

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NOS DEFEITOS DE SECAGEM DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis* Thunb.

Magnos Alan Vivian¹; Karina Soares Modes²; Rafael Beltrame³; Joel Telles de Souza⁴; Diego Martins Stangerlin⁵; Wesley Wilker Corrêa Morais⁴; Elio José Santini⁶

Resumo: O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência dos tratamentos térmicos de aquecimento e congelamento nos defeitos de secagem da madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. Para tanto, utilizou-se amostras de madeira da espécie em questão com dimensões de 2 x 10 x 20 cm. Os tratamentos térmicos de aquecimento e congelamento foram conduzidos em tanque térmico a 85°C e em freezer a -18°C, respectivamente, em que as amostras permaneceram durante 12 e 24 horas em ambos os tratamentos. Após os pré-tratamentos, as amostras foram submetidas à secagem em estufa elétrica com circulação forçada de ar, a temperaturas de 60 e 90°C, até o teor de umidade final estipulado de 0 a 2%. Os tratamentos térmicos apresentaram efeito diferenciado em função dos defeitos de secagem, enquanto o aquecimento e congelamento reduziram o encurvamento das peças em relação à testemunha, o IRT tendeu a aumentar o mesmo. Em relação às temperaturas de secagem, as peças submetidas a 60°C apresentaram defeitos menos pronunciados, demonstrando que temperaturas de secagem mais amenas reduzem a incidência de defeitos.

Palavras-chave: aquecimento; congelamento; defeitos de secagem; pré-tratamentos, *Hovenia dulcis*.

¹ Engenheiro Florestal, Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <magnosalan@yahoo.com.br>

² Engenheira Florestal, M. Sc. Professora Assistente do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia/UNIR, Campus Rolim de Moura, CEP 78987-000, Rolim de Moura, RO. <ksmodes@gmail.com>

³ Engenheiro Florestal, M. Sc., Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <browbeltrame@yahoo.com.br>

⁴ Engenheiros Florestais, Mestrandos pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <joeltelles@hotmail.com; wesley_eng@hotmail.com>

⁵ Engenheiro Florestal, M. Sc., Professor Assistente do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso/UFMT, Campus Sinop, CEP 78550-000, Sinop, MT. <diego_stangerlin@yahoo.com.br>

⁶ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Associado do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, nº 1000, CEP 97105-900, Santa Maria (RS). <elio.santini@pq.cnpq.br>

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE DEFECTS OF DRYING *Hovenia dulcis* Thunb. WOOD

Abstract: This study aimed to evaluate the influence of heat treatments of heating and freezing in the drying defects of *Hovenia dulcis* Thunb. wood. For this, were used samples from such species of wood concerned with dimensions of 2 x 10 x 20 cm. The heat treatments of heating and freezing were conducted in tank heated to 85°C and in a freezer at -18°C, respectively, where the samples remained during 12 and 24 hours for both treatments. After those pre-treatment, the samples were dried an electric oven with forced air circulation at temperatures of 60 and 90°C until the final moisture content achieves set 0 to 2%. The heat treatments showed different effects in function of defects of drying, While heating and freezing treatments reduced the bending towards the samples which did not suffer any of those treatments, the IRT tended to increase it. For the temperatures of drying, the samples submitted to 60°C showed less pronounced defects, indicating that drying mild drying temperatures decrease the incidence of defects.

Keywords: heating; freezing; defects of drying; pre-treatments; *Hovenia dulcis*.

1 INTRODUÇÃO

Nos diferentes processos de transformação da madeira maciça em produtos industrializados, a secagem é a fase intermediária que mais contribui para agregar valor ao produto final. Contudo, levantamentos relatam que a falta de atenção da indústria para com a secagem é a principal causa do baixo padrão de qualidade dos produtos à base de madeira. A partir da década de 80, verificou-se uma evolução tecnológica em relação ao assunto, por meio da geração de conhecimentos nos principais centros de pesquisa, do aumento e aprimoramento da força de trabalho, e da incorporação de máquinas e equipamentos modernos (DUCATTI et al., 2001).

A secagem da madeira é o processo da redução do seu teor de umidade, a fim de levá-la a um teor de umidade definido, com o mínimo de defeitos, no menor tempo possível e de uma forma economicamente viável, para o uso a que se destina (MARTINS, 1988). As tensões que se desenvolvem na madeira durante a saída da água são a causa básica dos defeitos de secagem. Dentre os principais defeitos resultantes da secagem incluem-se os empenamentos do tipo encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento; as rachaduras, o encruamento e o colapso (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

A *Hovenia dulcis* (uva-do-japão) apresenta madeira de ótima qualidade, com características físico-mecânicas similares às da *Cordia trichotoma* (Vell.) (louro-pardo), razão pela qual a indústria madeireira e moveleira da região de Caxias do Sul, RS, já vem executando plantios em pequena escala desta espécie, obtendo bons resultados. Segundo Carvalho (1994), a espécie em questão apresenta potencial de utilização diverso, entre eles a construção civil, marcenaria, vigas, caibros, tábuas, assoalhos, moirões, sendo usada também na fabricação de móveis e laminados, além do seu aproveitamento na indústria de celulose e papel.

Porém, se dispõem de poucas informações sobre as melhores formas de secagem da madeira desta espécie, informações estas que são de suma importância para obtenção de bons resultados na indústria moveleira e na construção civil, que necessitam por sua vez, realizar a secagem prévia do material para confecção das peças de madeira.

Em vista disso, surgem como opções os tratamentos térmicos, ou também chamados de pré-tratamentos de secagem, que buscam, além de aumentar a taxa de secagem da madeira, diminuir os defeitos ocasionados pelo processo, entre estes métodos temos a imersão em água quente e o congelamento (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com o mesmo autor citado anteriormente, os primeiros estudos utilizando o aquecimento e congelamento como pré-tratamentos de secagem da madeira são datados da década de sessenta e foram desenvolvidos nos Estados Unidos. Essas pesquisas já demonstravam os benefícios na secagem da madeira com a utilização desses pré-tratamentos, tanto para o aumento da taxa de secagem, quanto à redução de defeitos de secagem na madeira.

Vermaas (1995) menciona a imersão em água quente (também conhecido como aquecimento), o congelamento, aplainamento, a vaporização, como formas de facilitar a secagem da madeira.

O tratamento térmico de aquecimento consiste na imersão da madeira em água quente, utilizando-se temperaturas e períodos variáveis. De acordo com Chafe (1992), o aquecimento em água produz mudanças nas propriedades físicas e químicas da madeira e a extensão dessas mudanças depende da temperatura e da duração do pré-tratamento. A imersão em água quente possibilita a remoção ou redistribuição de alguns extrativos que alteram a estrutura interna da madeira, resultando no aumento do coeficiente de difusão da madeira e, conseqüentemente, no aumento da taxa de secagem (CHOONG et al., 1999).

Já o pré-tratamento de congelamento, de acordo com Ilic (1995), tem sido utilizado como pré-tratamento de secagem para madeiras de coníferas e folhosas de regiões temperadas

e tropicais. Pesquisas sugerem que temperaturas próximas a -20°C são mais apropriadas para o congelamento da madeira, embora algumas espécies possam responder melhor a temperaturas mais negativas, com durações que variam entre 12 a 24 h.

Com base nestes tratamentos térmicos, busca-se a avaliação dos efeitos desses nos defeitos de secagem da madeira, sabendo-se que eles são diretamente influenciados por fatores inerentes à própria madeira e inerentes aos procedimentos de secagem adotados.

Com este intuito, o presente estudo objetivou avaliar a influência dos tratamentos térmicos de aquecimento e congelamento nos defeitos de secagem da madeira de *Hovenia dulcis* Thunb.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta e prepare do material

Para a realização do estudo, foi utilizada a madeira de *Hovenia dulcis* (uva-do-japão) obtida em um povoamento da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – Centro de Pesquisa e Recursos Florestais (FEPAGRO FLORESTAS), localizado no Distrito da Boca do Monte, em Santa Maria - RS. As árvores amostradas foram seccionadas em toras de 3,0 m, desdobradas em pranchas, para posteriormente serem resseradas em tábuas com dimensões nominais de 2 x 10 x 20 cm em espessura, largura e comprimento, respectivamente.

2.2 Condução dos tratamentos térmicos

O pré-tratamento de imersão em água quente foi realizado em um tanque térmico (Figura 1A) dotado de um controle termostático de temperatura, que mantém a água a 85°C , sendo essa aquecida através de resistências elétricas. Já no tratamento térmico de congelamento, as amostras foram acondicionadas em um freezer doméstico (Figura 1B; Figura 2A) com controle de temperatura por meio de um termômetro digital.



Figura 1. Condução dos pré-tratamentos: A) tanque térmico e B) freezer doméstico.
Figure 1. Conducting pre-treatments: A) heat tank and B) domestic freezer.

O estudo contou com dois pré-tratamentos: imersão em água quente a 85°C (durante 12 e 24h) e congelamento a -18°C (durante 12 e 24h). Adicionalmente, foram utilizadas amostras não submetidas a pré-tratamento. Em todos os casos, as amostras foram posteriormente submetidas à secagem sob duas temperaturas (60 e 90°C), constituindo assim 10 tratamentos de cinco repetições (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos avaliados no estudo.
Table 1. Treatments evaluated in the study.

Tratamento	Pré-tratamentos	Id	Duração (h)	T (°C)
1	Testemunha (sem pré-tratamento)	T1	-	60
2	Testemunha (sem pré-tratamento)	T2	-	90
3	Aquecimento a 85°C	A1	12	60
4	Aquecimento a 85°C	A2	12	90
5	Aquecimento a 85°C	A3	24	60
6	Aquecimento a 85°C	A4	24	90
7	Congelamento a -18°C	C1	12	60
8	Congelamento a -18°C	C2	12	90
9	Congelamento a -18°C	C3	24	60
10	Congelamento a -18°C	C4	24	90

A partir de cada tábua, extraiu-se de seus extremos duas secções destinadas à determinação do teor de umidade inicial das peças. Imediatamente após cortadas, as amostras foram pesadas e submetidas à secagem em estufa à temperatura de 103±2°C, até atingirem massa constante. O teor de umidade inicial de cada amostra foi calculado através da média aritmética das duas secções por meio da Equação 1.

$$T_{ui} = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: T_{ui} = teor de umidade inicial (%); m_u = massa úmida da seção (g); m_s = massa seca da seção (g).

2.3 Processo de Secagem

A secagem das peças foi realizada por meio de estufa elétrica (Figura 2B) com convecção forçada de ar e controle termostático da temperatura. Através das pesagens periódicas das amostras durante o processo, foi possível monitorar e finalizar a secagem quando essas atingiram o teor de umidade entre 0 e 2%, o qual foi monitorado por meio da Equação 2.

$$T_u = \left(\frac{M_a(T_{ui} + 100)}{M_i} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: T_u = Teor de umidade da madeira (%); M_a = Massa atual da madeira (g); T_{ui} = Teor de umidade inicial da madeira (%); M_i = Massa inicial da madeira (g).

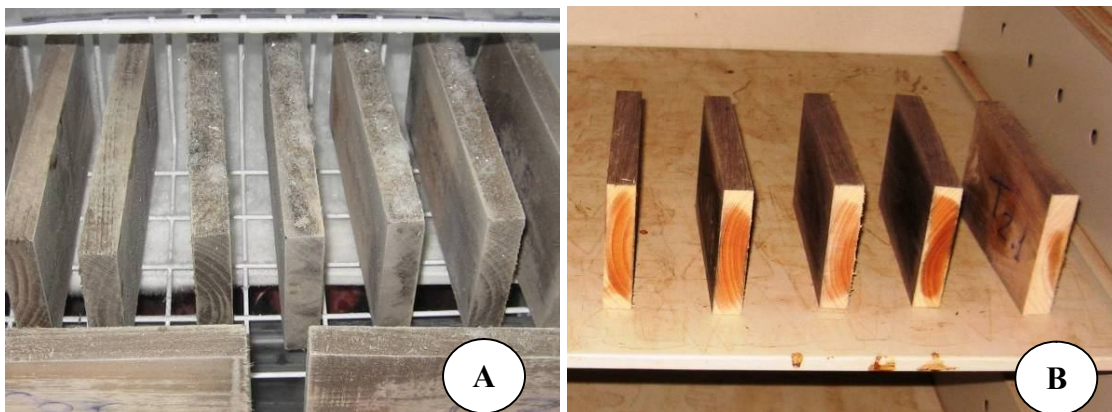


Figura 2. A) amostras no freezer e B) condução da secagem.
Figure 2. A) samples in the freezer and B) conduct of drying.

2.4 Contração da madeira

A contração da madeira foi analisada para a largura, espessura e comprimento além da contração volumétrica, pelas mensurações das peças antes da secagem, com a madeira úmida, e nas mesmas posições após a secagem, com a madeira seca (Equação 3).

$$L; E; C\% = \frac{D_{\text{verde}} - D_{\text{seca}}}{D_{\text{seca}}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: L; E; C% = contração da madeira (largura, espessura, comprimento); D_{verde} = dimensão verde (mm); D_{seca} = dimensão seca (mm).

2.5 Defeitos de secagem

O arqueamento e encurvamento foram avaliados medindo a flecha do empeno ao longo da face da tábua em que o defeito mostrou-se mais saliente e obtido de acordo com a Equação 4. O encanoamento e o torcimento foram obtidos por meio da medida direta da maior flecha.

$$A_r; E_v = \frac{f}{L} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: A_r; E_v = Arqueamento e Encurvamento (mm/m); f = flecha do empeno (mm); L = comprimento da peça (m).

As rachaduras de topo foram determinadas por meio do índice de rachaduras de topo (IRT), conforme Equação 5.

$$IRT = \frac{(I_2 + I_3 + \dots + I_n)}{L_1} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: IRT = índice das rachaduras de topo (%); I₂ + I₃...+ I_n = comprimento individual das rachaduras (mm); L₁ = comprimento total da peça (mm).

2.6 Análise estatística

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com arranjo tri-fatorial, tendo como fatores os pré-tratamentos, a duração de cada tratamento e a temperatura de secagem utilizada. Os dados foram analisados por análise de variância (ANOVA), e comparados por teste de médias (teste t).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da Tabela 2 pode-se observar a análise de variância dos fatores em função dos defeitos de secagem oriundos dos tratamentos térmicos, duração e temperatura de secagem para a madeira de *Hovenia dulcis*.

Tabela 2. Análise de variância (valor de F) para os fatores envolvidos no tratamento térmico em função dos defeitos para a madeira de *Hovenia dulcis*.

Table 2. Analysis of variance (F value) for the factors involved in head treatments in function of defects for *Hovenia dulcis* wood.

CV	Esp.	Larg.	Comp.	Vol.	Encan.	Encurv.	Torc.	IRT
TT	0,20 ^{ns}	0,27 ^{ns}	2,67 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,91 ^{ns}	3,56*	1,02 ^{ns}	8,31**
D	0,19 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,19 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,65 ^{ns}
TS	3,61 ^{ns}	13,60**	3,39 ^{ns}	16,70**	1,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,48 ^{ns}	4,38*
TT x D	0,72 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,33 ^{ns}	1,19 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,62 ^{ns}
TT x TS	0,35 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,25 ^{ns}	2,62 ^{ns}	3,59*	0,04 ^{ns}	2,24 ^{ns}
D x TS	0,07 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,67*
TT x D x TS	0,15 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,01*	0,09 ^{ns}	8,44**	0,10 ^{ns}	6,58**

TT=tratamento térmico; D=duração; TS=temperatura de secagem; Larg.= contração em largura; Esp.= contração em espessura; Comp.= contração em comprimento; Vol.= contração em volume; Encan.=encanoamento; Encurv.=encurvamento; Torc.=torcimento; IRT=índice de rachadura de topo.

Como pode ser observado na Tabela acima, o tratamento térmico teve efeito apenas sobre o encurvamento e IRT, já duração não gerou influência nos defeitos da madeira. O fator mais influente foi à temperatura de secagem (TS), sendo essa altamente significativa sobre a contração em largura e volume, bem como no IRT após a secagem. A interação dos fatores também foi significativa para alguns defeitos, como contração volumétrica, encurvamento e IRT.

Os resultados obtidos para a contração em largura, espessura, comprimento e volume das amostras para cada uma dos tratamentos aplicados à madeira podem ser observados na Tabela 3.

Através da comparação simples de médias, os pré-tratamentos aplicados à madeira de *Hovenia dulcis* não ocasionaram efeito significativo sobre a contração. A duração (12 e 24h), bem como as temperaturas de secagem (60 e 90°C), não apresentaram efeito significativo. De maneira geral, a temperatura de 60°C apresentou menor contração em ambas as direções avaliadas, demonstrando que temperaturas de secagem mais amenas reduzem a variação dimensional da madeira.

Tabela 3. Contração da madeira de *Hovenia dulcis* após ser submetida aos pré-tratamentos.**Table 3.** Contraction of the *Hovenia dulcis* wood after being subjected to pre-treatments.

T	Larg. (%)	Esp. (%)	Comp. (%)	Vol. (%)
T1	6,38 a	4,78 a	0,26 a	11,75 a
T2	7,19 a	5,69 a	0,43 a	13,77 a
A1	6,72 a	4,27 a	0,12 a	11,41 a
A2	6,83 a	5,11 a	0,30 a	12,61 a
A3	5,77 a	5,22 a	0,27 a	11,59 a
A4	6,95 a	5,42 a	0,25 a	13,02 a
C1	5,99 a	5,08 a	0,14 a	11,53 a
C2	7,27 a	5,30 a	0,19 a	13,17 a
C3	6,07 a	4,77 a	0,23 a	11,38 a
C4	7,25 a	5,14 a	0,26 a	13,05 a

Em que: T=tratamentos; Larg.=contração em largura; Esp.=contração em espessura; Comp.=contração em comprimento; Vol.=contração em volume. Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (teste t, $p > 0,05$).

A contração no sentido longitudinal, ou seja, no comprimento, apresentou-se pouco expressiva, ficando situada no intervalo de variação de 0,05 e 1,0% citado por Durlo; Marchiori (1992).

Oliveira (2003), em estudo realizado com a madeira de *Eucalyptus grandis*, encontrou alterações significativas na contração das amostras com a aplicação do pré-congelamento, em que o mesmo reduziu a contração volumétrica das peças. Porém, o mesmo autor encontrou aumento da contração volumétrica nas peças submetidas ao pré-aquecimento, independentemente da temperatura de secagem utilizada.

Autores como Erickson (1968), Chen; Biltonen (1979) e Oliveira (2003) encontraram uma redução significativa nos valores de contração tanto em largura quanto em espessura para peças de madeira submetidas ao tratamento térmico de congelamento.

Os empenamentos e rachaduras da madeira de *Hovenia dulcis* submetida aos tratamentos térmicos podem ser observados na Tabela 4. Os pré-tratamentos não apresentaram efeito significativo para o torcimento, já o arqueamento não foi encontrado em nenhuma peça, sendo desta forma desconsiderado.

Tabela 4. Avaliação dos defeitos das peças de madeira de *Hovenia dulcis* após os pré-tratamentos de secagem.**Table 4.** Evaluation of the defects of the *Hovenia dulcis* wood after pre-treatments of drying.

T	Encurvamento (mm/m)	Encanoamento (mm)	Torcimento (mm)	IRT (%)
T1	0,63 ab	0,66 a	2,95 a	0 c
T2	1,26 a	0,60 a	3,64 a	2,17 c
A1	0 b	0,60 a	2,93 a	0 c
A2	0 b	0,40 a	3,03 a	2,93 bc
A3	1,26 a	0,80 a	2,84 a	0 c
A4	0 b	0,80 a	3,80 a	2,99 bc
C1	1,27 a	0,70 a	2,79 a	6,59 ab
C2	0 b	1,20 a	3,59 a	0,44 c
C3	0 b	0,70 a	4,11 a	2,77 c
C4	1,27 a	1,50 a	4,99 a	7,71 a

T= tratamentos, IRT=índice de rachadura de topo. Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (teste t, $p > 0,05$).

De acordo com a Norma Brasileira de Classificação da Madeira de Folhosas (BRASIL, 1983), o limite máximo permitido para o encurvamento é de 5 mm/m, desta forma, todos os pré-tratamentos apresentaram valores abaixo do admitido pela mesma para madeira considerada de 4ª classe.

A duração dos pré-tratamentos influenciou significativamente os defeitos de secagem, exceto para o torcimento e encanoamento, de maneira geral os defeitos aumentaram com o aumento da duração dos mesmos.

A incidência de rachaduras de topo foi diferenciada em função do pré-tratamento aplicado à madeira, em que o congelamento por 12 e 24h de duração (C1 e C4) foi significativamente superior às demais. Desta forma, constata-se a ineficiência do pré-tratamento de congelamento no controle de rachaduras de topo para a madeira de *Hovenia dulcis*. Erickson; Petersen (1969) também não encontraram diferença significativa entre amostras submetidas ao pré-congelamento, para a incidência de rachaduras durante a secagem da madeira de algumas folhosas.

Oliveira (2003), em estudo realizado com a madeira de *Eucalyptus grandis* submetida aos pré-tratamentos de aquecimento e congelamento, com posterior secagem a diferentes temperaturas, observou que, com o aumento da mesma, ocorre uma tendência significativa a incrementar o percentual de rachaduras de topo em ambos os pré-tratamentos, sendo essa a mesma tendência encontrada no presente estudo, exceto para 12h de congelamento, quando a secagem a 60°C (C1) apresentou maior IRT que a 90°C (C2).

Já as peças submetidas ao pré-tratamento de aquecimento apresentaram baixa incidência de rachaduras, assim como as testemunhas, sendo que o A1, A3 e T1, ambos com secagem a 60°C, não apresentaram o defeito.

Através das Tabelas 5, 6 e 7, observa-se a comparação múltipla de médias, em que estão apresentadas apenas as variáveis e interações significativas da análise de variância obtida na Tabela 2.

Tabela 5. Comparação múltipla de médias para contração em largura e volume em função da temperatura de secagem.

Table 5. Multiple comparisons of means for contraction in width and volume as a function of drying temperature.

Temperatura de secagem (°C)	Contração em largura (%)
60	6,22 b
90	7,11 a
Temperatura de secagem (°C)	Contração em volume (%)
60	11,57 b
90	13,23 a

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si (teste t, $p > 0,05$).

De acordo com a comparação múltipla de média observada na Tabela 5, a temperatura de secagem teve efeito significativo sobre a contração em largura e em volume para a madeira de *Hovenia dulcis*, em que a temperatura de 90°C gerou contração superior a 60°C, o que confirma que temperaturas mais elevadas causam maiores deformações na madeira.

Tabela 6. Comparação múltipla de médias para o encurvamento em função do tratamento térmico, bem como interação do tratamento térmico e temperatura de secagem.

Table 6. Multiple comparisons of means for the bow in function of heat treatment and the interaction of heat treatment and drying temperature.

Tratamento térmico	Encurvamento (mm/m)	
Testemunha	0,94 a	
Aquecimento	0,31 b	
Congelamento	0,63 ab	
Tratamento térmico	Temperatura de secagem (°C)	
	60	90
Testemunha	0,63 aA	1,26 aB
Aquecimento	0,63 aA	0,00 bB
Congelamento	0,63 aA	0,63 abA

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula, ou nas linhas por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste t, $p > 0,05$).

De acordo com a Tabela 6, a madeira sem tratamento apresentou encurvamento mais acentuado nas peças submetidas aos pré-tratamentos, o que demonstra que os mesmos foram eficientes para redução deste defeito de secagem. O pré-congelamento apresentou

encurvamento menor que a testemunha, entretanto, não diferiu estatisticamente da mesma. Já o aquecimento que apresentou a menor média para o defeito não diferiu estatisticamente do congelamento.

Em relação à interação dos fatores tratamento térmico e temperatura de secagem, observa-se que a temperatura de 60°C não causou efeito significativo sobre o encurvamento, já a 90°C o aquecimento foi o mais eficiente, não apresentando o defeito.

Tabela 7. Comparação múltipla de médias para o IRT em função do tratamento térmico e temperatura de secagem, bem como a interação da duração com a temperatura de secagem.

Table 7. Multiple comparisons of means for the IRT in function of heat treatment and drying temperature, and interaction of duration with the drying temperature.

Tratamento térmico		IRT (%)	
Testemunha		1,08 b	
Aquecimento		1,48 b	
Congelamento		4,38 a	
Temperatura de secagem (°C)		IRT (%)	
60		1,56 b	
90		3,07 a	
Duração (h)	Temperatura de secagem (°C)		
	60	90	
12	2,20 aA	1,84 bA	
24	0,92 aB	4,29 aA	

Médias nas colunas, seguidas por uma mesma letra minúscula, ou nas linhas por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente entre si (teste t, $p > 0,05$).

Por meio da Tabela 7, percebe-se que para o IRT o pré-congelamento ocasionou um aumento altamente significativo, enquanto o aquecimento e a testemunha não diferiram entre si. Em função da temperatura de secagem, o IRT foi significativamente superior nas peças submetidas à secagem a 90°C.

A interação entre a duração e a temperatura de secagem apresentou resultados diferenciados. A 60°C as peças que permaneceram durante 24h em pré-tratamento apresentaram a tendência de redução do IRT, entretanto não de forma significativa. Já a 90°C a maior duração dos tratamentos térmicos gerou aumento significativo do IRT.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- ◆ A duração dos pré-tratamentos não apresentou alteração significativa na contração da madeira, porém foi significativa para os defeitos de secagem.
- ◆ A temperatura de secagem foi o fator mais influente nos defeitos de secagem da madeira, em que as peças submetidas a 60°C apresentaram defeitos menos pronunciados, demonstrando que temperaturas de secagem mais amenas reduzem a incidência de defeitos.
- ◆ De maneira geral, o pré-tratamento de aquecimento apresentou melhores resultados para a madeira de *Hovenia dulcis* em comparação com o congelamento.

6 REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Norma para classificação de madeira serrada de folhosas**. Brasília: Ministério da Agricultura, IBDF, Laboratório de Produtos Florestais, 1983. 67 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Ecologia, silvicultura e usos da uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg)**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. 24p.
- CHAFE, S. C. Changes in shrinkage, collapse and green volume in the wood of *Eucalyptus regnans* F. Muell after heating in water. **Wood Science**, v. 12, n. 6, p. 341 - 345, 1992.
- CHEN, P. Y. S.; BILTONEN, F.E. Effect of prefreezing on press-drying of black walnut heartwood. **Forest Products Journal**, v. 29, n. 2, p. 48 - 51, 1979.
- CHOONG, E. T.; SHUPE, T. F.; CHEN, Y. Effect of steaming and hot-water soaking on extractive distribution and moisture diffusivity in southern pine during drying. **Wood Fiber Science**, v. 31, n. 2, p. 143 - 150, 1999.
- DUCATTI, M. A.; JANKOWSKY, I. P.; ANDRADE, A. Condições da secagem convencional em indústrias madeireiras no município de Tietê, SP. **Scientia Forestalis**, n.59, p 101-113, jun. 2001.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: Retratibilidade**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992, 33p.
- ERICKSON, R. W. Drying of prefrozen redwood: Fundamental and applied considerations. **Forest Products Journal**, v. 18, n. 6, p. 49 - 56, 1968.
- ERICKSON, R. W.; PETERSEN, H. D. The influence of prefreezing and cold water extraction on the shrinkage of wood. **Forest Products Journal**, v. 19, n. 4, p. 53 - 57, 1969.
- GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo, 1985. 111p.

ILIC, J. Advantages of prefreezing for reducing shrinkage-related degrade in eucalypts: General considerações and review of the literature. **Wood Science and Technology**, v. 29, n. 4, p. 277 - 284, 1995.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: Gutenberg, 1988. 56p.

OLIVEIRA, L. S. **Efeito de pré-tratamentos de água quente e congelamento na secagem e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2003. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

VERMAAS, H. F. Drying eucalyptus for quality: material characteristics, pre-drying treatments, drying methods, schedules and optimization of drying quality. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IPEF/IPT/IUFRO/ESALQ/USP, 1995, p. 119 - 132.