

Umidade de equilíbrio em madeira termorretrificada de cupiúba da região amazônica

Fábio Pereira dos Anjos¹ e Adriano Marlisom Leão de Sousa²

1. Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Brasil. E-mail: fabbioanjos@yahoo.com.br
2. Meteorologista, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto Sócio Ambiental e de Recursos Hídricos, Brasil. E-mail: adriano.souza@ufra.edu.br

RESUMO: O tratamento térmico promove menor umidade de equilíbrio em madeiras, trazendo melhorias em suas propriedades físicas e tecnológicas, bem como reduzindo a higroscopicidade e melhorando sua estabilidade dimensional. O objetivo deste estudo foi analisar a curva de ganho de umidade e o teor de equilíbrio higroscópico sofrido entre as amostras de madeira termorretrificadas da espécie *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba). Foram testadas temperaturas de 140 °C, 160 °C e 180 °C durante três horas de tempo, em corpos-de-prova de dimensões de 2x3x5cm, estabeleceu-se 15 corpos-de-prova para cada tratamento. Antes da termorretrificação as amostras foram submetidas à sala climatizada calibrada em 12% de umidade de equilíbrio higroscópico, após termorretrificadas as amostras retornaram à sala com calibração de 18% de equilíbrio higroscópico para fins de ganho de umidade. Observou-se curva de ganho de umidade crescente na condição de 18% de equilíbrio higroscópico após o processo de termorretrificação, sendo que as testemunhas absorveram menos umidade do que as amostras termo tratadas, porém as amostras submetidas a 180°C absorveram menos umidade do que as de 160 e 140°C, por conta da perda de constituintes hidrófilos. Na mesma condição observou-se que a umidade de equilíbrio dos corpos-de-prova foi maior nas testemunhas, seguidas das temperaturas de 140, 160 e 180 °C respectivamente. Contudo o experimento demonstra que o teor de equilíbrio higroscópico e curva de ganho de umidade influenciaram na redução da higroscopicidade do material madeireiro analisado.

Palavras-chave: tratamento térmico, higroscopicidade, desorção, adsorção.

Equilibrium moisture in thermal rectification wood of cupiúba in the amazon region

ABSTRACT: The heat treatment promotes low equilibrium moisture content of wood, bringing improvements in its physical and technological properties, as well as reducing the hygroscopicity and improving the dimensional stability. The objective of this study was to analyze the gain curve of moisture and hygroscopic equilibrium content after thermal rectification of samples *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba). Were applied temperatures of 140 °C, 160 °C and 180 °, for time three hours, in body-of-proves dimensions 2x3x5cm, settled 15 body-of-proves for each treatment. Before the thermal rectification the samples were calibrated temperature-controlled room at 12% moisture of hygroscopic equilibrium after thermal rectification samples returned to the room again and calibration with a 18% hygroscopic equilibrium moisture for the purpose of moisture gain. There was growing moisture gain curve provided of 18 % hygroscopic equilibrium moisture after the thermal rectification, the witnesses absorbed less moisture that the samples underwent thermal rectification, but the samples subjected to 180 °C absorbed less moisture of which 160 and 140 °C, as a consequence of loss of hydrophilic components. In the same condition it was observed that the equilibrium moisture content of the body-of-proves was larger in witnesses, followed by temperatures of 140, 160 and 180 °C respectively. However, the experiment evidence that the equilibrium moisture content and gain curve moisture influenced the reduction of hygroscopicity of wood material analyzed.

Keywords: heat treatment, hygroscopicity, desorption, adsorption.

1. Introdução

O tratamento térmico ou termorretrificação consiste no aquecimento aplicado à madeira, sendo considerado uma alternativa de substituição aos tratamentos químicos. Essa técnica tem se tornado uma escolha ecológica no tratamento da madeira, quando utilizada para diversos fins como na fabricação de pisos, móveis, lambris, assoalhos, acabamento de interiores, etc. (SYRJANEN, 2001).

Trata-se de um procedimento bastante simples em que são aplicadas temperaturas elevadas com a finalidade de corrigir os efeitos que a higroscopicidade causa na madeira e assim cria-se um produto com alta durabilidade, higroscopicidade reduzida e estabilidade dimensional. Essa técnica tornou-se comum no exterior e vem sendo cada vez mais aplicada no Brasil, porém ainda são poucos os estudos relacionados à termorretrificação em espécies florestais da Amazônia (MODES, 2010).

O emprego dessa tecnologia visa a obtenção de um

produto final com valor elevado em relação à madeira verde, sendo assim torna-se um importante fator para as melhorias das propriedades tecnológicas do material, isso quando realizada de forma planejada, pois aprimora suas características de trabalhabilidade (MODES, 2010).

Muitos problemas enfrentados por quem utiliza a madeira verde são causados pela alta umidade, o que torna a madeira instável em sua dimensão podendo variar sazonalmente ou enquanto seca, estando suscetível a empenamentos, rachaduras e variações em seu tamanho e forma. Diversas empresas de mobiliária no Brasil simplesmente não atentam para as tecnologias de secagem e sofrem com problemas no seu produto final, outras precisam exportá-las para localidades aonde a umidade relativa difere da umidade relativa de origem, propiciando defeitos e problemas futuros (MODES, 2010).

A higroscopicidade, que é a troca de umidade com o ambiente, é uma das características da madeira e possui

como consequência a variação dimensional, caracterizando-a como um material dimensionalmente instável. A grande preocupação é mitigar os efeitos da higroscopicidade da madeira e pensando nisso, muitos pesquisadores têm promovido estudos e métodos de secagem que possam reduzir os problemas causados pela variação dimensional (MODES, 2010; ARAÚJO, 2010; SORATTO, 2012; CADEMARTORI et al., 2012).

Os efeitos da termorretrificação na madeira são visíveis a partir do momento em que se aplicam temperaturas maiores a 140°C, nesse ponto a madeira começa a sofrer modificações em relação a sua estrutura física e química. Esse processo acompanha a perda de parte dos componentes da madeira como a celulose, a hemicelulose, a lignina e extrativos, tais perdas trazem novas características bastante atraentes para as indústrias, pois agregam valores ao seu produto final. De acordo com Modes (2010) essas substâncias são os componentes que comportam os grupos OH, parte ligada diretamente à troca higroscópica.

A reduzida higroscopicidade é o principal efeito que o tratamento térmico promove a madeira, pois além de perder parte de sua camada mais hidrófila – dependendo da temperatura aplicada – ocasiona menor variação dimensional de sua estrutura.

A madeira pesquisada neste estudo é conhecida na região amazônica como cupiúba. Segundo Ferreira & Tonini (2004), a cupiúba possui este nome dado o cheiro forte que exala, parecendo-se com o do cupim. Mas tem outros nomes, tais como cupiúba-rosa, cupiúva, cutiúba, cachaceiro, peniqueiro e peroba-do-norte, além de peroba fedida (Brasil), saino, sapino, chaquiro (Colômbia), kabukalli (Guyana), kopi (Suriname), goupie (Guiana Francesa) e pilon (Venezuela) (FERREIRA; TONINI, 2004). Apresenta ocorrência do Panamá à Amazônia brasileira, sendo mais freqüente no Pará (FERREIRA; TONINI, 2004).

De acordo com Hirai (et al, 2007 *apud* IBGE, 1992) a cupiúba ocorre com abundância em ambientes fitoecológico de floresta ombrófila densa, conhecida também como floresta equatorial úmida de terra firme. Para desenvolver-se prefere solos firmes e bem drenados, podendo também ocorrer tanto em terrenos arenosos como argilosos (FERREIRA; TONINI, 2004). É árvore de grande porte, apresentando de 10-40m de altura e copa piramidal. O tronco retilíneo e cilíndrico pode alcançar até 130 cm de diâmetro; a base é reta a acanalada. A cupiúba possui casca fibrosa, de superfície escamosa e acinzentada tendo cerca de 1,0 cm de espessura, podendo desprender-se em laminais largas (SCHWENGBER; SMIDERLE, 2005).

As principais características apresentadas pela madeira são: cerne de coloração castanho-amarelada ou bege-clara passando a castanho-avermelhada. Possui textura média a grosseira, com grã direita a irregular, a superfície possui pouco brilho. Quando verde, apresenta cheiro característico e desagradável e gosto imperceptível. (SCHWENGBER; SMIDERLE, 2005). Além de possuir anéis de crescimento pouco distintos

(FERREIRA; TONINI, 2004).

Possui algumas propriedades físico-mecânicas, entre elas: a madeira pode ser considerada pesada e dura devido à alta relação massa por volume, uma vez que sua densidade é de 0,8 a 0,9 g/cm³. Apresenta retratibilidade volumétrica e resistência mecânica média e boa trabalhabilidade. Apresenta boa resistência ao apodrecimento (SCHWENGBER; SMIDERLE, 2005).

O objetivo deste estudo foi analisar a curva de umidade, bem como o teor de equilíbrio higroscópico sofrido entre as amostras de madeira termorretrificadas da espécie *Goupia glabra* Aubl. (cupiúba).

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF), da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Belém/PA, utilizando amostras de madeiras da espécie Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.).

A madeira foi coletada junto à empresa Jean David Sales Rodrigues - Madeiras, localizada no município de Benevides / Pará, 01°15'52" S e 48°19'39,40" W. Trabalhou-se com corpos-de-prova retirados de uma única pesa de madeira da espécie que media aproximadamente 150 x 15 x 10 cm (comprimento, altura e largura).

Na serraria da UFRA procedeu-se o corte dos corpos-de-prova, retirando-os de regiões afastadas das extremidades da peça com no mínimo de 30 cm de cada lado. Foram adotadas as dimensões de 2,0 cm de largura, 3,0 cm de altura e 5,0 cm de comprimento, ao longo das fibras e com orientação dos anéis de crescimento perpendicular a altura, como prevista na NBR 7190 (ABNT, 1997).

No laboratório, procederam-se os procedimentos de pesagem e medição de suas dimensões (radial, tangencial e longitudinal) com auxílio de balança digital de semi-precisão 0,01 g e paquímetro digital, respectivamente.

Antes de iniciar o processo de termorretrificação, os corpos-de-prova foram submetidos a uma sala de climatização a temperatura de 20° C e umidade relativa de sessenta e 65% para atingirem umidade de equilíbrio de 12 a 15%. Na calibração da sala foi utilizado o software *Air Humide Et Équilibre Du Bois*, disponível no site do LTPF, que determina os parâmetros físicos do ar relacionados a secagem da madeira, e com auxílio de um termômetro, termo-higrômetro e desumificador de ar, foi possível realizar tal calibração tendo como base a temperatura e umidade relativa da sala.

A cada vinte e quatro (24) horas os corpos-de-prova foram pesados até atingirem peso constante, o que indica que os mesmos entraram em equilíbrio higroscópico. Com umidade desejada dos corpos-de-prova, procedeu-se a termorretrificação.

A termorretrificação foi realizada em estufa de ventilação forçada com capacidade para 150L, em que os corpos-de-prova foram submetidos às temperaturas

de 140°, 160° e 180°C com tempo de tratamento de três horas (3h).

Foram estabelecidos 15 corpos-de-prova para cada tratamento descrito na Tabela 1. No total foram utilizados sessenta (60) corpos-de-prova, sendo quarenta e cinco (45) termorretificados e quinze (15) testemunhas.

Tabela 1. Combinação dos tratamentos de termorretificação.

Tratamentos	Repetições					N° de corpos-de-prova
	I	II	III	IV	V	
t ₁	a ₁ t ₁	a ₁ t ₁	a ₁ t ₁	a ₁ t ₁	a ₁ t ₁	15
t ₂	a ₁ t ₂	a ₁ t ₂	a ₁ t ₂	a ₁ t ₂	a ₁ t ₂	15
t ₃	a ₁ t ₃	a ₁ t ₃	a ₁ t ₃	a ₁ t ₃	a ₁ t ₃	15
t ₄	a ₁ t ₄	a ₁ t ₄	a ₁ t ₄	a ₁ t ₄	a ₁ t ₄	15
	Total					60

Em que "a" representa a espécie (Cupiúba) e "t" os tratamentos (t₁ = testemunha; t₂ = 140°C; t₃ = 160°C e t₄ = 180°C).

Ao final de cada termorretificação os corpos-de-prova foram postos dentro de desumidificadores contendo em seu interior sílica gel para evitar a perda de umidade com o ar e imediatamente realizaram-se a pesagem dos mesmos. Em seguida, os corpos-de-prova foram expostos novamente à sala de climatização para resfriamento e ganho de umidade, com nova calibração a uma temperatura de 26°C e umidade relativa de 85%.

Diariamente esse material foi pesado até atingir peso constante, sendo possível obter uma curva de reumificação do material até a umidade de equilíbrio. As testemunhas, mesmo não recebendo nenhum tratamento térmico, foram analisadas em mesmo ambiente para fins de comparação, sendo, portanto, realizadas as pesagens em todas as fases do experimento.

Para as variáveis analisadas neste estudo, a umidade de equilíbrio foi calculada inicialmente em corpos-de-prova teste, em que se determinou a massa dos mesmos antes da termorretificação na condição de equilíbrio higroscópico a 12% (sala de climatização - 20°C e 65% de umidade relativa) e a massa depois da secagem em estufa a 103°C ± 2°C até peso constante, conforme equação 1.

$$\blacktriangleright UE = [(M_c - M_0) / M_0] * 100 \quad \text{Equação (1).}$$

Em que:

UE: Umidade de equilíbrio na condição de 20°C e 65% de umidade relativa (%);

M_c: Massa na condição de equilíbrio higroscópico em sala climatizada a 20°C e 65% de umidade relativa (g);

M₀: Massa constante na condição de secagem em estufa a 103°C ± 2°C (g).

Para o Teor de equilíbrio higroscópico foram realizadas as pesagens dos corpos-de-prova até peso constante, sendo determinado para duas condições, a primeira quando os corpos-de-prova foram submetidos à sala de climatização a 20°C e 65% de umidade relativa, antes da termorretificação; e a segunda condição quando os

corpos-de-prova foram submetidos a condicionamento higroscópico em sala de climatização a 26°C e umidade relativa de 85%, após termorretificação.

Através da equação dois (2) calculou-se o peso seco estimado dos corpos-de-prova de cupiúba, apresentando um valor de 22,19 g.

$$\blacktriangleright P_{s_{est}} = (100 * P_u) / (U + 100) \quad \text{Equação (2).}$$

Em que:

P_{s_{est}}: peso seco estimado dos corpos-de-prova (g);

P_u: peso úmido antes de entrarem na sala de climatização a 20°C e 65% de umidade relativa (g);

U: umidade inicial dos corpos-de-prova teste calculada após secagem em estufa a 103°C ± 2°C (%).

Com base neste valor e nos valores de peso diário foi possível calcular o teor de equilíbrio higroscópico diário através da equação três (3).

$$\blacktriangleright Teq.H = [(P_u - P_{s_{est}}) / P_{s_{est}}] * 100 \quad \text{Equação (3).}$$

Em que:

Teq.H: Umidade de equilíbrio higroscópico (%);

P_u: Peso úmido do corpo-de-prova sala de climatização (g);

P_{s_{est}}: Peso seco estimado dos corpos-de-prova de cupiúba (g).

Através desses cálculos foi possível determinar a curva de equilíbrio higroscópico e de ganho de umidade dos corpos-de-prova de cupiúba antes e após a termorretificação.

No experimento adotou-se o Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado com cinco (05) repetições, em que foram avaliados os efeitos de três (03) temperaturas de termorretificação incluindo as testemunhas, totalizando quatro (04) tratamentos.

O efeito dos tratamentos será avaliado através de análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo analisados com o software Assistat 7.7 beta.

3. Resultados e Discussão

Os gráficos abaixo expressam valores relacionados ao condicionamento higroscópico dos corpos-de-prova em sala de climatização calibrada a 12% de equilíbrio higroscópico (20°C e 65% UR), antes do processo de termorretificação, quando foi possível observar que o peso das amostras diminuiu até ficar constante (Figura 1), em consequência disso sofreram secagem até atingirem a umidade de equilíbrio higroscópico desejada para o início da termorretificação, encontrando-se dentro do padrão estabelecido pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

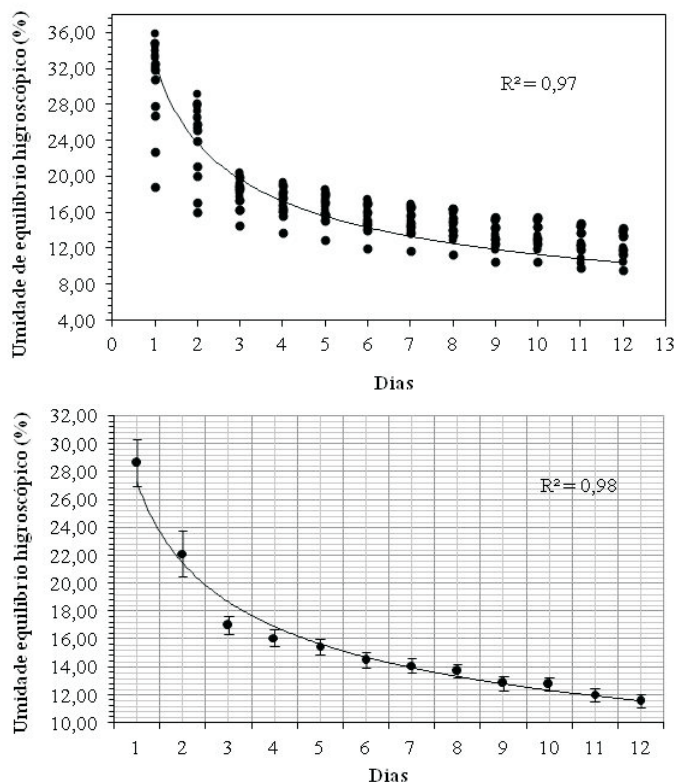


Figura 1. Curva de umidade de equilíbrio higroscópico dos corpos-de-prova de *Goupia glabra* em sala de climatização (20° C e 65% UR). Onde (A) são os valores individuais de umidade e (B) são os valores médios de umidade (\pm EP).

A curva de umidade de equilíbrio higroscópico acima demonstra um gráfico decrescente, indicando que houve troca de umidade dos corpos-de-prova com o meio até que os mesmos entrassem em equilíbrio com o ar do ambiente. Essa umidade de equilíbrio dos corpos-de-prova tende a ser cada vez menor quando submetidos a ambientes com baixa umidade relativa, perdendo umidade até permanecerem com massa constante, sendo capaz de promover a chamada curva de desorção (CALONEGO, 2009).

O fenômeno ocorre devido às alterações na estrutura química da madeira, durante os corpos-de-prova permanecerem na sala com baixa umidade relativa do ar as pontes de hidrogênio que ligam as moléculas de água à celulose quebram-se antes mesmo que toda a água livre seja evaporada fazendo com que haja a perda de umidade da madeira (CHAUHAN; AGGARWAL, 2004). Dessa forma, a madeira entra em equilíbrio higroscópico adquirindo valores que dependem da temperatura e umidade relativa do ambiente.

A diminuição da umidade de equilíbrio higroscópico dos corpos-de-prova quando os mesmos estiveram em sala de climatização, antes do processo de termorretrificação, proporcionou perda de umidade variando entre 5,36 a 24,56% entre os corpos-de-prova, apresentando valor médio de $17,06 \pm 1,54\%$ (\pm EP) de perda de umidade, sendo contabilizados entre o primeiro e o último dia em sala de climatização. O fato ocorre porque as peças de madeira, depois de serradas e expostas a um ambiente seco, tendem a perder umidade para o meio circundante até entrarem em equilíbrio (GLASS e ZELINKA, 2010).

Após o processo de termorretrificação, as amostras foram levadas à sala de climatização com calibração para 18% de equilíbrio higroscópico (vinte e seis graus Celsius (26° C) e oitenta e cinco por cento (85%) UR), onde se iniciou o segundo processo de condicionamento higroscópico com a finalidade de analisar o comportamento da higroscopicidade dos corpos-de-prova da espécie em questão.

Nesse ambiente o ganho de umidade foi mais acentuado nas amostras termorretrificadas do que nas testemunhas, por conta da perda de massa sofrida durante o tratamento térmico. As amostras termorretrificadas sofreram uma secagem brusca e variação na sua estrutura que conseqüentemente levou à perda de massa influenciando diretamente no ganho de umidade.

Tal constatação pode ser explicada pelo efeito do tratamento térmico ter ocasionado a degradação de parte de seus constituintes tornando-a mais porosa e com ligações de hidrogênio livres entre as moléculas de celulose, portanto, proporcionando maior absorção de água livre. Como as testemunhas não tiveram perda de componentes apresentou pouca variação no ganho de umidade.

Nota-se que as amostras de *Goupia glabra* termorretrificadas a 180°C apresentaram menor ganho de água do que as demais (140 e 160°C) por conta da maior perda de componentes hidrófilos da estrutura da madeira (Figura 2).

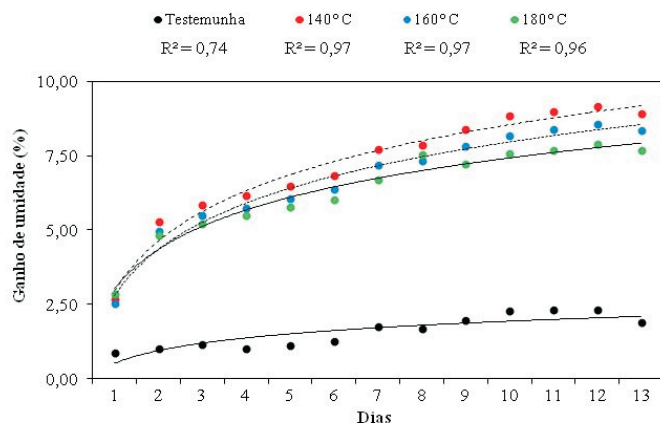


Figura 2. Curva de ganho de umidade dos tratamentos em sala de climatização (26° C e 85% UR). Valores médios de umidade (\pm EP).

Fazendo uma avaliação geral do gráfico, a curva de ganho de umidade comportou-se de maneira crescente, o que proporciona umidade de equilíbrio cada vez maior dos corpos-de-prova na sala de climatização. Isto ocorre por que a madeira seca quando submetida a um ambiente com umidade relativa do ar crescente tende a absorver água, fenômeno chamado de adsorção (OLIVEIRA, 2007; DEL MENEZZI, 2004).

Modes (2010) afirma a interação da madeira com a água ocorre devido à presença de grupos hidroxílicos (OH) na estrutura da madeira. Desta forma, mesmo ocorrendo perda de parte de seus constituintes químicos após a termorretrificação, a madeira tende a sofrer o processo de adsorção, pois as moléculas de água do

do ambiente se ligam por pontes de hidrogênio que ficaram livres entre as moléculas de celulose em decorrência da quebra de ligação das cadeias celulósicas (CALONEGO, 2009).

Isto explica a relação das testemunhas terem adquirido pouca umidade, pois as mesmas já se encontravam com moléculas de água fixas nos constituintes químicos da madeira.

A análise de variância obtida pela diferença entre os valores máximos e mínimos de ganho de umidade dos corpos-de-prova notou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos ao nível de um por cento (1%) de probabilidade (Tabela 2).

Tabela 2. Anova da relação do ganho de umidade entre os tratamentos em sala de climatização a 20° C e 93% de UR.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	78,07402	26,02467	115,9177**
Resíduo	16	3,59216	0,22451	
Total	19	81,66618		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < ,01$)

Deste modo, através do teste de comparação de média dos tratamentos avaliados pelo Teste de Tukey ao nível de cinco por cento (5%) de probabilidade, verificou-se que as temperaturas de 140 e 160° C foram estatisticamente iguais, pois apresentaram maiores valores de média indicando maior ganho de umidade em sala de climatização a 18% de equilíbrio higroscópico, o que diferiu estatisticamente do tratamento aplicado a 180° C e da testemunha. Esta apresentou menor valor de média (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Ganho de umidade % ($\chi \pm EP$)	Tukey
Testemunha	1,47 \pm 0,17	c
140° C	6,51 \pm 0,06	a
160° C	6,04 \pm 0,08	a
180° C	5,01 \pm 0,38	b
CV% = 9,96		

Estes resultados corroboram com a figura 2 que demonstra o gráfico do ganho de umidade dos corpos-de-prova termorretificados e das testemunhas.

O ganho de umidade durante a fase de condicionamento higroscópico a 26° C e 85% UR ficou entre 1,47 % dentre as testemunhas e de 6,51; 6,04 e 5,01% dentre as amostras tratadas a 140, 160 e 180° C. Takeshita (2011), testando espécies de jatobá (*Hymenaea* sp.) e muiracatiara (*Astronium* sp.), encontrou valores menores em relação a este estudo, apresentando ganho médio de umidade de 4,89; 4,71 e 4,41 % em amostras submetidas a 60, 75 e 90° C respectivamente, quando condicionadas a 20° C e 93% de UR após os tratamentos térmicos. Dentre as espécies, o mesmo autor verificou ganho de umidade de 4,63% para jatobá e de 4,70% para muiracatiara.

Mesmo que o ganho de umidade tenha sido maior nos corpos-de-prova termorretificados em relação à

testemunha, não foi observado o mesmo com relação a umidade de equilíbrio higroscópico, ou seja, nesta, a testemunha apresentou valores maiores em relação às amostras termo tratadas no final do experimento em sala de climatização (26° C e 85% UR), conforme Tabela 4.

Tabela 4. Umidade de equilíbrio higroscópico dos corpos-de-prova em sala de climatização à 26° C e 85% UR ($\pm EP$).

Tratamentos	Umidade de equilíbrio ($\chi \pm EP$)
Testemunha	14,32 \pm 1,03
140° C	9,90 \pm 0,97
160° C	8,86 \pm 0,84
180° C	5,78 \pm 0,73

A higroscopicidade da *Goupia glabra* diminuiu com o emprego da termorretificação, pois as amostras adquiriram umidade de equilíbrio menor que a testemunha no final do processo, sendo que essa diminuição foi maior em corpos-de-prova submetidos a temperaturas maiores.

Borges e Quirino (2004) afirmam que a baixa higroscopicidade pode ser comprovada quando as amostras de madeiras termorretificadas e não termorretificadas são submetidas em mesmas condições de umidade, constatando que as amostras termorretificadas atingem umidade de equilíbrio menor que as sem tratamento térmico, indicando que houve diminuição da higroscopicidade, o que pôde ser ratificado nesta pesquisa em corpos-de-prova de *Goupia glabra*.

Surini et al. (2012) retratam que o menor teor de umidade de equilíbrio da madeira após termorretificação é induzido pelas modificações sofridas em sua estrutura, principalmente porque ocorre a degradação dos componentes químicos e da formação de ligação cruzada da lignina que afeta na absorção de água.

Batista (2012) testou as temperaturas de 140, 160 e 180° C em *Eucalyptus grandis*, e também verificou menor umidade de equilíbrio nas amostras tratadas, 7,59; 5,74 e 5,20% respectivamente contra 8,83% adquiridas pelas testemunhas, quando submetidas a condições de 11,5% de equilíbrio higroscópico.

Modes (2010) também avaliando *Eucalyptus grandis* termorretificados a 160° C por 3 horas, verificou a redução da higroscopicidade quando as amostras foram submetidas à condição de 12% de umidade de equilíbrio. Os valores obtidos pela autora foram de 9,94% para as amostras termorretificadas e 13,1% para as testemunhas, diferente do encontrado em nesta pesquisa com 8,86% de umidade de equilíbrio nos corpos-de-prova termorretificados a 160° C e de 14,32% nas testemunhas.

Calonego (2009) quando submeteu amostras de *Eucalyptus grandis* em condição de 17,5% de teor de umidade de equilíbrio higroscópico após termorretificação, constatou teores de umidade de equilíbrio das madeiras em 12,1%, 11,5%, 10,5%, 9,2% e 6,8% nas amostras termorretificadas a 140° C, 160° C, 180° C, 200° C e

220 °C e de 13,2% nas testemunhas.

As diferenças nos valores de umidade de equilíbrio encontrados em nosso trabalho com relação aos trabalhos comparados acima podem ser explicadas pela condição de 18% de equilíbrio higroscópico em que os corpos-de-prova foram submetidos, além das características diferenciadas que as espécies de *Eucalyptus grandis* e *Goupia glabra* tendem a apresentar após a termorretificação.

4. Conclusão

Após o processo de termorretificação observou-se que curva de ganho de umidade foi crescente na condição de 18% de equilíbrio higroscópico.

A espécie termorretificada adquiriu menor umidade de equilíbrio do que as testemunhas na reumificação em sala de climatização a 18% de equilíbrio higroscópico.

As amostras termo tratadas a 180 °C apresentam um ganho menor de umidade em comparação às demais temperaturas (140 e 160 °C).

A umidade de equilíbrio na condição de 18% de equilíbrio higroscópico é maior nas testemunhas, seguidas das temperaturas de 140, 160 e 180 °C respectivamente.

Os corpos-de-prova termorretificados apresentam maior ganho de umidade quando comparados às testemunhas, resultante da porosidade criada pela aplicação das temperaturas.

5. Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, S. de O. **Propriedades de madeira termorretificadas**. 77 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Anexo B - Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107 p.
- BORGES, L. M.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.
- CADEMARTORI, P. H. G. de. **Propriedades tecnológicas da madeira termorretificada de três espécies de *Eucalyptus***. 2012. 132f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.
- CALONEGO, F. W. **Efeito da termorretificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2009, 149 p.
- CHAUHAN, S. S.; AGGARWAL, P. Effect of moisture sorption state on transverse dimensional changes in wood. **Holz als Roh- und Werkstoff**, v. 62, n. 1, p. 50-55, 2004
- DEL MENEZZI, C. H. S. **Estabilização dimensional por meio do tratamento térmico e seus efeitos sobre as propriedades de painéis de partículas orientadas (OSB)**. Tese (doutorado). Universidade Federal do Paraná. 2004. 226f.
- FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. **Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.): crescimento, potencialidades e usos**. Boa Vista: Embrapa. Roraima. (Embrapa, Roraima. Documentos, 4). 2004, 29 p.
- GLASS, S. V.; ZELINKA, S. L. Moisture relations and physical properties of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 4-1 – 4-19.

HIRAI, E. H.; CARVALHO, J. O. P.; PINHEIRO, K. A. O. Comportamento populacional de cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.) em floresta de terra firme na fazenda Rio Capim, Paragominas (PA). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, n. 47, p. 89-101, 2007.

LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA E PRODUTOS FLORESTAIS (LTPF). Software **para a determinação dos parâmetros físicos do ar relacionados a secagem da madeira**: Air Humide Et Équilibre Du Bois. Disponível em: <<http://www.ltpf.ufra.edu.br/extra.php?id=22>> Acesso em 23 de ago. de 2013

MODES, K. S. **Efeito da retificação térmica nas propriedades físico-mecânicas e biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis***. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, 2010. 99p.

OLIVEIRA, J. T. S. Propriedades físicas e mecânicas da madeira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIELDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: **Aquarius**, 2007. cap. 5, p.129-163

SCHWENGBER, D.R. SMIDERLE, O.J. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**. Nº 7, 2005. Disponível em: <https://www.inpa.gov.br/sementes/it/7_Cupiuba.pdf>. Acesso: 03 Dez 2013.

SORATTO, D. N. **Efeito das variáveis do tratamento térmico nas propriedades da madeira de *Eucalyptus* sp.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, 2012. 63f

SURINI, T.; CHARRIER, F.; MALVESTIO, J.; CHARRIER, B.; MOUBARIK, A.; CASTÉRA, P.; GRELIER, S. Physical properties and termite durability of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) heat-treated under vacuum pressure. **Wood Science and Technology**, v. 46, n. 1, p. 487-501, 2012.

SYRJÄNEN, T. Production and classification of heat-treated wood in Finland, review of heat treatments of wood. In: PROCEEDINGS OF SPECIAL SEMINAR, 2001, Antibes. **Anais...** Antibes, 2001.

TAKESHITA, S. **Redução na higroscopicidade e na movimentação dimensional da madeira de folhosas submetida a tratamentos térmicos**. 2011. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2011. 106 p.