



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB

FACULDADE DE TECNOLOGIA - FT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - EFL

**Efeito do Intemperismo Artificial na Rugosidade e na Cor
de Madeira de Cedro (*Cedrela odorata* L.) Tratada com um
Produto de Acabamento**

Estudante: Frederico Campos Leão
Matrícula: 10/0101836

Linhas de Pesquisa: Tecnologia de Produtos Florestais
Orientador: Prof. Dr. Joaquim Carlos González
Coorientadora: Msc. Marcella Hermida de Paula

Trabalho apresentado ao Departamento de
Engenharia Florestal da Universidade de
Brasília, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Florestal

Brasília, dezembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

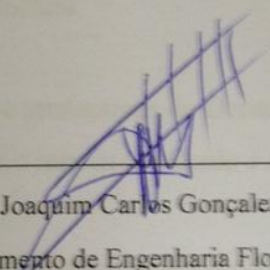
**Efeito do Intemperismo Artificial na Rugosidade e na Cor
da Madeira de Cedro (*Cedrela odorata* L.) Tratada com um
Produto de Acabamento**

Estudante: Frederico Campos Leão

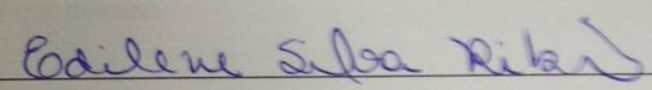
Matrícula: 10/0101836

Menção: SS

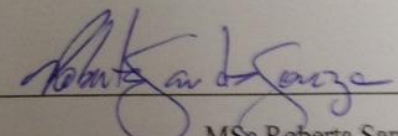
Aprovado por



Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez (Orientador)
Departamento de Engenharia Florestal – UnB



Prof. Edilene Silva Ribeiro
Instituto Federal do Mato Grosso – IFMT
Doutoranda em Ciências Florestais – UnB/EFL



MSc Roberta Santos Souza
Doutoranda em Ciências Florestais – UnB/EFL

Brasília, dezembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Joaquim Carlos Gonzalez, pelos conhecimentos transmitidos e pela oportunidade a mim dada de também poder produzir conhecimento.

À minha mãe, Bárbara Campos Leão, ao meu pai, Júlio Peixoto Leão de Souza, e às minhas irmãs, Marina Campos Leão e Suzana Campos Leão, por terem me dado amor, suporte e incentivo necessários para meu desenvolvimento acadêmico.

À minha tia, Laura Campos, por me encorajar e estar sempre disposta a ajudar-me em meu desenvolvimento intelectual.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Engenharia Florestal pelo esforço empreendido para o meu aprendizado e de todos os estudantes.

Ao Msc. Robert Rossi de Mesquita e, principalmente, à coorientadora deste trabalho, Msc. Marcella Hermida de Paula, pela disposição, paciência e boa vontade em me ajudar sempre que precisei.

A todos os meus amigos que, de alguma maneira, participaram da minha história durante a minha graduação na Universidade de Brasília.

Ao povo brasileiro por ter financiado meus estudos na Universidade de Brasília.

Muito obrigado!

RESUMO

O cedro (*Cedrela odorata* L.) é uma árvore de grande porte que ocorre em toda a floresta Amazônica e estende-se até o norte do estado do Espírito Santo, possuindo alto valor econômico e vasta aplicabilidade. Este trabalho objetivou avaliar o comportamento da cor e da aspereza superficial da madeira de cedro, utilizando-se um produto de acabamento (seladora) e dois diferentes grãos de lixa (220 e 280). As medidas foram realizadas antes e após a exposição ao intemperismo artificial acelerado por diferentes períodos de tempo. O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. Foram confeccionados 25 corpos de prova de dimensões 5 cm x 8 cm x 1 cm (largura, comprimento e espessura, respectivamente), os quais foram submetidos a ensaios de rugosidade e colorimetria antes e após passarem por processo de intemperismo artificial acelerado (fotodegradação). Os tratamentos com seladora foram os que apresentaram os menores valores de rugosidade média em todos os períodos de tempo. A aplicação de lixas não alterou a rugosidade da madeira antes da exposição ao intemperismo. A utilização da seladora tornou a madeira mais escura e alterou sua cor original de Rosa para Amarelo-amarronzado antes da exposição ao intemperismo. Após o ciclo de 96 horas, os dois tratamentos com seladora sofreram variação de cor considerada muito apreciável, havendo modificação da cor de Amarelo-amarronzado para Vermelho ($\Delta E = 28,90$) e de Amarelo-amarronzado para Vermelho-escuro ($\Delta E = 28,93$). Os dois tratamentos submetidos somente à lixamento não tiveram seus parâmetros colorimétricos alterados significativamente antes do processo de intemperismo. Após o ciclo de 96 horas, os dois tratamentos sem seladora sofreram – assim como a Testemunha – variação de cor considerada muito apreciável, havendo modificação da cor Rosa para Amarelo-amarronzado e apresentando variação colorimétrica (ΔE) igual a 13,36 e 13,74. Os resultados apresentados podem ajudar a indústria a melhorar suas estratégias de utilização da madeira de cedro frente à fotodegradação.

Palavras-chave: madeira, intemperismo, produtos de acabamento, rugosidade, cor, fotodegradação.

ABSTRACT

Cedar is a large tree found in the Amazon rainforest until the north of the Espírito Santo state, and it has great economic value and vast applicability. This study aims to evaluate the cedar's wood's superficial color and roughness behavior, using a wood finish (wood sealant) and two types of grit sandpaper (220 and 280). The measures were taken before and after the exposure to the accelerated artificial weathering to different periods of time. This work was implemented in the Wood Technology Laboratory of the Forestry Engineering Department from the University of Brasília. 25 specimens were fabricated with 25 cm x 8 cm x 1 cm (width, length and thickness, respectively) and they were submitted to roughness and colorimetry trials before and after going through accelerated artificial weathering (photodegradation). The wood sealant treatments were the ones which presented the lower roughness median values in all periods of times. Applying grits made no difference in the roughness of the wood before the weathering exposition. Using the wood sealant made the wood darker and altered its color from pink to brownish-yellow before it was exposed to the weathering. After the 96 hours cycle, both treatments that went through wood sealant suffered a very appreciable color variation, with its color turning from brownish-yellow to red ($\Delta E = 28,90$) and from brownish-yellow to dark-red ($\Delta E = 28,93$). Both treatments submitted only to sanding did not have their colorimetric parameters significantly altered before the weathering process. After the 96 hours cycle, the treatments that had no wood sealant – just as the control group – presented no appreciable color variation, turning from pink to brownish-yellow, with 13,36 and 13,74 for colorimetric variation. The final results might help the industry to improve its strategies on cedar utilization regarding photodegradation.

Key words: wood, weathering, finishing products, roughness, color, photodegradation.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. CEDRO (<i>Cedrela odorata</i> L.).....	9
3.2. TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE	10
3.2.1. Lixamento.....	10
3.2.2. Produtos de Acabamento	11
3.3. RUGOSIDADE DA MADEIRA.....	11
3.4. COR DA MADEIRA	12
4. METODOLOGIA.....	15
4.1 ORIGEM E PREPARO DOS CORPOS DE PROVA	15
4.2 ACABAMENTO SUPERFICIAL DA MADEIRA	15
4.3 TRATAMENTOS.....	15
4.4 PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA O EXPERIMENTO	16
4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1 RUGOSIDADE	19
5.2 COLORIMETRIA	24
6. CONCLUSÃO.....	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Representação do parâmetro Ra.	12
Figura 3.2: Representação do Sistema Colorimétrico CIELAB 1976.	14
Figura 3.3: Sistema de Coordenadas de Cores CIELAB 1976.	14
Figura 4.1: Rugosímetro Surf test SJ – 400 Mitutoyo.	16
Figura 4.2: Espectrofotômetro Color Eye XHT – X-Rite.	17
Figura 4.3: Câmara de envelhecimento QUV Q-Lab, modelo QUV/spray.	18
Figura 5.1: Comparação gráfica entre os valores de Ra de cada tratamento antes e após processo de intemperismo acelerado.	19
Figura 5.2: Representação gráfica dos valores de Ra para cada tratamento ao longo do tempo.	20
Figura 5.3: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova sem tratamento.	22
Figura 5.4: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 220.	22
Figura 5.6: Parâmetros L^* , a^* e b^* para os diferentes tratamentos antes do início da fotodegradação (0 hora).	26
Figura 5.7: Parâmetros L^* , a^* e b^* para os diferentes tratamentos após o processo de fotodegradação (96 horas).	26
Figura 5.8: Corpos de prova para Testemunha, L220 SS, L220 CS, L280 SS e L280 CS.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Tratamentos utilizados no trabalho e suas características.	16
Tabela 4.2: Classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.....	18
Tabela 5.1: Valores do parâmetro Ra de madeiras de cedro submetidas a diferentes tratamentos para cada período de intemperismo acelerado.	21
Tabela 5.2: Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sob os diferentes tratamentos e períodos de fotodegradação.....	24
Tabela 5.3: Variações dos parâmetros L*, a* e b* após 96 horas de fotodegradação. .	29
Tabela 5.4: Variação total de cor (ΔE), classificação e nome das cores de madeiras de cedro sob diferentes tratamentos.	29

1. INTRODUÇÃO

A madeira é uma das matérias-primas mais utilizadas pelo homem, desde os primórdios da humanidade, devido à sua abundância e a sua relativa facilidade de obtenção e de usinagem. Apresenta uma extensa variedade de utilizações possíveis e tem grande demanda por parte da sociedade, levando à necessidade de usá-la de forma inteligente e racional para que se satisfaça o mercado consumidor ao mesmo tempo que se preserva o meio ambiente.

O território brasileiro possui área de 8.515.767,049 km² (IBGE, 2016). Segundo a *Food and Agriculture Organization*, 493,5 milhões de hectares ou 59% do território são ocupados por florestas. Desse total, 202,7 milhões de hectares são ocupados por florestas naturais primárias e 283,1 milhões por florestas regeneradas naturalmente, enquanto 7,7 milhões são ocupados por florestas plantadas (FAO, 2015).

A indústria moveleira nacional é tida como uma indústria tradicional, tendo como característica o fato de possuir variados processos de produção, empregando diferentes matérias-primas e podendo gerar uma ampla diversidade de produtos finais (PEREIRA, 2009).

No entanto, ao passo que o setor moveleiro mundial vem experimentando grandes inovações e ficando cada vez mais competitivo (GALINARI *et al.*, 2013), a Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008 realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE mostrou o setor moveleiro nacional como pouco inovador, apontando seu baixo investimento em pesquisa tecnológica e desenvolvimento

Desse modo, é imprescindível que se concentre esforços em pesquisas que tenham como finalidade o avanço do conhecimento tecnológico e científico a respeito da madeira como matéria prima, bem como de técnicas e possíveis estratégias que possam ser empregadas para melhorar sua qualidade em um produto final e, dessa forma, elevar a capacidade competitiva em âmbito nacional e internacional de setores industriais que trabalhem com madeira.

Para uma melhor predição dos possíveis usos de uma madeira se faz necessário o estudo de suas principais características, tais como anatomia e propriedades físico mecânicas, constituintes químicos, durabilidade natural, permeabilidade, aspereza e cor. Também é de suma importância que se considere o fato de que a madeira pode ter tais características modificadas ao longo do tempo. Saber como a madeira se comporta e como

suas características se modificam sob determinadas condições é imprescindível para a otimização de seu uso no produto final a que se destina.

O mercado madeireiro é rico na comercialização de diversas espécies nativas e plantadas. Apesar disso, uma dezena de espécies madeireiras são responsáveis em abastecer mais de 80% das indústrias que produzem produtos de usos interiores, como móveis, decorações, revestimentos entre outros. Muitas destas espécies carecem de informações tecnológicas complementares para seu melhor aproveitamento.

A aceitação de produtos de acabamentos por uma madeira, seu comportamento ao intemperismo, assim como a sua cor e sua aspereza superficial no final do processo de produção são fundamentais para a qualidade do produto.

2. OBJETIVO

Este trabalho objetivou avaliar o comportamento da cor e da aspereza superficial da madeira de cedro (*Cedrela odorata* L.) tratada com um produto de acabamento (seladora), diferentes grãos de lixas e submetidas ao intemperismo artificial acelerado, visando o aumento do conhecimento técnico e, conseqüentemente, maior eficiência nos possíveis usos da madeira.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CEDRO (*Cedrela odorata* L.)

O cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.), da família Meliaceae, é uma árvore de grande porte, com altura média entre 30 e 35 metros e tronco de 90 a 150 centímetros de diâmetro. É uma espécie heliófila, comportando-se como secundária inicial ou secundária tardia. Tem preferência para solos profundos e de alta umidade. Ocorre em toda a floresta Amazônica e estende-se até o norte do estado do Espírito Santo (ESALQ, 2016). É uma espécie decídua, seletiva higrófila e possui potencial paisagístico e para a recuperação de áreas degradadas, além de produzir óleo com potenciais usos medicinais e ser indicada para a recuperação de matas ciliares (IPE, 2016).

Apresenta folhas compostas, paripinadas, com 5 a 9 pares de folíolos peciolados, oval-lanceolados, glabros, com nervura central saliente. Possui flores branco-amareladas

e sua floração ocorre de dezembro a fevereiro (JBRJ, 2016). Seus frutos são semelhantes a uma cápsula elipsóide, pendentes, pardacentos, com lenticelas pequenas de aproximadamente 4 cm de comprimento. Quando secos, os frutos se abrem para que as sementes aladas e brilhantes, presas a um eixo engrossado, possam se dispersar por anemocoria (ESALQ, 2016).

Sua madeira tem densidade média entre 0,40 e 0,60 g/cm³ e pode apresentar cores que variam do castanho-claro ao bege-rosado-escuro e ao castanho avermelhado, com lustre mediano a elevado, com reflexos dourados, conferindo-lhe alto valor econômico e vasta aplicabilidade, como marcenaria, caixotaria, compensados, esquadrias, confecção de móveis finos, acabamentos internos e caixas para charutos (LOCATELLI *et al.*, 2006), além de também ser utilizado para esculturas, instrumentos musicais, construção civil, naval e aeronáutica, lambris e portais nobres.

Apresenta retratibilidade linear e volumétrica baixas, propriedades mecânicas entre médias e baixas e resistência moderada a ataques de xilófagos. Possui textura grossa, grã direta ou ligeiramente ondulada e cheiro característico agradável (REMADE, 2016).

Por ser muito apreciada mundialmente e ter alto valor de mercado, sua madeira foi amplamente explorada historicamente e atualmente se encontra na Lista Vermelha da IUCN com o status de “Vulnerável” (IUCN, 2016).

3.2. TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE

3.2.1. Lixamento

O lixamento é realizado para que se remova resíduos que se incrustam na madeira durante o manuseio. Embora ainda seja comum o pensamento de que as lixas servem para corrigir defeitos de processos que antecedem o lixamento, elas servem, em verdade, para corrigir os defeitos da usinagem surgidos em virtude das características da própria madeira. (SANTIAGO, 2011).

Na indústria moveleira, o processo de lixamento visa, através da redução de irregularidades superficiais, preparar a madeira para aplicação de produtos de acabamento de forma mais eficiente e evitar desperdícios, segundo Zacarias (2012). Ainda conforme o autor, o lixamento tem como objetivo tornar as superfícies mais homogêneas,

reduzindo, assim, a influência da estrutura anatômica da madeira – como poros, vasos e erros geométricos – na absorção uniforme de tais produtos de acabamento.

3.2.2. Produtos de Acabamento

Segundo Silva *et al.* (2002), os produtos de acabamento são classificados em naturais ou reversíveis e em sintéticos ou minerais ou irreversíveis. E podem ser do tipo massas, óleos e ceras, seladoras, vernizes e tintas. Os produtos naturais são aqueles de origem animal ou vegetal e são considerados reversíveis na presença de álcoois, éteres, cetonas e outros solventes. Possuem fácil aplicação e bom nivelamento de superfície, embora baixa resistência mecânica e química. Já os produtos sintéticos são aqueles encontrados na forma de bicomponentes, sendo uma parte a resina em si e a segunda o catalisador químico. Possuem alta resistência física, mecânica e química, embora sejam mais caros e não permitam retoques de aplicação, requerendo maior destreza do operador.

3.3. RUGOSIDADE DA MADEIRA

A rugosidade da madeira é entendida, segundo Burdurlu *et al.* (2005), como desvios de elevação em um dado plano ou superfície. Ainda segundo os mesmos autores, a qualidade da superfície depende de fatores relacionados à madeira – espécie, qualidade e umidade da peça *etc.* –, à lâmina – afiação e número de lâminas, ângulo de corte *etc.* –, e ao maquinário utilizado – nível tecnológico empregado, quantidade de material trabalhado, velocidade de corte *etc.* Quanto menor o valor de rugosidade, melhor a qualidade de superfície.

Segundo Bajić *et al.* (2008), a aspereza é influenciada por parâmetros relativos a processos controlados e não controlados, e sua medição e predição são mais difíceis de serem atingidas quando comparadas a outras dimensões físicas.

De acordo com Bet (1999) *apud* Soragi (2009), é preciso entender que fatores como tipo de máquinas utilizadas, sobre uso de ferramentas, vibrações excessivas e até mesmo o próprio operador exercem algum tipo de influência sobre a geometria da superfície; assim exerce-se melhor controle de qualidade no processo de fabricação.

Há diversas formas de se avaliar a qualidade de superfícies, tais como a microscopia, emissão acústica, ultrassom, laser e rugosímetro. O rugosímetro mede a

superfície segundo a variação vertical em um deslocamento horizontal (SILVA *et al.*, 2006 *apud* LOPES *et al.*, 2014), sendo o valor de rugosidade dado, segundo Lopes *et al.* (2014), em função dos parâmetros da expressão matemática entre a variação, em sentido vertical, na superfície e o deslocamento, em sentido horizontal, do sensor. O parâmetro R_a corresponde à média aritmética dos valores absolutos dos desvios de uma dada superfície. Quanto menor o valor do parâmetro R_a , menor a rugosidade média e mais lisa é a madeira (Figura 3.1).

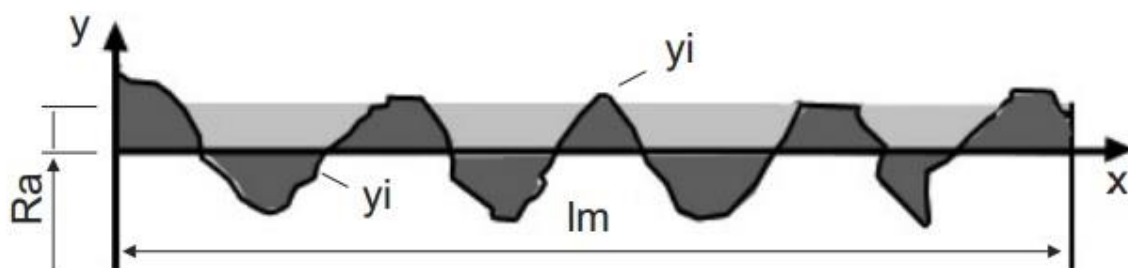


Figura 3.1: Representação do parâmetro R_a , onde y_i = ordenadas de afastamento; e l_m = percurso de medição.

Fonte: Castro (2000) *apud* Lopes *et al.* (2014).

3.4. COR DA MADEIRA

A cor é uma sensação visual do sistema nervoso, resultante da ação de feixes de fótons sobre a retina e que geram uma reação sensorial subjetiva no cérebro, uma vez que leva em conta não somente a fonte luminosa e a luz que é refletida difusamente, mas também a sensibilidade do olho humano e a capacidade do cérebro em interpretar as diferentes frequências de onda que compõem o espectro de luz visível (CARRON & GUIMARÃES, 2006). Segundo Camargos & Gonzalez (2001), a cor, juntamente com a figura, é um dos principais caracteres a se considerar para a indicação de usos de madeira. Também pode servir para classificar uma madeira como aceitável ou não, assim como para atribuir-lhe valoração mercadológica (AUTRAN & GONÇALEZ, 2006; MORI *et al.*, 2005).

A coloração de uma madeira se dá pela presença de extrativos – tais como taninos, resinas e óleos – nas paredes celulares e pode ser medida pelo aparelho espectrofotômetro. Porém, existem vários fatores que podem exercer influência na coloração, como a composição química, a anatomia, o método empregado para a derrubada da árvore,

posição da amostra na árvore, condições ambientais, idade e composição genética (GONÇALEZ, 1993 *apud* CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

Segundo Sudiyani *et al.* (1999), quando exposta as intempéries, a madeira sempre passa por deterioração de suas características físicas, resultando em mudança ou degradação de sua cor e textura. Ainda segundo os autores, essa deterioração se dá pela mudança de estrutura de polímeros da parede celular. Dos polímeros, a lignina é o principal constituinte responsável pela fotodegradação da madeira, sendo responsável por 80-95% do total de raios ultravioletas absorvidos.

Segundo Camargos & Gonzalez (2001), o sistema CIE (Comission Internacional de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é um método utilizado para definir a sensação da cor embasando-se em três elementos: luminosidade ou claridade, tonalidade ou matiz e saturação ou cromaticidade.

A luminosidade ou claridade representa a escala cinza entre o branco e o preto. É representada graficamente por uma reta perpendicular que atravessa o centro de um círculo. Esse elemento é expresso pela variável “L” e varia entre 0, para o preto absoluto, e 100, para o branco absoluto (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001).

Ainda segundo os autores, a tonalidade ou matiz é expressa pelas cores primárias vermelho, verde, amarelo e azul, que são representadas pelas variáveis “+a*”, “-a*”, “+b*” e “-b” – respectivamente – que variam entre 0 e 60. É representada em forma de um círculo cortado por duas retas perpendiculares em seu centro: a horizontal, composta por duas semirretas que representam o vermelho e o verde e que formam ângulos de 0° e 180°, respectivamente, ao tocarem a borda do círculo em pontos opostos; e a reta vertical, composta por duas semirretas que representam o amarelo e o azul e que formam ângulos de 90° e 270°, respectivamente, ao tocarem a borda do círculo em pontos opostos. A tonalidade também pode ser encontrada pelo ângulo do círculo, derivada dos valores de “a*” e “b*”, representada pela variável “H” e chamada de ângulo da tinta (Figura 3.2).

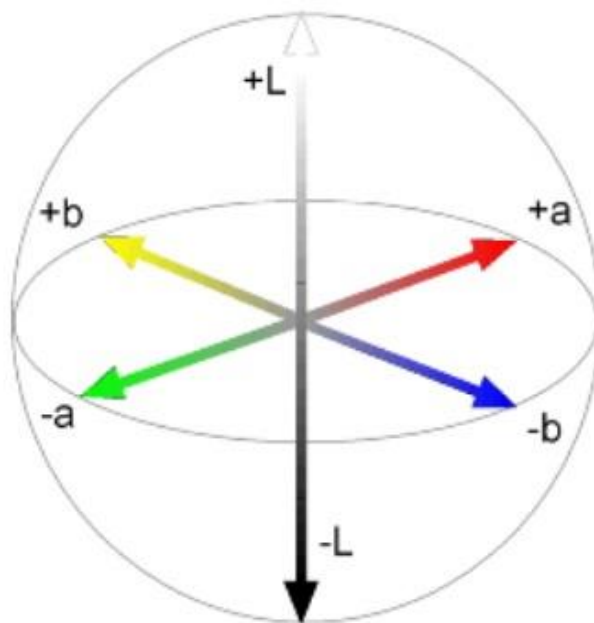


Figura 3.2: Representação do Sistema Colorimétrico CIELAB 1976.
Fonte: GRIEBELER, 2013.

A saturação ou cromaticidade se dá pelo distanciamento do centro do círculo de tonalidade em direção a sua borda, para uma dada luminosidade L . Variando entre 0 e 60, do menos saturado ao mais saturado, a saturação ou cromaticidade é expressa pela variável “ C ” (CAMARGOS & GONÇALEZ, 2001) (Figura 3.3).

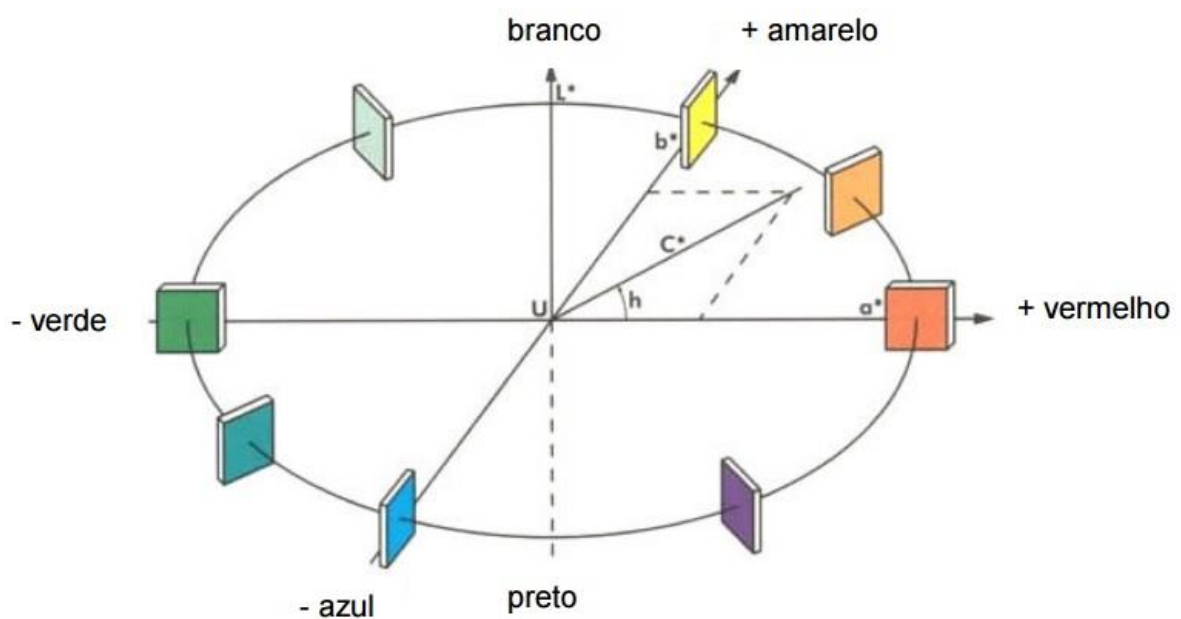


Figura 3.3: Sistema de Coordenadas de Cores CIELAB 1976.
Fonte: GRIEBELER, 2013.

4. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília.

4.1 ORIGEM E PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

A madeira utilizada foi obtida no mercado madeireiro de Brasília - DF. Foram confeccionados 25 corpos de prova de madeira de cedro (*Cedrela odorata* L.) de dimensões 5 cm x 8 cm x 1 cm (largura, comprimento e espessura, respectivamente), assim estabelecidas para que as peças pudessem ser utilizadas na máquina de intemperismo acelerado. Analisou-se as faces tangencias dos corpos de prova.

4.2 ACABAMENTO SUPERFICIAL DA MADEIRA

As lixas utilizadas foram escolhidas em decorrência de seus usos cotidianos pela indústria. Como produto de acabamento foi utilizado uma seladora transparente da marca Sayerlack modelo Extra NL.597.00QT, cuja composição química é: Tolueno, Etilbenzeno, Xileno, Acetato de etila, Álcool etílico, Nitrocelulose, Acetonido de glicerol, Estearato de zinco e Acetato de butila. A aplicação se deu com pincel pequeno, de 19 mm de largura de cerda de giz, próprio para madeiras.

4.3 TRATAMENTOS

Do total de corpos de prova, 10 foram submetidos a lixamento com grão 220, sendo que destes, 5 passaram por aplicação de seladora; os outros 10 foram submetidos a lixamento com grão 280, sendo que destes, 5 passaram por aplicação de seladora; os 5 corpos de prova restantes serviram de testemunhas, conforme a Tabela 4.1. Todos os corpos de prova foram avaliados sob o ponto de vista de lixas de finalização da madeira, rugosidade e cor.

Tabela 4.1: Tratamentos utilizados no trabalho e suas características.

Tratamento	Nº de Amostras	Grão da Lixa	Seladora	Propriedades
L220 SS	5	220	Sem Seladora	Cor e Rugosidade
L220 CS	5	220	Com Seladora	Cor e Rugosidade
L280 SS	5	280	Sem Seladora	Cor e Rugosidade
L280 CS	5	280	Com Seladora	Cor e Rugosidade
Testemunha	5	---	---	Cor e Rugosidade

4.4 PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA O EXPERIMENTO

Todos os 25 corpos de prova foram submetidos aos ensaios de rugosidade e colorimetria. Resguardou-se as testemunhas e foram aplicadas as lixas por 10 vezes nos respectivos corpos de prova, em movimentos de ida e volta. Após estarem lixados, os corpos de prova foram novamente medidos pelos dois equipamentos. Em seguida, aplicou-se a seladora na superfície dos corpos de prova L220 CS e L280 CS, passando o pincel por 4 vezes contínuas também em movimentos de ida e volta. O processo de aplicação da seladora foi repetido mais duas vezes, respeitando-se intervalos de 30 minutos e fazendo-se lixamento antes de cada aplicação.

Os equipamentos utilizados no trabalho foram um rugosímetro Surftest SJ – 400 Mitutoyo (Figura 4.1), seguindo a norma JIS B 0601 (JIS, 2001), onde avaliou-se o parâmetro Ra (Equação 4.1), e um espectrofotômetro Color Eye XHT – X-Rite (Figura 4.2), conforme a metodologia CIELAB 1976 proposta por Gonzalez (1993).



Figura 4.1: Rugosímetro Surftest SJ – 400 Mitutoyo.

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (\text{Eq. 4.1})$$

Onde:

Y_i = Desvios do perfil.

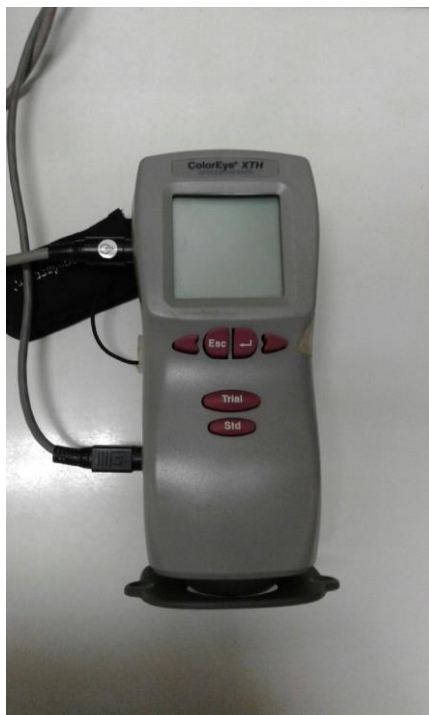


Figura 4.2: Espectrofotômetro Color Eye XHT – X-Rite.

Utilizou-se a tabela de cores sugerida por Camargos & Gonzalez (2001) para caracterizar a madeira de cedro para os diferentes tratamentos. Para calcular a variação da cor utilizou-se a Equação 4.2, conforme a norma ASTM D 2244 (2009).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Onde:

ΔE = variação da cor entre ciclos;

ΔL = variação da luminosidade entre ciclos;

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

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

Utilizou-se a Tabela 4.2 baseada em percepção à olho nu proposta por Hikita *et al.*, (2001) para julgar a variação da cor.

Tabela 4.2: Classificação da variação total da cor (ΔE) de madeiras.

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

Após estes procedimentos iniciais, todos os corpos de prova foram submetidos a simulação de intemperismo acelerado em câmara de envelhecimento QUV Q-Lab, modelo QUV/spray (Figura 4.3), conforme a norma *Cool Whites* – que utiliza somente raios UV como agente degradante – por períodos de 6 h, 12 h, 36 h, 50 h e 96 h, tendo sua rugosidade e cor aferidos após cada período.



Figura 4.3: Câmara de envelhecimento QUV Q-Lab, modelo QUV/spray.
Fonte: MESQUITA, 2016.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística descritiva contendo as médias, desvios padrões e coeficientes de variação.

Os valores obtidos para os ensaios foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com o auxílio do programa ASSISTAT 7.7, a fim de verificar se existe diferença estatística entre a média dos parâmetros para os tratamentos. Para os dados diferentes estatisticamente, ou seja, os dados em que o valor de F for significativo ($\alpha = 0,05$), foi aplicado o teste de médias de Tukey a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RUGOSIDADE

As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram graficamente o comportamento da rugosidade ao longo do tempo. Os valores do parâmetro de rugosidade média (Ra) que caracteriza a rugosidade da madeira estão explicitados na Tabela 5.1.

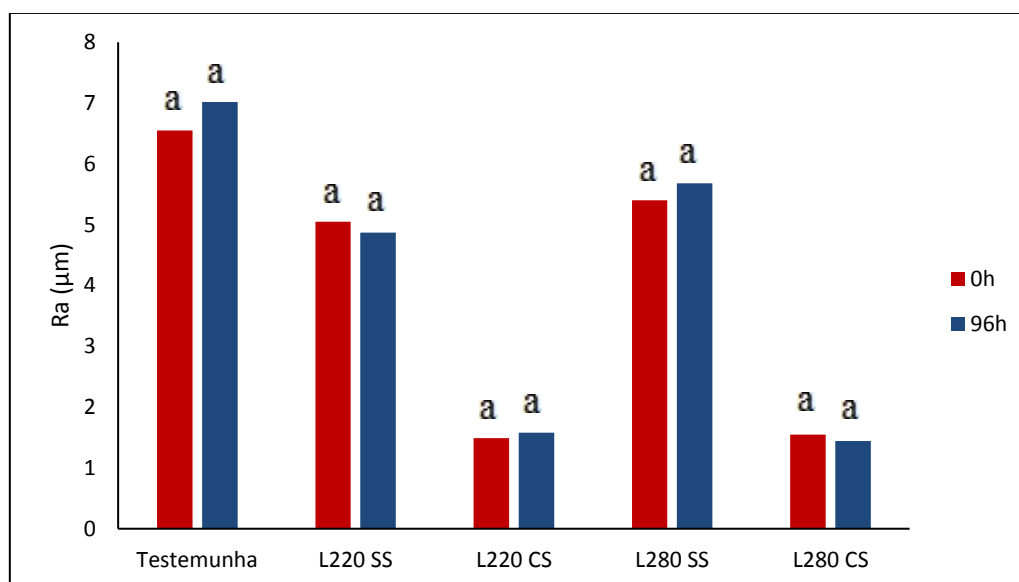


Figura 5.1: Comparação gráfica entre os valores de Ra de cada tratamento antes e após processo de intemperismo acelerado.

Os valores de Ra não apresentaram variação significativa entre os ciclos de intemperismo para nenhum dos tratamentos, incluindo os valores registrados para a testemunha, indicando que a fotodegradação acelerada no estudo não foi capaz de alterar a rugosidade da madeira.

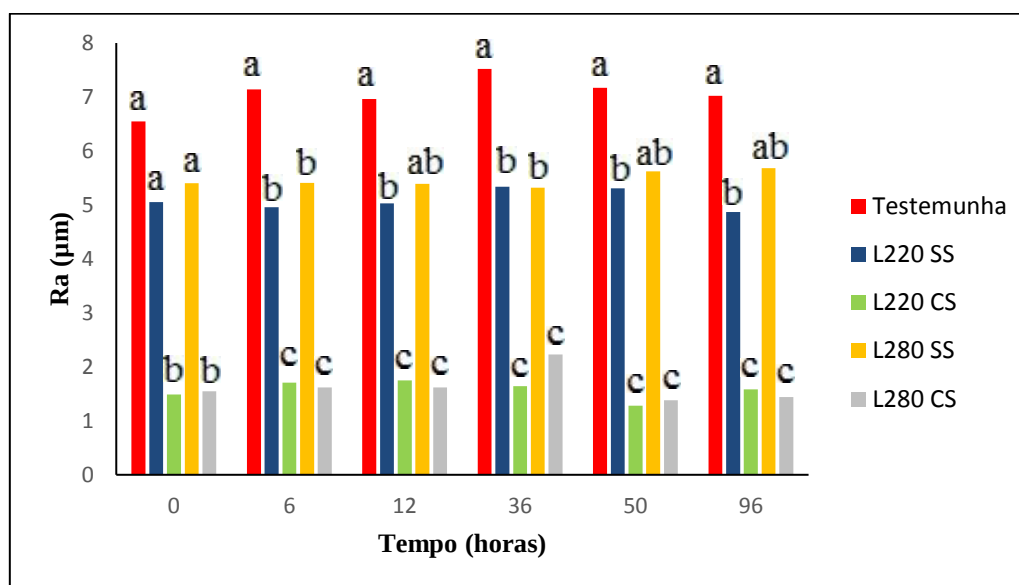


Figura 5.2: Representação gráfica dos valores de Ra para cada tratamento ao longo do tempo.

Os resultados mostram que a superfície da madeira de cedro dos tratamentos que utilizaram somente lixa (L220 SS e L280 SS) não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha antes do início do processo de fotodegradação (0 hora). Porém, após o término do primeiro período (6 horas), todos os tratamentos apresentaram valores significativamente diferentes e menores do que os valores de testemunha, exceto o tratamento L280 SS, cujos valores oscilaram entre significativo e não-significativo ao longo dos períodos de tempo. O tratamento com lixa de grão 220 se mostrou mais eficiente do que o de grão 280 neste trabalho.

Os tratamentos L220 CS e L280 CS foram os que apresentaram os menores valores de rugosidade média, o que indica melhor acabamento e superfícies mais lisas. Isso ocorre, segundo Santiago (2011), porque a lixa reduz as imperfeições físicas da madeira oriundas de sua própria confecção e a seladora preenche os espaços vazios dos vales. Em todos os períodos de tempo os valores de tais tratamentos se mostraram inferiores aos dos demais e não variaram significativamente entre si.

Tabela 5.1: Valores do parâmetro Ra de madeiras de cedro submetidas a diferentes tratamentos para cada período de intemperismo acelerado.

Tempo (horas)	Testemunha (µm)	L220 SS (µm)	L220 CS (µm)	L280 SS (µm)	L280 CS (µm)
0	6,55aA (1,05) [16,13]	5,05aA (0,88) [17,51]	1,49aB (0,50) [33,52]	5,40aA (0,90) [16,70]	1,55aB (0,44) [28,53]
6	7,14aA (1,07) [15,10]	4,96aB (0,63) [12,80]	1,71aC (0,51) [30,07]	5,41aB (0,99) [18,42]	1,62aC (0,53) [32,83]
12	6,96aA (0,75) [10,89]	5,03aB (0,89) [17,81]	1,75aC (0,69) [39,99]	5,39aAB (1,12) [20,84]	1,62aC (0,62) [38,79]
36	7,52aA (0,89) [11,91]	5,34aB (0,78) [14,70]	1,64aC (0,43) [26,74]	5,32aB (0,91) [17,15]	2,23aC (1,68) [75,68]
50	7,17aA (0,94) [13,12]	5,31aB (1,27) [23,99]	1,28aC (0,46) [36,10]	5,62aAB (0,83) [14,78]	1,38aC (0,73) [53,40]
96	7,02aA (1,02) [14,60]	4,87aB (0,85) [17,45]	1,58aC (0,46) [29,66]	5,68aAB (0,88) [15,51]	1,44aC (0,57) [39,45]

As letras minúsculas comparam as médias entre as linhas em um mesmo tratamento e as letras maiúsculas entre as colunas para um mesmo período de tempo, sendo que as médias com letras iguais não são estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os valores entre parênteses e colchetes são desvio padrão (µm) e coeficiente de variação (%), respectivamente.

Observando-se os valores de Ra para tratamentos sem seladora (L220 SS e L280 SS), verifica-se a proximidade com o valor de Ra igual a 4,88, encontrado por Pereira *et al.* (2016) para madeiras de Cedro (*Cedrela odorata* L.) submetidas à lixadeira de esteira de grão 120 e sem seladora. Segundo os autores, a utilização do lixamento produziu melhora na qualidade da superfície.

Palermo *et al.* (2014), avaliando a rugosidade de *Eucalyptus grandis* submetidos a tratamentos térmico e lixamento de grãos 100 e 180, encontraram valores médios entre 7,17 e 9,15, superiores aos valores dos tratamentos sem seladora deste trabalho. Vardanyan *et al.* (2015) avaliaram a rugosidade da madeira da conífera *Picea Mariana* tratadas com diferentes preservativos e submetidas a intemperismo acelerado (raios UV e lixiviação) por períodos de 0, 800 e 1200 horas e também encontraram valores médios entre 5,3 e 9,2 para 0 horas; 31,2 e 49 para 800 horas; e 35,6 e 50,6 para 1200 horas, superiores aos tratamentos com seladora deste trabalho.

Nzokou *et al.* (2011), comparando a rugosidade de freixo (*Fraxinus americana*), carvalho vermelho (*Quercus rubra*) e bordo (*Acer nigrum*) tratados com três produtos de acabamento (acetinado, brilho médio e alto brilho) e submetidos a fotodegradação, encontraram valores referentes a períodos de 24 e 48 horas que foram superiores aos

encontrados neste trabalho para os tratamentos que também utilizaram produto de acabamento.

As Figuras 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 mostram perfis do parâmetro Ra de corpos de prova sem tratamento, lixado com grão 220 (L220 SS), lixado com grão 280 (L280 SS), lixado com grão 220 + seladora (L220 CS) e lixado com grão 280 + seladora (L280 CS), respectivamente.

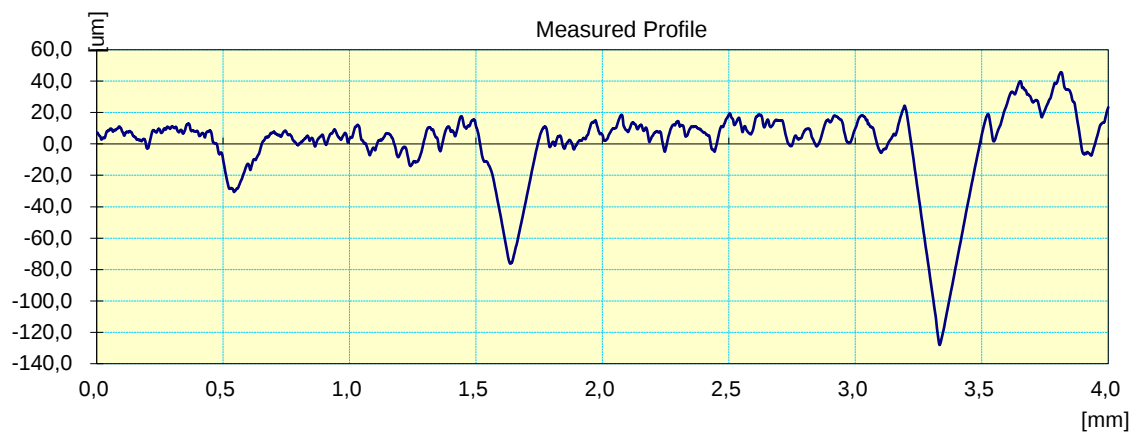


Figura 5.3: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova sem tratamento.

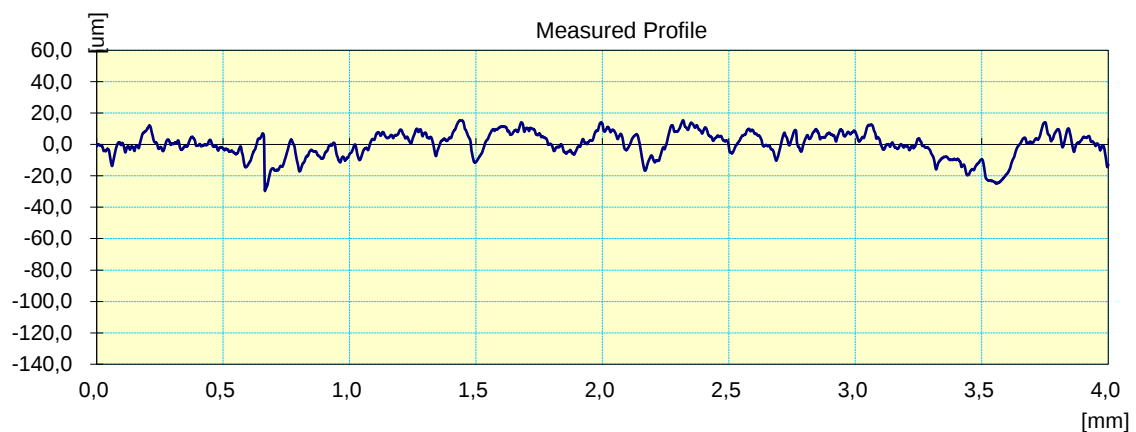


Figura 5.4: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 220.

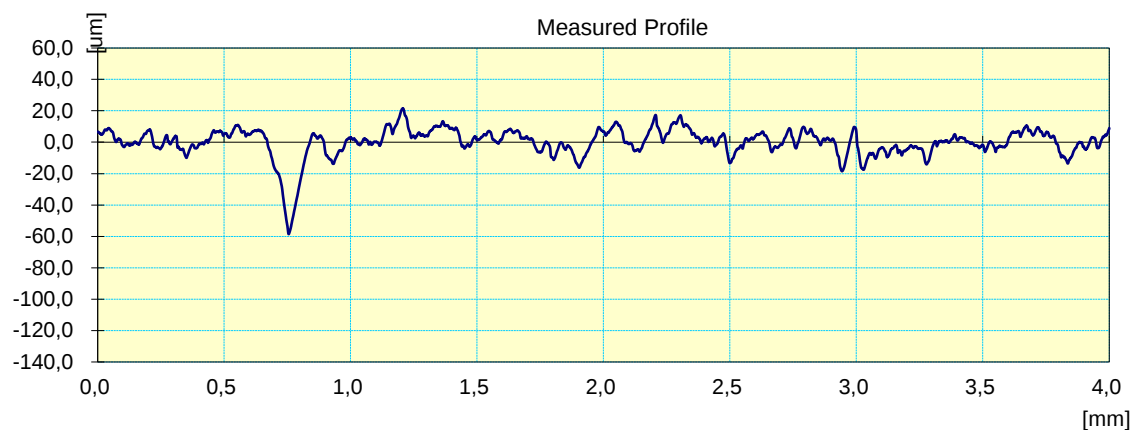


Figura 5.5: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 280.

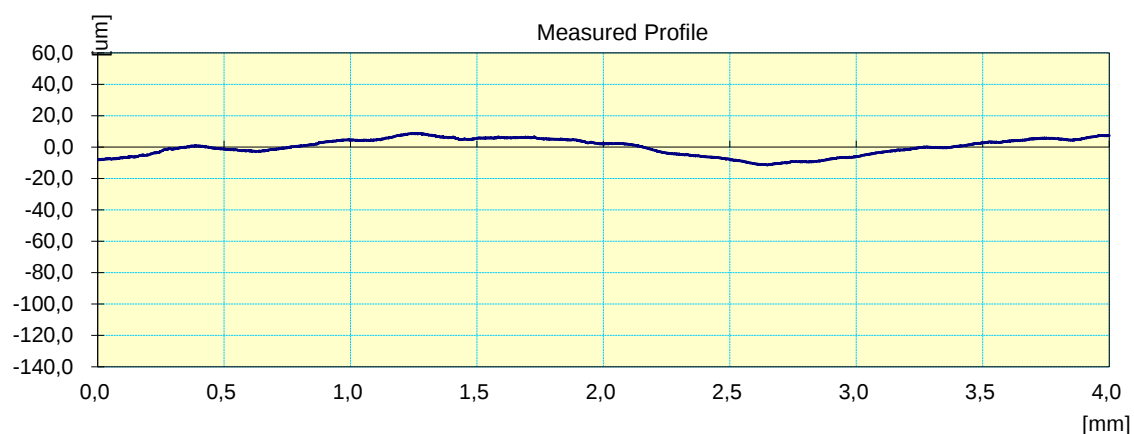


Figura 5.6: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 220 e submetido a aplicação de seladora

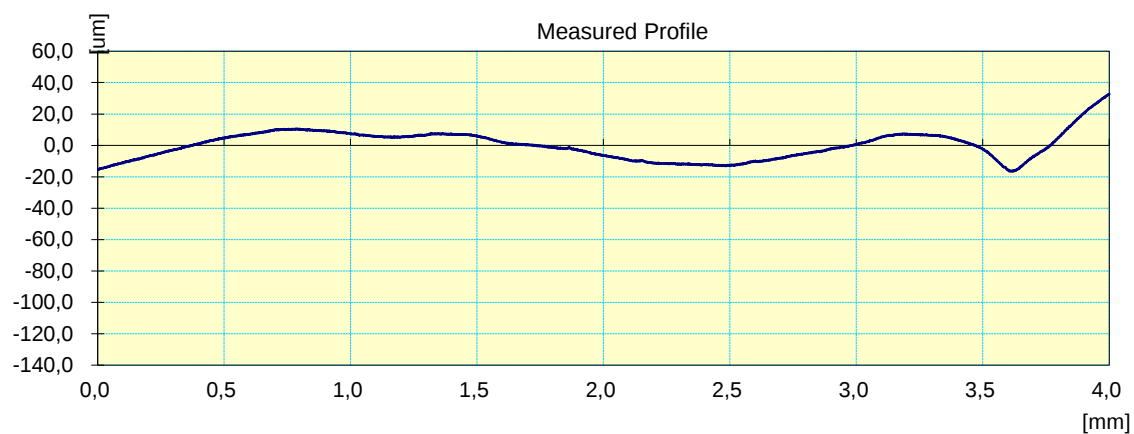


Figura 5.7: Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 280 e submetido a aplicação de seladora

5.2 COLORIMETRIA

A Tabela 5.2 mostra os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de cedro sob os diferentes tratamentos ao longo dos períodos de fotodegradação.

Tabela 5.2: Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sob os diferentes tratamentos e períodos de fotodegradação (continua).

	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	0h	66,29a (1,32)[1,99]	12,56c (0,61)[4,83]	23,05d (0,66)[2,88]	26,25d (0,85)[3,26]	61,44a (0,60)[0,97]
	6h	58,07b (1,21)[2,09]	17,46ab (0,37)[2,11]	29,10c (0,39)[1,33]	33,94c (0,28)[0,83]	59,05b (0,77)[1,31]
	12h	56,32b (1,40)[2,48]	18,12a (0,42)[2,30]	30,34abc (0,57)[1,89]	35,34ab (0,43)[1,22]	59,14b (0,92)[1,56]
	36h	55,78b (1,40)[2,50]	17,85a (0,47)[2,63]	30,82ab (0,77)[2,51]	35,62ab (0,66)[1,85]	59,92ab (1,01)[1,68]
	50h	55,76b (1,25)[2,23]	18,0a (0,52)[2,92]	31,58a (0,81)[2,56]	36,35a (0,75)[2,06]	60,31ab (0,96)[1,59]
	96h	55,79b (1,79)[3,21]	16,53b (0,71)[4,30]	30,31bc (0,55)[1,81]	34,54bc (0,37)[1,06]	61,38a (1,37)[2,23]
L220 SS	0h	66,53a (1,00)[1,50]	12,43e (0,33)[2,56]	22,50d (0,29)[1,29]	25,71d (0,38)[1,46]	61,08a (0,51)[0,83]
	6h	57,59b (0,38)[0,67]	17,48bc (0,20)[1,15]	28,60c (0,36)[1,25]	33,52c (0,40)[1,20]	58,56c (0,13)[0,23]
	12h	56,06c (0,53)[0,95]	17,96a (0,16)[0,87]	29,64b (0,25)[0,83]	34,65b (0,28)[0,80]	58,78c (0,14)[0,24]
	36h	55,90c (0,66)[1,19]	17,38c (0,21)[1,21]	29,86b (0,45)[1,50]	34,54b (0,47)[1,37]	59,80b (0,23)[0,38]
	50h	55,58c (0,63)[1,13]	17,81ab (0,15)[0,87]	31,10a (0,37)[1,17]	35,84a (0,35)[0,97]	60,20b (0,30)[0,50]
	96h	55,80c (0,89)[1,59]	16,06d (0,11)[0,71]	29,59b (0,34)[1,16]	33,67c (0,28)[0,82]	61,51a (0,39)[0,64]
L220 CS	0h	59,95a (1,02)[1,70]	15,92e (0,52)[3,26]	28,10b (0,71)[2,54]	32,30c (0,83)[2,58]	60,46a (0,52)[0,85]
	6h	50,47b (0,75)[1,49]	22,21c (0,30)[1,36]	31,66a (0,54)[1,71]	38,68a (0,52)[1,35]	54,94b (0,49)[0,89]
	12h	46,46c (1,17)[2,51]	22,89bc (0,31)[1,34]	30,72a (0,69)[2,26]	38,32a (0,55)[1,44]	53,29b (0,79)[1,48]
	36h	39,22d (0,57)[1,46]	23,95a (0,26)[1,08]	24,81c (0,90)[3,64]	34,50b (0,77)[2,24]	45,97c (0,87)[1,90]
	50h	37,17e (0,78)[2,10]	23,52ab (0,45)[1,89]	21,79d (1,23)[5,64]	32,07c (1,13)[3,53]	42,74d (1,19)[2,77]
	96h	33,96f (0,87)[2,56]	20,99d (0,69)[3,30]	16,52e (1,12)[6,79]	26,72d (1,23)[4,60]	38,09e (1,08)[2,84]

Tabela 5.2: Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sob os diferentes tratamentos e períodos de fotodegradação (conclusão).

	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
L280 SS	0h	66,64a (1,13)[1,69]	12,34d (0,44)[3,59]	22,46d (0,85)[3,76]	25,62c (0,93)[3,63]	61,22a (0,48)[0,79]
	6h	57,58b (1,03)[1,79]	17,49b (0,25)[1,43]	28,77c (0,35)[1,20]	33,67b (0,25)[0,75]	58,70d (0,59)[1,0]
	12h	56,16bc (0,83)[1,47]	17,80ab (0,08)[0,46]	29,47bc (0,60)[2,02]	34,43b (0,52)[1,62]	58,86cd (0,49)[0,83]
	36h	55,87bc (0,73)[1,31]	17,56b (0,08)[0,44]	30,07b (0,57)[1,90]	34,83b (0,52)[1,49]	59,71bc (0,42)[0,70]
	50h	55,32c (0,65)[1,18]	18,13a (0,22)[1,21]	31,53a (0,55)[1,74]	36,37a (0,54)[1,49]	60,10b (0,36)[0,61]
	96h	55,68c (0,83)[1,50]	16,19c (0,29)[1,77]	29,79bc (0,70)[2,34]	33,91b (0,74)[2,18]	61,47a (0,25)[0,40]
L280 CS	0h	59,67a (0,97)[1,63]	15,82d (0,45)[2,85]	27,91b (0,42)[1,50]	32,08b (0,58)[1,80]	60,47a (0,39)[0,64]
	6h	50,25b (0,63)[1,23]	21,84bc (0,16)[0,73]	31,24a (0,55)[1,77]	38,12a (0,45)[1,17]	55,03b (0,54)[0,98]
	12h	45,48c (0,95)[2,09]	22,67ab (0,22)[0,96]	30,26ab (0,92)[3,04]	37,82a (0,83)[2,21]	53,14b (0,68)[1,28]
	36h	38,76d (1,41)[3,63]	23,72a (0,66)[2,80]	24,37c (1,96)[8,05]	34,02b (1,85)[5,45]	45,69c (1,59)[3,47]
	50h	37,31d (1,42)[3,82]	23,47a (0,72)[3,08]	22,23c (2,13)[9,57]	32,34b (1,99)[6,15]	43,32c (1,82)[4,21]
	96h	33,75e (1,48)[4,37]	20,53c (1,28)[6,24]	15,95d (2,14)[13,40]	26,02c (2,32)[8,91]	37,65d (2,03)[5,39]

As médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna e mesmo tratamento não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores entre parênteses e colchetes se referem ao desvio padrão e ao coeficiente de variação (%), respectivamente.

Ao se analisar a Tabela 5.2 e a Figura 5.6, verifica-se maiores valores do parâmetro b* em relação ao parâmetro a* para todos os tratamentos antes da fotodegradação, o que indica maior participação da tonalidade amarela na cor da madeira.

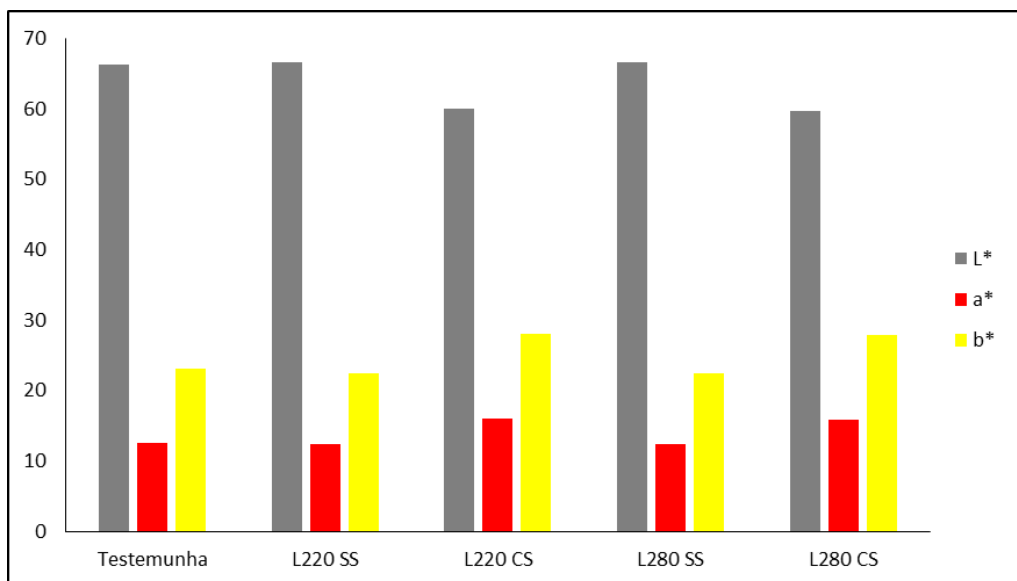


Figura 5.5: Parâmetros L^* , a^* e b^* para os diferentes tratamentos antes do início da fotodegradação (0 hora).

No entanto, as madeiras tratadas com a seladora apresentaram maiores valores de a^* em relação a b^* ao fim do período de 96 horas (Figura 5.7), indicando maior participação da tonalidade vermelha, enquanto os tratamentos sem seladora e Testemunha permaneceram com maiores valores de b^* .

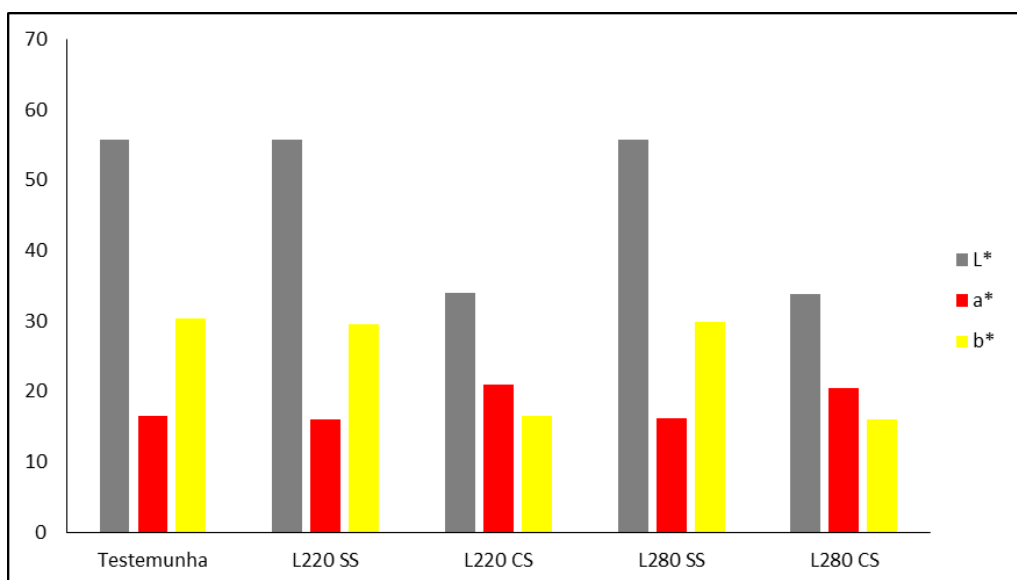


Figura 5.6: Parâmetros L^* , a^* e b^* para os diferentes tratamentos após o processo de fotodegradação (96 horas).

Os valores de a^* e b^* aumentaram para todos os tratamentos após exposição às primeiras 6 horas. Após esse aumento inicial, os valores de a^* dos tratamentos sem seladora aumentaram pouco e se mantiveram em equilíbrio, apresentando queda após 96 horas; e os tratamentos com seladora tiveram aumentos mais significativos antes de entrar em equilíbrio, também apresentando queda após 96 horas. Os valores de b^* para os tratamentos sem seladora e Testemunha também apresentaram, após aumento inicial, tendência ao equilíbrio e queda após 96 horas, enquanto tratamentos com seladora tiveram quedas acentuadas após aumento inicial, atingindo, após 96 horas, valores inferiores àqueles aferidos previamente à fotodegradação.

Os valores de luminosidade (L^*) sofreram queda em todos os tratamentos após a exposição inicial de 6 horas à fotodegradação, indicando escurecimento da madeira. Após esse período inicial, o escurecimento se manteve estável para os tratamentos sem seladora e testemunhas, enquanto para os tratamentos com seladora os valores de L^* continuaram diminuindo ao longo do tempo, mostrando aumento do escurecimento para estes.

Os valores de saturação da cor (C) acompanham as variações nos valores de a^* e b^* . Maiores valores de C indicam maiores valores de tonalidade para a^* e b^* e vice-versa.

O ângulo de tinta (h^*) se mostrou superior a 45 graus em quase todas as etapas, confirmando a predominância do parâmetro b^* e da tonalidade amarela na cor da madeira. Apenas nos períodos de 50 e 96 horas dos tratamentos com seladora o parâmetro h^* se mostrou inferior a 45 graus, indicando maior proximidade ao eixo a^* , segundo o sistema CIELAB 1976.

É importante destacar que antes de se iniciar a fotodegradação (0 hora), a aplicação de seladoras apresentou alterações em todos os parâmetros (exceto h^*) em relação à Testemunha, conforme ilustra a Tabela 5.2. Os tratamentos L220 CS e L280 CS apresentaram maiores valores de a^* , b^* e C e menores valores de L^* , indicando maior saturação de pigmentos e maior escurecimento, respectivamente. A aplicação de lixas, no entanto, não apresentou alteração em nenhum parâmetro colorimétrico em relação à Testemunha.



Figura 5.7: Corpos de prova para Testemunha, L220 SS, L220 CS, L280 SS e L280 CS, respectivamente.

Silva *et al.* (2015), ao caracterizarem a madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), encontraram valores de a^* , b^* e C próximos ao deste trabalho: o parâmetro a^* (13,43) se mostrou inferior ao parâmetro b^* (21,57), seguidos pelo parâmetro C igual a 25,29 e um ângulo de tinta superior a 45 graus (58 graus), confirmando a maior influência da tonalidade amarela. No entanto, o valor de L^* encontrado (57,86) pelos autores denota uma madeira mais escura do que a madeira da Testemunha.

Valores próximos aos valores da Testemunha foram encontrados também por Silva & Gonzalez (2013), ao se caracterizar madeira de *Cedrela odorata* L. O valor dos parâmetros encontrados foram: 63,12 para L^* , 13,26 para a^* , 22,55 para b^* , 26,17 para C e 59,53 graus para h^* . Após ser submetida à degradação artificial em reator fotoquímico por períodos de 42 e 84 horas, observa-se que o parâmetro a^* encontrado pelos autores, diferentemente deste trabalho, só teve aumento significativo após 84 horas de exposição (13,82), enquanto o parâmetro b^* apresentou crescimento nos períodos de 42 e 84 horas, 25,35 e 26,33, respectivamente. O parâmetro L^* seguiu a tendência escurecimento inicial (59,18) e posterior estabilização (58,09).

Em trabalho realizado por Martins *et al.* (2011), caracterizou-se o comportamento dos parâmetros colorimétricos de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* submetidos a consecutivos períodos de fotodegradação artificial de 42 horas até um total de 168 horas, e encontrou-se o mesmo padrão de aumento nos parâmetros a^* e b^* após as primeiras horas de exposição e subsequente estabilização, enquanto o parâmetro L^* diminuiu ao longo do todo o tempo.

A Tabela 5.3 apresenta as variações dos parâmetros L^* , a^* e b^* da madeira de cedro após 96 horas de fotodegradação para os diferentes tratamentos, enquanto a Tabela 5.4 apresenta a variação total de cor (ΔE), suas classificações e nomes de suas cores.

Tabela 5.3: Variações dos parâmetros L*, a* e b* após 96 horas de fotodegradação.

Tratamento	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Testemunha	-10,50	3,67	7,26
L220 SS	-10,73	3,63	7,09
L220 CS	-25,99	5,07	-11,58
L280 SS	-10,96	3,85	7,33
L280 CS	-25,92	4,71	-11,96

Tabela 5.4: Variação total de cor (ΔE), classificação e nome das cores de madeiras de cedro sob diferentes tratamentos.

Tratamento	Tempo (horas)	ΔE	Classificação	Cor
Testemunha	0	13,28	Muito apreciável	Rosa
	96			Amarelo-amarronzado
L220 SS	0	13,36	Muito apreciável	Rosa
	96			Amarelo-amarronzado
L220 CS	0	28,90	Muito apreciável	Amarelo-amarronzado
	96			Vermelho
L280 SS	0	13,74	Muito apreciável	Rosa
	96			Amarelo-amarronzado
L280 CS	0	28,93	Muito apreciável	Amarelo-amarronzado
	96			Vermelho-escuro

As Tabelas 5.3 e 5.4 mostram que houve maior variação total de cor para as madeiras tratadas com seladora. Os tratamentos sem seladora tiveram variações semelhantes às da Testemunha. Essa diferença de variação se dá, principalmente, pelo escurecimento acentuado nos tratamentos L220 CS e L280 CS. Esses dois tratamentos também apresentaram maior variação positiva para a* e negativa para b*, indicando maior contribuição da tonalidade vermelha em relação a tonalidade amarela.

A cor da madeira de cedro foi classificada como Rosa. A aplicação de lixas de diferentes grãos não alterou sua cor. No entanto, houve alteração da cor após aplicação de seladora em madeiras lixadas com ambos os grãos, passando a serem classificadas como Amarelo-amarronzado.

Gonzalez *et al.* (2010), ao analisarem o comportamento de madeiras de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) tratadas com dois produtos de acabamento (polisten e seladora), também encontraram padrão de comportamento que corrobora tal alteração,

uma vez que a madeira escureceu e seus parâmetros de a^* e b^* foram alterados; isso indica que pode haver pigmentação nos produtos ou que estes são capazes de interagir com a madeira e produzir pigmentação diferente.

Mesquita (2016) encontrou comportamento diferente para madeiras de curupixá (*Micropholis* sp.) e tauari (*Couratari* sp.) tratadas com dois produtos de acabamento (verniz e polisten) e submetidas a período total de 700 horas de intemperismo acelerado. A aplicação dos produtos de acabamento, embora tenham produzido alteração em todos os parâmetros colorimétricos, não alterou a classificação da cor em nenhuma das madeiras.

O intemperismo alterou a cor da madeira de todos os tratamentos, o que condiz com a variação total de cor de cada madeira sendo classificada como “muito apreciável”. A cor das madeiras da Testemunha e dos tratamentos L220 SS e L280 SS mudaram de forma equivalente, migrando de Rosa para Amarelo-amarronzado. O tratamento L220 CS teve sua cor alterada de Amarelo-amarronzado para Vermelho e o tratamento L280 CS de Amarelo-amarronzado para Vermelho-escuro, o que condiz com a variação nos parâmetros a^* e b^* .

6. CONCLUSÃO

O uso de lixas não alterou significativamente a rugosidade da madeira antes da exposição ao intemperismo artificial. Dentre os tratamentos sem seladora, o que utilizou lixa de grão 220 apresentou menores valores de rugosidades em todos os períodos de tempo. Os tratamentos com seladora apresentaram os menores valores de rugosidade, antes e após a exposição ao intemperismo. Os dois tratamentos com seladora não diferiram entre si. Os períodos de exposição ao intemperismo não alteraram significativamente a rugosidade da madeira.

A utilização dos dois grãos de lixa não alterou a cor da madeira. O uso de seladora alterou a cor original Rosa para Amarelo-amarronzado. Após exposição ao intemperismo artificial, os tratamentos sem seladora e a Testemunha tiveram sua cor original Rosa alterada para Amarelo-amarronzado. Após exposição ao intemperismo artificial, os tratamentos L220 CS e L280 CS tiveram sua cor Amarelo-amarronzado alterada para Vermelho e Vermelho-escuro, respectivamente. A exposição ao intemperismo alterou a

cor de todo os tratamentos. A mudança de cor para todo os tratamentos foi considerada “muito apreciável”.

Os resultados apresentados podem vir a melhorar as estratégias de utilização da madeira de cedro para confecção de diferentes produtos, mostrando como ela reage à utilização de diferentes lixas e à aplicação de seladora ao longo do tempo, no que diz respeito à qualidade de sua superfície e à sua cor.

Recomenda-se mais estudos para verificar o comportamento da madeira de cedro sob períodos mais longos de fotodegradação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

AUTRAN, C. S.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização colorimétrica das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.) e de seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone Tjir 16 Müll Arg.) visando à utilização em interiores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 445-451. 2006.

BAJIC, D.; LELA, B.; ZIVKOVIC, D. Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling. **Metalurgija** 47, 331-334. 2008.

BURDURLU, E.; USTA, I.; ULUPINAR, M.; AKSU, B.; ERARSLAN, T. Ç. The Effect Of The Number Of Blades And The Grain Size Of Abrasives In Planning And Sanding On The Surface Roughness Of European Black Pine And Lombardy Poplar. **Turk J Agric For**. Department of Wood Products and Industrial Engineering. Hacettepe University. p. 315321. Ankara, Turquia. 2005.

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

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **As Faces da Física**. Editora Moderna. 2006.

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. **Trilhas da ESALQ**. Disponível em: < <http://www.esalq.usp.br/trilhas/lei/lei21.htm> > Acesso em: 2 de julho de 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global Forest Resources Assessment**. Rome. 2015.

GALINARI, R.; JUNIOR, J. R. T.; MORGADO, R. R. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**. Nº 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**. Nancy, 1993. 446f.: il. Thèse (Doctorat) - Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Nancy, 1993.

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

GRIEBELER, C. G.O. **Colorimetria da madeira de Eucalyptus grandis W. Hillex Maiden modificada termicamente**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Pós-graduação em Engenharia Florestal no Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm> Acesso em: 3 de julho de 2016.

IPE – Instituto de Pesquisas Ecológicas. **Cedrela odorata L.** Disponível em: <<http://flora.ipe.org.br/sp/?name=cedrela+odorata>> Acesso em: 3 de julho de 2016.

IUCN – International Union for Conservation of Nature (União Internacional para a Conservação da Natureza). **Red List of Threatened Species (Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas)**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/details/32292/0>> Acesso em: 3 de julho de 2016.

JBRJ – Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Plantas**. Disponível em: <<http://www.jbrj.gov.br/jardim/plantas?page=3>> Acesso em: 3 de julho de 2016.

JIS - Japanese Industrial Standard. **Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters. JIS B 0601**.Tokyo. 2001.

KAMDEM, D. P.; GRELIER, S. Surface roughness and color change of copper amine and UV absorbed-treated red maple (*Acer rubrum*) exposed to artificial ultraviolet light. **Holzforshung** 56. 473-478. 2002.

LOCATELLI, M. Caracterização de sintomas de deficiências em cedro rosa (*Cedrela odorata L.*). **EMBRAPA**, Circular Técnica 88. Porto Velho, RO. 2006.

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

MARTINS, S. SANTOS, C. M. T. GONÇALEZ, J. C. CAMARGOS, J. A. A. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Revista Floresta**, Curitiba, v.41, n.1, p.87-96p, jan/mar. 2011.

MESQUITA, R. R. S. **Comportamento das Madeiras de Curupixá (*Micropholis* sp.) e Tauari (*Couratari* sp.) Submetidas ao Intemperismo Artificial Com Diferentes Produtos de Acabamento**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. 2016.

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

NZOKOU, P.; KAMDEM, D. P.; TEMIZ, A. Effect of Accelerated Weathering on Discoloration and Roughness of Finished Ash Wood Surfaces in Comparison With Red Oak and Hard Maple. **Progress In Organic Coating**. 71 (04), 350-354. 2011.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; MOURA, L. F.; NOLASCO, A. M.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A. Surface Roughness on Heat Treated *Eucalyptus grandis* Wood. **Maderas. Ciencia y tecnologia** 16 (1): 3-12. Universidad del Bío-Bío. 2014.

PEREIRA, T. C. P. **A indústria moveleira no Brasil e os fatores determinantes das exportações**. Trabalho de conclusão de curso em Economia – Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

PEREIRA, K. R. M.; XAVIER, C. N.; RAMOS, L. M. A. **Avaliação da Superfície Usinada da Madeira de Cedrela odorata L.** XV EMBRAMEM – Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Curitiba, PR. 2016.

REMADE – Revista da Madeira. **Madeiras brasileiras e exóticas**. Disponível em: <<http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/142/madeiras-brasileiras-e-exoticas/cedro-rosa>> Acesso em: 3 de julho de 2016.

SANTIAGO, L. F. F. **Caracterização da influência da velocidade de corte, pressão e granulometria de lixa no lixamento plano do Pinus elliottii**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. 2011.

SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M.; LUCIA, R. M. D.; CAIXETA, J. **Produtos utilizados no setor de acabamento de móveis de madeira** - Características e técnicas de aplicação. Lavras/MG: Editora UFLA, 2002.

SILVA, E. S.; STANGERLIN, D. M.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L.; PARIZ, E. Colorimetria da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência da Madeira**. 6(1): 31-37. 2015.

SILVA, L. F. X.; GONÇALEZ, J. C. **Envelhecimento Artificial Acelerado de Duas Espécies Florestais Amazônicas Para Usos Como Madeira Serrada**. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. 2013.

SORAGI, L. C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de Toona ciliata M. Roem.** 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, 2009.

SUDIYANI, Y.; TSUJIYAMA, S.; IMAMURA, Y.; TAKAHASHI, M.; MINATO, K.; KAJITA, H. Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering. **Journal of Wood Science**, v. 45, n. 4, p. 348-353. 1999.

VARDANYAN, V.; GALSTIAN, T.; RIEDL, B. Effect of addition of cellulose nanocrystals to wood coatings on color changes and surface roughness due to accelerated weathering. **Journal of Coatings Technology and Research**. v 12, p. 247-258. 2015.

ZACARIAS, D. **Análise do processo de lixamento tubular da madeira de Corymbia citriodora**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)– Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012