira de cumaru antes e após a aplicação dos produtos convencionais (verniz e seladora) e naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).

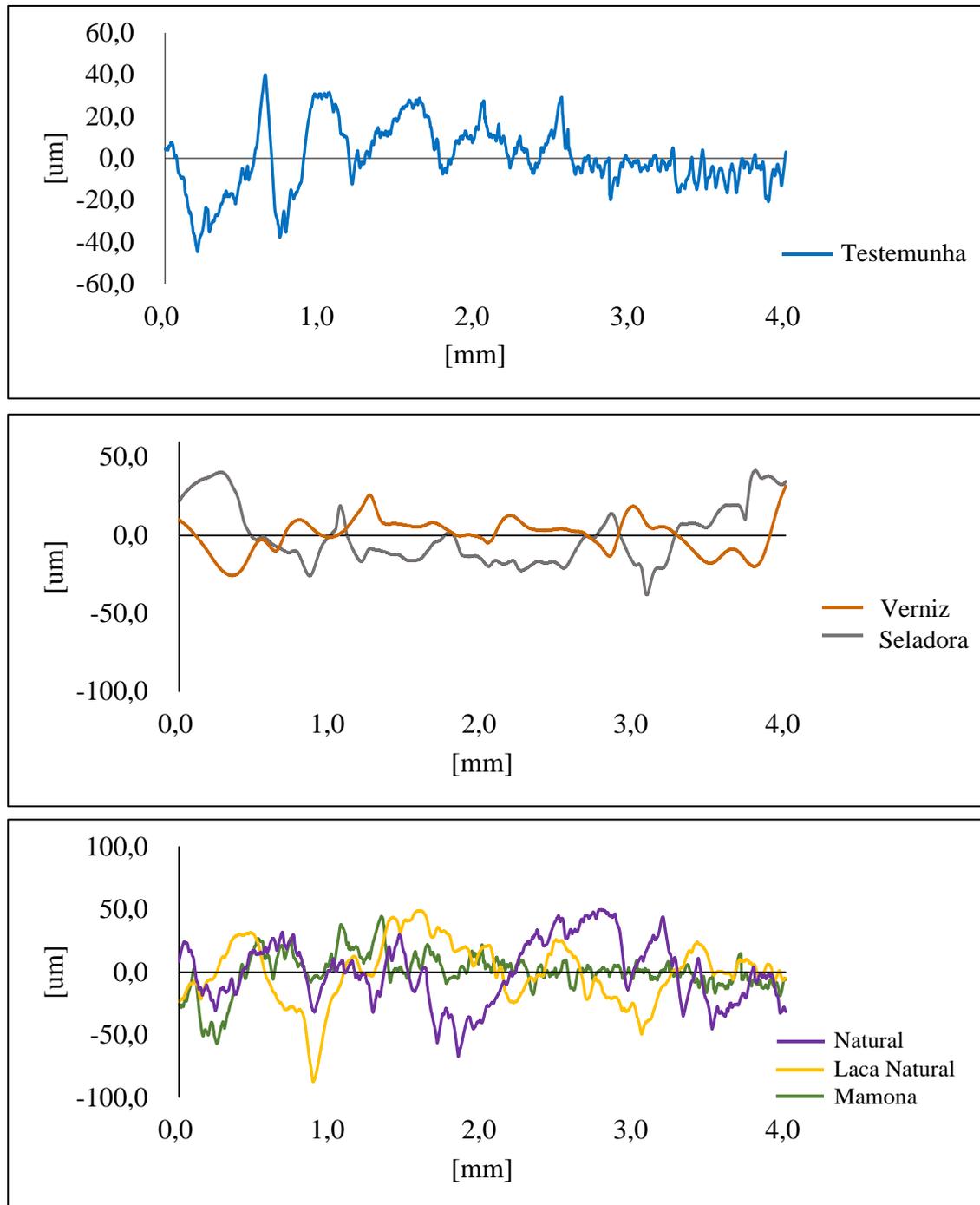


Figura 22 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de cumaru. A –Perfil da madeira de cumaru in natura. B - Perfil das madeiras tratadas com os produtos convencionais (verniz e seladora). C- Perfil das madeiras de cumaru tratadas com produtos naturais (verniz natural, laca natural e óleo de mamona).

Observa-se que para as três espécies as superfícies tratadas com produtos de acabamento convencionais apresentam menores distâncias entre as alturas dos picos e vales, atribuídos ao preenchimento de obstruções presentes na superfície da madeira, devido a estrutura anatômica das espécies, causadas ainda pelo processo de produção de lâminas, e pela adesão do produto sobre a superfície da madeira. Já para os produtos naturais esse comportamento não foi observado, os picos e vales foram bem pronunciados. A laca natural apresentou o melhor comportamento dos três produtos naturais.

As tabelas 18, 19 e 20 apresentam os valores médios dos parâmetros de rugosidade para a madeira de marupá, cedro e cumaru, respectivamente, durante os períodos de fotodegradação. Porém os resultados para as três espécies não mostraram diferenças significativas pela ANOVA, ao nível de 5% de significância, durante os períodos de fotodegradação.

Para as três espécies, a testemunha teve os valores de rugosidade superiores as madeiras tratadas, durante todo o período de fotodegradação. Entre os produtos de acabamento, o que registraram os maiores valores foram verniz natural e óleo de mamona.

Tabela 13 - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de marupá sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Marupá				
	Tempo	Ra	Rz	Rq
Testemunha	T 0h	6,52 (12,59)	40,09 (9,08)	8,34 (10,70)
	T 24h	6,82 (15,53)	41,99 (11,39)	8,74 (14,33)
	T 48h	6,37 (15,11)	39,46 (14,06)	8,10 (14,60)
	T 96h	7,22 (13,06)	43,05 (11,77)	9,11 (12,92)
	T 192h	6,66 (8,61)	39,75 (8,30)	8,41 (9,07)
	T 384h	7,03 (14,36)	42,15 (8,44)	8,96 (13,19)
	T 650h	7,11 (15,98)	41,89 (11,62)	8,97 (15,16)
	Verniz	T 0h	3,55 (12,40)	19,23 (12,76)
T 24h		3,55 (17,49)	21,41 (15,80)	4,58 (16,95)
T 48h		3,49 (16,89)	20,61 (15,33)	4,50 (15,58)
T 96h		3,41 (19,30)	20,96 (16,03)	4,48 (18,24)
T 192h		3,54 (20,39)	20,83 (20,33)	4,64 (19,64)
T 384h		3,48 (16,69)	20,66 (19,44)	4,54 (17,40)
T 650h		3,43 (18,88)	20,77 (22,98)	4,45 (20,03)
Seladora		T 0h	4,02 (17,19)	22,46 (9,96)
	T 24h	4,31 (12,81)	25,24 (7,85)	5,53 (12,00)
	T 48h	4,24 (12,20)	23,93 (8,66)	5,43 (11,86)
	T 96h	4,41 (14,09)	25,28 (11,92)	5,66 (13,45)
	T 192h	4,19 (12,58)	24,15 (12,70)	5,33 (13,07)
	T 384h	4,10 (9,62)	23,79 (12,06)	5,29 (9,68)
	T 650h	4,26 (8,72)	24,29 (7,69)	5,49 (8,40)
	<u>Verniz Natural</u>	T 0h	6,32	37,66

Marupá				
	Tempo	Ra	Rz	Rq
		(27,43)	(21,93)	(26,41)
	T 24h	6,41	38,25	8,14
		(16,01)	(11,47)	(15,49)
	T 48h	6,73	40,33	8,54
		(23,65)	(19,91)	(23,52)
	T 96h	6,83	39,35	8,59
		(20,91)	(15,61)	(19,69)
	T 192h	6,57	39,44	8,31
		(16,88)	(12,76)	(15,72)
	T 384h	6,58	39,67	8,36
		(24,94)	(21,12)	(24,09)
	T 650h	6,77	40,33	8,58
		(21,01)	(18,38)	(20,66)
	T 0h	4,87	25,67	6,04
		(9,97)	(12,89)	(10,82)
	T 24h	2,84	15,88	3,61
		(15,66)	(23,66)	(17,45)
	T 48h	2,80	15,49	3,56
		(8,21)	(12,23)	(8,71)
	T 96h	2,98	17,70	3,83
		(7,54)	(6,64)	(7,41)
	T 192h	2,96	17,08	3,82
		(7,21)	(6,84)	(7,12)
	T 384h	3,14	18,05	4,05
		(14,99)	(17,39)	(15,88)
	T 650h	2,89	15,74	3,62
		(12,84)	(14,67)	(13,19)
	T 0h	7,19	42,41	9,06
		(10,74)	(10,88)	(11,30)
	T 24h	7,01	42,21	8,88
		(11,93)	(13,27)	(12,39)
	T 48h	6,91	41,19	8,76
		(14,22)	(13,69)	(15,51)
	T 96h	7,22	43,05	9,11
		(13,06)	(11,77)	(12,92)
	T 192h	6,74	40,35	8,51
		(11,55)	(12,08)	(12,50)
	T 384h	7,08	41,44	8,98
		(14,91)	(13,85)	(15,41)
	T 650h	7,55	45,20	9,65
		(16,27)	(13,91)	(15,95)

T 0h – 0 horas de fotodegradação, T 24h – 24 horas de fotodegradação, T 48h – 48 horas de fotodegradação, T 96h – 96 horas de fotodegradação, T 192h – 192 horas de fotodegradação, T 384h – 384 horas de fotodegradação, T 650h – 650 horas de fotodegradação. Valores dentro do parêntese são referentes ao coeficiente de variação (%).

Tabela 14 -Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Cedro				
	Tempo	Ra	Rz	Rq
Testemunha	T 0h	11,28 (24,08)	60,00 (15,84)	13,83 (23,50)
	T 24h	11,57 (25,90)	62,92 (18,31)	14,42 (23,57)
	T 48h	11,49 (19,77)	61,47 (15,25)	14,22 (19,12)
	T 96h	11,07 (20,09)	59,77 (18,14)	13,88 (19,12)
	T 192h	11,73 (23,39)	63,89 (19,88)	14,67 (22,52)
	T 384h	11,71 (23,69)	62,95 (17,10)	14,67 (21,78)
	T 650h	12,16 (22,47)	61,16 (18,51)	14,83 (21,15)
	Verniz	T 0h	5,33 (22,70)	27,38 (16,21)
T 24h		4,79 (18,41)	26,71 (17,55)	6,11 (18,61)
T 48h		5,72 (20,22)	32,23 (18,08)	7,43 (18,19)
T 96h		5,31 (18,90)	28,76 (13,28)	6,71 (16,68)
T 192h		5,61 (16,03)	29,51 (13,20)	7,11 (13,88)
T 384h		5,33 (28,07)	28,98 (21,01)	6,79 (26,79)
T 650h		4,78 (17,30)	26,43 (15,00)	6,08 (16,49)
Seladora		T 0h	6,41 (16,36)	31,70 (14,53)
	T 24h	5,74 (28,60)	31,62 (29,68)	7,42 (30,29)
	T 48h	5,07 (22,70)	28,18 (20,12)	6,52 (22,11)
	T 96h	5,72 (17,19)	31,28 (20,25)	7,34 (18,19)
	T 192h	5,60 (24,42)	31,48 (21,42)	7,28 (23,54)
	T 384h	5,75 (23,70)	31,81 (23,21)	7,45 (23,84)
	T 650h	5,61 (27,54)	30,98 (32,06)	7,26 (29,52)
	Verniz Natural	T 0h	10,55	56,51

Cedro				
	Tempo	Ra	Rz	Rq
		(14,26)	(13,51)	(14,32)
	T 24h	10,28	56,27	12,93
		(10,01)	(8,22)	(8,99)
	T 48h	10,50	56,82	13,16
		(10,37)	(6,07)	(8,96)
	T 96h	10,88	58,93	13,71
		(14,23)	(8,75)	(12,35)
	T 192h	10,26	55,92	12,92
		(9,97)	(6,87)	(9,32)
	T 384h	10,38	56,01	12,94
		(15,57)	(13,70)	(15,49)
	T 650h	9,94	55,61	12,43
		(15,14)	(11,96)	(14,82)
	T 0h	6,80	35,63	8,49
		(11,57)	(5,67)	(10,44)
	T 24h	5,14	28,55	6,72
		(9,35)	(10,77)	(9,37)
	T 48h	4,86	26,11	6,24
		(9,80)	(15,38)	(11,69)
Laca Natural	T 96h	5,10	26,89	6,45
		(13,02)	(14,01)	(13,59)
	T 192h	5,05	27,51	6,44
		(11,76)	(13,47)	(11,89)
	T 384h	5,34	28,69	6,84
		(5,27)	(10,46)	(6,04)
	T 650h	4,75	26,03	6,07
		(14,00)	(4,89)	(12,02)
	T 0h	9,21	52,42	11,69
		(10,10)	(9,21)	(10,08)
	T 24h	8,75	50,56	11,09
		(10,37)	(12,28)	(11,03)
	T 48h	8,57	49,94	10,95
		(10,50)	(7,15)	(11,14)
	T 96h	9,25	54,17	11,83
		(12,16)	(11,67)	(12,18)
	T 192h	9,42	53,57	11,96
		(17,16)	(13,89)	(17,15)
	T 384h	9,00	50,47	11,30
		(9,12)	(11,28)	(9,56)
	T 650h	9,44	54,51	12,16
		(17,16)	(14,00)	(17,65)

T 0h – 0 horas de fotodegradação, T 24h – 24 horas de fotodegradação, T 48h – 48 horas de fotodegradação, T 96h – 96 horas de fotodegradação, T 192h – 192 horas de fotodegradação, T 384h – 384 horas de fotodegradação, T 650h – 650 horas de fotodegradação. Valores dentro do parêntese são referentes ao coeficiente de variação (%).

Tabela 15 - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de cumaru sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz, seladora, verniz natural, laca natural e óleo de mamona para cada período de fotodegradação artificial acelerada.

Cumaru				
	Tempo	Ra	Rz	Rq
Testemunha	T 0h	9,54 (19,87)	53,55 (15,88)	12,00 (18,86)
	T 24h	10,91 (14,17)	59,31 (14,12)	13,56 (14,19)
	T 48h	10,24 (15,00)	58,05 (9,73)	12,93 (13,70)
	T 96h	10,45 (12,34)	58,73 (11,52)	13,33 (13,16)
	T 192h	10,68 (15,21)	58,17 (14,19)	13,42 (15,61)
	T 384h	10,40 (12,05)	59,44 (8,67)	13,12 (10,70)
	T 650h	10,17 (16,81)	54,96 (15,74)	12,74 (16,77)
	Verniz	T 0h	4,06 (15,17)	21,03 (15,83)
T 24h		4,37 (26,95)	23,81 (24,31)	5,64 (26,76)
T 48h		4,19 (14,26)	22,55 (7,49)	5,42 (10,61)
T 96h		3,97 (21,54)	21,74 (18,49)	5,08 (20,22)
T 192h		4,46 (14,89)	24,81 (9,68)	5,86 (13,72)
T 384h		3,97 (14,60)	22,38 (9,95)	5,19 (13,94)
T 650h		4,59 (15,45)	24,85 (16,39)	5,92 (14,46)
Seladora		T 0h	5,64 (7,30)	28,92 (9,42)
	T 24h	5,19 (22,96)	29,89 (16,35)	6,73 (19,91)
	T 48h	5,01 (19,04)	27,05 (16,74)	6,43 (18,01)
	T 96h	4,70 (23,08)	24,61 (22,09)	5,99 (22,70)
	T 192h	5,07 (22,01)	27,23 (14,90)	6,51 (19,45)
	T 384h	5,33 (20,06)	28,85 (23,08)	6,89 (21,76)
	T 650h	4,91 (19,66)	26,39 (20,86)	6,32 (20,05)
	Verniz Natural	T 0h	9,65	55,27

Cumaru				
	Tempo	Ra	Rz	Rq
		(7,74)	(4,61)	(6,91)
	T 24h	10,29	53,21	12,73
		(9,45)	(9,18)	(8,51)
	T 48h	10,32	55,71	12,84
		(8,52)	(5,82)	(7,76)
	T 96h	10,37	55,71	12,94
		(9,13)	(7,39)	(8,71)
	T 192h	9,94	54,11	12,41
		(6,93)	(8,57)	(7,12)
	T 384h	10,52	57,02	13,12
		(7,42)	(9,07)	(7,89)
	T 650h	9,94	55,61	12,43
		(15,14)	(11,96)	(14,82)
	T 0h	5,86	29,88	7,29
		(15,84)	(15,42)	(16,91)
	T 24h	4,69	23,93	5,83
		(11,00)	(9,67)	(10,93)
	T 48h	4,62	24,27	5,83
		(16,78)	(16,24)	(16,65)
	T 96h	4,47	23,30	5,63
		(10,81)	(13,51)	(11,31)
	T 192h	4,51	24,41	5,77
		(7,17)	(9,76)	(7,72)
	T 384h	4,59	23,07	5,68
		(12,47)	(14,34)	(11,89)
	T 650h	4,69	23,49	5,82
		(12,06)	(8,98)	(11,57)
	T 0h	8,51	50,26	10,80
		(20,79)	(18,22)	(19,47)
	T 24h	8,87	51,14	11,20
		(21,58)	(14,97)	(19,82)
	T 48h	8,54	48,17	10,64
		(26,79)	(20,82)	(25,65)
	T 96h	8,79	50,80	11,16
		(18,54)	(13,94)	(18,25)
	T 192h	8,79	50,80	11,16
		(18,54)	(13,94)	(18,25)
	T 384h	8,57	50,69	10,88
		(16,29)	(11,98)	(14,98)
	T 650h	8,35	47,17	10,44
		(17,20)	(14,38)	(17,01)

T 0h – 0 horas de fotodegradação, T 24h – 24 horas de fotodegradação, T 48h – 48 horas de fotodegradação, T 96h – 96 horas de fotodegradação, T 192h – 192 horas de fotodegradação, T 384h – 384 horas de fotodegradação, T 650h – 650 horas de fotodegradação. Valores dentro do parêntese são referentes ao coeficiente de variação (%).

A fotodegradação não foi capaz de alterar a rugosidade da madeira, tanto na testemunha, como para as madeiras tratadas. Indicando que tanto a espécie, como a forma de preparo das amostras (a granulometria da lixa, a forma como as amostras foram lixadas, e a aplicação dos produtos), podem ter colaborado para os resultados encontrados neste estudo.

Mesquita (2016) por sua vez, encontrou diferenças significativas nos parâmetros de rugosidade para madeira de curupixá tratada com verniz e exposta ao intemperismo artificial. Neves (2019) avaliou a madeira de cedro tratada com metanol e seladora e detectou variações significativas durante os períodos de intemperismo artificial.

Em concordância com os resultados desta pesquisa, Leão *et al.* (2017) não encontraram, em nenhum dos tratamentos estudados, variação significativa para os valores de R_a entre os ciclos de fotodegradação, para madeira de cedro tratada com seladora que recebeu diferentes tratamentos de lixa.

De acordo com os resultados encontrados, sugere-se que o impacto do intemperismo na madeira é maior e causa maiores danos comparado aos resultados que se utilizaram apenas da fotodegradação, onde a rugosidade se mantém durante os períodos de irradiância sem diferenças significativas.

5.3. QUALIDADE DO ACABAMENTO

5.3.1. Aderência

Não foi possível realizar o teste de aderência para os tratamentos com verniz natural e óleo de mamona, devido à falta de uma película sobre a madeira que pudesse ser destacada. O teste foi realizado com o verniz industrial, seladora e laca natural.

A tabela 21 apresenta a quantidade de amostras classificada por grau de aderência obtido no presente estudo, foram 25 amostras por tratamento.

Tabela 16 - Número de amostras classificadas pelo grau de aderência nos diferentes acabamentos.

Espécie	Tratamento	Grau de aderência				
		0	1	2	3	4
Marupá	Verniz	3	22	0	0	0
	Seladora	8	17	0	0	0
	Laca Natural	0	25	0	0	0
Cedro	Verniz	8	17	0	0	0
	Seladora	8	17	0	0	0
	Laca Natural	0	25	0	0	0
Cumaru	Verniz	7	18	0	0	0
	Seladora	7	18	0	0	0
	Laca Natural	0	25	0	0	0

Grau de aderência 0: equivale a 0% de destacamento da área do acabamento; Grau de aderência 1: equivale a 5% de destacamento da área do acabamento; Grau de aderência 2: equivale a 15% de destacamento da área do acabamento; Grau de aderência 3: equivale a 35% de destacamento da área do acabamento; Grau de aderência 4: equivale a 65% de destacamento da área do acabamento.

Os produtos obtiveram boa aderência e se comportaram de maneira semelhante entre as espécies. O produto que teve como resultados o maior número de amostras com 100% de aderência foi a seladora, seguida do verniz.

Nenhum dos produtos apresentou destacamento de área superior a 15%, indicando que os produtos tiveram uma boa ancoragem na madeira. Os resultados obtidos por Fonte (2016) que avaliou a aderência da madeira de *Cryptomeria japonica* tratada com quatro produtos de acabamento, são similares ao encontrados nessa pesquisa.

Na tabela 22 são apresentados os resultados médios da porcentagem de destacamento da superfície das madeiras tratadas.

Tabela 17 - Média da porcentagem de destacamento da película dos acabamentos.

Espécie	Tratamento	Destacamento da película (%)
Marupá	Verniz	4,4
	Seladora	3,4
	Laca Natural	5
Cedro	Verniz	3,4
	Seladora	3,4
	Laca Natural	5
Cumaru	Verniz	3,6
	Seladora	3,6
	Laca Natural	5

Pelo teste de *Kruskal-Wallis* o resultado não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, dentro de cada espécie. O menor percentual de destacamento foi obtido pelo

verniz e seladora, para as espécies do marupá e do cedro. O maior percentual de destacamento foi o da laca natural, comportando-se de maneira similar para as três espécies.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pace *et al.* (2018) que avaliaram a aderência de verniz a base de poliuretano sobre a madeira de *Corymbia citriodora* e *Khaya ivorensis* e também obtiveram o resultado no qual o tratamento apresentou pouca porcentagem de película destacada para as duas espécies estudadas.

Souza; Silva; Evangelista (2011) avaliaram a aderência de cera de carnaúba em clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e teve como resultado todas as peças reprovadas, o produto utilizado por eles apresentou baixa aderência a madeira, o que pode ser explicado por se tratar de um produto natural, com características específicas, assim como verniz natural e óleo de mamona utilizado nesse estudo.

5.3.2. Resistência química

O grau de dificuldade de remoção das manchas seguindo as etapas previstas pela norma NBR 14535 (ABNT, 2000) está apresentada na Tabela 23.

Tabela 18 – Dados referentes à dificuldade de remoção das manchas causadas por produtos diversos, nos diferentes acabamentos sobre a madeira de marupá, cedro e cumaru.

Espécie	Produto de acabamento	A	B	C	D	E	F
Marupá	Verniz	1	1	5	5	5	1
	Seladora	1	1	5	5	5	1
	Verniz natural	1	1	MP	5	MP	3
	Laca Natural	1	1	5	5	MP	1
	Óleo de mamona	1	1	MP	MP	MP	MP
Cedro	Verniz	1	2	5	3	5	1
	Seladora	1	2	5	5	5	1
	Verniz natural	1	2	MP	5	MP	1
	Laca Natural	1	2	5	5	MP	1
	Óleo de mamona	1	2	MP	MP	MP	3
Cumaru	Verniz	1	2	5	3	5	1
	Seladora	1	2	5	5	5	1
	Verniz natural	1	2	MP	5	MP	1
	Laca Natural	1	2	5	5	MP	1
	Óleo de mamona	1	2	MP	MP	MP	3

A: *Ketchup*; B: Mostarda; C: Batom vermelho; D: Pincel atômico; E: Caneta esferográfica; F: Vinho. Referente as notas: 1 – 6, sendo 6 o grau mais difícil de remoção e MP: mancha permanente.

1: Remoção com água; 2: Remoção com sabão e água; 3: Remoção com água e álcool; 4: Remoção com água e álcool novamente; 5: Remoção com aguarrás; 6: Remoção com saponáceo.

Para as três espécies, dentre os diversos produtos aplicados (reagentes) que não deixaram vestígios de manchas após os procedimentos de limpeza para os cinco revestimentos, foram o *ketchup* e mostarda.

Para as três madeiras, o óleo de mamona foi o produto de acabamento que menos foi resistente, pois deixou o maior número de marcas permanentes. Após as etapas de limpeza com o tratamento de óleo de mamona ficaram marcas dos reagentes batom, pincel atômico, caneta e vinho, sendo que este último, apenas para espécie de marupá.

O segundo produto que apresentou menor resistência foi o verniz natural, ocorreu vestígios de manchas nas três espécies para os produtos batom e caneta. O terceiro revestimento que deixou marcas foi a laca natural que ficou manchada com a caneta esferográfica após a limpeza.

Verifica-se que o produto mais difícil de sair nas três espécies e entre os cinco produtos foi a tinta da caneta esferográfica. E o que apresentou maior facilidade foi o *ketchup*. Todos os produtos que deixaram marcas permanentes passaram pelas seis etapas de limpezas.

Fonte (2016) estudou a resistência à treze produtos na madeira de *Cryptomeria japônica* tratadas com 4 produtos de acabamento, entre os produtos o *ketchup* foi um dos que não deixou nenhuma mancha para nenhum dos revestimentos se igualando com o resultado dessa pesquisa. Já a mostarda deixou manchas em quatro revestimentos, resultado contrário ao encontrado neste estudo.

Leite (2014) testou 10 reagentes em madeira de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus resinífera* e *Corymbia maculata* tratadas com verniz, e observou que todos foram removidos, e quando tratados apenas com isolante, o batom deixou manchas.

O teste de resistência química é importante pois mostra o quão eficaz são os produtos para proteger a superfície da madeira nas situações do cotidiano. A madeira destinada para móveis é importante que tenham um eficaz bloqueio contra manchas para favorecer a longa duração do móvel.

Os produtos que apresentaram melhor desempenho em não deixar manchas foram o verniz e a seladora. O óleo de mamona e o verniz natural foram os revestimentos menos resistentes. Este resultado pode ser explicado pelo fato desses produtos não terem formado uma película sobre a madeira como os outros, isso fez com que a madeira absorvesse os reagentes e favoreceu a ocorrência das manchas.

6. CONCLUSÕES

- A técnica utilizada permitiu simular uma avaliação da alteração da cor da madeira das espécies estudadas quando empregadas, por exemplo, em mobiliário exposto que sofre ação da fotodegradação.
- Verificou-se que durante os tempos de fotodegradação as espécies se comportaram de formas diferentes, nos diferentes tratamentos, provavelmente devido suas características anatômicas e seus constituintes químicos.
- Ao final das etapas de fotodegradação, todos os tratamentos apresentaram tendência a estabilização da cor.
- As menores variações colorimétricas ocorreram na madeira de marupá quando tratada com laca natural; na madeira de cedro sem tratamento ou quando tratada com verniz natural; e na madeira de cumaru quando foi tratada com verniz.
- Entre os produtos aplicados na madeira, a seladora foi a que causou maior variação da cor das madeiras de marupá e cedro durante os tempos estudados. O produto que causou maior instabilidade na cor da madeira de cumaru foi o óleo de mamona.
- Os produtos naturais obtiveram variações colorimétricas semelhantes e por vezes inferiores aos produtos convencionais, demonstrando a capacidade que esses produtos têm de manter a coloração por longa duração. Isso pode trazer benefícios para a indústria moveleira e de acabamento com interesse em difundir no mercado produtos naturais, atóxicos, sem utilização de produtos químicos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.
- A fotodegradação não causou nenhuma alteração na rugosidade da madeira em nenhum dos tratamentos, para as três espécies.
- Os produtos apresentaram boa aderência e ancoragem na madeira. A seladora foi o produto que teve o maior número de amostras com 100% de aderência, e a laca natural apresentou o maior percentual de destacamento.
- Em relação a resistência química, o verniz e a seladora apresentaram maior facilidade de remoção de manchas. O óleo de mamona apresentou o maior número de amostras manchadas permanentemente.
- A laca natural foi o melhor avaliado, entre os produtos naturais: manteve os parâmetros colorimétricos sem grandes alterações durante os períodos de fotodegradação, apresentou bons resultados de variação de cor, diminuiu a rugosidade da madeira, e demonstrou resultados satisfatórios na avaliação do acabamento.

7. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se, em estudos futuros, testar outros produtos de acabamento natural, como a cera de abelha, óleo de semente de caju entre outros, além de utilizar os que foram estudados na presente pesquisa com o uso de outras técnicas de avaliação e em diferentes espécies.
- Recomenda-se ainda utilizar técnicas de molhabilidade e de MIR (espectroscopia no infravermelho médio), para melhor compreender a penetração dos produtos de acabamento e determinar os constituintes químicos da madeira, fazendo-se relação destes com os produtos, auxiliando na compreensão das mudanças colorimétricas das espécies sob ação da fotodegradação. Estas informações podem orientar os fabricantes a elaborarem produtos de acabamento que estabilizam cada vez mais as madeiras frente a fotodegradação.
- O estudo dos elementos anatômicos das espécies relacionados com a colorimetria também merece atenção futura.

8. REFERÊNCIAS

ABRAFATI. **Tintas imobiliárias de qualidade: o livro de rótulos da ABRAFATI**. 1. ed. [s.l: s.n.].

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G 154 - Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials**. Philadelphia, USA, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2244 - Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates**. Philadelphia, USA, , 2009.

AMORIM, P. G. R.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* ... PROPRIEDADES DA MADEIRA DE *Pinus caribaea* E *Eucalyptus grandis* ESTIMADAS POR COLORIMETRIA. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 461–466, 2013.

ANDERSON, E. L.; ZENON PAWLAK, N. L. O.; FEIST, W. C. Infrared studies of wood weathering Weathering. Part I: Softwoods. **Applied Spectroscopy**, v. 45, n. 4, p. 641–647, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14535 - Móveis de madeira - Tratamento de superfícies - Requisitos de proteção e acabamento**. Rio de Janeiro, 2000.

BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, p. 1–13, 2018.

BRAGA, P. P. DE C. **Qualidade na usinagem e no acabamento da madeira de Coffea arabica**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, 2011.

BRAINER, M. S. C. P. Setor moveleiro: Aspectos gerais e tendências no brasil e na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, v. 3, n. 61, p. 1–22, 2021.

BRAINER, M. S. DE C. P. Setor moveleiro: aspectos gerais e tendências no brasil e na área de atuação do bnb. **Caderno Setorial ETENE**, v. 34, p. 1–22, 2018.

CAMARGOS, J. A. A. **Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais**. [s.l.] Universidade de Brasília, 1999.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p. 30–41, 2001.

CARVALHO, P. E. R. Cedro. **Circular Técnica - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, n. 113, p. 17, 2005.

CARVALHO, P. E. R. **Cumaru-Ferro Dipteryx odorata** Colombo, PR, 2009.

CERCHIARI, A. M. F.; GAVA, M.; GARCIA, J. N. Avaliação de produtos para impermeabilização da madeira. **Cerne**, v. 16, n. suplemento, p. 1–8, 2010.

CETESB. **Guia técnico ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L**São Paulo, 2006.

CHANG, H. T.; CHANG, S. T. Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and by indoor exposure. **Polymer Degradation and Stability**, v. 72, n. 2, p. 361–365, 2001.

CHANG, S.-T.; HON, D. N. S.; FEIST, W. C. Photodegradation and Photoprotection of Wood Surfaces. **Wood and Fiber**, v. 14, n. 2, p. 104–117, 1982.

COSTA, H. M. DA et al. Efeito do óleo de mamona em composições de borracha natural contendo sílica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 46–50, 2004.

COSTA, J. DE A. et al. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 133–139, 2011.

CUNHA, V. **Tintas imobiliárias, vernizes & solventes**. VIII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. **Anais...**2012

DA SILVA, J. R. M. **RELAÇÕES DA USINABILIDADE E ADERÊNCIA DO VERNIZ COM AS PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DO Eucalyptus grandis HILL EX. MAIDEN**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2002.

DAVID, M.; POLIANA, F.; SPRICIGO, C. Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. **Instrumentação Pós-colheita em Frutas e Hortaliças**, p. 208–220, 2017.

DE AZEVEDO, I. M. G. et al. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 1, p. 157–164, 2010.

DE CASTRO, V. G. et al. Avaliação colorimétrica de aglomerados produzidos com partículas de Madeira de Sequoia sempervirens e Pinus taeda submetidos ao intemperismo natural. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 475–483, 2014.

DE SOUZA, M. O. A.; SILVA, J. DE 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. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 39, n. 92, p. 403–409, 2011.

DIAS JÚNIOR, A. F. et al. Caracterização da Madeira de Quatro Espécies Florestais para Uso em Movelaria. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 4, n. 1, p. 93–107, 2013.

DUARTE, B. B.; LAHR, F. A. R.; CURVELO, A. A. DA S. Caracterização Física-Mecânica E Composição Química Da Madeira De Cumaru (Dipteryx Odorata). p. 100–111, 2021.

E SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M.; PASTORE, F. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciencia Florestal**, v. 17, n. 1, p. 17–23, 2007.

ESCOBAR, J. F. et al. Rendimento da laminação e módulo de elasticidade das lâminas da madeira de seringueira (Hevea brasiliensis). v. d, n. October 2020, p. 7–9, 2011.

FAZANO, C. A. T. V. **Tintas: Métodos de controle de pinturas e superfície**. São Paulo: [s.n.].

FERNANDES, J. G.; BRANCO, J. M. A Utilização Sustentável Das Malhas Estruturais De Madeira. **3º Congresso Luso-Brasileiro. Materiais de construção sustentáveis.**, p. 155, 2018.

FILHO, E. M. C.; SARTORELLI, P. A. R. **Guia de árvores com valor econômico**. São Paulo: [s.n.]. v. 37

FONTE, A. P. N. DA. **Utilização da madeira de Cryptomeria japonica para a produção de painéis colados lateralmente e aplicação de acabamento superficial**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2016.

FRANCO, A. A evolução do móvel residencial seriado brasileiro em madeira reconstituída. p. 214, 2010.

GALINARI, R. et al. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**, v. 37, p. 227–272, 2013.

GONÇALEZ, J. C. **Caracterisation technologique de quatre espèces peu connues da la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. [s.l.] Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, 1993.

GONÇALEZ, J. C. et al. DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NA COR DA MADEIRA DE FREIJÓ (Cordia goeldiana Huber) APÓS RECEBER PRODUTOS DE ACABAMENTOS. **Ciencia Florestal**, v. 20, n. 4, p. 657–664, 2010.

GONÇALVES, C. **Contributos para uma maior e melhor utilização da madeira de Pinho Bravo em Portugal**. [s.l.] Universidade do Porto, 2010.

GOUVEIA, F. N. **Estabilização Colorimétrica De Madeiras**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2008.

GUEDES, J. S. **Estudo e otimização do acabamento de orlas em tampos de mesas escolares**. [s.l.] Universidade do Porto, 2011.

GUIMARÃES, L. **A cor como informação: a construção biofísica, lingüística e cultural da simbologia das cores**. 3. ed. São Paulo: Annablume, 2004.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. Weathering testing of timber-Discoloration. **High-performance utilization of wood for outdoor uses**, p. 27–32, 2001.

HON, D. N. S.; SHIRAIISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. New York: [s.n.].

IPEF - INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Cedrella fissilis (Cedro)**. Disponível em: <<https://www.ipef.br/identificacao/cedrella.fissilis.asp>>. Acesso em: 21 out. 2019.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNOLÓGICAS. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**São Paulo, 2003.

IPT (INSTITUTO DE PESQUISAS TÉCNOLÓGICAS). **Informações sobre madeira**.

JIS - JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD. **Geometrical Products Specifications (GPS) – Surface texture: profile method – Terms, definitions and surfaces texture parameters. JIS B 0601**Tokyo, 2001.

KILIC, M.; HIZIROGLU, S.; BURDURLU, E. Effect of machining on surface roughness of wood. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1704–1078, 2006.

LEÃO, F. C. et al. Efeito do intemperismo artificial na rugosidade e na cor da madeira de cedro (*Cedrela odorata* L .) tratada com um produto de acabamento. **Biodiversidade**, v. 16, n. 1, p. 2–20, 2017.

LEITE, M. K. **Caracterização tecnológica da madeira de *Corymbia maculata* , *Eucalyptus cloeziana* e *E. resinifera* para a aplicação no design de Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA)**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2014.

LIMA, C. M. et al. Comportamento da cor de lâminas de madeira de pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*) tratada com produtos de acabamento. **Revista Arvore**, v. 37, n. 2, p. 377–384, 2013.

MAIA, J. H. et al. Comportamento Colorimétrico Da Madeira De Maçaranduba Tratada Com Produtos De Acabamento. **Nativa**, v. 6, p. 767, 2018.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **A natureza e os polímeros: meio ambiente, geopolímeros, fitopolímeros e zoopolímeros**. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

MARQUES, M. et al. Efeito da secagem nas propriedades acústicas da madeira de marupá (*Simarouba amara* Aubl.). **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 57–64, 2014.

MARTINS, S. A. et al. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de

madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 87–96, 2011.

MATTOS, R. L. GRION; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. DAS. Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas. **PhD Proposal**, v. 1, p. 1–299, 2015.

MELLO, M. F. DE; MELLO, A. Z. DE. Uma análise das práticas de Responsabilidade Social e Sustentabilidade como estratégias de empresas industriais do setor moveleiro: um estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 1, p. 81–93, 2017.

MELO, J. E. DE; CAMARGOS, J. A. A. **A madeira e seus usos**.

MENDES, T. J. et al. Efeito do intemperismo artificial na cor de lâminas de madeira tratadas com dois produtos de acabamento. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 101–110, 2016.

MESQUITA, R. R. S. DE. **COMPORTAMENTO DAS MADEIRAS DE CURUPIXÁ (*Micropholis* sp.) E TAUARI (*Couratari* sp.) SUBMETIDAS AO INTEMPERISMO ARTIFICIAL COM DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTO**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2016.

MORI, C. L. S. DE O. et al. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 137–146, 2005.

NEVES, G. DE S. **Efeito da aplicação de extrativos naturais e produtos de acabamento na superfície das madeiras de cedro (*Cedrela odorata*) e freijó (*Cordia goeldiana*) expostas ao intemperismo acelerado**. [s.l.] Universidade de Brasília, 2019.

PACE, J. H. C. et al. A ação do intemperismo interfere no acabamento superficial e na coloração da madeira de espécies florestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1–7, 2018.

PAULA, M. H. DE et al. UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS PARA CARACTERIZAÇÃO SIMPLIFICADA DA MADEIRA DE CUMARU (*Dipteryx odorata* Willd). **Biodiversidade**, v. 15, n. 2, p. 136–149, 2016.

PEREIRA, K. R. M.; XAVIER, C. N.; RAMOS, L. M. A. **AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE USINADA DA MADEIRA DE *Cedrela odorata*** L. Curitiba XV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, , 2016.

PIVA, R. D. DOSSIÊ TÉCNICO Processo de Fabricação de Móveis Sob Encomenda. **Senai**, 2006.

RAABE, J.; DEL MENEZZI, C.; GONÇALEZ, J. Avaliação da superfície de lâminas decorativas de curupixá (*Micropholis venulosa* Mart. Eichler). **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

RAMOS, L. F. M. D. Uma contribuição ao estudo dos móveis de madeira e seus derivados. 2013.

SANTOS, J. A.; DUARTE, C. Degradação e proteção superficial da madeira em exterior. **Corrosão e Protecção de Materiais**, v. 32, n. 1, p. 10–18, 2013.

SEVERINO, L. S. O Que Sabemos sobre a Torta de Mamona. **Embrapa Algodão**, p. 1–32,

2005.

SILVA, B. A. DA. **SUPERFÍCIES EM MADEIRA E QUALIDADE DO AR: UM ESTUDO SOBRE OS PRODUTOS E TRATAMENTOS ASSOCIADOS AO USO DA MADEIRA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E AS PRÁTICAS DE ESPECIFICAÇÃO DOS ARQUITETOS PARANAENSES.** [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2012.

SILVA, R. A. F. DA et al. Colorimetria da madeira de trinta espécies tropicais. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 8, n. 1, p. 36–41, 2017.

SILVA, E. S. et al. Colorimetria da Madeira de Oito Espécies Nativas do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 6, n. 1, p. 31–37, 2015a.

SILVA, F. et al. Rendimento em laminação de madeira de Paricá na região de Paragominas, Pará. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 2, p. 447–455, 2015b.

SINDERSKI, L. G. Z. Ângulo de Contato e Rugosidade de Madeiras, uma breve revisão. **Revista Ciência da Madeira - RCM**, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2020.

SORAGI, L. DE C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de Toona ciliata M. Roem.** [s.l.] Universidade Federal de Lavras, 2009.

SOUSA, F. R. DA R. E. **Estudo do envernizamento de madeiras exóticas com vernizes aquosos.** [s.l.] Universidade do Porto, 2008.

SOUZA, A. G. R.; GIANEZINI, M.; WATANABE, M. Panorama Do Setor De Tintas No Brasil: Mercado, Gestão E Tecnologias Para O Segmento De Tintas Imobiliárias. **Revista Gestão Inovação e Tecnologias**, v. 8, n. 3, p. 4430–4446, 2018.

SOUZA, M. M.; BUFALINO, L.; GOMES, L. G. Caracterização Madeira De Marupá (Simarouba Amara Aubl, Simaroubaceae) Visando Utilização Na Indústria Moveleira / Wood Characterization of Marupá (Simarouba Amara Aubl, Simaroubaceae) for Use in the Furniture Industry. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98163–98185, 2020.

STANGERLIN, I. M. et al. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 429–438, 2013.

TAYLOR, J.B.; CARRANO, A.L.; LEMASTER, R. L. Quantification of process parameters in a Wood sanding operation. **Forest Products Journal**, v. 49, n. 5, p. 41–46, 1999.

TELES, R. F.; DA COSTA, A. F.; DE SOUZA, M. R. Análise da influência do tratamento preservativo na cor e rugosidade de superfícies de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 100–108, 2016.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos Madeireiros do Estado do Pará.** Belém: [s.n.].

VINICIUS. **Seladora, o que é, para que serve e como usar.** Disponível em: <<https://construcaodecasa.com/dicas-de-acabamento/seladora-o-que-e-para-que-serve-e-como-usar/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. DOS; OLIVEIRA, M. L. DE. Enraizamento de miniestaca

caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p. 351–356, 2003.