

Caracterização de propriedades tecnológicas de três folhosas deterioradas por térmitas

Three hardwoods technological properties characterization deteriorated by termites

Ezequiel Gallio¹, Paula Zanatta¹, Sabrina Finatto Machado¹,
Rafael Beltrame¹, Darci Alberto Gatto¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

e-mail: egeng.florestal@gmail.com; zanatta_paula@hotmail.com; sabrinamfinatto@gmail.com; beltrame.rafael@yahoo.com.br; darcigatto@yahoo.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar as propriedades tecnológicas das espécies florestais *Corymbia maculata*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*, e verificar as modificações nas características destas madeiras após ensaio de preferência alimentar com térmitas *Nasutitermes*. O ensaio de preferência alimentar foi conduzido através da norma ASTM D 3345 (2008) adaptada, avaliando a perda de massa e as propriedades mecânicas no fim do período correspondente. Para obtenção dos resultados, fez-se análise da massa específica básica (μ_{EB}), com o auxílio da norma ASTM D 143 (2014), dureza Janka nos planos tangencial e radial e o módulo de elasticidade (E_C) e resistência à compressão (F_C), obtidos pelo ensaio de compressão paralela às fibras, antes e após o ataque de térmitas. Acerca das propriedades tecnológicas, verificou-se que a espécie *Corymbia maculata* apresentou a maior μ_{EB} (0,674g/cm³) e resistência mecânica, com os maiores valores de dureza Janka em ambos os planos anatômicos (tangencial = 664,6kgf/cm²; radial = 593,8kgf/cm²) e parâmetros relacionados à compressão paralela às fibras (E_C = 294.873kgf/cm²; F_C = 667,7 kgf/cm²). Após o ensaio com térmitas *Nasutitermes*, a maior perda de massa foi observada na espécie *Eucalyptus dunnii*, indicando assim a sua preferência alimentar. Estes ocasionaram decréscimos não significativos nas propriedades mecânicas, quando comparada às mensuradas antes do ensaio de preferência alimentar. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a deterioração das madeiras por *Nasutitermes*, em conjunto com as características anatômicas, ocasionaram variações nas propriedades tecnológicas analisadas, contudo, as espécies *Eucalyptus saligna* e *Corymbia maculata* mostraram resistência natural elevada em relação aos cupins.

Palavras-chave: preferência alimentar; *Nasutitermes*; deterioração da madeira; propriedades mecânicas.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine technological properties of *Corymbia maculata*, *Eucalyptus dunnii* and *Eucalyptus saligna* forest species, and to verify the changes in the characteristics of these Woods after food preference assay with *Nasutitermes* termites. The food preference assay was conducted through of the standard ASTM D 3345 (2008) adapted, evaluating the mass loss and mechanical properties at the end of the corresponding period. To obtain the results, the basic specific mass (μ_{EB}) was analyzed, with the aid of standard ASTM D 143 (2014), Janka hardness in the tangential and radial planes and the elasticity modulus (E_C) and compression resistance (F_C), both obtained by the compression parallel to grain test, before and after the termites attack. About the technological properties, it was verified that the *Corymbia maculata* species had the highest μ_{EB} (0.674 g/cm³) and mechanical resistance, with the highest values of Janka hardness in both anatomical planes (tangential = 664.6 kgf/cm², radial = 593.8 kgf/cm²) and parameters related to compression parallel to grain (E_C = 294.873 kgf/cm², F_C = 667.7 kgf/cm²). After the *Nasutitermes* termites test, the greatest mass loss was observed in the *Eucalyptus dunnii* species, thus indicating its food preference. These caused insignificant decreases in the mechanical properties, when compared to those measured before the food preference assay. From the results obtained, it is concluded that the wood deterioration by *Na-*

sutitermes, together with the anatomical characteristics, caused variations in the technological properties analyzed, however, the species *Eucalyptus saligna* and *Corymbia maculata* showed high natural resistance in relation to the termites.

Keywords: food preference; *Nasutitermes*; wood deterioration; mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é considerada um material orgânico suscetível a deterioração, que pode ser causada por agentes bióticos e abióticos, e dependendo das condições, pode sofrer diferentes níveis de danos. A consequente redução dos parâmetros relacionados à qualidade desse material em função da alteração das propriedades intrínsecas provocada por esses agentes ocasionam grandes prejuízos sociais e econômicos, que levam a substituição e reposição dessas peças.

Quando a madeira está em contato com o solo ou em diferentes teores de umidade, os cupins ou térmitas recebem destaque significativo, pois apresentam facilidade de desenvolvimento quando em condições favoráveis [1] e causam consideráveis danos a madeira. Em especial, os cupins do gênero *Nasutitermes* apresenta grande diversidade de espécies, com ampla distribuição geográfica e atacam diferentes classes de madeira [2].

A resistência natural da madeira em relação a deterioração causada por organismos xilófagos varia entre as espécies florestais e isto depende das propriedades que estas apresentam [3]. Assim, por meio de estudos prévios que utilizam ensaios de preferência alimentar destes insetos, é possível verificar a suscetibilidade que a madeira apresenta à biodeterioração e as possíveis alterações do ataque causado às propriedades tecnológicas desta, as quais possuem relação direta com a qualidade do produto. Com isso, há embasamento científico para selecionar espécies de maior durabilidade e que se adaptam a condições determinadas, acarretando em redução de custos com tratamentos preservantes.

Dentre as madeiras comercializadas, os gêneros *Corymbia* e *Eucalyptus* recebem uma atenção especial do setor madeireiro nacional em função do fornecimento de matéria-prima para a fabricação de produtos [4]. Isto se deve a elevada produtividade em curto espaço de tempo e em diferentes condições climáticas, além da qualidade e boa forma [5].

A empregabilidade dessas madeiras é destinada para diversas finalidades, tais como, produção de celulose e papel, carvão vegetal, lenha e até mesmo madeira sólida [6]. Contudo, visando a utilização racional e adequada dessas espécies, faz-se necessário o conhecimento das suas propriedades tecnológicas [7]. LOGSDON *et al.* [8] descrevem que a utilização da madeira para fins estruturais necessita um prévio conhecimento das propriedades mecânicas para a recomendação da espécie adequada.

Através do exposto acima, o objetivo deste estudo foi efetuar a caracterização de propriedades tecnológicas das espécies *Corymbia maculata*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*, pertencentes à família Myrtaceae, e analisar a influência da deterioração causada pelo ataque de térmitas do gênero *Nasutitermes*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material utilizado

As madeiras utilizadas para o estudo foram *Corymbia maculata*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus saligna*, 22, 28 e 22 anos de idade, respectivamente, e a espécie *Pinus elliottii* (com aproximadamente 15 anos de idade), que serviu de referência no ensaio de preferência alimentar com térmitas aplicado.

Para tanto, a partir das tábuas das referidas espécies, confeccionaram-se corpos de prova com dimensões de 2,0 x 2,0 x 15,0cm (tangencial x radial x longitudinal). Após dimensionados, os mesmos ficaram acondicionados em sala climatizada controlada (20°C de temperatura e 65% de umidade relativa do ar) até que atingissem equilíbrio higroscópico de 12% de umidade. Após estabilizados, os parâmetros de massa e volume iniciais foram adquiridos, por meio do uso de uma balança de precisão de $\pm 0,01$ g e paquímetro digital.

2.2 Ensaio de preferência alimentar

No ensaio de preferência alimentar, empregaram-se térmitas do gênero *Nasutitermes* sp. O ensaio de biodeterioração foi conduzido conforme adaptação da norma ASTM D 3345 [9], em uma caixa da água de capacidade volumétrica de 2.000 litros, preenchida com uma camada de 15cm de areia, a qual foi periodicamente umedecida com água, permitindo um ambiente favorável ao desenvolvimento dos cupins, como o demons-

trado na Figura 1.



Figura 1: Experimento com térmitas *Nasutitermes* e disposição dos corpos de prova.

Os corpos de prova das diferentes espécies citadas acima, ficaram expostos à deterioração por um período de 40 dias. Na sequência do experimento, utilizando um pincel, removeu-se de maneira cuidadosa o substrato (areia) e os cupins remanescentes nos corpos de prova. Em seguida, encaminhou-se os mesmos até a sala climatizada controlada que atingissem umidade de equilíbrio de 12%, o que possibilitou a determinação da perda de massa e avaliação das alterações das demais propriedades tecnológicas de interesse.

2.3 Propriedades tecnológicas antes e após o ataque de térmitas

Antes do ensaio de biodeterioração, determinou-se a massa específica básica (μ_{EB}) das madeiras estudadas. Para tanto, determinou-se as dimensões dos corpos de prova em estado saturado de umidade, as quais possibilitaram obter as dimensões e volume saturado, pelo método estereométrico.

Sequencialmente, com o auxílio de uma estufa laboratorial (ajustada à $103\pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura), secaram-se as amostras até a estabilização da massa. Essas etapas e o emprego da Equação 1 abaixo possibilitaram a determinação da propriedade física de interesse.

$$\mu_{EB} = M_0 / V_S \quad (1)$$

Em que: μ_{EB} = massa específica básica (g/cm^3); M_0 = massa da amostra seca em estufa à $103\pm 2^\circ\text{C}$ (g); V_S = volume da amostra em condição saturada de umidade (cm^3).

Em referência as propriedades mecânicas, os parâmetros de resistência à compressão (F_C) e a módulo de elasticidade (E_C) pelo ensaio de compressão paralela às fibras, e dureza Janka nos planos radial e tangencial, foram determinados com base na adaptação da norma ASTM D 143 [10] antes e após o ataque das térmitas. Os parâmetros de interesse foram obtidos em uma máquina universal de ensaios (EMIC), equipada com célula de carga de 300kN e sistema de aquisição de dados computadorizado.

Por fim, avaliou-se a influência da deterioração causada pelo ataque de térmitas do gênero *Nasutitermes* nas madeiras de *Corymbia maculata*, *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus saligna* por meio da determinação da perda de massa (PM), conforme a Equação 2.

$$PM = (M_1 - M_2) / M_1 * 100 \quad (2)$$

Em que: PM = perda de massa da madeira após o ataque de térmitas (%); M_1 = massa da amostra antes do ensaio (g); M_2 = massa da amostra após o ensaio (g);

2.4 Análises estatísticas dos dados

Visando a obtenção da homogeneidade das variâncias dos dados, transformaram-se os valores percentuais de perda de massa em $\text{Arcsen} \sqrt{PM/100}$, conforme sugestão de STEELL e TORRIE [11]. Após, utilizando-se o software Statgraphics, submetem-se os valores médios de parâmetros tecnológicos de interesse à análise da variância e posterior teste de comparação de médias pelo teste LSD Fisher, com 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades físicas e mecânicas das madeiras

Na Tabela 1 verifica-se a existência de diferença significativa entre as massas específicas básicas (μ_{EB}) das três espécies florestais. O maior valor de massa específica foi encontrado para a madeira de *Corymbia maculata*, contudo, inferior ao encontrado por MARTINS *et al.* [12], com idade superior a 30 anos (0,805g/cm³).

Para as madeiras de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*, o valor de μ_{EB} é semelhante e superior ao verificado por BATISTA *et al.* [13] em seus estudos com clones de 11 anos de idade para as referidas espécies (0,56g/cm³ e 0,46g/cm³, respectivamente). Considerando a classificação proposta por CARVALHO [14], a *Corymbia maculata* enquadra-se como uma madeira moderadamente pesada (0,65 – 0,79g/cm³), enquanto as espécies de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna*, ambas inserem-se na classe de madeiras leves (0,50 – 0,64g/cm²).

Tabela 1: Resumo estatístico e valores médios para a massa específica básica das espécies florestais estudadas.

Espécie	μ_{EB} (g/cm ³)
<i>Corymbia maculata</i>	0,674 (0,021) a
<i>Eucalyptus dunnii</i>	0,573 (0,048) c
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,632 (0,019) b
CV (%)	8,21
F	24,58*

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão (g/cm³). Médias nas colunas acompanhadas de mesma letra não diferem entre si, conforme teste LSD Fisher, em 5% de probabilidade de erro. * = difere estatisticamente (P < 0,05); ^{ns} = não difere estatisticamente (P > 0,05);

Além da idade, parâmetros anatômicos como tipo de lenho (inicial ou tardio), posição no fuste, porosidade e dimensões das fibras podem influenciar na massa específica da madeira, no que tange a mesma ou diferentes espécies florestais. TREVISAN *et al.* [15] complementam que essa propriedade física (μ_{EB}) correlaciona-se diretamente com a maioria das propriedades mecânicas da madeira, enquanto MATTOS *et al.* [16] ressaltaram a importância do conhecimento acerca da μ_{EB} , pois a mesma está diretamente atrelada com a qualidade da madeira.

Logo, na Tabela 2, verifica-se a ausência de diferenças significativas para os parâmetros de resistência à compressão (F_C) e módulo de elasticidade (E_C), sendo os maiores valores encontrados na espécie *Corymbia maculata*. Para madeiras de diferentes híbridos de *Eucalyptus* com menos de 10 anos de idade, SANTOS *et al.* [17] encontraram valores de resistência à compressão que variavam em uma faixa de 384,5kgf/cm² à 549,2kgf/cm², considerando μ_{EB} de 0,638g/cm³ e 0,753g/cm³.

Tabela 2: Resumo estatístico e valores médios para os parâmetros dos ensaios de compressão paralela às fibras e dureza Janka das espécies florestais estudadas.

Compressão Paralela às Fibras		
Espécie	F_C (kgf/cm ²)	E_C (kgf/cm ²)
<i>Corymbia maculata</i>	667,7 (128,2) a	294.873,0 (40.850,5) a
<i>Eucalyptus dunnii</i>	450,2 (193,2) a	262.507,0 (15.633,2) a
<i>Eucalyptus saligna</i>	627,2 (71,2) a	228.127,0 (55.186,7) a
CV (%)	25,73	18,54
F	2,34 ^{ns}	2,08 ^{ns}
Dureza Janka		
Espécie	Tangencial (kgf/cm ²)	Radial (kgf/cm ²)
<i>Corymbia maculata</i>	664,6 (80,68) a	593,8 (65,50) a
<i>Eucalyptus dunnii</i>	483,1 (19,87) b	499,5 (41,13) b
<i>Eucalyptus saligna</i>	615,2 (30,72) a	506,5 (38,78) b
CV (%)	15,82	12,27
F	15,54*	6,59*

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão (kgf/cm²). Médias nas colunas acompanhadas de mesma letra não diferem entre si, conforme teste LSD Fisher, em 5% de probabilidade de erro. * = difere estatisticamente (P < 0,05); ^{ns} = não difere estatisticamente (P > 0,05);

Um fato que pode justificar a menor resistência à compressão dos autores supracitados em relação ao determinado no presente estudo pode estar relacionado a idade da árvore, uma vez que, a madeira dos híbridos de *Eucalyptus* eram constituídos basicamente de lenho juvenil, enquanto as espécies deste estudo são consideradas de lenho adulto.

Ainda de acordo com a Tabela 2, nota-se a existência de diferenças significativas na dureza Janka nos dois planos (tangencial e radial), e a espécie *Corymbia maculata* apresentou os maiores valores de dureza, independente do plano anatômico. Considerando essa propriedade, e a classificação proposta por CARVALHO [14], pode-se enquadrar as espécies *Corymbia maculata* e *Eucalyptus saligna* como madeiras de alta dureza (500 à 700kgf/cm²), enquanto o *Eucalyptus dunnii* encontra-se inserido na classe de madeiras com dureza média (300 à 500kgf/cm²).

Analisando madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* com 17 anos de idade, GONÇALEZ *et al.* [18] obtiveram valores de dureza Janka perpendicular de 531kgf e 1.133kgf, respectivamente. Já ARAÚJO *et al.* [19], estudando madeiras de *Eucalyptus* sp., determinaram uma dureza Janka de aproximadamente 639,4kgf/cm².

Quanto a diferença de dureza nos dois planos anatômicos possivelmente está associada à localização da penetração da esfera (no tangencial a aplicação da carga ocorre sobre o lenho tardio, enquanto no plano radial, pode ocorrer penetração da esfera sobre o lenho tardio ou entre dois consecutivos), a qual acaba influenciando na carga aplicada pelo equipamento para realizar a penetração da esfera.

Em síntese, os maiores valores de dureza Janka e parâmetros relacionados à compressão paralela às fibras (F_C e E_C) possivelmente estão associados à elevada massa específica dessa espécie, em comparação com as outras duas, indicando que esta propriedade física em específico pode ser considerada um indicativo satisfatório a fim de verificar a qualidade da madeira.

3.2 Caracterização tecnológica das madeiras deterioradas por térmitas

Observa-se a existência de diferenças significativas para a perda de massa (PM) das espécies estudadas (Tabela 3). A espécie com maior índice de deterioração pela ação de térmitas *Nasutitermes* sp. foi o *Eucalyptus dunnii*, sendo que o *Eucalyptus saligna* e a *Corymbia maculata* apresentaram baixa deterioração, não diferindo significativamente. Quanto a espécie utilizada como padrão de comparação, PAES *et al.* [20] e ALENCAR *et al.* [21] obtiveram perdas de massa de 4,54% e 3,78%, respectivamente, para a madeira de *Pinus* sp submetida ao ataque de *Nasutitermes corniger*, portanto, ambas inferiores ao encontrado.

Tabela 3: Resumo estatístico e valores percentuais médios de perda de massa das espécies deterioradas por térmitas *Nasutitermes* sp.

Espécie	Perda de massa – PM (%)
<i>Pinus elliottii</i> **	7,31
<i>Corymbia maculata</i>	5,81 (4,21) a
<i>Eucalyptusdunnii</i>	17,21 (5,41) b
<i>Eucalyptus saligna</i>	3,68 (0,64) a
CV (%)	79,51
F	59,78*

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão (%). Médias acompanhadas de mesma letra não diferem entre si, conforme teste LSD Fisher, em 5% de probabilidade de erro. * = difere estatisticamente (P < 0,05); ^{ns} = não difere estatisticamente (P > 0,05); ** : espécie de referência utilizada no ensaio, conforme recomendação da norma ASTM D 3345 (2008).

Em ensaio de laboratório com térmitas do mesmo gênero, STALLBAUN *et al.* [2] obtiveram uma perda de massa de aproximadamente 1,22% para a madeira de *Sclerolobium paniculatum*, enquanto PAES *et al.* [22], submetendo cinco espécies florestais ao ensaio de preferência alimentar com *Nasutitermes corniger* obtiveram perdas de massa médias de: 39,76% (*Acacia mangium*); 17,82% (*Casuarina* sp.); 22,26% (*Eucalyptus cloeziana*); 13,55% (*Tectona grandis*); 22,73% (*Corymbia torelliana*), comprovando a variabilidade dos hábitos alimentares de térmitas em função de diferentes espécies.

Além de parâmetros como massa específica e porosidade da madeira, OLIVEIRA *et al.* [3] argumentaram que a composição química tem papel fundamental na durabilidade natural da mesma, principalmente pela quantidade e qualidade dos extrativos ou compostos secundários da madeira. Isso permite inferir que as menores perdas de massa encontradas para as espécies de *Eucalyptus saligna* e *Corymbia maculata* possivelmente estão associadas à massa específica e composição dos extrativos.

A Tabela 4 mostra que não há diferença significativa entre as médias dos tratamentos do grupo controle e deterioradas por térmitas *Nasutitermes*, para os parâmetros de resistência à compressão (F_C) e módulo de elasticidade (E_C), para todas as folhosas. Observou-se redução no parâmetro F_C para todas as espécies (2,83% - *Corymbia maculata*; 5,82% - *Eucalyptus dunnii*; 7,84% - *Eucalyptus saligna*). Já para o E_C , obteve-se um aumento de 5,75% para a *Corymbia maculata*, e decréscimo para o *Eucalyptus dunnii* (1,76%) e *Eucalyptus saligna* (1,54%).

Tabela 4: Resumo estatístico e valores médios dos parâmetros relacionados ao ensaio de compressão paralela às fibras para as madeiras deterioradas por térmitas.

Resistência à Compressão – F_C (kgf/cm ²)			
Grupo	<i>Corymbia maculata</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
Controle	667,7 (128,2) a	450,2 (193,2) a	627,2 (71,2) a
Deteriorada	648,8 (53,31) a	424,0 (166,6) a	578,0 (69,0) a
CV (%)	12,74	37,66	11,62
F	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Módulo de Elasticidade – E_C (kgf/cm ²)			
Grupo	<i>Corymbia maculata</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
Controle	294.873,0 (40.850,5) a	262.507,0 (15.633,2) a	228.127,0 (55.186,7) a
Deteriorada	311.828,0 (55.054,1) a	257.879,0 (40.872,0) a	224.606,0 (15.281,9) a
CV (%)	15,24	12,36	16,58
F	0,20 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão (kgf/cm²). Médias nas colunas acompanhadas de mesma letra não diferem entre si, conforme teste LSD Fisher, em 5% de probabilidade de erro. * = difere estatisticamente ($P < 0,05$); ^{ns} = não difere estatisticamente ($P > 0,05$);

Na Tabela 5 nota-se a ausência de modificações significativas na dureza Janka, no plano tangencial, das madeiras das três espécies florestais. Enquanto na espécie *Corymbia maculata* ocorreu um aumento (3,55%), o *Eucalyptus dunnii* e o *Eucalyptus saligna* apresentaram redução na dureza (2,40% e 2,61%, respectivamente). Já no plano radial, verifica-se um aumento significativo somente na dureza dos corpos de prova deteriorados em comparação ao grupo controle (22,94%) para a espécie *Eucalyptus saligna*, enquanto para as outras espécies observou-se comportamentos distintos para os tratamentos (aumento de 5,88% para a espécie *Corymbia maculata* e redução de 13,77% para o *Eucalyptus dunnii*).

Tabela 5: Resumo estatístico e valores médios de dureza Janka para as madeiras deterioradas por térmitas.

Plano Longitudinal Tangencial (kgf/cm ²)			
Grupo	<i>Corymbia maculata</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
Controle	664,6 (80,7) a	483,1 (19,9) a	615,2 (30,7) a
Deteriorada	688,2 (78,6) a	471,5 (46,2) a	593,0 (43,8) a
CV (%)	11,46	7,14	6,02
F	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,80 ^{ns}
Plano Longitudinal Radial (kgf/cm ²)			
Grupo	<i>Corymbia maculata</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
Controle	593,8 (62,5) a	499,5 (41,1) a	506,5 (38,8) b
Deteriorada	628,7 (76,9) a	430,7 (78,3) a	622,7 (41,3) a
CV (%)	11,4	14,88	12,74
F	0,87 ^{ns}	3,02 ^{ns}	21,00*

Em que: valores entre parênteses apresentam o desvio padrão (kgf/cm²). Médias nas colunas acompanhadas de mesma letra não diferem entre si, conforme teste LSD Fisher, em 5% de probabilidade de erro. * = difere estatisticamente (P < 0,05); ^{ns} = não difere estatisticamente (P > 0,05);

Essas variações na dureza Janka (planos radial e tangencial) e nos parâmetros relacionados aos módulos de elasticidade e resistência à compressão (compressão paralela às fibras), considerando as madeiras do grupo controle e as que foram deterioradas por térmitas *Nasutitermes*, podem estar associadas com a perda de massa, e consequente degradação dos constituintes primários (celulose, hemicelulose e lignina), quebra de ligações entre os átomos e surgimento de galerias no interior e superfície das madeiras atacadas.

Conforme CORASSA *et al.* [23], a construção de galerias no interior da madeira, devido ao ataque de térmitas, tende a diminuir a resistência mecânica desse material. BRAZ *et al.* [24] relataram que a resistência mecânica da madeira está diretamente correlacionada aos seus teores de lignina e celulose. Logo, se os constituintes químicos são removidos simultaneamente, a madeira tende a sofrer redução na sua resistência mecânica.

Contudo, RODRIGUES *et al.* [25] argumentaram que devido sua complexidade e heterogeneidade, a madeira é passível de sofrer diversas variações em sua estrutura. Portanto, variações nas propriedades tecnológicas (com ênfase nas mecânicas) possivelmente estão associadas a questões anatômicas, as quais podem apresentar variação entre diferentes espécies e indivíduos de uma mesma espécie [26], conforme observado nos ensaios de dureza Janka (plano tangencial e radial) e compressão paralelas às fibras (F_C e E_C).

Assim, estudos que abordem a preferência alimentar de determinadas espécies de térmitas, bem como, análises que a deterioração desses xilófagos causam nas características tecnológicas, anatômicas e na composição química, tornam-se de suma importância para a compreensão do comportamento da madeira. Isso possibilita a seleção de uma espécie florestal adequada e correta utilização desse material, considerando o uso ao qual se destina.

4. CONCLUSÕES

A espécie *Corymbia maculata* possui parâmetros tecnológicos que lhe conferem maior resistência mecânica quando comparada com *Eucalyptus dunnii* e o *Eucalyptus saligna*, estando possivelmente relacionada com a sua maior massa específica básica (μ_{EB}). A espécie que apresentou mais susceptibilidade à deterioração por térmitas *Nasutitermes* sp., devido à preferência alimentar dos mesmos, foi o *Eucalyptus dunnii*, podendo tal fato estar atrelado a sua menor massa específica básica (μ_{EB}), em conjunto com a sua composição química, a qual possui influência direta na resistência à deterioração biológica da madeira.

A deterioração causada por térmitas causou alterações nas variáveis relacionadas ao ensaio de compressão paralela às fibras (resistência à compressão – F_C e módulo de elasticidade – E_C), e na dureza Janka, nos planos anatômicos radial e tangencial.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CMPC Celulose Rio-grandense pela doação das madeiras de *Corymbia maculata*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus saligna* utilizadas na realização deste estudo, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Doutorado.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] MOTTA, J. P., OLIVEIRA, J. T. S., PAES, J. B., *et al.*, “Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório”, *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.8, pp.1393-1398, 2013.
- [2] STALLBAUN, P. H., BARAUNA, E. E. P., PAES, J. B., *et al.*, “Resistência natural da madeira de *Sclerolobium paniculatum* Vogel a cupins em condições de laboratório”, *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 24, 2017.
- [3] OLIVEIRA, J. T. S., SOUZA, L. C., DELLA LUCIA, R. M., *et al.*, “Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira”, *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 29, n. 5, pp. 819-826, 2005.
- [4] HORNBERG, K. F., ELEOTÉRIO, J. R., BAGATTOLLI, T. R., *et al.*, “Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina”, *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 96, pp. 463-471, 2012.

- [5] SOUZA, C. C., MOREIRA, A. A., SCHIMITH, R. S., *et al.*, “Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil – uma revisão bibliográfica”, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 17, n. 4, pp. 409-417, 2007.
- [6] DIAS JÚNIOR, A. F., SANTOS, P. V., PACE, J. H. C., *et al.*, “Caracterização da madeira de quatro espécies florestais para uso em movelaria”, *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 4, n. 1, pp. 93-107, 2013.
- [7] ARAÚJO, B. H. P., SOUZA, M. A. R., NASCIMENTO, H. E. M., *et al.*, “Propriedades físicas da madeira de *Calycophyllum spruceanum* Benth. em função do diâmetro e da posição (base e topo) no fuste”, *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 44, n. 111, pp. 759-768, 2016.
- [8] LOGSDON, N. B., FINGER, Z., ROSA, L. M. “Caracterização da madeira de *Vochysia guianensis* Aubl”, *Engenharia Civil*, n.29, pp. 57-69, 2007.
- [9] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). “Standard test method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to térmites”. *ASTM D 3345 – 74*. West Conshohocke, 2008.
- [10] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). “Standard test methods for small clear specimens of timber”. *ASTM D 143 – 94*. Philadelphia, 2014.
- [11] STEEL, R. G. D., TORRIE, J. H. “*Principles and procedures of statistic: a biometrical approach*”, 2. ed. New York, McGrawHill, 1980. 633 p.
- [12] MARTINS, M., SILVA, J. R. M., LIMA, J. T., *et al.*, “Simulação em uso dos pisos de madeira simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus* sp e *Corymbia maculata*”, *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 1, pp. 151-156, 2013.
- [13] BATISTA, D. C., KLITZKE, R. J., SANTOS, C. V. T. “Massa específica básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*”, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.
- [14] CARVALHO, A. “Madeiras portuguesas, estrutura anatômica, propriedades utilizações”. *Instituto Florestal*, v. 1, 1996.
- [15] TREVISAN, R., HASELEIN, C.R., MELO, R.R., *et al.*, “Variação radial da massa específica básica da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden”, *Floresta*, Curitiba, n.3, pp.553-559, 2008.
- [16] MATTOS, B. D., GATTO, D. A., STANGERLIN, D. M., *et al.*, “Variação áxil da densidade básica da madeira de três espécies gimnospermas”, *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 6, n. 1, p. 121-126, 2011.
- [17] SANTOS, J. A., SANTOS, J., BORRALHO, N., *et al.*, “Caracterização das potencialidades de utilização da madeira de híbridos de eucalipto”. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 16, n. 1, p. 63-81, 2008.
- [18] GONÇALEZ, J. C., BREDA, L. C. S., BARROS, J. F. M., *et al.*, “Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cloeziana* F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira”, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.
- [19] ARAÚJO, S. O., VITAL, B. R., MENDOZA, Z. M. S. H., *et al.*, “Propriedades de madeiras termorretrificadas de *Eucalyptus grandis* e SP”, *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 327-336, 2012.
- [20] PAES, J. B., SOUZA, A. D., LIMA, C. R., *et al.*, “Eficiência dos óleos de Nim e Mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada”, *Cerne*, Lavras, v. 16, n. 1, pp. 105-113, 2010.
- [21] ALENCAR, F. H. H., PAES, J. B., BAKKE, O. A., *et al.*, “Resistência natural da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) a cupins subterrâneos”, *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, n. 1, pp. 57-64, 2011.
- [22] PAES, J. B., GUERRA, S. C. S., SILVA, L. F., *et al.*, “Efeito do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras ao ataque de cupins xilófagos”, *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1259-1269, 2016.
- [23] CORASSA, J. N., PIRES, E. M., ANDRADE NETO, V. R., *et al.*, “Térmitas associados à degradação de cinco espécies florestais em campo de apodrecimento”, *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 21, n. 1, pp. 78-84, 2014.

- [24] BRAZ, R. L., OLIVEIRA, J. T. S., ROSADO, A. M., *et al.*, “Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos”, *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 5, n. 2, pp. 127-137, 2014.
- [25] RODRIGUES, D. A., SILVEIRA, A. P., CASTELLO, P. A. R. “Determinação de propriedades físico-mecânicas da madeira de cinco espécies madeireiras da Amazônia Meridional”, *Scientific Electronic Archives*, v. 7, pp. 52-58, 2014.
- [26] EVANGELISTA, W. V., SILVA, J. C., DELLA LUCIA, R. M., *et al.*, “Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptusurophylla* S.T. Blake no sentido radial e longitudinal”, *Ciência da Madeira*, Pelotas, v. 1, n. 2, pp. 1-19, 2010.