

Efeito do tratamento térmico nas propriedades mecânicas de *Lechythis* sp.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento térmico sobre às propriedades mecânicas da madeira de *Lechythis* sp. no teste de compressão paralela as fibras. Realizou-se três tratamentos, além da testemunha. Após os tratamentos, foram realizados os ensaios de compressão paralela às fibras. O tratamento a 0% de umidade não acarretou em mudanças significativas na resistência mecânica, em relação ao controle (12% de umidade). Já, o tratamento térmico a 90° C ocasionou em acréscimo no módulo de ruptura, mas não influenciando o módulo de elasticidade. Por último, o tratamento a 200° C houve um decréscimo tanto no módulo de ruptura quanto no módulo de elasticidade, devido a maior degradação dos componentes químicos da madeira. Os efeitos provocados pelo tratamento térmico não influenciaram a densidade, porém, ocorreram mudanças nas propriedades mecânicas em função da temperatura e o tempo aplicado.

Palavras chave: Propriedades tecnológicas, Tratamento térmico, Compressão, Temperatura

Effect of the heat treatment on mechanical properties of *Lechythis* sp.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of heat treatment on the mechanical properties of *Lechythis* sp. in the parallel compression test the fibers. It was held three treatments, and the control. After the treatments, compression tests were performed parallel to the fibers. The 0% moisture treatment did not lead to significant changes on mechanical strength, in relation to control (12% moisture). The heat treatment at 90°C caused increase in mechanical strength, but not influencing the modulus of elasticity. The treatment at 200°C had a decrease in the modulus of rupture and modulus of elasticity, because degradation of wood chemical components. The effects caused for heat treatment did not influence the density, however, changes occurred in the mechanical properties depending on the temperature and the time applied.

Key words: Technological properties, Heat treatment, Compression, Temperature

1. INTRODUÇÃO

O tratamento térmico em madeiras resulta na degradação da hemicelulose, o constituinte mais hidrófilo da madeira, e na redução da capacidade da madeira de permutar água com o meio, minimizando os problemas de inchamento e contração (Paula, 2016).

De acordo com Poubel (2011), esse tipo de tratamento acarreta em vários benefícios à madeira, como maior resistência à absorção de água, a menor variação dimensional, menor teor de umidade de equilíbrio e maior durabilidade natural da madeira. Além disso, pode melhorar as características mecânicas da madeira, proporcionando um novo mercado de madeiras (Xavier

2013).

Todavia, o efeito agregado as propriedades tecnológicas da madeira através da termorreificação variam em função da temperatura final do processo, do período do tratamento, da velocidade de aquecimento e das propriedades iniciais da madeira (Araújo et al, 2012).

Com isso, o presente estudo visa avaliar o efeito do tratamento térmico na resistência e rigidez na compressão paralela às fibras da espécie *Lechythis* sp., em diferentes temperaturas e tempos de duração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado foi adquirido em uma serraria localizada no município de Santarém, sendo que suas características anatômicas foram utilizadas para identificação. O material foi desdobrado para obtenção de peças de dimensões de 25 mm x 25 mm x 100 mm, e foi encaminhado para a aclimação até atingir 12% de umidade.

Foram estabelecidos 4 tratamentos, destes, 3 foram levados à estufa a 45° até atingirem 0% de umidade, em seguida 2 deles foram encaminhados para o tratamento térmico. A testemunha (CTL) permaneceu na aclimação a 12% de umidade, o tratamento I foi mantido a 100°C para atingir a 0% de umidade apenas, o tratamento 2 (tratamento II) a 90° C por 72 horas e o tratamento 3 (tratamento III) recebeu tratamento por 8 horas com temperatura de 200° C.

Ao final do tratamento térmico, I, II e III foram colocados no dessecador para resfriamento, posteriormente levados a sala de aclimação com temperaturas de 24 °C e 64 % de umidade, e quando entraram em equilíbrio mediu-se a massa e as dimensões para o ensaio mecânico.

Os ensaios mecânicos de compressão paralela às fibras, foi realizado seguindo as diretrizes da norma D 143-09 (ASTM, 2009), realizados em uma máquina de ensaios universais EMIC modelo DL – 300 KN. Todos os ensaios inerentes a este estudo foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Oeste do Pará – LTM/UFOPA.

As análises estatísticas foram realizadas com o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017). Para atestar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-wilk e para verificar a homogeneidade de variâncias foi aplicado o teste de Bartlett, ambos com nível de significância igual a 5%. Os dados não apresentaram as prerrogativas para realização da análise de variância, portanto, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis a 95% de probabilidade.

3. RESULTADOS

Os dados referentes à densidade aparente a 12% de umidade e aos ensaios de compressão paralela às fibras estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Propriedades físicas e mecânicas de *Lechythis* sp.

Tratamento	Propriedade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	CV%
CTL	$\rho_{12\%}$ (g.cm ⁻³)	0,69	0,02	0,66	0,71	2,21
	f_{c0} (MPa)	62,79	1,71	60,50	66,83	2,72
	E_{c0} (GPa)	9,28	0,61	8,05	10,28	6,54
I	$\rho_{12\%}$ (g.cm ⁻³)	0,57	0,12	0,40	0,69	21,70
	f_{c0} (MPa)	61,64	13,17	42,58	75,89	21,37
	E_{c0} (GPa)	9,05	1,82	6,65	11,22	20,14
II	$\rho_{12\%}$ (g.cm ⁻³)	0,74	0,02	0,70	0,77	3,16
	f_{c0} (MPa)	70,98	3,81	65,47	77,61	5,37
	E_{c0} (GPa)	9,59	0,77	8,30	11,14	8,00
III	$\rho_{12\%}$ (g.cm ⁻³)	0,45	0,02	0,40	0,47	4,60
	f_{c0} (MPa)	50,30	4,99	43,05	57,76	9,92
	E_{c0} (GPa)	7,28	0,58	6,34	8,05	8,01

$\rho_{12\%}$: densidade aparente a 12 %; f_{c0} : resistência na compressão paralelas às fibras; E_{c0} : rigidez na compressão paralela às fibras.

O tratamento I apresentou um f_{c0} e E_{c0} menor que o CTL, porém não diferindo estatisticamente deste. Nota-se para o tratamento I, o coeficiente de variação foi alto comparado aos que passaram pelo tratamento térmico (tratamento II e III), acredita-se que essa alta variação ocorreu porque o tratamento ocasionou mudanças na composição química da madeira.

O tratamento II, por sua vez, proporcionou aumento na resistência e rigidez da madeira de *Lechythis* sp. Todavia, apenas f_{c0} encontrou-se em um grupo estatisticamente diferente dos demais (figura 2a). Em relação a E_{c0} , neste tratamento, notou-se uma redução de 3,31% em relação à testemunha, mas não acarretando em diferença estatística aos demais tratamentos.

Em relação ao tratamento III, notou-se um decréscimo significativo em f_{c0} e E_{c0} , quando comparado aos outros tratamentos e ao tratamento controle (figura 2a e 2b).

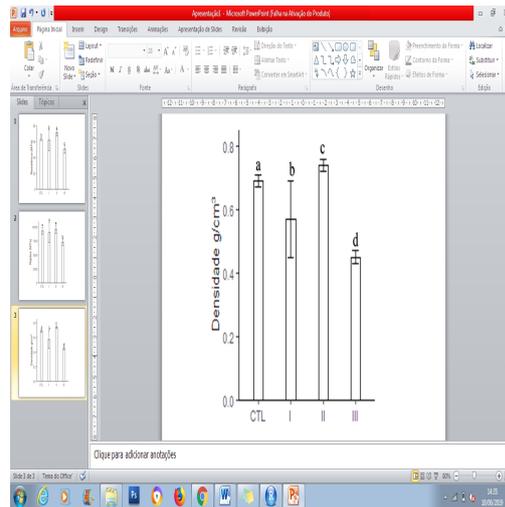


Figura 1: Densidade da madeira nos diferentes tratamentos

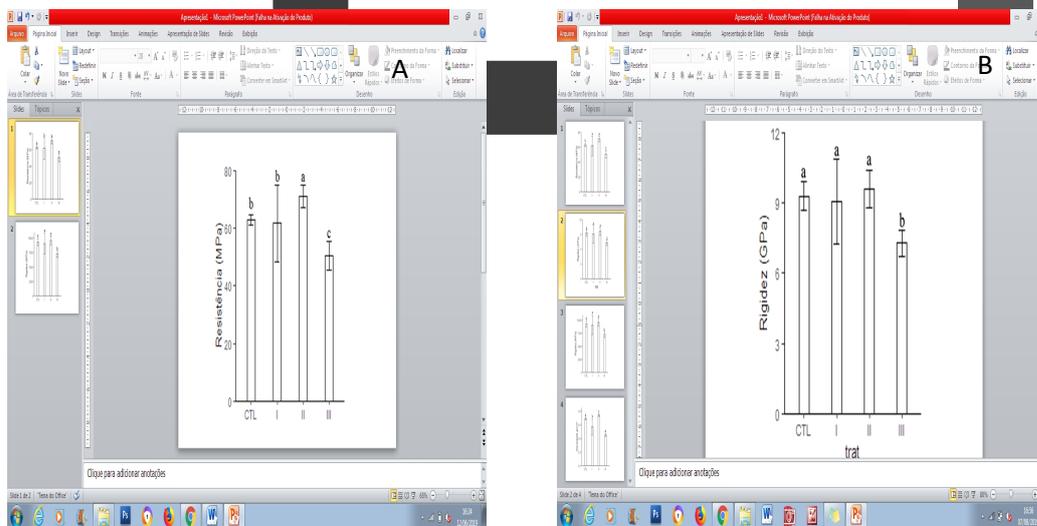


Figura 2: Módulo de ruptura e Módulo de elasticidade na compressão paralelas às fibras nos diferentes tratamentos

4. DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1, que a densidade foi influenciada pelos tratamentos térmicos, de maneira que todos diferiram estatisticamente. O tratamento II apresentou maior densidade em relação aos demais, resultados divergentes ao de Brito et al. (2006), que não observaram efeito significativo da termoretificação na densidade de *Eucalyptus grandis*, quando submetido a temperaturas de 120° C/ 4,8 horas, 140° C/9,6 horas, 160° C/14,4horas, 180° C/19,2 horas e 200 ° C/24 horas. Em contrapartida, Poubel (2011) obteve diferenças estatísticas significativas na densidade após realização de tratamento térmico com temperaturas de 200 °C e 220 °C durante duas horas.

Em um estudo realizado por Batista & Klitzke (2010) verificou-se que o efeito da temperatura foi significativo, enquanto o efeito do tempo foi não significativo, logo, podemos

observar que o tratamento III, devido a temperatura mais elevada, causou diferenças mais acentuadas nas características da madeira, como uma menor densidade, por exemplo.

O aumento de 13,06% na resistência mecânica do tratamento II, em relação à testemunha foi similar ao comportamento encontrado por Juízo et al. (2018), onde os autores encontraram um acréscimo de 20,88% em f_M para o tratamento de madeira de *Eucalyptus sp.*, em temperaturas de 180° C pelo período de 4 horas.

Ferreira et al. (2019), ao avaliar o efeito da termorretificação em madeiras de *Hymenolobium petraeum* Ducke, também não encontrou diferença significativa nos valores médios do E_{M0} nos tratamentos empregados.

A perda na resistência e rigidez em temperaturas maiores, como no tratamento III, pode ter ocorrido devido ao fato de o aumento da temperatura e/ou do tempo de tratamento causar uma redução mais acentuada da hemicelulose e este fato correspondente na perda de resistência da madeira (Mendes et al. 2017), bem como a redução da densidade.

Juízo et al. (2018) também verificaram que conforme aumentaram a temperatura do tratamento térmico, o módulo de ruptura reduzia, corroborando com os resultados do presente estudo, onde o tratamento III resultou em redução de 19,89% da resistência em comparação à testemunha.

O mesmo comportamento foi notado por Silva (2014), que analisou o efeito da termorretificação em madeira de eucalipto em temperaturas de 150° C e 200 ° C por 4 e 3 horas respectivamente, obteve um decréscimo significativo em ambos os tratamentos em relação a testemunha.

Nota-se que o tratamento térmico em menor temperatura apresentou vantagens nas propriedades analisadas, sendo o tratamento com menor gasto energético e maior ganho significativo de resistência, sendo indicado para utilizações que exijam maiores cargas mecânicas.

5. CONCLUSÕES

Os efeitos provocados pelo tratamento térmico na madeira de *Lechythia sp.*, influenciaram significativamente na densidade, e ocasionaram mudanças nas propriedades mecânicas em função da temperatura e o tempo aplicado. Sendo o mais expressivo o de 90°C por 3 horas, para o aumento da densidade e resistência dessa espécie.

6. REFERÊNCIAS

American Society for Testing and Materials. ASTM-D143: Standard methods of testing small clear

specimens of timber, West Conshohocken, 2009.

Araújo OS, Vital BR, Mendoza ZMSH, Vieira TA, Carneiro ACO. Propriedades de madeiras termorretrificadas de *Eucalyptus grandis* e SP. Scientia Forestalis 2012; 40(95): 327-336.

Batista DC, Klitze RJ. Influência do tempo e temperatura de retificação térmica na umidade de equilíbrio da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Scientia Forestalis, 2010; 38(86) 255-261.

Batista, DC. Modificação térmica da madeira de *eucalyptus grandis* em escala industrial pelo processo brasileiro vap HolzSysteme [tese]. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2012.

Brito JO, Garcia JN, Bortoletto Júnior G, Pessas AMC, Silva PHM. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretrificação. Cerne 2006; 12(2): 182-188.

Ferreira MD, Melo RR, Zaque LAM, Stangerlin DM. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de angelim-pedra submetida a tratamento térmico. Tecnologia em Metalúrgica, Materiais e Mineração 2019; 16(1): 3-7.

Juízo CGF, Zen LR, Klitze W, França MC, Cremozi VG, Klitze RJ. Propriedades tecnológicas da madeira de eucalipto submetida ao tratamento térmico. Nativa 2018; 6(5): 537-542.

Modes KS, Santini EJ, Vivian MA, Haselein CR. Efeito da termorretrificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* E *Eucalyptus grandis*. Ciência Florestal 2017; 27(1): 291-302.

Paula ME. Efeito do tratamento térmico em propriedades tecnológicas das madeiras de angelim vermelho (*dinizia excelsa* ducke) e sapucaia (*lecythis pisonis* cambess) [dissertação]. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília; 2016.

Poubel DS. Efeito da termorretrificação nas propriedades tecnológicas Da madeira normal e de compressão de *Pinus caribaea* Morelet [monografia]. Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2011.

Silva EJ. Alteração das propriedades mecânicas, físicas e ópticas da madeira de *Eucalyptus grandis* modificada termicamente [monografia]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2014.

Xavier GS. Influência de Tratamentos Térmicos em duas Propriedades Mecânicas das Madeiras de *Pinus sp.* e *Eucalyptus urograndis*. [monografia].Brasília: Departamento de Engenharia Florestal Universidade de Brasília, 2013.