

MODELO MATEMÁTICO APLICADO NA VAPORIZAÇÃO DE TORAS DE  
*Eucalyptus grandis*

Ademilson Coneglian<sup>1</sup>, Elias Taylor Durgante Severo<sup>2</sup>, Geraldo Bortoletto Júnior<sup>3</sup>, Wagner Roberto Batista<sup>4</sup>

**Resumo:** O objetivo deste estudo é obter um modelo matemático logístico que representa a vaporização de toras de *Eucalyptus grandis*, em função do diâmetro e do tempo de permanência das toras no tratamento térmico a vapor. Para tanto, foram coletadas toras nas classes diamétricas de 25 a 40 cm de três árvores de *E. grandis* provenientes do Horto Florestal de Mandurí, SP. Em cada uma das toras foram inseridos três termopares, com profundidades distintas, 1/3 do raio; 2/3 do raio e o terceiro, próximo ao seu centro. Posteriormente, as toras foram vaporizadas a 85°C e 100% de umidade relativa, até que o último termopar atingisse uma temperatura de 80°C. Um Datalogger CR10 registrou as temperaturas, no interior do material, durante o tratamento térmico. Conclui-se que o modelo matemático logístico foi bem ajustado, obtido no tratamento térmico com vapor, levando em consideração as três classes de diâmetro e a profundidade máxima de 50 mm de raio, o

modelo gerado  $T = \left[ \frac{\ln\left(\frac{a}{\theta} - 1\right) - c}{b} \right]$ , apresenta-se uma viabilidade técnica na aplicação do

processo de aquecimento de toras com vapor, promovendo um consumo ideal de energia.

**Palavras-chave:** tempo de aquecimento de toras; termopares; transferência de calor na madeira.

MATHEMATICAL MODEL APPLIED IN STEAM HEATING FOR *Eucalyptus grandis*

**Abstract:** The aim of this study was to determine a mathematical model the logistic the heating time for *Eucalyptus grandis* logs in steam, wood specific heat. To this end, we

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Florestal/Tecnologia da Madeira, Universidade Estadual de Goiás, <coneglian@ueg.br>.

<sup>2</sup> Dr., Professor do Departamento de Recursos Naturais, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, <severo@fca.unesp.br>.

<sup>3</sup> Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba, SP, <gbortoll@esalq.usp.br>. Dr., Professor do IF/Instituto de Ciência Tecnológicas e Exatas, Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Uberaba, MG, <wrbatista@icte.uftm.edu.br>.

collected logs with a diameter of 25 to 40 were used, coming from Horto Florestal, Mandurí, SP. In each of the three thermocouples were inserted logs with different depths, 1/3 of the radius; 2/3 of the third beam, near the center thereof. The logs were steamed at 85°C and 100% relative humidity, until the last thermocouple reached a temperature of 80°C. A Datalogger CR10 recorded the temperatures inside the material during annealing. It is concluded for the thermal treatment in steam, considering the three diameter classes and the roll-rest depth with 50mm radius, the mathematical logistic model was the

following  $T = \left[ \frac{\ln\left(\frac{a}{\theta} - 1\right) - c}{b} \right]$ , since the mathematical model is feasible logistic obtained

in applying the process of heating with steam timber, fostering ideal energy consumption.

**Keywords:** Log steaming time; thermocouples; heat transfer wood.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a dificuldade para a obtenção de madeira nativa, devido a pressões socioambientais, sugere-se sua substituição por outra oriunda de reflorestamento, com propriedades semelhantes. Entretanto, a carência de informações quanto às propriedades da madeira proveniente de espécies de rápido crescimento ainda é um entrave para a utilização.

Segundo Nicholson (1973), o gênero eucalipto é um exemplo de madeira comercial, em que a componente longitudinal das tensões de crescimento gerada pela formação das células novas do xilema, pode apresentar valores excessivamente elevados, que contribuem para elevar as rachaduras interna e de topo na madeira.

Boyd (1972); Sales (1986) concordam que a origem das tensões de crescimento está associada à lignificação das paredes celulares, pois a lignina provoca inchamento irreversível na parede secundária da célula. Segundo esses autores, essa deformação no sentido transversal da fibra provoca diminuição do comprimento da célula, devido aos pequenos ângulos microfibrilares da camada S2 da parede secundária, cujos ângulos microfibrilares variam de 10 a 20° (DETIENNE, 1988).

Esse efeito pode ser reduzido com aplicação simultânea de calor e umidade na madeira, que promove a plasticização da lignina e com isso a liberação das tensões de crescimento (LUTZ, 1978; CHAFE, 1979; AGUIAR, 1986; KUBLER, 1987; PIO, 1996; SEVERO, 1998; SEVERO; TOMASELLI, 2000; CALONEGO; SEVERO, 2005;

CALONEGO; SEVERO, 2006).

Para a liberação das tensões de crescimento o tempo de aquecimento de uma tora depende principalmente da temperatura recomendada e do diâmetro da mesma, pois o aumento do diâmetro das toras proporciona um maior tempo de aquecimento após a temperatura pré-estabelecida (FEIHL, 1972).

Faz-se necessário, maior atenção à temperatura ideal de aquecimento de toras que possuem tensão de crescimento, junto à variação dimensional, pois podem causar rachaduras de topo do tipo estrela ou pé de galinha, iniciadas na medula da tora (LUTZ, 1974).

Lutz (1974) estabeleceu a relação entre a massa específica da madeira e a temperatura apropriada para a laminação, determinando um intervalo de temperatura para cada massa específica, constatando que a temperatura de aquecimento considerada apropriada para *Eucalyptus grandis* é de 80°C, e que toras aquecidas a uma temperatura de 82°C, apresentam 90% da tensão de crescimento longitudinal liberada. Entretanto Lutz (1978) descreveu que o grau de plasticidade da madeira ocorre em função de sua temperatura e não do tempo de permanência nesta.

Alguns autores estudaram o aquecimento de toras de *Eucalyptus*, como Rozas Mellado (1993), o qual estudou a madeira de *Eucalyptus grandis* com os mesmos propósitos, evidenciou que o tratamento de vaporização das toras, previamente aneladas, foi efetivo na liberação das tensões de crescimento, para tanto, o autor recomendou a vaporização das toras durante 18 horas, a uma temperatura de 90°C. Skolmen (1967) obteve reduções, de cerca de 50%, das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus saligna*, com diâmetro de 15-20 cm, após um tratamento de 24 horas em água quente. Severo (1998) concluiu que a vaporização das toras de *Eucalyptus dunnii*, durante 20 horas, proporcionou redução significativa, na ordem de 50%, das tensões de crescimento.

Rozas Mellado (1993); Tejada et al. (1997); Severo (1998); Calonego; Severo (2006); Coneglian (2009) salientaram a necessidade da realização de estudos específicos sobre o tempo de aquecimento de toras, visando definir, com exatidão, os limites de tempo e temperatura de aquecimento. Langrish; Walker (1993) afirma que o conhecimento das propriedades térmicas da madeira é de fundamental importância para se estimar o tempo de vaporização de toras.

As propriedades térmicas da madeira mais importantes são: (1) calor específico que pode ser definido, quantidade de calor necessária para elevar 1g de madeira sofrer variação de 1° ou 1K de temperatura; (2) condutividade térmica, que é a medida do fluxo de calor por unidade de espessura do material devido a um gradiente de temperatura em suas faces

opostas; e (3) difusividade térmica, definida pela velocidade em que o material recebe calor do meio ao seu redor (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999; SIMPSON, 1991).

Steinhagen et al. (1980) desenvolveram um método para a determinação do tempo de aquecimento, levando em consideração as propriedades térmicas e físicas da madeira, características anatômicas, dimensões das toras, temperatura de aquecimento, temperatura desejada e temperatura do meio ambiente.

Calonego; Severo, (2006) determinaram que através da temperatura dos toretes de *Eucalyptus grandis* durante a vaporização a 90° C, o tempo de vaporização de toras, proposto por Steinhagen et al. (1980), subestima os tempos reais necessários de vaporização do material estudado. Portanto, necessita-se da adoção de fatores de correções elaborados nesse artigo, para a determinação de um modelo matemático que determine o tempo real de vaporização de toras em função do diâmetro.

Estudos anteriores, como proposto por Coneglian et al. (2009), salientam que através da verificação das temperaturas dos toretes de *Eucalyptus grandis* durante o aquecimento em água quente 85°C de temperatura, utilizou-se um modelo comparativo na determinação do tempo de vaporização de toras, proposto por Steinhagen et al. (1980), no qual subestima os tempos reais necessários de vaporização do material, faz-se necessário elaboração de um modelo aplicado para condição vapor.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo estudar a aplicação de um modelo matemático logístico na vaporização toras de *Eucalyptus grandis*, em função do diâmetro e do tempo de permanência das toras no tratamento térmico a vapor.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização desse estudo foram utilizadas toras de *Eucalyptus grandis* com 32 anos de idade, provenientes do Horto Florestal de Mandurí, localizado no Município de Mandurí, SP, e pertencente ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo.

A coleta do material envolveu seis árvores escolhidas aleatoriamente dentro do povoamento e, após a derrubada, foram seccionadas em toras e classificadas nas classes diamétricas de 25 a 40 cm.

Para a confecção dos corpos de prova, os fustes foram traçados a cada 1,4m de comprimento, as toras foram aneladas a 20 cm de cada uma das suas extremidades numa profundidade aproximada de 1/3 do raio, conforme a metodologia proposta por Sales (1986); Kubler (1987), com toras de comprimento final de 1,10 m após o descarte da região anelada.

Para a determinação do teor de umidade e da massa específica básica das toras foram utilizados todos os discos de 2 cm de espessura coletados entre as toras. Para a verificação das variáveis utilizou-se uma balança de precisão de 0,01 g e uma estufa elétrica regulada com temperatura de 103°C. A massa específica básica foi determinada pelo método de pesagem através da Equação 1.

$$Meb = \frac{Ms}{Msat - Msi} \quad (\text{Equação 1})$$

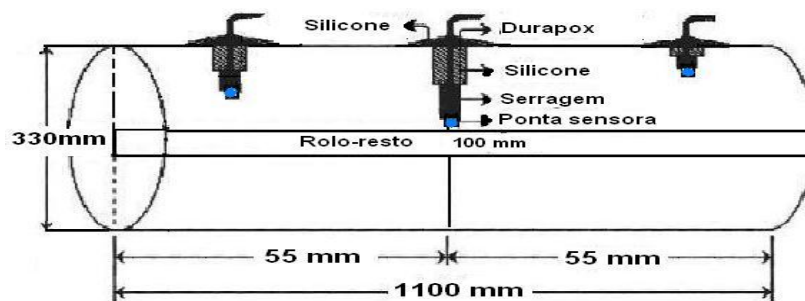
Em que:  $Meb$  = massa específica básica, g/cm<sup>3</sup>;  $Ms$  = massa seca(g) em estufa a 103°C até o peso constante, g;  $Msat$  = massa saturada, g;  $Msi$  = massa imersa, intensidade do empuxo é igual à do peso dos discos de 2 cm de espessura deslocado em g.

O teor de umidade inicial com base em massa seca foi determinado pelo método da estufa e através do uso da Equação 2.

$$U_{i\%} = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:  $U_{i\%}$  = Teor de umidade da madeira, %;  $Mu$  = Massa úmida, g;  $Ms$  = Massa seca em estufa a 103 ± 2 °C até peso constante, g.

Para a determinação do tempo de aquecimento de toras em vapor, utilizou-se em cada uma das toras a instalação dos termopares. Cada tora recebeu três termopares, sendo um a uma profundidade equivalente à superfície da tora, outro próximo à região intermediária da tora e outro próximo ao rolo resto com 50mm de raio, conforme a Figura 1.



**Figura 1.** Acondicionamento dos termopares e localização das três profundidades monitoradas em tempo real.

**Figure 1.** Packaging of thermocouples and location of the three depths monitored in real time.

Depois da acomodação dos sensores, os orifícios foram vedados com camadas de: serragem, retirada do próprio furo no momento da furação; resina epóxi, isolante térmico; película de silicone, material resistente a temperaturas, umidades elevadas e ao choque mecânico. Cada material foi aplicado durante um intervalo de 24 horas, permitindo dessa maneira, a secagem e fixação dos isolantes na madeira.

O comportamento da variação da temperatura foi monitorado pelos termopares acoplados a uma base coletora de dados (Datalogger Micrologger CR10), durante todo o processo de aquecimento por vapor.

As toras foram submetidas ao tratamento térmico a vapor à 85°C de temperatura por um período necessário para que a superfície do rolo resto atingisse 80°C. Para tanto, foi utilizado um tanque de aço, pertencente ao Laboratório de Laminação (USP-ESALQ) com as seguintes dimensões 149 x 118 x 84 cm equivalente a 1,53 m<sup>3</sup> e com resistências elétricas como fonte geradora de calor.

A temperatura de aquecimento foi adotada em função da massa específica básica da espécie utilizada, e o tempo de aquecimento em função do diâmetro das toras. Para a definição da grandeza desses dois parâmetros, temperatura e tempo de aquecimento, seguiu-se as recomendações existentes nos trabalhos de LUTZ (1974); FEIHL; GODIN (1970) e da metodologia proposta por CALONEGO; SEVERO (2006).

O experimento foi analisado junto à evolução da temperatura, tempo e profundidades diferentes, até o momento em que todos os termopares atingissem 80°C. Para ajustar o modelo logístico, utilizou-se parâmetro de procedimentos não lineares de ajuste, considerando cada classe de diâmetro em separado. Desse modo, fez-se a suposição de que os parâmetros poderiam ser todos diferentes e, através de modelos encaixados, foram testados os ajustes de modo a reduzir o número de parâmetros envolvidos, e gerar um único modelo para todas as classes diamétricas testadas.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Ajuste de um modelo matemático entre o tempo real do tratamento térmico vapor em função da temperatura e da distância radial das toras.**

Os dados do tempo real foram ajustados e corrigidos como proposto por Coneglian (2009), desenvolveu-se, neste estudo, um modelo logístico para definir com exatidão o tempo de vaporização para toretes de *E. grandis*, com massa específica básica de 0,6 g/cm<sup>3</sup> e 75% de teor de umidade com base em massa seca.

Para cada ganho de 1°C de temperatura no rolo resto (50 mm de raio) dos toretes *E. grandis*, durante o tratamento térmico a vapor, determinou-se se o tempo de vaporização real e o estimado gerado pelo modelo matemático nas classes de diâmetros de 25 † 30 cm, 30 † 35 cm, 35 † 40 cm, a 85 °C.

Em seguida, com os dados logaritimizadas do tempo obtido pelo modelo matemático gerado e o tempo real de vaporização, aplicou-se o modelo de regressão em função da tendência observada dos pares de dados. Essa operação foi realizada para cada classe de diâmetro de toretes estudados. Nas três classes de diâmetros, optou-se pela escolha de um modelo gerado da seguinte forma Equação 3.

$$\theta = \frac{a}{1 + e^{-bT+c}} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:  $\theta$  = Temperatura desejada °C;  $a$  = Parâmetro obtido final desejado para o modelo logístico;  $b$  = Parâmetro obtido em função da análise de regressão para cada classe de diâmetro;  $T$  = Tempo estimado (horas e minutos);  $c$  = Parâmetro obtido da temperatura inicial para o modelo logístico.

O modelo logístico dado pela Equação 3 foi obtido dos valores dos parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  através de procedimentos não lineares de ajuste, considerando cada classe de diâmetro específico. Desse modo, fez-se a suposição de que os parâmetros poderiam ser todos diferentes e, através do emprego de modelos estatísticos, foram testados os ajustes de modo a reduzir o número de parâmetros envolvidos. Assim, os modelos logísticos finais para o tratamento térmico com vapor estão representados na Tabela 1.

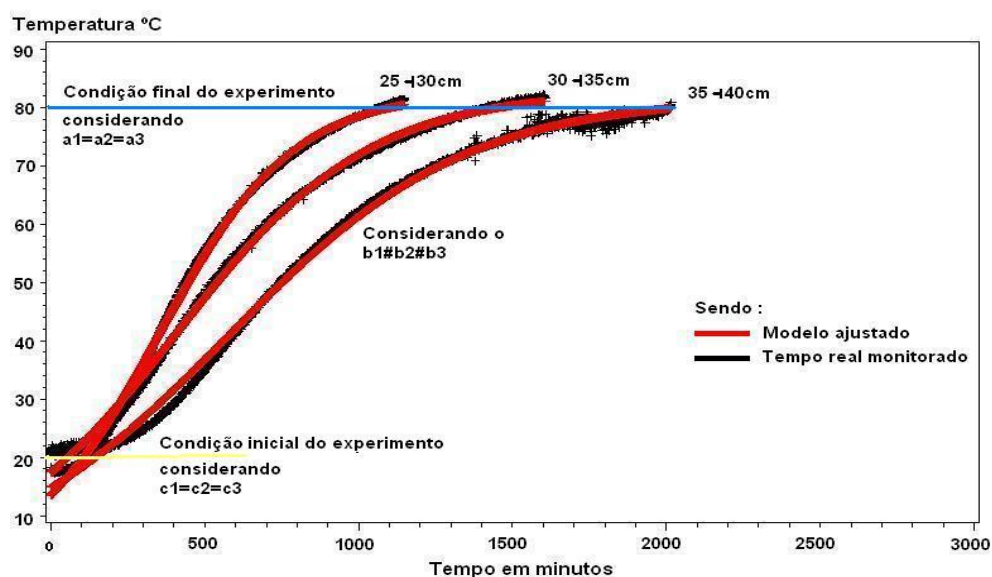
**Tabela 1.** Valores dos parâmetros obtidos em função da análise de regressão.

**Table 1.** Parameter values obtained based on regression analysis.

| Classe de diâmetro | Valores dos parâmetros obtidos em função $a$ | Valores dos parâmetros obtidos em função $b$ | Valores dos parâmetros obtidos em função $c$ |
|--------------------|--|--|--|
| 25 † 30cm          | $a_1 = 82,2156$                              | $b_1 = 0,00433$                              | $c_1 = 1,4777$                               |
| 30 † 35cm          | $a_2 = 82,2156$                              | $b_2 = 0,00351$                              | $c_2 = 1,4777$                               |
| 35 † 40cm          | $a_3 = 82,2156$                              | $b_3 = 0,002535$                             | $c_3 = 1,4777$                               |

Desse modo, o modelo final foi ajustado e considerou-se que  $a_1 = a_2 = a_3$  e  $c_1 = c_2 = c_3$ . Na condição dos valores de  $c_1, c_2, c_3$  serem considerados iguais, as condições iniciais do experimento, tanto para a tora quanto para o meio eram iguais, ou seja, partindo do início que todos os termopares estavam na mesma temperatura que o meio condutor de calor. Na hipótese que  $a_1, a_2, a_3$  serem considerados iguais, é porque em ambas as profundidades dos termopares acoplados nas toras por classe diamétrica, quando atingissem  $80^\circ\text{C}$ , a coleta dos dados era interrompida, portando considera-se que  $c_1, c_2, c_3$  tendem a atingir a mesma temperatura estabelecida do experimento.

Para os valores de  $b_1, b_2, b_3$  além de não serem considerados iguais estatisticamente, não atingem  $80^\circ\text{C}$  ao mesmo tempo, isso é devido à quantidade de massa que o fluxo de calor leva para aumentar  $1^\circ\text{C}$ , ou seja, na mesma classe de diâmetro existem variações nas toras como, por exemplo, classe de diâmetro de  $25 \div 30\text{ cm}$ , foi utilizado tora de diâmetro de  $26,5\text{ cm}$  e toras de  $29,8\text{ cm}$ , essa diferença de massa influencia diretamente na condução de calor sobre a toras, e, conseqüentemente ocorre uma diferença de tempo para atingir a temperatura desejada. Essa diferença faz com que  $b_1, b_2, b_3$ , não são iguais. Essas conclusões são válidas para todas as classes de diâmetros no tratamento térmico a vapor, o que pode ser observado pela Figura 2 e confirmado na Tabela 1.



**Figura 2.** Modelo matemático ajustado entre o tempo real monitorado em função de temperatura e da profundidade do rolo-resto no tratamento térmico vapor.

**Figure 2.** Mathematical adjusted between the real time monitored as a function of temperature and depth in the heat treatment roll rest heat.



A Figura 2 contempla os resultados obtidos do modelo ajustado para o cálculo do tempo real de vaporização dos toretes de *E. grandis* para as três classes diamétricas. Neste caso, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro-padrão da estimativa (Syx) e o valor de “P” foram, respectivamente, de 0,86; 0,13252; e <0,0001.

Nas três classes de diâmetros dos toretes, os coeficientes dos modelos de regressão “a”, “b” e “c” apresentam-se altamente significativos, justificando a presença destes no modelo. Através da dispersão dos erros e dos intervalos de confiança e de previsão, concluiu-se que o modelo ajustado e descrito anteriormente representa os conjuntos dos dados estudados.

Através do desenvolvimento matemático do modelo gerado em função da análise de regressão, obteve-se a Equação 4 proposta para a determinação do tempo de vaporização de toras de *E. grandis*, para as três classes diamétricas.

### 3.2 Aplicação prática do modelo matemático logístico ajustado para o tratamento térmico em vapor

Em uma aplicação real do modelo ajustado para as classes de diâmetros de 25+30, 30+35 cm, 35+40 cm com profundidade até o rolo-resto, 50 mm de raio de *Eucalyptus grandis*, à 85 °C de temperatura, 100% de umidade relativa, foi aplicado o inverso da função para o modelo logístico ajustado a (Equação 3), que apresenta o tempo em função da temperatura desejada, conforme a Equação 4.

$$T = \left[ \frac{\ln\left(\frac{a}{\theta} - 1\right) - c}{b} \right] \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:  $T$  = Tempo estimado;  $a$  = Parâmetro da temperatura final desejada para o modelo logístico;  $b$  = Parâmetro calculado em função da análise de regressão para cada classe de diâmetro;  $c$  = Parâmetro calculado da temperatura inicial para o modelo logístico;  $\ln$  = Logaritmo neperiano;  $\theta$  = Temperatura desejada °C.

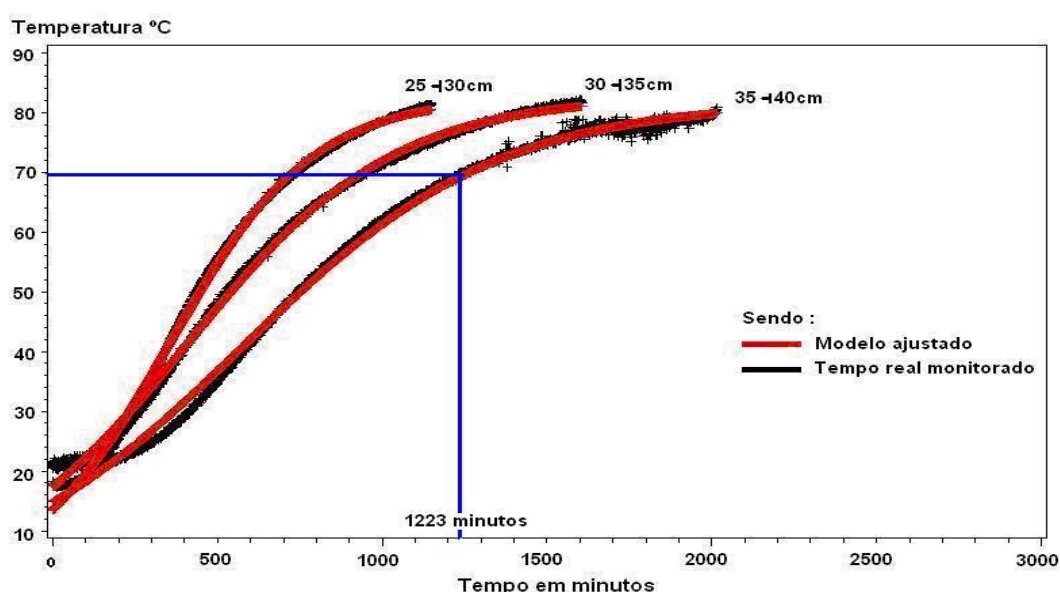
Para a profundidade de 137,5 mm até o rolo-resto de uma tora de diâmetro de 37,5cm atinja 70 °C de temperatura no processo de vaporização à 85 °C, quanto tempo seria necessário para que ocorresse essa situação?

Através da aplicação da função inversa dada pela Equação 4, obtém-se a Equação 5 com seus respectivos valores substituídos.

$$T_{35-40} = \left[ \frac{\ln\left(\frac{82,2156}{70} - 1\right) - 1,4777}{0,002535} \right] \quad (\text{Equação 5})$$

$$T_{35-40} = 1272 \text{ minutos ou 21 horas e 12 minutos.}$$

A Figura 3 apresenta o resultado do exemplo adotado para mostrar a utilização da (Equação 5). O tempo de vaporização real monitorado foi de 1223 minutos ou 20 horas e 23 minutos, o mesmo valor para o modelo ajustado, no caso 1272 minutos ou 21 horas e 12 minutos, mostrando que o modelo logístico é aplicável para a espécie e para a classe diâmetro adotada, com uma diferença de 49 minutos entre o tempo monitorado e o ajustado. Na Figura 3, observa-se que aplicação do modelo proposto para o tempo de vaporização real em função do tempo de vaporização proposto pelo modelo logístico é válido.



**Figura 3.** Estimativa do tempo necessário para o rolo-resto de 137,5mm, atingir o patamar de 70°C no tratamento térmico com vapor.

**Figure 3.** Estimating the time needed for the roll-rest of 137.5 mm, reach a plateau of 70 °C in heat treatment in steam.

Notou-se que o tempo de vaporização obtido experimentalmente, pode ser diretamente aplicável para a espécie em questão *E.grandis*, sendo necessária a adoção de

fatores de correção. Essa diferença pode ser explicada pela diversidade de espécies utilizadas. Os autores desenvolveram um modelo gerado geral de vaporização baseado nas seguintes espécies: *Populus* sp; *Pinus strobus*; *Quercus* sp. A ausência do gênero *Eucalyptus* no desenvolvimento desse modelo requer a adoção de fatores de correções para estimar o tempo de vaporização de toras. Para que o modelo geral de determinação de tempo de vaporização de toras seja aplicado para a madeira de *Eucalyptus grandis*, sugerem-se a aplicação da função inversa dada na Equação 5 originada das análises de regressão.

No modelo matemático logístico ajustado para o tratamento térmico com vapor, o erro avaliado entre o tempo real e o tempo calculado para que o rolo-resto atingisse 80°C foi de 3,85%. Esse, então, não é significativo, pois o tempo real do tratamento térmico foi 20 horas e 23 minutos, que é praticamente semelhante às 21 horas e 12 minutos do tempo calculado. O modelo matemático logístico obtido é viável na aplicação do processo de aquecimento de toras, proporcionando consumo racional de energia.

#### 4. CONCLUSÕES

Através da verificação das temperaturas nas toras de *Eucalyptus grandis* e nos resultados apresentamos um modelo matemático logístico, durante a vaporização a 85°C de temperatura em função do diâmetro e do tempo de permanência das toras; conclui-se:

O modelo matemático logístico 
$$\mathbf{T} = \left[ \frac{\ln\left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{\theta}} - 1\right) - \mathbf{c}}{\mathbf{b}} \right]$$
 obtido é

viável na aplicação do processo de aquecimento com vapor para toras *E. grandis*, proporcionando consumo racional de energia.

Portanto, é necessária a adoção de fatores de correções para a utilização do modelo de determinação do tempo de vaporização de toras, para a espécie estudada.

#### 5. REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. J. R. **Métodos para controle das rachaduras de topo para toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden visando a produção de lâminas para desenrolamento.** 1986. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

BOYD, J.D. **Tree growth Stresses V. evidence of an origin in differentiation and lignification.** Wood Science and technol, 1972. v.6, p.251-62.

CALONEGO, W. F.; SEVERO, D. T. E. Efeito da vaporização de toras na redução dos defeitos associada a tensão de crescimento de *Eucalyptus grandis*, **Revista Ciência Florestal**, 2005. n.4, v.15, p.431-440.

\_\_\_\_\_. Estimativa do tempo de vaporização de toras de *Eucalyptus grandis*, **Revista árvore**, 2006. n.3, v.30, p.457-462.

CHAFE, S. C. Growth stresses in trees. **Australian For. Rev.**, 1979, v.9, p.203-333.

CONEGLIAN et al. Estimativa do tempo de aquecimento de toras de *Eucalyptus grandis* em água quente. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, 2009. ano viii, n.13, p.26-35.

DETIENNE, P. Cours illustre d' anatomie des bois. Centre Technique Forestier Tropical. Département du CIRAd. Nogent - Sur-Marne CEDEX. Paris, 1988. 47p.

FEIHL, O. **heating frozen and nonfrozen veneer logs**. Forest Products Journal, Madison, 1972. n. 22, p.41-51.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook - wood as an engineering material. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1999. 463p.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer-Verlag. 1975.

KUBLER, H. Growth stresses in trees and related wood properties. **Forest Products Abstracts**, Farnham Royal, 1987. v.10, n.3 p.61-119.

LANGRISH, T.A.G.; WALKER, J.C.F. Transport process in wood. In: WALKER, J.C.F. et al. **Primary wood processing: principles and practice**. London: Chapman & Hall, 1993. p.121-152.

LUTZ, J. F. **Effect of moisture content and split of cut on quality of rotary – cut – veneer**. USDA : Forest Service FPL research.note, Madison, 1974. n.176, p.1- 63.

\_\_\_\_\_. **Wood Veneer: log selection, cutting and dryng**. USDA. Technical bulletin, (1577). 1978.

MEDINA, J. C. **Efeito da temperatura de aquecimento na obtenção de lâminas por desenrolo e sobre a qualidade da colagem de compensados fenólicos de *Pinus elliottii***. 1996. 113f. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná UFPR, Curitiba, 1996.

NICHOLSON, J. E. Growth stresses differences in *Eucalyptus*. **Forest Science**, 1973. v.9, n.3, p.169.

PIO, N. S. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus scabra* (Dum-Cours) e *Eucalyptus robusta* (Smith) na produção de painéis compensados**. 1996. 101f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

ROZAS MELLADO, E.C.E.R. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado.** 1993. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Setor de Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

SALES, C. Growth stresses: main results obtained on the study of sawe guyana species and consequences for use ends. In: IUFRO WORLD CONGRESS, v.18, 1986, Ljvbljama Proceedings. Blacksburg, UA: IUFRO, US, p.234-48. 1986.

SEVERO, D. T. E. & TOMASELLI, I. Efeito da vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii* de duas procedências. **Revista Scientia Agrária** v.1, n.1-2, p.29-32, 2000. Editora da UFPR.

SEVERO, E. T. D. **Estudo sobre o efeito da vaporização nas propriedades e comportamento de secagem da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maid.** 200f. Tese-Doutorado. (Tese em Engenharia Florestal/Setor de Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, 1998, 200 p.

\_\_\_\_\_. **Estudo sobre o efeito da vaporização nas propriedades e comportamento de secagem na madeira de *Eucalyptus dunnii* Maid.** 200f, 1998. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal/Setor de Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SIMPSON, W.T. Dry kiln operator's manual. Madison: U.S. Department of Agriculture, 1991. 274p.

SKOLMEN, R. G. Heating Logs To Relieve Growth Stresses. **Forest Products Journal**, Madison, 1967. v. 17, p.41-42.

STEINHAGEN, H. P; LEE, H.W.; LOEHNERTZ, S.P. LOG-HEAT: a computer program for determining log heating times charts for frozen and nonfrozen logs. **For. Prod. J.**, Madison, 1987. v. 37, n.11/12, p.60-64.

STEINHAGEN, H. P; MEYERS,G.E.; KUBLER,H. Heating times charts for frozen and nonfrozen veneer logs. **Forest Products Journal**, Madison, 1980. v. 30, n.4, p.27-37.

TEJADA, A.; OKUYAMA, T.; YAMAMOTO, H.; YOSHIDA, M. Reduction of growth stress in logs by direct heat treatment: assessment of a commercial-scale operation. **Forest Products Journal**, Madison, 1997. v. 47, n.9, p.86-93.