



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

---

**Resistência da Madeira de *Eucalyptus urograndis* Tratada Termicamente ao  
Ataque de Fungos Apodrecedores**

Estudante: Renato Vieira Tormin

Matrícula: 08/39655

Linha de pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

Orientador: Fernando Nunes Gouveia

Co-Orientador: Alexandre Florian da Costa

Trabalho apresentado ao  
Departamento de Engenharia  
Florestal da Universidade de  
Brasília, como parte das  
exigências para obtenção do título  
de Engenheiro Florestal

**Brasília, Distrito Federal**

**Fevereiro de 2013**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

# Resistência da Madeira de *Eucalyptus urograndis* Tratada Termicamente ao Ataque de Fungos Apodrecedores

Trabalho Final apresentado como parte obrigatória para obtenção do grau de Engenheiro Florestal

Menção: SS

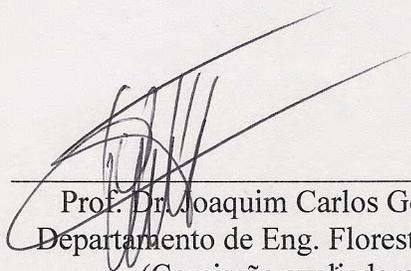
Discente: Renato Vieira Tormin

Matrícula: 08/39655

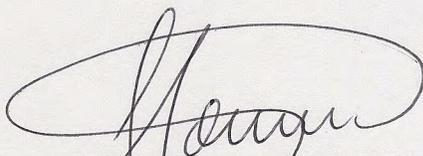
Aprovada por:



Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa  
Departamento de Eng. Florestal – UnB  
(Co-Orientador)



Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonzalez  
Departamento de Eng. Florestal – UnB  
(Comissão avaliadora)



Dr. Fernando Nunes Gouveia  
Laboratório de Produtos Florestais – SFB  
(Orientador)

**Brasília, Distrito Federal**

**Fevereiro de 2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

TORMIN, RENATO VIEIRA

Resistência da Madeira de *Eucalyptus urograndis* Tratada Termicamente ao Ataque de Fungos Apodrecedores [Distrito Federal] 2013.

EFL/FT/UNB – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

TORMIN, R. V. (2013). **Resistência da Madeira de *Eucalyptus urograndis* Tratada Termicamente ao Ataque de Fungos Apodrecedores.** Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 33 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Renato Vieira Tormin

TÍTULO: Resistência da Madeira de *Eucalyptus urograndis* Tratadas Termicamente ao Ataque de Fungos Apodrecedores.

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Renato Vieira Tormin

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, por proporcionar e abençoar a vida que tenho.

Aos meus pais, pois sem eles, nada disso seria possível.

A minha irmã Raquel, meu tio Dico, minha avó Tina, minha madrinha Leila e todos da minha família, que sempre torceram pelo meu sucesso.

A minha namorada Monique, pelo apoio nesse último ano e, principalmente, por me ajudar a me levantar nos momentos difíceis que ocorreram ao longo deste trabalho.

Aos meus orientadores, Fernando e Alexandre, por toda contribuição, conselhos, ensinamentos e apoio.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, por me mostrarem o melhor caminho para meu desenvolvimento acadêmico.

Aos meus nobres colegas da Florestal, que tornaram esses anos na universidade inesquecíveis. Em especial, a Gabriela, Paulo, Anna Cláudia e Sarah, pois foram de fundamental importância na realização desta pesquisa.

A todos do Laboratório de Produtos Florestais, que de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

Aos meus companheiros da “Reipública” Nórdica: Rodrigo, David, Ricardo, que se tornaram grandes irmãos ao longo dessa jornada.

A todos, o meu muito obrigado!

## RESUMO

### RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE *Eucalyptus urograndis* TRATADA TERMICAMENTE AO ATAQUE DE FUNGOS APODRECEDORES

**Autor:** Renato Vieira Tormin

**Orientador:** Fernando Nunes Gouveia

**Co-Orientador:** Alexandre Florian da Costa

**Brasília, mês de fevereiro (2013)**

A ação do calor provoca diferentes transformações na estrutura da madeira, as quais podem gerar benefícios nesta. A madeira, em razão de sua estrutura e constituição química, pode ser atacada por diversos agentes biológicos, sendo os fungos apodrecedores os principais organismos xilófagos existentes. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de tratamentos térmicos sobre a madeira de *Eucalyptus urograndis* submetida ao ataque de duas espécies de fungos apodrecedores, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. Para tanto, foram utilizadas três árvores do híbrido com 13 anos de idade. Estas foram classificadas em 3 posições a partir da base do seu fuste (base, meio e topo). O tratamento térmico foi realizado em estufa seguindo dois níveis de temperatura, 180°C e 200°C, com dois tempos de exposição, 1 e 2 horas, totalizando quatro tratamentos térmicos. O ensaio acelerado de ataque dos fungos seguiu os procedimentos da norma ASTM D 2017 e foram conduzidos no Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro. No total foram utilizados 300 corpos de prova. Os resultados mostraram que as amostras submetidas ao ataque do *T. versicolor* apresentaram maior perda de massa que aquelas atacadas pelo *G. trabeum*. A porção média do fuste foi a que apresentou maior perda de massa quando comparada à base e ao topo. No que diz respeito aos tratamentos em si, para aqueles em que as amostras foram submetidas ao ataque do *T. versicolor*, verificou-se que quanto mais intenso o tratamento, menores foram os valores de perda de massa apresentada. Porém para aqueles que foram atacados pelo *G. trabeum*, a perda de massa foi menor nas testemunhas.

**Palavras-chave:** Tratamento térmico, *Eucalyptus urograndis*, Fungos apodrecedores.

## **ABSTRACT**

### **RESISTENCE OF *Eucalyptus urograndis* WOOD TO HEAT TREATED TO THE DECAY FUNGI**

**Author: Renato Vieira Tormin**

**Supervisors: Fernando Nunes Gouveia**

**Alexandre Florian da Costa**

**Brasília, month of february (2013)**

The action of heat causes different changes in the structure of wood, which can generate benefits in this. The wood, because of its structure and chemical composition, can be attacked by various biological agents, and the major decay fungi xylophagous existing organisms. The present study aimed to evaluate the effect of heat treatments on *Eucalyptus urograndis* submitted to the attack of two species of decay fungi, *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum*. For this, were used three hybrid trees 13 years old. These were classified into three positions from the base of its stem (base, center and top). The heat treatment was performed in an oven following two levels of temperature, 180°C and 200°C, with two exposure times, 1 and 2 hours, totaling four thermal treatments. The accelerated test fungi attack followed the procedures of ASTM D 2017 and were conducted at the Forest Products Laboratory of the Brazilian Forest Service. In total we used 300 test specimens. The results showed that the samples submitted to the attack of *T. versicolor* showed greater weight loss than those attacked by *G. trabeum*. The middle portion of the stem showed the greatest weight loss when compared to the base and the top. With regard to the treatments in themselves to those in which the samples were subjected to the attack of *T. versicolor*, it was found that the more intensive treatment, have lower values of weight loss appears. But for those who were attacked by *G. trabeum*, the mass loss was lower in control samples.

**Keywords:** Thermal treatment, *Eucalyptus urograndis*, Decay fungi.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
2.1	Objetivo Geral .....	3
2.2	Objetivo Específico.....	3
<b>3</b>	<b>HIPÓTESE</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
<b>4.1</b>	<b>Eucalipto</b> .....	<b>5</b>
4.1.1	<i>Eucalyptus urograndis</i> .....	5
<b>4.2</b>	<b>Fungos Apodrecedores</b> .....	<b>6</b>
4.2.1	Podridão Branca.....	6
4.2.1.1	<i>Trametes versicolor</i> .....	7
4.2.2	Podridão Parda.....	7
4.2.2.1	<i>Gloeophyllum trabeum</i> .....	8
<b>4.3</b>	<b>Tratamento Térmico</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
<b>5.1</b>	<b>Coleta da Madeira</b> .....	<b>11</b>
<b>5.2</b>	<b>Confecção dos Corpos de Prova</b> .....	<b>11</b>
<b>5.3</b>	<b>Tratamento Térmico</b> .....	<b>12</b>
<b>5.4</b>	<b>Ensaio Acelerado de Ataque de Fungos Apodrecedores</b> .....	<b>14</b>
<b>5.5</b>	<b>Análise dos Dados</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>6.1</b>	<b>Posição dos Corpos de Prova no Tronco da Árvore</b> .....	<b>17</b>
<b>6.2</b>	<b>Temperatura Aplicada nos Tratamentos Térmicos</b> .....	<b>18</b>

6.3	Tempo de Exposição aos Tratamentos Térmicos .....	19
6.4	Interação entre Temperatura × Tempo de Exposição × Posição no Tronco .....	20
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	24
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25
9	ANEXOS .....	30

### Lista de Figuras

Figura 5-1: Diagrama esquemático do número de corpos de prova a nível de posicionamento e de acordo com a temperatura e tempo de exposição dos tratamentos térmicos aplicados. ....	13
Figura 5-2: Frascos de ensaio contendo corpos de prova na 12 <sup>a</sup> semana sob o ataque dos fungos. À esquerda o fungo <i>Trametes versicolor</i> e à direita o fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> . ....	15
Figura 9-1: Corpos de prova antes da inoculação dos fungos. Dimensões de 25 x 25 x 9 mm (comprimento x largura x espessura). ....	32
Figura 9-2: Balança analítica, modelo AY 220 Shimadzu, com precisão de 0,0001 g utilizada na pesagem dos corpos de prova. ....	33
Figura 9-3: Estufa de circulação mecânica de ar FANEM, modelo 320-SE utilizada na realização dos tratamentos térmicos. ....	33

### Lista de Quadros

Quadro 5-1: Desenho experimental dos tratamentos térmicos realizados. ....	12
--	----

### Lista de Tabelas

Tabela 5-1: Classes de resistência ao ataque de fungos apodrecedores (ASTM D 2017/05). ....	16
---	----

Tabela 6-1: Valores médios de perda de massa da madeira de <i>Eucalyptus urograndis</i> em relação à posição das amostras ao longo do fuste. ....	17
Tabela 6-2: Valores médios de perda de massa da madeira de <i>Eucalyptus urograndis</i> em relação à temperatura dos tratamentos térmicos.....	18
Tabela 6-3: Valores médios de perda de massa da madeira de <i>Eucalyptus urograndis</i> em relação ao tempo de exposição. ....	19
Tabela 6-4: Valores de perda de massa dos tratamentos térmicos realizados em relação à posição das amostras ao longo do fuste da madeira de <i>Eucalyptus urograndis</i> submetida ao ataque de <i>Trametes versicolor</i> . ....	20
Tabela 6-5: Valores de perda de massa dos tratamentos térmicos realizados em relação à posição das amostras ao longo do fuste da madeira de <i>Eucalyptus urograndis</i> submetida ao ataque de <i>Gloeophyllum trabeum</i> . ....	21
Tabela 9-1: Teste entre os efeitos dos tratamentos submetidos ao ataque do <i>T. versicolor</i> . ....	30
Tabela 9-2: Teste entre os efeitos dos tratamentos submetidos ao ataque do <i>G. trabeum</i> . ....	30
Tabela 9-3: Estatística descritiva da perda de massa dos tratamentos submetidos ao ataque do <i>T. versicolor</i> . ....	31
Tabela 9-4: Estatística descritiva da perda de massa dos tratamentos submetidos ao ataque do <i>G. trabeum</i> . ....	32

## Lista de Siglas

ASTM	American Society for Testing and Materials
EFL	Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília
FAL	Fazenda Água Limpa
FT	Faculdade de Tecnologia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LPF	Laboratório de Produtos Florestais
OSB	<i>Oriented Strand Board</i> (Painéis de Partículas Orientadas)
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
UnB	Universidade de Brasília

## 1 INTRODUÇÃO

O setor madeireiro tem se mostrado em ascensão nos últimos anos, seja no segmento energético, seja na construção civil, em aplicações industriais ou na produção moveleira. Dados do IBGE (2012) mostram que enquanto em 2005 o consumo anual de madeira no Brasil era de 486.156.000 m<sup>3</sup>, em 2010 esse consumo foi de 510.550.000 m<sup>3</sup>.

Devido a sua relevância em termos ambientais, no sentido de suprir recursos que até então seriam retirados de florestas nativas, e de suas propriedades favoráveis em termos de produção, as florestas plantadas se tornaram a principal fonte de recursos para a produção industrial. O setor de florestas plantadas no Brasil, representado principalmente pelos gêneros pinus e eucalipto, vem apresentando aumento de produtividade. Segundo dados da ABRAF (2012), em 2011, a área ocupada por plantios florestais no país, totalizou 7.005.125 ha, sendo 69,6% correspondente a plantios de eucalipto, 23,4% de pinus, 1,0% a plantios de teca e o restante (6,0%) a plantios de outras espécies não convencionais.

A gama de potenciais produtos que podem ser gerados a partir da madeira de eucalipto é muito ampla e a necessidade de estudos sobre a adequabilidade da madeira no seu emprego torna-se cada vez maior. Além dos fatores ambientais favoráveis para a silvicultura, novas tecnologias são usadas para elevar a produção, tais como clonagem de espécies florestais e melhoramento genético de sementes. Esse aprimoramento leva o Brasil a se destacar em produtividade florestal, tanto de coníferas como de folhosas (SFB, 2010).

Outros procedimentos são utilizados também, para melhorar as propriedades da madeira como produto final, sendo um destes o tratamento térmico. A ação do calor na madeira pode provocar diferentes transformações em sua estrutura. Este processo traz algumas vantagens à madeira, o que faz com que essa prática, em várias regiões do Brasil, esteja crescendo, estimulando o desenvolvimento de novas pesquisas e trabalhos voltados ao melhor aproveitamento dos produtos madeireiros. Esse crescimento pode ser explicado pelo maior valor agregado das madeiras tratadas termicamente, e também a melhor relação custo-benefício, permitindo uma maior vida útil, diminuindo sua

variabilidade dimensional e reduzindo a probabilidade de ataque de fungos e insetos xilófagos (BRITO *et. al.*, 2006).

Assim também, é de fundamental importância o estudo da susceptibilidade da madeira ao ataque de fungos, pois possibilita melhor indicação de uso final, minimizando, dessa forma, possíveis prejuízos.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente estudo teve como objetivo geral avaliar o efeito de quatro tratamentos térmicos sobre a madeira de *Eucalyptus urograndis* submetida ao ataque de duas espécies de fungos apodrecedores, *Trametes versicolor* (podridão branca) e *Gloeophyllum trabeum* (podridão parda).

### **2.2 Objetivo Específico**

- Determinar o tratamento térmico mais eficiente na inibição do ataque dos fungos apodrecedores; e

- Avaliar a influência da posição do corpo de prova em relação à altura da árvore em que o mesmo foi retirado.

### **3 HIPÓTESE**

A madeira de *Eucalyptus urograndis* submetida ao tratamento térmico apresentará maior resistência ao ataque de fungos apodrecedores.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Eucalipto

Originário da Austrália e introduzido no Brasil por Edmundo Navarro de Andrade em 1903, que trouxera mudas desta espécie para plantios que produziram madeira para dormentes que seriam usados nas estradas de ferro, o eucalipto é o gênero mais cultivado pelo setor florestal brasileiro. Pertencente à família das Mirtáceas e com quase 800 espécies diferentes, o eucalipto alcançou o *status* de principal grupo silvicultural no país, não só em razão da ótima adaptação às condições físicas e climáticas do Brasil, mas também pelo rápido crescimento e desenvolvimento (SFB, 2012).

Segundo OLIVEIRA *et. al.* (1999), o gênero *Eucalyptus* é representado por árvores com alta taxa de crescimento, plasticidade, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com variações nas propriedades tecnológicas, adaptadas às mais variadas condições de uso.

A madeira de eucalipto é utilizada para diversos fins, seja no setor energético, industrial ou na construção civil. Pode-se destacar dentre as principais utilidades: celulose e papel, madeira serrada, carvão, lenha, fabricação de postes, mourões, dormentes, estacas e chapas de fibras (SFB, 2012).

Segundo ABRAF (2012), em 2011, a área plantada com espécies de eucalipto no território brasileiro foi de 4.873.952 ha (crescimento de 2,5% em relação ao ano anterior), sendo 29% desta área apenas no estado de Minas Gerais. São Paulo aparece como o segundo estado brasileiro com maior área plantada com espécies de eucalipto, com 1.031.677 ha. Existem outros estados com áreas de plantio relevantes, tais como: Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo, Paraná e Maranhão.

#### 4.1.1 *Eucalyptus urograndis*

O *Eucalyptus urograndis* é um híbrido desenvolvido no Brasil, especialmente na região Sudeste, através do cruzamento do *Eucalyptus grandis* com o *Eucalyptus urophylla*. A finalidade do cruzamento destas duas espécies era obter plantas com bom crescimento, características do *E. grandis*, e um incremento na densidade da madeira, características do *E. urophylla* (BRAGA, 2008).

O primeiro cultivo de *E. urograndis* foi no estado do Espírito Santo no final da década de 1970. Inicialmente tímida na década de 1980, foi só na década de 1990 que o processo de clonagem do eucalipto avançou, sendo o *E. urograndis* o principal impulsionador do ritmo de crescimento no setor florestal, caracterizado, principalmente, pelo avanço da implantação de plantios florestais deste híbrido para fins industriais (LOPES, 2008).

## **4.2 Fungos Apodrecedores**

A madeira, em virtude da sua estrutura e constituição química, pode ser atacada por diversos agentes biológicos e os fungos apodrecedores são uns dos principais organismos xilófagos existentes. O grau de resistência biológica entre as madeiras varia bastante, sendo um grande número destas caracterizadas por apresentarem elevada resistência quando atacadas por insetos e fungos apodrecedores. Madeiras que apresentam elevada durabilidade natural a esses organismos podem ser destacadas por um alto grau de nobreza, conferindo-lhes amplo espectro de uso e, portanto, tornando-as mais valorizadas no mercado (COSTA, 2009).

Os vários grupos de fungos xilófagos podem utilizar a celulose, hemicelulose e lignina como fonte de alimento. Para que os fungos possam colonizar a madeira, esta precisa apresentar condições favoráveis de umidade, temperatura, aeração, pH, entre outras (CAVALCANTE, 1982).

Os fungos apodrecedores podem causar diferentes tipos de podridão no material lenhoso, sendo as principais: podridão branca, parda e mole. Tais organismos têm a capacidade de modificar a estrutura anatômica celular e, portanto, as características físicas, químicas e mecânicas da madeira (BRAZOLIN *et al*, 2010).

### **4.2.1 Podridão Branca**

Os fungos de podridão branca atuam na superfície das células. Este grupo de fungos provoca uma lenta erosão da parede celular a partir do lume. Fungos de podridão branca decompõem, de forma proporcional, tanto a holocelulose quanto a lignina. Devido a maior porcentagem de holocelulose existente na madeira, esta, quando atacada, adquire uma coloração esbranquiçada. Em certas ocasiões, linhas escuras demarcam a região atacada e, à parte destes sinais, não existem outras evidências no

aspecto da madeira que possam indicar apodrecimento. Porém, há uma progressiva perda de peso e das resistências físicas e mecânicas da peça atacada. (MENDES & ALVES, 1988; CAVALCANTE, 1982).

Estudos relatam que as atividades ocorrentes em madeiras submetidas ao ataque de fungos de podridão branca são atribuídas às enzimas, como a lignina peroxidase, lacase e manganês peroxidase, que catalisam a deterioração via difusão de agentes oxidantes ou mediadores específicos (COSTA, 2009 *apud* WETZSTEIN *et al.*, 1999).

#### 4.2.1.1 *Trametes versicolor*

*Trametes versicolor* é um dos basidiomicetos mais comuns que deterioram a madeira. O *T. versicolor* causa a deterioração simultânea da celulose, lignina e hemicelulose, o qual produz diversas ectoenzimas, entre elas a lacase, peroxidases e celobiose dehidrogenase. Estas enzimas podem ser empregadas nas indústrias papeleiras e têxtil na decomposição de compostos orgânicos, fenólicos e compostos aromáticos (ARCHIBALD *et al.*, 1997; DUMONCEAUX *et al.*, 1998; TANAKA *et al.*, 1999; COSTA, 2009; SUSANA, 2009).

Avaliando a resistência biológica de painéis de partículas orientadas (OSB) tratados termicamente, SOUZA & DEL MENEZZI (2006) concluíram que aqueles painéis atacados pelo fungo *Gloeophyllum trabeum* foram menos resistentes que aqueles atacados pelo *Trametes versicolor*.

MODES (2010) avaliando o efeito do tratamento térmico nas propriedades biológicas da madeira de *Pinus taeda* e *E. grandis*, observou que, para o eucalipto, as maiores perdas de massa foram causadas pelo *T. versicolor*, enquanto na madeira de pinus, as maiores perdas de massa foram provocadas pelo *G. trabeum*.

#### 4.2.2 Podridão Parda

Os fungos deste grupo deterioram a celulose e a hemicelulose, transformando-as em substâncias solúveis facilmente assimiladas e digeridas. A lignina, de coloração escura, fica praticamente intacta, conferindo à madeira um aspecto pardo-escuro. A destruição dos elementos estruturais que se encontram nas paredes celulares provoca uma leve perda da resistência mecânica da madeira (MENDES & ALVES, 1988).

A madeira submetida ao ataque de fungos deste grupo apresenta-se em estágios iniciais ligeiramente escurecida, assumindo uma coloração pardo-escuro à medida que o apodrecimento avança. Observa-se também a presença de grupos de células intensamente deterioradas, envolvidas por células pouco atacadas. A madeira atacada por estes fungos apresenta uma diminuição da sua massa específica, tornando-a mais susceptível ao ataque de microorganismos (COSTA, 2009 *apud* LAPAGE, 1986).

AKANDE (1990), estudando as falhas da madeira, relacionadas à perda de massa por apodrecimento, concluiu que os fungos de podridão parda são capazes de despolimerizar a celulose mais rapidamente.

#### 4.2.2.1 *Gloeophyllum trabeum*

Anteriormente conhecido como *Lenzites trabea*, o *Gloeophyllum trabeum* é um basidiomiceto encontrado nas regiões tropicais e subtropicais, principalmente, da Europa, Austrália, Estados Unidos e Brasil. Apresenta uma coloração amarelada e seu corpo de frutificação é fino e marrom, variando de poróide a lamelado (ESPIG, 2003).

ESPIG (2003) analisou a resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores e observou que destas, cinco espécies apresentaram-se altamente resistentes frente ao ataque do fungo *G. trabeum*. A espécie madeireira restante foi classificada como resistente quando submetida ao ataque do fungo em questão.

OLIVEIRA *et al.* (2005) avaliando o efeito da extração por diferentes solventes, de seis espécies de madeiras, sobre a resistência ao apodrecimento causado pelo fungo *G. trabeum*, concluíram que todas as madeiras estudadas foram consideradas naturalmente resistentes ao fungo, possuindo cada uma, um componente específico relacionado à sua resistência natural ao apodrecimento, sendo esse componente solúvel em solventes distintos.

DA COSTA (1975) avaliou sete espécies de eucalipto submetidas ao apodrecimento acelerado de laboratório por seis espécies de fungos, encontrando também, valores muito baixos de perda de massa nas madeiras submetidas ao ataque do *G. trabeum*. Todas as sete espécies de eucalipto analisadas pelo autor foram consideradas como altamente resistentes ao *G. trabeum*.

### 4.3 Tratamento Térmico

Várias técnicas têm sido pesquisadas ou utilizadas com o objetivo de modificar algumas propriedades da madeira, sendo o tratamento térmico conhecido como um dos mais tradicionais e antigos, relativamente fácil e de baixo custo, com melhorias no que diz respeito à estabilidade dimensional e resistência biológica da madeira (MODES, 2010 *apud* MOHEBBY & SANAEI, 2005).

O tratamento já ocorre em uma escala industrial em alguns países da Europa, como a Finlândia, França, Alemanha e Holanda (RODRIGUES, 2009). GOUVEIA (2008) citando SEHLSTEDT-PERSSON (2005) afirma que o principal objetivo desta técnica é melhorar alguma propriedade da madeira, tais como a estabilidade dimensional, a possibilidade de controlar a alteração da cor e o aumento da resistência à agentes biológicos.

Tratamentos térmicos podem ser utilizados como método preservativo devido à alteração de alguns constituintes da madeira. Seja pela degradação de hemiceluloses, como as pentosanas, base nutritiva para o desenvolvimento de colônias de fungos, seja pela esterificação de celulose pelo ácido acético, liberado pela quebra das hemiceluloses, ou até pela formação de novos compostos como o furfural, que se une às cadeias aromáticas da lignina. (GOUVEIA, 2008 *apud* WEILAND & GUYONNET, 2003). Segundo DUCHEZ & GUYONNET (1998), este processo elimina os elementos nutritivos essenciais aos microrganismos, inibindo sua instalação e desenvolvimento.

Já foi constatado que uma madeira tratada termicamente em autoclave tem sua resistência à deterioração fúngica aumentada, mas que este tratamento não apresenta efeito sobre a resistência à degradação de térmita (QUIRINO & BORGES, 2005 *apud* QUIRINO, 1997).

Avaliando a resistência biológica de painéis OSB tratados termicamente, SOUZA & DEL MENEZZI (2006) observaram que o tratamento térmico melhora a resistência dos painéis ao ataque de fungos xilófagos. Concluíram também que, principalmente no ensaio com o *T. versicolor*, quanto maior o tempo e a temperatura do tratamento, melhor é a resistência do painel frente ao ataque desse fungo.

Madeiras tratadas termicamente podem apresentar grande variedade de comportamento, pois são influenciadas por um conjunto de fatores, tais como: espécie de madeira, taxa de aquecimento, tempo de tratamento, temperatura final, pressão e utilização de atmosfera redutora ou oxidante (QUIRINO & BORGES, 2005).

## **5 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 Coleta da Madeira**

Neste estudo foram utilizadas três árvores de *Eucalyptus urograndis*, com 13 anos de idade, provenientes de plantios na Fazenda Água Limpa (FAL) localizada na cidade de Brasília (DF) e pertencente à Universidade de Brasília (UnB). A FAL possui uma área de aproximadamente 4.100 ha, localizada a uma altitude média de 1.100 m. Limita-se ao norte com o Ribeirão do Gama e com o Núcleo Rural da Vargem Bonita, ao sul com a BR 251, que liga Brasília a Unaí (MG), ao leste com o Córrego Taquara e com a Reserva Ecológica do IBGE, e ao oeste com a estrada de ferro e o Country Club de Brasília.

### **5.2 Confeção dos Corpos de Prova**

As árvores foram cortadas em toretes com um metro de comprimento e encaminhadas ao Laboratório de Produtos Florestais do Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB), para serem armazenadas e processadas.

Os toretes foram desdobrados em tábuas com 30 mm de espessura. As tábuas foram novamente desdobradas, medindo 600 x 30 x 30 mm (comprimento x largura x espessura), e secas em uma estufa com circulação forçada de ar a 40°C. Logo após esse processo, as amostras foram submetidas a uma avaliação visual de suas condições quanto à orientação dos anéis de crescimento e ocorrência de defeitos, tais como: nós, empenamentos e encurvamentos, para que fossem selecionadas as amostras com as melhores condições para o preparo dos corpos de prova.

A partir das amostras pré-selecionadas, foram escolhidos aleatoriamente, novos corpos de prova, os quais foram reduzidos às seguintes dimensões: 350 x 25 x 25 mm (comprimento x largura x espessura), para então ser lixado manualmente. Esta etapa tem como propósito remover as imperfeições oriundas do corte da serra e deixá-lo o mais homogêneo possível, garantindo que o corpo de prova não perca nenhum pedaço, de forma que não interfira na obtenção dos dados e, conseqüentemente, nos resultados.

Após o processo de lixamento, os corpos de prova foram encaminhados à sala de climatização (temperatura de 21°C e umidade relativa de 65%) até atingirem massa

constante, em seguida, estes corpos de prova foram submetidos aos tratamentos térmicos.

Após a realização dos tratamentos térmicos, os corpos de prova foram novamente redimensionados, desta vez com 25 x 25 x 9 mm para atender a norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005), sendo esta sua dimensão final. Todas amostras foram novamente lixadas e devidamente identificadas com caneta de tinta permanente.

### 5.3 Tratamento Térmico

Foram avaliados dois níveis de temperatura, 180°C e 200°C, e dois níveis de tempo de exposição, 1 e 2 horas, totalizando quatro tratamentos térmicos (Quadro 5-1).

**Quadro 5-1: Desenho experimental dos tratamentos térmicos realizados.**

<b>Temperatura</b>	<b>Duração</b>	<b>Tratamento</b>
180°C	1 Hora	I
	2 Horas	II
200°C	1 Hora	III
	2 Horas	IV
<b>Testemunha</b>		

Para avaliação em nível de posicionamento dos corpos de prova, foram pré-definidas três alturas a partir das primeiras oito toras de cada árvore, em que, as toras 1 e 2 correspondem à base, as toras 3, 4 e 5 correspondem à porção média do tronco árvore, e as toras 6, 7 e 8 ao topo. Portanto cada tratamento avaliará, além da

temperatura e do tempo de exposição, a altura que o corpo de prova foi retirado da árvore.

O tratamento foi realizado em uma estufa de circulação mecânica de ar FANEM, modelo 320-SE. Os corpos de prova foram colocados dentro da mesma e só então a máquina foi ligada. Portanto, as amostras não foram submetidas às temperaturas pré-definidas de imediato.

No total foram utilizados 300 corpos de prova: 150 expostos ao fungo de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum*; 150 ao fungo de podridão branca, *Trametes versicolor*.

Através da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, pode-se melhor isualizar a divisão esquemática do número de corpos de prova por posição e pela temperatura e tempo de duração dos tratamentos térmicos realizados.

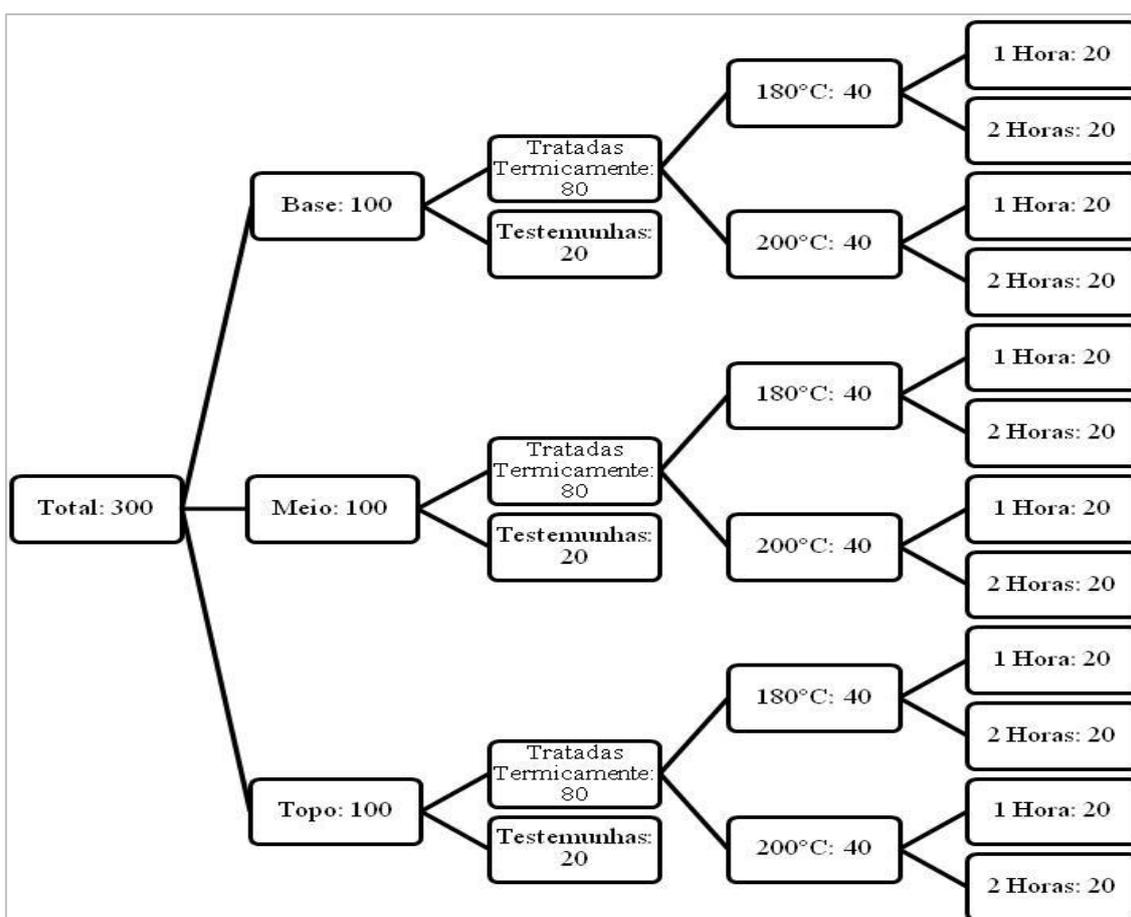


Figura 5-1: Diagrama esquemático do número de corpos de prova a nível de posicionamento e de acordo com a temperatura e tempo de exposição dos tratamentos térmicos aplicados.

Dos 150 corpos de prova expostos para cada fungo, 30 foram avaliados como testemunhas, pois não sofreram nenhum tratamento térmico. Portanto, o número total de testemunhas foi de 60 corpos de prova.

Em nível de posicionamento, cada porção teve 100 corpos de prova: 80 receberam algum tipo de tratamento e 20 foram destinados como testemunhas. Como foram definidas três posições, foram utilizados, no total, 300 amostras.

#### **5.4 Ensaio Acelerado de Ataque de Fungos Apodrecedores**

Na execução desta etapa, foram utilizados os procedimentos estabelecidos na norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005). Os ensaios de apodrecimento acelerado, assim como a obtenção dos fungos foram conduzidos no Setor de Biodegradação e Preservação da Madeira do LPF.

O solo utilizado para inoculação dos fungos foi coletado na FAL. Seu pH foi corrigido para cerca de 6,5 e depois seco em estufa à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas. Em seguida, foi peneirado com o auxílio de uma peneira de 20 mesh, para quebrar os torrões e eliminar impurezas.

Os ensaios foram montados em frascos de vidro transparente, com boca larga e tampa rosqueável. Para cada frasco, foram adicionados 40 ml de água destilada e 100 g de solo. Os frascos de vidro foram parcialmente fechados e autoclavados em temperatura de  $120^\circ\text{C}$  por 40 minutos, para esterilização do seu conteúdo. Após esta etapa, os frascos foram levados a uma câmara incubadora a temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e 75% de umidade relativa, onde permaneceram até a inoculação dos fungos.

Para os ensaios com *G. trabeum*, foram utilizados, em cada frasco, uma placa suporte de madeira de *Pinus* sp. disposta sobre o solo. Nos ensaios com *T. versicolor*, a madeira utilizada como placa suporte foi de *Cecropia* sp. As placas suporte têm dimensão de 35 x 29 x 3 mm.

As espécies de fungos foram cultivadas, previamente, em meio líquido com malte e água deionizada (na proporção de 30 g de extrato de malte para 1 litro de água deionizada) e acondicionado por duas semanas em uma incubadora com temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 75%. Em seguida, os fungos foram homogeneizados

utilizando-se um aparelho liquidificador, e cada placa suporte recebeu 1,5 ml desta solução.

Posteriormente, os frascos com o inóculo dos fungos foram levados à câmara incubadora, onde permaneceram por 17 dias para o estabelecimento do fungo nas placas suporte. Ao término deste período, as amostras da madeira de *E. urograndis* foram colocadas sobre as placas suporte inoculadas e os frascos foram levados novamente para a incubadora, onde permaneceram por 12 semanas (Figura 5-2).



**Figura 5-2:** Frascos de ensaio contendo corpos de prova na 12ª semana sob o ataque dos fungos. À esquerda o fungo *Trametes versicolor* e à direita o fungo *Gloeophyllum trabeum*.

Após 12 semanas sob ataque dos fungos, os corpos de prova foram removidos dos frascos, limpos, de maneira cuidadosa com a ajuda de uma escova dental, para a remoção do excesso de micélio aderido, afim de não comprometer a pesagem final dos corpos de prova. Em seguida, foram levados à estufa, a 50°C, até atingir massa constante, quando foi feita a pesagem final.

## 5.5 Análise dos Dados

As amostras foram pesadas, antes e depois da inoculação dos fungos, em balança analítica, modelo AY 220 Shimadzu, com precisão de 0,0001 g.

A perda de massa foi obtida através da seguinte equação:

$$Pm = \frac{(mi - mf)}{mi} \times 100$$

Onde:

Pm = Perda de massa (%);

mi = Massa inicial (g); e

mf = Massa final (g).

Para avaliação da intensidade do ataque dos fungos apodrecedores, foi utilizada a classificação de resistência sugerida pela norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005) visualizada na Tabela 5-1.

**Tabela 5-1: Classes de resistência ao ataque de fungos apodrecedores (ASTM D 2017/05).**

<b>Perda de Massa (%)</b>	<b>Massa Residual (%)</b>	<b>Classe de Resistência</b>
0 a 10	90 a 100	Muito resistente
11 a 24	76 a 89	Resistente
25 a 44	56 a 75	Resistência moderada
45 ou mais	55 ou menos	Não resistente

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância estatística e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SPSS 16.0.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Posição dos Corpos de Prova no Tronco da Árvore

A Tabela 6-1 apresenta os valores médios de perda de massa e respectiva classe de resistência em relação à posição das amostras ao longo do fuste da madeira de *E. urograndis*. Os resultados apresentados são independentes da temperatura e do tempo de exposição dos tratamentos térmicos aplicados.

Em relação aos corpos de prova submetidos ao ataque do fungo *T. versicolor*, a maior perda de massa (33,61%) foi observada na porção média do tronco da árvore, sendo classificada como moderadamente resistente de acordo com a norma ASTM D 2017. Esse resultado foi estatisticamente diferente dos observados nas outras duas porções do tronco estudadas. A menor perda de massa (23,71%) ocorreu nas amostras retiradas na porção mais alta do fuste (Topo), sendo classificada como resistente ao ataque desse fungo. No entanto, não foi observada diferença significativa pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, em relação aos corpos de prova retirados desta posição com aqueles da base do fuste, os quais apresentaram uma perda de massa de 25,39%.

**Tabela 6-1: Valores médios de perda de massa da madeira de *Eucalyptus urograndis* em relação à posição das amostras ao longo do fuste.**

Fungo	Posição	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
<i>Trametes versicolor</i>	Base	25,39 <sup>a</sup>	Resistência Moderada
	Meio	33,61 <sup>b</sup>	Resistência Moderada
	Topo	23,71 <sup>a</sup>	Resistente
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Base	16,86 <sup>a</sup>	Resistente
	Meio	19,96 <sup>b</sup>	Resistente
	Topo	14,94 <sup>a</sup>	Resistente

Valores em uma coluna seguidas por uma mesma letra não possuem diferença estatística pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise foi feita de forma independente e separada entre os fungos.

Assim como ocorreu nos corpos de prova atacados pelo *T. versicolor*, a menor perda de massa foi observada nas amostras submetidas ao ataque do *G. trabeum* (14,94%) retiradas na porção mais alta do fuste (Topo), como também, a maior perda de massa (19,96%) ocorreu na porção média do tronco. Embora todas as amostras tenham sido classificadas resistentes, estatisticamente, houve diferença significativa entre aquelas retiradas da porção mediana do tronco em relação às demais (Base e Topo), como ilustrado na Tabela 6-1.

Portanto, pode-se inferir que a porção média do fuste de *E. urograndis* foi a mais susceptível ao ataque dos fungos estudados. Resultado semelhante encontrou MORAIS & COSTA (2007), avaliando a perda de massa da base, meio e topo da árvore de *Eucalyptus camaldulensis* em relação aos fungos *Ganoderma applanatum* (podridão branca) e *Gloeophyllum striatum* (podridão parda), verificaram que a posição mediana do tronco foi a mais atacada pelos fungos.

## 6.2 Temperatura Aplicada nos Tratamentos Térmicos

Os valores médios de perda de massa e respectiva classe de resistência em relação à temperatura aplicada nos tratamentos são apresentados na Tabela 6-2. A menor perda de massa, dos corpos de prova submetidos ao ataque de *T. versicolor*, ocorreu nos tratamentos com temperatura a 200°C. Pela norma ASTM D 2017, a perda de massa de 20,87% ocorrida nesta temperatura classificou as madeiras como resistentes ao ataque desse fungo.

Não foi observada diferença significativa, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre os corpos de prova que não sofreram tratamento térmico (Testemunha) com os que foram submetidos ao tratamento à 180°C, sendo ambos classificados como de resistência moderada ao ataque desse fungo. Foi observado, no entanto, que a partir de 200°C o tratamento térmico influenciou na diminuição da perda de massa das amostras do híbrido *E. urograndis*.

**Tabela 6-2: Valores médios de perda de massa da madeira de *Eucalyptus urograndis* em relação à temperatura dos tratamentos térmicos.**

Fungo	Temperatura (°C)	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
<i>Trametes versicolor</i>	Testemunha	29,81 <sub>b</sub>	Resistência Moderada
	180	33,14 <sub>b</sub>	Resistência Moderada
	200	20,87 <sub>a</sub>	Resistente
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Testemunha	11,29 <sub>a</sub>	Resistente
	180	20,17 <sub>b</sub>	Resistente
	200	17,32 <sub>a</sub>	Resistente

Valores em uma coluna seguidas por uma mesma letra não possuem diferença estatística pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise foi feita de forma independente e separada entre os fungos.

Para o fungo *G. trabeum*, a menor perda de massa ocorreu, de forma não esperada, nas amostras testemunhas (11,29%), não havendo diferença significativa em

relação às tratadas à 200°C. Já as tratadas à 180°C apresentaram a maior perda de massa (20,17%).

Apesar desses resultados, todas as amostras, independente da temperatura aplicada aos tratamentos térmicos, foram classificadas como resistentes ao ataque do fungo *G. trabeum*.

No geral, foi possível observar que tratamentos térmicos a temperatura de 180°C realizados na madeira de *E. urograndis* não foram eficientes no combate aos fungos *T. versicolor* e *G. trabeum*.

### 6.3 Tempo de Exposição aos Tratamentos Térmicos

A Tabela 6-3 apresenta os valores médios de perda de massa da madeira de *E. urograndis* em relação ao tempo de exposição aos tratamentos térmicos.

Os resultados demonstram aquilo que era esperado para as amostras atacadas pelo *T. versicolor*, ou seja, quanto maior a duração do tratamento, menor a perda de massa. O tratamento com 2 horas de duração foi classificado como resistente, apresentando uma perda de massa média de 24,20%. Já as amostras que não receberam tratamento térmico (Testemunha) e aquelas em que o receberam, com duração de 1 hora, não se diferenciaram estatisticamente, sendo classificadas com moderadamente resistentes. Depreende-se, portanto, que o tempo de exposição nos tratamentos contra a ação do *T. versicolor* só foi eficiente a partir de 2 horas de duração para a madeira de *E. urograndis*.

**Tabela 6-3: Valores médios de perda de massa da madeira de *Eucalyptus urograndis* em relação ao tempo de exposição.**

Fungo	Duração (h)	Perda de Massa (%)	Classe de Resistência
<i>Trametes versicolor</i>	Testemunha	29,81 <sub>b</sub>	Resistência Moderada
	1	29,82 <sub>b</sub>	Resistência Moderada
	2	24,20 <sub>a</sub>	Resistente
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	Testemunha	11,29 <sub>a</sub>	Resistente
	1	16,48 <sub>b</sub>	Resistente
	2	21,00 <sub>c</sub>	Resistente

Valores em uma coluna seguidas por uma mesma letra não possuem diferença estatística pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise foi feita de forma independente e separada entre os fungos.

Já os resultados encontrados nos corpos de prova submetidos ao ataque do *G. trabeum* foram diferentes do que se esperava. Embora todos tenham sido classificados como resistentes, ambos apresentaram diferença significativa entre si, de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo o tratamento com o maior tempo de duração, o que apresentou maior perda de massa (21%). As testemunhas foram as que apresentaram menor perda de massa (11,29%) e as amostras submetidas aos tratamentos térmicos com 1 hora de duração apresentou valor intermediário (16,48%).

#### 6.4 Interação entre Temperatura × Tempo de Exposição × Posição no Tronco

Na Tabela 6-4 são apresentados os valores de perda de massa dos corpos de prova em relação a interação entre a temperatura, tempo de exposição e a posição de retirada destes ao longo do tronco das árvores frente ao ataque do *T. versicolor*.

**Tabela 6-4: Valores de perda de massa dos tratamentos térmicos realizados em relação à posição das amostras ao longo do fuste da madeira de *Eucalyptus urograndis* submetida ao ataque de *Trametes versicolor*.**

Posição Tratamento	Base	Meio	Topo	Média
Testemunha	28,51 <sub>bcd</sub>	32,63 <sub>cd</sub>	28,28 <sub>bcd</sub>	29,81
I	32,08 <sub>cd</sub>	52,83 <sub>e</sub>	20,47 <sub>bc</sub>	35,13
II	34,73 <sub>d</sub>	29,05 <sub>bcd</sub>	29,71 <sub>bcd</sub>	31,16
III	24,36 <sub>bcd</sub>	27,49 <sub>bcd</sub>	21,71 <sub>bc</sub>	24,52
IV	7,28 <sub>a</sub>	26,07 <sub>bcd</sub>	18,37 <sub>ab</sub>	17,24

Testemunha = Não recebeu nenhum tipo de tratamento térmico; I = 180°C/1h; II = 180°C/2h; III = 200°C/1h; IV = 200°C/2h; Valores em uma coluna seguidas por uma mesma letra não possuem diferença estatística pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A nível de posição no tronco, em relação à base, a menor perda de massa foi observada no tratamento IV, com valor de 7,28%. Valor este classificado como altamente resistente ao ataque do fungo e diferente estatisticamente de todos outros valores desta posição. Já a maior perda de massa foi evidenciada no tratamento II (34,73%). Esse valor classifica a peça como moderadamente resistente ao ataque do *T. versicolor*, não apresentando diferença significativa, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com as testemunhas e com os tratamentos I e III.

No que diz respeito à porção mediana do fuste, a menor perda de massa ocorreu também no tratamento IV, com 26,07%. Este resultado é classificado pela norma como de resistência moderada e é diferente estatisticamente dos dados colhidos com as testemunhas e com o tratamento I. Tratamento este que apresentou a maior perda de massa (52,83%).

Como observado nas outras posições ao longo do tronco, o tratamento IV foi também o que apresentou menor valor de perda de massa (18,37%) nas amostras do topo. Este valor é classificado como resistente, apresentando também diferença significativa, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com as testemunhas e todos outros tratamentos nesta posição. Já a maior perda de massa foi verificada no tratamento II, com 29,71%, sendo classificado, portanto, como moderadamente resistente.

Pode-se observar então que a perda de massa nos tratamentos mais intensos, III e IV, foi menor, com valores médios de 24,52 e 17,24%, respectivamente. Enquanto as testemunhas (29,81%) e os tratamentos I (35,13%) e II (31,16%) apresentaram maiores taxas de perda de massa.

Na Tabela 6-5 são apresentados os valores de perda de massa das amostras em relação ao tratamento térmico aplicado e à posição de retirada destes ao longo do fuste das árvores frente ao ataque do *G. trabeum*.

**Tabela 6-5: Valores de perda de massa dos tratamentos térmicos realizados em relação à posição das amostras ao longo do fuste da madeira de *Eucalyptus urograndis* submetida ao ataque de *Gloeophyllum trabeum*.**

<b>Posição</b> <b>Tratamento</b>	<b>Base</b>	<b>Meio</b>	<b>Topo</b>	<b>Média</b>
Testemunha	12,50 <sup>abc</sup>	13,03 <sup>abcd</sup>	8,35 <sup>a</sup>	11,29
I	17,19 <sup>abcde</sup>	21,30 <sup>cdef</sup>	11,92 <sup>ab</sup>	16,80
II	26,25 <sup>f</sup>	22,01 <sup>def</sup>	22,33 <sup>ef</sup>	23,53
III	15,03 <sup>abcde</sup>	20,29 <sup>bcdef</sup>	13,17 <sup>abcd</sup>	16,16
IV	13,32 <sup>abcd</sup>	23,19 <sup>ef</sup>	18,91 <sup>bcdef</sup>	18,47

Testemunha = Não recebeu nenhum tipo de tratamento térmico; I = 180°C/1h; II = 180°C/2h; III = 200°C/1h; IV = 200°C/2h; Valores em uma coluna seguidas por uma mesma letra não possuem diferença estatística pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de perda de massa para os ensaios com o *G. trabeum* foram bastante difusos, sendo que o menor valor médio foi observado nas testemunhas (11,29%) e não nos tratamentos térmicos mais intensos, como ocorreu com o *T. versicolor*. A maior média de perda de massa ocorreu no tratamento II, com 23,53%.

Analisando o nível de posicionamento dos corpos de prova ao longo do fuste de forma separada e independente, a maior perda de massa observada nas amostras da base do tronco ocorreu nas testemunhas, com 12,50%. Sendo classificado pela norma como resistente e apresentando diferença estatística apenas com o tratamento II. O referido tratamento foi o que apresentou maior valor de perda de massa (26,25%) e este valor classifica a madeira como moderadamente resistente.

Em relação à porção mediana do tronco, a menor perda de massa também foi observada nas testemunhas, com 13,03%. Este resultado é classificado pela norma como resistente ao ataque do fungo e é diferente estatisticamente de todos outros tratamentos desta posição. A maior perda de massa ocorreu no tratamento IV (23,19%), porém este valor, assim como nas testemunhas, também é classificado como resistente.

Assim como verificado nas outras posições, as testemunhas apresentaram menor perda de massa (8,35%) para os corpos de prova retirados do topo do tronco. Este valor é classificado como altamente resistente ao ataque do fungo e apresenta diferença significativa, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com os tratamentos II e IV. O tratamento II foi o que apresentou maior perda de massa, com 22,33%. Além das testemunhas, mencionada anteriormente, este valor apresenta diferença estatística com os tratamentos I e III.

De maneira geral, pode-se inferir que o *T. versicolor* foi o fungo que apresentou maior intensidade de deterioração, visto que a perda de massa nos corpos de prova submetidos ao seu ataque foi maior que a perda de massa daqueles submetidos ao ataque do *G. trabeum*. Resultado semelhante ao encontrado por COSTA (2009), onde avaliando metodologias alternativas para caracterização do ataque de fungos apodrecedores de madeiras, observou que o maior grau de ataque ocorreu nas espécies de madeira submetidas ao ataque com *T. versicolor* quando comparado ao *G. trabeum*.

O fato de o *T. versicolor* ter se desenvolvido melhor em relação ao *G. trabeum* pode ser explicado, de acordo MARTINEZ *et. al.* (2005), em razão do melhor desenvolvimento dos fungos de podridão branca em madeira de folhosas, enquanto fungos de podridão parda causam maiores perdas de massa em coníferas.

Quanto ao comportamento da madeira, frente ao apodrecimento pelo fungo *G. trabeum*, MODES (2010) afirma que os tratamentos térmicos promovem uma menor resistência biológica às peças, como observado no presente estudo. Esse comportamento possivelmente ocorreu devido à produção de fragmentos de açúcares de baixo peso molecular, quando da degradação da hemicelulose, durante os processos a alta temperatura (DOI *et. al.*, 2005).

Outro estudo que pode explicar essa menor susceptibilidade ao ataque do *G. trabeum* foi realizado por OLIVEIRA *et. al.* (2005), que avaliaram a resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto (dentre estas, o *E. urophylla* e o *E. grandis*) ao apodrecimento e verificaram que a madeira de todas espécies se mostraram altamente resistentes ao ataque do *G. trabeum*, pois apresentaram perda de massa média inferior à 10%.

Neste sentido é possível inferir que o fungo *G. trabeum* pode ter se beneficiado do tratamento térmico em razão deste ter interferido em algum mecanismo de defesa natural já presente na madeira de *E. urograndis*.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As amostras de madeira de *E. urograndis* submetidas ao ataque do *T. versicolor* apresentaram maior perda de massa que aquelas atacadas pelo *G. trabeum*.

Em ambos os ensaios, a porção mediana do fuste de *E. urograndis* foi a que apresentou maior perda de massa quando comparada à base e ao topo.

As amostras submetidas à 200°C apresentaram maior resistência ao *T. versicolor* e as testemunhas ao *G. trabeum*.

Nas amostras atacadas pelo *T. versicolor*, a menor perda de massa ocorreu nos tratamentos com 2 horas de duração, e nas atacadas pelo *G. trabeum* o que se observou foi que quanto maior a duração, maior foi a perda de massa.

Nas amostras submetidas ao ataque do *T. versicolor*, quanto mais intenso o tratamento, menores foram as perdas de massa. Para as amostras atacadas pelo *G. trabeum*, a perda de massa foi menor nas testemunhas. Portanto, o tratamento térmico prejudicou o ataque do *T. versicolor*, mas, de alguma forma, favoreceu o ataque do *G. trabeum*.

Recomenda-se a realização de novos estudos, principalmente com os fungos de podridão parda. Sugere-se também que as pesquisas com tratamentos térmicos, sejam acompanhadas de análise química, para assim mensurar a variação de componentes químicos deteriorados a partir de tratamentos térmicos e suas implicações, chegando a um maior entendimento sobre o comportamento destes.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKANDE, J. A. Failure in wood related to decay weight losses. **Forest Products Journal**, v.40, n.7/8, p.47-53, 1990.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS- ASTM D 2017. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. **Annual Book of ASTM Standard**. Philadelphia, v. 0410. 2005.

ARCHIBALD, F. S. *et al.* Kraft pulpl bleaching and delignification by *Trametes versicolor*. **Journal of Biotechnology**, v. 53, n. 2-3, p. 215-236, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário Estatístico da ABRAF 2012 – Ano Base 2011**. Brasília, DF, 2012. 149 p.

BRAGA, J. L. P. (2008). **Estabilidade Fenotípica de Clone de *Eucalyptus urograndis*, na Fazenda Bom Jardim – Aparecida – SP**. Monografia de Graduação em Engenharia Florestal. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropéd, RJ, 16 p.

BRAZOLIN, S. *et al.* (2010). **Associação Entre Fungos Apodrecedores e Cupins Subterrâneos no Processo de Biodeterioração do Lenho de Árvores de *Tipuana Tipu* (Benth.) O. Kuntze da Cidade de São Paulo, SP**. In: Scientia Florestalis, v. 38, n. 86, Piracicaba, SP, p. 215-224.

BRITO, J. O. *et al.* (2006). **Densidade Básica e Retrabilidade da Madeira de *Eucalyptus grandis* Submetida a Diferentes Temperaturas de Termorreificação**. In: Cerne, v. 12, n. 2, Lavras, MG, p. 182-188.

CAVALCANTE, M. S. (1982). **Deterioração Biológica e Preservação de Madeiras**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Madeiras. São Paulo, SP, 41 p.

COSTA, M. A. (2009). **Avaliação de metodologias alternativas para caracterização do ataque de fungos apodrecedores de madeiras**. Dissertação de Mestrado em

Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-127/2009, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 82 p.

DA COSTA, E. W. B. Natural decay resistance of Wood. In: LIESE, W. (Ed.). **Biological transformation of wood by microorganisms**: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 2.; 1975, New York. Proceedings of the sessions on wood. Products pathology. New York: Springer-Verlag, 1975. 203 p.

DOI, S. et al. Changes of decay and térmite durabilities of Japanese larch (*Larix leptolepis*) wood due to high temperature kiln drying processes. **Journal Wood Science**, v. 51, n. 5, p. 526-530, 2005. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/p322316117218ln3/fulltext.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2012.

DUCHEZ, L.; GUYONNET, R. **Principles and applications of wood rectification**. Disponível em: <<http://techtp.com/twpapers/fao>>. Acesso em: 01 maio 2011.

DUMONCEAUX, T. J., et al. Cloning and sequencing of a gene encoding cellobiose dehydrogenase from *Trametes versicolor*. **Gene**, v. 210, n. 2, p. 211-219, 1998.

ESPIG, D. S. **Resistência natural de espécies de madeira da região amazônica a fungos apodrecedores**. Monografia de Graduação em Engenharia Florestal. Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 25 p.

GOUVEIA, F. N. (2008). **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação EFLD-003/2008, Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA)**: banco de dados agregados. Sistema produção da extração vegetal e da silvicultura. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/tabelas\\_pdf/tab01.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/tabelas_pdf/tab01.pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2012.

LEPAGE, E. S. **Manual de Preservação de Madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v.1. 342 p.

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos.** Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 171p. 2008.

MARTÍNEZ, A. T. *et al.* Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. **International Microbiology**, v. 8, n. 3, p. 195-204, 2005. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16200498>>. Acessado em: 17 dez. 2012.

MENDES, A. S., ALVES, M. V. S. (1988). **A Degradação da Madeira e sua Preservação.** IBDF/DPq-LPF, Brasília, DF, 56 p.

MODES, K. S. **Efeito da Retificação Térmica nas Propriedades Físico-Mecânicas e Biológica das Madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2010.

MOHEBBY, B.; SANAEI, I. Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of beech Wood (*Fagus orientalis*). In: **ANNUAL MEETING BANGALORE**, 36., 2005, India. Anais eletrônicos... India: Tarbiat Modarress University, 2005.

MORAIS, F. M.; COSTA, A. F. Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. In: **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**. v. 2, n. 1, Recife, PE, p. 44-50.

OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1 – avaliações dendrométricas das árvores. In: **Scientia Forestalis**. n. 56, 1999.

OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. In: **Revista Árvore**. v. 29, n. 5. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S. *et al.* Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. In: **Revista Árvore**. v. 29, n. 6, 2005.

QUIRINO, W. F. **Preservação de estacas e mourões de cerca por retificação térmica e impregnação de pirolenhosos e alcatrões**. Relatório final de projeto de pesquisa, LPF/IBAMA-PNUD/FAO- UnB, Brasília, 1997. 25p.

QUIRINO, W. F.; BORGES, L. M. A Higroscopicidade da Madeira de *Pinus caribaeae* Tratado Termicamente. In: **Revista da Madeira**, Ed. 89, 2005.

RODRIGUES, T. O. (2009). **Efeitos da Torrefação no Condicionamento de Biomassa para Fins Energéticos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPGEFL. DM-109/2009, Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 71 p.

SEHLSTEDT-PERSSON, M. Properties of Solid Wood: Responses to Drying and Heat Treatment. Luleå University of Technology. Division of Wood Science and Technology. Skellefteå Campus, Sweden. **Licentiate Thesis**. 2005.

(SFB) SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em Resumo – 2010: dados de 2005 – 2010**. Brasília, DF, 2010. 152 p.

(SFB) SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **As Florestas Plantadas**. Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) – Recursos Florestais. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

SOUSA de, R., Q.; MENEZZI del, C., H., S. Resistência Biológica de Painéis de Partículas Orientadas (OSB) Tratados Termicamente. In: **Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC**. Florianópolis, SC, 2006.

SUSANA, R. S. P. **Produção, Isolamento e Caracterização Química do Exopolissacarídeo do Fungo da Podridão Branca da Madeira *Trametes versicolor***. Dissertação de Mestrado em Materiais Derivados de Recursos Renováveis. Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 62 p, 2009.

TANAKA, H. *et al.* Hydroxyl radical generation by an extracellular lowmolecular-weight substance and phenol oxidase activity during wood degradation by the white rot basidiomycete *Trametes versicolor* **Journal of Biotechnology**, v. 75, n. 1, p. 57-70, 1999.

WEILAND, J.J.; GUYONNET, R. **Study of chemical modifications and fungi degradation of thermally modified wood using DRIFT spectroscopy.** HolzRoh-Werkst. v.61, p.216-220. 2003.

WETZSTEIN, H. G. *et al.* Degradation of Ciprofloxacin by Basidiomycetes and Identification of Metabolites Generated by the Brown Rot Fungus *Gloeophyllum striatum*. **Applied and Environmental Microbiology.** v. 65, n. 4, p. 1556-1563, abr., 1999.

## 9 ANEXOS

As Tabelas 9-1 e 9-2 e a expressam o grau de significância e o poder observado entre as variáveis dos tratamentos. Valores de significância menores que 0,05 indicam que as variáveis são significativas e independentes entre si. O poder observado indica se o número de amostras utilizadas no trabalho foi suficiente para a análise estatística das mesmas. Valores maiores que 0,75 demonstram que o tamanho amostral está de acordo com os padrões estatísticos estabelecidos.

**Tabela 9-1: Teste entre os efeitos dos tratamentos submetidos ao ataque do *T. versicolor*.**

Variável	Significância	Poder Observado
Posição	0,000	1,000
Temperatura	0,000	1,000
Duração	0,000	0,952
Posição × Temperatura × Duração	0,000	1,000

**Tabela 9-2: Teste entre os efeitos dos tratamentos submetidos ao ataque do *G. trabeum*.**

Variável	Significância	Poder Observado
Posição	0,000	0,967
Temperatura	0,008	0,758
Duração	0,000	0,988
Posição × Temperatura × Duração	0,049	0,588

Portanto, pode-se observar que, tanto para as amostras submetidas ao ataque do *T. versicolor* como pelo *G. trabeum*, as variáveis são significativas e independentes entre si, como também o número de corpos de prova para cada tratamento foi suficiente para a realização dos testes estatísticos de maneira eficaz.

**Tabela 9-3: Estatística descritiva da perda de massa dos tratamentos submetidos ao ataque do *T. versicolor*.**

<b>Posição</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Perda de Massa Média (%)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
1	I	32,08	4,46
	II	34,73	7,83
	III	24,36	11,59
	IV	7,28	2,39
	Testemunha	28,51	5,39
2	I	52,83	17,91
	II	29,05	4,47
	III	27,49	8,85
	IV	26,07	7,07
	Testemunha	32,63	7,97
3	I	20,47	7,18
	II	29,71	10,14
	III	21,71	7,06
	IV	18,37	6,66
	Testemunha	28,28	5,65
<b>Total</b>		<b>27,57</b>	<b>12,41</b>

**Tabela 9-4: Estatística descritiva da perda de massa dos tratamentos submetidos ao ataque do *G. trabeum*.**

<b>Posição</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Perda de Massa Média (%)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
1	I	17,19	3,49
	II	26,25	6,58
	III	15,03	4,28
	IV	13,32	8,78
	Testemunha	12,50	9,35
2	I	21,30	10,14
	II	22,01	2,96
	III	20,28	4,67
	IV	23,19	3,22
	Testemunha	13,02	6,53
3	I	11,92	2,67
	II	22,33	3,92
	III	13,17	3,81
	IV	18,91	5,04
	Testemunha	8,35	4,64
<b>Total</b>		<b>17,25</b>	<b>7,49</b>



**Figura 9-1: Corpos de prova antes da inoculação dos fungos. Dimensões de 25 x 25 x 9 mm (comprimento x largura x espessura).**



**Figura 9-2: Balança analítica, modelo AY 220 Shimadzu, com precisão de 0,0001 g utilizada na pesagem dos corpos de prova.**



**Figura 9-3: Estufa de circulação mecânica de ar FANEM, modelo 320-SE utilizada na realização dos tratamentos térmicos.**