

TEMPERATURA DE MODIFICAÇÃO TÉRMICA EM ALGUMAS PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE EUCALIPTO

Letícia Nunes Paneque¹, Israel Luiz de Lima^{2*},
Sandra Monteiro Borges Florsheim¹, Massako Nakaoka Sakita¹

SAP 20840 Data envio: 18/10/2018 Data do aceite: 18/12/2018
Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 1, jan./mar., p. 15-21, 2019

RESUMO - A modificação térmica consiste no processo de aplicar calor à madeira em temperaturas inferiores àquelas utilizadas para transformação em carvão. Esta técnica é usada para alterar a coloração, apresentar melhoria na estabilidade dimensional e resistência aos agentes xilófagos, e assim agregar maior valor à madeira. Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da temperatura de modificação térmica em propriedades e características da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Para isto, amostras de madeira foram modificadas termicamente por meio de emprego de temperaturas de 200°C, 220°C, 240°C e 260°C em estufa, durante 1 h e testemunha (controle). A densidade aparente e o diâmetro dos elementos de vaso não são influenciados significativamente pela modificação térmica. A retração volumétrica diminuiu significativamente com o aumento da temperatura. Quanto maior a temperatura da modificação térmica aplicada à madeira, maior é a perda de massa. A densidade aparente da madeira modificada termicamente teve alta correlação com a perda de massa.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis* W. Hill, propriedades físicas, perda de massa, estrutura anatômica.

TEMPERATURE OF THERMAL MODIFICATION IN SOME PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF WOOD *Eucalyptus*

ABSTRACT - Thermal modification consists in the process of applying heat to the wood at temperatures lower than those used for transformation into coal. This technique is used to alter the staining, to improve the dimensional stability and resistance to xylophagous agents, and thus adding greater value to the wood. . Therefore, the aim of this research was to evaluate the effect of temperature of thermal modification on properties and characteristics of *Eucalyptus grandis* W. Hill. wood. For this, wood samples were thermally modified by using temperatures of 200°C, 220°C, 240°C and 260°C for 1 h using an oven and a control treatment. The apparent density and the diameter of the vessel elements are not significantly influenced by the thermal modification. Volumetric shrinkage decreased significantly with increasing temperature. The weight loss increased as a function of temperature of exposure in oven. The apparent density of the thermally modified wood had high correlation with the weight loss.

Keywords: *Eucalyptus grandis* W. Hill, physical properties, mass loss, anatomic structure.

INTRODUÇÃO

O uso da madeira de espécies do gênero *Eucalyptus* L'Héritier pela indústria madeireira vem aumentando no Brasil. No entanto, a madeira de algumas espécies desse gênero pode apresentar características que dificultam a sua utilização industrial. Uma delas seria sua instabilidade dimensional que ocorre em função da umidade relativa. Isto pode acarretar na retração ou inchamento nas peças de madeira em função dessa variação nas suas dimensões (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

A madeira de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill) é considerada como sendo de elevada retratibilidade, o que para certos usos pode ser um fator negativo. Entretanto, isso não limita a sua utilização, desde que sejam tomadas algumas medidas para tentar minimizar esse problema. Uma técnica que pode ser utilizada é o

processo de modificação térmica, sendo estudada no Brasil para melhorar algumas características da madeira (BRITO et al., 2006).

A modificação térmica da madeira é um processo considerado tratamento térmico ou hidrotérmico da madeira. Basicamente, essa técnica consiste em submeter peças de madeira às temperaturas entre 150 a 260°C, com objetivo de promover sensíveis alterações químicas nos polímeros celulose, hemicelulose e lignina, e, assim, obter um material com características diferenciadas comparativamente à madeira em condições normais (JEBRANE et al., 2018).

As características que a madeira modificada termicamente pode apresentar são menor higroscopicidade, maior estabilidade dimensional e melhora na resistência biológica contra os ataques dos agentes xilófagos (KAPLAN et al., 2018).

¹Instituto Florestal, Divisão de Dasonomia, Seção de Madeira e Produtos Florestais. Rua do Horto, 931, Caixa Postal 1322, CEP 01059-970, São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: leticianpaneque@hotmail.com, sandra.florsheim@gmail.com, massako_nakaoka@yahoo.com.br.

²Instituto Florestal, Estação Experimental de Tupi. Rodovia Luiz de Queiroz, km 149, Caixa Postal 339, CEP 13.400-970, Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: limailde@gmail.com. *Autor para correspondência.

No Brasil, os efeitos das modificações térmicas das madeiras vêm sendo pesquisados, em função de seus benefícios terem sido comprovados para muitas espécies de madeira cultivadas na França e Alemanha, onde esse tipo de tratamento tem sido largamente abordado (POUBEL et al., 2015).

As propriedades das madeiras tratadas termicamente apresentam modificações mais significativas com tratamentos acima de 200°C (CADEMARTORIA et al., 2012). Os tratamentos térmicos influenciam diretamente as propriedades físicas da madeira, uma vez que as madeiras termicamente tratadas apresentam médias reduzidas de: umidade de equilíbrio, densidade aparente e variação volumétrica (DIAS JÚNIOR et al., 2015).

Algumas das alterações que ocorrem nas propriedades físicas das madeiras modificadas termicamente, normalmente estão correlacionadas a intensidade da temperatura, tempo de duração e alterações químicas que podem ocorrer durante o processo (JEBRENE et al., 2018). A modificação térmica pode ser uma maneira de substituir o uso de produtos químicos para proteger a madeira de biodegradação e, ao mesmo tempo, modificar as propriedades físicas do material (CADEMARTORI et al., 2012).

A madeira serrada para ser utilizada industrialmente deve, preferencialmente, ter alta estabilidade dimensional, boa densidade e resistência mecânica. Portanto, é necessário no processo de modificações térmicas encontrar o ponto ótimo entre a melhoria das propriedades físicas e redução mínima na resistência mecânica da madeira (CARVALHO et al., 2017).

Batista et al. (2015) estudando o efeito da modificação térmica nas estruturas dos tecidos fibrosos da madeira de eucalipto, constataram que temperaturas de 140, 160 e 180°C não causaram modificações significativas nas estruturas dos tecidos fibrosos e parenquimatosos. Entretanto, dependendo do tipo de alterações que possam ocorrer nas estruturas dos tecidos, poderia influenciar a resistência mecânica da madeira. Nesse sentido, o tratamento térmico da madeira surge, como alternativa para diversificar a utilização das madeiras de eucalipto, ampliando seu potencial econômico (MODES et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da temperatura de modificação térmica em propriedades e características da madeira de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar o efeito da temperatura no processo de modificação térmica foram utilizadas amostras de madeira de três árvores de eucalipto, com 21 anos de idade, oriundas da região de Lençóis Paulista, São Paulo, sob coordenadas geográficas de 22°35'46"S e 48°48'40"O, altitude média de 523 m, temperatura média anual de 20,4°C e precipitação anual média de 1.211 mm. O solo local é classificado com latossolo vermelho amarelo, de textura média e o clima, segundo a

classificação de Köppen é tipo *Cfa*, subtropical úmido e com verões quentes (IPEF, 2018).

Da base de cada árvore selecionada foi retirada uma tora de 1,70 m. Estas foram desdobradas e tomadas uma prancha central, e, na sequência, retiraram-se peças de 43 cm de comprimento. Destas foram obtidos sarrafos com dimensões de 4,0 x 4,0 x 43,0 (cm) e corpos de prova com 2,0 x 2,0 x 3,0 (cm). Imediatamente após a obtenção dos materiais, estes foram enviados ao Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira do Instituto Florestal de São Paulo. Os corpos de prova passaram por modificação térmica, por meio de temperaturas de 200°C, 220°C, 240°C e 260°C, em estufa de circulação de ar, durante 1 h. Para a avaliação das propriedades e características da madeira foram utilizados 50 corpos de provas, sendo 10 por tratamento e mais 10 utilizados como controle. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado.

Após o processo de modificação térmica foram determinadas a densidade aparente, perda de massa, retratibilidade e diâmetro dos elementos de vaso das amostras das madeiras.

A perda de massa (PM) foi obtida utilizando-se a equação 1:

$$P = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_2} \right) 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

P = perda de massa (%),

M₁ = massa da madeira antes da modificação térmica (g) e

M₂ = massa da madeira após modificação térmica (g).

A densidade aparente (ρ_a) foi obtida utilizando a equação 2, segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997):

$$\rho_a = \frac{M}{V} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

M = massa da amostra em (g) e

V = volume da madeira (cm³).

A retração volumétrica (ε_v) foi obtida utilizando a equação 3, sendo determinada em função das dimensões do corpo de prova nos estados saturado e seco, segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997):

$$\varepsilon_v = \left(\frac{V_u - V_s}{V_u} \right) 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

ε_v = retração volumétrica (%),

V_u = volume do corpo de prova em estado saturado (cm³) e

V_s = volume do corpo de prova em estado seco (cm³).

Diâmetro dos elementos de vaso

Após o resfriamento das amostras retiradas da estufa nas diferentes temperaturas, cada corpo de prova foi polido no plano transversal, posteriormente, levado sob lupa trinocular (marca Olympus SZ60), para obtenção das imagens. De posse dessas imagens foram medidas as dimensões do diâmetro dos elementos de vasos, com auxílio do programa Image Pro-Plus Express. De cada corpo de prova foram mensurados 25 diâmetros dos elementos de vasos, totalizando 250 por tratamento.

Na avaliação do experimento aplicou-se inicialmente o teste de Hartley para verificar a homogeneidade de variância. Com a homogeneidade dos dados, realizou-se a análise de variância e o teste de

Tukey, a 5% de probabilidade de erro, para comparação das médias. Realizou-se também a correlação entre as variáveis estudadas, determinando o coeficiente de correlação linear de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, pode-se verificar o efeito da modificação térmica a 260°C na coloração da madeira de eucalipto, ficando nítido o escurecimento após a modificação térmica. Isto ocorre devido às temperaturas mais elevadas provocarem uma aceleração da degradação dos extrativos e hemiceluloses, o que torna a madeira mais escura (ZANUNCIO et al., 2014).

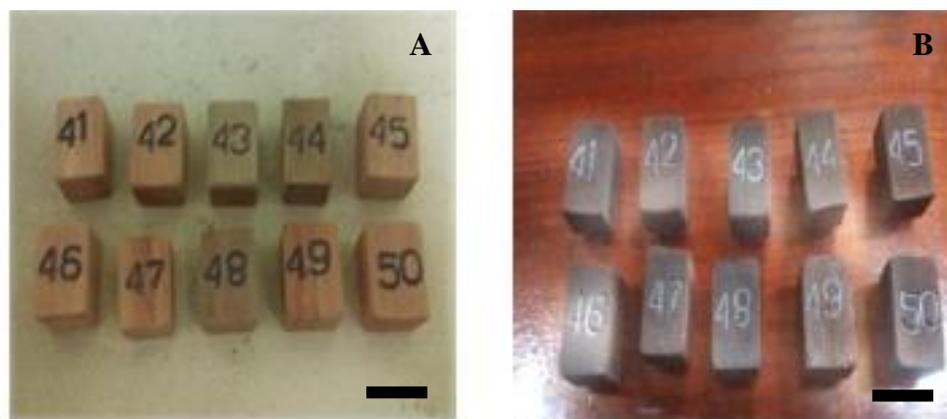


FIGURA 1 - Madeira de eucalipto antes da modificação térmica a 260°C (A) e depois (B). Barras = 7 mm (A) e 6 mm (B).

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância da densidade aparente (ρ_a), perda de massa (PM), diâmetro de elementos de vaso (DV) e retração volumétrica (ϵ_v). Pode-se observar que, os efeitos das temperaturas de modificação térmica foram significativos

a 1% de probabilidade de erro para a perda de massa e retração volumétrica. Porém, a ρ_a e DV não foram influenciados significativamente em função da modificação térmica (Tabela 1).

TABELA 1 - Resumo da análise da variância para densidade aparente (ρ_a), perda de massa (PM), diâmetro de vaso (DV) e retração volumétrica (ϵ_v).

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		ρ_a (g cm ⁻³)	PM (%)	DV (μ m)	(ϵ_v) (%)
TMT	4	146,30 ^{n.s.}	605,34 ^{**}	662 ^{n.s.}	146,33 ^{**}
Resíduo	45	12889	9,16	360	7,83
Médias		541,41	9,58	96,67	11,45
CV (%)		15,35	31,69	19,65	24,45

TMT = temperatura de modificação térmica, n.s. = não significativo, * = significativo a 5% de probabilidade de erro, ** = significativo a 1% de probabilidade de erro e CV = coeficiente de variação.

Constatou-se, então, que o processo de modificação térmica não exerceu influências significativas nas densidades aparentes das madeiras (Tabela 1; Figura 2A). Apesar de não ter sido significativa, verificou-se uma tendência de redução da densidade aparente das amostras modificadas termicamente (Figura 2A). Isso ocorreu devido ao fato das temperaturas (ou período de 1h) utilizadas no tratamento não terem sido suficientes, ao ponto de alterar significativamente a densidade da madeira.

Brito et al. (2006) verificaram em amostras de madeira de eucalipto que, as modificações térmicas tiveram pouca influência no valor da densidade dessa espécie. Entretanto, os autores observaram uma elevação da densidade da madeira, com o aumento da temperatura. O mesmo fora afirmado por Cademartori et al. (2015), em estudos sobre a densidade da madeira de eucalipto em função da modificação térmica. Porém, Calonego et al. (2015) observaram que o tratamento térmico em madeira

de eucalipto produziu um decréscimo de 6,8% na densidade aparente a nenhuma umidade no lenho adulto.

Para a perda de massa verifica-se que à medida que aumenta a temperatura ocorre uma diminuição na massa das amostras (Figura 2B). Entretanto, essa perda foi mais relevante com temperaturas acima de 220°C. Brito et al. (2006) observaram essa mesma tendência em madeiras de eucalipto, em temperatura de 200°C.

De acordo com Pertuzatti et. al. (2018), a perda de massa ocorre mais significativamente quando a temperatura atinge em torno de 180°C, devido, principalmente a degradação da hemicelulose. Os mesmos autores destacam ainda, que o tempo de exposição da

madeira no processo da modificação térmica tem forte influência na perda de massa. Constando isto, pode-se afirmar que, de acordo com as fases da pirólise, apesar de ocorrer o aumento da ação do calor, este acontecimento pode não ser suficiente para provocar uma perda de massa mais significativa, na mesma proporção que ocorre a redução no volume da madeira.

De acordo com Poubel et al. (2015), essa perda de massa das madeiras modificadas termicamente pode influenciar na resistência mecânica, que é um fator primordial que poderia afetar determinadas aplicações da madeira, principalmente se ocorrer perda na resistência da mesma.

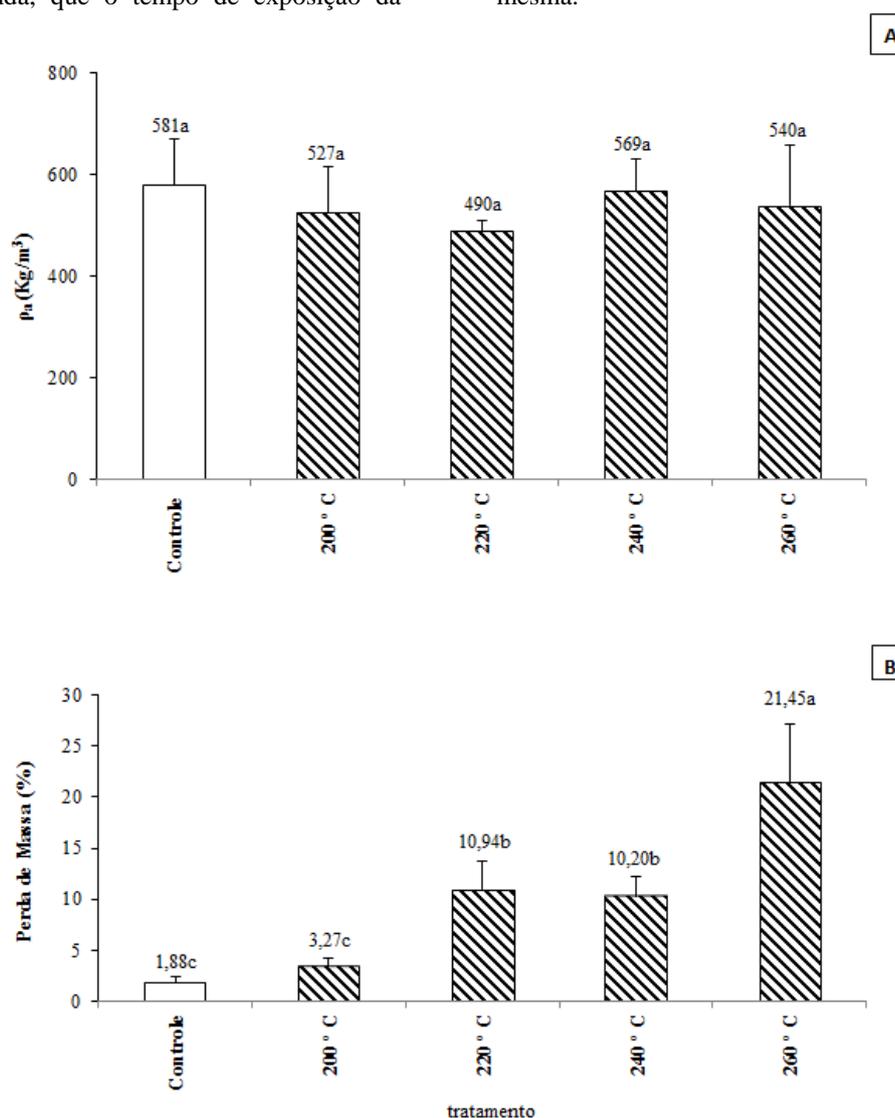


FIGURA 2 - Densidade aparente (pa) e perda de massa (PM) de madeiras de eucalipto após a modificação térmica.

A retração volumétrica foi reduzida significativamente em função da modificação térmica, a partir da temperatura de 220°C, e se manteve estável a partir desse ponto (Figura 3A). Essa ocorrência é importante, e deve ser considerada no uso da madeira que requer boa instabilidade dimensional, como por exemplo, na indústria de piso, portas, janelas e móveis.

Menezes et al. (2014) evidenciaram o efeito marcante do tratamento térmico com maiores temperaturas nas propriedades físicas, principalmente na estabilidade dimensional da madeira. Isso ocorre devido à modificação térmica reduzir a higroscopicidade da madeira através da degradação da hemicelulose, diminuindo então, a capacidade da madeira de trocar água com o meio, o que minimiza o efeito da retração da madeira (QUIRINO;

VALE, 2002). Cademartori et al. (2015) verificaram para *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* uma melhora na estabilidade dimensional da madeira em função da modificação térmica, porém com perda de resistência mecânica.

Huller et al. (2017) em estudo com *Eucalyptus cloeziana* F. Muell observaram que, tratamentos térmicos apresentaram alterações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de todos os ensaios avaliados, sendo que a maior temperatura utilizada no processo (210°C) proporcionou maior influência. As modificações foram positivas no que tange o coeficiente anisotrópico e

inchamentos, proporcionando melhores desempenhos. Porém, observou-se redução da resistência máxima da madeira ao impacto, devido à ação do calor.

Apesar de ter ocorrido uma tendência de diminuição do diâmetro de elemento de vaso, em função do aumento das temperaturas de modificação térmica, o mesmo não foi alterado significativamente (Figura 3B). Isto, ocorreu provavelmente devido às temperaturas e/ou ao tempo de exposição, durante o processo de modificação térmica, não terem sido suficientes para afetar as dimensões dos elementos de vaso.

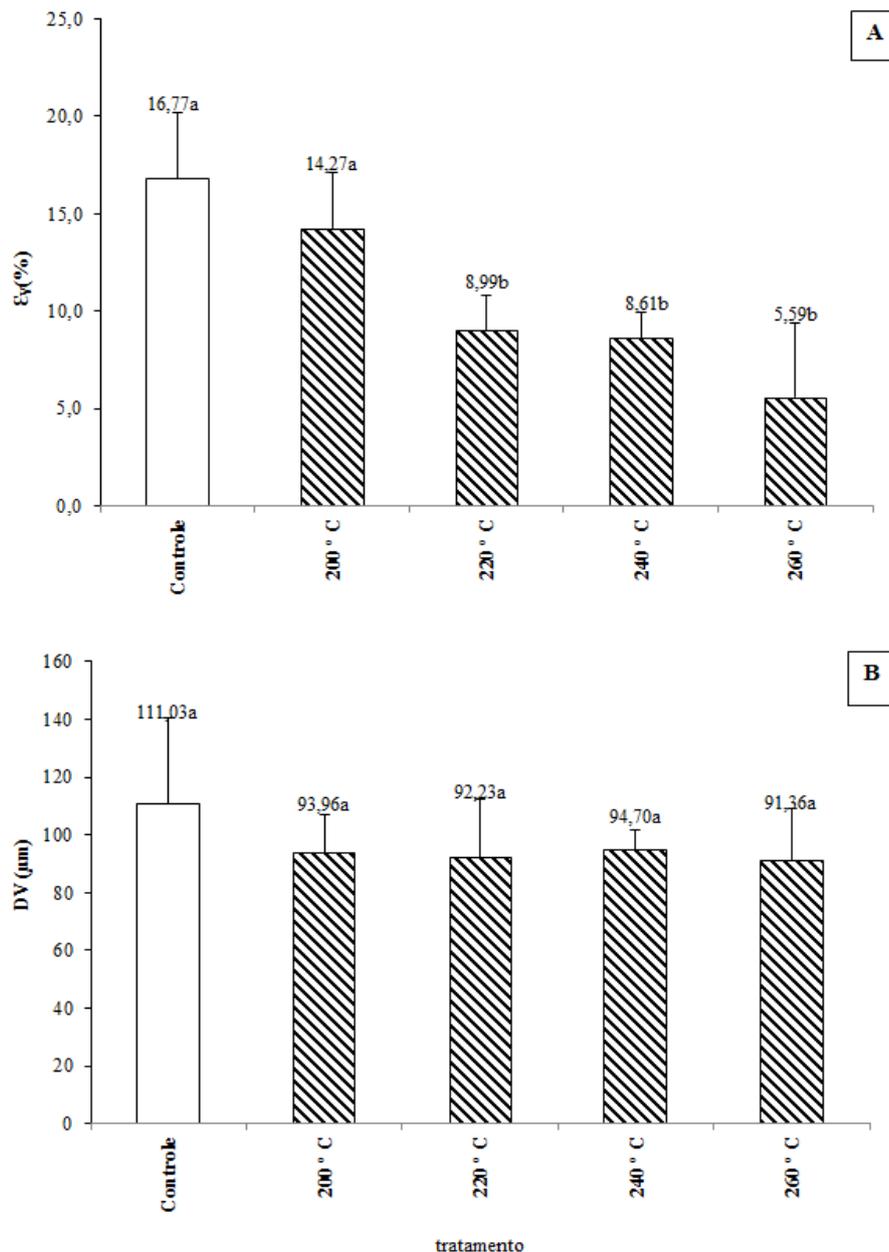


FIGURA 3 - Retração volumétrica (ϵ_v) e diâmetro de vaso (DV) de madeira de eucalipto, após a modificação térmica.

Muñiz et al. (2012), estudando a *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (fabaceae), compararam as dimensões dos elementos de vasos entre a madeira e o

carvão e verificaram que os vasos não apresentaram significativa redução do seu diâmetro em função dos tratamentos térmicos. Entretanto, os mesmos autores

verificaram uma redução significativa no diâmetro dos elementos de vaso, quando compararam a madeira e carvão de *Enterolobium schomburgkii* Benth (leguminosae - mimosoideae). Batista et al. (2015) comparando a madeira de *Eucalyptus grandis*, modificada termicamente em temperatura de 140°C, com madeira sem tratamento, não observaram variações significativas nas dimensões dos elementos de vaso em função do tratamento utilizado.

Na Tabela 2, tem-se os resultados das relações entre as propriedades com madeira, com e sem modificação térmica. Verifica-se que, a melhor relação

entre as variáveis foi obtida para a densidade aparente com a perda de massa, ambas modificadas termicamente (-0,87**). Para Carvalho et al. (2017), o processo de modificação térmica da madeira causa perda da massa e contração, porém a perda de massa pode ocorrer em maior proporção do que a contração, e desse modo, acarretaria uma perda em densidade da madeira. Outra relação importante foi aquela da retração volumétrica sem tratamento com a retração com a modificação térmica (0,75**).

TABELA 2 - Coeficientes de correlação linear da densidade aparente (ρ_a), perda de massa (PM), diâmetro de vaso (DV) e retração volumétrica (ϵ_v) de madeira de eucalipto.

Variáveis	ρ_{a_m}	PM _m	DV _m	ϵ_{vm}	$\rho_{a_{sm}}$	PM _{sm}	DV _{sm}	ϵ_{vsm}
ρ_{a_m}	1,00							
PM _m	-0,87**	1,00						
DV _m	0,15 ^{n.s.}	0,09 ^{n.s.}	1,00					
ϵ_{vm}	0,53 ^{n.s.}	0,13 ^{n.s.}	0,12 ^{n.s.}	1,00				
$\rho_{a_{sm}}$	0,27 ^{n.s.}	-0,59 ^{n.s.}	-0,34 ^{n.s.}	0,54 ^{n.s.}	1,00			
PM _{sm}	-0,28 ^{n.s.}	0,27 ^{n.s.}	0,10 ^{n.s.}	-0,59**	-0,27 ^{n.s.}	1,00		
DV _{sm}	0,33 ^{n.s.}	-0,46 ^{n.s.}	-0,27 ^{n.s.}	0,67**	0,33 ^{n.s.}	-0,77**	1,00	
ϵ_{vsm}	0,53 ^{n.s.}	-0,59 ^{n.s.}	-0,13 ^{n.s.}	0,75**	0,53 ^{n.s.}	-0,37 ^{n.s.}	0,77**	1,00

** = significativo a 1% de probabilidade de erro, * = significativo a 5% de probabilidade de erro, ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro, m = modificação térmica, sm = sem modificação térmica.

Destaca-se ainda, a necessidade de novas pesquisas que combinem os efeitos da temperatura com o tempo de modificação térmica, nas propriedades da madeira.

CONCLUSÕES

A densidade aparente e o diâmetro dos elementos de vaso não são influenciados significativamente pela modificação térmica.

A retração volumétrica diminuiu significativamente com o aumento da temperatura.

Quanto maior a temperatura da modificação térmica aplicada à madeira, maior é a perda de massa.

A densidade aparente a madeira modificada termicamente tem alta correlação com a perda de massa da madeira modificada termicamente.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira**: projeto NBR 7190/1997. Rio de Janeiro, 1997. 107p.
 BATISTA, D.C.; PAES, J.B.; MUÑIZ, G.I.B.; NISGOSKI, S.; OLIVEIRA, J.T.S Microstructural aspects of thermally modified *Eucalyptus grandis* wood. **Maderas. Ciencia y Tecnología (En línea)**, v.17, n.3, p.525-532, 2015.
 BRITO, J.O.; GARCIA, J.N.; BORTOLETTO, G.; PESSOA, A. M.C.; SILVA, P.H.M.. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v.12, n.2, p.181-188, 2006.

CADEMARTORI, P.H.G.D., MISSIO, A.L., MATTOS, B.D., GATTO, D.A. Effect of thermal treatments on technological properties of wood from two *Eucalyptus* species. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.87, n.1, p.471-481, 2015.

CADEMARTORI, P.H.G.D., SCHNEID, E., GATTO, D.A., BELTRAME, R., STANGERLIN, D.M. Modification of static bending strength properties of *Eucalyptus grandis* heat-treated wood. **Materials Research**, v.15, n.6, p.922-927, 2012.

CALONEGO, F.W.; SEVERO, E.T.D.; LATORRACA, J.V.F. Effect of thermal modification on the physical properties of juvenile and mature woods of *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.1, p.108-113, 2014.

CARVALHO, A.G.; ZANUNCIO, A.J.V.; SILVA, C.M.S.; CARNEIRO, A.C.O.; PAULA, M.O. Método de ressonância para predição de propriedades mecânicas das madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Pinus oocarpa* termorretificadas. **Revista Matéria**, v.22, n.1, e11772, 2017.

DIAS JÚNIOR, A.F.; LANA, A.Q.; SANTOS, P.V.; CARVALHO, A.M., SOUZA, N.D.; BRITO, J.O. Propriedades físicas e acabamento superficial da madeira de eucalipto termicamente tratada. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v.58, n.3, p.270-276, 2015.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.

HULLER, L.A.S.; HASELEIN, C.R.; SILVEIRA, A.G.; MENEZES, W.M.; TALGATTI, M.; SOUZA, J.T.; SANTINI, E.J. Modificação térmica e propriedades tecnológicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.37, n.90, p.183-188, 2017.

IPEF. INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Guia Eucalyptus**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/guiaeucalyptus/aptidao.aspx>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

JEBRANE, M.; POCKRANDT, M.; CUCCUI, I.; ALLEGRETTI, O.; UETIMANE Jr., E.; TERZIEV, N. Comparative study of two softwood species industrially modified by Thermowood® and thermo-vacuum process. **BioResources**, v.13, n.1, p.715-728, 2018.

KAPLAN, L.; KVIETKOVÁ, M.; SEDLECKÝ, M. Effect of the interaction between thermal modification temperature and cutting parameters on the quality of oak wood. **BioResources**, v.13, n.1, p.1251-1264, 2018.

MENEZES, W.M.; SANTINI, E.J.; SOUZA, J.T.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. Modificação térmica nas propriedades físicas da madeira. **Ciência Rural**, v.44, n.6, p.1019-1024, 2014.

MODES, K.S.; SANTINI, E.J.; VIVIAN, M.A.; HASELEIN, C.R. Effect of heat treatment on mechanical properties of *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* woods. **Ciência Florestal**, v.27, n.1, p.291-302, 2017.

MUÑIZ, G.I.B.; NISGOSKI, S.; FRANÇA, R.F.; SCHARDOSIN, F.Z. Anatomia comparativa da madeira e carvão de *Cedrelinga catenaeformis* Duck e *Enterolobium schomburgkii* Benth. para fins de identificação. **Scientia Forestalis**, v.40, n.94, p.291-297, 2012.

PERTUZZATTI, A.; MISSIO, A.L.; CADEMARTORI, P.H.G.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; BERGER, C.; GATTO, D.A.; TONDI, G. Effect of process parameters in the thermomechanical densification of *Pinus elliottii* and *Eucalyptus grandis* fast-growing wood. **BioResources**, v.13, n.1, p.1576-1590, 2018.

POUBEL, D.S.; GARCIA, R.A.; SANTOS, W.A.; LELIS, R.C.C.; VIEIRA, L.A.A. Análises físicas e colorimétricas da madeira de *Pinus* sp. modificada termicamente. **Scientia Forestalis**, v.43, n.107, p.511-521, 2015.

QUIRINO, W.F.; VALE, A.T. Retificação térmica de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, v.33, n.1, edição especial, p.60-66, 2002.

ZANUNCIO, A.J.V.; FARIAS, E.S.; SILVEIRA, T.A. Termorretificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.1, p.85-90, 2014.