

BANCADA EXPERIMENTAL PARA TESTES DE ENCHIMENTOS USADOS EM RESFRIADORES EVAPORATIVOS

Barros, R.R.

Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco – Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife, CEP 50740 530, PE, Brasil, Fone: (81) 2126 8704 Fax: (81) 21268232
roberio@hotmail.com

Henríquez, R. H.

Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco – Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife, CEP 50740 530, PE, Brasil, Fone: (81) 2126 8704 Fax: (81) 21268232
rjorge@ufpe.br

Primo, A. R. M.

Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco – Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife, CEP 50740 530, PE, Brasil, Fone: (81) 2126 8704 Fax: (81) 21268232
armprimo@ufpe.br

Resumo. Os condicionadores evaporativos existentes no mercado utilizam como enchimento uma estrutura eficiente, porém dispendiosa, com média de preço de US\$ 200.00 por m² de área, para enchimentos (pads) de aproximadamente 20 cm de espessura. Sabe-se que o enchimento corresponde a uma significativa parcela do custo de um sistema de condicionamento evaporativo. Portanto, existe o interesse natural na busca de alternativas de enchimentos que venham a diminuir o custo de sistemas evaporativos. Com este objetivo, foi projetada e construída uma bancada experimental em forma de túnel, onde pudessem ser testados materiais alternativos ao enchimento convencional de sistemas evaporativos. Para testes no túnel foram escolhidas duas fibras vegetais: sisal e coco, com abundância local e baixo custo. Como referência, foi utilizada uma superfície comercial. Como critério de desempenho foi avaliada a eficiência de resfriamento. A bancada foi concebida em módulos, de modo a facilitar: as medições, a adição de segmentos, a substituição de vários tipos de enchimento e a própria montagem e desmontagem do sistema. Cada módulo concebido possui uma função na alteração dos parâmetros psicrométricos do sistema. Os testes indicam que a presente bancada experimental pode vir a ser utilizada satisfatoriamente como túnel de testes de enchimentos evaporativos.

Palavras chave: resfriamento evaporativo, psicrometria, enchimento, fibra vegetal

1. Introdução

Os sistemas de resfriamento evaporativos são equipamentos simples, constituídos de um enchimento (material de extensa área superficial) sobre o qual goteja água, movimentada por uma bomba. Um ventilador força uma corrente de ar através da estrutura. Através de processos de transferência de calor e massa, o ar cede calor para a evaporação da água com a qual ele entra em contato. Como resultado desse processo, a água que escorre pela estrutura tem a temperatura reduzida (necessidade da torre de resfriamento) e o fluxo de ar tem umidade relativa elevada e temperatura reduzida (aplicação em condicionadores de ar). O consumo energético de aparelhos evaporativos é baixo, por necessitarem de energia apenas para movimentar uma bomba d'água e um ventilador. A parte mais dispendiosa de um sistema evaporativo é seu enchimento (*pad*), o que talvez tenha limitado sua utilização, pois tais sistemas podem ser usados em praticamente todo tipo de aplicação, exceto aquelas em que se necessita de um rigoroso controle de temperatura a baixos valores ou onde houver restrições a níveis de umidade relativa. Seu consumo de energia elétrica é cerca de 90% menor que o do ar condicionado a compressão – cerca de 5 a 10 W por hora para cada m² climatizado, enquanto o ar condicionado a compressão consome cerca de 100 Watts por hora para cada m² climatizado. O sistema evaporativo é eficiente em locais onde a umidade relativa é baixa, podendo chegar a reduzir a temperatura do ar de entrada em 11°C, com umidade relativa de 30% e temperatura de 37°C, por exemplo. Por outro lado, o condicionamento de ar evaporativo é ineficiente para locais com alta umidade relativa. Em locais de baixa umidade, há um ganho extra em usar o condicionamento evaporativo, pois ele aumenta a umidade do ar, podendo ser extremamente benéfico para a saúde. Outro ponto a se considerar é que a taxa de renovação do ar é de 100%, não havendo perigo de contaminação por mistura com ar de retorno. Deve-se também mencionar que o ar condicionado através de resfriamento evaporativo é mais limpo, pois o ar é “lavado” ao entrar em contato com a água.

Existem lugares amplos que necessitam de condicionamento de ar, como criações de animais (aves, suínos, bovinos, etc.) ou estufas, em que o uso de sistemas de compressão é inviável economicamente. Além de poder ser aplicado como sistema de condicionamento de ar em várias cidades brasileiras que possuam baixo teor de umidade relativa, o resfriamento evaporativo pode vir a melhorar as condições de trabalho em locais como fábricas, galpões industriais, usinas, etc., que são locais que não possuem condicionamento de ar, ou são até mesmo insalubres.

Tratando-se de um sistema simples, a parte mais cara do sistema de condicionamento de ar evaporativo é seu enchimento. Os condicionadores comerciais utilizam como enchimento uma estrutura extremamente eficiente, leve, fabricada em papel “kraft” corrugado e tratado com resina, de extensa área superficial, com durabilidade de cerca de dois anos. Entretanto, esse material é bastante dispendioso, com custo médio no mercado internacional de US\$200,00/m² para “pads” com espessura de vinte centímetros.

Várias fibras vegetais apresentam características propícias ao uso como enchimento de condicionadores evaporativos. Já existem estudos sobre o potencial da juta e do sisal como “pads” de sistemas evaporativos. A bucha vegetal (*luffa*) foi inclusive patenteada como “pad” evaporativo. Outra fibra vegetal, ainda não estudada é a fibra de coco (*Cocos Nucifera Linnaeus*), um produto vegetal altamente durável e com características favoráveis ao uso em sistemas evaporativos. A fibra de coco é um produto natural, de alta durabilidade, abundante e de baixo custo. A casca do coco contém tanino, uma substância altamente bactericida e fungicida. Todas essas qualidades proporcionam características para um enchimento durável, econômico e eficaz, podendo contribuir para aumentar o uso do resfriamento evaporativo, pela redução do custo do sistema.

Para o estudo da eficiência térmica de fibras vegetais abundantes no território brasileiro, foi projetada e construída um bancada experimental em forma de túnel, para simulação e medição das propriedades do ar atmosférico, com uma concepção modular. Esta bancada foi concebida em módulos, de modo a facilitar as medições, a adição de segmentos, a substituição de vários tipos de enchimento e a própria montagem e desmontagem do sistema. Cada módulo concebido possui uma função na alteração dos parâmetros psicrométricos do fluxo de ar. O primeiro é responsável pela redução da umidade específica do ar, o segundo pelo aquecimento e/ou umidificação do ar e o terceiro pela medição da temperatura e umidade relativa. O quarto módulo é vazio, o quinto é dedicado ao teste das estruturas a serem utilizadas como enchimento. No sexto módulo procede-se à medição da temperatura e da umidade relativa. O sétimo módulo permite o acoplamento da secção transversal quadrada do sexto módulo, com a secção transversal circular do sétimo módulo. Na secção final do túnel, um exaustor axial responsável pela vazão de ar.

Como critério do desempenho foi avaliada a eficiência de resfriamento das fibras vegetais analisadas.

2. Breve revisão bibliográfica do resfriamento evaporativo

Os primeiros vestígios da utilização do resfriamento evaporativo remontam à antiguidade, onde o homem utilizava-se do resfriamento evaporativo e seus efeitos na construção de edificações e armazenamento de água. No antigo oriente, relatos bíblicos e fontes literárias relatam gravuras de escravos abanando jarros de argila contendo água, para resfriar seu conteúdo. Hoje, sabe-se que uma fração da água armazenada evapora através da parede do vaso, resfriando o líquido. O grande inventor Leonardo Da Vinci, em 1452, idealizou um resfriador evaporativo em forma de roda d’água. A seguir são relacionados alguns trabalhos referentes ao resfriamento evaporativo na presente década.

Liao et al. (2002), desenvolveram um túnel de vento compacto para simular sistemas de resfriamento evaporativo e provar o desempenho do sistema. Duas alternativas de material fabricados em PVC foram utilizadas como enchimento. Foram investigados experimentalmente os efeitos de alguns parâmetros na eficiência de resfriamento evaporativo: velocidade do ar, vazão de água, pressão estática e espessura do enchimento. O procedimento utilizado no estudo permite avaliar com precisão o resfriamento evaporativo em termos da eficiência de resfriamento e da perda de pressão estática. As eficiências apresentadas pela esponja grossa de PVC variaram de 63,88 a 64,77%, 80,50 a 81,68% e 81,75 a 86,32%, respectivamente, para as espessuras de 50, 100 e 150 mm e velocidade do ar de 1,0 a 1,5 m/s. As eficiências apresentadas pela esponja fina de PVC variaram de 47,22 a 57,23%, 62,93 a 72,25% e 76,68 a 85,51%, respectivamente, para as espessuras de 50, 100 e 150 mm.

Al-Sulaiman, (2002) avaliou o desempenho de três fibras vegetais usadas como enchimento no resfriamento evaporativo. As fibras escolhidas foram palma, juta e bucha vegetal (*luffa*). Como referência, foi utilizado um enchimento comercialmente conhecido. O critério de desempenho incluiu a eficiência de resfriamento, o desempenho do material e a eficiência contra a degradação. Os resultados mostraram que, na avaliação da eficiência de resfriamento a juta obteve 62,1%, comparada a 55,1% da bucha vegetal, 49,9% para o enchimento comercial de referência e 38,9% para a fibra da palma. Nos testes de desempenho do material compreendendo deposição de sal e biodegradação, a juta apresentou menor deposição de sal, seguida das fibras de palma e da bucha vegetal (*luffa*). O enchimento comercial apresentou a maior deposição de sal. O teste de resistência à formação de mofo foi mais propício para a bucha vegetal (*luffa*), seguido da fibra de palma. O enchimento comercial e a juta apresentaram baixo desempenho neste item. Os resultados da perda de eficiência de resfriamento com o tempo, indicaram que a bucha vegetal (*luffa*) obteve maior desempenho que as demais fibras. Neste quesito a fibra de palma e o enchimento comercial apresentam uma significativa redução na eficiência de resfriamento. Por outro lado a juta apresenta baixos valores quando o tema é deterioração. O resultado total indica que a bucha vegetal (*luffa*) oferece maior vantagem que as demais fibras testadas. Entretanto, se a superfície da fibra de juta for tratada para oferecer maior resistência à formação de mofo, seria esta a melhor alternativa como enchimento evaporativo.

Jameel et al. (2002), usaram um modelo detalhado para torres de resfriamento em contra corrente para investigar as características de desempenho. A validação do modelo é testada experimentalmente reportando-se à literatura. O desempenho térmico da torre de resfriamento é claramente explicado em termos da variação da temperatura da água e do ar, como também o potencial motriz para transmissão e transferência de calor e evaporação, ao longo da altura da

torre. A contribuição relativa de cada modo de transferência de calor na torre de resfriamento é estabelecida. É demonstrado como exemplo, que o modo predominante de transferência de calor é a evaporação. Por exemplo, a evaporação contribui com cerca de 62.5% do total de calor transferido ao fundo da torre e quase 90% ao topo da torre. A variação na temperatura do ar e da água ao longo da altura da torre (linha de processo) é explicada na carta psicrométrica.

Camargo et al. (2002), publicaram trabalho sobre sistemas de resfriamento evaporativo acoplados a desumidificadores dessecantes. Essa tecnologia tem emergido como alternativa ou como complemento aos sistemas convencionais de refrigeração por compressão de vapor. Os sistemas de resfriamento evaporativo utilizando pré-umidificação por adsorção apresentam perspectivas promissoras para condicionamento de ar de conforto, principalmente em regiões em que a umidade do ar é alta. Podem ser utilizados em sistemas de co-geração em que o calor necessário à reativação pode ser obtido dos gases de escape de turbinas a gás ou de motores de combustão interna ou ainda do vapor em ciclos que utilizam turbinas a vapor. O sistema utilizado é composto por um desumidificador dessecante rotativo acoplado a dois resfriadores evaporativos diretos e a um indireto. Na configuração do sistema, o ar externo é primeiramente misturado com o ar de retorno e passa pelo desumidificador perdendo calor latente (umidade) e ganhando calor sensível (temperatura). Logo após ele é resfriado primeiramente num resfriador evaporativo indireto (REI) e a seguir em uma unidade de resfriamento evaporativo direto (RED), sendo introduzido no ambiente condicionado em condições de temperatura e umidade satisfatórias ao conforto humano. Estudou-se a aplicação do sistema acoplado, resfriamento evaporativo e desumidificação por adsorção, às condições climáticas de oito cidades brasileiras, concluindo que é possível atingir-se, com esse sistema, a zona de conforto humano em regiões de clima úmido.

Kloppers et al. (2004), formularam um estudo detalhado das equações de transferência de calor e massa em resfriamento evaporativo em torres de resfriamento. As equações que governam o rigoroso método de análise de Poppe são derivadas de princípios básicos. O método de Poppe é bem empregado para a análise de torres de resfriamento híbridas com o estado do ar de saída previsto. As equações que governam o método de análise de Merkel são obtidas depois que algumas simplificações assumidas são feitas. A equação do método da efetividade NTU aplicado a torres de resfriamento são apresentadas. As equações que governam o método de Poppe são estendidas para obter-se mais detalhes na representação do número de Merkel. Neste trabalho, as diferenças na análise da transferência de calor e massa e as técnicas de solução pelos métodos de Merkel e Poppe são descritos com ajuda dos diagramas de entalpia e cartas psicrométricas.

El-Dessouky (2004) construiu e testou um equipamento experimental operando com o sistema de resfriamento evaporativo em dois estágios. O conjunto foi formado por uma unidade de resfriamento evaporativo indireto seguido por uma unidade de resfriamento evaporativo direto e foi testado durante o verão de uma região do Kuwait, com temperatura de bulbo seco acima de 45 °C. O sistema foi testado em função da espessura do enchimento e da vazão do fluxo de água da unidade do sistema direto. Outros parâmetros incluíram a vazão do fluxo de água para a unidade do sistema indireto e a modalidade para operar a troca de calor. Resultados mostraram que a eficiência dos sistemas conjuntos, diretos e indiretos, varia de 90 a 120%. No sistema indireto a eficiência varia na faixa de 20 a 40%; no sistema direto varia entre 63 a 93%.

3. Túnel de ensaio evaporativo

Para a simulação das condições do ar atmosférico foi construído um túnel montado em módulos conforme Fig. (1). Nas figuras deste trabalho m_a é a massa de ar, m_v é a massa de vapor, que adentram uma secção, h é a entalpia, ω é a umidade absoluta e TBS é a temperatura de bulbo seco.

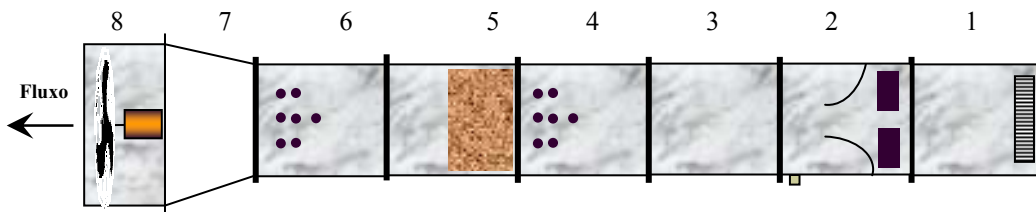


Figura 1. Esquema da bancada experimental em forma de túnel.

O módulo 1 apresenta uma serpentina de resfriamento com capacidade de 18.000Btu/h (dados do fabricante), onde o fluxo de ar é resfriado até uma temperatura inferior à sua temperatura de orvalho ocorrendo condensação de parte do vapor de água da mistura, conforme evidencia a Fig. (2). Nesta figura é mostrado o processo de desumidificação por resfriamento, que descreve uma trajetória curva apontando para a linha de saturação. Caso a serpentina fosse suficientemente grande, o estado final seria aquele indicado pelo ponto 2', onde o ar estaria com 100% de umidade relativa e teria atingido a temperatura da serpentina na seção de saída.

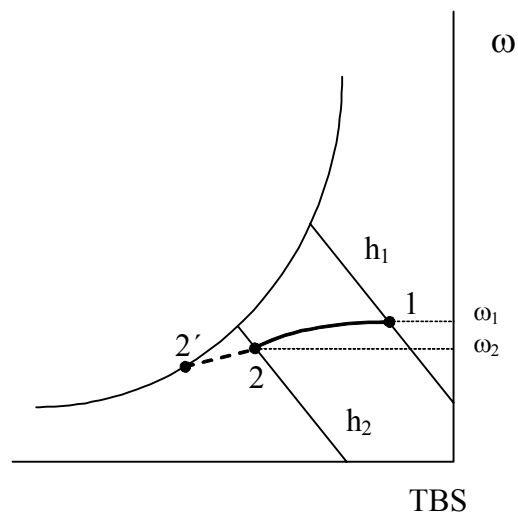


Figura 2. Foto da serpentina de resfriamento posicionada na entrada do túnel. Ao lado observa-se o diagrama psicrométrico do processo de desumidificação

O módulo 2 apresenta duas resistências de aquecimento totalizando 2.5kW, como evidencia a Fig. (3). A potência das resistências é regulada por um variador de tensão, onde é feito um aquecimento sensível, ou seja, calor é fornecido à corrente de ar sem, contudo, incorrer em uma variação do teor de vapor de água na mistura. Trata-se, portanto, de um processo onde a umidade absoluta é constante, como indicado pela Fig. 3.

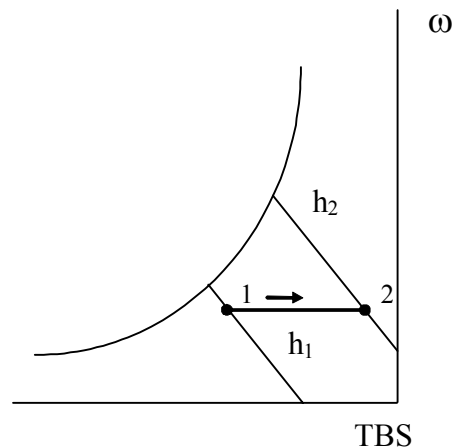
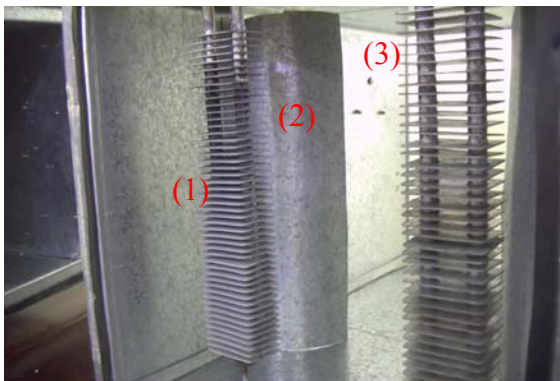


Figura 3. Foto mostrando (1) resistências elétricas internas ao túnel, (2) defletores e (3) aspersor. Ao lado pode ser visualizado o diagrama psicrométrico do processo de aquecimento sensível.

No mesmo módulo foi colocado um bico aspersor de uma pistola de pintura com água, onde é feita uma umidificação adiabática (nenhum calor é transferido), como é mostrado pela Fig. (4).

O módulo 3 é vazio e serve para suavizar as condições de escoamento do ar, bem como para uma futura introdução de equipamentos/sensores de medição. No módulo 4, como indicado pela Fig. (5), foram introduzidos sensores para medição de temperatura (termopares tipo T) e umidade relativa (sensor capacitivo). Os termopares e o sensor de umidade foram conectados a um sistema de aquisição de dados. A medição da velocidade do ar foi feita através da introdução, nesta seção, de um anemômetro de fio quente.

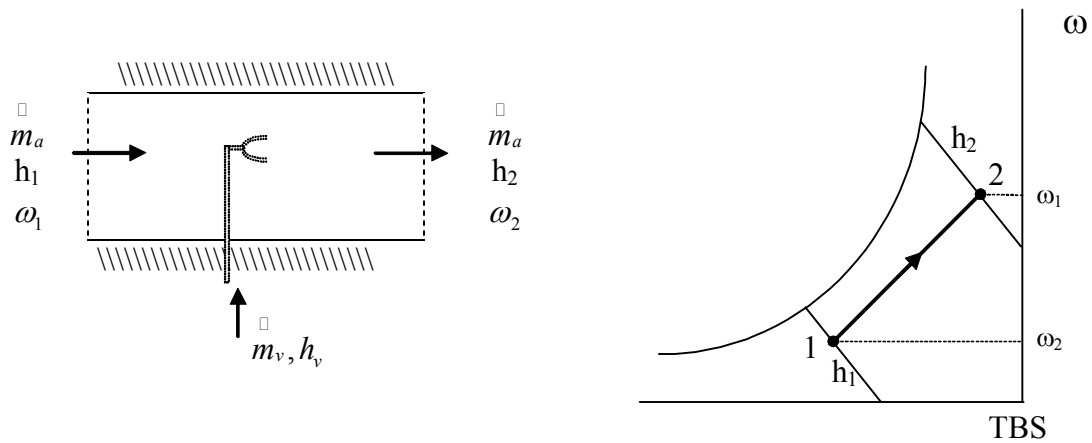


Figura 4. Esquema do dispositivo de aspersão utilizado. Ao lado mostra-se, em diagrama psicrométrico, o processo de umidificação adiabática.



Figura 5. Foto mostrando a fixação dos termopares e higrômetro internamente ao túnel.

O módulo 5 abriga o enchimento. Foram testados dois arranjos de fibras vegetais (sisal e coco), onde na parte superior uma árvore de distribuição molha uniformemente com água as fibras que estão em contato com o ar a ser resfriado em fluxo cruzado. O arranjo feito nas fibras favorece o escoamento da água, como mostrado no esquema da Fig. (6). A Figura (7) mostra os módulos de teste com a fibra de coco e com o sisal, os quais foram introduzidos no módulo 5.

O módulo 6 é uma repetição do quarto módulo, com a finalidade de medir propriedades psicrométricas do ar após a passagem pelo enchimento evaporativo. Sensores para medição de temperatura e umidade, ligados a um sistema de aquisição de dados, são posicionados para obter as propriedades do fluxo de ar após sua passagem pelo módulo de testes. A velocidade do ar era novamente medida através de um anemômetro de fio quente.

O módulo 7 corresponde ao acoplamento da seção quadrada do túnel para a seção transversal circular do ventilador.

O módulo 8 contém o próprio ventilador axial, responsável pela vazão de ar interna do túnel, a qual era alterada pelo uso de um variador de voltagem.

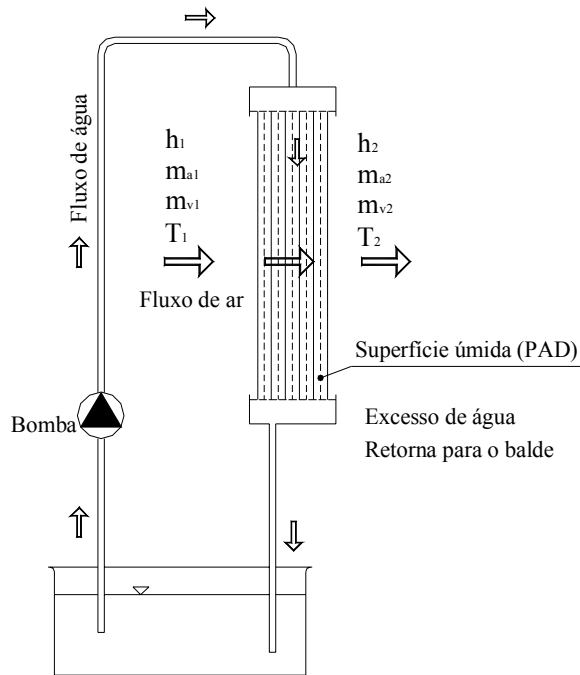
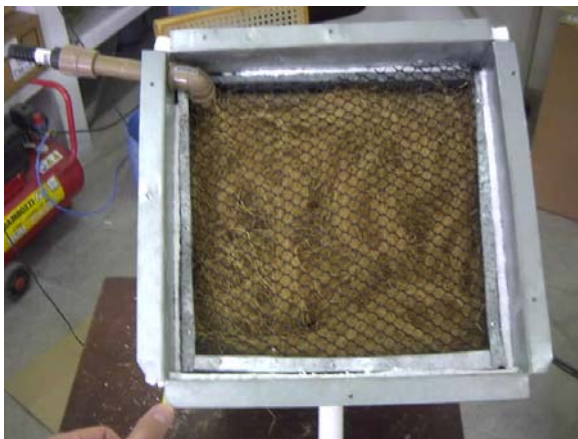


Figura 6. Esquema de bombeamento para umidificação das estruturas de teste.



a)



b)

Figura 7. Módulos de testes com a) fibra de coco e b) sisal.

4. Ensaio Experimentais

Neste item são mostradas algumas características das fibras vegetais escolhidas, é discutido o critério de comparação utilizado no presente trabalho e ao final são mostrados alguns gráficos que mostram a funcionalidade do túnel para diversas variações nas condições de operação. Ao final deste item é feita uma breve discussão dos dados obtidos.

4.1. Características das fibras escolhidas

Uma avaliação preliminar das propriedades físicas das fibras foi feita para mostrar a capacidade de retenção de água em cada fibra, como pode ser visto na Tab. 1.

Como referência foi tomado o enchimento (pad) comercial usual, que apresenta uma absorção de 250% +/- 25% e possui 1,8m²/kg +/- 10%, segundo a AEC, (2005).

Tabela 1. Propriedades físicas das fibras selecionadas

Fibra	Diâmetro médio [mm]	Massa seca [g]	Massa saturada [g]	Quantidade de água absorvida [g]	%
Sisal	2,56	100,0	231,0	131,0	131,00
Coco	5,40	97,5	178,5	81,00	83,07

4.2. Critério de comparação

A avaliação da performance das fibras naturais é feita de acordo com o critério da eficiência do resfriamento, definida na Eq. (1) (ASHRAE, 1983):

$$E_f = \frac{T_{ent.} - T_{saida}}{T_{ent.} - T_{sat.}} \quad (1)$$

onde E_f é a eficiência do resfriamento para fibras limpas, com ausência de impurezas, $T_{ent.}$ é a temperatura de bulbo seco na entrada do módulo de testes, T_{saida} é a temperatura de bulbo seco na saída do módulo de testes e $T_{sat.}$ a temperatura de saturação na saída do módulo de testes.

Teoricamente os painéis evaporativos podem apresentar uma eficiência de até 100%. As eficiências normalmente adotadas são de 80 a 90%, por questões de viabilidade econômica.

Os resultados médios obtidos a partir da Eq. (1) indicaram eficiências na faixa de 50%, sendo que a fibra de coco obteve os melhores valores, seguida do sisal e do enchimento de referência. Esses resultados são apenas indicativos da possibilidade de substituição do enchimento comercial por enchimentos fabricados a partir de fibras naturais, uma vez que percebeu-se uma influência do meio externo nos resultados, devido a concepção do módulo de teste favorecer a entrada de ar exterior, como ilustrado nos gráficos do próximo sub-item.

4.3. Teste do túnel

A bancada experimental foi testada (Figs. (8), (9) e (10)) para variações da velocidade do ventilador (maior ou menor vazão de ar no túnel), acionamento da bomba d'água (fibras molhadas) e acionamento da serpentina de resfriamento (diminuição da umidade absoluta), através do acionamento do ar condicionado janela (ACJ) no túnel. Foram variadas as potências das resistências e a vazão na pistola de aspersão. Deve-se frisar que estes resultados são apenas resultados preliminares, que indicam a resposta da bancada experimental a variações de diversas condições de operação do túnel, tendo-se utilizado duas fibras vegetais e a estrutura comercial de referência (*honey comb*).

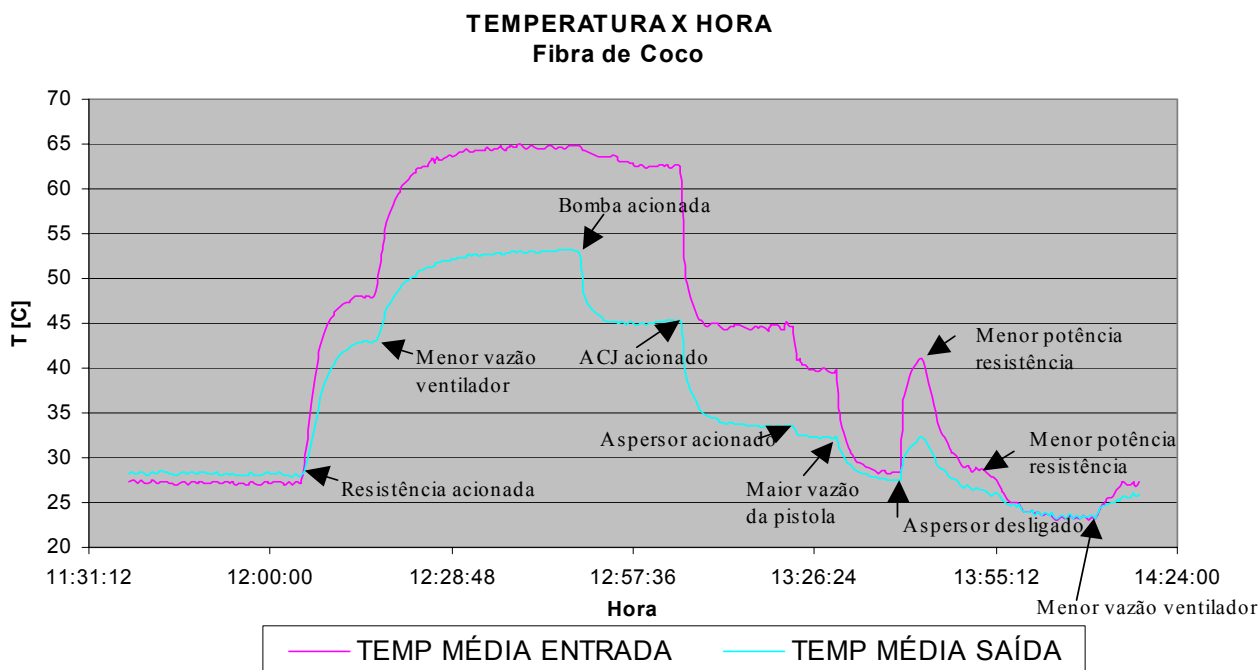


Figura 8. Temperatura x Tempo para a fibra de coco.

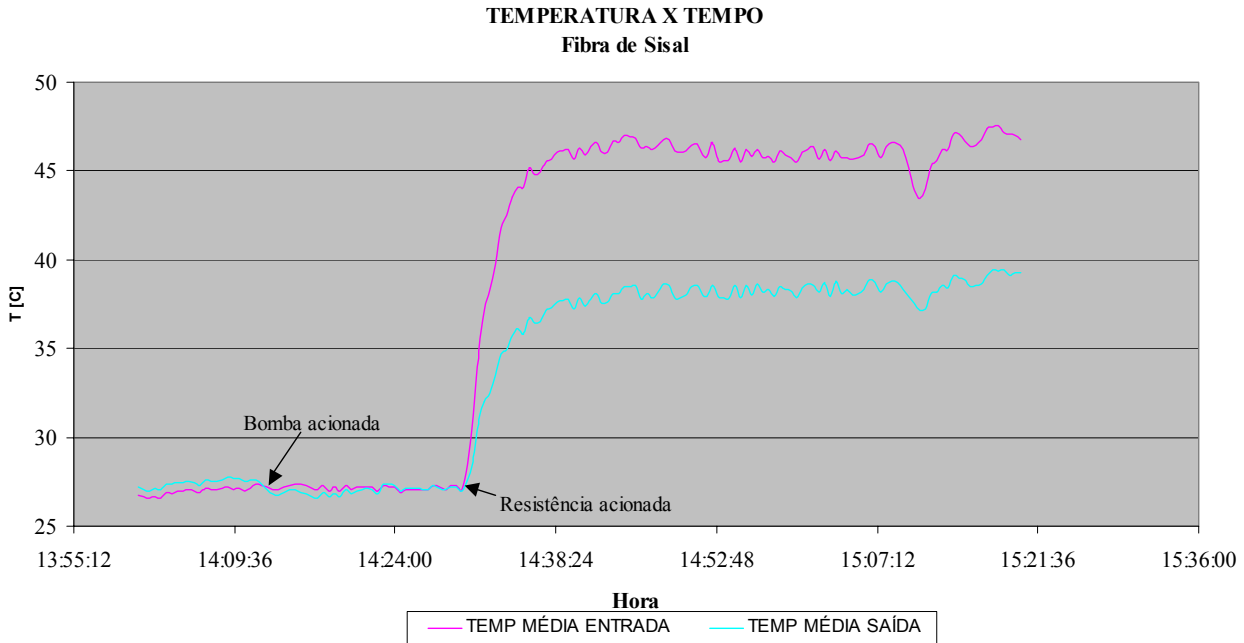


Figura 9. Temperatura x Tempo para a fibra de sisal.

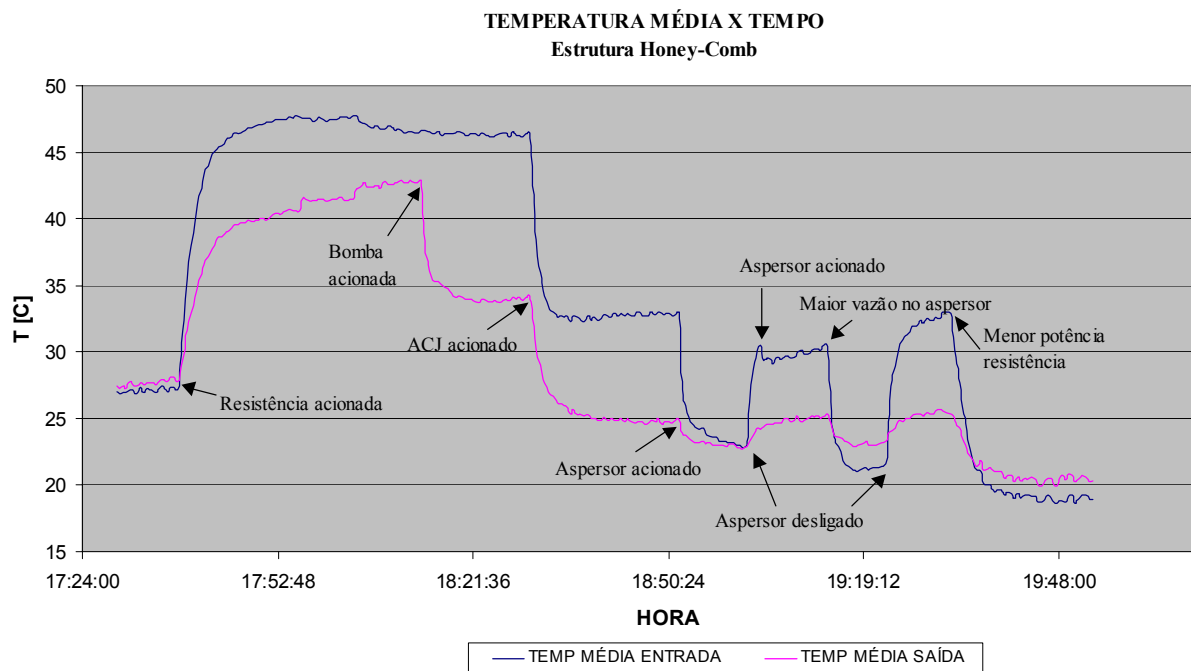


Figura 10. Temperatura x Tempo para o enchimento de referência (estrutura *honey-comb*).

4.4. Discussão dos resultados

As Figs. (8), (9) e (10) indicam a variação da temperatura média na secção anterior ao enchimento (curva azul) e na secção posterior ao enchimento (curva vermelha). Percebe-se que os resultados qualitativos indicam boas perspectivas para a bancada. Verifica-se que há uma diferença de temperatura entre a entrada e a saída do módulo onde se localiza o enchimento, que é saturado de água antes de ser introduzido no túnel. Essa diferença aumenta quando a bomba d'água é acionada. Percebe-se também a influência do acionamento do ACJ, que causa uma diminuição da diferença de temperatura do ar entre a entrada e a saída do módulo, provavelmente pela diminuição da temperatura do ar na entrada.

A presença do funcionamento do aspersor foi também notada, indicando os efeitos de um mais alto grau de umidade relativa da corrente de ar dentro do túnel.

5. Conclusões

No presente trabalho foi proposta a apresentação de uma bancada experimental para avaliar o desempenho térmico de materiais utilizados como enchimento de sistemas evaporativos. A bancada foi construída em forma de um túnel, composta de módulos, que permitem a medição ou introdução de equipamentos de medição, bem como sua própria montagem, desmontagem e expansão. Sensores de temperatura (termopares tipo T) e de umidade (higrômetros capacitivos) ligados a um sistema de aquisição de dados forneceram valores de temperatura e umidade nas secções anterior e posterior ao módulo de enchimento. Duas fibras vegetais, a fibra de coco e a fibra de sisal foram testadas em comparação a dados conseguidos com o teste do enchimento evaporativo usual, de papel tratado.

A bancada forneceu valores quantitativos para a eficiência dos enchimentos testados, mostrando uma melhor eficiência para a fibra de coco, seguida da fibra de sisal e do enchimento comercial, indicando que as fibras vegetais podem vir a ser um valioso material para enchimento de sistemas evaporativos.

Alguns problemas devem ser corrigidos, como o de infiltração de ar, detectado pelas medições com o anemômetro de fio quente. Deve-se também escolher seriamente o arranjo das fibras, para que a performance destas seja otimizada.

Apesar de fornecer valores quantitativos, a funcionalidade da bancada foi testada, tendo esta mostrado uma variação de parâmetros condizente com as alterações efetuadas nas variáveis do túnel. Portanto essa bancada pode ser usada satisfatoriamente como secção de testes de materiais alternativos ao enchimento evaporativo comercial.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte ao presente trabalho na forma de uma bolsa de mestrado.

7. Referências

- AEC, 2005, American Excelsior Company, www.amerexcel.com
- Al-Sulaiman, F., 2002., "Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling". *Energy Conversion and Management*, 43, pp. 2267-2273.
- ASHRAE, 1983, "Evaporative air cooling equipment", American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers, In: *ASHRAE Equipment Handbook*, Atlanta, part 1: Air-handling equipment, 4, pp. 1-10.
- Camargo, J. R., Ebinuma, C., 2002, "Sistemas de resfriamento evaporativo acoplados a desumidificadores dessecantes para diversas cidades brasileiras". II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 12/16 ago 2002, João Pessoa, PB, Brasil.
- El-Dessouky, H.; Ettouney, H.; Al-Zeefar, A., 2004, "Performance analysis of two-stage evaporative coolers. *Chemical Engineering Journal*", 102, pp. 255-266.
- Jameel, K., Yaqub, M. and Zubair, S. M., 2002, "Performance characteristics of counter flow wet cooling towers", Elsevier Science Ltd.
- Kloppers, J.C. and Kröger, D.G., 2005, "A critical investigation into the heat and mass transfer analysis of counterflow wet-cooling towers", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48, pp.765-777.
- Liao, C.-M. and Chiu, K.-H., 2002, "Wind tunnel modeling the system performance of alternative evaporative cooling pads in Taiwan region". *Building and Environment*, 37, pp.177-187.

EXPERIMENTAL SECTION FOR TESTING OF EVAPORATIVE COOLING PADS

Abstract. Evaporative cooling unities on the market use an efficient but expensive cooling pad, with medium prices of US\$ 200.00 each m², for pads of 20 cm width. It is known that a significant part of costs of evaporative cooling systems correspond to the cooling pad. Therefore, there is a natural interest on alternatives that contributes to reduce its costs. Under this direction, an experimental section of tests was projected and built, in form of a modular tunnel, where alternative cooling pads could be tested. Two vegetal fibers were chosen for the tests: coconut fiber and sisal fiber, both presenting local abundance and of low cost. To contrast their efficiencies, a commercial cooling pad was tested. The cooling efficiency was used as the performance criterion. The section tests was conceived in modules, in order to facilitate: the measurements, the addition of segments, the change of cooling pads and the proper assembly and dismount of the system. Each conceived module possess a function in the change of psicrometric parameters of the system. The tests indicate that the present experimental test section could be used satisfactorily to test evaporative cooling pads.

Keywords: evaporative cooling, psicrometry, cooling pad, vegetal fiber.