



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

**BRÍGIDA PAULINO DA COSTA**

**POTENCIAL DO EXTRATO PIROLENHOSO NA PRESERVAÇÃO, NA MODIFICAÇÃO  
DA COR E NA MOLHABILIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus urophylla***

Profa. Dra. NATÁLIA DIAS DE SOUZA  
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2018



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

**BRÍGIDA PAULINO DA COSTA**

**POTENCIAL DO EXTRATO PIROLENHOSO NA PRESERVAÇÃO, NA MODIFICAÇÃO  
DA COR E NA MOLHABILIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus urophylla***

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

Profa. Dra. NATÁLIA DIAS DE SOUZA  
Orientadora

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2018

**POTENCIAL DO EXTRATO PIROLENHOSO NA PRESERVAÇÃO, NA MODIFICAÇÃO  
DA COR E NA MOLHABILIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus urophylla***

**BRÍGIDA PAULINO DA COSTA**

Monografia aprovada em 22 de novembro de 2018.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Natália Dias de Souza  
DPF/IF/UFRRJ  
Orientadora

---

Profº Dr. Henrique Trevisan  
DPF/IF/UFRRJ  
Membro

---

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

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho à minha querida  
Tia Anna (em memória)

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por todas as realizações.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter sido minha casa nestes anos de graduação, me enriquecendo não só de conhecimento, mas de valores.

À minha orientadora, Natália Dias de Souza, pelo apoio, amizade, paciência e todo tempo dedicado a mim e a pesquisa.

A toda minha família, pelo amor, carinho, confiança, apoio e bons momentos compartilhados, em especial a minha mãe, Claudia Maria Paulino, que me mostra todo os dias o quanto temos que lutar pelos nossos sonhos.

Aos meus tios, Marcos Rocha e Cristina Maria Paulino, pelo carinho, incentivo e por confiarem em mim e nos meus sonhos.

Ao meu irmão, Jorge Augusto, por ter me dado meus sobrinhos, Alicia e Caio, que sem saber me dão motivos para buscar ser melhor todos os dias.

A todos os professores da UFRRJ, em especial aos do Instituto de Florestas, por todo ensinamento, dedicação e por terem sido inspirações durante minha graduação.

Aos membros da banca, professor Henrique Trevisan e Azarias Machado de Andrade, por aceitarem o convite e contribuírem com a concretização desta monografia.

Ao professor Ananias Francisco Dias Júnior, a doutoranda Juliana de Oliveira Lopes e ao doutorando Bruno Couta do Silva por todo conhecimento compartilhado e ajuda para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Zé e as meninas do laboratório pela ajuda e apoio na realização deste trabalho.

À minha turma, 2013.1, pelos momentos inesquecíveis compartilhados e ainda mais pelas amizades que ficarão guardados no meu coração e na minha vida para sempre.

Às amigas de república, Anna Luiza e Ana Beatriz, pela amizade e parceria, fazendo com que a saudade de casa fosse compensada por momentos únicos e de muita alegria.

Às minhas companheiras de turma, Sofia e Leticia, pela amizade, irmandade, incentivo e tudo que vocês acrescentaram na minha história.

Ao meu amigo e irmão Beto (Vinicius Dantas), que por vezes, até sem saber foi o ombro amigo que necessitava.

Às minhas amigas Suellen, Amanda e Anna Luiza, por todo apoio e por me escutarem nas dúvidas e reclamações.

À Isabela, pela dicas e ajuda nos momentos da conclusão da monografia.

À Flora Júnior pela contribuição na minha graduação e pelas pessoas que colocou em minha vida.

À Seleção Feminina de Futsal da Rural, por muitas vezes ter sido a salvação nos dias ruins, pelas amizades e os títulos que levarei para toda a vida.

Aos amigos de Arrozal, pelas boas histórias e mesmo de longe, estarem presentes em todos os dias da minha vida, principalmente nos bons.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do extrato pirolenhoso na preservação, modificação da cor e na molhabilidade da madeira de *Eucalyptus urophylla*. A madeira utilizada para a fabricação das amostras e análises foi proveniente de árvores com 12 anos de idade, coletadas de um plantio da Empresa Florestal Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA S.A., situada no município de Guanhães, Minas Gerais. As amostras foram preparadas com medidas de 5x5x20 cm, separou-se o cerne e o alburno. O líquido foi obtido através de carbonizações realizadas em fornos de alvenaria, com madeiras provenientes de um plantio de *Eucalyptus* spp com dez anos de idade situado no município de Atibaia, SP. Para o tratamento das amostras, utilizou-se o método de imersão em extrato pirolenhoso diluído em água destilada, nas seguintes condições de concentração: puro e 50%. As amostras ficaram imersas no líquido por 1 semana, em temperatura ambiente. Após o tratamento, os corpos de prova foram secos a temperatura de 20 °C e UR: 60 °C. As análises colorimétricas das amostras tratadas foram realizadas com o auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d no espaço de cor L\*a\*b\*. A análise de molhabilidade das superfícies das madeiras tratadas foi determinada pela análise do ângulo de contato utilizando o sistema de análise de formato da gota Drop Shape Analysis DSA30. Para avaliação da resistência foi adotado o método "Ensaio de Campo com Estacas de Madeira". Mensurou-se que o extrato pirolenhoso apresenta dois hidrocarbonetos aromáticos (acenafteno e fluoranteno). A capacidade de absorção e retenção da madeira tratada não foi alterada. O uso do extrato pirolenhoso modificou a cor da madeira nos dois tratamentos, sendo o tratamento a 100% o que apresentou a maior alteração. Os tratamentos aumentaram a molhabilidade da madeira, porém com maior efetividade no cerne. O extrato pirolenhoso não agregou resistência a madeira *do E.urophylla*, quando usado como preservante.

**Palavras-chave:** ângulo de contato, madeira tratada, agentes deterioradores.

## ABSTRACT

The present work had as objective to evaluate the potential of the pyrolignous extract in the preservation, color modification and wettability of the wood of *Eucalyptus urophylla*. The wood used to make the samples and analyzes was obtained from 12 - year - old trees collected from a plantation of Celulose Nipo Brasileira - CENIBRA S.A., located in the municipality of Guanhães, Minas Gerais. The samples were prepared with 5x5x20 cm measurements, the core and sapwood separated. The liquid was obtained by carbonisation carried out in masonry furnaces, with wood coming from a ten year old *Eucalyptus* spp. Planting located in the municipality of Atibaia, SP. For the treatment of the samples, the immersion method was used in pyrolignose extract diluted in distilled water, in the following concentration conditions: pure and 50%. The samples were immersed in the liquid for 1 week, at room temperature. After the treatment, the specimens were dried at a temperature of 20 ° C and RH: 60 ° C. The colorimetric analyzes of the treated samples were performed using the CM 2600d portable spectrophotometer in the color space L \* a \* b \*. The wettability analysis of treated wood surfaces was determined by the contact angle analysis using the Drop Shape Analysis DSA30 drop format analysis system. To evaluate the resistance was adopted the method "Field Test with Wood Stakes". The pyroligneous extract has been shown to exhibit two aromatic hydrocarbons (acenaphthene and fluoranthene). The absorption and retention capacity of the treated wood was not altered. The use of the pyroligneous extract modified the color of the wood in the two treatments, being the treatment to 100% that presented the major alteration. The treatments increased the wettability of the wood, but with more effectiveness in the core. The pyrolignous extract did not add resistance to *E.urophylla* wood, when used as preservative.

**Keywords:** contact angle, treated wood, deteriorators agents.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	4
2.1 Material .....	4
2.2 Obtenção do extrato .....	4
2.3 Análise química do extrato pirolenhoso.....	4
2.4 Tratamento com extrato pirolenhoso (Impregnação).....	4
2.5 Teste de Absorção e Retenção.....	5
2.6 Caracterização física.....	5
2.6.1 Determinação da densidade.....	5
2.6.2 Determinação da Umidade .....	5
2.7 Análises colorimétricas .....	6
2.8 Análises do ângulo de contato.....	7
2.9 Análises Estatísticas .....	9
2.10 Ensaio de Campo com Estacas de Madeira .....	9
2.11 Perdas de massa na madeira causada por organismos do solo.....	10
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	11
3.1 Análise química do extrato pirolenhoso.....	11
3.2 Teste de impregnação.....	12
3.3 Caracterização Física .....	12
3.4 Análises colorimétricas .....	13
3.5. Molhabilidade da superfície .....	19
3.5.1 Comportamento do ângulo de contato em função do tempo.....	19
3.5.2 Ângulo de contato médio .....	20
3.6 Ensaio de Campo.....	22
3.7 Perda de massa .....	25
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	27
<b>6. ANEXO</b> .....	33

## LISTA DE TABELAS

	<b>Pag.</b>
<b>Tabela 1.</b> Estado de sanidade para teste em campo de amostras de cerne e alburno de <i>E. urophylla</i> .....	10
<b>Tabela 2.</b> Compostos determinados no extrato pirolenhoso.....	11
<b>Tabela 3.</b> Valores médios de absorção e retenção da madeira do cerne e do alburno de <i>E. urophylla</i> tratadas com extrato pirolenhoso puro e diluído a 50%.....	12
<b>Tabela 4.</b> Valores de densidade e umidade da madeira do cerne e alburno de <i>E. urophylla</i> .....	13
<b>Tabela 5.</b> Médias das variáveis colorimétricas das amostras de cerne e alburno da madeira de <i>E. urophylla</i> , com o tratamento puro e diluído.....	15
<b>Tabela 6.</b> Teste de Man-Whitney U (valor Z) para comparar os tipos de madeira (cerne x alburno) dentro de cada tratamento e comparar os tratamentos dentro de cada tipo de madeira de <i>E. urophylla</i> .....	18
<b>Tabela 7.</b> Análise de variância (valor F) do ângulo de contato médio ( $CA_{\text{médio}}$ ) da madeira de <i>E. urophylla</i> .....	20
<b>Tabela 8.</b> Análises estatísticas descritivas (média e desvio padrão) do ângulo de contato médio ( $CA_{\text{médio}}$ ) da madeira de <i>E. urophylla</i> .....	21
<b>Tabela 9.</b> Índice de deterioração da parte aérea da madeira do cerne e alburno de <i>E. urophylla</i> , tratada com licor pirolenhoso, puro e diluído, e submetida à deterioração em campo de apodrecimento por nove meses.....	22
<b>Tabela 10.</b> Índice de deterioração da parte subterrânea da madeira do cerne e alburno de <i>E. urophylla</i> , tratada com licor pirolenhoso, puro e diluído, e submetida à deterioração em campo de apodrecimento por nove meses.....	22

## LISTA DE FIGURAS

		Pag.
<b>Figura 1:</b>	Amostras de extrato pirolenhoso em diferentes concentrações.....	1
<b>Figura 2:</b>	<i>E. urophylla</i> nas colinas de Saboria, Timor-Leste.....	3
<b>Figura 3:</b>	Espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta.....	7
<b>Figura 4:</b>	Aparelho Drop Shape Analysis DSA30.....	8
<b>Figura 5:</b>	Amostra em análise de molhabilidade no aparelho Drop Shape Analysis DAS 30.....	8
<b>Figura 6:</b>	Amostras de cerne e albarno da madeira de <i>E. urophylla</i> em ensaio de Campo.....	9
<b>Figura 7:</b>	Coordenada L* das madeiras de cerne e de albarno <i>E. urophylla</i> antes e após os tratamentos com extratos a 50% e a 100%.....	13
<b>Figura 8:</b>	Amostras de albarno e cerne de <i>E. urophylla</i> tratadas com o extrato a 50% e extrato a 100%.....	14
<b>Figura 9:</b>	Coordenada a* das madeiras de cerne e de albarno de <i>E. urophylla</i> antes e após os tratamentos com extratos a 50% e a 100%.....	16
<b>Figura 10:</b>	Coordenada b* das madeiras de cerne e de albarno de <i>E. urophylla</i> antes e após os tratamentos com extratos a 50% e a 100%.....	17
<b>Figura 11:</b>	Ângulo de contato médio ( $AC_{médio}$ ) em função de tempo da madeira de cerne de <i>E. urophylla</i> nos diferentes tratamentos.....	19
<b>Figura 12:</b>	Ângulo de contato médio ( $AC_{médio}$ ) em função de tempo da madeira de albarno de <i>E. urophylla</i> nos diferentes tratamentos.....	20
<b>Figura 13:</b>	Interação dupla (tratamento x tipo de madeira) para o ( $CA_{médio}$ ) da madeira de <i>E. urophylla</i> .....	21
<b>Figura 14:</b>	Ataque de <i>Heterotermes</i> sp e <i>Coptotermes gestroi</i> em amostras de madeira de <i>E. urophylla</i> .....	23
<b>Figura 15:</b>	Estacas de <i>E. urophylla</i> tratadas com extrato pirolenhoso nas regiões de albarno (A) e cerne (C) e submetidas à deterioração por 9 meses em campo de apodrecimento.....	24
<b>Figura 16:</b>	Perda de massa, em gramas, da madeira do cerne e albarno de <i>E. urophylla</i> , tratada com extrato pirolenhoso (puro e diluído) submetida à deterioração em campo de apodrecimento por nove meses.....	25

## 1. INTRODUÇÃO

O extrato pirolenhoso (ácido pirolenhoso) é um líquido obtido através da condensação da fumaça durante o processo da carbonização da madeira para a produção de carvão vegetal e apresenta uma coloração escura e odor amadeirado forte (SCHNITZER et al., 2010) (Figura 1).



**Figura 1** - Amostras de extrato pirolenhoso em diferentes concentrações

Esse líquido é constituído, basicamente, de 0,8 a 0,9 dm<sup>3</sup>/L de água e contém componentes químicos diferentes, entre eles: cetonas; ésteres; aldeídos; ácidos (em sua maior parte o propanoico e acético); metanol; alcatrão solúvel e insolúvel; cadeias fenólicas (provenientes do alcatrão) (LOO et al., 2008; CAMPOS, 2007).

Muitos desses componentes são conhecidos e, principalmente pelo fato da carbonização poder atingir diversas temperaturas, resultando em diferentes compostos condensáveis (LOO et al., 2008; GUILLÉN & IBARGOITIA, 1998; GUILLÉN et al., 1995).

Geralmente, o extrato pirolenhoso representa cerca de 35% dos produtos finais da pirólise, e todo o seu potencial econômico tem sido deixado de lado. Na maioria das vezes o líquido pirolenhoso é desprezado na produção do carvão e/ou liberado ao ambiente, causando poluição com gases e condensados tóxicos, como o metano e o alcatrão (SILVA et al., 2006). Para diminuir essa poluição e evitar o desperdício desse material, vários estudos estão sendo realizados visando atenuar o impacto.

O extrato pirolenhoso é considerado um produto promissor para uma gama de utilidades, como, por exemplo, a utilização do mesmo na agricultura para o controle de pragas e doenças (ZANETTI et al., 2003), por suas propriedades fungicidas, dentre outras, além do baixo custo.

Apesar dos efeitos preconizados para o extrato pirolenhoso, existe escassez de informações científicas que possam dar suporte à utilização deste produto e à compreensão dos mecanismos pelos quais funciona, tanto na preservação como na qualidade da madeira.

Para algumas aplicações a qualidade da madeira é, geralmente, determinada pelas suas propriedades físicas e mecânicas (fragilidade, resistência a cargas, densidade, dureza, textura, grã, cor e desenho) (MORI et al., 2005).

Características estéticas como cor e desenho são atributos importantes por direcionarem o uso da madeira para suas diferentes finalidades e estabelecerem o seu valor comercial, alguns autores observaram que as características e a uniformidade da cor da madeira têm um papel direto no estabelecimento do preço e no valor final do produto (MARTINS et al., 2011; GONÇALVEZ et al., 2010; MORI et al., 2005; CAMARGOS e GONÇALVEZ, 2001). Por essa razão a cor também é considerada um importante índice de classificação e qualidade, devendo ser incorporada na caracterização tecnológica da madeira, visando atender aos usos mais nobres desse material (MORI et al., 2005; MÖTTÖNEN et al., 2002; JANIN et al., 2001;). A cor natural da madeira é influenciada por fatores genéticos e ambientais como espécie; composição química (principalmente o teor e a natureza dos extrativos); estrutura anatômica (anéis de crescimento, vasos, raios e tipo de parênquima axial); posição de amostragem na árvore (nos sentidos radial e axial); condições edáficas e climáticas, altura, diâmetro e idade da árvore; tratos silviculturais; e taxa de crescimento da árvore (DERKYI et al., 2009; KOKUTSE et al., 2006; MADY, 2000; DESCH & DINWOODIE, 1993; GONÇALEZ, 1993; MCGINNES & PHELPS, 1983).

Outra característica importante da madeira é a molhabilidade, ou seja, o quanto a madeira é permeável. E esta variável tem sido estudada para otimizar os processos que envolvem a aplicação de produtos/processos de acabamento e a colagem de superfícies (AYRILMIS et al., 2009; ROWELL, 2005). De acordo com Berg (1993) o fenômeno molhabilidade pode ser definido como manifestações macroscópicas de interações moleculares entre líquidos e sólidos em contato direto na interface. Sendo está avaliada pela medida do ângulo de contato ( $\theta$ ) da interação física entre a superfície da madeira e a água. Devido à existência da energia livre superficial (energia superficial específica) dos átomos que compõem a matéria (madeira), a adesão de um material sobre outro será tanto maior quanto maiores forem as energias de superfícies envolvidas (BURKARTER, 2010; ROURA & FORT, 2004; GENNES et al., 2003; JOHNSON & DETTRE, 1993; WU, 1971; FOWKES, 1964).

A busca pelo conhecimento da qualidade da madeira permite definir qual será o melhor uso da mesma. Torna-se cada vez maior a busca pelo uso coerente de florestas plantadas uma vez que a oferta de madeiras de espécies nativas de alta resistência biológica é cada vez mais escassa.

Segundo Severo e Tomaselli (2000), o gênero *Eucalyptus* pode ser considerado uma alternativa na substituição do uso das florestas naturais, graças às características físico-mecânicas satisfatórias e, desse modo, suprir a demanda por espécies nativas. No ano de 2015 a área de floresta plantada de *Eucalyptus* spp. ocupava uma área total de 7,8 milhões de hectares no país, com crescimento de 0,8% em relação ao ano de 2014 (IBÁ, 2016).

O gênero *Eucalyptus* spp. pertence à família Myrtaceae, sendo nativo da Austrália, do Timor e da Indonésia. Os primeiros plantios iniciaram no início do século XVIII, na Europa, na Ásia e na África e, no século XIX, começou a ser plantado em países como Espanha, Índia, Brasil, Argentina e Portugal. O gênero *Eucalyptus* foi descoberto e descrito por L' Heritier em 1788, sendo o *Eucalyptus oblíqua*, a primeira espécie classificada (GUIA DO EUCALIPTO, 2008; ANDRADE, 1961;).

A espécie *Eucalyptus urophylla* tem origem no Timor e leste da Indonésia, com precipitação pluviométrica média anual entre 1000 a 1500 mm (Figura 2). No Brasil serve como base para a indústria de ferro e aço (a carvão vegetal), celulose e papel, móveis, mourões, lenha e quebra vento.



**Figura 2** - *Eucalyptus urophylla* nas colinas de Saboria, Timor-Leste.

Com tantas utilizações dessa madeira e com o potencial de uso do extrato pirolenhoso, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do extrato pirolenhoso na preservação, modificação da cor e na molhabilidade da madeira de *Eucalyptus urophylla*.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Material**

A madeira utilizada para a confecção das amostras foi proveniente de árvores com 12 anos de idade, coletadas em um plantio da Empresa Florestal Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA S.A., situada no município de Guanhães, Minas Gerais (latitude de 18° 46' 16" Sul, longitude 42° 55' 55" Oeste e a altitude de 744m).

As amostras foram preparadas na Marcenaria do Instituto de Florestas da UFRRJ, com medidas de 5x5x20 cm, totalizando 90 amostras, sendo 45 de cerne e 45 de alburno.

### **2.2 Obtenção do extrato**

O líquido pirolenhoso foi obtido a partir de pirólises realizadas em forno de alvenaria de encosta, com capacidade para 10 st de lenha. A madeira enfiada era proveniente de um plantio de *Eucalyptus* spp com dez anos de idade situado no município de Atibaia, SP. Os fornos tinham as suas temperaturas mensuradas, sendo que a temperatura final de carbonização foi de 500 °C. Foi instalado um tubo de aço inox junto as ventaneiras por onde os gases condensaram em líquido pirolenhoso, que foi armazenado em um tanque em que permaneceu estocado por 120 dias, para a decantação do alcatrão. Passado o tempo, a porção superior, menos densa, foi denominada de extrato pirolenhoso e utilizada para os ensaios subsequentes.

### **2.3 Análise química do extrato pirolenhoso**

A composição química do extrato pirolenhoso foi realizada no Centro de Qualidade Analítica (CQA), Campinas, São Paulo, SP. As análises foram feitas pelo método EPA – Environmental Protection Agency – SW 846: Testing methods for evaluating solid wastes.

### **2.4 Tratamento com extrato pirolenhoso (Impregnação)**

Para o tratamento das amostras, utilizou-se o método de imersão em extrato pirolenhoso nas seguintes condições de concentração: 100% (puro) e de 50% (diluído em água destilada). As amostras ficaram imersas no líquido por 1 semana, sendo o tempo estabelecido pelo teste de impregnação, totalizando o tempo de 10.080 minutos, em temperatura ambiente. Para cada tratamento utilizou-se 10 corpos de prova. Após o tratamento, os corpos de prova foram secos em câmara climatizada 105 ± 3°C até 0% de umidade. Após esse período foram efetuados os ensaios de colorimetria, molhabilidade e teste de campo.

## 2.5 Teste de Absorção e Retenção

Com as amostras secas e saturadas em condições ambientais controladas com UR: 60% e T= 20°C foram calculadas a absorção e retenção do extrato pirolenhoso na madeira de *E. urophylla*.

$$\text{Absorção: } \frac{(Ps - Pi)}{V},$$

Onde: Ps é o peso das amostras saturadas, após uma semana de imersão no extrato pirolenhoso em g/cm<sup>3</sup>; PI inicial das amostras climatizadas a 12% de umidade em g/cm<sup>3</sup> e V o volume das amostras em cm<sup>3</sup>.

$$\text{Retenção: } \frac{(Pf \text{ seco} - Pi)}{V}$$

Onde: PF Seco é o peso final da madeira tratada e climatizada a 12% de umidade em g/cm<sup>3</sup>; PI inicial das amostras climatizadas a 12% de umidade em g/cm<sup>3</sup> e V o volume das amostras em cm<sup>3</sup>.

## 2.6 Caracterização física

### 2.6.1 Determinação da densidade

O teste de densidade foi realizado no laboratório de química da madeira, do Instituto de Floresta, através do uso do método da imersão da amostra em mercúrio. O teste seguiu a norma NBR 11941, que consiste em mergulhar a amostra em um becker com mercúrio e obter seu peso e depois dividir pelo peso do mercúrio que é 13,55 g/cm<sup>3</sup>.

$$\text{Densidade} = \left( \frac{P}{13,55} \right)$$

em que:

P = peso da amostra mergulha do mercúrio

### 2.6.2 Determinação da Umidade

Após determinação da densidade foi possível determinar a umidade do cerne e do alburno. A determinação é feita com a utilização de amostra tanto do cerne, quanto do alburno secas na estufa por 48 horas, que após esse tempo foram pesadas e os pesos obtidos, divididos pelas respectivas densidades encontradas.



$$\text{Umidade} = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$$

em que:

$P_s$  = Peso da amostra seca em estufa;

$P_u$  = Peso úmido.

## 2.7 Análises colorimétricas

As análises colorimétricas das amostras tratadas foram realizadas com o auxílio do espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta (Figura 3) no espaço de cor  $L^*a^*b^*$  CIE 1976, segundo a norma ISO 11.664-4:2008 (ISO, 2008), o qual é caracterizado por três coordenadas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) em um espaço tridimensional. A medição foi realizada através do contato direto da superfície da amostra, em pontos pré-determinados, e a área de iluminação do aparelho. Para cada amostra foram efetuadas cinco observações, para um total das 8 amostras, sendo 4 amostras de cerne e 4 de alburno nas diferentes concentrações do líquido (50% e 100% do extrato), totalizando 40 observações antes da imersão no extrato pirolenhoso e 40 após a imersão. Os dados coletados pelo espectrofotômetro foram então transferidos para o software para a análise. A partir dos dados obtidos para as três variáveis de cor antes ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e após ( $L^*$ -tratado,  $a^*$ -tratado e  $b^*$ -tratado) os tratamentos a 50% e 100%, foram calculadas as variações de cada coordenada após os tratamentos com os líquidos, sendo elas:  $\Delta L^*$ -tratado,  $\Delta a^*$ -tratado e  $\Delta b^*$ -tratado. A variação de cada coordenada foi determinada pela diferença entre o valor da coordenada da madeira original (não tratada) e o valor da coordenada da madeira tratada com os líquidos a 50% e a 100%, tal como realizado por outros autores (DUBEY et al., 2011; GONZÁLEZ-PENA & HALE, 2009; OYARCE, 2006; SUNDQVIST & MORÉN, 2002). A variação total da cor da madeira após os tratamentos também foi determinada através da seguinte equação:

$$\Delta E^*_{ab\text{-tratado}} = \sqrt{(\Delta L^* \text{-tratado})^2 + (\Delta a^* \text{-tratado})^2 + (\Delta b^* \text{-tratado})^2}$$

Onde:  $\Delta E^*_{ab\text{-tratada}}$ : variação total da cor da madeira após os tratamentos com os líquidos;  
 $\Delta L^*$ -tratada,  $\Delta a^*$ -tratada e  $\Delta b^*$ -tratada: variação individual de cada coordenada ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) após os tratamentos. Esta variável foi calculada de acordo com a definição dada pela Konica Minolta (1998), seguindo a norma CIE «*Commission Internationale de L'Éclairage*» (1976).



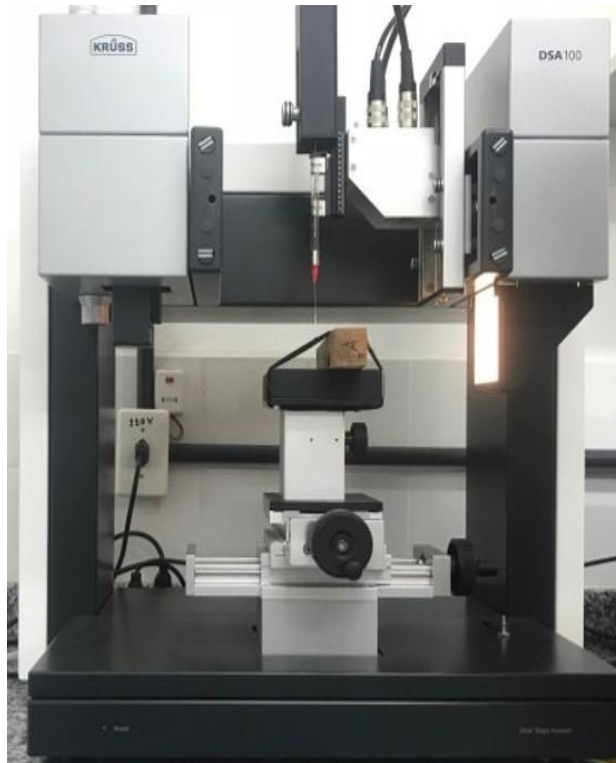
**Figura 3** - Espectrofotômetro portátil CM 2600d da Konica Minolta

## **2.8 Análises do ângulo de contato**

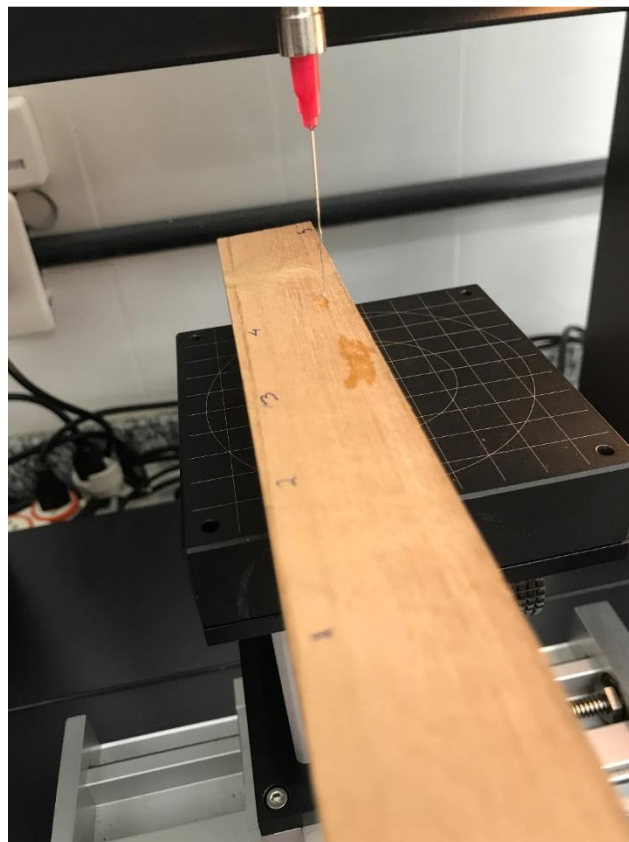
A molhabilidade das superfícies das madeiras tratadas com o extrato pirolenhoso foi determinada pela análise do ângulo de contato utilizando o sistema de análise de formato da gota Drop Shape Analysis DSA30 (Figura 4).

As análises foram realizadas antes do tratamento e após o tratamento e foram realizadas em ambiente climatizado em que se utilizou água destilada como líquido teste. As medições foram realizadas a cada 10 segundos, por um período de 120 segundos, resultando em 12 leituras de ângulo de contato para cada ponto analisado (Figura 5). As medições de ângulo de contato foram feitas em cinco pontos de cada amostra com 4 repetições para cada tratamento (2 tratamentos), resultando assim em 60 leituras por amostra, ou seja, 480 leituras para o total de tratamentos.

Para avaliar o efeito dos tratamentos, foi utilizado o ângulo de contato médio ( $CA_{\text{médio}}$ ) obtido pela média das leituras de cada ponto.



**Figura 4** - Aparelho Drop Shape Analysis DSA30



**Figura 5** - Amostra em análise de molhabilidade no aparelho Drop Shape Analysis DAS 30

## 2.9 Análises Estatísticas

A análise estatística do ângulo de contato médio ( $AC_{\text{médio}}$ ) das amostras foi realizada com o auxílio do programa STATISTIC 10.0 para verificar o efeito do tipo de madeira (2 níveis: cerne e alburno) e do tratamento (3 níveis: controle, produto a 50% e produto a 100%). A variável dependente não apresentou distribuição normal e homogeneidade de variância e, portanto, os dados foram submetidos a transformação de raiz para se aplicar à análise de variância (Anova) em que se utilizou o teste de Tukey a 95% de probabilidade.

As variáveis de cor não apresentaram distribuição normal dos dados nem homogeneidade das variâncias, mesmo após a transformação dos dados, portanto, foi realizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney U para verificar o efeito dos tratamentos em cada tipo de madeira e verificar o efeito do tipo de madeira em cada tratamento.

## 2.10 Ensaio de Campo com Estacas de Madeira

Para avaliação da resistência, as amostras foram subdivididas em dois grupos: madeiras provenientes do cerne e do alburno.

O método de ensaio adotado foi o "Ensaio de Campo com Estacas de Madeira" (Método Padrão sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira). Neste método, foram utilizadas estacas de 5 cm X 5 cm X 20 cm, com a última dimensão paralela à fibra, livre de nós, fendas, manchas, apodrecimento, orifícios de insetos e outros defeitos.

O campo de apodrecimento avaliado neste trabalho foi instalado no sub-bosque do Instituto de Florestas da UFRRJ, no mês de novembro de 2017 e as análises mensais começaram a ser realizadas em dezembro e finalizadas em agosto de 2018. As amostras foram enterradas até a metade de seu comprimento (figura 6).



**Figura 6** – Amostras de cerne e alburno da madeira de *E. urophylla* em ensaio de Campo

Após os 9 meses de experimento no campo, as amostras foram analisadas uma a uma, no Laboratório de Entomologia Florestal do Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, UFRRJ. O nível de deterioração foi classificado segundo um sistema de notas relacionado ao estado fitossanitário da madeira, conforme recomendações propostas por Lepage (1970) e adaptadas por Trevisan et al (2003), para testes de campo com toras em contato com o solo (Tabela 1).

O índice de deterioração foi admitido para estabelecer o estado sanitário de cada amostra, cerne e alburno, nos dois tipos de tratamentos (puro e diluído). Ao final, foi calculado a perda de massa de cada região e tratamento. Estes parâmetros foram avaliados tanto na parte aérea quanto na parte subterrânea da amostra, separadamente, conforme metodologia proposta por Trevisan et al (2003).

**Tabela 1.** Estado de sanidade para teste em campo de amostras de cerne e alburno do *E. urophylla*

ESTADO DE SANIDADE	NOTA	ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO
Sadio, nenhum ataque	0	100
Ataque leve ou superficial de fungos e térmitas	1	90
Ataque evidente, mas moderado de fungos e térmitas	2	70
Apodrecimento intenso ou ataque intenso de térmitas	3	40
Quebra, perda quase total de resistência	4	0

Fonte: Lepage, 1970.

### 2.11 Perdas de massa na madeira causada por organismos do solo

Depois de secas com aclimação de T=20°C e UR=65°C, foram determinados o volume e a massa seca de cada amostra. Dados que serão utilizados para o cálculo da perda de massa das amostras submetidas ao ensaio de campo.

$$PM = (M_i - M_f)$$

em que:

PM = perda de massa, em gramas;

M<sub>i</sub> = massa inicial com a madeira a 12% de umidade, em g.

M<sub>f</sub> = massa final a 12% de umidade, em g.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Análise química do extrato pirolenhoso

Pode-se verificar a presença de hidrocarbonetos aromáticos (PAHs): acenafteno e o fluoranteno na composição química do extrato (Tabela 2) (Anexo A).

**Tabela 2** – Compostos determinados no extrato pirolenhoso.

ENSAIOS	UNIDADES	LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO	RESULTADOS
Acenafteno	µg/kg	0,08	180,63
Acenaftileno	µg/kg	0,08	**ND
Antraceno	µg/kg	0,08	**ND
Benzo(a)antraceno	µg/kg	0,08	**ND
Benzo(b)fluoranteno	µg/kg	0,08	**ND
Benzo(g,h,i)perileno	µg/kg	0,08	**ND
Benzo(k)fluoranteno	µg/kg	0,08	**ND
Criseno	µg/kg	0,08	**ND
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg	0,08	**ND
Fenantreno	µg/kg	0,08	**ND
Fluoranteno	µg/kg	0,08	37,46
Fluoreno	µg/kg	0,08	**ND
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	µg/kg	0,33	**ND
Pireno	µg/kg	0,08	**ND

Fonte: CQA, 2018.

Legenda: \*\*ND: não detectado.

Estes hidrocarbonetos aromáticos são compostos químicos constituídos unicamente de átomo de carbono e hidrogênio, arranjados na forma de dois ou mais anéis aromáticos. Devido à possibilidade da fusão de um número variável de anéis e das várias posições em que estes anéis podem se ligar entre si, há atualmente mais de 100 hidrocarbonetos aromáticos reconhecidos pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) (POTIN et al., 2004; JACQUES et al., 2007).

Os hidrocarbonetos aromáticos são considerados compostos carcinogênicos, que receberam atenção especial da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da ciência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), eles têm sido destacados em vários estudos por seu risco na contaminação de alimentos (MOTTIER et al., 2000; COSTA, 2001; STUMPE-VÍKSNA et al., 2008; DUEDAHL-OLESEN et al., 2015; LEDESMA et al., 2016).

### 3.2 Teste de impregnação

Com os testes realizados verificou-se uma menor absorção do cerne em relação ao alburno nos dois tratamentos (puro e diluído) (Tabela 3). Este resultado pode ser explicado pelo fato do cerne ter menos espaços vazios do que o alburno, além de apresentar mais extrativos. Browning (1963) e Silva (2003), confirmam que o cerne apresenta diferenças marcantes em relação ao alburno, as quais podem ser interessantes ou não de acordo com a utilização da madeira. Algumas das diferenças mais importantes são que o cerne contém mais compostos fenólicos e ácidos e menos amido que o alburno.

Em relação ao teste de retenção observou-se que com o tratamento com o extrato diluído (50%) a retenção no alburno foi maior, e já com o tratamento puro (100%) a retenção foi maior no cerne (Tabela 3). Sendo este resultado para o alburno já esperado, devido ao fato do mesmo apresentar menor quantidade de extrativos e mais espaços vazios. Costa et al. (2017), analisaram as propriedades do cerne e do alburno da espécie *Eucalyptus camaldulensis* e verificaram que o teor de extrativos no cerne foi 5,08% e no alburno 2,30%.

**Tabela 3** - Valores médios de absorção e retenção da madeira do cerne e do alburno de *E. urophylla* tratadas com extrato pirolenhoso puro e diluído a 50%

POSIÇÃO	PURO (100%)		DILUÍDO (50%)	
	ABSORÇÃO (Kg.m <sup>3</sup> )	RETENÇÃO (Kg.m <sup>3</sup> )	ABSORÇÃO (Kg.m <sup>3</sup> )	RETENÇÃO (Kg.m <sup>3</sup> )
CERNE	45,24	7,25	49,59	2,32
ALBURNO	72,79	6,26	65,51	3,16

### 3.3 Caracterização Física

Os valores encontrados para a densidade do cerne e do alburno para as amostras de *E. urophylla* foram 0,432 g.cm<sup>3</sup> e 0,355 g.cm<sup>3</sup> respectivamente (Tabela 4). Este resultado pode ser explicado pelo fato da idade das árvores e pela presença de extrativos no cerne. Gouvêa et al., (2009) confirmaram que no gênero *Eucalyptus* a densidade pode variar com a idade, com o vigor, com a localização, com a taxa de crescimento, e na mesma árvore varia no sentido base-topo e na distância medula-casca. Bowyer et al., (2003) reportaram que madeiras com maior teor de extrativos têm a tendência de apresentar maior densidade.

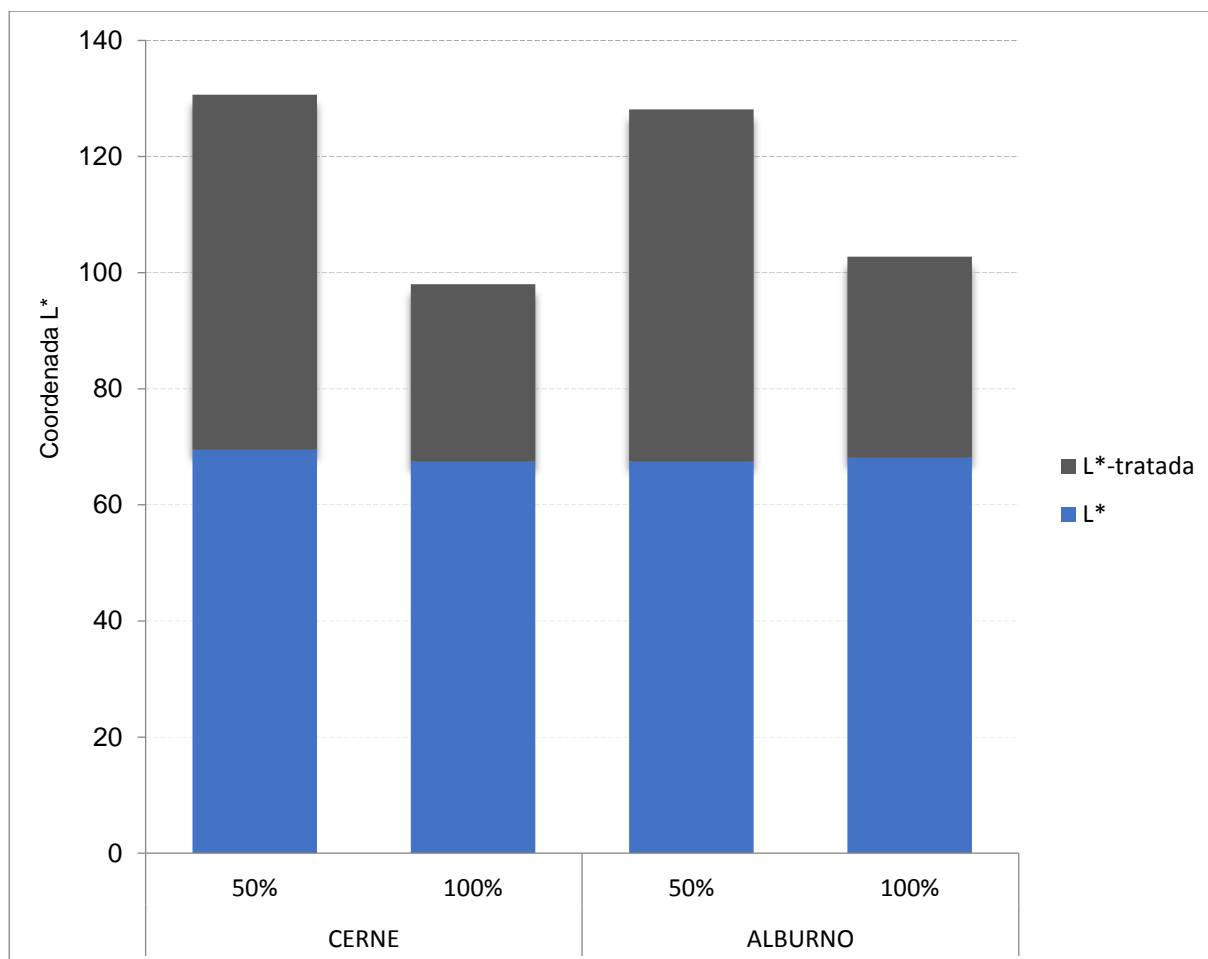
Os resultados de umidade encontrados para o cerne e o alburno foram 58% e 79% respectivamente. Este resultado não coaduna com o resultado de Amaral (2014) e Oliveira et al., (2005), que demonstraram que a umidade do alburno da tora será menor do que a do cerne, afirmando que a madeira do *E. urophylla* apresenta alta variabilidade quanto à distribuição radial da umidade, tendo uma queda de umidade no sentido medula-casca, com diferença de 80% da região mais interna para a mais externa do tronco.

**Tabela 4** – Valores de densidade e umidade da madeira do cerne e alborno de *E. urophylla*.

POSIÇÃO	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	UMIDADE (%)
CERNE	0,432	58
ALBURNO	0,355	79

### 3.4 Análises colorimétricas

O cerne tratado com o extrato a 50% é mais claro (maior L\*) que o cerne tratado com extrato a 100% (menor L\*) (Tabela 5). Esse fato pode ser observado na Figura 7, em que amostras com um tom amarelo foram tratadas com o extrato a 50% (diluído) e as amostras com o aspecto mais escuro foram tratadas com o extrato a 100% (puro), se aproximando a coloração preta (Figura 7).

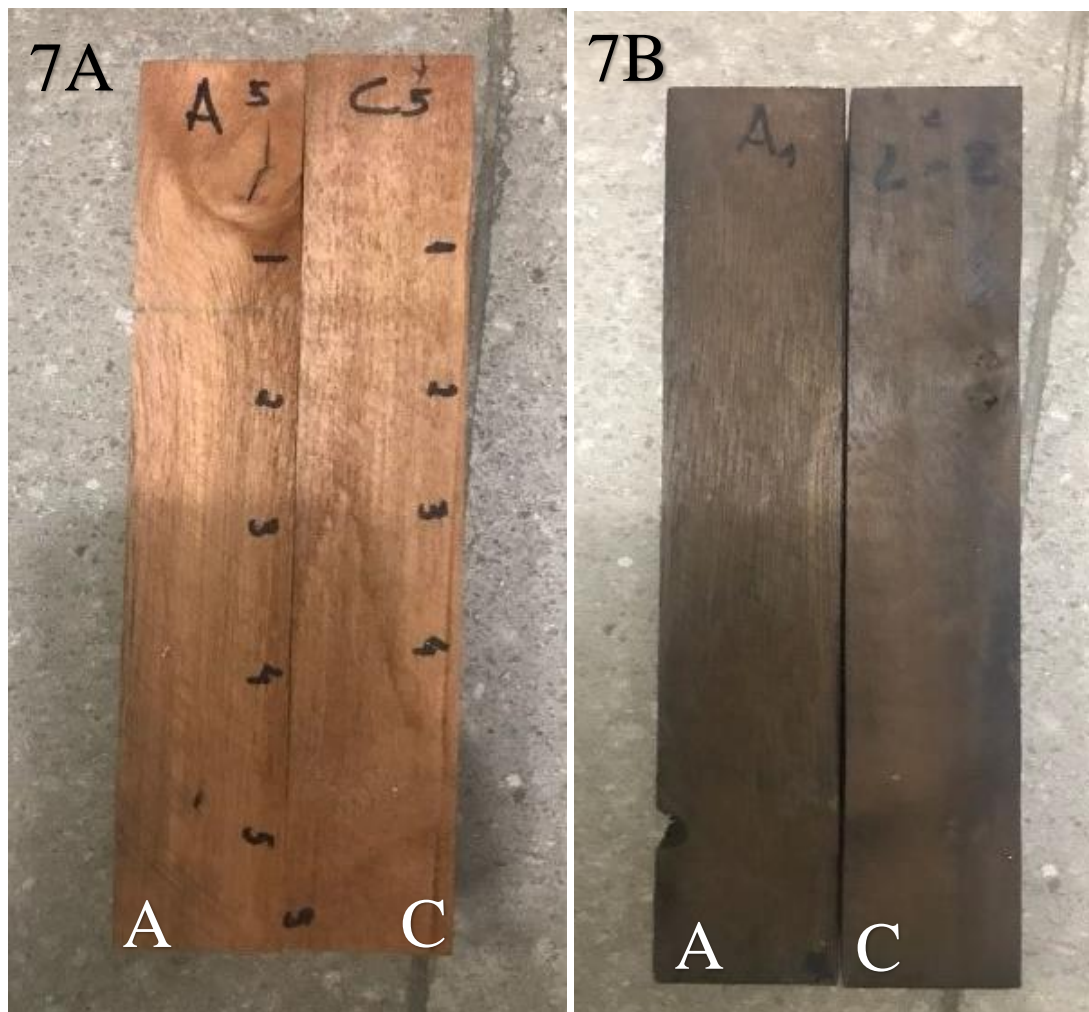


**Figura 7** - Coordenada L\* das madeiras de cerne e de alborno *E. urophylla* antes e após os tratamentos com extratos a 50% e a 100%.



A coordenada L\* apresentou um comportamento similar na madeira de alburno, isto é, após o tratamento com extrato a 50% a madeira apresentou maior luminosidade em relação ao tratamento com extrato a 100% (Tabela 5 e Figura 8).

Estes resultados podem ser explicados pela coloração do extrato pirolenhoso que, de acordo com Almeida (2012), deve aparentar ser de cor marrom amarelado claro ao tom castanho-avermelhado, deve ser semelhante à cor agradável de chá preto, cerveja ou guaraná.



**Figura 8** – Amostras de alburno(A) e cerne (C) de *E. urophylla* tratadas com o extrato a 50% (7A) e extrato a 100% (7B).

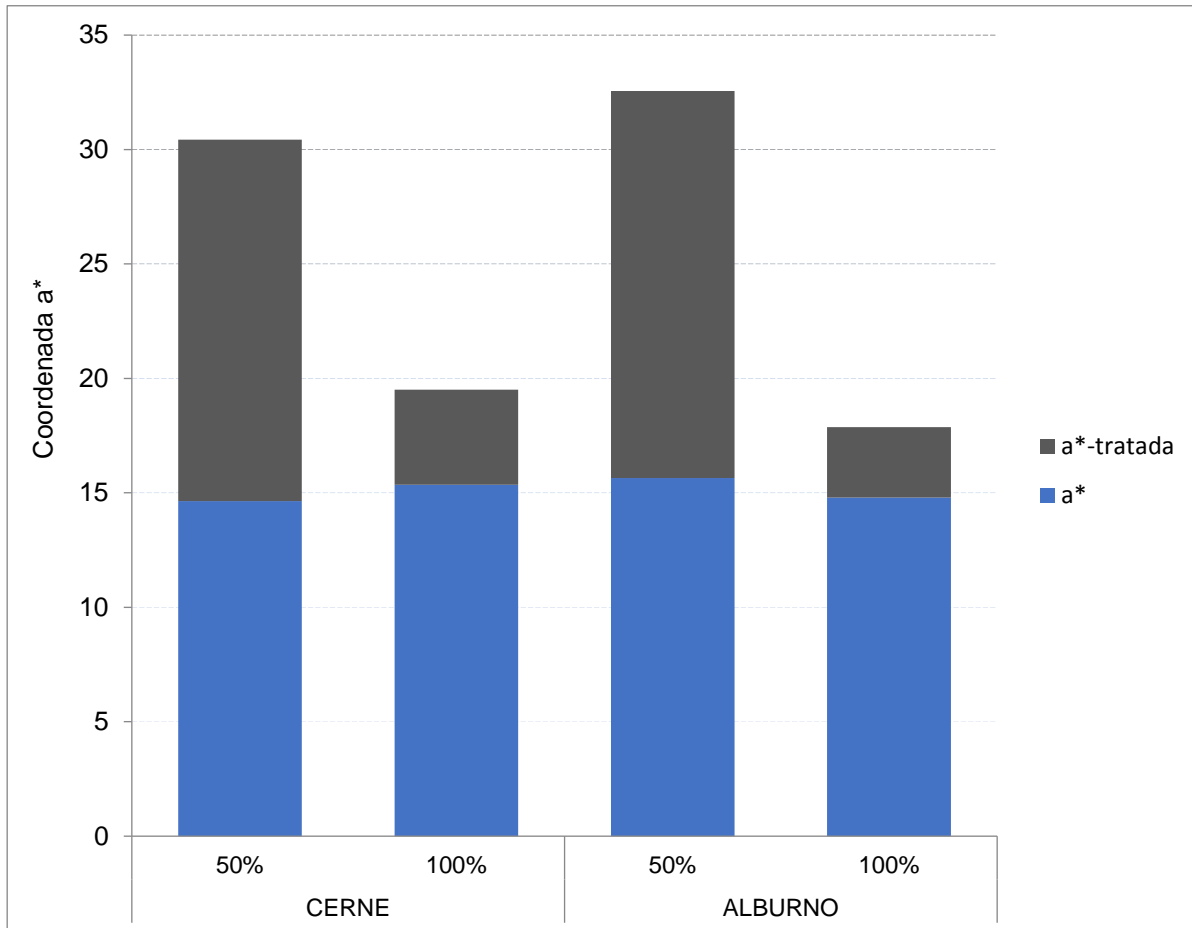
**Tabela 5.** Médias das variáveis colorimétricas das amostras de cerne e alburno da madeira de *E. urophylla*, com o tratamento puro e diluído

Madeira	Tratamento	L*	a*	b*	L* tratada	a* tratada	b* tratada	$\Delta L^*$ tratada	$\Delta a^*$ tratada	$\Delta b^*$ tratada	$\Delta E^*_{ab}$ tratada
Cerne	50%	69,49 aA (1,72)	14,64aB (0,60)	21,38bA (0,69)	61,17 aA (2,14)	15,79 aB (0,99)	25,12 aB (0,71)	8,32bA (1,14)	1,15 aA (0,78)	3,73 bA (1,24)	9,27 bA (1,42)
	100%	67,01 bA (1,26)	15,35 aA (1,00)	22,62aA (1,14)	30,58 bB (1,06)	4,16 bA (1,87)	8,45 bA (2,87)	36,43aA (1,16)	11,19 bA (2,58)	14,18 aA (3,68)	40,88 aA (1,96)
Alburno	50%	67,43 aA (2,25)	15,6aA (0,74)	21,61aA (1,00)	60,71 aA (2,27)	16,92 aA (0,80)	26,44 aA (1,04)	6,72bB (0,60)	1,53 bA (0,88)	4,82 bA (1,86)	8,60 bA (1,20)
	100%	68,15 aA (3,35)	14,7aA (1,83)	21,13aB (1,14)	36,70 bA (8,22)	4,20 bA (3,72)	10,52 bA (5,97)	31,45aA (10,47)	10,53 aA (3,61)	11,43 aA (2,89)	35,27 aA (10,77)

Legenda: L\*, L\*-tratada: luminosidade da madeira antes e após o tratamento, respectivamente. a\*, a\*-tratada: variável cromática no eixo verde-vermelho antes e após o tratamento, respectivamente. b\*, b\*-tratada: variável cromática no eixo azul-amarelo antes e após o tratamento, respectivamente.  $\Delta L^*$ -tratada,  $\Delta a^*$ -tratada,  $\Delta b^*$ -tratada: variação das coordenadas L\*, a\* e b\* após o tratamento.  $\Delta E^*_{ab}$ -tratada: variação total da cor após o tratamento.

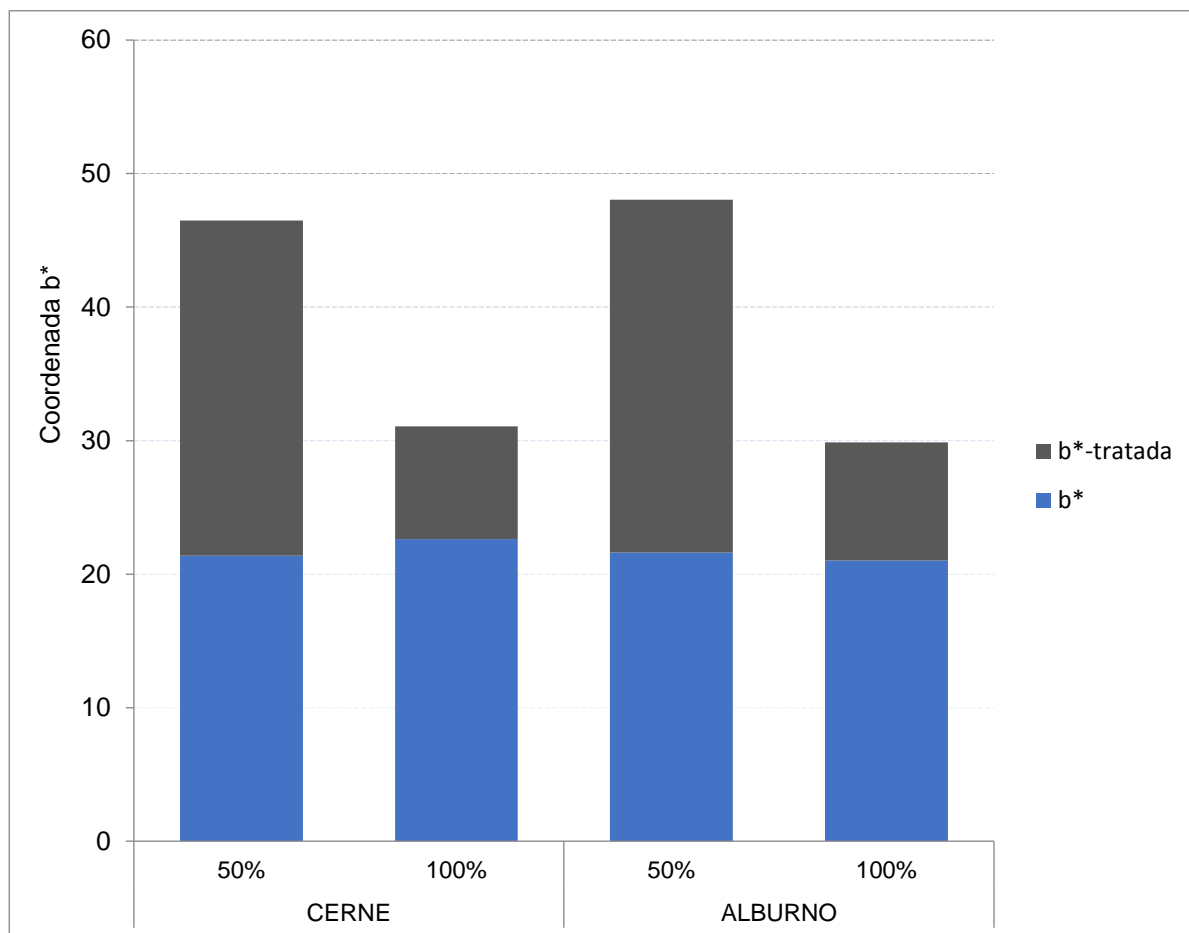
\*Significativo a 95% de probabilidade; ns: não significativo.

Para a coordenada a\*, houve uma redução significativa de 73,65% e de 75,17%, respectivamente nas madeiras de cerne e alburno após o tratamento com o extrato a 100% em relação ao tratamento com extrato a 50% (Tabela 5). Isso quer dizer que ambas madeiras perderam pigmentação vermelha em sua composição da cor (Figura 9).



**Figura 9** - Coordenada a\* das madeiras de cerne e de alburno de *E. urophylla* antes e após os tratamentos com extratos a 50% e a 100%.

O mesmo padrão de comportamento foi observado para a coordenada  $b^*$ , em ambas madeiras após receberem o tratamento com o extrato a 100%. Houve uma redução significativa de 66,36% e de 60,21% do pigmento amarelo nas madeiras de cerne e de alburno, respectivamente, portanto as duas madeiras tornaram-se mais escuras (Figura 8)(Figura 10).



**Figura 10** - Coordenada  $b^*$  das madeiras de cerne e de alburno de *E. urophylla* antes e após os tratamentos com extratos a 50% e a 100%.

Pode-se afirmar ainda que a madeira de cerne perdeu mais em tonalidade amarela do que a madeira de alburno. Esses resultados mostraram que quanto maior a porcentagem do extrato utilizado no tratamento menor será a tonalidade amarela e vermelha na cor da madeira de *E. urophylla*, pois os valores de  $a^*$ -tratada e  $b^*$ -tratada tendem a diminuir. O comportamento diferenciado na alteração da cor da madeira de cerne e alburno de *E. urophylla* após a aplicação de tratamento com extratos a 50% e a 100% pode se fundamentar na hipótese de que os grupos químicos que os compõem apresentam teor e/ou natureza distintos. Por isso, poderão vir a apresentar maior ou menor resistência à ação desses extratos e, conseqüentemente, poderão ir a ter uma resposta diferenciada quanto à formação de novos compostos químicos.

Para a madeira de cerne e de alburno,  $\Delta L^*$ -tratada,  $\Delta a^*$ -tratada,  $\Delta b^*$ -tratada e  $\Delta E^*_{ab}$ -tratada apresentaram um aumento significativo quando tratadas com o extrato a 100%. A luminosidade sofreu maior variação, seguido dos pigmentos amarelo e vermelho, no cerne. Já na madeira de alburno, a luminosidade sofreu maior variação, seguido dos pigmentos vermelho e amarelo (Tabela 5).

Ao observar  $\Delta E^*_{ab}$ -tratada, é possível verificar que a madeira de cerne sofreu maior variação de cor do que a madeira de alburno, em ambos tratamentos. Pode-se afirmar ainda que, em média, os tratamentos causaram um efeito maior na alteração da cor do cerne em relação a madeira do alburno. Mori (2004) relata que a definição da cor da madeira é fortemente influenciada pela quantidade de extrativos presentes no cerne, onde os componentes fenólicos desempenham importante papel.

Segundo Mori et al., 2005, as coordenadas cromáticas da madeira de *Eucalyptus* spp variam no sentido radial do fuste, sendo que o brilho ( $L^*$ ) aumenta no sentido medula - periferia do fuste. Portanto, naturalmente o cerne é mais escuro que o alburno, o tratamento apenas intensificou essa característica.

Para as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  observou-se um comportamento similar; o tratamento com extrato a 50% provocou diferença entre os tipos de madeira, sendo que a madeira de cerne tende a ser mais escura que a madeira de alburno (Tabela 6).

Em relação às variações das coordenadas colorimétricas, apenas o  $\Delta L^*$ -tratada apresentou diferença significativa entre os tipos de madeira quando as mesmas foram submetidas ao tratamento com extrato com a 50%. Pode-se afirmar ainda que, esse tratamento foi mais efetivo na madeira de cerne, a qual apresentou maior variação da luminosidade.

**Tabela 6** - Teste de Man-Whitney U (valor Z) para comparar os tipos de madeira (cerne x alburno) dentro de cada tratamento e comparar os tratamentos dentro de cada tipo de madeira de *E. urophylla*

Variáveis	Tratamento							
	Cerne		Alburno		50%		100%	
	50%	100%	50%	100%	Cerne	Alburno	Cerne	Alburno
$L^*$	2,72*		-0,52 <sup>ns</sup>		1,73 <sup>ns</sup>		-0,22 <sup>ns</sup>	
$a^*$	-1,73 <sup>ns</sup>		0,49 <sup>ns</sup>		-2,68*		0,52 <sup>ns</sup>	
$b^*$	-2,30*		1,20 <sup>ns</sup>		-0,59 <sup>ns</sup>		2,64*	
$L^*$ -tratada	3,77*		3,77*		0,60 <sup>ns</sup>		-2,41*	
$a^*$ -tratada	3,77*		3,77*		-2,34*		0,75 <sup>ns</sup>	
$b^*$ -tratada	3,77*		3,77*		-2,64*		-0,83 <sup>ns</sup>	
$\Delta L^*$ -tratada	- 3,77*		- 3,77*		3,02 <sup>ns</sup>		-0,37 <sup>ns</sup>	
$\Delta a^*$ -tratada	- 3,77*		-3,77*		-1,02 <sup>ns</sup>		-0,30 <sup>ns</sup>	

Legenda:  $L^*$ ,  $L^*$ -tratada: luminosidade da madeira antes e após o tratamento, respectivamente.  $a^*$ ,  $a^*$ -tratada: variável cromática no eixo verde-vermelho antes e após o tratamento, respectivamente.  $b^*$ ,  $b^*$ -tratada: variável cromática no eixo azul-amarelo antes e após o tratamento, respectivamente.  $\Delta L^*$ -tratada,  $\Delta a^*$ -tratada.

\*Significativo a 95% de probabilidade pelo Teste de Man-Whitney U; ns: não significativo.

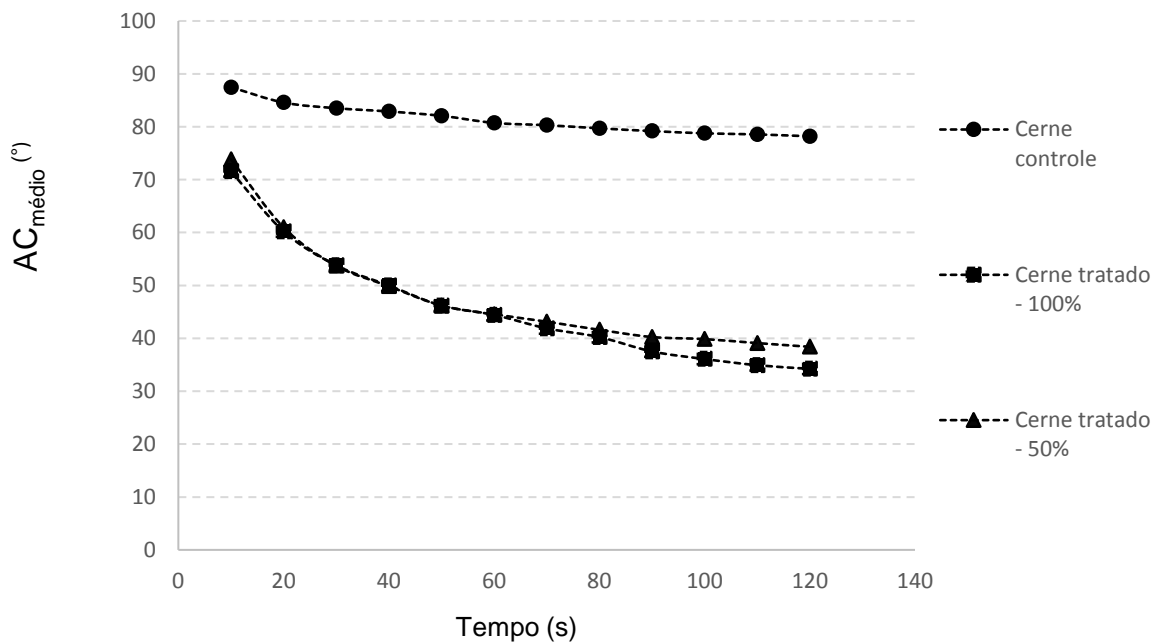
Os tratamentos com extrato a 50% e 100% afetaram a cor original da madeira de *E. urophylla* sendo o tratamento a 100% o que causou um efeito maior na alteração da cor da madeira. E os tratamentos causaram um efeito maior na alteração da cor da madeira de cerne em relação à madeira de alburno.

### 3.5. Molhabilidade da superfície

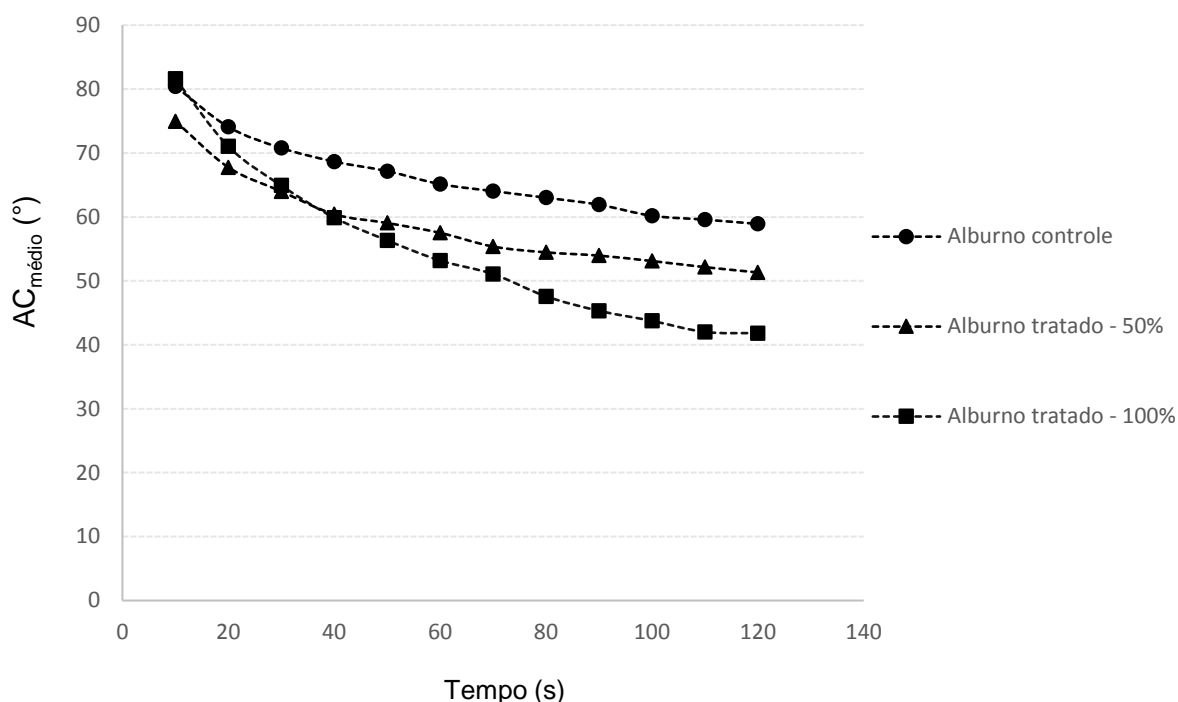
#### 3.5.1 Comportamento do ângulo de contato em função do tempo

Analisando as curvas das madeiras de cerne e alburno tratadas (50% e 100% de extrato) e não tratadas, observou-se que o cerne do controle obteve um maior ângulo de contato, portanto apresentou uma molhabilidade menor do que o alburno controle e tratado (Figuras 11 e 12). Siau (1971) e Pereira et al. (2000), citaram que o alburno recebe tratamentos preservativos com maior facilidade devido a sua baixa molhabilidade em relação ao cerne da madeira.

O efeito do extrato pirolenhoso no cerne foi superior, porque a redução do ângulo é maior (Figura 8 e 9). Quanto menor o ângulo de contato, maior é a molhabilidade da superfície e a energia superficial do material analisado. Superfícies com ângulos de contato de  $0^\circ$  apresentam uma molhabilidade completa; superfícies com valores finitos de ângulo são parcialmente molháveis (DALTIM, 2011) e uma superfície completamente hidrofóbica apresenta um ângulo de  $180^\circ$ . Sendo assim, pode-se observar no gráfico (figura 8 e 9), que os tratamentos estão com valores bem mais inferiores em relação ao controle, comprovando a efetividade dos tratamentos no cerne e do alburno.



**Figura 11** - Ângulo de contato médio ( $AC_{m\u00e9dio}$ ) em função de tempo da madeira de cerne de *E. urophylla* nos diferentes tratamentos.



**Figura 12** - Ângulo de contato médio ( $AC_{m\u00e9dio}$ ) em função de tempo da madeira de alburno de *E. urophylla* nos diferentes tratamentos.

### 3.5.2 Ângulo de contato médio

Os resultados das análises de variância do ângulo de contato médio ( $CA_{m\u00e9dio}$ ) (Tabela 7). O ângulo de contato médio foi afetado significativamente pelo tipo de tratamento da madeira, e também mostrou variação entre as variáveis independentes da madeira. Entretanto, não foi significativo quando só observado o tipo da madeira.

**Tabela 7** - Análise de variância (valor F) do ângulo de contato médio ( $CA_{m\u00e9dio}$ ) da madeira de *E. urophylla*.

Fonte de variação	Raiz $CA_{m\u00e9dio}$
Tipo de madeira	0,11 <sup>ns</sup>
Tratamento	26,17*
Tipo de madeira x Tratamento	8,69*

\* Significativo à 95% de probabilidade. <sup>ns</sup> Não significativo.

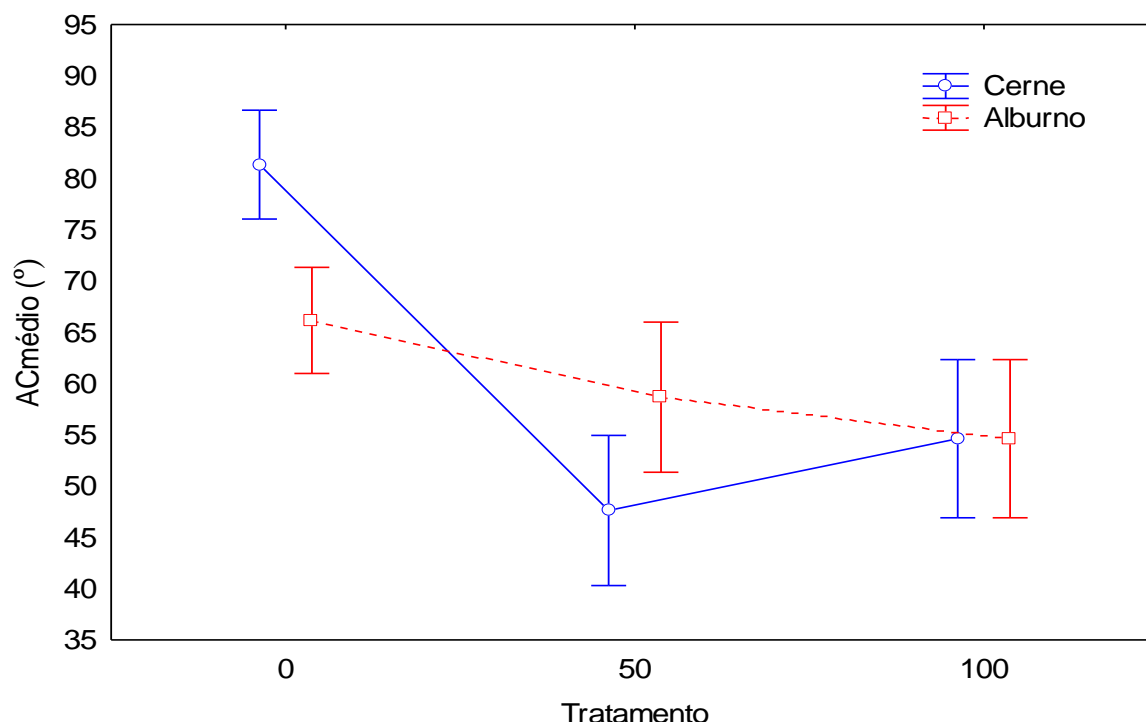
Comparando-se as madeiras de cerne e alburno dentro do tratamento (50%), observou-se que a madeira de alburno obteve os maiores valores de Raiz  $CA_{m\u00e9dio}$  e  $CA_{m\u00e9dio}$  (7,62° e 58,67° respectivamente) (Tabela 11). Portanto, a madeira de alburno mostrou uma menor molhabilidade do que a madeira do cerne. Este resultado não condiz com o explicado por Brito (2017), que diz que o alburno, por possuir vasos relativamente abertos para condução de água e minerais, tem uma alta permeabilidade, já o cerne tem uma maior proporção de extrativos que causam obstrução total ou parcial dos vasos condutores reduzindo sua permeabilidade. Em relação ao tratamento 100% não obteve-se diferença estatística entre as regiões (Tabela 8).

**Tabela 8** - Análises estatísticas descritivas (média e desvio padrão) do ângulo de contato médio ( $CA_{\text{médio}}$ ) da madeira de *E. urophylla*

Madeira	Tratamento	Raiz $CA_{\text{médio}}$ (°)	$CA_{\text{médio}}$ (°)
Cerne	Controle	9,00 (1,91) a	81,34 (7,87)
	50%	6,87 (0,08) c	47,62 (8,67)
	100%	7,35 (0,09) bc	54,62 (10,56)
Alburno	Controle	8,07 (0,11) b	66,16 (16,05)
	50%	7,62 (0,09) bc	58,67 (11,01)
	100%	7,35 (0,09) c	54,62 (10,12)

Médias com a mesma letra não são estatisticamente diferentes entre si segundo o teste de Tukey. Valores entre parêntesis = desvio padrão.

Como pode-se observar no cerne (50%) com a utilização do extrato pirolenhoso a madeira obteve uma maior molhabilidade, pois o ângulo de contato diminuiu, portanto, o produto aumentou a permeabilidade da madeira (Figura 13). Esse resultado não coaduna com o encontrado por Kumode (2008), que confirma a dificuldade de penetração de substâncias preservantes no cerne da madeira de eucalipto. E o analisado por Teixeira (2015), que diz que a permeabilidade da madeira de *Eucalyptus* spp. com 9 anos de idade, no alburno foi, em média, cerca de 64 vezes maior que a permeabilidade do cerne.



**Figura 13** - Interação dupla (tratamento x tipo de madeira) para o ( $CA_{\text{médio}}$ ) da madeira de *E. urophylla*



### 3.6 Ensaio de Campo

Pode-se verificar que após ficarem no campo de apodrecimento os corpos de prova apresentaram a deterioração (Tabela 9 e 10).

Após as análises dos resultados do índice de deterioração da parte aérea dos corpos de prova da madeira do *E. urophylla* pode-se verificar que as amostras não apresentaram danos evidentes, visto que os valores aproximaram-se de 100 (Tabela 9). Pode-se observar que, de todos os tratamentos, o alburno a 100% foi o mais atacado (maior deterioração).

**TABELA 9** - Índice de deterioração da parte aérea da madeira do cerne e alburno de *E. urophylla*, tratada com extrato pirolenhoso, puro e diluído, e submetida à deterioração em campo de apodrecimento por nove meses

TRATAMENTO	ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO	ÍNDICE	
		MÁXIMA	MÍNIMA
<b>Testemunha Cerne</b>	97	100	90
<b>Cerne 50%</b>	100	100	100
<b>Cerne 100%</b>	100	100	100
<b>Testemunha Alburno</b>	99	100	90
<b>Alburno 50%</b>	98	100	90
<b>Alburno 100%</b>	96	100	90

Em relação a ação de agentes xilófagos na parte subterrânea dos corpos de prova da madeira do *E. urophylla*, após análise pode-se verificar que todas as amostras sofreram ataques, sendo este resultado o mais esperado, pois as condições de exposição aos agentes xilófagos são maiores no solo (Tabela 10). Com o menor índice de deterioração sendo observado na madeira do alburno a 100%.

**TABELA 10** – Índice de deterioração da parte subterrânea da madeira do cerne e alburno de *E. urophylla*, tratada com extrato pirolenhoso, puro e diluído, e submetida à deterioração em campo de apodrecimento por nove meses

TRATAMENTO	ÍNDICE DE DETERIORAÇÃO	ÍNDICE	
		MÁXIMA	MÍNIMA
<b>Testemunha Cerne</b>	88	90	70
<b>Cerne 50%</b>	86	90	70
<b>Cerne 100%</b>	84	90	70
<b>Testemunha Alburno</b>	84	90	70
<b>Alburno 50%</b>	82	90	70
<b>Alburno 100%</b>	75	90	40

De acordo com Melo et al., (2010) essa análise subjetiva realizada por atribuição de notas é o principal parâmetro para avaliação da durabilidade de madeiras em ensaios de deterioração. Apesar disso, esse índice não ratifica que microrganismos e processos biológicos não tenham atuados na degradação da madeira, visto que sua interpretação está relacionada com danos aparentes e evidentes.

Por causa da sua constituição química e estrutura anatômica, a madeira está sujeita a deterioração de vários organismos biodeterioradores, dentre estes se destacando os fungos que são os responsáveis pelos maiores danos causados à madeira (PAES et al., 2007; PAES, 2002; CAVALCANTE, 1982; HUNT & GARRATT, 1967). Oliveira et al (1986) afirmaram que as condições de temperatura, dentre outros fatores, são importantes na determinação dos microrganismos aptos a colonizar a madeira e decompô-la e têm marcante influência na velocidade da decomposição. Temperaturas entre 5 e 65 °C permitem o desenvolvimento desses microrganismos, entretanto são poucos os que crescem acima de 35 ou 40°C. No entanto, como diferentes espécies de organismos apresentam diferentes tolerâncias e pontos ótimos de temperaturas, esse fator pode influenciar intensamente a composição de espécies das populações que colonizaram o material nos diferentes estágios da degradação.

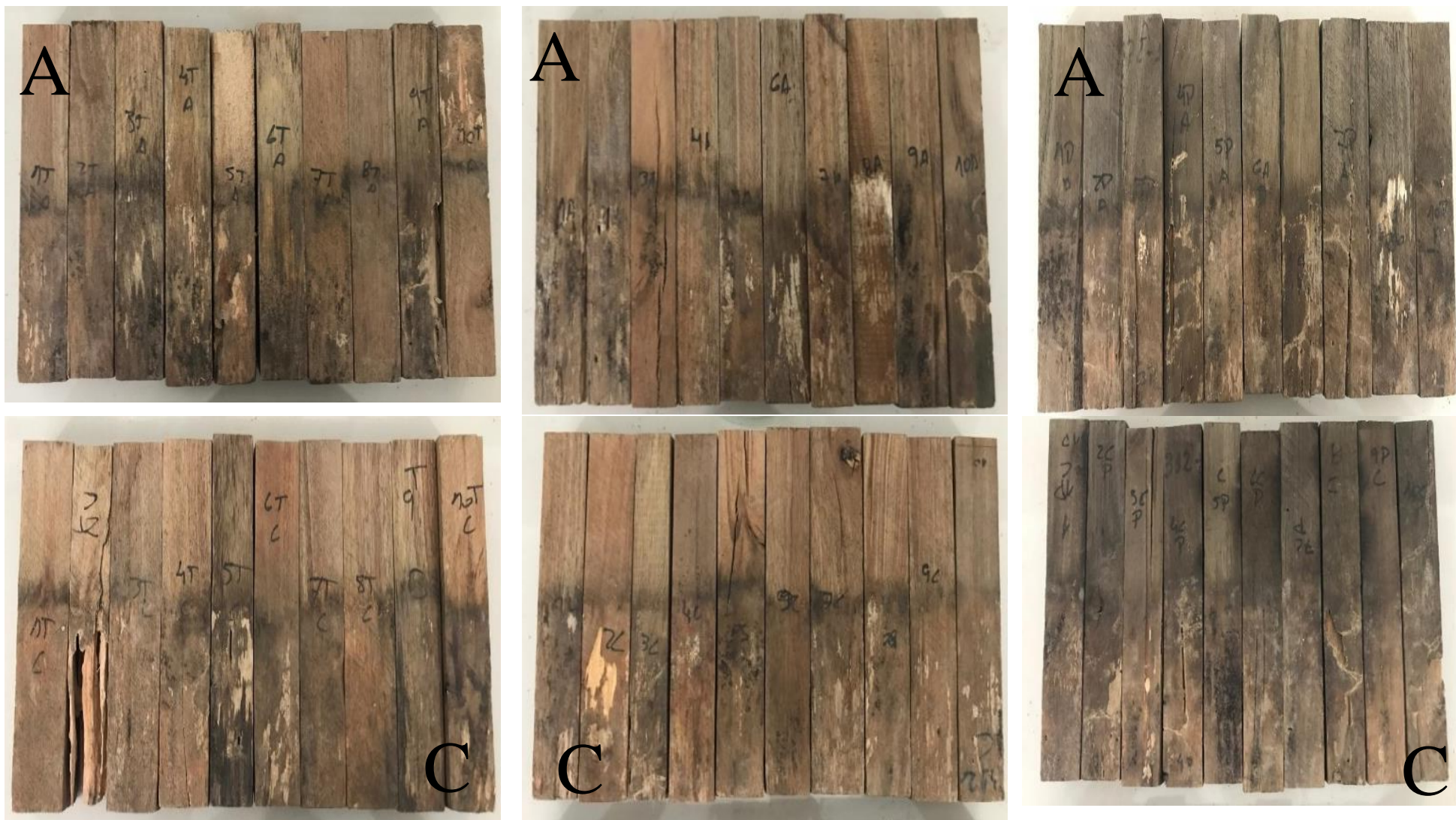
Os resultados médios das temperaturas encontrados no campo de apodrecimento, máxima e mínima foram: 24 e 23 °C, respectivamente. Esta pequena amplitude nos valores registrados afeta a umidade relativa do ambiente e nas amostras, favorecendo o desenvolvimento dos fungos.

Ao comparar os resultados de deterioração entre nas partes aérea e subterrânea, pode-se verificar que a parte subterrânea dos corpos de prova, apresentaram uma maior deterioração quando comparada com a parte aérea (Figura 15). Sendo identificados duas espécies de térmitas nas amostras da madeira de *E. urophylla*, os *Heterotermes* sp e *Coptotermes gestroi* (Figura 14).

As amostras de madeira de alburno apresentaram os menores índices de deterioração nos dois tratamentos (50% e 100%), sendo registrado respectivamente 82 e 75 (Tabela 10), o que denota uma maior deterioração dessa região da madeira de *E. urophylla* em comparação com o cerne. Silva et al (2004), afirma que o alburno é mais suscetível ao ataque de agentes biológicos, por apresentar material nutritivo em grande quantidade na sua composição, e ausência de compostos inseticidas.



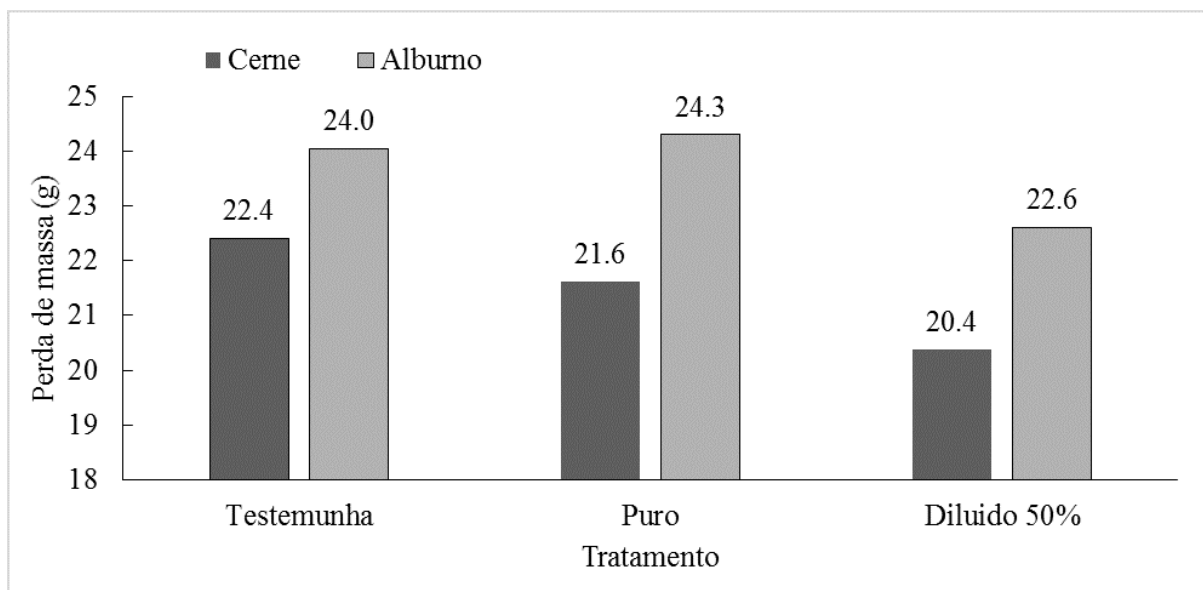
**Figura 14** – Ataque de *Heterotermes* sp e *Coptotermes* em amostras de madeira de *E. urophylla*



**Figura 15** – Estacas de *E. urophylla* tratadas com extrato pirolenhoso nas regiões de alburno (A) e cerne (C) e submetidas à deterioração por 9 meses em campo de apodrecimento.

### 3.7 Perda de massa

Avaliando os resultados pode-se verificar que o cerne apresentou a menor perda de massa (Figura 16). Paes e Vidal (2000) afirmam que, no caso do cerne, a resistência natural da madeira está correlacionada com a presença de extrativos e ausência de material nutritivo, o que proporciona uma maior durabilidade desta região da madeira. Silva (2013) relata que geralmente existe uma grande diferença de resistência entre o cerne e o alburno, sendo o cerne normalmente mais resistente.



**Figura 16.** Perda de massa, em gramas, da madeira do cerne e alburno de *E. urophylla*, tratada com extrato pirolenhoso (puro e diluído) submetida à deterioração em campo de apodrecimento por nove meses.

Analisando todos os resultados, pode-se dizer que o extrato pirolenhoso, não agregou resistência biológica na madeira do *E. urophylla*, visto que as amostras sem tratamento obtiveram uma perda de massa equivalentes (Figura 16).

Nascimento et al (2016) ao estudar o extrato pirolenhoso observou um efeito inibitório sobre a ação de cupim do gênero *Nasutitermes* em madeiras de *E. cloezana* em laboratório, porém o resultado não foi significativo para considerar o extrato um bom preservante para uso em madeira.

#### 4. CONCLUSÃO

- O extrato pirolenhoso apresentou hidrocarbonetos aromáticos, sendo eles o Acenafteno e Fluoranteno.
- Em relação ao teste de impregnação o extrato pirolenhoso não alterou a capacidade de absorção e retenção do cerne e alburno da madeira de *E. urophylla*.
- O uso do extrato pirolenhoso alterou a cor da madeira do *E. urophylla* nos dois tratamentos (50 e 100%), sendo o tratamento a 100% o que causou a maior alteração da cor da madeira.
- Conclui-se que, tanto no cerne quanto no alburno os tratamentos aumentaram a molhabilidade, porém com maior efetividade no cerne da madeira de *E. urophylla*.
- O extrato pirolenhoso não agregou resistência a madeira do *E. urophylla*, quando usado como preservante.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeira: determinação da densidade básica** – Requisitos, NBR 11941. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.
- AMARAL, L. S.; SILVA, J. R. M.; HEIN, P. R. G.; TRUGILHO P. F. Influência do diâmetro e umidade no tratamento preservativo de moirões de Eucalyptu. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.5, p.919-925, 2014
- ALMEIDA, R. S. R. **Potencial do extrato pirolenhoso da madeira de eucalipto como agente conservante de cosméticos e saneamentos**. 2012. 112 p. Tese (Doutorado em Ciências. Programa Recursos Florestais – Tecnologia dos produtos florestais – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **Standard method for chemical analyses of wood charcoal**. Annual Book of ASTM Standard. Philadelphia, 1977. 1042 p.
- ANDRADE, E. N. O Eucalipto. Cia Paulista de Estradas de Ferro, Jundiaí, São Paulo, 667p, 1961.
- AYRILMIS, N. DUNDAR, T. CANDAN, Z. AKBULUT, T. Wettability of fire retardant treated laminated venner lumber (LVL) manufactured from venners dried at different temperatures. **BioResources** 2009; 4(4): 1536-1544.
- BERG, J. C. Role of acid-base interactions in wetting and related phenomena. In: Berg JC, organizador. **Wettability**. New York: Marcel Dekker; 1993. p. 75-148.
- BRITO, A. F. **Resistência de madeira de várias espécies de Eucalipto a organismo xilófagos e intemperismo após tratamento com CCB por substituição de seiva**. 2017. 124 p; Tese (Doutorado em Agronomia, Programa Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus Botucatu.
- BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley, 1963. 689 p
- BURGER, L. M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- BURKARTER E. **Desenvolvimento de superfícies superhidrofóbicas de politetrafluoretileno**. 2010. Tese - Curitiba: Física no Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná; 2010.
- 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, p. 30-41, set. 2001.
- CAMPOS, A.D. Técnicas para Produção de Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola. EMBRAPA - Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica 65, Pelotas, Dez. 2007, 8p.

CAVALCANTE, M. S. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1982. 40 p. (Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

COSTA, A. F. **Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos:determinação de 1-hidroxipireno urinário**. 2001. 80p. Dissertação. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública;

COSTA, A. C. S.; LEAL, C. S.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C. Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ci. Madeira**, v. 8, n. 1,2017. <http://dx.doi.org/10.15210/cmadv8i1.8926>

DALTIN, D. **Tensoativos - química, propriedade e aplicações**. 344 P. Edição: 1 °. 2011

DERKYI, N. S. A.; BAILLÈRES, H.; CHAIX. G.; THEVENOM. M, F.; OTENG-AMOAKO, A. A.; ADU-BREDU, S. Colour variation in teak (*Tectona grandis*) wood from plantations across the ecological zones of Ghana. **Abstract Ghana Journal of Forestry** 2009; 25: 40-49.

DESCH. H.E.; DINWOODIE. J, M. **Timber-its structure, properties and utilization**. London: McMillan; 1993.

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

DUEDAHL-OLESEN, L.; AASLYNG. M.; MEINERT, L.; CHRISTENSEN, T.; JENSEN, A.H.; BINDERUP, M. L. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Danish barbecued meat. **Food Control. R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1175-1185, 2015.

FOWKES, F. M. Attractive forces at interfaces. *Industrial & Engineering Chemistry*, 1964; 56(12): 40-52. <http://dx.doi.org/10.1021/ie50660a008>.

GENNES P.; BROCHARD-WYARD F.; QUÉRÉ D. Capillarity and wetting phenomena: drops, bubbles, pearls, waves. New York: **Springer-Verlag**; 2003.i

GONÇALEZ, J. C. **Caractérisation technologique de quatre espèces peu connues de la forêt amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques**. Tese. Nancy: École Nationale de Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Université de Nancy I; 1993.

GONÇALEZ, J. C.; FREIRE FÉLIX, T. L.; NUNES GOUVEIA, F.; ALVES CAMARGOS, J. A.; GOMES RIBEIRO, P. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia Goeldiana huber*) após receber produtos de acabamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol. 20, n. 4, p.657-664, 2010.

GONZÁLEZ-PENA, M. M.; HALE, M. D. C. Colour in thermally modified wood of beech, Norway spruce and Scots pine part 1: colour evolution and colour changes. **Holzforschung**, Berlin, v. 63, p. 385-393, 2009.

GOUVÊA, A. F. G.; TRUGILO, P. F.; COLODETTE, J. L.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; GOMIDE, J. L. Avaliação da madeira e da polpação kraft em clones de Eucaliptos. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1175-1185, 2009

**Guia do Eucalipto**. Oportunidades para um desenvolvimento sustentável. Conselhos de informações em biotecnologia. Junho 2008. Disponível em [www.cib.org.br](http://www.cib.org.br). Acesso em 11/10/2018.

GUILLÉN, M. D.; IBARGOITI, M. L. New components with potential antioxidant and organoleptic properties, detected for the first time liquid smoke flavoring preparations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **Davis**, v. 46, n. 4, p.1276-1285, 1998.

GUILLÉN, M. D.; MANZANOS, M. J.; ZABALA, L. Study of a commercial liquid smoke flavoring by means of Gas Chromatography/Mass spectrometry and fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **Davis**, v. 43, n. 2, p. 463-468, 1995.

HUNT, M. G.; GARRAT, G. A. **Wood preservation**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1967. 433 p.

Ibá – Instituto Brasileiro de Árvores. **Relatório Ibá 2016**. 2016.

JACQUES, R. J. S.; Bento, F. M.; Antonioli, Z, I.; Camargo, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.1192-1201, jul-ago,2007

JANIN, G.; GONÇALEZ, J.; ANANIAS, R.; CHARRIER, B.; FERNANDES, G.; DILEM, A. Aesthetics appreciation of wood colour and patterns by colorimetry. Part 1. Colorimetry theory for the CIELab System. **Maderas: Ciencia y Tecnología** 2001; 3: 3-13.

JOHNSON, R. E.; DETTRE, R. H. **Wettability: wetting of low-energy surfaces**. New York: Marcel Dekker; 1993.

KOKUTSE AD, STOKES A, BAILLÈRES H, KOKOU K, BAUDASSE C. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L. f.) heartwood and relationship with colour. **Trees** 2006; 20(2): 219-223. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-005-0028-0>.

KONICA MINOLTA SENSING. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**. São Paulo, 1998. 59 p.

KUMODE, M. M. N. **Análise das causas da deterioração precoce dos postes de madeira tratada na ilha do mel**. Dissertação (mestrado). Engenharia Florestal, área de Concentração Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008

LEDESMA E, RENDUELES M, DIAZ M. **Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: processes and prevention**. **Food Control**. 2016;60:64-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.016>.



LEPAGE, E. S. Método Sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira. **Preservação de madeiras**, São Paulo, v. 1, p. 205-216, 1970.

LEPAGE, E.S. et al **Manual de preservação de madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Divisão de madeiras. São Paulo, v. I e II, 707p, 1986.

LOO A. Y, **Isolation and characterization of antioxidant compounds from pyrolygneous acid of Rhizophora apiculata**. 2008. 239f. Tese (Doutorado). Universiti Sains Malaysia. Penang, 2008.

LOO A. Y.; JAIN, K. A., DARAH, I. B. Antioxidant activity of compounds isolated from the pyrolygneous acid Rhizophora apiculata. **Food Chemistry**, Whiteknights, 2008. n. 107, p.

MADY FTM. Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais. Manaus: **SEBRAE/AM/Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico**; 2000.

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

MCGINNE, E. A.; PHELPS, J.E. Growth-quality evaluation of black walnut wood. Part III: An anatomical study of color characteristics of black walnut veneer. **Wood and Fiber Science** 1983; 15(3): 212-218.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n 2, p. 357-365, 2010.

MORI, C.L.S. de O.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.; TRUGILHO, P.F.; GONÇALEZ, J.C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de Eucalyptus sp. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 1, p.137-146, 2005.

MORI, C.L.S. de O.; MORI, F.A.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de Eucaliptos. **Ciência Florestal**, Curitiba, v.14, n. 2, p.123-132, 2004.

MOTTIER, P.; PARISOD, V.; TURESKY, R. J. Quantitative Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Barbecued Meat Sausages by Gas Chromatography Coupled to Mass Spectrometry. **J Agric Food Chem.** 2000;48(4):1160-6. <http://dx.doi.org/10.1021/jf991205y>. PMID:10775366.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab Measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver birch wood. **Scandinavian Journal of Forest Research** 2002; 17(2): 179-191. <http://dx.doi.org/10.1080/028275802753626827>.

NASCIMENTO, L. A.; REIS, A. M.; SILVA, A. G.; OLIVEIRA, C. H. R. Avaliação do uso do extrato pirolenhoso no tratamento de madeira de *Eucalyptus cleoziana* pelo método de substituição de seiva em comparação com o CCB. **Resumo...**In: seminário de iniciação científica – Instituto Federal de Minas Gerais, 2012, São João Evangelista, MG.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.115-127, 2005

OYARCE, C. D. B. **Modification of wood color via electroheating technology**. 2006. 56 f. Dissertation (Master of Science) - University of Idaho, Idaho, 2006.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K. D. Hill e L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos, em testes de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 97-104, 2000.

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

POTIN, O. et al. Bioremediation of an aged polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)-contaminated soil by filamentous fungi isolated from the soil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Oxford, v.54, n.1, p.45-52, 2004.

ROURA, P., FORT, J. Local thermodynamic derivation of young's equation. **Journal of Colloid and Interface Science**. 2004; 272(2): 420-429. PMID:15028507. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2004.01.028>.

ROWELL, R. M. Wood chemistry and wood composites. **Boca Raton**: CRC Press; 2005.

SCHNITZER, J. A.; FARIA, R. T.; VENTURA, M. U.; SORACE, M. Substratos e extrato pirolenhoso no cultivo de orquídeas brasileiras *Cattleya intermedia* (John Lindley) e *Miltonia clowesii* (John Lindley)(Orchidaceae). **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 1, p. 139-143, 2010

SEVERO, E. T. D., TOMASELLI, I. Vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii* de duas procedências. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.1, n. 1-2, p. 29-32, 2000. Editora da UFPR.

SIAU, J. F. Transport Processes in Wood; **Springer-Verlag**: Berlin, 1984

SILVA, L. F.; PAES, J. B.; JESUS JUNIOR, W. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; FURTADO, E. C.; ALVES, F. R. Deterioração da madeira de eucalyptus spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, v. 20 n. 3 p. 393-400 2013.

SILVA, A. S.; ZANETTI, R.; CARVALHO, G. A.; MENDONÇA, L. A. Qualidade de mudas de eucaliptos tratadas com extrato pirolenhoso. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 19-26, 2006.

SILVA, J. C.; LOPEZ, A. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* w. hill ex. maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). **Árvore**, Viçosa, v. 28. n. 4, p. 583-587, 2004.

SILVA, Z.A.G.P.G. Análise econômica da concentração no uso de madeira tropical pelo setor de marcenarias de Rio Branco, Estado do Acre, 1996. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 48-58, dez 2003.

SMITH, V. C.; POKORNY, J. Color matching and color discrimination. In: SHEVELL, S.K. **The science of color**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier B.V., 2003. cap. 3, p.103-148.

STUMPE-VÎKSNA, I.; BARTKEVIÈS, V.; KUKÂRE, A.; MOROZOV, A. Polycyclic aromatic hydrocarbons in meat smoked with different types of wood. **Food Chem.** 2008;110(3):794-7.

SUNDQVIST, B.; MORÉN, T. The influence of wood polymers and extractives on wood colour induced by hydrothermal treatment. **Holz als Roh-und Werkstoff**, Berlin, v. 60, p. 375-376, 2002.

TEIXEIRA, R. U. **Efeito da produtividade florestal e permeabilidade da madeira de *Eucalyptus* spp. na velocidade de secagem**. Viçosa. 2015. 47p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa.

TREVISAN, H.; DE NADAI, J.; LUNZ, A. M.; CARVALHO, A. G. Ocorrência de térmitas subterrâneas (isoptera: rhinotermitidae e termitidae) e durabilidade natural da madeira de cinco espécies florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 13, n. 2. p. 153-158, 2003.

WU, S. J. **Calculation of interfacial tension in polymer systems**. **Journal of Polymer Science: Polymer Symposia** 1971; 34(1): 19-30. <http://dx.doi.org/10.1002/polc.5070340105>.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O.; MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO, S. A. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto Limoeiro ‘Cravo’ em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 508-512, 2003.

## 6. ANEXO

### Anexo A

LAUDO/OS Nº 226859
1/1 SLS
EMIÇÃO 01



#### LAUDO DE ENSAIOS LABORATORIAIS

INFORMAÇÕES DO CLIENTE	
CLIENTE: IPEF - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS	
ENDEREÇO: VIA COMENDADOR PEDRO MORGANTI - MONTE ALEGRE	
CIDADE: PIRACICABA / SP	TEL./FAX: (19) 3241-1555
CONTATO: SR. ANANIAS FRANCISCO DIAS JÚNIOR	E-MAIL: <a href="mailto:ananiasjr@usp.br">ananiasjr@usp.br</a>
DATA ENTRADA DA AMOSTRA: 17/04/18	DATA EMISSÃO DO LAUDO: 27/04/18
INFORMAÇÕES DE AMOSTRAGEM	
ENDEREÇO: VIA COMENDADOR PEDRO MORGANTI - MONTE ALEGRE	
CIDADE: PIRACICABA / SP	
DATA DA AMOSTRAGEM: 02/04/2018	TIPO DE MATRIZ (AMOSTRA): MATERIA PRIMA
HORÁRIO INÍCIO AMOSTRAGEM: NÃO INFORMADO	LOTE: NÃO INFORMADO
HORÁRIO TÉRMINO AMOSTRAGEM: NÃO INFORMADO	DATA DE FABRICAÇÃO: NÃO INFORMADO
RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM: O INTERESSADO	DATA DE VALIDADE: NÃO INFORMADO
	PLANO: DO CLIENTE - POP: DO CLIENTE
CONDIÇÕES AMBIENTAIS DURANTE AMOSTRAGEM: TEMPERATURA: *NA - UMIDADE: *NA	
CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: TEMPERATURA: 26,0°C	
INFORMAÇÕES DE AMOSTRAGEM ENDEREÇO: VIA COMENDADOR PEDRO MORGANTI - MONTE ALEGRE	
CIDADE: PIRACICABA / SP	
DATA DA AMOSTRAGEM: 02/04/2018 TIPO DE LOTE: NÃO INFORMADO MATRIZ (AMOSTRA): MATÉRIA PRIMA	
HORÁRIO INÍCIO AMOSTRAGEM: NÃO INFORMADO	DATA DE FABRICAÇÃO: NÃO INFORMADO
HORÁRIO TÉRMINO AMOSTRAGEM: NÃO INFORMADO	DATA DE VALIDADE: NÃO INFORMADO
RESPONSÁVEL AMOSTRAGEM: O INTERESSADO	PLANO: DO CLIENTE - POP: DO CLIENTE
CONDIÇÕES AMBIENTAIS DURANTE AMOSTRAGEM: TEMPERATURA: *NA - UMIDADE: *NA	
CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO DA AMOSTRA: TEMPERATURA: 26,0°C	

#### EXTRATO PIROLENHOSO

ENSAIOS	UNIDADES	LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO	RESULTADOS	ANÁLISES		MÉTODOS
				INÍCIO	FINAL	
Acenafeno	µg/Kg	0,08	180,63	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Acenafileno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Antraceno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Benzo(a)antraceno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Benzo(a)pireno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Benzo(b)fluoranteno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Benzo(g,h,i)perileno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Benzo(k)fluoranteno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Criseno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Fenantreno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Fluoranteno	µg/Kg	0,08	37,46	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Fluoreno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	µg/Kg	0,33	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>
Pireno	µg/Kg	0,08	**ND	25/04/18	25/04/18	EPA 3500C:2007 /EPA 8270D:2014 <sup>(1)</sup>

\*NA: NÃO APLICÁVEL    \*\*ND: NÃO DETECTADO    \*\*\*<LQ: MENOR QUE O LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO

METODOLOGIAS:

1) EPA - Environmental Protection Agency - SW 846: Testing methods for evaluating solid wastes

**FOTO**

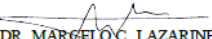


Os resultados das análises laboratoriais apresentadas referem-se exclusivamente à amostra analisada.

A reprodução deste documento somente poderá ser feita na íntegra, sendo proibida a reprodução parcial.

Documento assinado digitalmente usando certificados emitidos no âmbito da ICP-Brasil. De acordo com o art. 10 da MP n° 2.200-2 de 24 de agosto de 2001, "As declarações constantes dos documentos em forma eletrônica produzidos com a utilização de processo de certificação disponibilizado pela ICP-Brasil presumem-se verdadeiros em relação aos signatários", tendo a mesma validade jurídica que os documentos em papel com assinaturas manuscritas.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade ao Sistema Internacional de Unidades – SI.

  
**DR. MARGELO C. LAZARINE**  
GERENTE TÉCNICO  
CRFSP/62094 / CRQ: 04157706



CHAVE DE AUTENTICIDADE: 14Fu30ed77vCk1erCmp0  
Verifique a autenticidade deste laudo informando Laudo/OS

Laboratório ISO/IEC 17025:2005 - Veja escopos em:  
<http://www.cqa.com.br/escopos.htm>

ML-0046-02

[www.cqa.com.br](http://www.cqa.com.br)

Av. Júlio Diniz, 27 • Jd. N. Sra Auxiliadora  
Campinas/SP • CEP 13075-420  
Fone/Fax: (19) 3241-1555