

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**RESISTÊNCIA NATURAL DE DEZ ESPÉCIES DE MADEIRAS
AMAZÔNICAS SUBMETIDAS AO ATAQUE DE FUNGOS
APODRECEDORES EM ENSAIO DE LABORATÓRIO**

Estudante: Paulo Henrique Queiroz Luchtemberg, Matrícula: 08/38136

RG: 2.292.209

CPF: 029.266.621-73

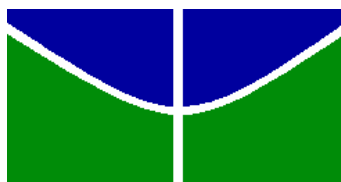
Linha de Pesquisa: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais

Orientador: M. Sc. Esmeralda Yoshico Arakaki Okino

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa

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

Brasília-DF, 07 de março de 2013



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**RESISTÊNCIA NATURAL DE DEZ ESPÉCIES DE MADEIRAS
AMAZÔNICAS SUBMETIDAS AO ATAQUE DE FUNGOS
APODRECEDORES EM ENSAIO DE LABORATÓRIO**

Paulo Henrique Queiroz Luchtemberg, matrícula: 08/38136

Menção: _____

Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa
Co-orientador EFL/UnB

Dr. Fernando Nunes Gouveia
Examinador Externo SFB/LPF

M. Sc. Esmeralda Yoshico Arakaki Okino
Orientadora - SFB/LPF

Brasília – DF, 07 de março de 2013

Dedicatória

Dedico principalmente à minha Família, aos meus pais Paulo Luchtemberg e Eliane Queiroz, e irmã Tayane.

AGRADECIMENTOS

É com muita satisfação, que venho por meio deste, lembrar e agradecer as pessoas que foram fundamentais para o êxito da minha graduação.

À minha mãe Eliane, pelo carinho e cuidados maternos. Por estar sempre disposta a conversar comigo e aconselhar o que fazer de melhor ao longo de tantos caminhos que pude escolher.

Ao meu pai Paulo, que me fez criar perspectivas na vida e, principalmente, me fez correr atrás delas para que ao final de tudo certo.

À minha irmã Tayane, que a cada dia tem se tornado mais amiga.

Família Queiroz - Vovó Irene, Adriane (Dinda) e Jairo (Dindo) – Sempre presentes desde o meu nascimento e fundamentais na minha educação. Primos, Juju e Vinição, que me proporcionam tantos momentos de diversão.

Aos amigos e amigas do peito.

Aos professores da UnB, principalmente Alexandre Florian, o qual me orientou buscando as melhores maneiras de desenvolver o projeto com êxito.

Aos excelentes pesquisadores do LPF/SFB, em especial à Esmeralda Okino, que me proporcionou o privilégio de ser seu estagiário/orientando durante dois anos, me transmitindo conhecimentos de forma calma e meiga, juntamente com outras pessoas queridas, como: Francisco Lopes, Eliete, Fernando Gouveia, Tereza Pastore, Marcos Santana e Pedro Paulo.

Aos companheiros que ralaram muito junto comigo para o desenvolvimento dos respectivos projetos finais: Anninha, Renato e Sarah.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a resistência natural de dez espécies de madeiras tropicais da Amazônia, pouco utilizadas, tais como: *Swartzia lawrifolia* (Gombeira), *Chamaecrysta scleroxyllum* (Pau-santo), *Balizia elegans* (Fava-paricá), *Virola michelii* (Virola), *Trattinnickia burseraefolia* (Breu-amescla), *Tachigali myrmecophila* (Tachi-preto), *Nectandra dioica* (Louro-preto), *Qualea dinizii* (Mandioqueira-rosa), *Terminalia glabrescens* (Cuiarana) e *Protium sagotianum* (Breu-branco). As espécies foram submetidas ao ataque dos fungos xilófagos *Trametes versicolor* (podridão-branca) e *Gloeophyllum trabeum* (podridão-parda). O ensaio de laboratório seguiu a metodologia e classificação de resistência natural da madeira de acordo com a norma ASTM 2017-05. Quatro espécies foram classificadas como altamente resistentes em relação ao ataque dos dois fungos, são elas: *S. laurifolia*, *C. scleroxyllum*, *T. glabrescens* e *N. dioica*. Por outro lado, *V. michelii* foi classificada como não resistente em relação aos dois fungos e apresentou os maiores valores de perda de massa. Para o fungo *T. versicolor*, as espécies resistentes foram: *B. elegans*, *Q. dinizii*, *P. sagotianum* e *T. myrmecophila*, sendo as duas últimas resistentes também ao *G. trabeum*. Não foi encontrada relação satisfatória entre a massa específica das madeiras e a perda de massa.

Palavras-chave: Durabilidade Natural, Madeiras Amazônicas, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*, Ensaio Acelerado.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the natural resistance of ten amazonian tropical hardwood, rarely used, like *Swartzia lawrifolia* (Gombeira), *Chamaecrysta scleroxyllum* (Pau-santo), *Balizia elegans* (Fava-paricá), *Virola michelii* (Virola), *Trattinnickia burseraefolia* (Breu-amescla), *Tachigali myrmecophila* (Tachi-preto), *Nectandra dioica* (Louro-preto), *Qualea dinizii* (Mandioqueira-rosa), *Terminalia glabrescens* (Cuiarana) e *Protium sagotianum* (Breu-branco). These species were tested against decayed fungi like *Trametes versicolor* (white-rot) and *Gloeophyllum trabeum* (brown-rot). The laboratory test method and the classification of wood resistance were according to ASTM 2017-05. Four species were classified as highly resistant, *S. laurifolia*, *C. scleroxyllum*, *T. glabrescens* and *N. dioica*. *V. michelii* was classified as non resistant to both fungi showing the highest weight loss. *B. elegans*, *Q. dinizii*, *P. sagotianum* and *T. myrmecophila* were classified as resistant against *T. versicolor*, and the last two also as resistant to *G. trabeum*. No correlation was found between density of wood and weight loss among the wood species.

Key words: Natural Durability, Amazonian Woods, *Trametes versicolor*, *Gloeophyllum trabeum*, Accelerated Laboratory Test.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo Geral:	11
2.2 Objetivos Específicos:	11
3. HIPÓTESE	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1 Importância do Teste de Durabilidade Natural da Madeira.....	14
4.2 Fungos Apodrecedores	15
4.2.1 Fungo de podridão branca - <i>Trametes versicolor</i> (L. ex Fr.) Pilát.....	16
4.2.2 Fungo de podridão parda - <i>Gloeophyllum trabeum</i> (Persoon ex Fries) Murril.	16
4.3 Características Gerais das 10 Espécies de Madeiras	17
4.3.1 <i>Swartzia laurifolia</i> Benth. (Gombeira).....	18
4.3.2 <i>Chamaecrysa scleroxylum</i> (Pau-santo).....	19
4.3.3 <i>Balizia elegans</i> (Fava-paricá).....	20
4.3.4 <i>Virola michelii</i> (Virola, Ucuúba-preta)	20
4.3.5 <i>Trattinnickia burseraefolia</i> (Amescla, Breu, Breu-sucuruba, Morcegueira) .	21
4.3.6 <i>Tachigali myrmecophila</i> (Tachi, Tachi-preto)	21
4.3.7 <i>Nectandra dioica</i> (Louro-preto)	22
4.3.8 <i>Qualea dinizii</i> (Mandioqueira-rosa, catuaba).....	22
4.3.9 <i>Terminalia glabrescens</i> (Cuiarana).....	23
4.3.10 <i>Protium sagotianum</i> (Breu, Breu-branco).....	23
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1 Confecção dos Corpos de Prova	25
5.2 Placas Suporte.....	28
5.3 Preparo do Solo.....	28
5.4 Recipientes de Vidro.....	29
5.5 Cultura de Fungos Apodrecedores.....	29
5.6 Inoculação dos Frascos	30
5.7 Adição dos Corpos de Prova.....	30

5.8 Término do Ensaio.....	31
5.9 Análise dos Resultados	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corte tangencial da madeira de <i>Swartzia laurifolia</i>	19
Figura 2: Corte tangencial da madeira de <i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	19
Figura 3: Corte tangencial da madeira de <i>Balizia elegans</i>	20
Figura 4: Corte tangencial da madeira de <i>Virola michelii</i>	21
Figura 5: Corte tangencial da madeira de <i>Trattinnickia burseraefolia</i>	21
Figura 6: Corte tangencial da madeira de <i>Tachigali myrmecophila</i>	22
Figura 7: Corte tangencial da madeira de <i>Nectandra dioica</i>	22
Figura 8: Corte tangencial da madeira de <i>Qualea dinizii</i>	23
Figura 9: Corte tangencial da madeira de <i>Terminalia glabrescens</i>	23
Figura 10: Corte tangencial da madeira de <i>Protium sagotianum</i>	24
Figura 11: Processamento mecânico dos corpos de prova na carpintaria do LPF.	25
Figura 12: Grupos de 36 corpos de prova, de cada uma das dez espécies amazônicas..	26
Figura 13: Estufa de bancada com circulação de ar, modelo MA 035	27
Figura 14: Balança analítica digital SHIMADZU – Modelo AY 220	27
Figura 15: Cultura de fungo apodrecedor em meio líquido	30
Figura 16: Perda de massa das dez espécies de madeiras submetidas aos dois fungos apodrecedores	39
Figura 17: Relação Massa Específica e Perda de Massa, para o <i>Trametes versicolor</i> ..	40
Figura 18: Relação da massa específica e perda de massa, para o <i>Gloeophyllum trabeum</i>	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies de madeiras amazônicas estudadas no teste de durabilidade natural.	24
Tabela 2: Árvores testadas no ensaio de resistência natural.....	26
Tabela 3: Classificação da resistência natural de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores.....	31
Tabela 4: Valores médios de massa específica básica, de perda de massa e classe d resistência das dez espécies submetidas ao ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i> . 33	
Tabela 5: Valores médios de massa específica, de perda de massa e a classe de resistência das dez espécies submetidas ao ataque do fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i>	36

1. INTRODUÇÃO

O presente estudo faz parte do projeto de caracterização tecnológica de madeiras da Amazônia, cujo material foi doado pela Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, objetivando disponibilizar os resultados científicos em bancos de dados florestais e um dos objetivos específicos foi determinar a resistência natural de dez espécies de madeiras, pouco conhecidas da floresta tropical amazônica existente no estado.

Diante da grande extensão da floresta amazônica no Estado do Pará, a madeira tem sido a principal fonte de matéria-prima disponível, sendo utilizada nas mais diversas finalidades, como estruturas de madeira, móveis e decoração, carvão e energia da biomassa.

Em função da crescente demanda por esses e outros produtos derivados se faz necessário melhorar a exploração desse recurso natural renovável, visando dar maior sustentabilidade ao processo produtivo predominante na região.

O estado do Pará é considerado atualmente o segundo maior exportador de madeiras do Brasil, ficando atrás apenas do Paraná, que exporta grandes quantidades de madeiras oriundas de plantios homogêneos. O Pará exporta cerca de 30% de madeiras serradas, sendo as principais: tauari (*Couratari oblongifolia*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), mogno (*Swietenia macrophylla*), curupixá (*Micropholis venulosa*) e maçaranduba (*Manilkara huberi*), beneficiadas e exportadas para países como Estados Unidos, França e Espanha. Em relação à Amazônia, o Pará lidera as exportações com 64%.

Uma das razões pelas quais poucas espécies madeireiras têm sido utilizadas tanto no mercado interno quanto no externo é a baixa produção de estudos de caracterização tecnológica de espécies menos conhecidas, porém com potencial promissor para as mais diversas finalidades.

Em decorrência dessa situação persistente, as espécies madeireiras mais tradicionais e conhecidas popularmente têm sido exploradas de forma seletiva e intensa, e em geral, sem a devida permissão legal (CARNEIRO, 2008). Ao longo do tempo, esse tipo de exploração predatória tem gerado um grande impacto para a população de determinadas espécies, chegando muitas vezes ao ponto de serem consideradas espécies ameaçadas de extinção.

Devido à estrutura físico-anatômica e a composição química, algumas espécies de madeiras são mais facilmente atacadas por organismos xilófagos, outras são mais

resistentes. Nesse sentido, estudos de caracterização tecnológica da madeira são importantes, pois auxiliam quanto ao uso final mais adequado.

A partir do momento em que mais espécies forem testadas e classificadas como resistentes aos organismos xilófagos, então novas perspectivas se abrem para estas espécies de madeira. Se o teor de extratos é elevado justifica-se a análise do potencial de seus extrativos.

Partindo para as características físicas que influenciam a resistência natural da madeira, pode-se dizer que as madeiras tropicais com elevada massa específica que apresentam elevada durabilidade natural a organismos xilófagos podem ser destacadas por um alto grau de nobreza, conferindo-lhes um amplo espectro de utilização e, conseqüentemente, tornando-as mais valorizadas no mercado.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

O presente estudo tem como objetivo geral determinar a resistência biológica natural da madeira de dez espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores em ensaio acelerado de laboratório.

2.2 Objetivos Específicos:

- Classificar a resistência natural de dez espécies de madeiras da Região Amazônica, frente ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* de acordo com a norma ASTM D 2017-05.
- Avaliar que tipo de fungo apresentou maior poder de deterioração em relação às dez espécies de madeiras estudadas.
- Avaliar a existência de relação entre a perda de massa e a massa específica das dez espécies de madeiras provenientes da Região Amazônica.

3. HIPÓTESE

As espécies de madeiras tropicais da Amazônia que possuem maior massa específica apresentam maior durabilidade natural ao ataque de fungos apodrecedores.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A capacidade de certa espécie de madeira resistir à deterioração biológica por um determinado período de tempo é conhecida como durabilidade natural ou resistência natural. Essa capacidade é determinada de acordo com o tempo em que a madeira suporta o ataque de tipos específicos de organismos ou microrganismos deterioradores de madeira, ou o quanto de biomassa é consumido durante um período de tempo de exposição aos mesmos, conforme determina a norma americana ASTM D 2017 (ASTM, 2005). Segundo Paes *et al.* (2002), a resistência da madeira à deterioração é a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo agentes biológicos, físicos e químicos.

Dentre alguns fatores que proporcionam maior ou menor resistência natural às madeiras, estão: o ambiente de origem, a idade do indivíduo, a posição da amostra ao longo do tronco e do diâmetro (topo ou base, cerne ou alburno) e ao tipo de grupo funcional e a quantidade de extrativos presentes (ASHADUZZAMAN *et al.*, 2011).

Em muitos casos é possível observar que as variações de resistência natural envolvendo a mesma espécie de madeira se encontram de árvore para árvore, como relatam Scheffer (1973) e Panshin & De Zeeuw (1980), pois as discrepâncias observadas podem ser provenientes do potencial genético de cada indivíduo.

Além disso, Shultz e Nicholas (2000); Oliveira *et al.* (2005), relataram que as características anatômicas, químicas (extrativos no cerne tóxicos aos fungos) e físicas também influenciam na durabilidade natural.

Para completar, Suprapti (2010) disse que, em geral os fatores que influenciam a resistência da madeira incluem o local de crescimento, a taxa de crescimento, a idade das árvores, conteúdo de extrativos na madeira e o ambiente ao qual a madeira está exposta.

Sabe-se que o cerne das espécies de madeiras naturalmente resistentes contém extrativos específicos que são os principais responsáveis pela resistência à organismos xilófagos e à deterioração. Em alguns estudos, os extrativos do cerne de madeiras resistentes têm sido removidos e impregnados em espécies de madeiras não resistentes para avaliar o ganho de resistência biológica na madeira tratada, assim como experimentou Nzokou e Kamdem (2003), com resultados positivos.

Dentre alguns trabalhos referentes a esse assunto estão:

Fidelis *et al.* (1985) estudaram a durabilidade de três espécies de madeiras brasileiras em relação ao ataque de fungos xilófagos. *Sclerolobium paniculatum* (Carvoeiro), *Protium brasiliense* (Breu) e *Piptocarpa macropoda* (Coração de negro) as quais apresentaram resistência de moderada a alta, com menores valores de perda de massa para a *Sclerolobium paniculatum*.

Thévenon e Thibaut (2002) realizaram um estudo sobre a durabilidade natural e propriedades físicas e mecânicas de sete espécies de madeiras brasileiras. Estas espécies são ditas secundárias e comercialmente menos aceitas. O estudo foi feito com objetivo de proporcionar informações para um melhor uso final para as espécies *Vatairea* sp. (Angelim amargoso), *Hymenolobium* sp. (Angelim), *Inga* sp. (Louro tamaquare), *Manilkara* sp. (Maçaranduba), *Caryocar* sp. (Piquia), *Terminalia* sp. (Tanimbuca), *Apuleia leocarpa* (Grapia), dentre elas as mais resistentes foram *Terminalia* sp. seguida pela *Manilkara* sp. e *Apuleia leocarpa*.

Alves *et al.* (2006), também realizaram uma pesquisa muito interessante sobre a resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. As madeiras estudadas foram *Aspidosperma desmanthum* (Araracanga), *Parinari excelsa* (Parinari), *Mouriri callocarpa* (Miraúba), *Marmaroxylon racemosum* (Angelim-rajado), *Peltogyne paniculata* (Roxinho) e *Astronium* sp. (Muiracatiara), onde todas foram classificadas como resistentes ou muito resistentes.

Paes *et al.* (2007) fizeram uma pesquisa com o objetivo de avaliar a resistência natural de sete madeiras a fungos xilófagos e a cupins subterrâneos em ensaio de laboratório. As madeiras estudadas foram *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Cordia trichotoma* (Louro pardo), *Mimosa tenuiflora* (Jurema-preta), *Croton sonderianus* (Marmeleiro preto), *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá), *Azadirachta indica* (Nim indiano) e *Tectona grandis* (Teca). Com relação aos fungos, as madeiras de Jurema-preta e de Sabiá foram as mais resistentes.

Carneiro *et al.* (2008), estudaram um total de 28 madeiras tropicais da Amazônia, as quais foram submetidas ao ataque de fungos xilófagos. Boa parte das espécies foram consideradas altamente resistentes, como a *Astronium gracile*, *Manilkara huberi* e *Tabebuia incana*. Por outro lado, as menos resistentes foram a *Virola caducifolia* e a *Trattinnickia rhoifolia*.

4.1 Importância do Teste de Durabilidade Natural da Madeira.

Através dos anos, os profissionais que trabalham utilizando madeira tem reconhecido o ganho de resistência em algumas espécies contra o ataque de fungos, insetos ou brocas marinhas. Antigamente, os construtores anciãos usavam madeiras duráveis, como o Cedro do Líbano, para construção de barcos, colunas em prédios importantes, e milhares de outros usos onde a resistência à biodeterioração era requerida (GRAHAM, 1973).

Trabalhos de pesquisa sobre a durabilidade natural de madeiras ou de resistência natural ao ataque de fungos xilófagos geram informações potenciais para avaliar espécies menos conhecidas e que podem apresentar excelente potencial de usos.

Os testes de durabilidade natural das madeiras têm sido realizados em laboratórios ou em contato com o solo (nos campos de apodrecimento). Porém, devido a grande variação no clima entre os países e até mesmo dentro de um país, as condições particulares de intempéries acabam influenciando fortemente a durabilidade da madeira. Dessa forma, as técnicas laboratoriais para realização de testes como este seguem normas que impedem tantas variações, gerando dados e informações tecnológicas possíveis de serem comparadas em qualquer lugar do mundo.

O sistema de classificação para durabilidade natural baseado no teste contra fungos só é relevante quando for excluída a possibilidade de ataque da madeira por cupins. As classificações de durabilidade contra fungos e contra cupins são diferentes e independentes. Testes de laboratório criam uma situação que pode ser definida como não natural e os resultados seriam usados de maneira comparativa (PRINCES RISBOROUGH LABORATORY, 1972).

Para o uso de madeiras em áreas externas como carpintarias navais, estruturas, decks e móveis de jardim, a durabilidade natural é uma das características mais importantes da madeira. A partir do momento em que a madeira escolhida para tais finalidades possui alta resistência natural, não será necessário usar substâncias químicas preservantes, que afetam o ambiente, além de poupar gastos com substituição de peças deterioradas.

Estudos relacionados à durabilidade natural da madeira são fundamentais, considerando que nem todas as espécies de madeiras podem ser impregnadas com substâncias preservantes. De acordo com Fidelis *et al.* (1985), o custo de um tratamento preservativo da madeira é relativamente oneroso, quase sempre incompatível com a renda de um pequeno produtor rural.

Van Acker *et al.* (1999), relataram que os interesses comerciais por estudos de durabilidade natural da madeira vêm crescendo, tendo em vista que esses orientam o uso final mais adequado para cada espécie de madeira. Informações técnicas detalhadas, sobre as madeiras ofertadas comercialmente no Brasil, têm sido demandadas pelos importadores e organizações de comerciantes de madeira e companhias da Europa Ocidental, principalmente da Holanda e da Bélgica.

4.2 Fungos Apodrecedores

Na natureza, os microrganismos mais eficientes e comuns na biodeterioração da madeira são os fungos xilófagos, que atuam na destruição acentuada da madeira com a consequente perda de resistência mecânica.

Os fungos são organismos heterotróficos, ou seja, utilizam compostos orgânicos como fonte de energia. Alimentam-se pela secreção de enzimas extracelulares que diferem do substrato, e disponibilizam nutrientes solúveis capazes de serem absorvidos pelas células fúngicas (PALA, 2007).

O desenvolvimento dos fungos apodrecedores pode depender de diversos fatores, como a fonte de alimento, a temperatura, a disponibilidade de oxigênio e a umidade.

A ação dos fungos na madeira está associada a mecanismos diferenciados, relacionados fundamentalmente com as reações químicas de oxidação, e/ou enzimáticas que agem através de biocatalizadores de natureza proteica (enzimas) convertendo os constituintes da madeira noutras substâncias, utilizando um caminho molecular próprio (PALA, 2007).

Os fungos causadores de podridão podem ser classificados em três grupos distintos: fungos de podridão branca, capazes de degradar os três componentes da parede celular vegetal (celulose, hemiceluloses e lignina); fungos de podridão parda, capazes de deteriorar principalmente as frações polissacarídicas (celulose e hemiceluloses) e, fungos de podridão mole, que podem deteriorar tanto os polissacarídeos quanto a lignina, porém em velocidades muito reduzidas (CARVALHO *et al.*, 2009).

4.2.1 Fungo de podridão branca - *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilát

O fungo apodrecedor *Trametes versicolor* pode ser encontrado facilmente nas madeiras em decomposição ao redor do mundo, por causa da sua ampla distribuição geográfica. Seu nome *versicolor* está relacionado com as diferentes colorações que este organismo pode apresentar durante a fase de frutificação, dependendo da sua genética e do ambiente.

Este fungo tende a atacar madeiras duras, deteriorando a celulose, hemiceluloses e a lignina. A sua capacidade para remover os polímeros estruturais é muito variável, algumas espécies removem preferencialmente a lignina, outras removem simultaneamente a lignina e a celulose. O material deteriorado adquire uma textura fibrosa devido à remoção da lignina, não apresentando fendas e nem contração (PALA, 2007).

De acordo com Zabell e Morell (1992), fungos pertencentes à classe dos Basidiomicetos causadores de podridão branca são os únicos conhecidos capazes de deteriorar e mineralizar completamente a lignina, gerando CO₂ e H₂O. Por causa dessa característica, esses fungos tornam-se de grande utilidade em várias áreas.

O processo de deterioração da lignina tem despertado grande interesse tecnológico como descrito por Christian *et al.* (2004) em que a conversão da lignina por fungos pode ser dividida em quatro categorias: a) conversão em alimentos ou alimentação; b) manufatura da celulose mecânica por intermédio da biopolpação; c) produção de produtos microbiais; e d) tratamento da lignocelulose derivada de lixo industrial ou de construção civil.

4.2.2 Fungo de podridão parda - *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murril.

Gloeophyllum trabeum é um tipo bem comum de fungo de podridão parda que pode ser encontrado em praticamente qualquer lugar, porém são nas florestas de coníferas onde ele prevalece.

Devido a sua alta agressividade na degradação de madeiras, ele vem sendo utilizado com muita frequência em testes de durabilidade natural.

Os basidiomicetos são os principais agentes que atacam a celulose, deixando a lignina intacta. Seu nome vem da cor castanha mais escura que a madeira adquire, ou

seja, um aspecto de queimada, com rachaduras longitudinais além das características mecânicas entrarem em colapso (GONZAGA, 2006).

Este fungo ataca a madeira por mecanismo não enzimático, responsável pela erosão da microestrutura da madeira e consequente aumento da porosidade, permitindo a penetração das enzimas que promovem a deterioração. Como resultado da despolimerização e da remoção da celulose, a madeira tende a contrair, formando fendas nas direções longitudinal e perpendicular à grã, originando o padrão cúbico característico da podridão parda (PALA, 2007).

Alguns autores, como Alves *et al.* (2006) e Morais e Costa (2007) têm relatado que após o ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*, as madeiras se encontravam com a coloração mais escura, o que pode ser entendido por causa da especialidade do tipo de fungo, podridão parda, de degradar principalmente a celulose e hemiceluloses, mantendo em maior parte a lignina, a qual possui coloração mais escura.

4.3 Características Gerais das 10 Espécies de Madeiras

A busca por maiores detalhes de cada espécie torna-se de grande dificuldade, a partir do momento em que pouquíssimas delas se encontram disponíveis para comercialização e poucos estudos foram conduzidos quanto à sua caracterização.

Um fator interessante é que nenhuma dessas dez espécies está incluída na lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, e também não estão incluídas nos anexos da CITES - (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) – Convensão sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e da Flora Selvagens em Perigo.

Em geral, nenhuma das espécies foi incluída na lista das 100 espécies nativas mais comercializadas no Brasil em 2008 e 2009, com exceção da *Trattinnickia burseraefolia* e da *Nectandra dioica*, inseridas no ano 2008 e da *Terminalia glabrescens* em 2008 e 2009.

As espécies dos gêneros *Nectandra*, *Qualea* e *Trattinnickia* são de difícil distinção, tendo um grande volume de madeira comercializada apenas em nível genérico.

Neto (2011) estudou as dez espécies contidas nesse estudo, com o objetivo de caracterizá-las quanto suas propriedades de absorção acústica, concluindo que as

madeiras não foram eficientes, com absorção muito baixa, sem diferença entre as espécies.

Amorim *et al.* (2013) relatou que estas dez espécies estão sendo estudadas em outras propriedades como a molhabilidade, a qual seria a habilidade da madeira ser molhada por um líquido, e este fenômeno inclui a absorção, penetração e distribuição do líquido na madeira.

Rangel *et al.* (2012), estudaram as mesmas dez espécies com o objetivo de avaliar o uso da microscopia eletrônica de varredura no estudo anatômico de carvões vegetais de procedência amazônica, o que auxiliaria na identificação dessas espécies arbóreas nativas para sua possível certificação e controle.

Cardoso *et al.* (2012), pesquisaram as espécies *Nectandra dioica*, *Qualea dinizii* e *Swartzia laurifolia*, no sentido de caracterizá-las física e mecanicamente, com o objetivo de analisar a aptidão tecnológica para comercialização. Verificou-se que *Qualea dinizii* e *Nectandra dioica* podem ser indicadas para a confecção de peças para móveis e materiais de acabamento, assim como para esquadrias. Já *Swartzia laurifolia* pode ser utilizada na construção civil pesada, na montagem de treliças, conexões, encaixes e em atividades de impacto.

A caracterização anatômica das dez espécies de madeiras amazônicas abaixo foi realizada no setor de Anatomia da Madeira no LPF/SFB Brasília e pode ser encontrada no site <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa.php?idioma=portugues>.

De acordo com Melo *et al.* (1990) a caracterização de massa específica básica para madeiras amazônicas pode ser definida da seguinte forma: Leve, quando a madeira possui menos de 0,50 g/cm³; Média, quando a madeira possui de 0,50 até 0,72 g/cm³ e Alta, quando a madeira possui mais de 0,72 g/cm³.

4.3.1 *Swartzia laurifolia* Benth. (Gombeira)

Swartzia laurifolia é exclusiva do Brasil e ocorre desde o Acre (Rio Branco) até o Rio Grande do Sul (Guaporé), na desembocadura do Rio Amazonas e na parte superior da Bacia Amazônica, principalmente em florestas primárias não inundadas, porém ocorrendo também em solos arenosos de florestas secundárias e no litoral nordeste do Pará (ALVAREZ *et al.*, 2001). Nas restingas paraenses, foi coletada apenas no município de Maracanã (APA de Algodual/Maiandeua) e ilha do Marco.

Seus principais usos estão relacionados à tacos para assoalho, construção civil, carpintaria, marcenaria de luxo.

A madeira possui o cerne e o alburno distintos pela cor, o cerne é amarronzado bem escuro, enegrecido (Figura 1). Pode ocorrer alteração acentuada de cor por foto oxidação, mudando para o preto. Limites dos anéis de crescimento indistintos. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, cheiro imperceptível, dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, textura média, figura presente, de aspecto fibroso, causada pelo contraste entre fibra e parênquima axial. Massa específica básica alta (acima de 0,72 g/cm³).



Figura 1. Corte tangencial da madeira de *Swartzia laurifolia*.

4.3.2 *Chamaecrysta scleroxyllum* (Pau-santo)

Dentro do gênero é fácil diferenciar essa espécie das demais, a partir do momento em que esta é a única com porte arbóreo, chegando aos 7m de altura. Esta espécie tem distribuição restrita ao Brasil (Filardi *et al.*, 2007).

A distribuição geográfica da *Chamaecrysta scleroxyllum* se estende por toda Região Norte, tendo seu domínio fitogeográfico nas áreas de floresta amazônica.

A madeira tem o cerne e o alburno indistintos pela cor, o cerne é acinzentado, amarronzado, oliváceo. Com alteração acentuada de cor por foto oxidação, mudando para preto (Figura 2). Limites dos anéis de crescimento indistintos. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, textura média, figura presente, de aspecto fibroso, causada pelo contraste entre fibra e parênquima axial. Massa específica básica alta (acima de 0,72 g/cm³).



Figura 2. Corte tangencial da madeira de *Chamaecrysta scleroxyllum*.

4.3.3 *Balizia elegans* (Fava-paricá)

Popularmente conhecida como Fava-paricá, possui sua distribuição geográfica concentrada na região norte do Brasil, nos locais onde a floresta amazônica predomina.

A madeira possui o cerne/alburno distintos pela cor, cerne amarelado e amarronzado (Figura 3). Limites dos anéis de crescimento distintos, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, macia ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, textura média, figura presente causada por manchas ou faixas de cores distintas e pelo destaque de linhas vasculares. Massa específica básica média (entre 0,50 e 0,72 g/cm³).



Figura 3. Corte tangencial da madeira de *Balizia elegans*.

4.3.4 *Virola michelii* (Virola, Ucuúba-preta)

A espécie *Virola michelii*, conhecida popularmente como ucuúba preta, é uma planta da Amazônia cujas folhas são utilizadas por nativos da região como emplastos para alívio de irritações causadas por fungos e no tratamento de infecções da pele (GOTTLIEB, 1984).

Em estudos de inventário florestal feito por Gama *et al.* (2005), *Virola michelii* é uma das espécies que aparecem com maior frequência tanto em florestas de várzea quanto em terra firme.

Essa madeira requer pouco esforço mecânico ou evitar a exposição à intempéries, como: marcenaria, embalagens leves, palitos, urnas funerárias, compensado, parte interna de móveis, folhas faqueadas, brinquedos, pás para sorvete, saltos para calçados, tamancos.

O cerne e o alburno são pouco distintos pela cor, o cerne é amarelado (Figura 4). Limite dos anéis de crescimento distintos. Madeira com brilho na superfície longitudinal radial, com cheiro imperceptível, macia ao corte transversal manual, grã direita, textura média, figura presente, causada pelo destaque de linhas vasculares. Massa específica básica leve (menor que 0,50 g/cm³).



Figura 4. Corte tangencial da madeira de *Virola michelii*.

4.3.5 *Trattinnickia burseraefolia* (Amescla, Breu, Breu-sucuruba, Morcegueira)

A Amescla é encontrada em matas de transição e na floresta ombrófila densa nos estados brasileiros do Pará, Amazonas, Acre, Mato Grosso, Roraima e Maranhão. Possui tronco retilíneo e alto com altura comercial média de 9,0 metros e diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 40 cm (IBAMA, 2001)

Madeira com cerne e alburno pouco distintos pela cor, o cerne é esbranquiçado amarronzado (Figura 5). Limites dos anéis de crescimento distintos, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Madeira com brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, macia ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou revessa, textura média, figura presente. Massa específica básica leve (menor que 0,50 g/cm³). A madeira possui fluorescência com coloração azulada durante teste químico e físico.



Figura 5. Corte tangencial da madeira de *Trattinnickia burseraefolia*.

4.3.6 *Tachigali myrmecophila* (Tachi, Tachi-preto)

Essa espécie é encontrada exclusivamente nas florestas de terra firme da Amazônia. Em estudo realizado por Gama (2005), *Tachigali myrmecophila* foi encontrada com grande frequência nos inventários realizados no estado do Pará.

A madeira do Tachi-preto possui o cerne e o alburno indistintos pela cor, cerne amarronzado a amarelado (Figura 6). Limites dos anéis de crescimento distintos. Madeira com brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, moderadamente dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou revessa, textura

média, figura em faixas, causada pelo destaque de anéis de crescimento. Massa específica básica média (entre 0,50 e 0,72 g/cm³). Apresentou fluorescência amarelada durante teste químico e físico.



Figura 6. Corte tangencial da madeira de *Tachigali myrmecophila*.

4.3.7 *Nectandra dioica* (Louro-preto)

A madeira da *Nectandra dioica* possui cerne com coloração diferente do alburno, o cerne é amarelado a oliváceo (Figura 7). Limites dos anéis de crescimento distintos, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Madeira com brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro perceptível, agradável, moderadamente dura ao corte transversal manual, grã direita, textura média, figura ausente. Massa específica básica média (entre 0,50 e 0,72 g/cm³).

Distribuição geográfica: Região Norte e domínio fitogeográfico na Amazônia.



Figura 7. Corte tangencial da madeira de *Nectandra dioica*.

4.3.8 *Qualea dinizii* (Mandioqueira-rosa, catuaba)

Qualea dinizii pode ser encontrada por toda região norte do Brasil, principalmente em áreas de domínio da floresta amazônica.

A madeira da mandioqueira-rosa possui o cerne distinto do alburno pela cor, sendo o cerne acinzentado (Figura 8). Limites dos anéis de crescimento pouco distintos. Madeira com brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro perceptível desagradável, moderadamente dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou revessa, textura média, figura presente, causada pelo destaque das linhas vasculares. Massa específica básica média (entre 0,50 e 0,72 g/cm³).

Seus usos estão mais relacionados à caixotaria, marcenaria, construção interna, caibros.



Figura 8. Corte tangencial da madeira de *Qualea dinizii*.

4.3.9 *Terminalia glabrescens* (Cuiarana)

A espécie *Terminalia glabrescens* pode ser encontrada tanto nas áreas de floresta amazônica quanto em áreas de transição para o cerrado.

A madeira da cuiarana tem o cerne pouco distinto do alburno pela cor, o cerne possui coloração olivácea (Figura 9). Limites dos anéis de crescimento distintos, individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, dura ao corte transversal manual, grã entrecruzada ou reversa, ou ondulada, textura média, figura ausente. Massa específica básica alta (acima de 0,72 g/cm³).



Figura 9. Corte tangencial da madeira de *Terminalia glabrescens*.

4.3.10 *Protium sagotianum* (Breu, Breu-branco)

Espécie que pode ser encontrada com facilidade em áreas de floresta semidecídua na Bacia Amazônica, assim como em áreas do bioma cerrado. Possui característica dominante com copas chegando de 25m a 28m.

A madeira possui o cerne distinto do alburno pela cor, sendo o cerne amarronzado a rosado (Figura 10). Limites dos anéis de crescimento são pouco distintos. Madeira sem brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível, dura ao corte transversal manual, grã direita, textura média, figura ausente. Massa específica básica média (entre 0,50 e 0,72 g/cm³).



Figura 10. Corte tangencial da madeira de *Protium sagotianum*.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Dez espécies de madeiras provenientes da Reserva Extrativista Tapajós - Arapiuns, doadas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) foram estudadas. O material faz parte do Projeto UFOPA, desenvolvido no Laboratório de Produtos Florestais/Serviço Florestal Brasileiro (LPF/SFB). A Tabela 1 apresenta o nome científico, o nome popular e a família de cada espécie.

Tabela 1. Espécies de madeiras amazônicas estudadas no ensaio acelerado de laboratório.

Nome Científico	Nome Popular	Família
<i>Swartzia laurifolia</i> Benth.	Gombeira	Leg. Papilionoideae
<i>Chamaecrysa scleroxylum</i> (Ducke) Irwin & Barneby.	Pau-santo	Leg. Papilionoideae
<i>Balizia elegans</i> (Ducke) Barneby & J. W. Grimes.	Fava-paricá	Leg. Mimosoideae
<i>Virola michelii</i> Heckel.	Virola	Myristicaceae
<i>Trattinnickia burseraefolia</i> Mart.	Amescla	Burseraceae
<i>Tachigali myrmecophila</i> (Ducke) Ducke.	Tachi-preto	Leg. Caesalpinioideae
<i>Nectandra dioica</i> Mez.	Louro-preto	Lauraceae
<i>Qualea dinizii</i> Ducke.	Madioqueira-rosa	Vochysiaceae
<i>Terminalia glabrescens</i> C. Mart.	Cuiarana	Combretaceae
<i>Protium sagotianum</i> Marchand.	Breu-branco	Burseraceae

Este estudo foi realizado no setor de Biodegradação e Preservação da Madeira do LPF/SFB do Ministério do Meio Ambiente (MMA) em Brasília-DF.

O método utilizado durante todo o experimento seguiu os padrões da norma americana *American Society for Testing Materials – Standard Test Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods* - ASTM D 2017 (ASTM, 2005), a qual fornece informações sobre o método padrão para testes acelerados de laboratório que avaliam a durabilidade natural de espécies de madeira.

O teste utilizou como amostra para cada espécie, pequenos blocos de madeira, que foram expostos ao ataque de culturas puras dos fungos apodrecedores. Antes e depois do ataque todos os blocos de madeira foram pesados, pois a perda de massa é a medida que classificou a resistência natural da madeira.

5.1 Confeção dos Corpos de Prova

Os corpos de prova para o ensaio acelerado foram obtidos de amostras submetidas ao ensaio de resistência mecânica no estado seco, como o de flexão estática. Isso assegura que o material testado foi proveniente praticamente do cerne. Inicialmente descartou-se toda a porção que foi danificada durante o teste mecânico, como trincas e rachaduras, associado à presença de nós ou qualquer outra irregularidade ou contaminação. O material foi processado na carpintaria do LPF, em corpos de prova com as dimensões de 2,5 x 2,5 x 0,9 cm (Figura 11), sendo a menor medida no sentido das fibras.



Figura 11. Processamento mecânico dos corpos de prova na carpintaria do LPF.

Para todas as espécies, os corpos de prova foram provenientes do cerne de pelo menos três árvores adultas distintas, retiradas a altura do DAP, conforme especifica a Tabela 2.

Tabela 2. Árvores testadas no ensaio de resistência natural.

ESPÉCIES	ÁRVORES TESTADAS
<i>Balizia elegans</i>	3; 4; 5
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	2; 3; 5
<i>Nectandra dioica</i>	2; 3; 4
<i>Protium sagotianum</i>	1; 2; 3
<i>Qualea dinizii</i>	3; 4; 5
<i>Swartzia laurifolia</i>	4; 5; 6
<i>Tachigali myrmecophila</i>	2; 4; 5
<i>Terminalia glabrescens</i>	2; 3; 6
<i>Trattinnickia burseraefolia</i>	2; 4; 5
<i>Viola michelii</i>	2; 3; 5

Cuidados com o acabamento dos corpos de prova também foram tomados, no sentido de não deixar fendas e desobstruir os poros e vasos na face transversal, com o auxílio de uma lixa de gramatura fina (Grana 80) e ar comprimido, respectivamente.

A codificação utilizada em cada corpo de prova (Figura 12) foi feita nas duas faces longitudinais tangenciais com caneta de tinta a prova d'água, para identificação do bloco (1 a 12), da espécie (1 a 12, exceto 2 e 3) e do tipo de fungo/controle (TV, GT ou B, sendo este Branco, sem ataque de fungo).

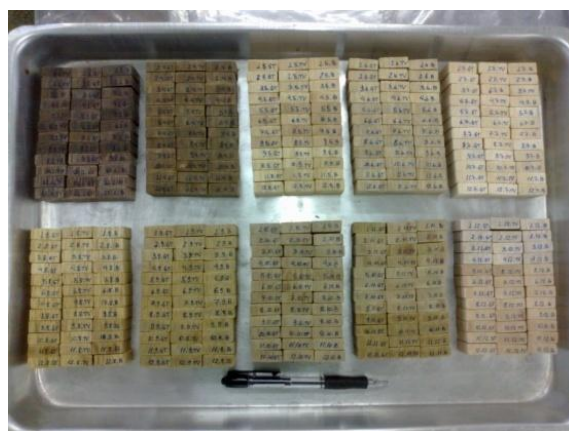


Figura 12: Grupos de 36 corpos de prova, de cada uma das dez espécies amazônicas.

Além destes, também foram preparadas 18 amostras para a espécie *Pinus* sp. e outras 18 amostras para a espécie *Cecropia* sp., as quais foram utilizadas como madeira de referência, para a validação do ensaio de biodeterioração, assim como recomenda a norma citada anteriormente.

O monitoramento do peso dos corpos de prova foi feito em um grupo pequeno de indivíduos, representativo para cada espécie de madeira. O processo de estabilização dos corpos de prova foi feito em estufa com circulação forçada de ar a $(50\pm 1)^{\circ}\text{C}$ da marca MARCONI, modelo MA 035 (Figura 13). Para a pesagem dos corpos de prova foi utilizada uma balança analítica da marca SHIMADZU – Modelo AY 220, com precisão de 0,0001g (Figura 14)



Figura 13. Estufa de bancada com circulação de ar, modelo MA 035.



Figura 14. Balança analítica digital SHIMADZU – Modelo AY 220.

5.2 Placas Suporte

Para impedir o contato direto do corpo de prova com o solo e principalmente ser a fonte de alimento inicial para o crescimento dos fungos, foram utilizadas placas suporte nas dimensões, 3,5 x 2,9 x 0,3 cm, sendo a maior medida no sentido das fibras.

Ao inocular o fungo de podridão branca, *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilát, a placa suporte foi de *Cecropia* sp., e para o fungo de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murril, a placa foi de *Pinus* sp., onde essas duas espécies de madeira são reconhecidamente de baixa resistência natural à biodeterioração.

5.3 Preparo do Solo

O solo utilizado como substrato para o ensaio acelerado de laboratório foi coletado na Fazenda Água Limpa (FAL) – UnB sendo caracterizado como Latossolo.

Para a correção do pH do solo foi utilizado calcário dolomítico (PRNT 66%), na proporção de 65g para cada 20 kg de solo.

O solo passou por peneira de 20 mesh, isso ajuda a retirar pedras e sujeiras.

A determinação do teor de umidade do solo seco ao ar (TFSA) foi feita a partir da Equação 1. O solo foi pesado em uma balança analítica, sendo em média 95,50g de solo corrigido e seco à temperatura ambiente, em duplicada, e depois seco em estufa à $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ utilizando-se placas de petri.

$$TU(\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

Onde: *TU*: Teor de Umidade, em porcentagem.

P_i: Peso inicial, em gramas.

P_f: Peso final, em gramas.

A quantidade de água colocada em cada frasco foi calculada pela Equação 2.

$$Qa = ((1,3 \times CRA) - TU) \times \frac{TFSA}{(100+TU)} \quad \text{Eq.2}$$

Onde: *Qa*: Quantidade de água, em mililitros.

CRA: Capacidade de Retenção de Água, no caso, 38% por se tratar de um Latossolo.

TU: Teor de Umidade, em porcentagem.

TFSA: Terra Fina Seca ao Ar, em gramas.

5.4 Recipientes de Vidro

Os recipientes ou frascos de vidro onde foram acondicionados os corpos de prova, as placas suporte e a terra eram transparentes e com a tampa de plástico rosqueável, com um volume líquido de aproximadamente 250 ml.

Após encher os frascos com água e terra em quantidades pré-determinadas, eles foram autoclavados por uma hora à pressão de 1atmosfera e 120°C.

5.5 Cultura de Fungos Apodrecedores

Foram utilizados dois fungos apodrecedores, *Gloeophyllum trabeum* (Persoon ex Fries) Murril de podridão parda, codificado como GT, e o *Trametes versicolor* (L. ex Fr.) Pilát de podridão branca, codificado como TV, os quais são mantidos vigorosos na coleção de culturas puras do LPF.

Num primeiro momento os fungos foram repicados em meio de cultura de extrato de malte sólido, para retomarem o vigor de crescimento, e após duas semanas foram transferidos para o meio de cultura malte líquido, onde permaneceram por mais duas semanas antes de serem inoculados nos frascos de vidro contendo a terra.

O meio de cultura sólido normalmente foi preparado usando 15g de malte e 30g de ágar para 1000 ml de água deionizada. A solução é transferida para frascos erlenmeyers de 500 ml e autoclavados por 20 min à 120°C. Após condição de manuseio foram pipetados 15 ml desta solução para placas de petri, que foram seladas e mantidas na incubadora por 7 dias para verificar a não contaminação dos mesmos. Utilizou-se 4 placas de petri para cada fungo.

Para o meio de cultura líquido, foi utilizada a mesma formulação anterior, porém sem o ágar, onde 250 ml da solução líquida foi adicionada em cada um dos 2 erlenmeyer. Os meios de cultura foram autoclavados por 20 min em pressão de 1 atmosfera e 120°C antes da repicagem.

A repicagem foi feita em capela de fluxo laminar horizontal devidamente esterilizada, colocando 3 “plugs” de 1 cm² em cada erlenmeyer contendo a solução

estéril, que posteriormente foram submetidos à aeração em numa mesa agitadora TECNAL – Modelo TE140 por 24 horas a 90 rotações por minuto.

Os frascos de erlenmeyers contendo a massa micelial do fungo (Figura 15) permaneceram acondicionados em uma sala incubadora com umidade e temperatura controladas em $(75\pm 3)\%$ e $(25\pm 2)^\circ\text{C}$, respectivamente, até se encontrarem no ponto de inoculação nos frascos de vidro com terra estéril.



Figura 15. Cultura de fungo apodrecedor em meio líquido.

5.6 Inoculação dos Frascos

No momento em que o micélio de fungo cobrir toda a superfície do meio de cultura líquido, diz-se ter atingido a etapa de inoculá-los nos frascos com terra.

Para isso foi utilizado um liquidificador, onde apenas os micélios (sem o meio de cultura) foram homogeneizados com água deionizada. Este processo agiliza e facilita a inoculação por meio de um pipetador automático, na medida de 2,0 ml por frasco.

Após a inoculação dos frascos, estes voltaram para a sala incubadora, onde permaneceram em períodos variados, por volta de 14 dias para o fungo TV, e 20 dias para o fungo GT, período necessário para que os micélios dos fungos se desenvolvessem e cobrissem toda a superfície da placa suporte.

5.7 Adição dos Corpos de Prova

Inicialmente os corpos de prova foram devidamente embrulhados em papel alumínio e colocados em um becker protegidos com papel alumínio. O conjunto foi autoclavado por 40 min a 1 atmosfera e 120°C , com o intuito de esterilização do material lignocelulósico.

Em uma capela asséptica de fluxo laminar, foi colocado 1 corpo de prova esterilizado em cada frasco de terra com o auxílio de uma pinça. Os frascos retornaram para a incubadora onde permaneceram por 12 semanas.

5.8 Término do Ensaio

Transcorrido o período de 12 semanas na incubadora, finalizou-se a exposição dos corpos de prova ao ataque dos fungos. A retirada das amostras foi realizada com o auxílio de pinça e escova apropriada. A escova foi utilizada para remover somente os micélios aderidos ao corpo de prova, evitando-se a perda de material.

Da mesma maneira que a estabilização inicial dos corpos de prova, foi repetido todo o processo para estabilização final dos corpos de prova, ou seja, após a exposição aos fungos. A pesagem final caracteriza a perda de massa relativa ao fungo usado.

5.9 Análise dos Resultados

A perda de massa das madeiras foi obtida a partir do cálculo utilizando a Equação 3. A classificação da resistência natural foi feita de acordo com a tabela de classes de resistência, determinada pela norma ASTM D 2017 (Tabela 3). Também foi possível analisar o resultado pela quantidade média de massa residual, ou seja, a porcentagem de massa resultante da madeira.

$$Pm = \frac{(mi - mf)}{mi} \times 100 \quad \text{Eq. 3}$$

Onde: *Pm*: Perda de massa, em porcentagem;

mi: Massa Inicial, em gramas;

mf: Massa Final, em gramas.

Tabela 3. Classificação da resistência natural de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores.

Média Perda de massa (%)	Média Massa residual (%)	Classe de resistência
0 a 10	100 a 90	Altamente resistente
11 a 24	89 a 76	Resistente
25 a 44	76 a 56	Resistência moderada
45 ou mais	55 ou menos	Não resistente

Fonte: ASTM (2005)

A análise estatística foi realizada pela Análise de Variância (ANOVA), com objetivo de avaliar as diferenças de resistência entre as dez espécies. A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa SPSS 16.0.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deterioração da madeira pôde ser indicada através da sua perda de massa diante do ataque do fungo. A porcentagem de perda de massa tem sido considerada como o melhor indicador para perda de resistência mecânica, a qual indica realmente a performance em serviço (VAN ACKER *et al.*, 1999).

Primeiramente foi analisada a perda de massa das espécies de madeira atacadas pelo fungo *T. versicolor*, em seguida pelo *G. trabeum* e finalizando com a análise da relação entre massa específica e perda de massa.

Durante o período de 12 semanas em que as amostras permaneceram na incubadora para o ataque dos fungos, foi possível perceber claramente a diferença no comportamento (velocidade de crescimento dos micélios) de cada um dos fungos. O fungo *T. versicolor* rapidamente formou uma espessa camada branca, enquanto o fungo *G. trabeum*, apresentou lenta formação de uma pequena camada amarelo-clara. De acordo com Eaton & Hale (1993), o fungo *G. trabeum* apresenta crescimento com períodos de repouso, o que demonstra seu crescimento mais lento.

A norma exige que as amostras das espécies controle, *Pinus* sp. e *Cecropia* sp. apresentem perda de massa acima de 50% para comprovar o vigor dos fungos. De acordo com o teste, a espécie *Pinus* sp., atacada pelo fungo de podridão parda *G. trabeum*, apresentou perda de massa de 57,32%, enquanto que a espécie *Cecropia* sp., atacada pelo fungo de podridão branca *T. versicolor*, apresentou perda de massa de 52,22%, valores praticamente idênticos foram encontrados por Carneiro *et al.* (2009).

As Tabelas 4 e 5 abaixo contêm as informações à respeito da massa específica, da perda de massa média em porcentagem e classe de resistência das dez espécies submetidas ao ataque dos fungos *T. versicolor* e *G. trabeum*, respectivamente.

Tabela 4. Valores médios de massa específica básica, de perda de massa e classe de resistência das dez espécies submetidas ao ataque do fungo *Trametes versicolor*.

Espécies	Massa Específica Básica ¹ (g/cm ³)	Perda de Massa ² (%)	Classe de Resistência
<i>Balizia elegans</i>	0,37	20,52 ± 6,42 C	Resistente
<i>Trattinnickia burseraefolia</i>	0,44	49,35 ± 13,38 D	Não resistente
<i>Virola michelii</i>	0,45	66,23 ± 6,34 E	Não resistente
<i>Tachigali myrmecophila</i>	0,50	13,65 ± 5,63 BC	Resistente
<i>Nectandra dioica</i>	0,53	2,32 ± 1,97 AB	Altamente resistente
<i>Qualea dinizii</i>	0,54	13,92 ± 6,06 BC	Resistente
<i>Protium sagotianum</i>	0,60	24,12 ± 24,54 C	Resistente
<i>Terminalia glabrescens</i>	0,80	6,99 ± 5,56 AB	Altamente resistente
<i>Chamaecrysta scleroxylum</i>	0,84	0,53 ± 0,22 A	Altamente resistente
<i>Swartzia laurifolia</i>	0,96	0,37 ± 0,17 A	Altamente resistente

¹ Os dados de massa específica básica foram obtidos no LPF/SFB; ² Média de 12 corpos-de-prova; As médias que possuem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si, de acordo com teste Tukey a 5% de probabilidade.

As madeiras atacadas pelo fungo *T. versicolor* foram classificadas da seguinte maneira: *S. laurifolia*, *C. scleroxylum*, *N. dioica* e *T. glabrescens*, foram consideradas altamente resistentes; *B. elegans*, *P. sagotianum*, *Q. dinizii* e *T. myrmecophila* foram consideradas resistentes; *V. michelii* e *T. burseraefolia* obtiveram as maiores perdas de massa e foram classificadas como não resistentes. No teste de Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade, foram formados 5 grupos homogêneos.

Dentro do grupo das madeiras altamente resistentes, *S. laurifolia* e *C. scleroxylum* foram as duas espécies com menor perda de massa (0,37 e 0,53%, respectivamente), com a perda de massa diferindo estatisticamente dos demais grupos, o que lhes determinaram como as madeiras mais resistentes biologicamente frente ao ataque do fungo *T. versicolor*.

Carneiro *et al.* (2008) encontraram perda de massa semelhante quando testaram a madeira da espécie *Bagassa guianensis* (Tatajuba), a qual obteve em média 0,60% de perda de massa.

Alves *et al.* (2006) também encontraram valores muito próximos a estes testando seis espécies de madeiras amazônicas. Por exemplo, *Mouriri callocarpa* (Miraúba)

quando exposta ao fungo de podridão branca *Pycnoporus sanguineus* apresentou perda de massa de apenas 0,58%.

T. glabrescens e *N. dioica* foram outras duas espécies classificadas como altamente resistentes, e seus valores de perda de massa não diferiram significativamente em relação às espécies resistentes.

Testando a espécie *Terminalia* sp. (Tanimbuca), de densidade 1,03 g/cm³, Thévenon e Thibaut (2002) encontraram resultados semelhantes, onde a espécie perdeu no máximo 3% de massa quando exposta ao ataque dos fungos de podridão branca *Coriolus versicolor* e *Pycnoporus sanguineus*. Outra espécie que obteve resultados semelhantes para estes mesmos fungos foi a *Manilkara* sp. (Maçaranduba), com perda de massa de 4%

As espécies altamente resistentes representaram 40% do total de madeiras estudadas e são de alto potencial para diversas finalidades. Produtos de madeira dessas espécies podem ser usadas para confecção de instrumentos musicais, construção de estruturas em áreas externas e pavimentação dentre diversas outras finalidades.

Por outro lado, *T. burseraefolia* e *V. michelii* foram as espécies mais atacadas pelo *T. versicolor* e foram classificadas como não resistentes. Seus valores de perda de massa diferiram significativamente das outras espécies, inclusive entre si, formando dois grupos homogêneos distintos. *V. michelii*, neste tratamento, obteve a maior perda de massa diante de todo o ensaio, com 66,23%, apresentando perda de massa superior às amostras controle de *Cecropia* sp. e *Pinus* sp..

Carneiro *et al.* (2008), testando a durabilidade natural de madeiras da Amazônia, encontraram valores elevados de perda de massa para a espécie do *Virola caducifolia* (densidade básica 0,53 g/cm³) com 41,49%. Outra espécie que apresentou valor alto de perda de massa foi a *Trattinnickia rhoifolia* (densidade básica 0,41 g/cm³) com 37,10%. As duas possuem o mesmo gênero das madeiras aqui estudadas, porém são de espécies diferentes.

Van Acker *et al.* (1999) quando testaram a durabilidade natural da *Virola* spp. encontraram resultados que mostram a susceptibilidade desta madeira em relação ao fungo de podridão branca, a qual apresentou uma das maiores perdas de massa, 24,8% quando submetida ao fungo *Coriolus versicolor*. Este valor aparentemente não foi elevado, porém, vale ressaltar que o teste de resistência natural foi feito seguindo a norma europeia EN 113.

As outras quatro espécies, *B. elegans*, *P. sagotianum*, *Q. dinizii* e *T. myrmecophila* foram classificadas como resistentes.

Q. dinizii e *T. myrmecophila* apresentaram valores de perda de massa que não diferenciaram das médias de *T. glabrescens* e *N. dioica* (altamente resistentes), e nem das médias de *B. elegans*, *P. sagotianum* (resistentes), de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Esse fato torna possível analisar *Q. dinizii* e *T. myrmecophila* como espécies altamente resistentes em alguns casos. Até porque, se considerarmos o desvio padrão obtido entre as amostras, elas podem realmente chegar a valores de perda de massa abaixo dos 10%, classificando-as como de alta resistência natural.

Em estudo com a espécie *P. brasiliense* de 0,57 a 0,69 g/cm³, mesmo gênero da *Protium sagotianum* e densidade semelhante, Fidelis *et al.* (1985) encontram resultados de perda de massa, de 24,79% e 41,94% quando a madeira foi submetida ao ataque dos fungos de podridão branca *Pycnoporus sanguineus* e *Polyporus fumosus*, respectivamente. Isso mostra que o gênero *Protium* teve um comportamento similar frente à diversas espécies de fungos.

Foi observado o alto valor de desvio padrão (24,54%) da *P. sagotianum* que pode ser referenciado à grande variação de perda de massa entre as três árvores escolhidas e não um caso isolado de outlier.

A madeira da *N. dioica* apesar de sua massa específica média ser de 0,53 g/cm³, obteve um resultado de apenas 2,32% de perda de massa. Neste caso, o principal fator de durabilidade natural está relacionado com outra característica da madeira, podendo ser a ação sinérgica dos princípios ativos de seus extrativos atuando de forma fungicida.

Van Acker *et al.* (1999), também testaram a espécie *Nectandra* spp., e obtiveram resultado diferente dos obtidos aqui pela espécie *N. dioica*. Quando a madeira foi submetida ao fungo de podridão branca, *Coriolus versicolor*, a espécie foi considerada de resistência baixa, com 23,60% de perda de massa, de acordo com a norma europeia EN 113.

Após ataque do *T. versicolor* não foi observada mudança no padrão de coloração nas amostras das dez espécies estudadas, quando inspecionadas visualmente.

Tabela 5: Valores médios de massa específica, de perda de massa e a classe de resistência das dez espécies submetidas ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

Espécies	Massa Específica Básica ¹ (g/cm ³)	Perda de Massa ² (%)	Classe de Resistência
<i>Balizia elegans</i>	0,37	36,87 ± 5,66 C	Resistência moderada
<i>Trattinnickia burseraefolia</i>	0,44	38,54 ± 17,43 C	Resistência moderada
<i>Virola michelii</i>	0,45	55,17 ± 7,49 D	Não resistente
<i>Tachigali myrmecophila</i>	0,50	22,69 ± 5,95 B	Resistente
<i>Nectandra dioica</i>	0,53	5,92 ± 4,43 A	Altamente resistente
<i>Qualea dinizii</i>	0,54	49,68 ± 9,49 CD	Não resistente
<i>Protium sagotianum</i>	0,60	21,47 ± 20,42 B	Resistente
<i>Terminalia glabrescens</i>	0,80	1,82 ± 0,87 A	Altamente resistente
<i>Chamaecrysta scleroxillum</i>	0,84	0,35 ± 0,22 A	Altamente resistente
<i>Swartzia laurifolia</i>	0,96	1,31 ± 0,90 A	Altamente resistente

¹ Os dados de massa específica básica foram obtidos no LPF/SFB; ² Média de 12 corpos-de-prova; As médias que possuem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si, de acordo com teste Tukey (p=0,05).

Considerando as madeiras que foram atacadas pelo fungo *G. trabeum*, as classificações ficaram da seguinte maneira: *S. laurifolia*, *C. scleroxillum*, *T. glabrescens*, *N. dioica* foram classificadas como altamente resistentes; *Protium sagotianum* e *T. myrmecophila* foram consideradas resistentes; *T. burseraefolia* e *B. elegans* foram as únicas madeiras classificadas como moderadamente resistentes; *Q. dinizii* e *V. michelii* foram as mais deterioradas e classificadas como não resistentes. No teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, foram formados 4 grupos homogêneos.

A espécie mais resistente ao fungo *G. trabeum* foi a *C. scleroxillum* com uma perda de massa média de apenas 0,35%, porém este valor não diferiu significativamente das demais espécies do grupo de madeiras altamente resistentes, onde a perda de massa foi de até 5,92% para a espécie *N. dioica*.

Em um estudo envolvendo sete espécies secundárias comercialmente do Brasil, Thevenon e Thibaut (2002) verificaram que as espécies seguintes foram altamente resistentes ao mesmo fungo *G. trabeum*: *Hymenolobium* sp. (Angelim) de massa específica 0,87 g/cm³ obteve perda de massa de 1,90% e *Caryocar* sp. (Piquia) de massa específica 0,92 g/cm³ obteve 3,82% de perda de massa.

Oliveira *et al.* (2005) estudando seis espécies de madeiras conhecidas comercialmente, encontraram valores semelhantes de perda de massa em madeiras

submetidas ao ataque do fungo *G. trabeum*, tais como: *Vanillosmopsis erythropappa* (Candeia) com perda de massa de 0,33%, *Cedrela fissilis* (Cedro) com 0,82%, *Amburana cearensis* (Cerejeira) com 1,11% e *Machaerium scleroxylum* (Jacarandá-caviúna) com 0,58%

Alves *et al.* (2006) em estudo com madeiras tropicais da Amazônia encontraram os valores de perda de massa 1,97%, 4,58% e 4,88% para as espécies *Astronium* sp. (Muiracatiara), *Mouriri callocarpa* (Miraúba) e *Peltogyne paniculata* (Roxinho), respectivamente quando expostas ao *G. trabeum*. A massa específica dessas madeiras variam de 0,93 g/cm³ (Muiracatiara) até 1,09 g/cm³ (Miraúba).

Mais uma vez, a madeira da *N. dioica* com sua massa específica média entrou no grupo das espécies altamente resistentes. Neste caso, frente o ataque do fungo de podridão parda, a espécie se mostrou promissora e de grande potencial para futuros estudos a respeito da quantidade e qualidade de seus extrativos.

Segundo Oliveira *et al.* (2005), a resistência à deterioração pode ser atribuída em grande parte à presença de taninos e outras substâncias fenólicas complexas, presentes na madeira, as quais são tóxicas a determinados fungos xilófagos.

No estudo de Van Acker *et al.* (1999) a espécie *Nectandra* spp. apresentou 0,5% de perda de massa, sendo classificada como altamente resistente.

As duas espécies classificadas como resistentes *P. sagotianum* e *T. myrmecophila*, apresentaram valores bem próximos de perda de massa, na casa dos 22%, formando um único grupo homogêneo, diferindo estatisticamente das outras médias.

V. michelii apresentou a maior perda de massa com 55,16% após exposição ao *G. trabeum* e foi classificada como não resistente. Este valor foi considerado diferente das médias que se encontram no grupo das espécies de resistência moderada, exceto no caso da *Q. dinizii*.

Quando Van Acker *et al.* (1999) expuseram a madeira de *Virola* spp. ao ataque do fungo *G. trabeum*, o resultado de perda de massa apresentado foi o maior entre todas as espécies ensaiadas e classificada como não resistente.

Com 49,68% de perda de massa, *Q. dinizii* não foi considerada estatisticamente diferente das espécies *B. elegans* e *T. burseraefolia*, as quais apresentaram as médias 36,87% e 38,53%, respectivamente, e classificadas como moderadamente resistentes.

Outro fato interessante a respeito da espécie *Q. dinizii* está relacionado com a grande variação de perda de massa apresentada pela madeira quando exposta ao fungo de podridão branca (13,92%) e ao fungo de podridão parda (49,68%). De acordo com

Bravery (1987) este fato pode ser explicado por causa das diferentes características fisiológicas e necessidades nutricionais de cada fungo, os quais demonstraram preferência por determinadas espécies de madeira relacionada a diferença na composição química.

Analisando visualmente a coloração das amostras estudadas, foi possível perceber que após o ataque as madeiras se encontravam com a coloração um pouco mais escura, num leve aspecto de queimadas.

A intensidade de ataque sofrido pelas dez espécies de madeira variou bastante, sendo observadas grandes diferenças na perda de massa, de espécie para espécie e até mesmo dentro da mesma espécie, ou seja, de árvore para árvore. As diferenças na perda de massa dessas espécies variaram desde 0,35% até 66,23%, como ilustra a Figura 16. Pildain *et al.* (2005), relataram que geralmente, a perda de massa na madeira causada pelo ataque de fungos depende da espécie de madeira e também da espécie e tipo de fungo.

Além disso, duas espécies apresentaram desvios padrão muito altos com relação ao ataque dos dois tipos de fungos. *P. sagotianum* e *T. burseraefolia* obtiveram desvios padrão por volta de 22% e 15%, respectivamente. De acordo com Van Acker *et al.* (1999), os desvios não devem ultrapassar 50% da média de perda de massa encontrada para que haja acurácia nos resultados. Sendo assim, apenas a espécie *P. sagotianum* apresentou valores discrepantes, para ambos os fungos. O mesmo autor relata que a causa pode ser devida à alta variabilidade e formação irregular do cerne ou pela presença de região como o alburno.

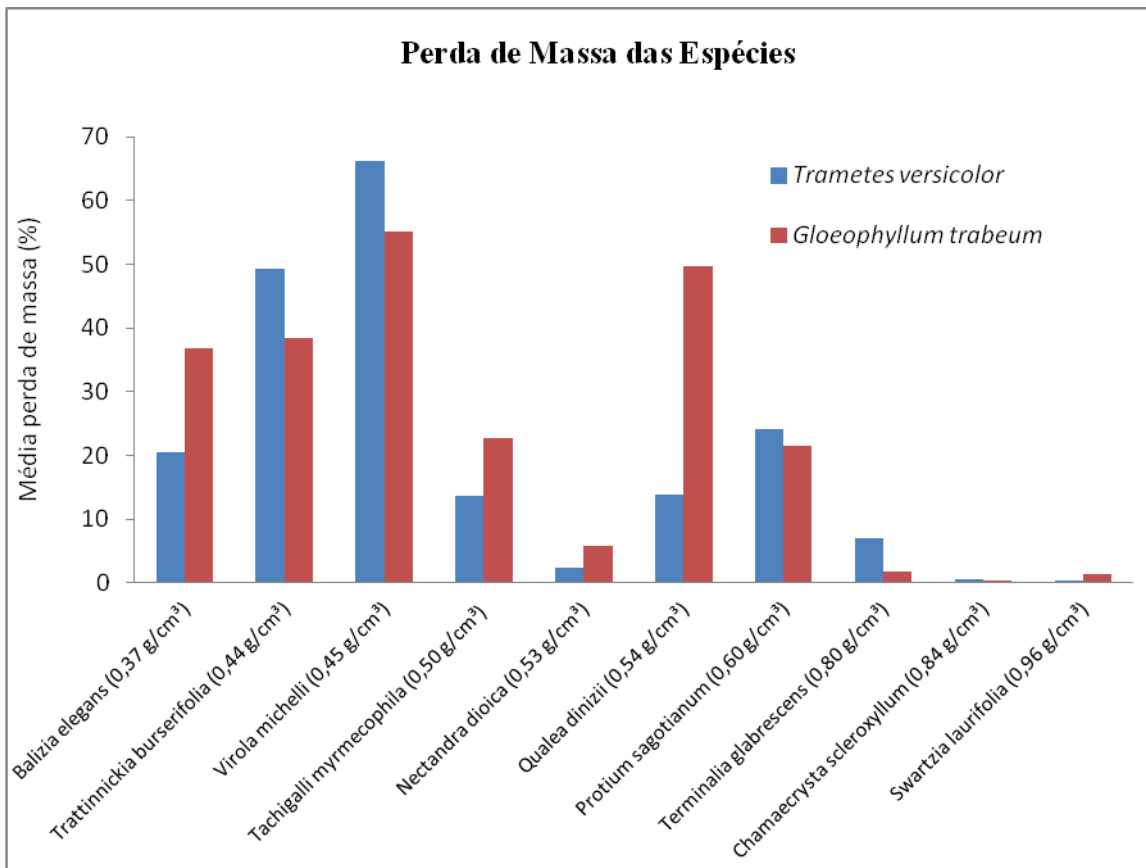


Figura 16: Perda de massa das dez espécies de madeiras submetidas aos dois fungos apodrecedores.

Com relação à intensidade de ataque dos fungos, *T. versicolor* apresentou maior agressividade no ensaio quando atacou *V. michelii*. Porém, de acordo com a média geral, o fungo de podridão parda apresentou ligeira superioridade com 23,4%, enquanto o fungo de podridão branca deteriorou em média 19,8%, valores estes que não diferiram significativamente entre si.

Alves *et al.* (2006) também constataram maior intensidade de ataque do fungo *G. trabeum* diante de espécies de madeiras amazônicas, em relação ao fungo de podridão branca *Pycnoporus sanguineus*.

Carneiro *et al.* (2008) encontrou resultados semelhantes, onde o fungo *G. trabeum* obteve maior poder de deterioração da madeira do que o *T. versicolor* quando vinte e oito madeiras brasileiras foram testadas em relação à durabilidade natural.

Resumidamente, *C. scleroxyllum*, *N. dioica*, *S. laurifolia* e *T. glabrescens* foram classificadas como altamente resistentes e *V. michelii* como não resistente para ambos os fungos, ou seja, as madeiras de folhosas apresentaram um comportamento similar, independentemente do tipo de fungo, sem preferência nutricional notória.

No geral, cinco espécies de madeira apresentaram maior perda de massa quando expostas ao fungo *G. trabeum* e as demais cinco espécies, maior perda quando expostas ao *T. versicolor*.

Analisando as Figuras 17 e 18 da relação entre massa específica e perda de massa, para cada um dos fungos, não foi possível observar correlação para as dez espécies aqui estudadas. As madeiras de maior massa específica perderam menos massa, porém as madeiras de massa específica baixa ou média apresentaram comportamentos variados. De acordo com a análise de dados, o coeficiente de determinação (R^2), no caso do *T. versicolor* foi apenas 0,38 e no caso do *G. trabeum* foi de 0,59. Isso demonstra que nos tratamentos envolvendo o *G. trabeum*, a tendência de a massa específica influenciar a resistência natural da madeira foi mais forte.

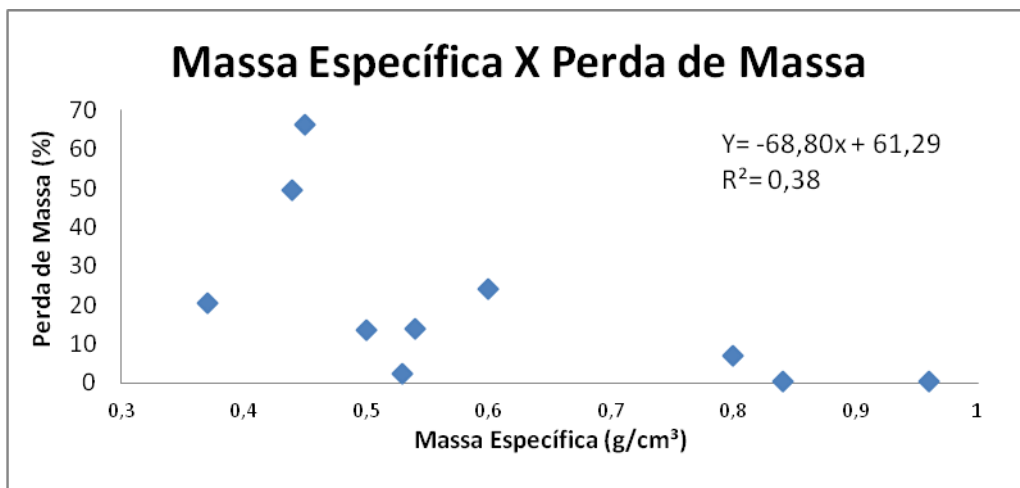


Figura 15: Relação Massa Específica e Perda de Massa, para o *Trametes versicolor*.

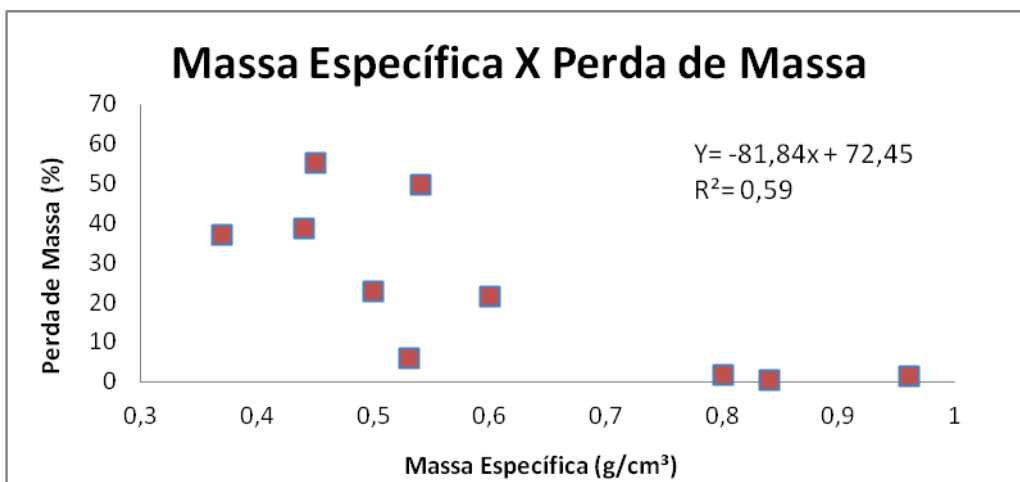


Figura 16: Relação da massa específica e perda de massa, para o *Gloeophyllum trabeum*.

Wong *et al.* (2005) relataram que a densidade é um dos parâmetros mais acessíveis dentre os quais influenciam a durabilidade natural das madeiras tropicais, porém, em muitos casos é difícil de estabelecer uma relação convincente entre densidade e resistência natural de algumas espécies tropicais.

De acordo com Paes *et al.* (2007), ao testarem a resistência natural de sete espécies de madeiras a fungos xilófagos, chegaram a conclusão de que as madeiras de maior densidade foram as mais resistentes ao apodrecimento. No entanto, esses mesmos autores comentaram que dentro de uma mesma espécie, a resistência natural nem sempre esteve associada à densidade da madeira.

Quando feita uma análise visual das amostras, pôde-se perceber que aquelas amostras pertencentes ao grupo de alta massa específica eram de coloração mais escura. Este fato pode estar associado à quantidade e ao tipo de extrativos presentes nessas madeiras, podendo ter ocasionado menor perda de massa, sendo interessante analisar quimicamente essas espécies em outros estudos.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A intensidade de ataque dos fungos variou entre as espécies estudadas. Em média, o fungo *G. trabeum* apresentou ligeira superioridade no poder de deterioração das madeiras comparativamente ao *T. versicolor*.

Dentre as dez espécies, *S. laurifolia*, *C. sclerocyllum*, *T. glabrescens* e *N. dioica* foram classificadas como altamente resistentes em relação ao ataque de ambos os fungos.

S. laurifolia e *C. sclerocyllum* apresentam as maiores massas específicas e foram as espécies mais resistentes, com perda de massa abaixo de 1%.

N. dioica de massa específica média apresentou valores baixos de perda de massa diante dos dois fungos, induzindo a existência de outro fator determinante para a resistência natural.

V. michelii foi classificada como não resistente quando exposta aos fungos *G. trabeum* e *T. versicolor*.

B. elegans; *P. sagotianum*; *Q. dinizii*; *T. myrmecophila* e *T. burseraefolia* oscilaram entre as classes resistente e moderadamente resistente.

Q. dinizii apresentou comportamento diferenciado frente aos fungos testados com relação à perda de massa.

Não houve relação satisfatória entre massa específica e perda de massa. As madeiras de maior massa específica apresentaram as menores perdas de massa, porém as madeiras de menor massa específica apresentaram comportamentos variados.

Em se tratando de resistência natural destas madeiras é recomendável a continuidade do estudo utilizando outras espécies de fungos apodrecedores, assim como outros tipos de organismos xilófagos.

A quantificação e identificação do teor de extrativos deve ser objeto de estudos futuros.

Por intermédio de uma análise rápida, usando o equipamento de espectroscopia no infravermelho médio ou próximo, avaliar qualitativamente algumas alterações nos polímeros da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, A. S.; POTIGUARA, R. C. V.; SANTOS, J. U. M. Arquitetura foliolar de *Swartzia brachyrachis* Harms var. *snehlageae* (Ducke) Ducke e *Swartzia laurifolia* Benth (Leguminosae-Papilionoideae), ocorrentes na restinga de Algodal/Maiandeuá-Pará. Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, sér. Bot., v.17, p. 93-106, 2001.

ALVES, M. V. S.; COSTA, A. F.; ESPIG, D. S.; VALE, A. T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaio de laboratório. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 1, p.17-26, 2006.

AMORIM, M. R. S.; RIBEIRO, P. G.; MARTINS, S. A.; DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R. Surface Wettability and Roughness of 11 Amazonian Tropical Hardwoods. Floresta e Ambiente. 2013.

ASHADUZZAMAN, M.; DAS, A. K.; KAYES, I.; SHAMS, M. I. Natural Decay Resistance of *Acacia auriculiformis* Cunn. ex. Benth and *Dalbergia sisso* Roxb. Forestry and Wood Technology Discipline, Hhulna University, Khulna-9208, Bangladesh. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research, v. 46(2), p. 225-230. 2011.

CARDOSO, C. C.; MOUTINHO, V. H. P.; MELO, L. O.; SOUZA, L. K. V. S.; de SOUZA, M. R. Caracterização físico-mecânica de madeiras amazônicas com aptidão tecnológica para comercialização. Revista de Ciências Agrárias, v. 55, n. 3, p. 176-183. 2012.

CARNEIRO, J. S.; EMMERT, L.; STERNAD, G. H.; MENDES, J. C.; ALMEIDA, G. F. Decay susceptibility of Amazon Wood species from Brazil against White rot and Brown rot decay fungi. Holzforschung. v. 63, p. 767-772, 2008.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A. M. F. Uma revisão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira. *Química Nova*. v. 32, n. 8, p. 2191-2195, 2009.

CHRISTIAN, V.; SHRIVASTAVA, R.; MODI, H. A.; VYAS, B. R. M. Physiology and biochemistry of lignin degradation by white-rot fungi. *India. Journal of Tissue Research*. v. 4, p. 165-178, 2004.

EATON, R. A.; HALE, M. D. C. *Wood: decay, pests and protection*. London: Chapman & Hall, p. 546, 1993.

FIDELIS, M. I. A.; GONÇALEZ, J. C.; NAKAMURA, R. M. Durabilidade natural de três espécies de madeiras de ocorrência em cerrado e mata ciliar em relação a quatro fungos xilófagos em ensaio de laboratório. *São Paulo, Boletim ABPM*, n. 32, p. 10, 1985.

FILARDI, F. L. R.; GARCIA, F. C. P.; CARVALHO, R. M.; RODRIGUES, I. M. C. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, p. 116-118, 2000.

FINDLAY, W. P. K. The nature and durability of wood. Em: FINDLAY, W. P. K. (Ed). *Preservation of timber in the tropics*. Dordrecht: Martinus Nijhoff/ Dr. Junk Publishers, p. 1-13, 1985.

FONSECA, C. N.; LISBOA, P. L. B.; URBINATI, C. V. A Xiloteca (Coleção Walter A. Egler) do Museu Paraense Emílio Goeldi. *Bol. Mus. Para. Emílio, ser. Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 1, p. 65-140, jan-abr, 2005.

GONZAGA, A. L. *Madeira: Uso e Conservação*. Brasília-DF: IPHAN/MONUMENTA. Caderno Técnico 6, 246 p. 2006.

GAMA J. R. V.; de SOUZA, A. L.; MARTINS, S. V.; de SOUZA, D. R. Comparação entre florestas de várzea e de terra firme no estado do Pará. *R. Árvore, Viçosa-MG*, v.29, n.4, p.607-616, 2005.

GOTTLIEB, O. R.; YOSHIDA, M. *Química Nova*. v. 7, p. 250, 1984.

GRAHAM, R.D. History of wood preservation. Em: *Wood Deterioration and its Prevention by Preservative Treatments*, v.1, p. 1-30 D.D. Nicholas, ed. Syracuse University Press, Syracuse NY. 1973

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL IBDF. *Amazonian Timbers: Characteristics and Utilization*. v. 1, Tapajos National Forest, Conselho Nacional de Pesquisa e Tecnologia (CNPQ), Brasília, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Banco de Dados de Madeiras Amazônicas. Laboratório de Produtos Florestais, Brasília-DF. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/pesquisa.php?idioma=portugues> Acesso em: Jan/2013.

- MELO, J. E., CORADIN, V. T. R. & Mendes, J. C. 1990. Classes de densidade para madeiras da Amazônia brasileira. In: Anais do Congresso Florestal Brasileiro. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Silvicultura.
- MORAIS, F. M; COSTA, A. F. Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v. 2, n.1, p.44-50, 2007.
- NETO, R. N. Caracterização experimental da absorção acústica de madeiras nativas brasileiras. Projeto de Graduação, Universidade de Brasília, Departamento de Eng. Mecânica. Jun, 2011.
- NZOKOU, P.; KAMDEM, D. P. Fungal decay resistance of non-durable aspen wood treated with extractives from African paudak (*Pterocarpus soyauxii*). Journal of Tropical Forest Products. v. 9, p.125-133, 2003.
- OLIVEIRA, J. T. S.; de SOUZA, L. C.; LUCIA, R. M. D.; JÚNIOR, W. P. S. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. R. Árvore, Viçosa-MG. v. 29, n.5, p.819-826, 2005.
- OLIVEIRA, L. S.; SANTANA, A. L. B. D.; MARANHÃO, C. A.; de MIRANDA, R. C. M.; de LIMA, V. L. A. G.; da SILVA, S. I.; NASCIMENTO, M. S.; BIEBER, L. Natural Resistance of Five Woods to *Phanerochaete chrysosporium* degradation. International Biodeterioration & Degradation, v. 64, p. 711-715, 2010.
- PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. Cerne, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007.
- PALA, H. Constituição e mecanismos de degradação biológica de um material orgânico: a madeira. Construção Magazine. n. 20, p. 54-62, 2007.
- PASHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4.ed. New York: Mc Graw-Hill, p. 722, 1980.
- PILDAIN, M. B.; NOVAS, M. V.; CARMARÁN C. C. Evaluation of anamorphic state, wood decay and production of lignin-modifying enzymes for diatrypaceous fungi from Argentina. Journal of Agricultural Technology. v. 1, p. 81-96, 2005.
- PRINCES RISBOROUGH LABORATORY. Laboratory testes of natural durability decay resistance of timber. Building Research Establishment. Timberlab Papers 50, p. 28, 1972.
- RANGEL, R. A. Uso da microscopia eletrônica no estudo anatômico do carvão vegetal. Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba. 2012

SCHEFFER, T. C. Microbiological deterioration and its casual organisms. Em: NICHOLAS, D. D. (Ed). Wood deterioration and its prevention treatments: degradation and protection of wood. Syracuse: Syracuse University, v. 2, p. 31-106, 1973.

SHULTZ, T. P.; NICHOLAS, D. D. Naturally durable heartwood: evidence for a proposed dual defensive function of the extractives. Forest Product Laboratory, Mississippi State University, Phytochemistry 54, p. 47-52, 2000.

SUPRAPTI, S. Decay resistance of 84 Indonesian wood species against fungi. Journal of Tropical Forest Science. v. 22, p. 81-87, 2010.

THEVENON, F. M.; THIBAUT, A. Natural durability and basic physical and mechanical properties of secondary commercially less accepted wood species from Brazil. In: The International Research Group on Wood Preservation: 33rd Annual Meeting, Conference: 02-05-12/17, Cardiff, Wales, UK, IRG Secretariat. Stockholm, Sweden, 2002.

VAN ACKER, J.; MILITZ, H.; STEVENS, M. The significance of accelerated laboratory testing methods determining the natural durability of wood. *Holzforschung*, v. 53, n. 5, 1999.

ZABELL, R. A.; MORELL, J. J. Wood microbiology – decay and its preservation. Academic Press Inc., Nova York, 1992.

WONG, A. A. H.; KIM, Y. S.; SING, A. O.; LING, W. C. Natural durability of tropical species with emphasis on Malaysian hardwoods – variations and prospects. In: International Research Group on Wood Protection: 36th Annual Meeting Bangalore, India, IRG Secretariat. Stockholm, Sweden. p.33. 2005.