

Gláucia Cota Nunes

**DURABILIDADE NATURAL DAS MADEIRAS DE *Cupressus lusitanica*,  
*Cryptomeria japonica* E *Pinus taeda* EM ENSAIO DE DETERIORIZAÇÃO  
A CAMPO**

Curitibanos

2018

Gláucia Cota Nunes

**DURABILIDADE NATURAL DAS MADEIRAS DE *Cupressus lusitanica*,  
*Cryptomeria japonica* E *Pinus taeda* EM ENSAIO DE DETERIORIZAÇÃO  
A CAMPO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Magnos Alan Vivian

Curitibanos

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Nunes, Gláucia Cota  
DURABILIDADE NATURAL DAS MADEIRAS DE Cupressus  
lusitanica, Cryptomeria japonica E Pinus taeda EM ENSAIO  
DE DETERIORIZAÇÃO A CAMPO / Gláucia Cota Nunes ;  
orientador, Magnos Alan Vivian, 2018.  
55 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,  
Curitibanos, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. I. Vivian, Magnos Alan. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Florestal. III. Título.

Gláucia Cota Nunes

**DURABILIDADE NATURAL DAS MADEIRAS DE *Cupressus lusitanica*,  
*Cryptomeria japonica* E *Pinus taeda* EM ENSAIO DE DETERIORIZAÇÃO  
A CAMPO**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora

Curitiba, 29 de Junho de 2018.



Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.  
Coordenador do Curso

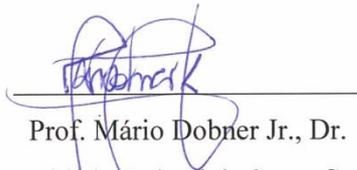
**Banca Examinadora:**



Prof. Magnos Alan Vivian, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Mário Dobner Jr., Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof<sup>a</sup>. Karina Soares Modes, Dr<sup>a</sup>.

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser o meu guia, o responsável pelo meu destino, sem ele nada disso seria possível, ao meu pai Laércio, minha mãe Marizete, meus irmãos e meu sobrinho.

## AGRADECIMENTOS

Grata a Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades e missões que colocou no meu caminho.

Agradeço meus pais Laércio e Marizete por cada incentivo, orientação para que eu sempre andasse no caminho certo, vocês são meus maiores exemplos.

Em especial agradeço a minha mãe que mesmo distante nunca me deixou sentir sozinha, me deu todo apoio, amor, carinho e que principalmente entendeu os meus momentos de ausência.

Aos meus irmãos Glauber e Grazielle por todo amor e paciência.

Ao meu sobrinho Murilo Henrique que está crescendo e a titia está longe.

Aos meus avós paternos (Maria e Geraldo) e maternos (Conceição e Murilo) “in memoriam” aproveito para agradecê-los onde estiverem, foram vocês que iniciaram tudo.

Aos meus tios, tias e primos, cunhado e cunhada e amigos que estiveram presentes, ainda que à distância.

Aos professores e servidores da Universidade Federal de Santa Catarina que me deram recursos e ferramentas para cada dia evoluir um pouco.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Magnos Alan Vivian pela paciência, carinho e toda a ajuda em cada etapa do processo.

Ao Prof. Dr. Mário Dobner Jr, pela ajuda na obtenção do material, por toda parte processamento e de instalação na fazenda experimental.

À empresa Florestal Gateados Ltda., por apoiar e doar o material utilizado no experimento.

Aos meus amigos e colegas que de alguma forma colaboraram durante a graduação e para realização deste trabalho, em especial a Évelyn, pela ajuda, apoio e companheirismo.

Muito obrigada!

## RESUMO

A madeira por apresentar muitas características é um material bastante utilizado, porém muitas vezes a sua durabilidade natural influencia em alguns dos seus usos, portanto o conhecimento de tal característica é capaz de nos dar subsídio para a escolha das espécies madeireiras que podem ser utilizadas em ambientes severos e principalmente em contato com o solo. Com base nisso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a durabilidade natural das madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* submetidas a ensaio de campo de apodrecimento, através da perda de massa, índice de deterioração. O experimento foi conduzido em área aberta na cidade de Curitiba/SC, por um período de 24 meses, onde a cada 6 meses eram realizadas as avaliações. Para condução do estudo utilizou-se madeiras das espécies de *Cupressus lusitanica* (16 anos), *Cryptomeria japonica* (16 anos) e *Pinus taeda* (lenho juvenil e adulto) das quais foram confeccionados corpos de prova com as dimensões de 2,5 x 5,0 x 50,0 cm, de espessura, largura e comprimento, respectivamente, seguindo o padrão sugerido pela IUFRO. Após 24 meses de exposição ao campo de apodrecimento à madeira das espécies *C. japonica* e *C. lusitanica* apresentaram índice de deterioração que refletiu ataque evidente, porém moderado de fungos e térmitas, as madeiras de *P. taeda* (Juvenil) e *P. taeda* (Adulto) apresentaram índice de deterioração que refletiu em apodrecimento intenso ou ataque intenso de térmitas. E em relação a perda de massa as madeiras de *C. japonica* e *C. lusitanica* foram classificadas como altamente resistentes, a madeira de *P. taeda* (Juvenil) foi considerada resistente e a madeira de *P. taeda* (Adulto) foi considerada como moderadamente resistente. De maneira geral, as madeiras de *C. lusitanica* e *C. japonica* apresentaram maior durabilidade natural quando utilizadas em contato com o solo.

**Palavras-chave:** Apodrecimento; biodeterioração, degradação natural.

## ABSTRACT

The wood has many characters is a fairly material used, though often to your natural durability influences in some of their uses, so the knowledge of such a feature is able to give us an allowance for a choice of wood species that can be used in harsh environments and especially in contact with soil. On this basis, the present study had a natural duration of woods of *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* and *Pinus taeda* a field trial of rotting, through the loss of mass, rate of deterioration. The experiment was conducted in an open area in the city of Curitiba/SC, for a period of 24 months, where every 6 months were carried out as assessment. For the conduction of the study used wood species of *Cupressus lusitanica* (16 years), *Cryptomeria japonica* (16 years old) and *Pinus taeda* (adult and juvenile wood) of which were made from the bodies of evidence with the dimensions of 2.5 x 5, 0 x 50.0 cm, thickness, width and length, respectively, following the standard suggested by IUFRO. After 24 months of exposure to the appendix to the wood of the species *C. japonica* and *C. lusitanica* regarding light deterioration index, as of fungi and termites, as Woods of *P. taeda* (juvenile) and *P. taeda* (Adult) index of deterioration that reflect on intense or severe decay of termites. And, in relation to the loss of mass as timbers *C. japonica* and *C. lusitanica* were classified as highly resistant, wood of *P.taeda* (juvenile) was measured and resistant wood of *P.taeda* (adult) was measured as moderately resistant. In General, as the highlights of *C.lusitanica* and *C. japonica* have higher natural durability when used in contact with soil.

**Keywords:** rotting, biodeterioration, natural degradation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema dos agentes deterioradores da madeira .....	21
Figura 2 – Campo de apodrecimento instalado na Área Experimental Florestal da UFSC. Instalação das amostras a campo (A) e (B) Vista geral do campo de apodrecimento(C). .....	29
Figura 3 – Croqui do campo de apodrecimento. ....	29
Figura 4 – Análise visual da deterioração. ....	32
Figura 5 – Potencial de ataque fúngico (PAF), temperatura média (T) e número de dias com precipitação pluviométrica igual ou superior a 0,30 mm (D) em Curitiba nos anos de 2016 (A), 2017 (B) e média do PAF nos dois anos (C). ....	34
Figura 6 – Índice de deterioração dos corpos de prova submetidos ao campo de apodrecimento .....	36
Figura 7 – Madeira de <i>C. lusitanica</i> (A), <i>C. japonica</i> (B), <i>P. taeda</i> (Juvenil) (C), <i>P. taeda</i> (Adulto) (D) após exposição a campo. ....	37
Figura 8 – Cupins nos corpos de prova. ....	38
Figura 9 – Campo de Apodrecimento no dia de instalação (A) e 6 meses após a instalação (B). ....	38
Figura 10 – Madeira de <i>C.lusitanica</i> (A), <i>C.japonica</i> (B), <i>P. taeda</i> (Juvenil) (C), <i>P. taeda</i> (Adulto) (D) antes da exposição a campo e após 6 meses exposição a campo. ....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da deterioração da madeira pelo índice visual.....	31
Tabela 2 – Classificação da durabilidade natural, segundo a norma ASTM D 2017-05. ....	33
Tabela 3 – Perda de massa (%) dos corpos de prova submetidos ao campo de apodrecimento. .....	40
Tabela 4 – Análise de variância do índice de deterioração. ....	52
Tabela 5 – Comparação múltipla de médias para o índice de deterioração em função das espécies e avaliações .....	52
Tabela 6 – Análise de variância da perda de massa. ....	53
Tabela 7– Interação significativa: desdobrando a interação espécie dentro do tempo.....	54
Tabela 8 – Interação significativa: desdobrando a interação tempo dentro de espécie.....	54
Tabela 9 – Densidade das espécies.....	55
Tabela 10 – Análise de variância da densidade.....	55

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ACR – Associação Catarinense de Empresas Florestais  
ANOVA – Análise de Variância  
AR – Altamente Resistente  
ASTM – American Society for Testing and Materials  
BS – British Standard  
Cfb – Clima temperado, com verão ameno  
DAP – Diâmetro Altura do Peito  
DBC – Delineamento em Blocos Casualizados  
DIC – Delineamento Inteiramente Casualizados  
IBÁ – Instituto Brasileiro de Árvores  
IC – Índice de Comportamento  
IMA – Incremento Médio Anual  
IUFRO – International Union Of Forest Research Organizations  
MR – Moderadamente Resistente  
NR – Não Resistente  
PAF – Potencial de Ataque Fúngico  
PIB – Produto Interno Bruto  
PSF – Ponto de Saturação das Fibras  
R – Resistente  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>15</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1	DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES .....	17
2.1.1	<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. ex L.f.) D. Don .....	17
2.1.2	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.....	17
2.1.3	<i>Pinus taeda</i> L.....	18
2.2	CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA .....	19
2.3	AGENTES DETERIORADORES DA MADEIRA.....	20
2.3.1	<b>Agentes bióticos</b> .....	<b>21</b>
2.3.1.1	Bactérias .....	22
2.3.1.2	Insetos.....	23
2.3.1.3	Fungos .....	24
2.3.1.4	Brocas marinhas .....	25
2.3.2	<b>Agentes abióticos</b> .....	<b>25</b>
2.4	ENSAIO DE APODRECIMENTO A CAMPO.....	26
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
3.1	ESPÉCIES UTILIZADAS .....	27
3.2	PREPARO DO MATERIAL .....	27
3.3	INSTALAÇÃO DO CAMPO DE APODRECIMENTO .....	28
3.4	ANÁLISE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO PERÍODO E POTÊNCIAL DE ATAQUE FÚNGICO. ....	30
3.5	AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE NATURAL .....	30
3.5.1	<b>Índice de deterioração</b> .....	<b>31</b>
3.5.2	<b>Perda de massa</b> .....	<b>32</b>
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
4.1	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E POTENCIAL DE ATAQUE FÚNGICO .....	34
4.2	AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE NATURAL .....	35

<b>4.2.1</b>	<b>Índice de deterioração.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Perda de massa .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>
	<b>APÊNDICE 1 – Análise de Variância do Índice de deterioração .....</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE 2 – Análise de Variância da perda de massa .....</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE 3 – Análise de Variância da densidade aparente .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro contribui de forma expressiva para a economia do país, o qual gerou um produto interno bruto setorial (PIB) de R\$ 71,1 bilhões em 2016, um decréscimo de 3,3% em relação ao ano anterior (IBÁ, 2017). A última estimativa indica que o país conta com 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas, os quais são responsáveis por fornecer mais de 90% da madeira destinada aos diversos segmentos florestais (IBÁ, 2017).

A madeira é muito utilizada por apresentar características desejadas, tais como a facilidade de manuseio, elevada resistência mecânica, capacidade de ser isolante térmico e acústico, além dos mais diversos aromas, colorações e texturas, devido a essas características a madeira é muito desejada pelo homem desde os primórdios da humanidade (APRILE et al., 1999).

Mendes e Alves (1988) citam que um dos principais fatores que influencia na utilização de madeiras em países tropicais, como o Brasil, é a sua durabilidade natural. Trevisan (2006), afirma que essa característica complementa o conhecimento das demais propriedades tecnológicas da madeira.

Conforme Jesus et al. (1988), o conhecimento de tal característica auxilia na escolha das espécies madeireiras que podem ser utilizadas em ambientes onde estarão sujeitas a danos causados por fatores climáticos, abióticos e pela diversidade de agentes xilófagos (bióticos) presentes no ambiente, em especial em contato direto com o solo. Portanto, de acordo com Melo et al. (2010), o conhecimento da durabilidade natural, bem como dos locais onde a madeira pode ser empregada, evitará desperdícios e gastos pela substituição das peças.

Para avaliar a durabilidade natural da madeira, um dos ensaios mais empregados para tal são os “campos de apodrecimento”, onde submete-se a madeira a ambientes externos em contato direto com o solo, ficando exposta a ciclos irregulares de lixiviação, exposição solar, secagem, químicos e xilófagos presentes no solo, que podem atuar em conjunto na deterioração da madeira (COSTA et al., 2005).

De acordo com Araújo et al. (2012), e Shimizu (1998), diante da escassez de oferta de espécies de alta durabilidade natural provenientes de florestas nativas, em virtude das questões ambientais, não é possível suprir a demanda por essas madeiras, estando praticamente esgotadas. Quando ainda se pode extrair, respeitando a lei da oferta e demanda, o valor comercial dessas espécies vem aumentando, o que inviabiliza economicamente seu uso. Portanto, de acordo com essa perspectiva para atender a demanda atual e futura de

produtos confeccionados de madeira, a única fonte segura está nas florestas plantadas, utilizando espécies de rápido crescimento que são manejadas para produção autossustentada.

Nesse cenário surgem diversas espécies/gêneros com grande potencial de cultivo em larga escala, alguns que já são realidade no setor florestal, com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, e alguns que merecem mais atenção, como o caso dos gêneros *Cupressus* e *Cryptomeria*.

Hoje a região Sul tem sua base florestal focada no gênero *Pinus*, que apresenta rápido crescimento e resistência ao frio desta região. Porém, com base em estudos relatados na literatura, a madeira deste gênero é de baixa durabilidade natural, em especial quando empregado em contato com o solo. Buscando dar subsídios a novas alternativas surgem os gêneros *Cupressus* e *Cryptomeria*, que assim como o *Pinus*, são coníferas, que se adaptam muito bem as condições da região.

No gênero *Cupressus* destaca-se a espécie *Cupressus lusitanica*, conhecida popularmente como cipreste, já no gênero *Cryptomeria* tem-se a *Cryptomeria japonica*, chamada de pinheiro japonês. Ambas apresentam grande potencial de cultivo na região Sul do Brasil, porém ainda se desconhece a real qualidade de suas madeiras, em especial a respeito da sua durabilidade.

Diante disto, com à escassez de informações técnicas sobre a resistência natural da madeira destas espécies, busca-se inferir, com base em testes de campo, qual o nível de durabilidade, buscando novas alternativas para usos mais severos da madeira, em especial em contato com o solo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a durabilidade natural das madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* submetidas a ensaio de campo de apodrecimento.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar o potencial de ataque fúngico do período de exposição;

- Quantificar a perda de massa e o índice de deterioração ao longo do tempo de exposição a campo para as madeiras de *Cupressus lusitanica*, *Cryptomeria japonica* e *Pinus taeda* (lenho juvenil e adulto);

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

#### 2.1.1 *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don

*Cryptomeria japonica* conhecida como Criptoméria, Cedro japonês e Pinheiro japonês é uma Gimnosperma (EMBRAPA, 1988; SANTOS et al. 2000), pertencente à família Cupressaceae (TROPICOS, 2018). Sua origem é na região temperada no Japão onde é mais conhecida como ‘sugi’ (SHIMIZU, 1998), nesta região a altitude varia de 600 a 1.800 m, e o clima é caracterizado por invernos frios com ocorrência de neve, e os verões são moderadamente quentes (EMBRAPA, 1988; PEREIRA et al. 2003).

Segundo a Embrapa (1988) a espécie apresenta ótimo crescimento em regiões do Japão com pluviosidade anual de 3.000 mm e temperatura média anual entre 12 e 14 °C. Diante disto, Santos et al. (2000) recomendam o plantio da espécie nas regiões mais altas e frias do sul do Brasil, devido à boa adaptação às condições edafoclimáticas da região, devido ao rápido crescimento pode alcançar um incremento médio anual (IMA) de até 45 m<sup>3</sup>/ha/ano (EMBRAPA, 1988), e alturas superiores a 30 m (SHIMIZU, 1998; CARVALHO, 2007).

A sua madeira de acordo com Embrapa (1988); Santos et al. (2000); Carvalho (2007) e Carneiro et al. (2009) é considerada leve, com densidade de 0,25 até 0,40 g/cm<sup>3</sup>, a coloração do cerne é marrom escuro e do alburno é amarelo claro, apresenta alta qualidade, sendo utilizada na confecção de pisos, casas, móveis, serrados em geral, para fabricação de papel e celulose, chapas, barcos e navios. A árvore é utilizada em reflorestamento, para fins ornamentais, paisagísticos e em cercas vivas (SHIMIZU, 1998). De acordo com Capaldi (2002) além dos usos da madeira de *C. japonica* a espécie é cultivada para extração de óleos essenciais que possuem propriedades medicinais, e são utilizados na indústria farmacêutica.

#### 2.1.2 *Cupressus lusitanica* Mill.

A espécie *Cupressus lusitanica* Mill. de acordo com Chaves e Fonseca (1991) recebe diversos nomes comuns, entre eles: Cipreste, Cipreste de Portugal, Cedro de Goa, Pinheiro, Cedro Branco e Cipreste do México. É uma Gimnosperma, pertence à família Cupressaceae (TROPICOS, 2018), é nativa de regiões tropicais montanhosas do México, El Salvador, Honduras e Guatemala (EMBRAPA, 1986; CHAVES; FONSECA, 1991).

É monóica, perenifólia, aromática e resinosa, seu fuste normalmente é reto e pode alcançar alturas e diâmetros a altura do peito (DAP) superiores a 30 m e 1 m, respectivamente. Apresenta rápido crescimento e em ambiente favorável ao seu desenvolvimento, é capaz de alcançar um incremento médio anual de até 30 m<sup>3</sup>/ha/ano (CHAVES; FONSECA, 1991).

Chaves e Fonseca (1991) citam que esta espécie é capaz de se adaptar e desenvolver em vários locais, ou seja, a uma vasta amplitude de condições climáticas, portanto recomenda-se cultivar *C. lusitanica* em áreas com altitudes entre 1500 a 2500 m, com precipitação anual variando de 1000 a 3000 mm e em locais onde a temperatura média seja superior a 12 °C, já os solos devem apresentar drenagem adequada e serem neutros. No Brasil o cultivo limita-se às regiões Sul e Sudeste, por apresentarem relevo e condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (SHIMIZU et al., 2006).

Porém Chaves e Fonseca (1991) citam que alguns fatores podem ser limitantes para o crescimento da espécie, tais como: solos mal drenados e rasos e locais onde ocorrem geadas, ventos fortes e nebulosidades constantes, portanto nas áreas com ocorrência constante desses fatores não é recomendado o plantio desta espécie.

Pereira e Higa (2003); Carvalho (2007) citam que a madeira de *C. lusitanica* é leve, a densidade é baixa e varia de 0,41 a 0,55 g/cm<sup>3</sup>. A coloração é amarelada, podendo ser marrom ou rosada, possui grã reta e textura uniforme e fina, é estável e não encolhe quando submetida à secagem e visualmente não apresenta rachaduras de superfícies e nem de topo (PEREIRA; HIGA, 2003; SHIMIZU et al., 2006).

No Brasil a árvore é muito utilizada como ornamental, em quebra ventos e cercas vivas. A sua madeira devido à alta qualidade pode ser utilizada na construção naval, construção civil, em peças produzidas para ser utilizadas em ambientes expostos, caixotarias, postes, moirões, peças torneadas e em alguns tipos de móveis finos (PEREIRA; HIGA, 2003; SHIMIZU et al., 2006). Em usos que necessitam de alta resistência mecânica essa madeira não é indicada (PEREIRA; HIGA, 2003).

### 2.1.3 *Pinus taeda* L.

*Pinus taeda* pertence a ordem Pinales e família Pinaceae (TROPICOS, 2018), é nativa do Estados Unidos (ZEGARRA, 2011), cresce em altitudes acima de 700 m, em regiões de clima temperado, úmido, com verões quentes e longos e invernos suaves (HURREAL; BAZZANO, 2007), as precipitações anuais nestas regiões podem variar entre 900 e 2.200

mm, e temperaturas média anual entre 13 e 19 °C, se adaptando aos mais variados tipos de solo (EMBRAPA, 1988).

Em locais diferentes ao de ocorrência natural a espécie deve ser plantada em áreas onde os solos são bem drenados e não ocorre déficit hídrico (AGUIAR et al., 2011), portanto considerando as condições em que a espécie é capaz de produzir, Embrapa (1988) recomenda-se o plantio de *P. taeda* em quase todas as regiões do estado de Santa Catarina, exceto nas áreas com altitudes inferiores a 400 m e no litoral catarinense.

As árvores adultas podem atingir diâmetros de até 1,50 m e até 40 m de altura (ZEGARRA, 2011). O IMA dos plantios do gênero *Pinus* no estado de Santa Catarina, segundo ACR (2016) podem atingir 44 m<sup>3</sup>/ha/ano.

A madeira de *P. taeda* é considerada de peso médio, com uma densidade média de 0,46 g/cm<sup>3</sup> (HURREAL; BAZZANO, 2007), possui alborno com coloração amarelo claro, e o cerne com coloração marrom avermelhada, essa característica tem início próximo aos 20 anos (XAVIER, 2009). Embrapa (1988) e Zegarra (2011) citam que a madeira da espécie indicada para usos como na construção civil, na fabricação de chapas e móveis e principalmente para indústrias de celulose e papel. Além de uso madeireiro é possível fazer a extração de resina dessa espécie (ZEGARRA, 2011).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

A madeira é um material de origem orgânica e natural (PINHEIRO, 2001), composta por três componentes principais, que consistem na celulose, hemicelulose e lignina. Além desses, apresenta em menores quantidades açúcares, pectina, amido, compostos nitrogenados etc. (CAVALVANTE, 1982).

Segundo Pinheiro (2001), cada espécie florestal tem sua madeira com as características físicas, químicas e mecânicas diferentes, diante disto pode-se dizer que as madeiras apresentam uma grande diversidade de usos, sendo utilizada como matéria prima em todo o mundo, e podem ser provenientes de florestas nativas/naturais ou de plantios.

Sabe-se que a madeira é utilizada pelo homem desde a antiguidade para suprir as necessidades básicas como utensílios, armas, energia e moradias. Nos dias atuais é muito utilizada nas indústrias moveleiras, de ferramentas, de celulose e papel, na fabricação de instrumentos musicais, na produção de embalagens e na fabricação de meio de transportes (PINHEIRO, 2001).

Segundo Cavalcante (1982) e Rodrigues (2011) mesmo diante de tantos usos, um dos fatores que limitam a sua utilização em determinados locais e diversas finalidades é a sua durabilidade natural. Ritter et al. (1990) citam que essa durabilidade é relacionada à resistência à deterioração e ao ataque de xilófagos, e que depende das características anatômicas de cada espécie, normalmente o alborno de todas as espécies apresenta baixa durabilidade, já a resistência do cerne depende das características de cada espécie, para os mesmos autores algumas madeiras apresentam maior durabilidade do cerne em usos em contato com ambientes marinhos, e outras em terrestres, essa característica do cerne está relacionada com os extrativos presentes na madeira.

Modes (2010) cita os extrativos são pequenas moléculas que conferem cheiro e coloração as madeiras, e em algumas espécies são tóxicos aos organismos xilófagos, são solúveis tanto em solventes orgânicos como e água (MORAIS et al., 2005).

Quando se fala de durabilidade natural ou resistência natural Burguer e Ritcher (1991) citam que é o grau em que a madeira sem a adição de produtos preservantes está susceptível ao ataque dos agentes deterioradores e a ação do intemperismo.

Portanto o conhecimento da resistência da madeira tanto do ataque de xilófagos, quanto da ação do intemperismo é importante para um correto aproveitamento industrial, principalmente na produção de móveis e na construção civil (RODRIGUES, 2011).

### 2.3 AGENTES DETERIORADORES DA MADEIRA

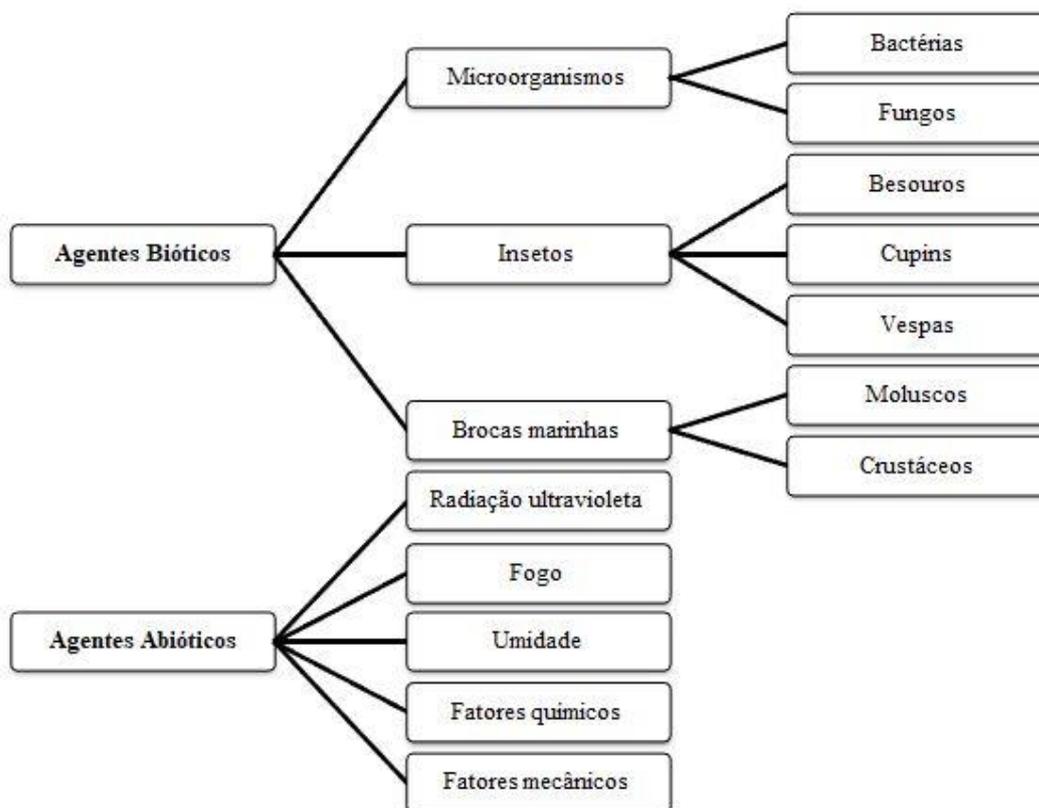
A madeira quando em estado natural encontra-se susceptível a ação de agentes deterioradores, que são divididos em dois grupos, os bióticos (vivos) e os abióticos (não vivos) conforme apresentado na figura 1, esses são capazes de causar alterações na estrutura da madeira atacada (CAVALCANTE, 1982). De acordo com Oliveira et al. (1986) as alterações podem ser desde uma simples mudança de coloração ou até mesmo redução das características físicas e mecânicas, o que pode comprometer o desempenho das peças de madeira.

Segundo Ritter e Morreal (1990) a deterioração da madeira é um processo contínuo, ou seja, as propriedades da madeira são alteradas a partir de um ou mais agentes deterioradores, fazendo como que a madeira fique suscetível a outros agentes após o ataque inicial.

Para Oliveira et al. (1986) os defeitos causados pelos agentes bióticos e abióticos nas madeiras expostas as condições adversas são: descoloração, enfraquecimento da estrutura, e o

levantamento da grã. Os fungos e bactérias além de causar o apodrecimento podem alterar suas características tecnológicas, principalmente a resistência mecânica e a durabilidade. Já os insetos causam perfurações de modo irreversível.

Figura 1 – Esquema dos agentes deterioradores da madeira



Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (1986).

Para alguns desses microorganismos a madeira serve como fonte de alimento e para outros apenas como abrigos (CAVALCANTE, 1982).

### 2.3.1 Agentes bióticos

Segundo Vivian (2011) os agentes bióticos são conhecidos como xilófagos, se alimentam de forma direta ou indireta da madeira, nesse grupo estão incluídos as bactérias, fungos, insetos, moluscos e crustáceos, durante o seu ataque causam a decomposição da madeira para utilizar como fonte de energia.

Pinheiro (2001) cita que essa decomposição está relacionada aos teores de extrativos e quantidades de nutrientes disponíveis na madeira. Porém como a maioria das espécies não

apresentam extrativos em quantidade suficiente para proteger sua madeira de ataque de microrganismos, estas acabam apresentando uma baixa durabilidade natural (VIVIAN, 2011).

De acordo com Oliveira et al. (1986) para que esses agentes sobrevivam é necessário que tenham condições ambientais favoráveis e adequadas ao seu desenvolvimento, tais como: oxigênio, temperatura adequada, umidade disponível e fonte de alimento, que neste caso é a madeira. Porém os níveis de dependência variam para cada tipo de organismo, e na ausência de um desses fatores não ocorre a biodeterioração.

Neste sentido o teor de umidade contido na madeira serve como fator determinante dos organismos que podem vir a atacar a madeira, e influência na taxa em que ocorre a degradação. Geralmente abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) a madeira não é muito atacada, exceto no caso de alguns insetos e fungos podem atacar a madeira com baixos teores de umidade (RITTER; MORRELL, 1990).

A temperatura influencia na sobrevivência dos microorganismos, pois se desenvolvem melhor em temperaturas entre 21 a 29 °C, mas são capazes de sobreviver em temperaturas mais elevadas (RITTER; MORRELL, 1990). Já quando a temperatura fica abaixo de 5 °C a maioria deles tem seu metabolismo reduzido ou criam estruturas resistentes capazes de protegê-los durante o período desfavorável. E em temperaturas superiores a 35 °C ou 40 °C a maioria dos microorganismos tem seu crescimento reduzido (OLIVEIRA et al., 1986).

Ritter e Morrell (1990) citam que quando a madeira é exposta a umidade e condições adversas podem ocorrer o intemperismo e a lixiviação dos compostos que são responsáveis pela sua durabilidade, sendo assim a madeira servirá como fonte de alimento para os agentes bióticos. Neste caso para evitar a ação desses agentes torna-se necessário fazer um tratamento preservativo eficaz.

#### 2.3.1.1 Bactérias

Segundo Moreschi (2013) as bactérias colonizam a madeira no seu estado úmido, especialmente quando recém-cortada ou quando estão expostas em ambientes muito úmidos, nessas condições são os primeiros xilófagos a se instalarem no material, causando amolecimento da superfície e aumento da permeabilidade da madeira. Ritter e Morrell (1990) citam que o apodrecimento causado por bactérias é um processo lento, porém em alguns casos, como quando a madeira fica exposta por longos períodos pode ocorrer uma situação mais séria.

As bactérias atacam inicialmente os materiais de reserva contidos nas células parenquimáticas (MORESCHI, 2013), o que causa o rompimento das pontuações, facilitando a ação dos fungos apodrecedores que conseguem penetrar suas hifas mais facilmente, podendo em estado mais avançado degradar a parede celular (GONZAGA, 2006). Os danos causados na madeira são a redução no valor comercial, problema de secagem e odor desagradável (RITTER; MORRELL, 1990).

#### 2.3.1.2 Insetos

Os insetos são uns dos organismos que são mais fáceis de ser encontrados na terra, diante disso existe uma grande quantidade de espécies que são capazes de usar a madeira como fonte de alimento ou como abrigo (OLIVEIRA et al., 1986). Dentre os insetos que causam danos na madeira destacam-se os térmitas (Isoptera), as abelhas, vespas e formigas (Hymenoptera) e os besouros (Coleoptera) (RITTER; MORRELL, 1990).

De acordo com Ritter e Morrell (1990) o ataque de insetos é facilmente visível, pois geralmente estes fazem cavidades ou túneis na madeira, onde geralmente contém pó da madeira ou fezes do inseto. Alguns insetos carregam consigo fungos que aceleram a degradação da madeira.

Dentro do grupo dos insetos, Gonzaga (2006) cita que existem as chamadas brocas da madeira, que são besouros da ordem coleóptera, como há uma grande variedade de espécies, algumas destas atacam árvores vivas, abrem galerias onde as larvas vivem até completarem seu ciclo. Outros atacam as árvores depois de abatida, pois utilizam como alimento os açúcares e amidos (RITTER; MORRELL, 1990). As brocas atacam preferencialmente madeira de alburno com alto teor de umidade, gerando muitas vezes um pó de coloração clara e fina (GONZAGA, 2006).

Os cupins, também pertencem ao grupo dos insetos, mais especificamente da ordem Isoptera. São insetos sociais divididos em castas, podendo ter como enquadramento: cupins de madeira seca, cupins de madeira úmida, cupins subterrâneos (ou de solo) e cupins arbóreos, entre outros. Dentro destes, os cupins de solo são os mais agressivos, juntamente com os de madeira seca, que se alimentam de celulose. Os cupins de madeira seca vivem em galerias no interior das peças de madeira, sendo possível identificar seu ataque pela superfície da madeira pelos pequenos orifícios e pelo excremento granulado escuro que caem no chão (GONZAGA, 2006).

### 2.3.1.3 Fungos

De acordo com Ritter e Morrell (1990) os fungos decompõem a madeira utilizando-a como fonte de alimento. Quando as hifas se alongam elas secretam enzimas que realizam o processo de degradação da celulose, hemicelulose ou lignina, e absorvem o material degradado para completar a digestão. Ao obter energia suficiente da madeira o fungo produz um corpo de frutificação (sexual ou assexual) que libera esporos, que pela ação dos ventos e de insetos são espalhados pelo ambiente.

Das centenas de fungos que atacam a madeira eles são divididos em três grupos: fungos emboloradores, fungos manchadores e fungos apodrecedores. Os fungos são semelhantes em muitos aspectos, porém se diferem de acordo com as características de ataque e aos danos deixados nas peças atacadas (RITTER; MORRELL, 1990).

Os fungos emboloradores não degradam a parede celular, pois se alimentam apenas de extrativos, como os açúcares da madeira (OLIVEIRA et al., 1986; RITTER; MORRELL, 1990). Segundo Moreschi (2013) atacam principalmente a madeira recém-cortada das árvores, mas podem atacar também madeiras que foram previamente secas e que ficam constantemente expostas a um alto teor de umidade. Estes causam apenas danos estéticos, não afetando as propriedades de resistência da madeira (OLIVEIRA et al., 1986).

Segundo Oliveira et al. (1986) os fungos manchadores são aqueles que colonizam a madeira após o corte quando a madeira ainda está com um alto teor de umidade. Os danos causados por esse fungo são estéticos, pois deixam manchas ou descolorimento na madeira. Gonzaga (2006) cita que quando o fungo ataca apenas a superfície da madeira essas manchas podem ser removidas com aplainamento ou após lixa-la, porém na maioria dos casos os fungos penetram mais fundo e acabam causando manchas e descolorindo mais profundas. Segundo este mesmo autor quando em condições ótimas, esses fungos podem continuar degradando a madeira, o que causa aumento da permeabilidade e diminuição da tenacidade, mas não comprometem a estrutura da madeira, pois atacam apenas extrativos, porém diminuem o seu valor comercial devido às manchas deixadas na superfície.

Os fungos apodrecedores são divididos em três classes de acordo com a aparência do material deteriorado e da maneira em que ataca a madeira, sendo eles: fungos de podridão mole, fungos de podridão parda e fungos de podridão branca (RITTER; MORRELL, 1990).

Os fungos de podridão mole atacam a celulose, hemicelulose e lignina, o material atacado apresenta danos superficiais com aspecto amolecido, fissuras e coloração escurecida

(FREITAS, 2009). Segundo Moreschi (2013) a madeira atacada perde peso e consequentemente resistência.

Ritter e Morrell (1990) citam que os fungos de podridão branca degradam a lignina da lamela média, podendo atacar também celulose e hemicelulose, se desenvolve preferencialmente em folhosas. A madeira atacada perde o aspecto lustroso, adquire coloração esbranquiçada e pode apresentar estrias escuras na região atacada, as madeiras ainda perdem peso e resistência (GONZAGA, 2006; MORESCHI, 2013).

Os fungos de podridão parda atacam a celulose, deixando a lignina praticamente intacta, se desenvolve principalmente em coníferas. A madeira atacada adquire coloração acastanhada, com aspecto de queimada e apresenta rachaduras longitudinais, quando em estágios de apodrecimento avançados essa madeira marrom fica podre e quebradiça. Devido ao ataque a celulose, esse tipo de podridão causa perda de resistência logo nos primeiros estágios de decomposição (GONZAGA, 2006; FREITAS, 2009; MORESCHI, 2013). Considerando os três tipos de fungos o de podridão parda é o que tem o seu ataque mais grave (RITTER; MORRELL, 1990).

Dentre os fungos citados que podem atacar a madeira, os mais prejudiciais são os fungos apodrecedores, devido à degradação dos compostos fundamentais da parede celular, levando a perda de resistência da madeira, e consequente necessidade de substituição das peças, causando o prejuízo econômico (STANGERLIN et al., 2013).

#### 2.3.1.4 Brocas marinhas

As brocas marinhas são os crustáceos e moluscos, são pequenos animais que atacam estruturas de madeiras fixas ou flutuantes que estão em contato com água salgada ou doce (FLORIAN, 2013; MENDES; ALVES, 1988).

Os moluscos podem atacar a madeira para utilizar como alimento ou abrigo. Entre estes destacam-se os gêneros *Teredo* e *Martesia*. Já entre os crustáceos destaca-se o gênero *Limnoria*, que pode utilizar a madeira como alimento, abrigo e desova (FLORIAN, 2013).

#### 2.3.2 Agentes abióticos

A madeira pode ser deteriorada, além dos agentes biológicos, pelos agentes abióticos. Visando facilitar o entendimento, os agentes abióticos podem ser divididos, em físicos, químicos e mecânicos.

Vivian (2011) cita que dentre os agentes físicos estão: sol/radiação ultravioleta, fogo/calor, vento, precipitação/chuva/umidade; entre os agentes químicos destacam-se: extrativos da madeira, ácidos, bases e sais; já entre os agentes mecânicos estão: rachaduras, abrasão/atrito e desgastes permanentes. Tais agentes abióticos podem agir em conjunto com os bióticos, de forma a intensificar a deterioração da madeira.

Segundo Oliveira et al. (1986) quando a madeira é exposta a fatores mecânicos, químicos e energéticos (luz) e o contato com o solo, ocorre o fenômeno conhecido como “weathering”, que pode afetar a sua resistência, que se assemelha com o apodrecimento causado por microorganismos.

#### 2.4 ENSAIO DE APODRECIMENTO A CAMPO

Para avaliar a durabilidade natural das madeiras existem dois tipos de ensaios, os realizados em laboratório e os ensaios realizados a campo (RIBEIRO et al., 2014).

Segundo Freitas (2002) os ensaios de campo são conhecidos como “campos de apodrecimento”, e tem como objetivo avaliar a exposição da madeira ao solo, em condições ambientais naturais e reais, são ensaios que demandam um longo período de exposição, porém apresentam resultados mais fiéis em relação às condições de uso reais da madeira.

De acordo com Galvão (1992) são nos ensaios de campo que se avaliam estacas e moirões em serviço em determinada região, pois as condições de condições de clima, solo, umidade, temperatura e insolação variam de local para local. Sendo assim após esses ensaios é possível determinar quais são as condições de exposição em que cada espécie de madeira deve ser empregada, dispensado ou não o uso de tratamentos preservantes (LOPEZ; MILANO, 1986).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 ESPÉCIES UTILIZADAS

Para realização do estudo foram utilizadas as madeiras das espécies de *Pinus taeda*, com lenho juvenil (até 15 anos) e lenho adulto (maior que 30 anos), *Cupressus lusitanica* e *Cryptomeria japonica*, ambas lenho juvenil (até 16 anos), oriundas de plantios da empresa Florestal Gateados Ltda.

As madeiras de *C. lusitanica* e *C. japonica* são provenientes de povoamentos experimentais implantados em 1999 no município de Campo Belo do Sul/SC. Os povoamentos haviam sido implantados em espaçamento 2,5 x 2,0 m (2.000 árv/ha), os quais receberam duas intervenções de poda (desrama) até o 3,0 m de altura, e desbaste seletivo por baixo entre os 8 e 10 anos, com corte final aos 16 anos (corte raso).

A madeira de *P. taeda* juvenil, foi proveniente de plantio implantado no ano de 2000 no município de Campo Belo do Sul, o povoamento havia sido implantado em espaçamento 3,0 x 2,0 m (1.600 árv/ha), a qual sofreu as mesmas intervenções silviculturais dos povoamentos de *C. lusitanica* e *C. japonica*, porém com corte raso aos 15 anos.

Já a madeira de *P. taeda* de onde retirou-se a madeira adulta foi obtida de um plantio que havia sido realizado em 1972 na cidade de Correia Pinto/SC, em espaçamento 2,0 x 2,0 m (2.500 árv/ha). As árvores foram podadas até 5,7 m em várias intervenções. Aos 9 anos de idade o povoamento recebeu o primeiro desbaste, e ao longo das décadas seguintes recebeu outros 5 desbastes seletivos, e o corte final foi aos 43 anos.

Para esse estudo, utilizou-se 10 árvores por espécie, e somente a primeira tora de cada foi utilizada para a confecção dos corpos de prova. Após o corte o material foi transportado para o Laboratório de Recursos Florestais, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, onde foram conduzidas as demais etapas.

Como o intuito do estudo foi verificar a durabilidade natural da madeira das espécies, nenhuma recebeu tratamento preservante.

### 3.2 PREPARO DO MATERIAL

A partir das toras foram confeccionados de cada espécie/lenho 55 corpos de prova livres de defeitos, nas dimensões 2,5 x 5,0 x 50,0 cm, sendo a última paralela à grã, de acordo com o padrão IUFRO (International Union for Forestry Research Organization), citado por

Lepage (1970) e Becker (1972). Em seguida foram secos em estufa comercial para possibilitar que os corpos de prova fossem lixados para um melhor acabamento.

Para obtenção da massa inicial ( $m_i$ ) os corpos de prova foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 60 °C até obtenção de peso constante. Na sequência foram pesados em balança de precisão, e tiveram suas dimensões mensuradas com auxílio de uma régua e um paquímetro digital, para cálculo do volume. Com os valores de massa e volume calculou-se a densidade da madeira após secagem a 60 °C a partir da equação 1 para ajudar na discussão dos resultados.

$$D = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Em que: D = densidade (g/cm<sup>3</sup>); m = massa (g); v = volume (cm<sup>3</sup>).

A massa obtida na pesagem após estabilização a 60 °C foi denominada massa inicial e serviu de base para cálculo da perda de massa após exposição ao campo de apodrecimento (item 3.5.2), denominada de massa inicial.

### 3.3 INSTALAÇÃO DO CAMPO DE APODRECIMENTO

O campo de apodrecimento foi instalado em dezembro de 2015, em uma área de campo aberto na Área Experimental Florestal, pertencente a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no município de Curitibanos/SC, na latitude e longitude de 27°18'52.11"S e 50°42'36.36"O, respectivamente, com altitude de 835 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cfb - subtropical úmido com verões amenos (EMBRAPA, 2012).

O campo de apodrecimento ocupa uma área total de 73,5 m<sup>2</sup> (9,8 x 7,5m), a qual foi cercada para evitar influências externas, invasão de animais conforme apresentado na figura 2. Para limpeza da área 30 dias antes da instalação do experimento foi realizada a aplicação de herbicida para controle das plantas daninhas, sempre que necessário foram realizadas outras aplicações para manter a área livre de vegetação.

O experimento foi instalado e conduzido em delineamento com blocos casualizados (DBC), utilizando parcelas subdivididas no tempo, sendo 5 blocos com 10 corpos de prova de cada espécie por bloco, conforme apresentado no croqui da figura 3. Os corpos de prova foram instalados no solo equidistantes 30 cm entre os corpos de prova e 100 cm entre os

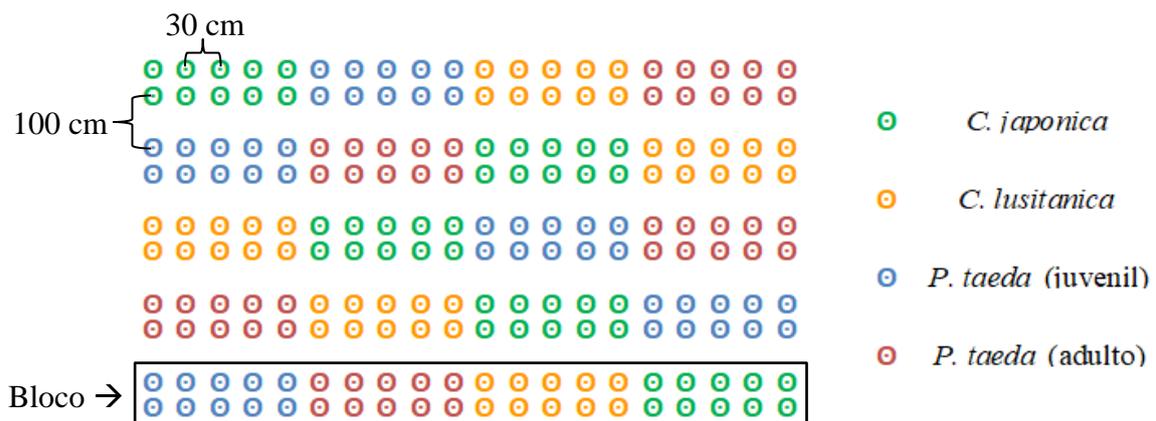
blocos, que foram enterrados até metade de seu comprimento (profundidade de 25 cm), região conhecida como zona de afloramento, geralmente a mais afetada pelo apodrecimento.

Figura 2 – Campo de apodrecimento instalado na Área Experimental Florestal da UFSC. Instalação das amostras a campo (A) e (B) Vista geral do campo de apodrecimento(C).



Fonte: (A) (B) Dobner Júnior, 2015; (C) O autor.

Figura 3 – Croqui do campo de apodrecimento.



Fonte: O autor.

### 3.4 ANÁLISE CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO PERÍODO E POTÊNCIAL DE ATAQUE FÚNGICO.

As condições ambientais podem influenciar a intensidade da biodeterioração, portanto os dados climáticos como temperatura, umidade e índices pluviométricos da região de Curitiba durante o período de vigência do experimento (janeiro de 2016 a dezembro de 2017) foram coletados na estação meteorológica localizada na sede da UFSC, na cidade de Curitiba/SC.

A estação meteorológica encontra-se na latitude e longitude de 27°17'07.4"S e 50°32'00.3"O, respectivamente, com altitude de 1097 metros. E encontra-se a 17,9 km em linha reta da área onde foi instalado o campo de apodrecimento.

Com base nos dados meteorológicos calculou-se o potencial de ataque fúngico (PAF) da região, conforme a equação 2, desenvolvida por Scheffer (1971) e adaptada para as condições do Brasil por Martins et al. (2003).

$$PAF = \sum_{\text{janeiro}}^{\text{dezembro}} \frac{[(T-2).(D-3)]}{16,7} \quad (2)$$

Em que: PAF = potencial de ataque fúngico; T = temperatura média (°C); D = número de dias no mês com precipitação pluviométrica igual ou superior a 0,30 mm.

### 3.5 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE NATURAL

A durabilidade natural das madeiras foi avaliada pela análise visual (índice de deterioração), proposto por Lepage (1970), pela perda de massa após a exposição.

Periodicamente, a cada 6 meses, nos meses de junho e dezembro, durante 2 anos após a instalação do experimento foram avaliados 5 corpos de prova por espécie, sendo um por bloco conforme apresentado na figura 3, estes foram removidos de forma sistemática para não ocorrer influência na hora da escolha. Ao longo dos dois anos foram inspecionados 20 corpos de prova por espécie.

A inspeção dos corpos de prova teve início com a aplicação de um leve impacto com as mãos na parte exposta da estaca quando ainda no solo, segundo Lepage (1970) esse procedimento tem como objetivo descobrir se a perda de resistência foi capaz de provocar

quebra da estaca. Os corpos de prova que não apresentaram ruptura foram cuidadosamente removidos.

Após a remoção, as amostras foram limpas com auxílio de uma escova para que se retirasse todo o solo aderido, esse procedimento foi necessário para facilitar a sua avaliação visual e não influenciar nos resultados da perda de massa.

### 3.5.1 Índice de deterioração

O índice de deterioração consistiu em uma análise visual atribuindo-se notas aos corpos de prova oriundos do campo a cada período de avaliação, conforme classificação proposta por Lepage (1970) e indicada na tabela 1. As notas são subjetivas, e variam conforme o aspecto da amostra. Na figura 4 exemplifica-se as notas atribuídas são com base no nível de deterioração dos corpos de prova.

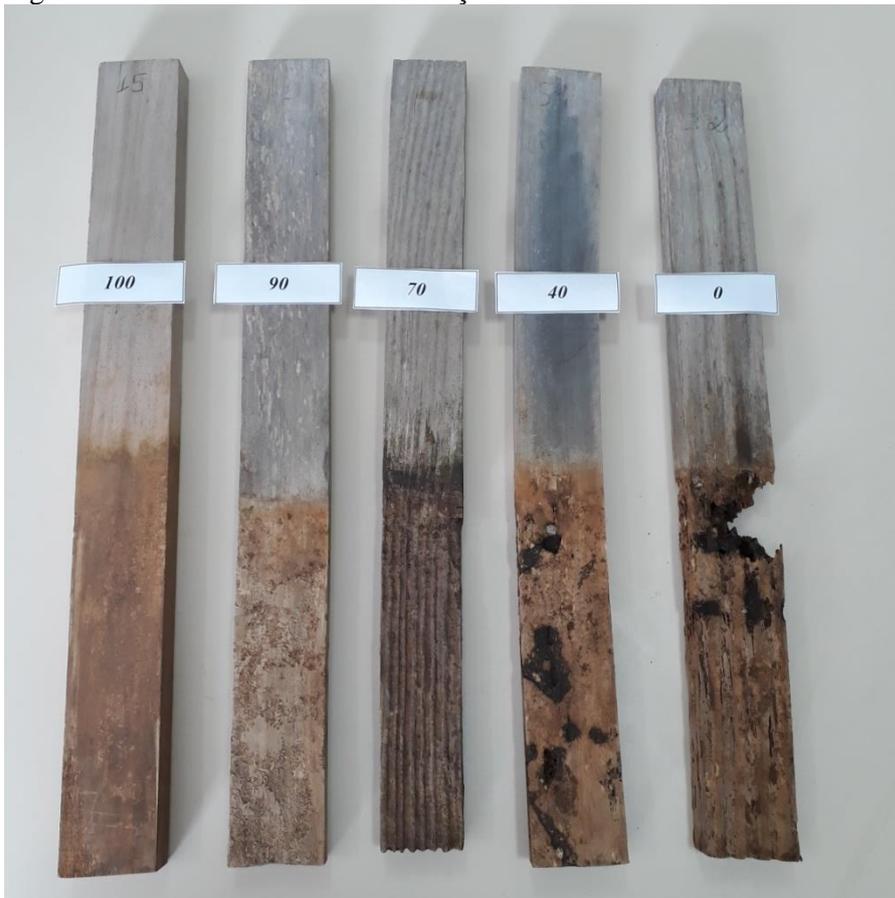
Tabela 1 – Classificação da deterioração da madeira pelo índice visual.

<b>Estado de sanidade</b>	<b>Nota</b>	<b>Índice de deterioração</b>
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).

Dois avaliadores independentes fizeram a análise a partir da das cinco amostras coletadas de cada espécie por período (um corpo de prova por espécie, de cada um dos cinco blocos) e a partir dos resultados obteve-se a média do índice de deterioração.

Figura 4 – Análise visual da deterioração.



Fonte: Autor, 2018.

### 3.5.2 Perda de massa

Em cada período as amostras removidas foram submetidas ao condicionamento em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até obtenção de massa constante (mesma condição pré-campo de apodrecimento).

Em seguida pesou-se as estacas em balança de precisão, obtendo-se a massa final (mf). Com base na massa inicial e final das amostras calculou-se a perda de massa por meio da equação 3, que foi utilizada para classificar a classe de resistência, conforme a norma ASTM D 2017-05 (2005), indicada pela tabela 2.

$$PM (\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (3)$$

Em que: PM = perda de massa (%);  $M_i$  = massa inicial (g);  $M_f$  = massa final (g).

Tabela 2 – Classificação da durabilidade natural, segundo a norma ASTM D 2017-05.

<b>Classe de Resistência</b>	<b>Perda de Massa (%)</b>	<b>Massa Residual (%)</b>
Altamente Resistente (AR)	0 – 10	90 – 100
Resistente (R)	11 – 24	76 – 89
Moderadamente Resistente (MR)	25 – 44	56 – 75
Não-Resistente (NR)	> 45	> 55

Fonte: ASTM D 2017-05 (2005).

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos no experimento foram processados e analisados de forma eletrônica, utilizando-se o programa Excel 2010 onde foi criado um banco de dados, para a análise estatística utilizou-se o software R studio.

Para realização da análise estatística da densidade utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC).

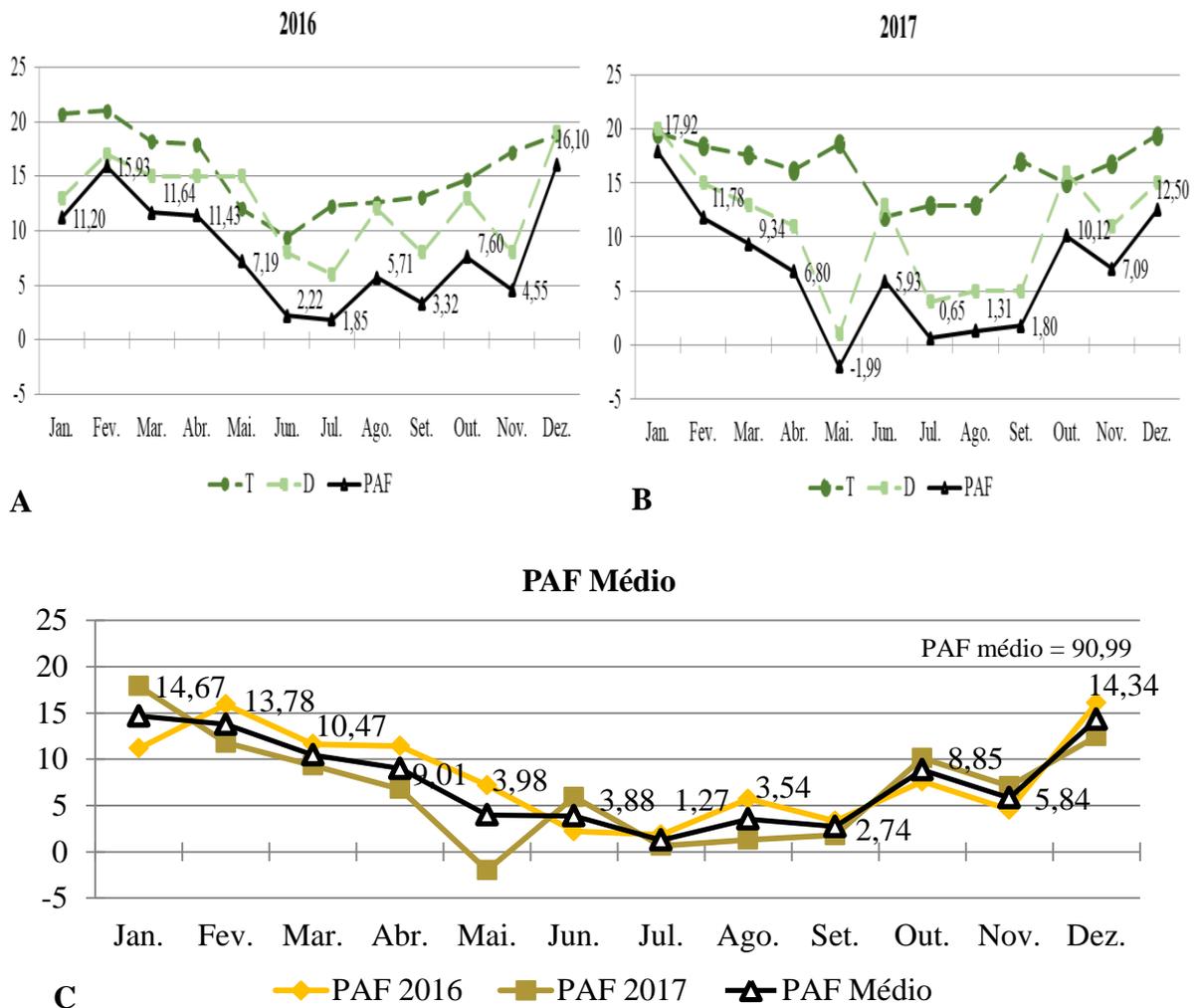
O campo de apodrecimento foi instalado com delineamento em blocos casualizados (DBC), com parcelas subdivididas no tempo, o qual foi avaliado pela análise de variância (ANOVA) e o teste de médias de Tukey, com 5 % de probabilidade de erro.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E POTENCIAL DE ATAQUE FÚNGICO

Na figura 5 pode ser observado o potencial de ataque fúngico (PAF) para os anos de 2016 e 2017, e as médias do PAF do período de execução do ensaio de campo, no gráfico é possível analisar a variação da temperatura e do número de dias de chuva (igual ou superior a 0,30 mm) ao longo dos meses.

Figura 5 – Potencial de ataque fúngico (PAF), temperatura média (T) e número de dias com precipitação pluviométrica igual ou superior a 0,30 mm (D) em Curitiba nos anos de 2016 (A), 2017 (B) e média do PAF nos dois anos (C).



Fonte: O autor.

A contagem dos dias de chuva nos anos de 2016 e 2017, considerando o nível de precipitação igual/acima de 0,30 mm, foi de 149 e 129 respectivamente. Já a precipitação

acumulada anual foi de 1894,6 mm para 2016, e 1025,8 mm em 2017. A temperatura média calculada nos anos de 2016 e 2017 foram de 16,7 e 16,4 °C, respectivamente.

O PAF acumulado com base nas medições realizadas no período de execução do ensaio para os anos de 2016 e 2017 foram 98,73 e 83,25, respectivamente, portanto a média para a região de Curitiba no período do ensaio foi de 90,99. Esse situa-se na faixa citada por Martins et al. (2003), que estabeleceram valores de PAF no intervalo de 70,00 a 120,00 para a maior parte do território catarinense. De acordo com os valores citados por Nunes et al. (2015) a média obtida entre os anos de 2012 e 2014 para a mesma região foi de 83,00.

Observa-se que os meses com os menores PAF's foram entre maio a setembro, pois além de pouca precipitação, a temperatura média nesses meses apresentou uma queda conforme observa-se na figura 5, portanto evidencia-se que há uma menor probabilidade de ataques de fungos em períodos que apresentam menores taxas de precipitação pluviométrica e temperaturas menores. Esta constatação vai de encontro aos resultados obtidos por Nunes et al. (2015), onde obtiveram os menores valores PAF nos mesmos meses para a mesma região do presente estudo, no período de 2012 a 2014.

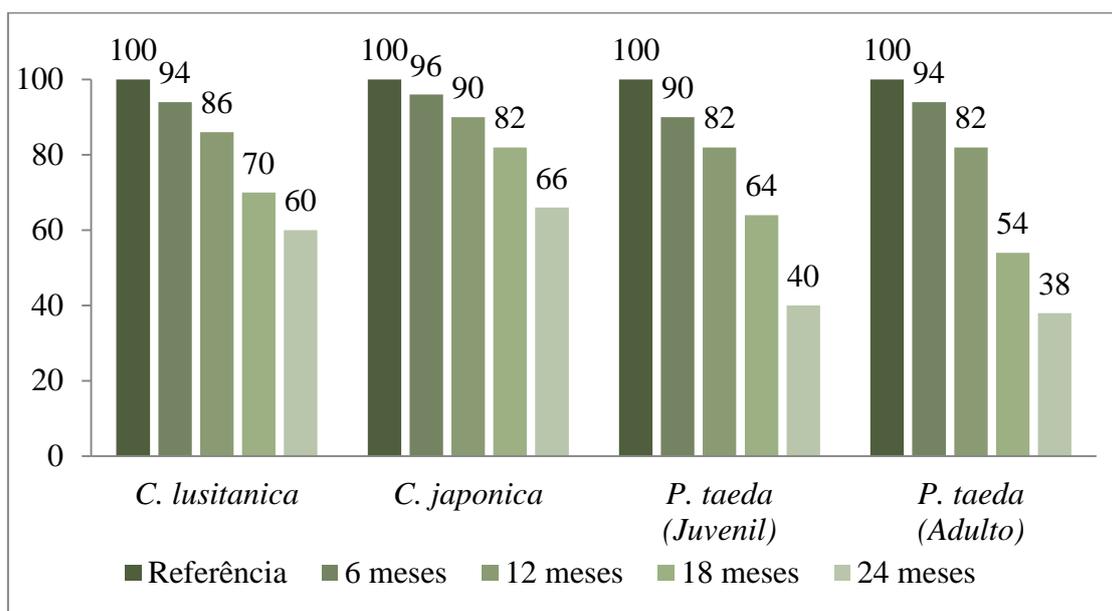
Nos meses de dezembro a fevereiro devido às elevadas temperaturas e ao nível pluviométrico, observaram-se os valores mais elevados para o PAF, indicando que nesse período há um maior risco de ataques fúngicos em madeiras.

## 4.2 AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE NATURAL

### 4.2.1 Índice de deterioração

A análise estatística referente ao índice de deterioração, pode ser encontrada no Apêndice 1. O índice de deterioração das madeiras expostas ao campo de apodrecimento pode ser observado na figura 6, que expõe o quanto cada espécie apresentou desgaste no decorrer do tempo de exposição. Observa-se que com o passar do tempo de exposição ocorreu uma redução no índice para todas as espécies, indicando que foram ocorrendo desgastes na madeira com o passar do tempo, que pode ser melhor observado nas figura 6 e 7.

Figura 6 – Índice de deterioração dos corpos de prova submetidos ao campo de apodrecimento



Fonte: O autor.

Durante os 12 primeiros meses do experimento os resultados obtidos no índice de deterioração das espécies não diferiram estatisticamente entre si, indicando nesse período que as madeiras sofreram ataques leves ou superficiais de fungos e térmitas, mesmo não apresentando diferença estatística entre as espécies a *C. japonica* foi a espécie que apresentou menor degradação superficial, alterando pouco a sua aparência, seguida da espécie *C. lusitanica*. Já a espécie de *P. taeda* juvenil e adulta apresentaram um maior desgaste superficial, resultando em menor valor do índice.

Nas demais avaliações houve diferença significativa do tempo na espécie, onde após 24 meses de exposição o índice visual para as espécies de *C. japonica* e *C. lusitanica* indicou ataque evidente, porém moderado de fungos e térmitas, já as madeiras de *P. taeda* (juvenil) e *P. taeda* (adulto) indicou um apodrecimento intenso ou ataque intenso de térmitas, conforme pode ser observado na figura 7. O que pode ser justificado pela presença de cupins do solo na área no entorno dos corpos de prova da espécie e nos corpos de prova conforme figura 8.

Barillari (2002), avaliou madeiras do gênero *Pinus* em campo de apodrecimento instalado na cidade de Mogi Guaçu/SP e após 7 meses de exposição as estacas foram avaliadas como ataque evidente, porém moderado de fungos e térmitas.

Em estudo realizado em Brasília/DF por Costa et al. (2005), os moirões de *Pinus elliottii*, após 3 anos de implantação do campo de apodrecimento apresentaram o índice de deterioração igual a zero, indicando que a durabilidade natural da espécie é em torno de 3 anos, na região de Cerrado.

Figura 7 – Madeira de *C. lusitanica* (A), *C. japonica* (B), *P. taeda* (Juvenil) (C), *P. taeda* (Adulto) (D) após exposição a campo.



Fonte: O autor.

Figura 8 – Cupins nos corpos de prova.



Fonte: O autor.

O que também foi possível observar é que após a exposição a campo os corpos de prova sofreram alteração muito perceptível na coloração natural, sendo que a madeira foi ficando com aspecto envelhecido, em tons de cinza, como pode ser observado nas figuras 9 e 10, comparando madeiras antes e depois da exposição. Segundo Ritter e Morrell (1990) esse efeito ocorre devido degradação fotoquímica que é promovida pela ação dos raios ultravioleta, que agem principalmente sobre a lignina, na parte externa da madeira, causando descoloração do tecido, conferindo a mesma um aspecto acinzentado. Devido a alteração de umidade (chuva e sol) essas madeiras também sofreram rachaduras superficiais o que facilita a entrada de xilófagos.

Figura 9 – Campo de Apodrecimento no dia de instalação (A) e 6 meses após a instalação (B).

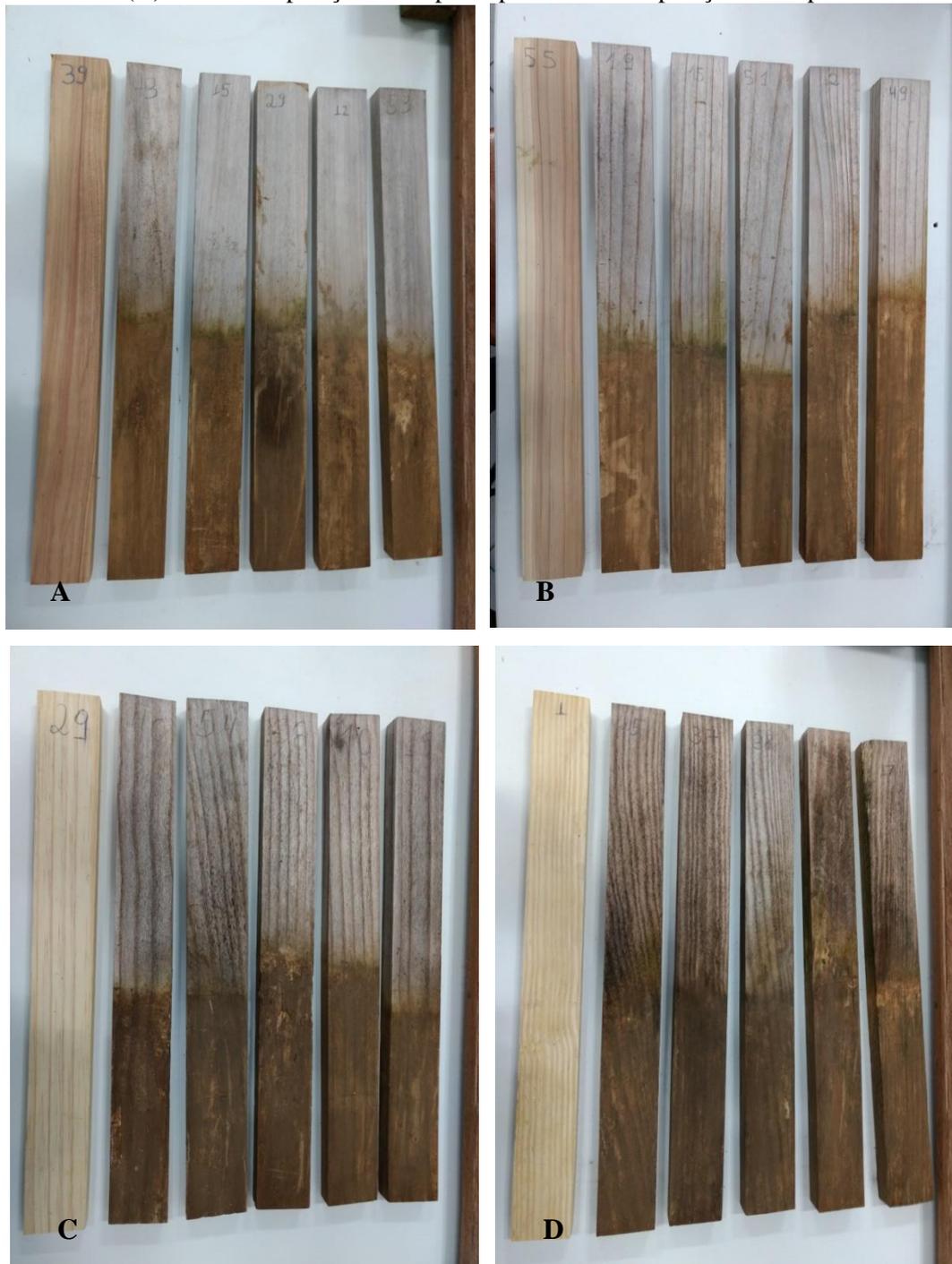


Fonte: O autor.

Essa alteração na coloração também foi observada em ensaio realizado por Vivian (2011), os corpos de prova das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* expostos a

campo aberto também apresentaram envelhecimento, enquanto os que foram expostos na floresta o aspecto estava normal, o que pode comprovar que a radiação direta faz com que ocorra a degradação fotoquímica, causando o envelhecimento.

Figura 10 – Madeira de *C.lusitanica* (A), *C.japonica* (B), *P. taeda* (Juvenil) (C), *P. taeda* (Adulto) (D) antes da exposição a campo e após 6 meses exposição a campo.



Fonte: O autor.

#### 4.2.2 Perda de massa

A perda de massa das madeiras após a exposição ao campo de apodrecimento pode ser observada na tabela 3. A análise estatística, teste de normalidade e análise de variância podem ser encontrados no Apêndice 2.

Tabela 3 – Perda de massa (%) dos corpos de prova submetidos ao campo de apodrecimento.

Avaliações		Espécies			
Nº	Meses	<i>C. lusitanica</i>	<i>C. japônica</i>	<i>P. taeda</i> (Juvenil)	<i>P. taeda</i> (Adulto)
1	6	1,84 <sup>Aa</sup>	1,33 <sup>Aa</sup>	2,87 <sup>Aa</sup>	4,25 <sup>Aa</sup>
2	12	3,69 <sup>Aa</sup>	3,80 <sup>Aa</sup>	4,92 <sup>Aab</sup>	9,05 <sup>Aa</sup>
3	18	4,89 <sup>Aa</sup>	4,58 <sup>Aa</sup>	8,55 <sup>Ab</sup>	22,30 <sup>Bb</sup>
4	24	7,42 <sup>Aa</sup>	7,57 <sup>Aa</sup>	14,94 <sup>Bb</sup>	26,42 <sup>Cb</sup>

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não apresentam variação estatística significativa pelo teste de médias (Tukey,  $p > 0,05$ ).

A densidade das madeiras utilizadas variou entre as espécies e tipo de lenho conforme pode ser observada na tabela 9 do apêndice 3. Esses valores serviram para comparação das espécies. Embora as madeiras de *C. japonica* e *C. lusitanica* apresentarem densidades com diferenças estatísticas, em relação à perda de massa não ocorreu diferença entre elas, ambas obtiveram uma menor perda de massa. Já a madeira de *P. taeda* (Adulto) foi a que apresentou a maior densidade entre as espécie e em relação à madeira da mesma espécie porem no lenho juvenil e também foi espécie/lenho que apresentou a maior perda de massa.

Observa-se que o desempenho dos corpos de prova nos primeiros 12 meses do experimento não apresentou diferença estatística entre as espécies/lenhos, porém a partir da terceira avaliação com 18 meses a espécie *P. taeda* (Adulto) apresentou a maior perda de massa e uma diferença significativa em relação às demais espécies. E após 24 meses de exposição essa espécie continuou apresentando uma maior perda de massa em relação às demais, seguida do *P. taeda* (Juvenil), *C. japonica* e *C. lusitanica*, sendo que as duas últimas não apresentaram diferença significativa entre si.

Após os dois anos (24 meses) de exposição a campo, as madeiras puderam ser classificadas, com base na classe de resistência da norma ASTM D 2017-5 (2005), da

seguinte forma: *P. taeda* (Adulto) = moderadamente resistente (PM=26,42%); *P. taeda* (Juvenil) = resistente (PM=14,94%); *C. lusitanica* = altamente resistente (PM=7,42%); *C. japonica* = altamente resistente (PM=7,57%).

Em um ensaio de apodrecimento acelerado (condições controladas em laboratório) realizado por Grosskopf et al. (2017) a madeira de *P. taeda* sofreu uma perda de massa de 41,7%, superior ao obtidos nesse experimento, classificando a madeira como moderadamente resistente ao fungo *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda). Quando exposta ao fungo *Trametes versicolor* (podridão branca), a madeira foi classificada como resistente, pois a perda de massa foi de 23,40% (GROSSKOPF et al., 2016).

Após ensaio de laboratório com a mesma espécie (*P. taeda*) realizado por Clark (1957 apud SCHEFFER; MORRELL, 1998), este classificou a madeira como moderadamente resistente e não resistente. Uma justificativa para a madeira adulta (Adulto) ter apresentado uma maior perda de massa pode ser devido à quantidade de extrativos. Estudo realizado por Yeh et al. (2006) indicou que a quantidade de extrativos presentes no lenho de *P. taeda*, os resultados indicaram que na madeira juvenil a concentração é de 3,3% de extrativos e na madeira adulta 2,55%, neste experimento a madeira de *P. taeda* (Adulto) foi a que apresentou a maior densidade conforme mostra no Apêndice 3 e a maior perda de massa em relação às demais.

British Standard (1994) classifica o cerne da madeira de *P. taeda* como não durável ao ataque de fungos e como suscetível ao ataque de térmitas e de coleópteros das espécies *Hylotrupes bajulus* e *Anobium punctatum*. Em experimento realizado por Lekounougou e Kocafe (2014) com a espécie *Pinus banksiana* no Canadá, em relação aos fungos *Poria placenta* (podridão parda), *G. trabeum* e *T. versicolor* a madeira pode ser considerada como não resistente, já com relação ao fungo *Coniophora puteana* (podridão parda) pode ser considerada como resistente.

Gomes et al. (2005) citam que a durabilidade natural da espécie de *Pinus cariebea* var. *hondurensis*, avaliada a campo na cidade de Belém/PA é fracamente durável, pois não resistiu 12 meses em contato com o solo.

Os resultados obtidos para a madeira de *C. lusitanica*, que foi considerada altamente resistente, são condizentes ao encontrado por Jones et al. (2013), que após realizaram ensaio de laboratório concluíram que a madeira de *C. lusitanica* foi resistente aos fungos *G. trabeum* e *T. versicolor*, porém foi menos resistente ao fungo *C. puteana*, contudo a perda de massa em nenhum dos casos ultrapassou 6%, sendo então classificada como muito durável ou altamente resistente.

Após 12 semanas em ensaio de laboratório realizados por Mohareb et al. (2010) os corpos de prova de *C. lusitanica* apresentaram uma perda de massa de 2%, e no mesmo experimento ainda concluíram que os extrativos presentes no cerne de *C. lusitanica* são responsáveis pela resistência a biodegradação da madeira, pois ao realizarem a remoção de extrativos do cerne, o material foi extremamente degradado pelo fungo *P. placenta*, concluindo então que esses extrativos atuam como biocidas naturais.

Em ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório conduzido por Okino et al. (2009) as espécies *Cupressus* sp. e *C. glauca* com 25 e 17 anos, respectivamente, foram resistentes aos fungos *Phanerochaete chrysosporium* (podridão branca) e *Gloeophyllum striatum* (podridão parda).

Diante desses estudos Haluk e Roussel (2000) e Okino et al. (2009) citam que devido à presença de compostos terpenos nos extrativos as madeiras da ordem *Cupressales* estão protegidas de insetos e fungos apodrecedores. Portanto segundo Low et al. (2015) o cerne de *C. lusitanica* quando utilizado acima do solo é bastante durável, resistindo ao ataque de insetos e fungos, já o alburno conforme Shimizu et al. (2006) é bastante susceptível ao ataque de xilófagos e ao apodrecimento. Deve-se ressaltar que para utilizar o alburno de forma mais eficaz, onde se deseja que a madeira seja durável por mais tempo, torna-se necessário realizar tratamentos preservantes.

Scheffer e Morrell (1998) descrevem conflitos sobre a durabilidade da madeira de *C. lusitanica* na literatura, pois alguns citam como resistente, já outros citam como muito resistente. Esse fato pode ser em função do processo de intemperismo e secagem da madeira, o que pode afetar o teor de extrativo devido à evaporação dos compostos voláteis, podendo causar então alteração da sua durabilidade natural (MOHAREB et al., 2010).

Em relação à madeira de *C. japonica*, que foi classificada como altamente resistente neste estudo, outro autor classifica como resistente ao ataque de fungos, porém sensível ao ataque de cupins, os quais morrem após atacar a madeira (HOAREAU, 2013). E BIS-401 (2001) cita que essa madeira é resistente em contato com o solo por um período de até 60 meses de exposição. Gérard et al. (2004 apud SHIMIZU; MAIOCHI, 2007) observaram troncos de *C. japonica* caídos em florestas japonesas e puderam concluir que a madeira do alburno é altamente susceptível a ataque de fungos e insetos, já o cerne é considerado de alta resistência ao apodrecimento.

Deve-se considerar que quando se diz que a madeira é susceptível ao ataque de xilófagos não significa que em todos os usos ela estará em risco, à susceptibilidade da madeira

é influenciada por outros fatores, como o teor de umidade em que a madeira está exposta, ao tempo de uso (bem como situação de uso, como interno ou externo, com ou sem contato com solo, etc) e a presença de revestimentos (BRITISH STANDARD, 1994), assim como região de uso, pois a presença de xilófagos é influenciada pelas variáveis ambientais, como temperatura e precipitação.

## 4 CONCLUSÕES

Com base nas condições de realização do presente estudo em relação ao potencial de ataque fúngico e para as madeiras de *P. taeda* (juvenil e adulto), *C. lusitanica* e *C. japonica*, conclui-se que:

- o potencial de ataque fúngico médio durante o período de exposição, para a região é de 90,99. Sendo os meses de maio a setembro menos propícios, e os meses de dezembro a fevereiro são os mais propícios ao ataque fúngico;
- com base na perda de massa, após 24 meses de exposição ao campo de apodrecimento, as madeiras de *C. japonica* e *C. lusitanica* são classificadas como altamente resistente, a madeira de *P. taeda* (Juvenil) é considerada resistente e a madeira de *P. taeda* (Adulto) é considerada como moderadamente resistente;
- após 24 meses de exposição ao campo de apodrecimento às espécies *C. japonica* e *C. lusitanica* apresentam índice de deterioração que reflete em ataque evidente, porém moderado de fungos e térmitas, e as madeiras de *P. taeda* (Juvenil) e *P. taeda* (Adulto) apresentam índice de deterioração que reflete em um apodrecimento intenso ou ataque intenso de térmitas;

De maneira geral, as madeiras de *C. lusitanica* e *C. japonica* apresentam melhor durabilidade natural em contato com o solo e em ambiente aberto. Assim podem ser utilizadas com maior segurança quando comparadas a madeira de *P. taeda*, pois mesmo essa espécie sendo classificada com resistente e moderadamente resistente, observou-se que há um ataque intenso de fungos e térmitas nessa espécie.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Sugere-se que sejam realizados trabalhos futuros que avaliem a composição química e ação dos extrativos aos xilófagos, para um melhor entendimento dos fatores que causam a resistência natural dessas espécies. Além da composição química sugere-se que seja realizado experimento que avalie a resistência mecânica dessas madeiras após o ataque.

## REFERÊNCIAS

- ACR – ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS. **Anuário estatístico de base florestal para o estado de Santa Catarina 2016 (Ano base 2015)**. ACR: Lages, 2016.
- AGUIAR, A. V.; SOUZA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Espécies de pinus plantadas no Brasil In: Sistemas de produção: cultivo do Pinus. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2011. Disponível em: <<https://www.goo.gl/vNScFL>> Acesso em: 20 mar. 2018.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-2017**. Standard test method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Philadelphia, 2005. 5p.
- APRILE, F. M.; DELITTI, W. B. C.; BIANCHINI JR., L. Aspectos cinéticos da degradação de laminados de madeira em ambientes aquático e terrestre. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.59, n.3, p.485-492, 1999.
- ARAUJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazônica**. v.42, n.1. p. 49-58. 2012.
- BARILLARI, T. C. Durabilidade da madeira do gênero Pinus tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- BECKER, G. Suggested standard method for field tests with wooden stakes. **PANS – Pest Articles & News Summaries**, v. 18, n. 1, p. 137-142, 1972.
- BIS-401:2001. Indian Standard. Preservation of timbers: Code of practice for. **Boreal of Indian Standards**, New Delhi, p. 25, 2001.
- BRITISH STANDARD- BS. **EN 350 – 2**: 1994. Durability of wood and wood-based products - Natural durability of solid wood: Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. European Committee for Standardization, 1994.
- BURGUER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- CAPALDI, F. R. **Avaliação de diferentes fontes de nitrogênio em explantes de *Cryptomeria japonica* D. DON. “ELEGANS” cultivadas in vitro: análises bioquímicas e relações entre reguladores vegetais**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.
- CARNEIRO, M. E.; BITTENCOURT, E.; MUNIZ, G. I. B. Qualidade da madeira de *Cryptomeria japonica* D. Don. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.4, p.913-920, 2009.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas não tradicionais nativas e exóticas para o Estado de Santa Catarina. In: Seminário Catarinense de estudos florestais, 1., 2007, Xanxerê. **I Seminário...** Xanxerê: UNOESC, Centro Acadêmico de Engenharia Florestal, 2007.

CAVALCANTE, M.S. **Deterioração Biológica e Preservação de Madeiras.** IPT. Divisão de Madeiras. São Paulo. 1982. 41 p. (Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

CHAVES, E.; FONSECA, W. Cipres: *Cupressus lusitanica* mill. **espécie de arbol de uso multiple en America Central.** Turrialba: Catie, 1991. 70 p. (Série Técnica. Informe Técnico, 168).

COSTA, A. F.; VALE, A. T.; GONZALEZ, J. C.; SOUZA, F. D. M. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 7-14, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Atlas climático da Região Sul do Brasil:** Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas, Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Brasília, 1986. 89 p. (Embrapa Documentos, 17).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPF.Documentos, 21).

FLORIAN, A. Preservante: Principais agentes deterioradores de madeiras. **Revista Madeira**, Curitiba, nº 134, mar. 2013.

FREITAS, V. P. **Variações na retenção de CCA-A em estacas de *Pinus* após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento.** 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FREITAS, R. R. **Modelo teórico-experimental de deterioração de postes de madeira aplicado ao Estado de São Paulo.** 2009. 300 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

GALVÃO, A. P. M. A durabilidade da madeira tratada e a eficiência de preservativos avaliados através de ensaios de campo primeira avaliação. **IPEF**, Piracicaba, n. 4, p.15-22, 1972.

GOMES, J. I.; SILVA, E. M. A.; MELO, A. T. S. Durabilidade de 15 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente sombreado. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; 2005. 4 p. (Comunicado técnico, 148).

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação.** Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246 p.

GROSSKOPF, E. J.; NUNES, G. C.; CAETANO, A. P.; ITAKO, A. T.; MODES, K. S.; VIVIAN, M. A. Durabilidade natural das madeiras de araucária, pinus e eucalipto submetidas ao ataque do fungo apodrecedor *Trametes versicolor* (Linnaeus ex Fries) Pilat. In: ANAIS DO XII SIMPÓSIO FLORESTAL CATARINENSE. **Anais...**, Lages: CAV/UDESC, 2016. 601 p.

GROSSKOPF, E. J.; NUNES, G. C.; CAETANO, A. P.; ITAKO, A. T.; MODES, K. S.; VIVIAN, M. A. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais ao fungo apodrecedor *Gloeophyllum trabeum*. In: ANAIS III CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA. 2017, Florianópolis. **Anais...**, 2017.

HALUK, J. P.; ROUSSEL, C. Caractérisation et origine des tropolones responsables de la durabilité naturelle des Cupressacées. Application potentielle en préservation du bois. **Annals of Forest Science**, v.57, p.819-829. 2000.

HOAREAU, M. L'utilisation des matériaux locaux dans la conservation du patrimoine architectural réunionnais. *Génie Urbain et Environnement*, 2012. 111 p.

HURREL, J. A.; BAZZANO, D. H. **Pinus ornamentales y forestales**. Buenos Aires: L.O.L.A. – Literature of Latin America, 2007. 240 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório anual IBA 2017 ano base 2016**. São Paulo: IBÁ, 2017. 80 p.

JESUS, M. A.; MORAIS, J. W.; ABREU, R. L. S.; CARDIAS, M. F. C. Durabilidade natural de 46 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.54, p. 81-91. 1998.

JONES, T. G.; LOW, C. B., MEDER, R.; O'CALLAHAN, D. R.; MILNE, P. G.; CHITTENDEN, C. M.; EBDON, N.; DUNGEY, H.S. Heartwood of *Cupressus lusitanica*, *C. macrocarpa*, Leyland and Ovens cypress and prediction of its durability using near-infrared spectroscopy. **Eur J Wood Prod**, v.71, p.183–192, 2015.

LEKOUNOUGOU, S.; KOCAEFE, D. Durability of thermally modified *Pinus banksiana* (Jack pine) wood against brown and white rot fungi. **International wood products journal**, v.5, n.2, p.92-97, 2014.

LEPAGE, E. S. **Método padrão sugerido pela IUFRO para ensaios de campo com estacas de madeira**. Preservação de Madeiras, São Paulo, v.1, n.4, p. 205-216. 1970.

LOPEZ, G. A. C.; MILANO, S. Avaliação da durabilidade natural da madeira e de produtos usados na sua preservação. In: LEPAGE, E.S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT – Divisão de Madeiras, 1986. v. 2, p. 473-521.

LOW, C. B.; MCKENZIE, H.M.; SHELBOURNE, C. J. A.; GEA, L. D. Sawn timber and wood properties of 21-year-old *Cupressus Lusitanica*, *C. Macrocarpa*, and *Chamaecyparis Nootkatensis* x *C. Macrocarpa* hybrids. Part 1: sawn timber performance. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 35(1), 91–113, 2005.

MARTINS, V. A.; ALVES, M. V. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. G.; PINHO, G. S. C. Umidade de equilíbrio e risco de apodrecimento da madeira em condições de serviço no Brasil. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 22, n. 76, p. 29-34, 2003.

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**, v. 20, n. 2, p. 357-365, 2010.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/LPF, 1988. 57 p.

MODES, K.S. Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. 2010. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

MOHAREB, A.; SIRMAH, P.; DESHARNAIS, L.; DUMARÇAY, S.; PÉTRISSANS, M.; GÉRARDIN, P. Effect of extractives on conferred and natural durability of *Cupressus lusitanica* heartwood. **Annals of Forest Science**, v. 67, p. 404p.7, 2010.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira do *Pinus oocarpa*. Parte I - Estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 1-7, 2005.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira** – Material didático, UFPR, 2013.

NUNES, G. C.; CAETANO, A. P.; VIVIAN, M. A. Determinação do potencial de ataque fúngico da madeira para Curitiba - SC. In: I CONGRESSO FLORESTAL DE MATO GROSSO, 2015, Sinop. **Anais...**, 2015.

OKINO, E. Y. A.; PASTORE, T. C. M.; CAMARGOS, J. A. A.; ALVES, M. V. S.; SANTOS, P. H. O.; TEIXEIRA, D. E.; SANTANA, M. A. E. Color variation of rubberwood clones and cypress infected by *Gloeophyllum striatum* and *Phanerochaete chrysosporium*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v.63, p.41-45, 2009.

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S.; LOPEZ, G. A. C.; OLIVEIRA, L. C. S.; CAÑEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, Divisão de Madeiras. 1986. v.1, p. 99-278.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V. **Propriedades da Madeira de *Cupressus lusitanica*** Mill. Embrapa Florestas, Colombo, 2003. 5 p. (Comunicado técnico, 107).

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Propriedades da Madeira do Cedrinho Japonês**. Embrapa Florestas, Colombo, 2003. 4p. (Comunicado técnico 88).

PINHEIRO, V. R. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado em

Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos; Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RIBEIRO, M. A.; STANGERLIN, D. M.; SOUZA, A. P.; CARDOSO, G. V.; CALEGARI, L.; Gatto, D. A. Durabilidade natural da madeira de jequitibá em ensaios de deterioração em campo aberto e floresta durante as estações de seca e chuva. **Comunicata Scientiae (Online)**, v. 5, p. 401-411, 2014.

RITTER, M. A.; MORRELL, J. J. Chapter 13: Bridge Inspection for Decay and Other Deterioration. In: RITTER, M. A. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection and Maintenance**. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service. Washington, 1990. 721-787 p.

RITTER, M. A.; MORRELL, J. J.; WINANDY, J. Chapter 3: Properties of wood and structural wood products. In: RITTER, M. A. **Timber Bridges: Design, Construction, Inspection and Maintenance**. United States Department of Agriculture, USDA. Forest Service. Washington, 1990. 72-133 p.

RODRIGUES, B. R. **Eficiência de preservativos e durabilidade natural de *Eucalyptus pellita*, *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* a organismos xilófagos**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. L.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 02, p. 1-15, 2000.

SCHEFFER, T. C.; MORRELL, J. J. Natural durability of wood: a worldwide checklist of species. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Research Contribution 22. 1998, 58p.

SHIMIZU, J. Y. Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais: silvicultura e usos. In: SIMPÓSIO SOBRE ESPÉCIES NÃO TRADICIONAIS PARA PLANTIOS COM FINALIDADES PRODUTIVAS E AMBIENTAIS, 1998, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 63-71.

SHIMIZU, J. Y.; RIBAS JÚNIOR, U.; CANCELA, K. C.; MAIOCHI, R. A. **Cedrinho como Alternativa para Produção de Madeira em Pequenas Propriedades Rurais**. Embrapa Florestas, Colombo, PR, dez. 2006. 3p. (Comunicado Técnico, 172).

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GARLET, A.; PASTORE, T. C. M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 15-32, 2013.

TREVISAN, H. **Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais**. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

TROPICOS.org. Missouri Botanical Garden. *Cryptomeria japonica*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/50228130>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

TROPICOS.org. Missouri Botanical Garden. *Cupressus lusitanica*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/9400067>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

TROPICOS.org. Missouri Botanical Garden. *Pinus taeda*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Name/24900221>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo.** 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

XAVIER, J. A. **Variabilidade da massa específica básica de *Pinus taeda* L. em diferentes idades de plantio.** 2009. 50 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

YEH, T.; BRAUN, J. L.; GOLDFARB, B.; CHANG, H.; KADLA, J. F. Morphological and chemical variations between juvenile wood, mature wood and compression wood of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). **Holzforchung**, Austria, v. 60, p. 1-8, 2006.

ZEGARRA, B. E. V. **Caracterização de estruturas anatômicas e da densidade do lenho de árvores de *Pinus taeda* e efeito nas propriedades tecnológicas dos painéis OSB.** 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

## APÊNDICE 1 – Análise de Variância do Índice de deterioração

A partir do teste de Shapiro-Wilk conclui-se que os dados passaram no teste de normalidade, pois o p-valor (0,4701) é menor que 5%, sendo assim, os dados são considerados normais atendendo aos pressupostos da anova.

Com base na tabela 4 de análise de variância do índice de deterioração, observa-se que o fator espécie e tempo apresentaram efeito significativo no experimento e que não há interação entre os dois fatores.

Tabela 4 – Análise de variância do índice de deterioração.

Quadro da Análise de Variância					
	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Espécie	3	3525	1175.0	3.636	0.04491 *
Bloco	4	414	103.6	0.321	0.85883
Erro a	12	3878	323.2		
Tempo	3	21445	7148.3	41.253	2e-16 ***
Espécie*Tempo	9	1825	202.8	1.170	0.33514
Erro b	48	8318	173,3		
Total	79	39405			

CV 1 = 24.21162 %/; CV 2 = 17.7288 %

Significado dos códigos:: 0 ‘\*\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*\*’ 0.01 ‘\*\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

O teste de comparação múltipla de médias para o índice de deterioração em função das espécies e do tempo é apresentada na tabela 5. As análises evidenciaram a existência de diferença significativa no índice de deterioração do tempo, onde a maior deterioração foi observada aos 24 meses.

Tabela 5 – Comparação múltipla de médias para o índice de deterioração em função das espécies e avaliações

Espécie	Índice de deterioração
<i>Cryptomeria japonica</i>	83,5 <sup>A</sup>
<i>Cupressus lusitanica</i>	77,5 <sup>A</sup>
<i>Pinus taeda</i> (Juvenil)	69,0 <sup>A</sup>
<i>Pinus taeda</i> (Adulto)	67,0 <sup>A</sup>
Avaliações (Meses)	Índice de deterioração
1(6)	93,5 <sup>A</sup>
2(12)	85,0 <sup>A</sup>
3 (18)	67,5 <sup>B</sup>
4 (24)	51,0 <sup>C</sup>

Médias seguidas da mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de médias (Tukey,  $p > 0,05$ ).

## APÊNDICE 2 – Análise de Variância da perda de massa

Após o teste de Shapiro-Wilk conclui-se que os dados passaram no teste de normalidade, pois o p-valor (0,0002) é menor que 5%, ou seja, os dados são considerados normais atendendo aos pressupostos da anova.

Com base na tabela 6 de análise de variância da perda de massa, observa-se que o fator espécie e tempo apresentaram efeito significativo no experimento e que há interação entre os dois fatores, pois apresentou p-valor (0.000272) menor que 5%. Diante do exposto, conclui que a interação é significativa, indicando que o comportamento de um fator é influenciado pelo outro, portanto, faz-se necessário dar continuidade a análise, ou seja, desdobrar a interação.

Tabela 6 – Análise de variância da perda de massa.

Quadro da Análise de Variância					
	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Espécie	3	1686,6	562,21	36,234	0,000003 ***
Bloco	4	99,7	24,93	1,607	0,235896
Erro a	12	186,2	15,52		
Tempo	3	1582,7	527,57	30,503	2,20E-16 ***
Espécie*Tempo	9	696,2	77,35	4,472	0,000272 ***
Erro b	48	830,2	17,3		
Total	79	5081,6			

Significado dos códigos:: 0 ‘\*\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*\*’ 0.01 ‘\*\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

A tabela 7 faz referência à análise de variância relacionada à influência que o fator espécie apresentou sobre os níveis do fator tempo. Diante disso, nos períodos de 6 meses e 12 meses não houve diferença significativa, ou seja, o fator espécie não teve influência com relação ao tempo que a madeira ficou exposta. Em contrapartida, a espécie apresentou influência significativa nos períodos de 18 e 24 meses. Levando em consideração o exposto, houve necessidade de realizar um teste de médias para verificar em qual dos períodos apresentou maior perda de massa e se houve diferença entre os mesmos, que pode ser observado na tabela 3.

Tabela 7– Interação significativa: desdobrando a interação espécie dentro do tempo.

<b>Espécie dentro de cada nível de tempo</b>						
	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr(&gt;Fc)</b>	
Espécie: Tempo - 6 meses	3	24,9231	8,3077	0,49302	0,688482	
Espécie: Tempo - 12 meses	3	114,457	38,1524	2,26413	0,090223	
Espécie: Tempo - 18 meses	3	1044,54	348,18	20,6625	0	***
Espécie: Tempo - 24meses	3	1198,89	399,63	23,7158	0	***
Erro combinado	59,66	1005,32	16,8508			

Significado dos códigos: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

A tabela 8 mostra a influência do fator tempo sobre as diferentes espécies empregadas no estudo. Observa-se que para as espécies *C. japonica* e *C. lusitanica* o fator tempo não foi significativo, ou seja, não influenciou significativamente na perda de massa. Já para a espécie de *P. taeda* de ambas as idades o tempo teve influencia significativa, pois o p valor encontrado foi menor que 0,05.

Tabela 8 – Interação significativa: desdobrando a interação tempo dentro de espécie.

<b>Tempo dentro de cada nível de espécie</b>						
	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr(&gt;Fc)</b>	
Tempo: <i>Cupressus lusitanica</i>	3	108,159	36,0531	2,08451	0,114641	
Tempo: <i>Cryptomeria japonica</i>	3	81,8311	27,2771	1,5771	0,207121	
Tempo: <i>Pinus taeda</i> (Juvenil)	3	20,702	140,234	8,10799	0,00018	***
Tempo: <i>Pinus taeda</i> (Adulto)	3	1668,2	556,067	32,1505	0	***
Erro combinado	48	830,196	17,2958			

Significado dos códigos: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

### APÊNDICE 3 – Análise de Variância da densidade aparente

Os valores médios de densidade da madeira das espécies utilizadas neste experimento podem ser observados na tabela 9. Nota-se que houve diferença significativa para densidade entre todas as espécies, conforme pode ser observado nas tabelas 9, e na tabela 10 de análise de variância da densidade.

Tabela 9 – Densidade das espécies.

<b>Espécie</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<i>Pinus taeda</i> (Adulto)	0,553 <sup>A</sup>	0,03
<i>Cupressus lusitanica</i>	0,429 <sup>B</sup>	0,05
<i>Pinus taeda</i> (Juvenil)	0,399 <sup>C</sup>	0,02
<i>Criptomeria japonica</i>	0,328 <sup>D</sup>	0,08

Médias seguidas da mesma letra, não apresentam diferença estatística significativa pelo teste de médias (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Pelo resultado do teste de Shapiro-Wilk os dados passaram no teste de normalidade, pois o p-valor (8,115e-06) é menor que 5%, portanto, os dados são considerados normais atendendo aos pressupostos da anova.

Tabela 10 – Análise de variância da densidade.

<b>Quadro da Análise de Variância</b>					
	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr(&gt;Fc)</b>
Espécie	3	1.2826	0.4775	286.4	2e-16 ***
Resíduos	210	0.3135	0.0015		

Significado dos códigos: 0 ‘\*\*\*’ 0.001 ‘\*\*’ 0.01 ‘\*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1