

CONSUMO ENERGÉTICO DE UM SISTEMA DE PRÉ-SECAGEM DE PARTÍCULAS PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque¹

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o propósito de desenvolver um equipamento destinado à pré-secagem de partículas de madeira, utilizadas na produção de chapas de madeira aglomerada, onde foram analisados os efeitos dos parâmetros de secagem e o consumo energético do equipamento. O equipamento de pré-secagem mostrou-se viável sob os pontos de vista da eficiência e do consumo energético, sendo indicada à adoção deste sistema de pré-secagem pelas indústrias de chapas de partículas.

Palavras-chave: pré-secagem; partículas; aglomerados

DEVELOPMENT AND ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS OF WOOD PARTICLES TO PARTICLEBOARD PRODUCTION

ABSTRACT

This experience has the main purpose of developing an equipment destined to the pre-drying of wood particles used in the production of particleboards, where the drying effects have been analysed and the equipment energy consumption. The equipment of pre-drying showed to be accomplishable by the points of view of efficiency and energetic consumption, being indicated the adoption of this pre-drying system by particleboard industries.

Key words: pre-drying; wood particles; particleboards

INTRODUÇÃO

Há aproximadamente 3000 anos a.C. o mundo passou a conhecer e a trabalhar com materiais bastante versáteis à base de madeira, tais como os laminados e os compensados, que surgiram no Antigo Egito; as chapas de fibras, utilizadas a partir do século VI a.C., no Japão; e as chapas de partículas de madeira e os briquetes, que remontam ao início deste século (KOLLMANN, 1975; TSOUMIS, 1991).

O uso de chapas de composição à base de madeira tem aumentado significativamente no mundo,

principalmente pelas indústrias do setor moveleiro e da construção civil, que se encontram em plena evolução tecnológica. Além disso, desde as crises energéticas, alguns subprodutos da indústria florestal passaram a representar uma promissora fonte de energia (JENKINS, 1977), a exemplo dos briquetes (ANTUNES, 1982).

Com relação à produção de chapas de composição, em 1991, a produção nacional de aglomerados foi de 660 mil m³ (FAO, 1993), passando para 1150 mil m³ em 1996, e com uma previsão de 1630 mil m³ para 2001 (TOMASELLI e DELESPINASSE, 1997). Outrossim, novas linhas de produção se instalam no país, a

¹ Prof. Assistente, M.Sc.-DPF/IF/UFRRJ; Doutorando em Eng^a. Florestal/UFPR; e-mail: camal1956@uol.com.br; Rua Ivo Leão, 463 apt.1101 Curitiba-PR.

exemplo das recentes inaugurações na produção de chapas MDF pela Duratex e Tafisa, além da perspectiva para produção de chapas OSB a partir de 2001 (TOMASELLI e DELESPINASSE, 1997).

Deve-se ressaltar que a secagem das partículas de madeira é uma importante operação, que pode limitar a capacidade produtiva das indústrias. A baixa eficiência dos secadores pode causar o “estrangulamento” da produção de chapas de partículas, além de provocar aumentos no consumo energético final.

O teor de umidade é um dos mais importantes fatores na manufatura de aglomerados. O teor de umidade de partículas desejável após o processo de secagem é de 3 a 6%, dependendo do tipo e da quantidade da resina (MOSLEMI, 1974; KOLLMANN, KUENZI, STAMM, 1975; TSOUMIS, 1991).

Observa-se que após a mistura das partículas secas com o adesivo, o teor de umidade destas eleva-se para uma faixa compreendida entre 8 e 14 % (TSOUMIS, 1991).

Umidades fora dessa faixa resultam em chapas com reduzida qualidade. Entretanto, o conteúdo de umidade ideal depende de inúmeros fatores como a natureza do processo, tipo e dimensionamento das partículas, densidade da madeira, entre outros (MOSLEMI, 1974).

Numa pré-secagem, por circulação forçada de ar ambiente, pode-se eliminar a água de capilaridade de forma econômica, reduzindo o tempo de secagem nos tambores rotativos (HARRIS, 1989).

Este trabalho visou a análise do consumo energético de um sistema de pré-secagem, desenvolvido para partículas de madeira, em função do tempo de pré-secagem, da granulometria das partículas, e da velocidade de passagem do ar. Através da circulação forçada do ar ambiente,

pretendeu-se eliminar a água de capilaridade, reduzindo o tempo de permanência das partículas nos secadores convencionais. Partiu-se da premissa de que isto proporcionaria a redução do tempo de secagem e da energia despendida, além do que minimizaria os defeitos da secagem, que normalmente ocorrem durante a retirada da água de capilaridade, sob condições que utilizam altas temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação do material lenhoso

O material lenhoso, utilizado no presente estudo, constituiu de duas misturas de partículas de madeira, sendo uma de *Eucalyptus saligna* Smith. e *Pinus elliottii* Engelm. (A) e outra de *Pinus elliottii* Engelm. e *Pinus taeda* L. (B). Esse material foi doado por duas indústrias de aglomerado, sendo cada porção proveniente das respectivas linhas de produção, após os processos de classificação e de secagem, não apresentando resíduos. Em relação à mistura de *Eucalyptus saligna* Smith. e *Pinus elliottii* Engelm., não houve condições de se verificar as proporções exatas relativas a cada espécie, uma vez que as mesmas são variáveis na empresa cedente, o mesmo ocorrendo com as procedências dos povoamentos florestais que originaram a mistura. A mistura formada por partículas de madeira de *Pinus elliottii* Engelm. e de *Pinus taeda* L., em proporções não definidas pela empresa cedente, originou-se de árvores com idades entre 10 a 12 anos.

O material lenhoso foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados e, posteriormente, conduzido ao Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do Instituto de Florestas, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Realizou-se a completa saturação das partículas de

madeira, por meio da imersão em água, em um tanque com a capacidade de 1000 litros, para que fossem iniciadas as análises.

Montagem do equipamento de pré-secagem

O equipamento projetado para a pré-secagem das partículas de madeira constou, basicamente, de duas estruturas de madeira, além de um conjunto motor-exaustor. A primeira estrutura, aberta em sua porção superior, foi planejada para acondicionar 5 bandejas com fundos de tela de 0,64 mm, através das quais fluía o ar, depois de atravessar uma camada de partículas de madeira com, aproximadamente, 2 centímetros de espessura. Um duto flexível, com 12 centímetros de diâmetro, permitiu interligá-la à segunda estrutura, através de um orifício aberto em uma das suas extremidades. A velocidade do ar, ao passar através da segunda estrutura de madeira, era medida por um anemômetro instalado no interior da mesma. Um conjunto motor-ventoinha, de 1 HP e 220 volts, foi instalado no sistema de pré-secagem, com o objetivo de promover o fluxo do ar, por exaustão. Para tanto, interligou-se a segunda estrutura de madeira ao mesmo, em série, por meio de um duto flexível com 12 centímetros de diâmetro. A Figura 1

apresenta o esquema do equipamento desenvolvido para a pré-secagem das partículas.

Gerenciamento das condições ambientais

A temperatura e a umidade relativa do ar foram acompanhadas, de forma intensiva, no decorrer dos trabalhos de pré-secagem. Para tanto, utilizou-se um conjunto psicométrico, instalado do lado de fora da estrutura de captação do ar (Figura 1).

Avaliação do consumo energético

Estimou-se o consumo médio de energia elétrica pelo equipamento, através de três leituras em um medidor de consumo de energia trifásico (kWh), ligado ao motor do exaustor de ar (Figura 1). Para cada a leitura acionou-se o equipamento durante cinco horas, de forma ininterrupta.

Pré-secagem das partículas

As misturas de partículas, depois de saturadas, tiveram as suas respectivas umidades determinadas pela norma ABCP M2/71 e, em seguida, foram acondicionadas, em camadas com 2 centímetros de espessura, no interior de bandejas com fundos de tela de 0,64 mm e área útil de 0,05 m². As bandejas foram encaixadas no pré-secador, no ponto de captação do ar (Figura 1).

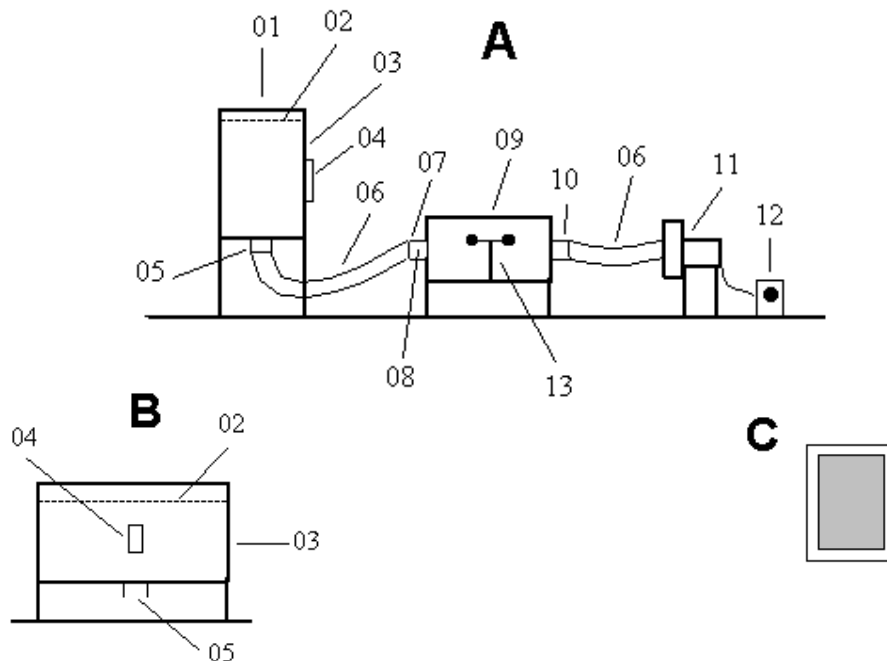


Figura 1 - Esquema do equipamento desenvolvido para pré-secagem das partículas, onde **A**=visão lateral do equipamento montado, **B**=visão frontal da caixa de captura de ar, e **C**=bandeira com fundo de tela. Sendo: 01-Área de captura do ar; 02-Localização das bandejas; 03-Estrutura de captura do ar; 04-Conjunto psicométrico; 05-Saída de ar; 06-Duto flexível condutor do ar; 07-Entrada de ar; 08-Localização do anemômetro; 09-Estrutura para monitoramento do anemômetro; 10-Saída de ar; 11-Conjunto motor-ventoinha; 12-Medidor de consumo de energia (kWh); 13-Anemômetro.

Para cada uma das duas misturas de partículas de madeira foram analisados três tempos de pré-secagem, três granulometrias das partículas e três velocidades do ar, obtidas pelo uso de três áreas de captura de ar, determinadas pelo emprego de uma, três ou cinco bandejas com fundo de tela, colocadas simultaneamente no equipamento. A combinação das variáveis estudadas,

com um número de cinco repetições por tratamento, fez um total de 270 análises ($2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 5$), cuja seqüência foi conseguida por meio de artifícios de aleatorização. O quadro 1 mostra os tempos (min), as granulometrias das partículas (mm), o número de bandejas em teste, com as suas respectivas áreas (m^2), e as velocidades do ar (m/s), adotados no decorrer dos trabalhos de pré-secagem.

Quadro 1 - Tempos de pré-secagem (min), granulometria das partículas (mm), número de bandejas em teste com as áreas correspondentes (m^2) e velocidade do ar (m/s)

Tempo(min)	Granulometrias (mm)	Nº de bandejas	Área (m^2)	Velocidade do ar (m/s)
20	2,80	1	0,05	2,52
40	4,75	3	0,15	0,84
60	6,30	5	0,25	0,50

Deve-se ressaltar que no caso da granulometria, a de 6,30mm corresponde ao total de material retido nesta malha, enquanto que a de 4,75mm refere-se ao material nela retido que passou pela malha de 6,30 e, por fim, a de 2,80mm constitui-se do material nela retido que passou pela malha de 4,75mm. Não houve necessidade de malha superior a 6,30mm, já que as partículas utilizadas, provenientes da indústria de aglomerados, constitui-se de material selecionado pronto para uso.

Análises dos dados

A partir das experimentações foi possível a geração das seguintes variáveis dependentes: água evaporada (g), relação água evaporada por área útil de bandeja (g/m^2), consumo energético (kcal) e relação energia consumida por água evaporada (kcal/kg).

Os valores observados foram analisados por meio de análise de variância, de testes de correlação e de comparações entre as médias dos tratamentos, através do teste de Tukey, adotando-se o nível de 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pré-secagem das misturas de partículas de madeira

Como o processo utilizado foi o de pré-secagem por circulação forçada de ar à temperatura ambiente, ou seja, sem promover qualquer aquecimento, praticamente se eliminou o gradiente de temperatura, além de evitar o colapso das partículas de *Eucalyptus saligna* Smith., espécie susceptível a este problema de secagem, que ocorre durante a eliminação da água de capilaridade em secagem de peças de madeira serrada sob altas temperaturas.

As misturas de partículas foram analisados separadamente, sendo que os resultados observados não variaram

significativamente entre os materiais estudados. Uma pequena diferença foi verificada, observando-se menores teores médios de água evaporada, reduções no ritmo de secagem e acréscimos no consumo de energia, para a mistura composta por *Eucalyptus saligna* Smith. e *Pinus elliottii* Engelm. Este resultado, em parte, deve-se à presença das partículas de eucalipto, madeira cuja densidade básica média é igual a $0,69 \text{ g/cm}^3$ (CORRÊA, 1931; ALFONSO, 1982; RESENDE et al, 1993; BRITO, 1993), superior àquelas apresentadas pelos *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm., de $0,44$ e $0,47 \text{ g/cm}^3$, respectivamente (BRITO, 1984). Isto, provavelmente, contribuiu para dificultar a evaporação da água de capilaridade, já que a densidade relaciona-se com a permeabilidade da madeira. Madeiras mais densas, normalmente, secam mais lentamente que as mais leves, por serem as primeiras, geralmente, menos permeáveis à passagem de líquidos (PONCE e WATAI, 1985; MARTINS, 1988). Desta forma, as folhosas, normalmente com maior densidade que as coníferas, necessitam de um tempo maior para a secagem do que as mesmas (MARTINS, 1988).

A mistura com partículas de *Eucalyptus saligna* apresentou menores ritmos de secagem (g/min) e quantidade de água evaporada (g) que a mistura de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. O eucalipto em questão, de acordo com a literatura, possui uma maior densidade, fato que determinou a sua menor capacidade de absorver umidade, durante a saturação das partículas, quando comparado com as espécies de *Pinus* de densidade inferiores. A madeira mais densa apresenta um volume relativo de espaços vazios menor, o que levou a mistura contendo partículas de eucalipto a apresentar teores de umidade inicial menores, quando

comparada com a de partículas de *Pinus*. Dessa forma, apesar da redução do ritmo de secagem e da quantidade de umidade evaporada, o ponto de saturação das fibras foi atingido num menor tempo de secagem.

Consumo energético

Após as leituras do consumo energético do equipamento em um medidor de consumo de energia (kWh), adotando-se intervalos de funcionamento de cinco horas, chegou-se ao valor médio de 2 kWh. Convertendo este valor para kcal, adotando-se as tabelas de conversão de DOUX (1971) e WEAST (1974), o

consumo verificado correspondeu a 28,64 kcal por minuto, para uma capacidade de ventilação da ordem de 0,12 m³ de ar por segundo.

Consumo energético em função do tempo de pré-secagem

O consumo energético (kcal/m²) foi diretamente proporcional ao tempo de funcionamento do sistema de pré-secagem (min). O Quadro 2 apresenta as comparações entre as médias do consumo energético, em função do tempo de pré-secagem, para as duas misturas de partículas de madeira.

Quadro 2 - Comparações entre as médias do consumo energético (kcal/m²), em função do tempo de pré-secagem (min), para as duas misturas de partículas*

Mistura**	Tempo de Pré-Secagem(min)	Nº de análises	Umidade inicial média(%)	Umidade final média(%)	Consumo Energético(kcal/m ²)	Teste Tukey
A	60	45	150,10	19,15	17636,08	a
	40	45	151,27	26,01	11757,43	b
	20	45	144,41	56,59	5878,71	c
B	60	45	166,25	23,38	17636,08	a
	40	45	163,96	39,59	11757,43	b
	20	45	163,11	73,56	5878,71	c

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

** Mistura A: *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*; Mistura B: *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

As alterações no tempo de pré-secagem foram acompanhadas por variações no consumo energético do equipamento. Aos maiores tempos de pré-secagem corresponderam os maiores consumos energéticos, de forma proporcional. Assim, do ponto de vista do consumo energético, o melhor tempo de pré-secagem é o de 20 minutos, para ambas as misturas de partículas de madeira (Quadro 2).

O Quadro 3 apresenta a correlação de Pearson entre o consumo energético (kcal/m²) e o tempo de pré-secagem (min), para as duas misturas de partículas de madeira.

Correlações positivas significativas, foram observadas entre o consumo energético do equipamento (kcal/m²) e o tempo de pré-secagem (min) das

partículas de madeira (Quadro 3). Aumentos no tempo de pré-secagem são acompanhados por aumentos no consumo energético. Correlações positivas significativas foram observadas devido à metodologia utilizada para se estimar o consumo energético, baseada nas médias dos valores obtidos com as velocidades do ar (m/s). Esta generalização resultou na correlação positiva significativa do consumo energético com o tempo de pré-secagem, considerando-se que, para cada velocidade do ar, correspondeu uma determinada área de captação e, conseqüentemente, um determinado consumo energético (kcal/m²).

Quadro 3 - Correlação de Pearson entre o consumo energético (kcal/m²) e o tempo de pré-secagem (min), para as duas misturas de partículas

Mistura de Partículas*	Nº de análises	Correlação	T	Significância
A	135	0,4833	6,3662	0,0001
B	135	0,4833	6,3662	0,0001

* Mistura A: *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*; Mistura B: *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. variações no consumo energético do equipamento em teste (kcal/m²).

O Quadro 4 apresenta as comparações entre as médias do consumo energético (kcal/m²), em função do tempo de pré-secagem (min), para as duas misturas de partículas de madeira e velocidade do ar de 0,50 m/s.

Conforme se observa no Quadro 4 e, à semelhança do Quadro 2, as alterações no tempo de pré-secagem (min) foram acompanhadas por

A utilização de uma menor velocidade do ar (Quadro 4), no caso 0,50 m/s, proporcionou menores consumos energéticos, em relação aos valores apresentados no Quadro 2, quando as três velocidades do ar empregadas no presente estudo foram consideradas.

Quadro 4 - Comparações entre as médias do consumo energético (kcal/m²), em função do tempo de pré-secagem (min), para as duas misturas de partículas*

Mistura**	Tempo de pré-secagem (min)	Nº de análises	Consumo energético (kcal/m ²)	Teste Tukey
A	60	15	6901,00	a
	40	15	4600,80	b
	20	15	2300,40	c
	60	15	6901,00	a
B	40	15	4600,80	b
	20	15	2300,40	c

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey; Velocidade do ar = 0,50 m/s;

** Mistura A: *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*; Mistura B: *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

Aos maiores tempos de pré-secagem corresponderam a consumos energéticos superiores, de uma forma proporcional. Desta maneira, do ponto de vista do consumo energético e, com base nos resultados apresentados nos Quadros 4 e 5, o tempo de pré-secagem viável é o de 20 minutos, para as duas misturas de partículas de madeira.

Consumo energético em função da granulometria das partículas

As médias do consumo energético não foram diretamente afetadas pela granulometria média das partículas de madeira. Nas condições em que o equipamento de pré-secagem foi testado, as alterações na granulometria das partículas não implicaram, de forma direta, em variações no consumo energético. Portanto, não existe interação entre o consumo energético (kcal/m²/hora) e a granulometria das partículas de madeira (mm). Todavia, ao preestabelecer-se uma determinada massa de água a ser evaporada,

granulometrias maiores implicarão em maiores consumos de energia.

Consumo energético em função da velocidade do ar

Após a obtenção das três diferentes velocidades do ar, alterando-se áreas de captação por meio do emprego de uma, de três ou

Quadro 5 - Consumo energético (kcal/m²/min), em função da velocidade do ar (m/s)

Velocidade do Ar(m/s)	Consumo Energético(kcal/m ² /min)
2,52	575,09
0,84	191,70
0,50	115,02

Os resultados apresentados no Quadro 5 demonstram que existe uma relação direta entre a velocidade do ar (m/s) e o consumo energético (kcal/m²/min).

Foram efetuados alguns cálculos a partir de dados fornecidos por fabricantes de exaustores industriais, detectando-se consumos de 74 kwh ou 1059,66 kcal por minuto, com a capacidade de ventilação estimada em 833,33 m³ por minuto. Estes valores evidenciaram a viabilidade da utilização do sistema de pré-secagem, sob circulação forçada de ar, à temperatura ambiente, também a nível industrial.

O Quadro 6 e a Figura 2 apresentam as comparações entre o

de cinco bandejas de pré-secagem, estimou-se o consumo específico de energia para cada velocidade, tomando-se por base a área de pré-secagem de 0,05 m².

O Quadro 5 apresenta o consumo energético (kcal/m²/min), em função da velocidade do ar (m/s).

consumo energético (kcal/m²/min) do exaustor em teste e de um exaustor industrial, em função da velocidade do ar (m/s).

Os valores apresentados no Quadro 6 e na Figura 2 se referem ao exaustor utilizado no experimento e a um exaustor industrial, idealizado a partir de dados fornecidos por fabricantes de exaustores de ar. Percebe-se que o consumo energético dos exaustores industriais, mais adequados à montagem do pré-secador ora apresentado, corresponde à apenas 1/3 do consumo do exaustor em teste. Assim, fica ainda mais evidente a viabilidade da montagem e da utilização desse sistema a nível industrial.

Quadro 6 - Consumo energético (kcal/m²/min), em função da velocidade do ar (m/s), para o exaustor em teste e um industrial

Velocidade do Ar (m/s)	Consumo Energético (kcal/m ² /min)	
	Exaustor em Teste	Exaustor Industrial*
0,50	115,02	38,34
0,84	191,70	63,90
2,52	575,09	191,70

* Fonte: Weg Motores Ltda. e Verdés S.A.

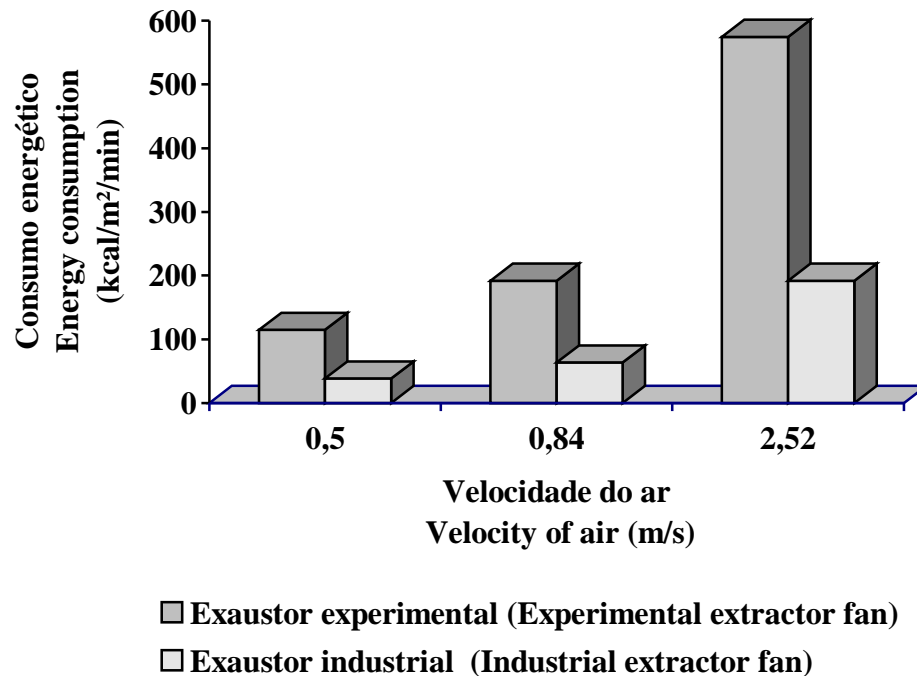


Figura 2 - Consumo energético (kcal/m²/min), em função da velocidade do ar (m/s), entre o exaustor em teste e um exaustor industrial;

CONCLUSÕES

Após os testes com o equipamento, projetado para a pré-secagem de partículas de madeira, sob diferentes condições de trabalho, chegou-se às seguintes conclusões:

1. O equipamento é eficiente na secagem de partículas de madeira, chegando às exigências para a produção de chapas e de briquetes;
2. O tempo de pré-secagem de 20 minutos, com velocidade do ar de 0,50 m/s e granulometria das partículas abaixo de 6,30 mm, resultaram num consumo energético mais reduzido em kcal/kg de água evaporada;
3. A adoção de exaustores de ar melhor dimensionados, facilmente encontrados no mercado, permitirá consumos energéticos ainda mais reduzidos, em função do aumento da eficiência do equipamento;

4. A implantação do sistema de pré-secagem nas indústrias é relativamente simples, uma vez que as empresas dos setores de produção de chapas e de briquetes já utilizam grandes exaustores de ar, muitas vezes trabalhando de forma ociosa;

5. Sistemas de pré-secagem, com o mesmo princípio de funcionamento do apresentado neste trabalho, podem ser instalados sob esteiras transportadoras de partículas, antes do secador, de forma que, por sucção e pelo contato com o ar em movimento, a umidade das partículas é reduzida, sem acarretar aumentos de energia para as empresas do setor;

6. Como os testes foram realizados com as partículas da camada interna das chapas, espera-se que, com as partículas da camada externa, com granulometrias mais reduzidas, os resultados ainda sejam melhores;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados do trabalho e nas conclusões anteriores, sugere-se que:

1. Novos tempos de pré-secagem, intermediários e inferiores aos analisados no presente estudo, sejam avaliados;
2. Que outras granulometrias de partículas de madeira, principalmente aquelas usadas na camada externa das chapas, mais reduzidas que as analisadas no presente estudo, sejam avaliadas;
3. Que durante a produção de partículas sejam utilizadas, de preferência, madeiras com características físicas, químicas e mecânicas semelhantes, considerando-se que os resultados obtidos durante a pré-secagem serão melhores;

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALFONSO, V. A. Caracterização anatômica de madeira e casca das principais espécies de *Eucalyptus* do Estado de São Paulo. **Silvicultura**, São Paulo, v.8, n. 28, p.720-725, jan-fev. 1982. Edição especial / IV Congresso Florestal Brasileiro.
- ANTUNES, R. C. Briquetagem de carvão vegetal. In: PENEDO, W. R. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, CETEC-Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982, p.197-206. (Publicações Técnicas, 8)
- BRITO, E. O. **A viabilidade de utilização de espécies de pinus para a produção de chapas de composição estruturais "waferboards"**. Curitiba: [s.n.], 1984. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná, 1984.
- BRITO, J. O. Estudos preliminares de retificação térmica da madeira de eucalipto. **Silvicultura**, São Paulo, v.2, p.774, set. 1993. Edição especial / VII Congresso Florestal Brasileiro e I Congresso Florestal Pan-americano.
- CONCHA, J. Como reduzir o custo operacional em estufas de secagem de madeiras. **Revista da Madeira**, São Paulo, v.24, n.286, p.10-13, out. 1975.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v.2.
- DOUX, H. R. **Tabelas Técnicas**. São Paulo: Tecu, 1971. 339p.
- FAO-YEARBOOK FOREST PRODUCTS (1980 - 1991). Roma, FAO, 1993. 335p. (FAO Forestry series, 26).
- HARRIS, R. A. Accelerated ambient air-drying of wood fuel. **Forest Products Journal**, Madison, v.39, n.5, p.34-36, may 1989.
- JENKINS, N. Will biomass energy compete for forest industries raw materials? **World Wood**, San Francisco, v.18, n.12, p.20, nov. 1977.
- KOLLMANN, F. F. P., KUENZI, E. W., STAMM, A. J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1975. v.2.
- MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília: IBDF / DPq-LPF, 1988. 56p. il.
- MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. Illinois: Southern Illinois University Press, v.1, 1974. 244p.
- PONCE, R. M. e WATAI, L. T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília: MIC / STI-IPT, 1985. 70p. (Documentos, 22)
- RESENDE, M. A., SAGLIETTI, J. R. C., MARTINEZ, J. C. Estudo das variações da massa específica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Silvicultura**, São Paulo, v.2, p.629-635, set. 1993. Edição especial / VII Congresso Florestal Brasileiro e I Congresso Florestal Pan-americano.
- WEAST, R. C. **Handbook of chemistry and physics**. Cleveland: CRC Press, 1974. 2278p.
- TOMASELLI, I., DELESPINASSE, B. A indústria de painéis no Brasil. **Informativo STCP**, Curitiba, v.1, n.1. p.16-20, março 1997.
- TSOUMIS, G. T. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. Nova York: Chapman & Hall, 1991. 494p.