



ALTERAÇÕES NAS PROPRIEDADES DA MADEIRA DE EUCALIPTO CITRIODORA TRATADA TERMICAMENTE

¹Marcio Rogério da Silva (marciomr@sc.usp.br); ²José Otávio Brito (jotbrito@esalq.usp.br); ³José Silvio Govone (jsgovone@rc.unesp.br); ⁴Gilmara de Oliveira Machado (gilmaramachado@yahoo.com); ¹Carlito Calil Junior (calil@sc.usp.br)

¹Universidade de São Paulo – USP

Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira - LaMEM/EESC/USP.
Av. Trabalhador São Carlense, 400. CEP: 13566-590 – São Carlos – SP – Brasil.

²Universidade de São Paulo – USP

Laboratório de Celulose, Química e Energia do Departamento de Ciências Florestais – LQCE.
Avenida Pádua Dias, 11. - Caixa Postal: 09. CEP 13418-900 – Piracicaba – SP – Brasil.

³Universidade Estadual Paulista – UNESP

Departamento de Estatística, Matemática Aplicada e Computação – DEMAC.
Avenida 24 A, 1515. Caixa Postal 178. Bairro Bela Vista. CEP 13506-900 - Rio Claro - SP - Brasil

⁴Universidade Estadual do Centro-oeste – UNICENTRO

Departamento de Engenharia Florestal – DEF.
Rodovia PR 153, km 7 - Bairro Riozinho. CEP: 84500-000 Irati – PR – Brasil

RESUMO: O calor é um dos mais importantes tratamentos no processamento da madeira. Em alguns tratamentos, como é o caso da secagem, o calor não causa alterações significativas nas propriedades estruturais, enquanto que, em outros tratamentos como a carbonização e o tratamento térmico da madeira, a degradação pode ser intensa. O tratamento térmico da madeira (ou termorreificação) causa modificações na sua estrutura molecular da madeira, e as modificações dependem de vários fatores como o estado das amostras, a temperatura utilizada, a atmosfera predominante e a duração do tratamento. A espécie utilizada neste trabalho foi o *Eucalypto citriodora*, sendo este tratado termicamente nas temperaturas de 160, 180 e 200 °C. As dimensões das peças tratadas termicamente foram 6x16x56 cm³. Sendo este realizado em uma estufa laboratorial, com entrada de termopares para o monitoramento do calor dentro das peças de madeira. Análise química dos principais componentes da madeira e propriedades mecânicas foram avaliadas. Os resultados mostraram redução nos teores de extrativos (17,8 para 9,6%) e de hemiceluloses (21,7 para 6%) , sendo este ultimo o mais afetado nas diferentes temperaturas. Os teores de lignina Klason (30,4 para 44%) e celulose (30,8 para 42,8%) sofreram aumento. Na resistência à flexão, o módulo de ruptura (MOR) reduziu até 36%, e o módulo de elasticidade (MOE) sofreu um aumento de até 12%. Na resistência à tração paralela às fibras, o módulo de ruptura (f_{10}) reduziu até 55% em comparação a madeira in natura.

Palavras chave: tratamento térmico da madeira, propriedades físicas e mecânicas, análise química.

Changes in the eucalypto citriodora wood due to heat treatment

ABSTRACT: Heat can be a major treatment in wood processing. In some cases, like wood drying, the heat cannot change definitely the wood structural properties. The changes can be large in other treatments, such as carbonization and heat treatment. The wood molecular structure can be changed with heat treatment, and the change will depend on the temperature, wood species, prevailing atmosphere and time in the process. *Eucalyptus citriodora* was the species used in this paper. The heat treatment was performed at temperatures of 160, 180 and 200 °C in a furnace, and the temperature in the wood pieces was controlled by thermocouples. Wood pieces with dimensions of 6x16x56 cm³ were heat treated. The chemical components and mechanical properties were affected with the heat treatment. The contents ranged from 17.8 to 9.6% extractives; 30.4 to 44% lignin; 30.8 to 42.8% cellulose and 21.7 to 6% hemicelluloses. The bending strength (MOR) and the tension parallel to the grain (f_{10}) decreased up to 36% and 55%, respectively. The stiffness properties by bending strength (MOE) improved with the thermal treatment.

Keywords: wood heat treatment, physical and mechanical properties, chemical analysis.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento térmico da madeira é obtido pelo princípio de degradação térmica de seus constituintes, em atmosfera inerte, ou com atmosfera de oxigênio controlada. É definida como resultado de uma pirólise controlada que termina antes das reações exotérmicas iniciarem. É um método que causa alterações na estrutura da madeira devido a ação do calor. O objetivo desta tecnologia é encontrar uma maneira de proteger a madeira sem o uso de produtos químicos independentemente da espécie, enquanto melhora sua estabilidade dimensional e durabilidade (BORGES e QUIRINO, 2004; SILVA, 2012.)

As mudanças na resistência e fragilidade da madeira tratada termicamente variam possivelmente devido à diferente natureza química e anatômica, e a diferentes métodos de aquecimento. Os processos de tratamento térmico utilizados não são similares e as propriedades da madeira tratada termicamente podem variar muito. É fato que a influência do tratamento térmico sobre as propriedades de resistência da madeira é complexa, e a magnitude do efeito é em função de parâmetros como período de exposição, temperatura, taxa de aquecimento médio, conteúdo de umidade e pressão atmosférica (KORKUT e HIZIROGLU, 2009; YILDIZ *et al.*, 2006).

O tratamento térmico causa alterações químicas nos constituintes da parede celular e extrativos. O conteúdo de hidrogênio e oxigênio da madeira é reduzido, hemiceluloses são mais afetadas do que os outros constituintes devido sua relativa degradação em baixas temperaturas, em que a sua degradação pode levar ao escurecimento da madeira. A desacetilação conduz ao ácido acético, sendo este um catalisador de despolimerização, enquanto desidratação induz a formação de furfural e hidroximetilfurfural; pentoses são mais facilmente degradadas do que as hexoses. Celulose cristalina aumenta devido à degradação da celulose amorfa, como resultado a acessibilidade dos grupos hidroxilas para as moléculas de água reduzem. Ao mesmo tempo o calor produz reações de desidratação e oxidação da celulose promovendo a condensação da lignina (ESTEVES *et al.* 2008a; PETRISSANS *et al.* 2003; WAHL *et al.* 2004).

Temperatura tem maior influência sobre muitas propriedades da madeira em comparação ao tempo. O tratamento em baixas temperaturas por longos períodos não traz as modificações desejadas. Em temperaturas acima de 150 °C as mudanças nas propriedades físicas e químicas da madeira são permanentes. Em paralelo, há perda nas propriedades de resistência da madeira (YILDIZ *et al.* 2006).

As propriedades mecânicas da madeira Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) tratada termicamente nas temperaturas de 120, 150 e 180 °C, com variações de duração de 2, 6 e 10 h foram estudadas por Korkut *et al.* (2008). Os autores verificaram que a resistência à compressão paralela às fibras, resistência à flexão, módulo de elasticidade na flexão, dureza Janka e resistência ao impacto na flexão reduziram com o tratamento térmico. Em que, os resultados mostraram que com o aumento no tempo e duração do tratamento há maior redução nas amostras tratadas em relação à amostra controle. A menor redução foi observada para o tratamento a 120 °C, em 2 h.

Shi *et al.* (2007) analisaram a resistência e a rigidez de cinco espécies de madeiras comerciais em Quebec, Canadá, sendo elas: *Spruce* (*Picea spp.*), *Pine* (*Pinus spp.*), *Fir* (*Abies spp.*), *Aspen* (*Populus spp.*) e *Birch* (*Betula spp.*). Estas espécies de madeiras foram tratadas termicamente, em diferentes grupos, em temperaturas de 200 °C ou maiores. A 212 °C, o módulo de ruptura (MOR) da *Spruce* e *Pine* diminuiu 49 e 28%, e o módulo de elasticidade (MOE) diminuiu 14 e 5%. Para o *Fir* a 202 °C, o MOR se manteve estável enquanto o MOE aumentou 25%. A *Aspen* a 200 °C diminuiu 35% o MOR e aumentou em 15% o MOE e, por fim, a *Birch* teve aumento no MOR e no MOE de 6 e 30% a 200 °C. Concluíram que as propriedades mecânicas e a dureza das madeiras tratadas termicamente aumentam ou diminuem dependendo da espécie, direção dos testes (longitudinal, tangencial ou radial) e do programa de tratamento térmico.

A degradação térmica das hemiceluloses conduz a madeira à maior estabilidade dimensional, devido à menor higroscopicidade. Entretanto, tal benefício é acompanhado por uma significativa redução no módulo de resistência à flexão (MOR), sendo que o módulo de