

SECAGEM DE MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus viminalis* *DRYING LUMBER OF *Eucalyptus viminalis*Emmanuel C.E. Rozas Melado¹ Ivan Tomaselli²**RESUMO**

Neste estudo foi avaliado um programa de secagem para madeira de *Eucalyptus viminalis* de 25,0 mm de espessura, de duas árvores previamente aneladas (antes da derrubada e na confecção dos toretes) e posteriormente vaporizadas. O programa de secagem constou de três diferentes fases de vaporização, sendo uma inicial de duas horas, para acelerar o processo de secagem, uma vaporização intermediária de quatro horas, para recuperação do colapso e uma vaporização final de uma hora, para diminuir o gradiente de umidade e as tensões de secagem, todas realizadas a 100°C. Os bons resultados obtidos com o programa de secagem aplicado permitiu um aproveitamento de 72% da madeira (livre de defeitos). Estes resultados positivos podem ser atribuídos à aplicação de um programa de secagem gradual, às diferentes vaporizações a que a madeira foi submetida, como também ao fato de ter sido aplicada a técnica de anelamento e vaporização.

Palavras-chave: *Eucalyptus viminalis*; secagem; vaporização.

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate a drying schedule for *Eucalyptus viminalis*. Two trees were cut after of a circumferencial groove with a chain saw. The logs were schedule prior to transformation into 25 mm thick boards. The increase the rate of drying, a intermediate steaming for a

1 Engenheiro em Madeiras, Mestrando do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil.

2 Engenheiro Florestal, PhD., Professor Titular da Escola de Florestas, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil.

period of 4 hours used to recuperate steaming for a final steaming to relief moisture gradients and internal tensions. All steaming treatment were done at 100°C. The results obtained indicated that using such technics about 72% of the boards were practically free of defects. The results can be considered as very positive, and it is probably due to the combination of the treatments applied (lo steaming and a circumferencial groove with a chain saw). as well to the adequate drying schedule.

Keywords: *Eucalyptus viminalis*; drying; steaming.

INTRODUÇÃO

A importância das espécies de madeira do gênero *Eucalyptus* nos setores florestal-madeireiro e socioeconômico é indiscutível. O gênero *Eucalyptus* apresenta-se como uma das melhores opções de matéria-prima para a indústria madeireira por suas características físicas e mecânicas. Entretanto, os extraordinários avanços alcançados na eucaliptocultura brasileira, na qual se registra um crescimento médio da ordem de quatro a cinco vezes maior que a média mundial, não tem sido acompanhado pelas pesquisas necessárias ao aproveitamento da matéria-prima produzida, como serrados e laminados. Atualmente, a madeira de *Eucalyptus* é utilizada para papel, carvão, moirão e, principalmente como energia (FAO, 1983).

Do ponto de vista de madeira serrada e laminados, *Eucalyptus* tem sido pouco aproveitado. Isto se deve, em parte, a características desfavoráveis, a exemplo de tensões de crescimento e elevada retratibilidade, o que produz defeitos de secagem como empenamento e o colapso quando usados programas de secagem severos. As fendas também são frequentes devido a tensões internas.

Na Austrália, *Eucalyptus viminalis* é usado para piso, esquadrias, carpintaria e móveis. Já a madeira de árvores jovens pode ser utilizada para polpa e chapas de particulares (BOOOTHE, 1971 *apud* HILLIS, 1978).

A vaporização da madeira é uma técnica que tem sido explorada para uma grande variedade de propósitos. Estes incluem

a redução dos níveis de tensão de crescimento (WEIK et al., 1984), o aumento da permeabilidade (CUTTER & PHELPS, 1986; MACKAY, 1971; CHEN, 1975), o melhoramento na estabilidade dimensional (PERKING et al., 1959, citado por CHAFE, 1990) e o melhoramento na penetração com preservativos (BARNES, 1986). A vaporização também é usada para recondicionar espécies propensas ao colapso (TIEMAN, 1929; GREENHILL, 1935 *apud* CHAFE, 1990) e na redução do tempo de secagem (CAMPBELL, 1961; ELLWOOD & ERIKSON, 1962; HASLETT & KININMONTH, 1986).

Embora tais aplicações, sejam importantes para melhorar a utilização da madeira, a vaporização tem suas desvantagens, pois pode reduzir as propriedades da madeira (CAMPBELL, 1961) e aumentar a contração, colapso e a susceptibilidade a rachaduras durante a secagem (KAUMAN, 1961; HASLETT & KININMONTH, 1986). Existem, no entanto, discordâncias, com respeito ao efeito da pré-vaporização, sobre a contração e a degradação da madeira.

Campbell (1961), estudando *Eucalyptus regnans*, observou uma redução do tempo de secagem e uma diminuição dos defeitos de secagem, sem afetar a resistência mecânica da madeira. Da mesma forma, ensaios foram feitos com vaporização por Alexiou et al. (1990), em madeira de *Eucalyptus pilularis*, demonstraram que a taxa de secagem aumenta significativamente (7 - 16%) em madeira de cerne, como consequência de alterações no conteúdo e disposição dos extrativos. Além disso, observou uma redução do gradiente de unidade e das tensões de secagem da madeira, sendo a vaporização mais efetiva nos primeiros oito dias de secagem. Haslett & Kininmonth (1986) mostraram que a vaporização acelera a secagem em madeira de *Nothofagus fusca*. Observações em microscópico eletrônico mostraram modificações na organização dos extrativos, sobre tecidos da madeira após a vaporização, o que favorece a taxa de secagem.

Simpson (1976) também, observou que o tempo de secagem em madeira de *Quercus rubra* de uma polegada de espessura, reduziu-se em 23%, quando pré-vaporizada a 100°C por quatro horas. Em estudos anteriores, verificou que a diminuição é independente da duração do tratamento (SIMPSON, 1975). Entretanto, Campbell (1960) recomenda que, para madeira de 1" de espessura, o tempo de vaporização a 100°C deve ser de aproximadamente duas horas, e não deve exceder a quatro horas. Períodos longos (superior a seis horas) aumentam consideravelmente a contração e o colapso, e sua remoção será mais difícil.

A pré-vaporização da madeira de *Eucalyptus regnans* por uns 30 minutos reduz a variação dimensional da madeira e permite melhorar os níveis de recuperação do colapso. Tendência similar é observada desde a medula até a casca (CHAFE, 1990). Trabalhando com a mesma espécie, Mackay (1971) observou que a pré-vaporização da madeira verde permite aumentar a difusão de vapor através da madeira e favorece a recuperação do colapso. Mackey mostrou, também, que o coeficiente de difusão aumenta de 9% após a vaporização.

Um tratamento de 2 a 4 horas de vaporização pode causar uma descoloração na madeira de *Eucalyptus*, tratada em condições verdes (CAMPBELL, 1960). Ananias (1982), trabalhando em *Eucalyptus globulus*, verificou que a vaporização favorece a taxa de secagem e reduz os efeitos de secagem, mas produz uma forte descoloração na madeira. O mesmo autor observou que, abaixo de 15% de teor de umidade, a ampliação de temperaturas superiores a 70°C não mostraram nenhum efeito negativo sobre a madeira.

Campbell (1960) observou poucas rachaduras em madeira de *Eucalyptus obliqua* depois da pré-vaporização, embora o colapso tenha sido maior. Estudos de Blumhn & Kauman (1965), indicaram que o colapso se apresenta com maior intensidade no cerne, devido à obstrução dos vasos por tiloses. Esta obstrução limita o fluxo capilar e as pequenas pontuações das fibras geram altas tensões capilares, capazes de vencer a resistência da parede celular em compressão perpendicular à fibra, ocasionando o colapso da madeira. Este defeito

é maior na direção tangencial que na direção radial, porque as paredes tangenciais das células são mais grossas que as paredes radiais, da mesma forma o colapso é mais forte no lenho primaveril do que no lenho outonal, pois as fibras do lenho primaveril são mais finas e de menor resistência à compressão.

Para Kauman (1964), a unidade relativa do ambiente de secagem e o formado da madeira são de importância secundária na ocorrência do colapso. Portanto, as madeiras susceptíveis a colapsar não devem ser expostas a temperaturas superiores a 40°C, até alcançar uma umidade de 30% no centro das tábuas e 25% em média. A razão de limitar a temperatura, baseia-se no fato de que esta intensifica o colapso por degradação térmica, limitando a sua recuperação (KAUMAN, 1966).

Vários autores indicam que o colapso pode ser corrigido em grande parte pelo processo de acondicionamento com vapor, o qual é feito a 100°C e a umidade relativa de 100%. Para Kollmann & Cote (1968), o acondicionamento de madeiras com colapso é possível quando não se desenvolvem rupturas na madeira. Ele tem sido positivo quando a unidade da madeira está em torno de 15%, permitindo à alta temperatura uma plastificação nas células, o que pode recuperar o colapso. Trabalhando com madeira de *Eucalyptus delegatensis* colapsada, secada e teores de umidade de 5, 12 e 18%, com amônia, Macky (1972) verificou que o teor de umidade de 12% foi o mais adequado para a recuperação do defeito.

O tratamento de acondicionamento, como demonstrado por vários pesquisadores, é mais eficiente quando aplicado às madeiras com 15 a 18% de teor de umidade e a 100°C de vapor saturado (SANTINI & TOMASELLI, 1980). Deve-se ter presente a duração do tratamento de acondicionamento, que, segundo recomendações, varia de 3 a 6 horas para madeira radial de 1” de espessura.

O tempo de secagem artificial de madeira de *Eucalyptus* de corte radial de 1" de espessura varia entre 350 a 450 horas, a partir de teores de umidade inicial próximos ao ponto de saturação das fibras. Para madeira de ¾" de espessura, o tempo de secagem é de aproximadamente de 200 horas (TEUBER, 1990).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o programa de secagem posposto para madeira de *Eucalyptus viminalis*, através da curva de secagem, gradiente de umidade e defeitos de secagem, assim como o efeito das três vaporizações efetuadas durante a secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A madeira utilizada neste estudo proveniente de duas árvores de *Eucalyptus viminalis*, coletadas ao acaso na Fazenda Canguiri, de propriedade da Universidade Federal do Paraná, a 20 km de Curitiba - PR. Antes da derrubada, as árvores foram aneladas com motosserra e, posteriormente, os toletes também foram anelados. As toras obtidas foram transportadas ao Laboratório de Tecnologia de Madeira da UPFR e separadas em dois grupos, sendo que um dos grupos foi submetido à vaporização, a uma temperatura de 80°C por vários períodos de 18, 24 e 48 horas.

Tanto as toras vaporizadas quanto aquelas não vaporizadas foram desdobradas em tábuas 25,0 mm de espessura. Do material serrado foram selecionadas 31 tábuas ao acaso, sendo 20 tábuas provenientes de toras vaporizadas e 11 toras não vaporizadas. Estas tábuas foram submetidas à secagem utilizando o programa mostrado na Figura 1. Para reduzir empenamentos, optou-se por restringir as pilhas com a aplicação de blocos de concreto sobre a pilha, de modo a submetê-la a uma pressão aproximada de 140 kg/m².

Para acompanhar o processo de secagem, foram selecionadas

amostras. Durante a secagem acompanhou-se a perda de umidade e o aparecimento de defeitos (rachaduras e colapso). A perda de umidade foi acompanhada pelo método gravimétrico. O gradiente de umidade foi avaliado no final da secagem, cortando-se amostras de cada uma das tábuas.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentado o efeito de vaporização no teor de umidade da madeira. Como pode ser observado, mesmo utilizando-se vapor saturado, a vaporização inicial reduz significativamente o teor de umidade da madeira verde. Quando a madeira se aproxima do teor de umidade final desejado (cerca de 10%), a aplicação de vapor causa um ganho progressivo no teor de umidade, dentro dos tempos utilizados neste experimento (uma hora).

TABELA 1: Variação do teor de umidade antes e depois da vaporização.
TABLE 1: Variation of the humidity level before and after the vaporization.

	Teor de Umidade (%)		
	Primeira vaporização	Segunda vaporização	Terceira vaporização
Antes	52,38	17,48	9,71
Depois	49,77	17,15	10,80
Diferença	-3,61	-0,33	1,09

A vaporização final tem como objetivo a redução dos gradientes de umidade e, conseqüentemente, das tensões internas causadas por estes gradientes. Na Tabela 2 é apresentado o gradiente de umidade existente entre a superfície e o interior da madeira, considerando-se a média para as 31 amostras. Como pode ser observado, o gradiente da umidade foi bastante reduzido, da mesma forma que a variabilidade das diferentes amostras. Isto significa que o programa de secagem e o acondicionamento final foram adequados na minimização das tensões internas.

O tempo total de secagem da madeira de *Eucalyptus viminalis*, desde verde (umidade inicial média de 53%) até um teor de umidade final de aproximadamente 9%, incluindo-se as etapas de vaporização inicial, vaporização intermediária (para recuperação do colapso) e vaporização final (para acondicionamento) foi de 496 horas. A queda de umidade pode ser observada na curva de secagem mostrada na Figura 1, os resultados indicam que se obteve uma taxa de secagem média de 2,57%/dia.

TABELA 2: Teor de umidade e gradientes.

TABLE 2: Humidity and gradients levels.

	Média	Variância	Intervalo de Confiança (95%)
Teor de Umidade			
Inicial	52,03	228,96	47,59 - 58,47
Final	9,24	3,25	8,15 - 10,33
Gradiente de Umidade			
S1	8,55	3,04	7,92 - 9,18
Centro	9,24	3,25	8,58 - 9,89
S2	10,47	4,87	9,68 - 11,29
S1-Centro	1,87	0,78	1,55 - 2,19
S2-Centro	1,81	0,87	1,47 - 2,15

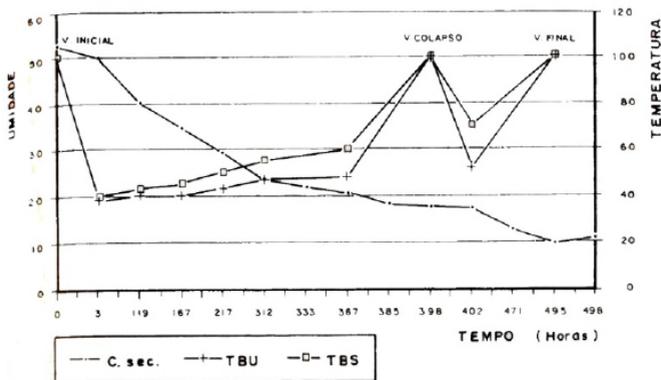


FIGURA 1: Condições de secagem adotada e curva de perda de umidade (C.sec. = curva de secagem, TBS = temperatura de bulbo seco e TBU = temperatura de bulbo úmido).

FIGURE 1: Conditions of the adopted drying and the loss curve of the humidity loss (C sec. = drying curve, TBS = temperature of the dry bulb and TBU = temperature of the humid bulb)

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados relativos à avaliação dos defeitos. Após a secagem, 33% das tábuas estavam livres de defeitos e 39% com pequenas rachaduras superficiais. Isto representa um total de 72% de tábuas utilizáveis. Os 28% restante apresentaram limitações de uso, seja pela presença de rachaduras maiores ou colapso.

TABELA 3: Percentagem de defeitos de secagem.

TABLE 3: Percentage of the drying deffetcs.

Defeitos De Secagem	(%)
Sem Defeitos	33
Fendas sup. Fortes	6
Fendas sup. Leves	39
Colapso Leve	6
Colapso Forte	16
Utilizável	72
Com Restrições	28

Este resultado é, significativamente, superior aos obtidos em outros estudos com *Eucalyptus viminalis*, em que a secagem de madeira de 25 mm de espessura, a partir do ponto de saturação das fibras até 12%, necessitou-se de 350 a 450 horas (TEUBER, 1990). Os ganhos obtidos, em termos de taxa de secagem, podem ser atribuídos à vaporização inicial, bem como às elevadas temperaturas aplicadas no período final de secagem (70°C após 17% de umidade). Esta temperatura elevada no final da secagem não parece ter causado degradações ao material, no entanto, a aplicação de vaporização causou descoloração superficial nas tábuas.

Considera-se que os resultados obtidos são bastante favoráveis, especialmente, pelo fato de que *Eucalyptus viminalis* é uma espécie com sérias limitações de uso para serrado. A alta massa específica da madeira utilizada neste estudo e a presença de cerne em grande número de tábuas indica que a permeabilidade do material é bastante reduzida e, portanto, seriam esperados grandes problemas na secagem, além daqueles tradicionais para a espécie (colapso e tensões internas). Os bons resultados obtidos podem ser relacionados a vários fatores, entre os quais salienta-se a adequabilidade do programa de secagem, o perfeito controle do processo, a utilização de vaporização inicial, a restrição da pilha durante a secagem, bem como o tratamento aplicado às árvores e toretes, para diminuir as tensões de crescimento (anelamento-vaporização).

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que é perfeitamente possível secar madeira serrada de *Eucalyptus viminalis*, obtendo-se material apropriado para ser utilizado, desde que:

- a) Seja aplicado às técnicas de anelamento das árvores antes de serem cortadas, um tratamento de vaporização do desdobro, de tal forma a obter-se material com tensões internas mínimas.

- b) O programa de secagem adotado considere uma vaporização inicial, uma vaporização intermediária para recuperação do colapso e uma vaporização final para redução do gradiente de umidade.
- c) Seja adotada restrição de carga durante o processo de secagem.
- d) Tenha-se equipamento adequado e um perfeito controle do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANANIAS, R. **Secado artificial de *Eucalyptus globulus* para parquet tipo mosaico**. Seminario de Titulación. Universidad del Bio-Bio, 1982.

ALEXIOU, P.N.; WILKINS, A.P.; HARTLEY, J. Effect of presteaming on drying rate. Wood anatomy and shrinkage of regrowth *Eucalyptus pilularis* S. **Wood Sci. Technol.**, v.24, p.103-110, 1990.

BARNES, H.M. Treatment of peeler cores with water distersible preservative formulations. **Wood Fiber Sci.**, v.18, p.397-412, 1986.

BLUMHN, E.; KAUMAN, W.G. El colapso en la madera y su reacondicionamento. **Informe Técnico**, Instituto Florestal, Santiago, Chile, n.22, 1965.

CAMPBELL, G.S. Presteaming cuts drying time of "Ash" Eucalypts. C.S.I.R.O. **Forest Products Newsletter**, v.263, p.01-02, 1960.

CAMPBELL, G.S. The value of presteaming for drying some collapse susceptible eucalypts. **For. Prod. Jor.**, v.9, p.343-347, 1961.

CHAFE, S.C. Effects of brief presteaming on shrinkage, collapse and other wood-water relationships in *Eucalyptus regnans* F. Muell. **Wood Sci. Technol.**, v.24, p.311-326, 1990.

CHEN, P.Y.S The effects os steaming time and temperature on the longitudinal permeability of black walnut heart ood. **Wood Fiber**, v.11, p.218-227, 1975.

CUTTER, B.E.; PHELPS, J.E. High-pressure steam sdrying: effects on permeability. **For. Prod. Jor.**, v.36, p.19-20, 1986.

FAO. **El eucalipto em la población forestal**. Roma; FAO. 1983. 723p.

ELLWOOD, E.L.; ERIKSON, R.W. Effects of presteaming on seasoning stain and drying rate in redwood. **For. Prod.**, v.12, p.328-332, 1962.

HASLETT, A.N.; KININMONTH, J.A. Pretreatmens to hasten the drying of *Nothofagus fusca*. **Jor. For. Sci.**, v.16, p.237-246, 1986.

HILLIS, W.E. **Wood quality and Utilization**. IN: HILLIS, W.E., BROWN, A.G. (eds.). *Eucalyptus* for wood production. Griffen press. Adelaide, Australia: 1978.

KAUMAN, W.G. Effects of thermal degradation on shrinkage and collapse of wood from 3 Australian species. **For. Prod. Jor.**, v.11, p.445-451, 1961.

KAUMAN, W.G. Cell collapse in wood. CSIRO, Division of Forest Products, DFP Reprint N 566, 1964.

KAUMAN, W.G. On the deformation and setting of the wood cell wall. CSIRO, Division of Forest Products, Reprint n.11, p.551-556, 1966.

KOLLMANN, F.P.; COTE, W.A. **Principles of wood science and technology**. New York: Springer, 1968.

MACKAY, J.F.G. Influence of steaming on water vapour diffusion in hardwoods. **Wood Sci.**, v.3, p.156-160, 1971.

KOLLMANN, F.P. recovery of collapse in *Eucalyptus delegatensis* by use of anhydrous Ammonia and steam. **Wood and Fibe**, v.4, n.3, p.126-129, 1972.

SANTINI, E.J.; TOMASELLI, I. Colapso na madeira e algumas experiências brasileiras. FUPEF, **Série Técnica**, Curitiba, n.3, 1980.

SIMPSON, W.T. Effects of steaming on the drying rate of several species of wood. **Wood Sci.**, v.7, p.247-255, 1975.

SIMPSON, W.T. Effects of presteaming on moisture gradient of Nosthen Red Oak during. **Wood Sci.**, v.8, p.156-159, 1976.

STAMM, A.J. **Wood and cellulose science**. New York: Ronald Press, 1964.

TEUBER, P. **Mejoramiento del secado industrial de *Eucalyptus globulus* L. Proyecto de Título**. Concepción, Chile: Depto. de Ingeniería en Maderas. Universidad del Bio-Bio, 1990.

WEIK, B.B. et al. Practical drying techniques for Yellow-poplar S-D-R fliches. **For. Prod. Jor.**, v.34, p.39-44, 1984.