

# **EFEITO DO INTEMPERISMO ARTIFICIAL NA RUGOSIDADE E NA COR DA MADEIRA DE CEDRO (*Cedrela odorata* L.) TRATADA COM UM PRODUTO DE ACABAMENTO**

Frederico Campos Leão<sup>1</sup>  
Joaquim Carlos Gonzalez<sup>2</sup>  
Edilene Silva Ribeiro<sup>3</sup>  
Roberta Santos Souza<sup>4</sup>  
Marcella Hermida de Paula<sup>4</sup>  
Verônica Gratão Martins<sup>5</sup>

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar o comportamento da cor e da aspereza superficial da madeira de cedro, utilizando-se um produto de acabamento 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 ( $\Delta E$ ) 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, Rugosidade, Cor, Fotodegradação.

## **EFFECT OF ARTIFICIAL INTEMPERISM IN THE RUGGED AND COLOR OF CEDAR TIMBER (*Cedrela odorata* L.) TREATED WITH A FINISHING PRODUCT**

**ABSTRACT:** This study aims to evaluate the cedar's wood's superficial color and roughness behavior, using a wood finish 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

<sup>1</sup> Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília-DF. E-mail: fredcleao@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Engenharia Florestal e do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília, Brasília-DF. E-mail: goncalz@unb.br.

<sup>3</sup> Professora do Departamento de Agronomia, Instituto Federal de Mato Grosso, Campo Novo do Parecis, Mato Grosso-MT. E-mail: edilene.ribeiro@cnp.ifmt.edu.br.

<sup>4</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília, Brasília-DF. E-mail: robertasantoz@gmail.com, marcellahermida@hotmail.com.

<sup>5</sup> Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de arquitetura, Engenharia e Tecnologia/FAET, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. E-mail: vgmartinsarq@gmail.com.

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, roughness, color, photodegradation.

## 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 em que se preserva o meio ambiente.

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 faz-se necessário o estudo de suas principais características, tais como anatomia e propriedades físicas mecânicas, constituintes químicas, 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.

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.

## MATERIAL E MÉTODOS

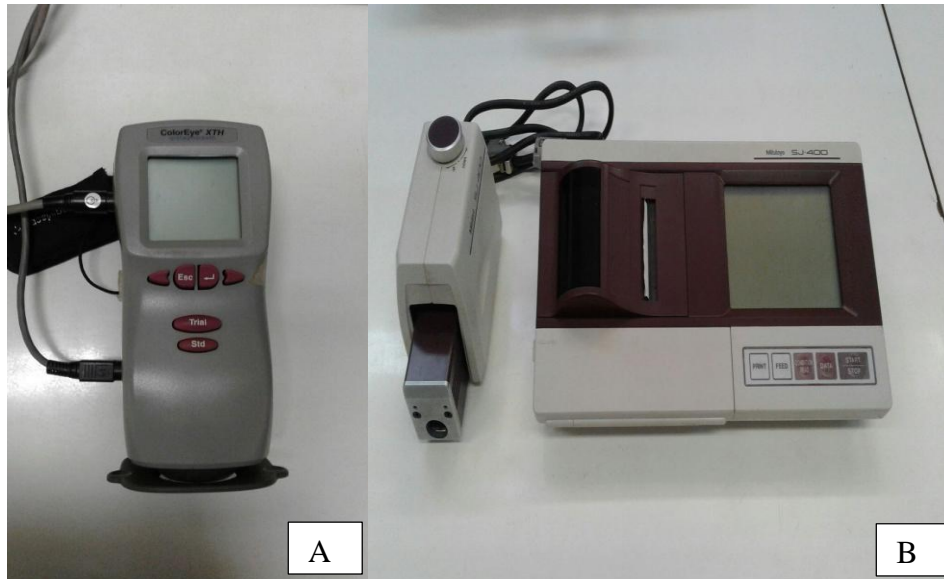
A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. A madeira utilizada foi obtida no mercado madeireiro de Brasília - DF. Foram confeccionados 25 corpos de prova de madeira de cedro (*Cedrela odorata* L.) de dimensões 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. Foram utilizadas lixas de 220 e 280 grãos e uma seladora como produto de acabamento da marca Sayerlack modelo Extra NL.597.00QT. Os tratamentos utilizados no trabalho estão exemplificados na Tabela 1, para todos os corpos de prova foram avaliados, o uso das lixas, a rugosidade e a cor da madeira.

**Tabela 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 |

L220 SS – Lixa grão 220 sem seladora; L220 CS – Lixa grão 220 com seladora; L280 SS – Lixa grão 280 sem seladora; L280 CS – Lixa grão 280 com seladora.

Os equipamentos utilizados foram um espectrofotômetro Color Eye XHT – X-Rite, conforme a metodologia CIELAB 1976 proposta por Gonzalez (1993) e um rugosímetro SurfTest SJ – 400 Mitutoyo (Figura 1), seguindo a norma JIS B 0601 (JIS, 2001), onde avaliou-se o parâmetro Ra (Equação 1).



**Figura 1. A) Espectrofotômetro Color Eye XHT – X-Rite; B) Rugosímetro Surftest SJ – 400 Mitutoyo. Fonte: Autor**

Equação 1:

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

Onde:

$Y_i$  = Desvios do perfil.

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 2, conforme a norma ASTM D 2244 (2009).

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

Onde:

$\Delta E$  = variação da cor entre ciclos;

$\Delta L$  = variação da luminosidade entre ciclos;

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

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

Utilizou-se a Tabela 2 baseada em percepção à olho nu proposta por Hikita *et al.*, (2001) para julgar a variação da cor.

**Tabela 2. Classificação da variação total da cor ( $\Delta E$ ) de madeiras.**

| Variação da cor ( $\Delta E^*$ ) | Classificação            |
|----------------------------------|--------------------------|
| 0,0-0,5                          | Desprezível              |
| 0,5-1,5                          | Ligeiramente perceptível |
| 1,5-3,0                          | Notável                  |
| 3,0-6,0                          | Apreciável               |
| 6,0-12,0                         | Muito apreciável         |

Após estes procedimentos todos os corpos de prova foram submetidos ao intemperismo acelerado em câmara de envelhecimento QUV Q-Lab, modelo QUV/spray (Figura 2), 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 2. Câmara de envelhecimento QUV Q-Lab, modelo QUV/spray.**  
**Fonte: MESQUITA, 2016.**

Os resultados obtidos foram submetidos a estatística descritiva, análise de variância (ANOVA) e teste de médias (Tukey a 5% de significância) com o auxílio do programa ASSISTAT 7.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Rugosidade

As Figuras 3 e 4 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 3.

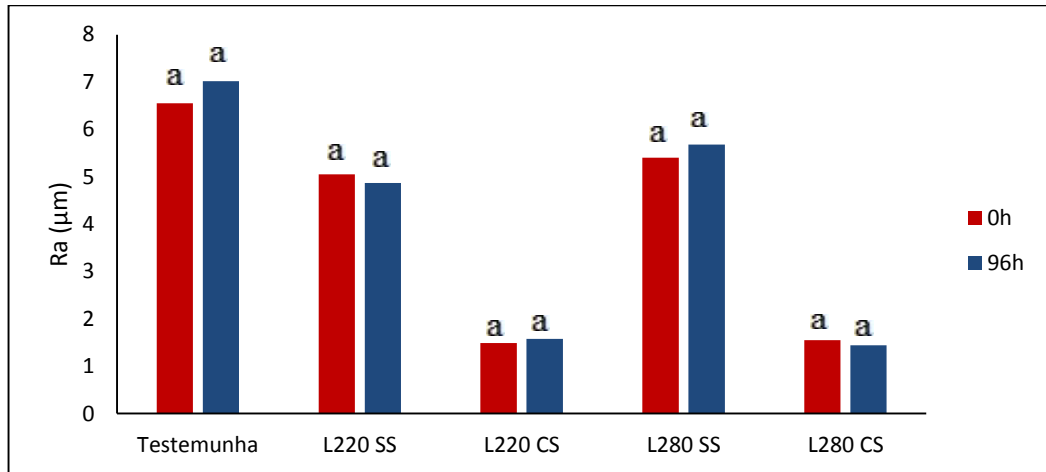


Figura 3. Comparação gráfica entre os valores de Ra de cada tratamento antes e após processo de intemperismo acelerado.

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.

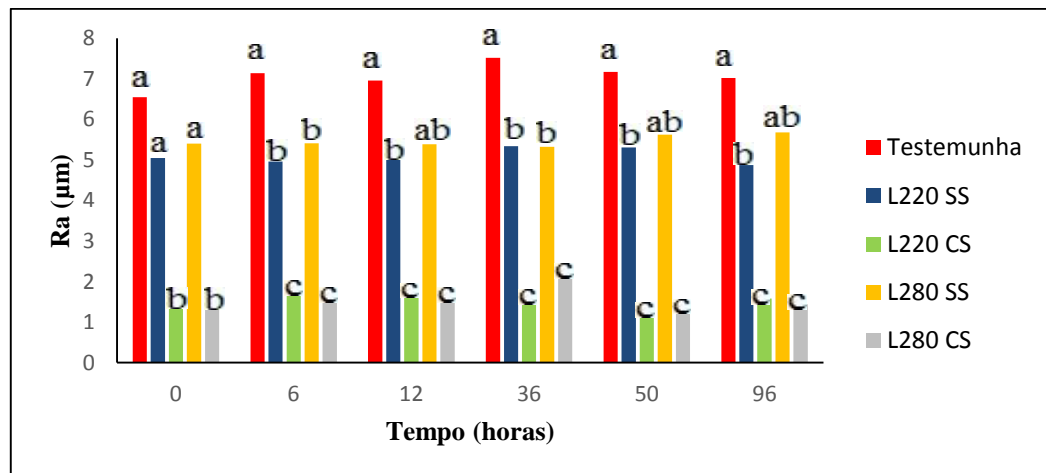


Figura 4. Representação gráfica dos valores de Ra para cada tratamento ao longo do tempo.

Os resultados mostram que a superfície da madeira de cedro dos tratamentos que utilizaram somente lixa (L220 SS e L280 SS) não apresentou 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 3. Valores do parâmetro Ra de madeiras de cedro submetidas a diferentes tratamentos para cada período de intemperismo acelerado.**

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

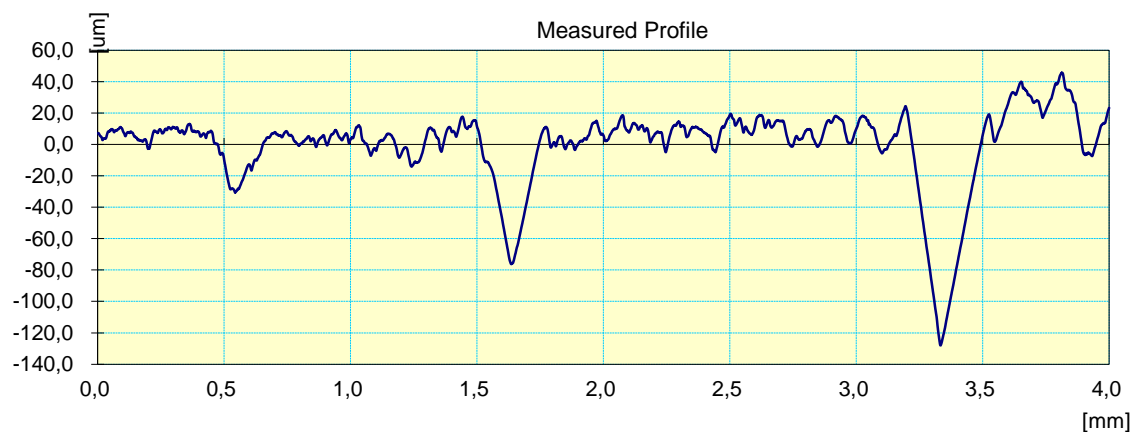


sem seladora. Segundo os autores, a utilização do lixamento produziu melhora na qualidade da superfície.

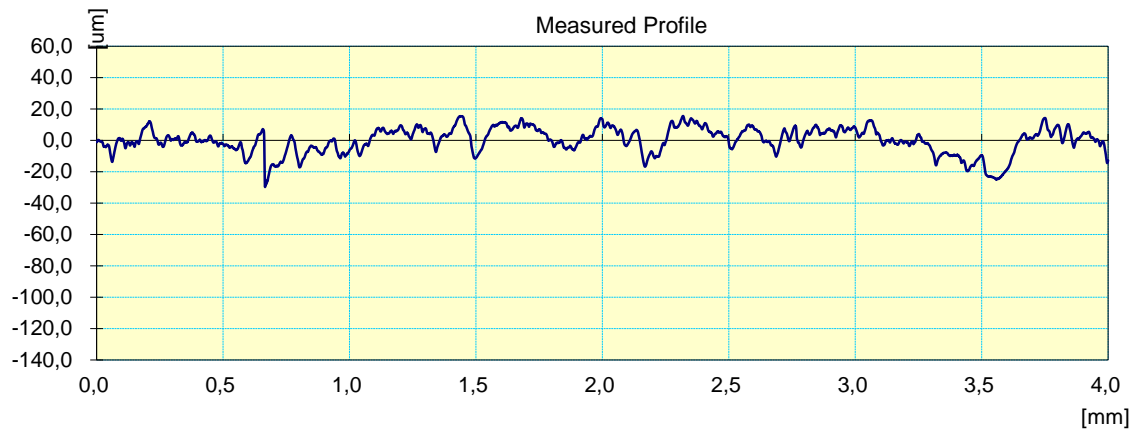
Palermo *et al.* (2014), avaliando a rugosidade de *Eucalyptus grandis* submetidos a tratamentos térmico e lixamento de grãos 100 e 180, encontraram valores médios entre 7,17 e 9,15, superiores aos valores dos tratamentos sem seladora deste trabalho. Vardanyan *et al.* (2015) avaliaram a rugosidade da 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.

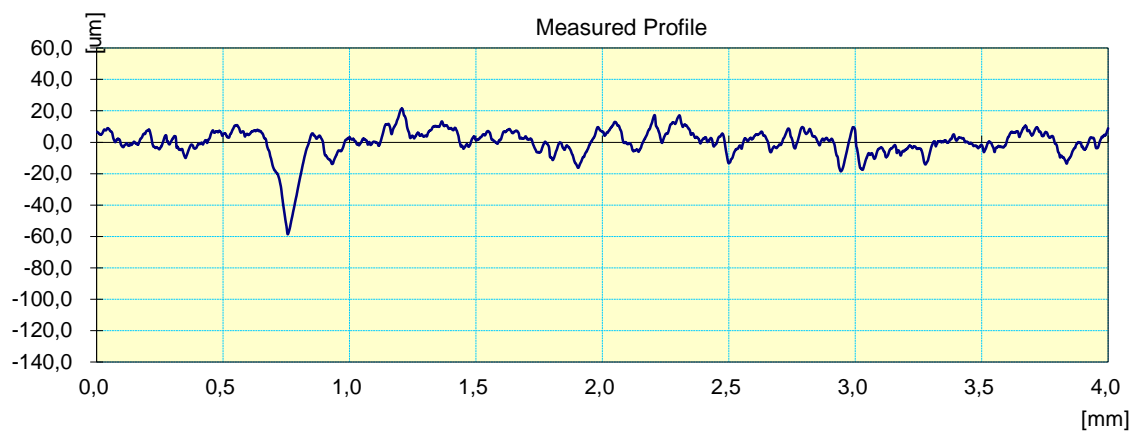
As Figuras 5, 6, 7, 8 e 9 mostram perfis do parâmetro Ra de corpos de prova sem tratamento, lixado com grão 220 (L220 SS), lixado com grão 280 (L280 SS), lixado com grão 220 + seladora (L220 CS) e lixado com grão 280 + seladora (L280 CS), respectivamente.



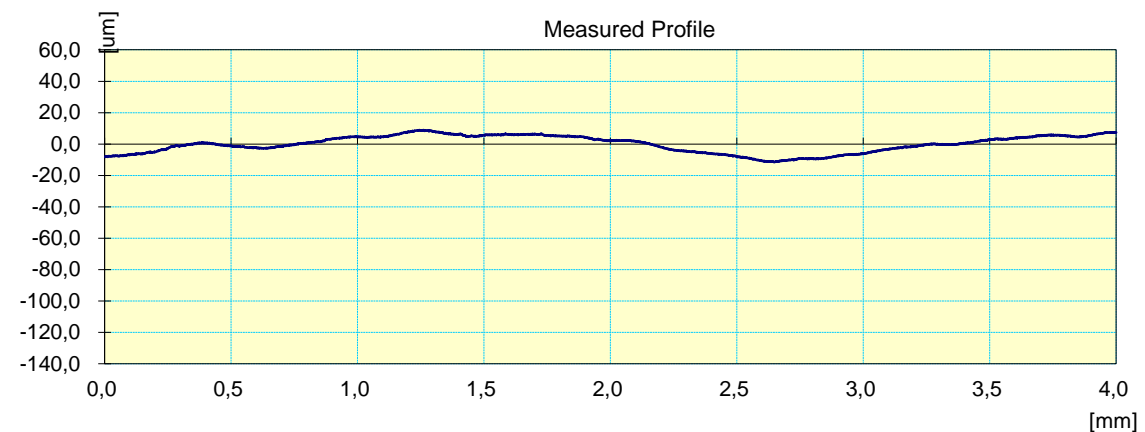
**Figura 5.** Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova sem tratamento.



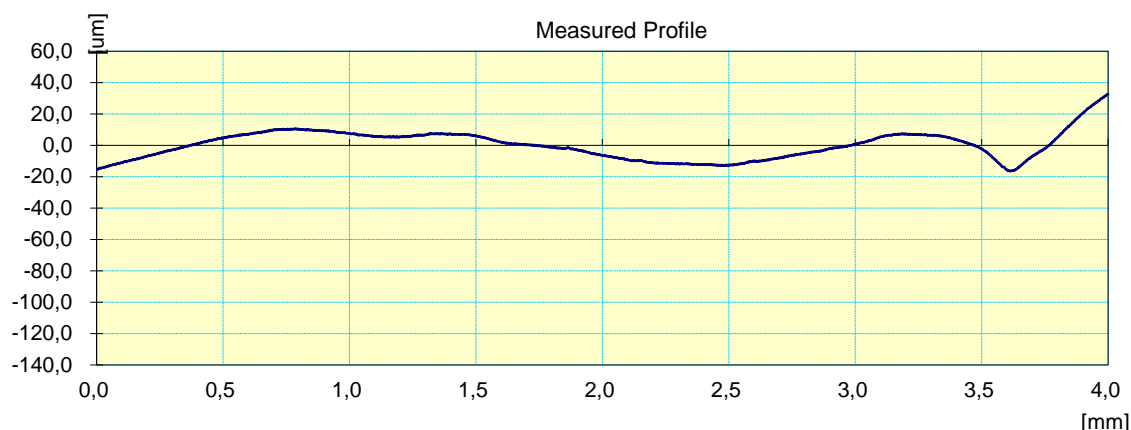
**Figura 6.** Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 220.



**Figura 7.** Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 280.



**Figura 8.** Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 220 e submetido a aplicação de seladora



**Figura 9.** Perfil do parâmetro Ra de um corpo de prova lixado com grão 280 e submetido a aplicação de seladora.

## Colorimetria

A Tabela 4 mostra os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de cedro sob os diferentes tratamentos ao longo dos períodos de fotodegradação.

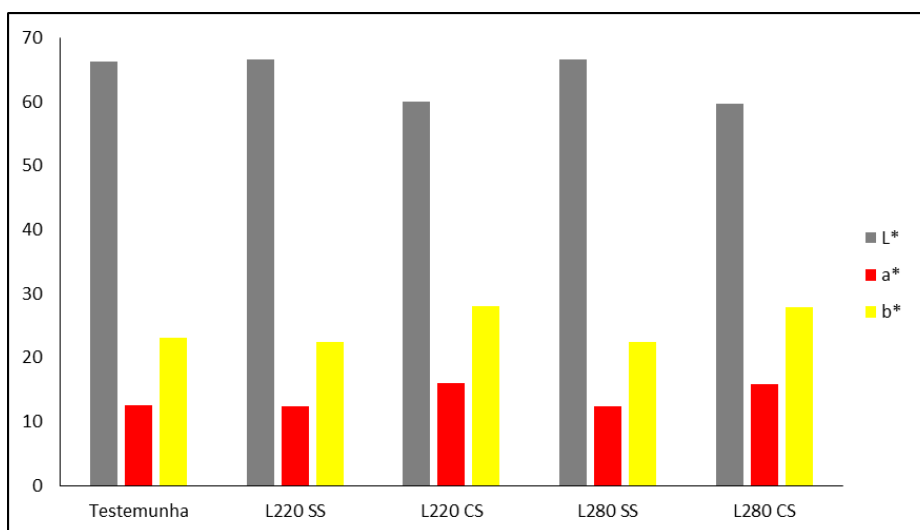
**Tabela 4.** Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sob os diferentes tratamentos e períodos de fotodegradação.

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

|         |     |                         |                         |                         |                        |                         |
|---------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| L220 CS | 50h | 55,58c<br>(0,63)[1,13]  | 17,81ab<br>(0,15)[0,87] | 31,10a<br>(0,37)[1,17]  | 35,84a<br>(0,35)[0,97] | 60,20b<br>(0,30)[0,50]  |
|         | 96h | 55,80c<br>(0,89)[1,59]  | 16,06d<br>(0,11)[0,71]  | 29,59b<br>(0,34)[1,16]  | 33,67c<br>(0,28)[0,82] | 61,51a<br>(0,39)[0,64]  |
|         | 0h  | 59,95a<br>(1,02)[1,70]  | 15,92e<br>(0,52)[3,26]  | 28,10b<br>(0,71)[2,54]  | 32,30c<br>(0,83)[2,58] | 60,46a<br>(0,52)[0,85]  |
|         | 6h  | 50,47b<br>(0,75)[1,49]  | 22,21c<br>(0,30)[1,36]  | 31,66a<br>(0,54)[1,71]  | 38,68a<br>(0,52)[1,35] | 54,94b<br>(0,49)[0,89]  |
|         | 12h | 46,46c<br>(1,17)[2,51]  | 22,89bc<br>(0,31)[1,34] | 30,72a<br>(0,69)[2,26]  | 38,32a<br>(0,55)[1,44] | 53,29b<br>(0,79)[1,48]  |
|         | 36h | 39,22d<br>(0,57)[1,46]  | 23,95a<br>(0,26)[1,08]  | 24,81c<br>(0,90)[3,64]  | 34,50b<br>(0,77)[2,24] | 45,97c<br>(0,87)[1,90]  |
|         | 50h | 37,17e<br>(0,78)[2,10]  | 23,52ab<br>(0,45)[1,89] | 21,79d<br>(1,23)[5,64]  | 32,07c<br>(1,13)[3,53] | 42,74d<br>(1,19)[2,77]  |
|         | 96h | 33,96f<br>(0,87)[2,56]  | 20,99d<br>(0,69)[3,30]  | 16,52e<br>(1,12)[6,79]  | 26,72d<br>(1,23)[4,60] | 38,09e<br>(1,08)[2,84]  |
|         | 0h  | 66,64a<br>(1,13)[1,69]  | 12,34d<br>(0,44)[3,59]  | 22,46d<br>(0,85)[3,76]  | 25,62c<br>(0,93)[3,63] | 61,22a<br>(0,48)[0,79]  |
|         | 6h  | 57,58b<br>(1,03)[1,79]  | 17,49b<br>(0,25)[1,43]  | 28,77c<br>(0,35)[1,20]  | 33,67b<br>(0,25)[0,75] | 58,70d<br>(0,59)[1,0]   |
| L280 SS | 12h | 56,16bc<br>(0,83)[1,47] | 17,80ab<br>(0,08)[0,46] | 29,47bc<br>(0,60)[2,02] | 34,43b<br>(0,52)[1,62] | 58,86cd<br>(0,49)[0,83] |
|         | 36h | 55,87bc<br>(0,73)[1,31] | 17,56b<br>(0,08)[0,44]  | 30,07b<br>(0,57)[1,90]  | 34,83b<br>(0,52)[1,49] | 59,71bc<br>(0,42)[0,70] |
|         | 50h | 55,32c<br>(0,65)[1,18]  | 18,13a<br>(0,22)[1,21]  | 31,53a<br>(0,55)[1,74]  | 36,37a<br>(0,54)[1,49] | 60,10b<br>(0,36)[0,61]  |
|         | 96h | 55,68c<br>(0,83)[1,50]  | 16,19c<br>(0,29)[1,77]  | 29,79bc<br>(0,70)[2,34] | 33,91b<br>(0,74)[2,18] | 61,47a<br>(0,25)[0,40]  |
| L280 CS | 0h  | 59,67a<br>(0,97)[1,63]  | 15,82d<br>(0,45)[2,85]  | 27,91b<br>(0,42)[1,50]  | 32,08b<br>(0,58)[1,80] | 60,47a<br>(0,39)[0,64]  |
|         | 6h  | 50,25b<br>(0,63)[1,23]  | 21,84bc<br>(0,16)[0,73] | 31,24a<br>(0,55)[1,77]  | 38,12a<br>(0,45)[1,17] | 55,03b<br>(0,54)[0,98]  |
|         | 12h | 45,48c<br>(0,95)[2,09]  | 22,67ab<br>(0,22)[0,96] | 30,26ab<br>(0,92)[3,04] | 37,82a<br>(0,83)[2,21] | 53,14b<br>(0,68)[1,28]  |
|         | 36h | 38,76d<br>(1,41)[3,63]  | 23,72a<br>(0,66)[2,80]  | 24,37c<br>(1,96)[8,05]  | 34,02b<br>(1,85)[5,45] | 45,69c<br>(1,59)[3,47]  |
|         | 50h | 37,31d<br>(1,42)[3,82]  | 23,47a<br>(0,72)[3,08]  | 22,23c<br>(2,13)[9,57]  | 32,34b<br>(1,99)[6,15] | 43,32c<br>(1,82)[4,21]  |
|         | 96h | 33,75e<br>(1,48)[4,37]  | 20,53c<br>(1,28)[6,24]  | 15,95d<br>(2,14)[13,40] | 26,02c<br>(2,32)[8,91] | 37,65d<br>(2,03)[5,39]  |

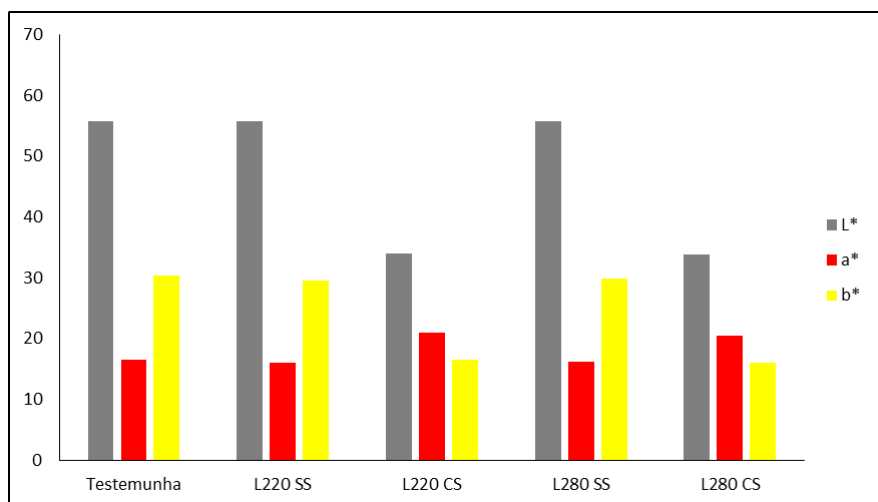
As médias seguidas por letras iguais em uma mesma coluna e mesmo tratamento não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores entre parênteses e colchetes se referem ao desvio padrão e ao coeficiente de variação (%), respectivamente.

Ao se analisar a Tabela 4 e a Figura 10 verificaram-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 10. 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 11), indicando maior participação da tonalidade vermelha, enquanto os tratamentos sem seladora e Testemunha permaneceram com maiores valores de  $b^*$ .



**Figura 11. 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 4. 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 (Figura 12). A aplicação de lixas, no entanto, não apresentou alteração em nenhum parâmetro colorimétrico em relação à Testemunha.



**Figura 12. 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 foi: 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 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 6 apresenta a variação total de cor ( $\Delta E$ ), suas classificações e nomes de suas cores.

**Tabela 5. Variações dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  após 96 horas de fotodegradação.**

| Tratamento | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| 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 6. Variação total de cor ( $\Delta E$ ), classificação e nome das cores de madeiras de cedro sob diferentes tratamentos.**

| Tratamento | Tempo (horas) | $\Delta E$ | 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 e 6 demonstram 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  $b^*$ .

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

Os resultados apresentados indicam 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.

## 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.
- 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.
- 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 especes peu connues de la foret amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. Nancy: Ministere de l’Agriculture et de la Peche. Thèse de Doctorat. 446 p. il. 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.
- 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.
- JIS - Japanese Industrial Standard. **Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters. JIS B 0601**.Tokyo. 2001.
- 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.) submetidos ao Intemperismo Artificial Com Diferentes Produtos de Acabamento**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. 2016.
- 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 oh 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.

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, 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. 2013. Disponível em: <[http://www.cnf.org.pe/secretaria\\_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%203/Luiz%20Fernando%20Xavier%20da%20Silva.pdf](http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%203/Luiz%20Fernando%20Xavier%20da%20Silva.pdf)> Acesso em: 03 de dezembro de 2016.