

## Influência das condições meteorológicas e do método de empilhamento na qualidade da madeira serrada de *Cupressus lusitanica* Mill., submetida a secagem ao ar, em Lages – SC

Influence of weather conditions and the type of stack in the quality of *Cupressus lusitanica* Mill. lumber, subjected to natural drying in Lages – SC

Martha Andreia Brand<sup>1</sup>, Alexsandro Bayestorff da Cunha<sup>1</sup>, Bruna Laís Longo<sup>2</sup>, Daniela Letícia Nones<sup>2</sup> e Morgana Cristina França<sup>2</sup>

### Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência das variáveis meteorológicas e do uso de três métodos de empilhamento (tradicional, triangular e quadrada) na qualidade da madeira de *Cupressus lusitanica* submetida à secagem natural, em Lages, SC. O material utilizado no estudo foi proveniente de plantios experimentais com 19 anos de idade localizados no município de Campo Belo do Sul, SC. O processo de análise da qualidade das tábuas teve início por meio da determinação do volume e da massa das peças. Em relação aos defeitos, foram utilizadas as normas NBR 12297 e NBR ISO 1030, realizando as análises pré e pós secagem. A secagem ao ar livre durou 42 dias, finalizando o processo com aproximadamente 17% de umidade. Todos os tipos de pilha apresentaram correlação significativa com as variáveis meteorológicas de temperatura (mínima, média e máxima). A secagem através do método de empilhamento triangular apresentou os melhores índices para todos os defeitos avaliados, superando os demais métodos apenas para arqueamento. Em relação aos empenamentos, o defeito que mais ocorreu foi o encurvamento. Já entre as rachaduras, a de topo foi a mais frequente.

**Palavras-chave:** Secagem natural, Cipreste, Qualidade da Madeira

### Abstract

This study aimed to evaluate the wood quality of *Cupressus lusitanica* subjected to natural drying, according to three methods of stacking (traditional, triangular and square). The material used in the study derived from experimental plantings 19 years old located in Campo Belo do Sul, SC, Brazil. The process of quality review boards began by determining the volume of parts and weigh the same. Regarding defects were used to NBR 12297 and ISO 1030, performing the analysis before and after drying. The air-drying was carried out in Lages and lasted 42 days, ending the process with approximately 17% humidity. All of the types of stack were significantly correlated with meteorological variables of temperature (minimum, average and maximum). Drying by the method of triangular stacking showed the highest rate for any defects evaluated, surpassing other methods only for bowing. Regarding warping, the defect occurred more frequently was bending. Among the cracks, the top was the most frequent.

**Keywords:** Natural drying, Cypress, Wood Quality.

### INTRODUÇÃO

A secagem ao ar é uma alternativa simples e barata de reduzir a umidade da madeira, principalmente por poder ser conduzida próximo ao local de desdobro e não exige investimentos na compra de equipamentos. Além disso, a secagem ao ar pode ser combinada com a secagem em estufa visando atingir teores de umidade

mais baixos, com redução de custos e melhor aproveitamento da estufa (PONCE; WATAI, 1985; GOULART et al., 2003).

Segundo Mendes et al. (1996), o principal objetivo da secagem da madeira ao ar livre é fazer com que a maior quantidade possível de água evapore utilizando-se das fatores da natureza. Dessa forma, a madeira atinge a umidade de equilíbrio lentamente e com o tempo de secagem

<sup>1</sup>Engenheiro(a) Florestal. Professor(a) Doutor(a) do Departamento do Engenharia Florestal. UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, 88520-000, Lages – SC. E-mail: [martha.brand@udesc.br](mailto:martha.brand@udesc.br); [alexandro.cunha@udesc](mailto:alexandro.cunha@udesc).

<sup>2</sup>Engenheira Florestal, Mestranda do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal. UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, 88520-000, Lages – SC. E-mail: [bruna.lais@florestal.eng.br](mailto:bruna.lais@florestal.eng.br); [dani\\_nones@hotmail.com](mailto:dani_nones@hotmail.com); [morganaa\\_franca@hotmail.com](mailto:morganaa_franca@hotmail.com).

variando em função das condições climáticas de cada região. Caso haja necessidade da umidade da madeira estar abaixo da umidade de equilíbrio, deve-se proceder a secagem em estufas.

Segundo Silva et al. (1997), na industrialização da madeira há um grande volume de perdas de matéria-prima, durante as operações de processamento, reduzindo os rendimentos em madeira serrada e produtos derivados. Parte destas perdas ocorre durante a secagem da madeira, que se não for conduzida de maneira controlada e correta, pode causar a perda total da matéria-prima. Sem dúvida, a secagem correta é passo obrigatório para a obtenção de madeira com boas características de utilização. Segundo Gomide (1974), a madeira necessita estar seca para receber acabamentos superficiais como pintura ou envernizamento, pois poucas tintas e vernizes aderem convenientemente à superfície úmida da madeira.

De acordo com Marques (2008), o conhecimento da variabilidade da madeira quando exposta às condições de secagem, pode resultar em benefícios para o controle de possíveis defeitos e aumentar a qualidade dos produtos. Da mesma forma, Jankowsky (1995) revela que a adequada secagem da madeira serrada, antes da sua transformação em bens e produtos, é reconhecida como a fase mais importante de todo o processamento que visa agregar valor ao produto final.

Do mesmo modo, para valorizar o produto final é necessário que ela apresente a menor quantidade possível de defeitos. Porém, existem defeitos que são inerentes à madeira, dos quais pode-se destacar os empenamentos que, de acordo com Ponce (1995), ocorrem durante o desdobro e secagem em virtude das tensões de crescimento. Durante o desdobro há uma tendência das peças se curvarem de modo que as extremidades se distanciam do centro da tora. Os empenamentos são caracterizados por serem distorções que ocorrem na madeira em relação aos planos originais de sua superfície (JANKOWSKY, 2005). O mesmo autor ainda define o empenamento longitudinal como sendo uma curvatura da peça no eixo em questão (sentido do comprimento) e em relação à superfície de maior dimensão. De maneira geral, originam-se das diferenças inerentes às contrações radial, tangencial e longitudinal, porém, irregularidades na grã, presença de lenho de reação e lenho juvenil, também influenciam o aparecimento de peças empenadas ao final da secagem (SANTINI, 1992; JANKOWSKY, 2005).

A etapa de preparação da madeira para secagem é fundamental para a redução de defeitos e

tempo de secagem. Dentro deste contexto, nas serrarias brasileiras, as formas de empilhamento de madeira para secagem ao ar, duas são mais frequentemente utilizadas são: empilhamento horizontal, utilizando-se tabiques, e empilhamento vertical ou em "V" invertido, sem o uso de tabiques (GOULART et al., 2003). O autor complementa afirmando que o empilhamento horizontal pode seguir vários formatos, inclusive de quadrado e triângulo, mas o mais utilizado é aquele no qual se colocam as tábuas sobre uma base afastada do solo, em camadas sucessivas, afastadas por separadores, formando fardos ou pacotes. Geralmente a pilha recebe uma cobertura para que não fique diretamente exposta a chuvas. Santini (1992) sugere a montagem da pilha sobre uma base de 50 cm acima do nível do solo.

Assim, a forma adequada de empilhamento da madeira é importante, pois ela irá influenciar na taxa de secagem, a qual é definida como a percentagem de água evaporada da madeira por unidade de tempo, sendo influenciada por uma série de fatores relacionados com a própria madeira. Sabe-se, de maneira geral, que a madeira de folhosas seca mais lentamente que a madeira de coníferas, basicamente devido à diversidade de sua estrutura anatômica (SANTINI, 1992).

Comumente a conífera mais utilizada pela facilidade de secagem, qualidade da madeira e larga produção é o *Pinus* sp., porém estudos vêm pesquisando espécies alternativas que visem a superação das qualidades inerentes a essa espécie. Dessa forma, surge uma nova espécie para ser utilizada no mercado, o *Cupressus lusitanica* Mill. que apresenta características positivas como o crescimento rápido, com produtividade média de até 30 m<sup>3</sup>/ha.ano, e podendo ser cultivado mesmo em terrenos rasos, nos quais seu crescimento pode superar o de *Pinus elliottii* var. *elliottii* (EMBRAPA, 1988).

A madeira tem cor amarelada, às vezes marrom pálida ou ligeiramente rosada. A grã é reta e a textura, fina e uniforme. Medianamente estável, empena muito pouco e seca rapidamente ao ar, com pouca ou nenhuma rachadura superficial ou de topo (PEREIRA; HIGA, 2003). Os autores ainda descrevem que a espécie é pouco durável em contato com o solo, difícil de ser tratada pelos processos de imersão e pouco permeável nos processos de impregnação. O tratamento pode ser consideravelmente melhorado pelo uso da técnica de incisão.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência das variáveis meteorológicas e

do uso de três métodos de empilhamento (tradicional, triangular e quadrada) na qualidade da madeira de *Cupressus lusitanica* submetida à secagem natural, em Lages, SC.

## MATERIAL E MÉTODOS

A espécie *Cupressus lusitanica* Miller utilizada no estudo foi coletada de plantios experimentais de 72,21 ha, pertencentes à Empresa Florestal Gateados Ltda, no município de Campo Belo do Sul, região serrana do Estado de Santa Catarina (27°53'58,51" Sul e 50°45'30,37" Oeste), com altitude de 997 metros. O clima na região é Cfb, de acordo com a classificação Köppen, caracterizando-se por ser um clima mesotérmico, sempre úmido e com verões brandos.

Este plantio experimental foi instalado em 1995 e no momento do corte, as árvores estavam com 19 anos de idade. Foram obtidos o Diâmetro a Altura do Peito (DAP), altura total e altura comercial (considerada até diâmetro mínimo de 8 cm). As árvores foram selecionadas de forma aleatória e os dados dendrométricos das oito árvores coletadas estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados dendrométricos obtidos das árvores de *Cupressus lusitanica*.

**Table 1.** Dendrometric data obtained from *Cupressus lusitanica* trees.

Árvore	DAP (cm)	Altura total - Ht (m)	Altura comercial - Hc (m)
1	35,7	19,7	16,2
2	34,5	19,9	16,8
3	28,7	19,3	14,9
4	33,2	19,2	15,3
5	38,3	18,7	15,2
6	28,3	19,9	16,1
7	30,8	19,8	15,7
8	39,5	21,1	17,2
<b>Média</b>	<b>33,6</b>	<b>19,7</b>	<b>15,9</b>

Das oito árvores derrubadas foram obtidas 42 toras, divididas em duas classes de diâmetro durante o traçamento, sendo a classe I com toras de diâmetro médio entre 20 e 27 cm e classe II com toras de diâmetro médio maior que 27 cm, de acordo com o que é utilizado na região. Cada classe teve 3 repetições, com sete toras por repetição, totalizando 21 toras por classe diamétrica. O comprimento das toras obedeceu ao padrão da empresa (1,90 m).

Após as toras terem sido desdobradas, resultaram em 506 tábuas, com comprimento de 1,90 m, espessura de aproximadamente 3 cm e largura variando de 8 a 15 cm. As tábuas foram

encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade do Estado de Santa Catarina, localizado na cidade de Lages (27°47'30,12" Sul e 50°18'11,38" Oeste). As condições climáticas são as mesmas do local de coleta, mudando apenas a altitude, que neste caso é de 920 m.

O processo de análise da qualidade das tábuas teve início por meio da determinação do volume das peças. Foram obtidas três medidas de largura (a 10 cm de cada topo e no meio da peça) e uma de comprimento com auxílio de trena, e três medidas de espessura (a 10 cm de cada topo e no meio da peça) com auxílio de paquímetro. Também foram determinadas as massas das tábuas em uma balança com capacidade de até 15 kg.

Em relação aos defeitos, foi criado um procedimento para medição, com base nas normas NBR 12297 (ABNT, 1991) e NBR ISO 1030 (ABNT, 2010), que tratam da medição e quantificação de defeitos em madeiras serradas de coníferas. Este procedimento foi dividido em três etapas, sendo que a primeira consistiu na medição dos empenamentos através da maior flecha (em mm), diferenciados em encurvamento, arqueamento e encanoamento, dependendo da direção do defeito. Entende-se por maior flecha a distância entre linha neutra da peça e a maior curvatura apresentada pela mesma. Assim, foi possível quantificar percentualmente cada tipo de empenamento em relação ao comprimento da peça.

Na segunda etapa foi efetuada a medição dos nós, momento em que foram considerados apenas os nós na face e na quina das peças. Foram medidos no sentido do comprimento da tábua na face mais representativa (com maior número de nós). Ao final, o comprimento de todos os nós foi somado, sendo possível determinar a porcentagem de nós em relação ao comprimento total de cada tábua.

A terceira etapa foi a determinação do comprimento rachaduras a *priori* e *posteriori* para possibilitar a análise do efeito do processo de secagem sobre as peças.

Posteriormente, as tábuas foram encaminhadas para a fase de secagem ao ar livre. O solo do pátio de secagem era coberto com grama e o relevo era plano com leves ondulações. As peças foram divididas em três diferentes métodos de empilhamento: tradicional, triangular e quadrada. Foram utilizadas 287, 120 e 99 tábuas para formação das pilhas, respectivamente. Nos três tipos de pilha, as tábuas foram dispostas na po-

sição horizontal, mudando apenas o formato em si. Todas as pilhas receberam cobertura com telhas de amianto.

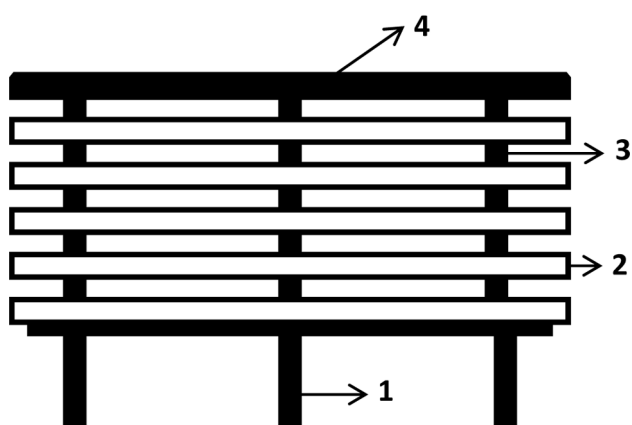
O método de empilhamento tradicional foi denominado assim por ser o tipo mais utilizado pelas empresas na região de estudo, tanto para secagem ao ar livre quanto nas câmaras de secagem artificial. Neste caso, as tábuas foram dispostas lado a lado até atingir a largura de aproximadamente 1 m e as camadas foram separadas por tabiques de madeira. A pilha foi montada sobre uma base de madeira, com altura aproximada de 20 cm em relação ao solo, conforme figura 1.

No formato de pilha triangular, as tábuas foram dispostas sobre uma base feita com tijolos, com 20 cm de altura em reação ao solo, com o objetivo de formar um triângulo entre as tábuas. As tábuas não foram separadas por tabiques, sendo

assim, ficaram em contato entre si em 2 pontos, conforme figura 2. A disposição de pilha em formato quadrangular seguiu o mesmo padrão, porém formando ângulos de 90° graus entre as camadas de tábuas, como demonstrado na figura 3.

Para controle da secagem (através do método gravimétrico), foram escolhidas três tábuas, aleatoriamente, de cada tipo de pilha para determinação da massa a cada dois dias.

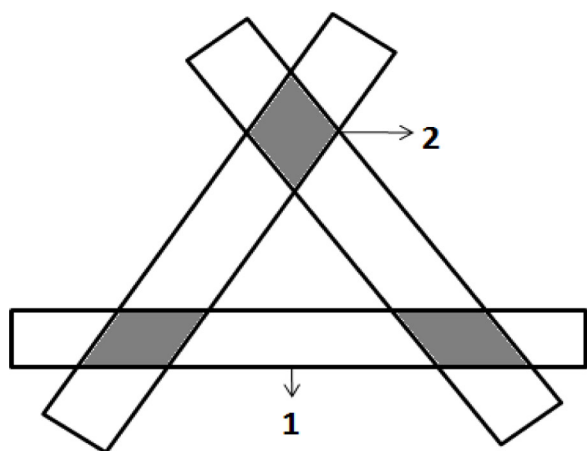
A estabilização da secagem se deu quando a massa das tábuas de controle foi constante. Após esta verificação, foi repetida a medição das peças e realizada a mensuração dos parâmetros de defeitos que são influenciados pela secagem (empenamentos e comprimento de rachaduras). Também foi determinada, novamente, a massa de cada tábua. A variável torcimento foi observada e avaliada apenas após a secagem.



Vista frontal

**Figura 1.** Vista frontal do método de empilhamento tradicional, onde 1 = base da pilha, 2 = tábuas, 3 = tabiques e 4 = cobertura.

**Figure 1.** Front view of the traditional method of stacking, 1 = base of the stack, 2 = boards, 3 = separators and 4 = coverage.



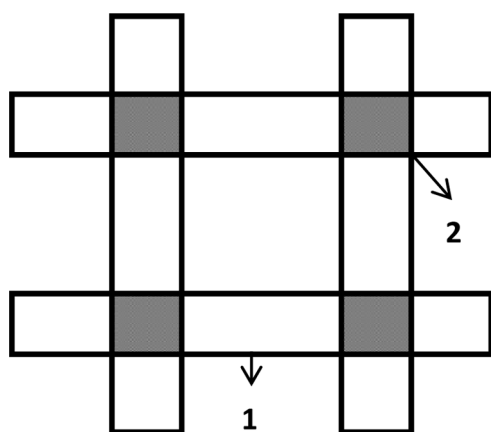
Vista superior

**Figura 2.** Vista superior e frontal do método de empilhamento triangular, onde 1 = tábuas e 2 = área de contato entre as tábuas.

**Figure 2.** Top and front view of the triangular method of stacking, 1 = boards and 2 = contact area between the boards.



Vista frontal



**Vista superior**



**Vista frontal**

**Figura 3.** Vista superior e frontal do método de empilhamento quadrado, onde 1 = tábuas e 2 = área de contato entre as tábuas.

**Figure 3.** Top and front view of the quadrangular method of stacking, 1 = boards and 2 = contact area between the boards.

Para avaliação do desempenho do processo de secagem utilizaram-se as seis variáveis meteorológicas (temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa média, velocidade do vento e precipitação média), obtidas a partir da base de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Todas as variáveis foram obtidas a cada dois dias, de acordo com os dias em que foi realizada a determinação da massa das tábuas para o controle da secagem.

A estatística dos dados foi realizada por meio dos testes de normalidade de Shapiro-Wilks e Kolmogorov-Smirnov, e o teste de comparação de Kruskal-Wallis, além de estatística descritiva. As análises foram processadas no *software* R 2.15.3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A secagem foi finalizada em 10/06/2013, totalizando 42 dias. Os resultados apresentados na tabela 2 indicam que o processo de secagem ocorreu de forma homogênea, não resultando

em grandes diferenças entre os valores de umidade máximos e mínimos. As médias obtidas se aproximaram da umidade de equilíbrio de 17,6% estimada por Jankowsky et al. (1986) para os meses de maio e junho na cidade de Lages - SC, meses nos quais têm-se as maiores umidades de equilíbrio, ou seja, a pior condição para a secagem de madeira ao ar livre.

O processo de secagem resultou em perda de aproximadamente 4,27% em volume total (tabela 3). Entre os tratamentos, nota-se que houve maior perda em volume relativo nas peças da pilha do tipo quadrada.

A análise da tabela 4, produzida com base na classificação de defeitos (empenamentos e rachaduras) utilizada por Silva et al. (1997), evidencia que a madeira apresentou um aumento na porcentagem de defeitos após a secagem para certos tipos de empenamentos (encurvamento e arqueamento) e rachaduras (de topo e de nó), diferentemente do descrito por Okino et al. (2006) em estudo com espécie do mesmo gênero (*C. glauca*), no qual foi constatado apenas pequena tendência ao encanoamento.

**Tabela 2.** Valores médios das umidades finais das tábuas por tratamento.

**Table 2.** Mean values of final moisture content of the boards by treatment.

Tratamento	Repetição	Umidade (%)	Média por tratamento (%)	Média geral (%)
Tradicional	1	16,90	17,12	16,87
	2	17,19		
	3	17,29		
Quadrada	1	16,19	16,34	
	2	16,63		
	3	16,21		
Triangular	1	18,01	17,14	
	2	16,33		
	3	17,08		

**Tabela 3.** Volumes relacionados ao processo de secagem separados por tratamento.

**Table 3.** Volumes related to the drying process separated by treatment.

Tratamento	Peças	Vi (m <sup>3</sup> )	Vf (m <sup>3</sup> )	PVA (m <sup>3</sup> )	PVR (%)
Tradicional	287	1,16703	1,15265	0,01439	1,23290
Quadrada	99	0,43503	0,42639	0,00864	1,98675
Triangular	120	0,53739	0,53175	0,00564	1,04940
Total	506	2,13945	2,11079	0,02867	4,26905

Nota: Vi = volume de madeira inicial, antes da secagem; Vf = volume de madeira final, depois da secagem; PVA = perda de volume absoluto durante a secagem; e PVR = perda de volume relativo ao tratamento.

Note: Vi = initial wood volume before drying; Vf = final wood volume after drying; PVA = absolute volume loss during drying; and PVR = volume loss related to treatment.

**Tabela 4.** Comparação da classificação das tábuas quanto ao número e percentual de rachaduras e empenamentos, antes e após o processo de secagem.

**Table 4.** Boards classification comparison regarding the number and percentage of cracks and warping, before and after the drying process.

Tipo de Defeito	Nível	Antes		Depois		Variação percentual
		N	%	N	%	
Encurvamento	Ausente	504	99,60	117	23,12	-76,48
	Pequeno	2	0,40	331	65,42	65,02
	Médio	0	0,00	57	11,26	11,26
	Grande	0	0,00	1	0,20	0,20
Arqueamento	Ausente	390	77,08	82	16,21	-60,87
	Pequeno	30	5,93	238	47,04	41,11
	Médio	85	16,80	186	36,76	19,96
	Grande	1	0,20	0	0,00	-0,20
Encanoamento	Ausente	506	100,00	505	99,80	-0,20
	Pequeno	0	0,00	1	0,20	0,20
	Médio	0	0,00	0	0,00	0,00
	Grande	0	0,00	0	0,00	0,00
Torcimento	Ausente	506	100,00	465	91,90	-8,10
	Pequeno	0	0,00	15	2,96	2,96
	Médio	0	0,00	25	4,94	4,94
	Grande	0	0,00	1	0,20	0,20
Rachadura de topo	Ausente	506	100,00	182	35,97	-64,03
	Pequena	0	0,00	0	0,00	0,00
	Média	0	0,00	35	6,92	6,92
	Grande	0	0,00	289	57,11	57,11
Rachadura superficial	Ausente	426	84,19	473	93,48	9,29
	Pequena	18	3,56	0	0,00	-3,56
	Média	45	8,89	3	0,59	-8,30
	Grande	17	3,36	30	5,93	2,57
Rachadura de nó	Ausente	506	100,00	289	57,11	-42,89
	Pequena	0	0,00	1	0,20	0,20
	Média	0	0,00	71	14,03	14,03
	Grande	0	0,00	145	28,66	28,66

Nota: 1 - empenamento com flecha de até 2,5% da largura da tábua; 2 - empenamentos com flecha de 2,5 a 10%; 3 - empenamentos com flecha superior a 10%; 4 - rachaduras de até 5 cm de comprimento; 5 - rachaduras de 5 a 20 cm de comprimento; e 6 - rachaduras com comprimento superior a 20 cm. Sendo ΔP a variação do percentual de defeito antes e após a secagem (%após - %antes). Classificação proposta por Silva et al. (1997).

Note: 1 - warping with deflection up to 2.5% of the width of the board; 2 - warping with deflection from 2,5 to 10%, 3 - warping with deflection greater than 10% and 4 - cracks of length up to 5 cm; 5 - cracks 5 to 20 cm long and 6 - cracks of length greater than 20 cm. As ΔP the percentage of defects variation before and after drying (%after - %before). Classification proposed by Silva et al. (1997).

Cabe ressaltar ainda que os empenamentos (encurvamento e arqueamento) apresentaram aumento de defeitos de pequena e média magnitude, enquanto que as rachaduras (de topo e de nó) apresentaram aumento de defeitos de média e grande magnitude.

Para a comparação dos tratamentos foram realizados os testes de normalidade de Shapiro-Wilks e Kolmogorov-Smirnov, por meio dos quais

se constatou que os dados não apresentaram distribuição normal. Assim, procedeu-se o teste de Kruskal-Wallis para k amostras independentes, cujos resultados provêm inicialmente da comparação de todos os tratamentos, o qual identifica se há diferença entre os mesmos (tabela 5). Em caso positivo, o teste é realizado novamente tomando os tratamentos em pares para verificar entre quais deles existe diferença significativa.

**Tabela 5.** Ranqueamento de medianas dos defeitos pelo teste de Kruskal-Wallis por método de empilhamento.  
**Table 5.** Ranking of median defects by Kruskal-Wallis test for stack methods.

Defeito	Tradicional	Quadrada	Triangular	S
<b>Empenamentos</b>				
Arqueamento	2,90 b	2,99 b	2,55 a	0,001
Encurvamento	1,96 a	1,88 a	1,86 a	0,688
Encanoamento	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,683
Torcimento	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,563
<b>Rachaduras</b>				
Topo	35,0 a	32,0 a	43,5 a	0,232
Superfície	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,593
Nó	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,225

Nota: Valores de ranqueamento de mediana seguidos de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para a característica (defeito) avaliada, pelo teste de Kruskal-Wallis. S = refere à significância assintótica da comparação inicial do teste de Kruskal-Wallis entre tratamentos por tipo de defeito.

Note: Ranking of median values followed by the same lower case letter in the line do not differ in the characteristic (defect type) evaluated, by the Kruskal-Wallis test. Sig: refers to asymptotic significance of Kruskal-Wallis test initial comparison between treatments by defect type.

Em relação aos defeitos avaliados, os tratamentos apresentaram resultados estatisticamente semelhantes entre si para todos os defeitos avaliados, exceto para arqueamento, característica na qual o empilhamento do tipo triangular apresentou os melhores resultados, divergindo dos demais.

Diferentemente do obtido por Goulart et al. (2003) que, comparando métodos de empilhamento de secagem ao ar livre de *Pinus taeda*, notaram que o defeito mais expressivo foi o encanoamento para peças posicionadas na horizontal.

Porém, no que tange ao teor de umidade das tábuas, os três tratamentos obtiveram correlações internas significativas a 1% de probabilidade

**Tabela 6.** Coeficientes de correlação bivariada pelo método de Spearman entre tratamentos.

**Table 6.** Bivariate correlation coefficients by the Spearman method between treatments.

Correlação Interna	Tradicional	Quadrada	Triangular
Tradicional	1	0,763**	0,833**
Quadrada	-	1	0,954**
Triangular	-	-	1

Nota: \*\* A correlação é significativa a 1% de probabilidade.

Note: \*\*Correlation is significant at 1% probability.

**Tabela 7.** Coeficientes de correlação bivariada pelo método de Spearman entre o teor de umidade das tábuas em cada tratamento e as variáveis meteorológicas em Lages, SC.

**Table 7.** Bivariate correlation coefficients by the Spearman method between the moisture content of the boards in each treatment and weather variables in Lages, SC.

Tratamentos	T <sub>MED</sub>	T <sub>MAX</sub>	T <sub>MIN</sub>	U <sub>MED</sub>	V <sub>VENTO</sub>	P <sub>MED</sub>
Tradicional	0,520*	0,451*	0,440*	0,191	0,161	0,056
Quadrada	0,530*	0,490*	0,423*	0,041	-0,027	-0,070
Triangular	0,621**	0,586**	0,494*	0,081	-0,040	-0,081

Nota: T<sub>MED</sub> = temperatura média local (°C); T<sub>MAX</sub> = temperatura máxima (°C); T<sub>MIN</sub> = temperatura mínima (°C); U<sub>MED</sub> = umidade relativa média (°C); V<sub>VENTO</sub> = velocidade do vento (km/h); e P<sub>MED</sub> = precipitação média (mm). \*A correlação é significativa a 5% de probabilidade. \*\* A correlação é significativa a 1% de probabilidade.

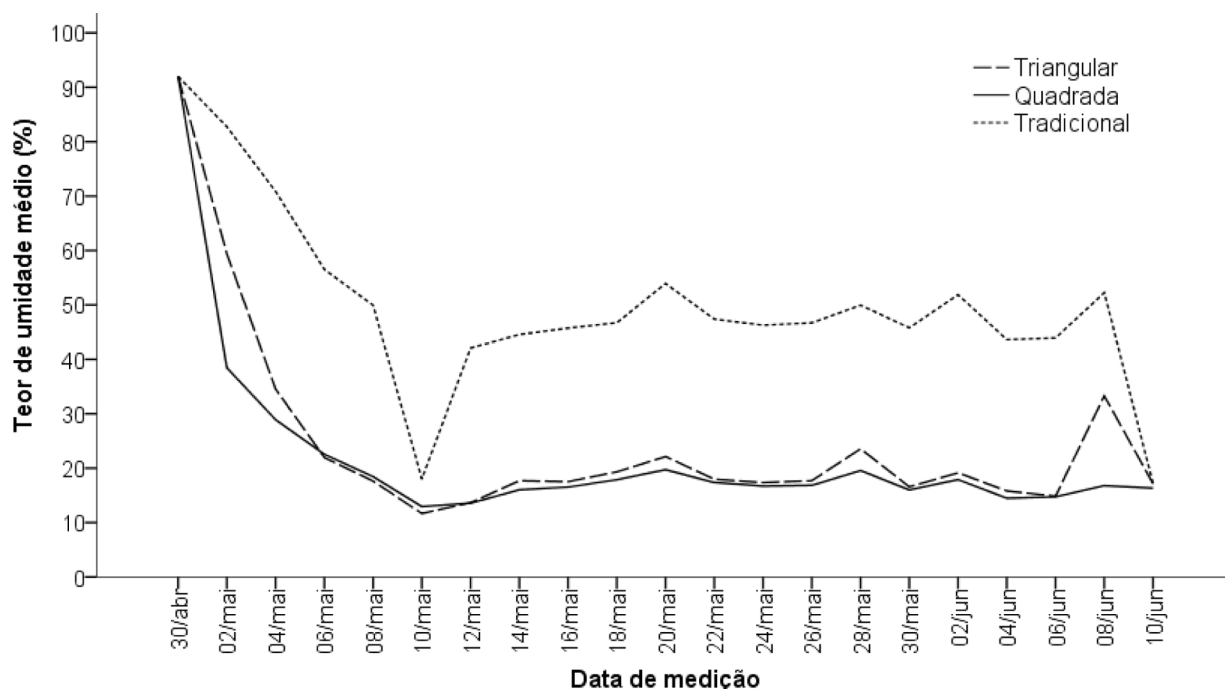
Note: T<sub>MED</sub> = average temperature; T<sub>MAX</sub> = maximum temperature; T<sub>MIN</sub> = minimum temperature; U<sub>MED</sub> = average relative humidity; V<sub>VENTO</sub> = wind speed, and P<sub>MED</sub> = average rainfall. \*Correlation is significant at 5% probability. \*\*Correlation is significant at 1% probability.

de (tabela 6). Tal resultado indica semelhança entre os tratamentos, fato esperado, já que nos três empilhamentos as tábuas foram dispostas na horizontal.

Também foi observada semelhança entre os tratamentos nos resultados da correlação dos teores de umidade com as variáveis meteorológicas (tabela 7), correlações estas que indicam a influência que estas variáveis tem sobre o processo de secagem da madeira ao ar. Nesse sentido, a temperatura demonstrou ser a variável que influencia significativamente a secagem da madeira de *Cupressus lusitanica*.

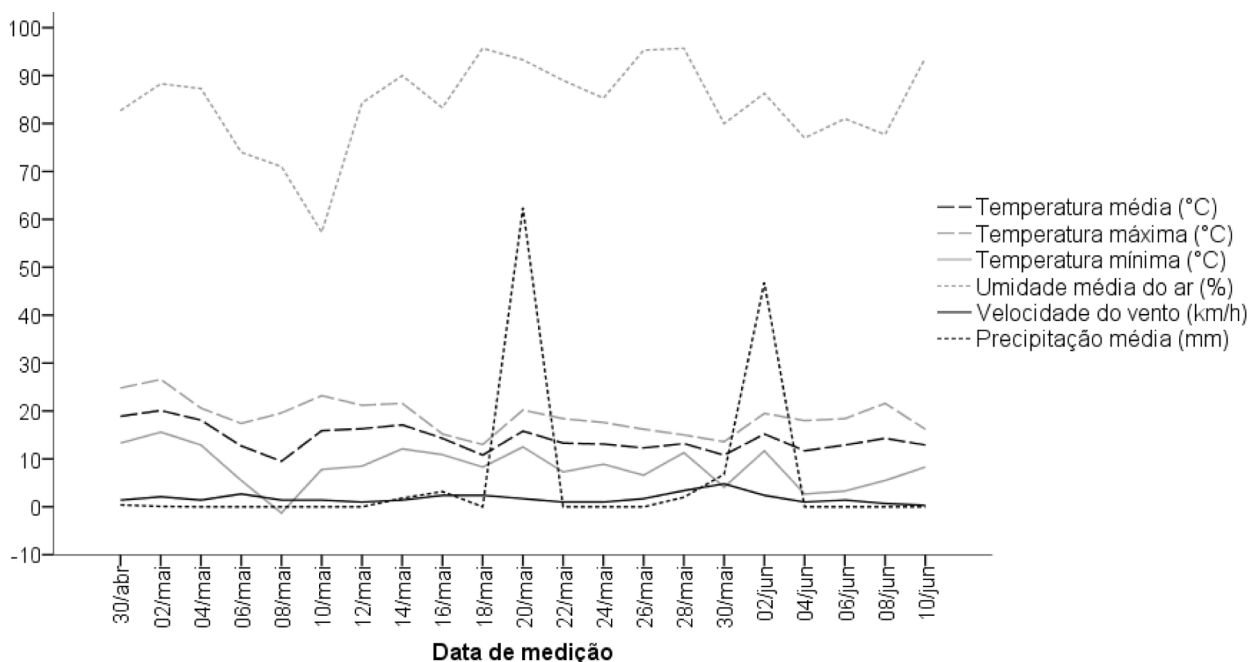
O empilhamento do tipo tradicional apresentou um comportamento de secagem diferenciado dos outros dois tratamentos, conforme ilustra a figura 4. Nota-se que a curva de secagem desse tratamento se posicionou acima das demais durante todo o processo de secagem.

Ao comparar as figuras 4 e 5 percebe-se que os três tratamentos responderam visualmente às variáveis meteorológicas. Observa-se claramente os fenômenos de adsorção e dessorção da água na madeira para o tratamento tradicional conforme o comportamento das condições climáticas.



**Figura 4.** Variação do teor de umidade das tábuas ao longo do tempo de secagem, em função do método de empilhamento.

**Figure 4.** Variation of moisture content of the boards along the drying time, regarding the stack method.



**Figura 5.** Variáveis meteorológicas registradas no período de 30/04/2013 a 10/06/2013, em Lages, Santa Catarina.

**Figure 5.** Meteorological variables registered in the period from 04/30/2013 to 06/10/2013 in Lages, Santa Catarina. Fonte: INMET (2013).

## CONCLUSÕES

- A secagem ao ar de *Cupressus lusitanica*, na cidade de Lages, durou 42 dias, finalizando o processo com aproximadamente 17% de umidade de equilíbrio da madeira.

- A secagem pelo método de empilhamento triangular apresentou os melhores índices para todos os defeitos avaliados, superando dos demais apenas para arqueamento.

- Em relação aos empenamentos, o defeito que mais ocorreu foi o encurvamento. Já entre as rachaduras, a de topo foi a mais frequente.

- Todos os tipos de pilha apresentaram correlação significativa com as variáveis meteorológicas de temperatura (mínima, média e máxima).



## AGRADECIMENTOS

À Florestal Gateados Ltda. (Campo Belo do Sul – SC), pelo fornecimento do material e à Boa Esperança Indústria Comércio e Exportação de Madeira (Capão Alto – SC), pelo auxílio na etapa de desdobro do material e aos órgãos financiadores de pesquisa (CAV/UEDESC e FUMDES/SED-SC).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12297** - Determinação da densidade básica. out 1991.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 1030** - Determinação da densidade básica. set 2010.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 21).

GOMIDE, J. L. **Secagem da madeira**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1974. 76 p.

GOULART, D. M.; ELEOTERIO, J. R.; ELEOTÉRIO, E. S. R.; VOIGTLAENDER, M.; LIMA, M. P. Comparação entre dois métodos de empilhamento na secagem ao ar de *Pinus taeda*. In: CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA, 18., 2003, Itajaí. **Anais...** Itajaí: UNIVALI, 2003.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <[www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep)>. Acesso em: 17 ago. 2013.

JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA. 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 109-118.

JANKOWSKY, I. P. Secagem adequada é decisiva para qualidade. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 89, p. 33-37, abr.2005.

JANKOWSKY, I. P., BRANDÃO, A. T. O., OLIVEIRA, H., LIMA, J. C.; MILANO, S. Estimativas da umidade de equilíbrio para cidades da região sul do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, n. 32, p. 61 - 64, abr. 1986.

MARQUES, M. H. B. **Agrupamento de 41 espécies de madeiras da Amazônia para secagem baseado em características anatômicas e físicas**. 2008. 125 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MENDES, L. M.; LIMA, J. T.; CALEGÁRIO, N. Pesquisa aponta umidades de equilíbrio. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, v. 4, n. 26, p. 18,1996.

OKINO, E. Y. A., CAMARGOS, J. A. A., SANTANA, M. A. E., MARQUES, M. H. B., MARTINS, V. A., SOUSA, M. E.; TEIXEIRA, D. E. Descrição dos caracteres tecnológicos da madeira de *Cupressus glauca* Lam. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.72, p. 39-48, dez. 2006.

PEREIRA, J. C. D.; HIGA, R. C. V., **Propriedades da Madeira de *Cupressus lusitanica* Mill.** Colombo: Embrapa, 2003. 5 p. (Comunicado Técnico, 107).

PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 50-58.

PONCE, R. H.; WATAI, L. T. **Secagem da madeira**. Brasília: IPT, 1985. 72 p.

SANTINI, E. J. Métodos de secagem de madeira. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DE MADEIRA, 1., 1992, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. p. 47-59.

SILVA J. R. M.; KUMMER-WENZEL, M.; TRUGILHO, P. F. Secagem ao ar livre da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de móveis. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 170-186, 1997.

Recebido em 27/08/2013

Aceito para publicação em 26/05/2014

