

TEMPERATURA E CONSUMO DE ENERGIA EM SECADORA DE VESTUÁRIO

Jefferson Almeida Ribeiro – pfilho@feg.unesp.br

Paulo Magalhães Filho - pfilho@feg.unesp.br

Universidade Estadual Paulista-Unesp, Faculdade de Engenharia, Departamento de Energia
Cx. P. 205 - 12516-410, Guaratinguetá, SP, Brasil

***Resumo.** A desumidificação em tecidos é feita pelo processo de circulação de ar quente através destes, em secadoras. A circulação do ar é obtida por um ventilador acionado por motor elétrico, e o aumento da temperatura do ar que atravessa os tecidos, com o objetivo de arrastar a sua umidade, é feito com dissipação de calor em resistência elétrica. Este trabalho mostra os resultados de uma modelagem experimental, examinando o comportamento de diversos tecidos numa secadora vertical do tipo suspenso, como: tergal, cotton-lycra, flanela, jeans-indigo e viscose. Foi analisado o comportamento do teor de umidade nestes tecidos, frente aos fluxos de ar em temperaturas controladas, determinando, com isso, o calor necessário para atingir os padrões de secagem exigidos. Os ventiladores dos aparelhos de secagem foram testados para determinação da vazão e consumo de energia, estabelecendo com isso uma relação vazão versus consumo. São apresentados os resultados comparativos entre os vários tipos de tecidos.*

***Palavras-chave:** Secador de vestuário, Temperatura de secagem, Consumo de energia*

1. INTRODUÇÃO

A natureza e a umidade das fibras. As fibras podem ser consideradas como elementos estruturais alongados. As principais fibras que são transformadas em fios têm razões comprimento/diâmetro maiores que 10.000. Os comprimentos das fibras de algodão, por exemplo, são da ordem de 25 a 75 mm; as fibras de lã podem exceder a 100mm, e são muito variáveis em comprimento até mesmo quando tosquiadas da mesma ovelha; as fibras de linho podem ser disponíveis em comprimentos de até 1m (Singleton, 1983); e os diâmetros correspondentes das fibras têxteis variam entre 3 e 500 μm .

As fibras variam sua forma na seção transversal, tanto naturalmente, quanto conforme desejado em diferentes finalidades. As fibras de lã têm a seção transversal essencialmente circular, ao passo que as das fibras de algodão são elípticas. As fibras sintéticas produzidas por fiação através de um processo de derretimento podem ser de uma determinada forma desejada. Rayon, por exemplo, pode ter tanto formas cilíndricas regulares quanto irregulares compostas ou não de cavidades.

A forma da seção transversal influencia o modo como as fibras se juntam em fios. As fibras de seda, por causa da sua seção triangular, podem juntar-se compactamente para dar um fio denso de diâmetro pequeno. As fibras naturais, as quais são obtidas das plantas em pequenos comprimentos, dão origem aos principais fios e raramente são lisas. Fios de algodão e lã, em seu estado natural, têm friso espiralado. Os produtos têxteis são compostos de fios entrelaçados num padrão de grade produzido por panos individuais tecidos ou tricotados.

A madeira consiste de um grande número de fibras agregadas com outros tipos de células, ligadas por lignina formando uma estrutura sólida e rígida. As fibras são estruturas cilíndricas

ocas, tipicamente de 1 a 4 mm de comprimento, com paredes compostas principalmente de celulose e seus polissacarídeos associados. A maioria das madeiras encolhem e incham com a variação do teor de umidade, mas a mudança dimensional ao longo do comprimento da fibra é de 50 a 100 vezes menor que as suas mudanças transversais. O processo de produção de pasta de papel por meio químico ou termoquímico, delinea a estrutura, liberando fibras individuais. O papel resulta da deposição em tela, drenagem e secagem da mistura macerada para dar ao material a forma de folha de fibras entrelaçadas. As fibras de madeira são também prensadas a quente com resinas, principalmente uréia-formaldeído, resultando em produtos reconstituídos de madeira tais como pranchas de fibra e madeira compensada.

A quantidade de umidade absorvível por materiais fibrosos varia conforme sua estrutura. Fibras hidrofílicas de origem natural podem reter consideráveis quantidades de umidade, enquanto que algumas fibras artificiais são pouco higroscópicas. A variação do teor de umidade de equilíbrio (X_e) com a umidade relativa (ϕ) à temperatura constante é mostrada na “Tabela 1” para alguns tipos de fibras (Krischer, 1978).

Tabela 1. Teor de umidade de equilíbrio na base seca (kg/kg) para a adsorção de vapor de água em algumas fibras a 30°C

Tipo	Umidade Relativa [%]		
	20	50	100
Algodão	0,0305	0,0565	0,230
Algodão mercerizado	0,0420	0,0775	0,335
Nylon trefilado	0,0127	0,0287	0,050
Rayon	0,0515	0,0935	0,360
Fio Terylene	0,0140	0,0370	0,030
Fio Viscose	0,0555	0,1010	0,460
Polpa de madeira	0,0340	0,0620	0,250
Lã	0,0620	0,1100	0,380

Enquanto em muitas fibras têxteis naturais o teor de umidade aproxima-se assintoticamente do teor de umidade de equilíbrio em altas umidades relativas, algumas fibras sintéticas, tais como nylon e viscose, têm valores máximos bem definidos para o mesmo. Para a maioria das fibras naturais, este comportamento é interpretado como o efeito térmico de adsorção, sendo igual ao calor de condensação somente após a formação de uma camada multicelular.

O modo de se estimar o valor do teor de umidade de equilíbrio de fibras depende do seu tipo estrutural, particularmente em moderadas umidades relativas, onde a adsorção multicelular é o mecanismo dominante de ligação e o teor de umidade é diretamente relacionado à espessura da camada adsorvente.

A proposta de Henderson (1952) é baseada na determinação da razão entre a quantidade de umidade adsorvida por unidade de superfície molhada e a variação de energia na adsorção, sendo esta razão assumida como uma função do teor de umidade de equilíbrio. Papadakis *et al.* (1993) mostram que a proposta de Henderson ajusta-se a dados experimentais para dois tipos de celulose, sobre uma faixa de umidade relativa de 11,3% a 94,6% e uma faixa de temperatura de 20°C a 93°C. Uma importante constatação do trabalho deles é que uma correlação pode ajustar-se muito bem a dados experimentais, sobre uma faixa limitada de umidade relativa, mas pode dar resultados incorretos se extrapolados além da faixa testada, particularmente para umidades relativas mais altas quando diferentes mecanismos de retenção de umidade acontecem. Walker (1993) relata a mesma constatação com respeito a água em

madeira. Restritamente, o ponto de saturação da fibra corresponde ao máximo teor higroscópico de umidade quando as paredes da célula das fibras estiverem totalmente preenchidas pelo líquido. Porém, em umidades relativas acima de 98%, as cavidades naturais ou artificiais das fibras começam a encher-se pela condensação capilar, causando uma brusca variação ascendente na curva de adsorção.

Sob condições no interior de um secador, ou forno, o teor de umidade de equilíbrio pode tornar-se muito baixo. Na prática, quando utiliza-se teste de secagem em forno para determinar o teor de umidade de uma massa fibrosa, é frequentemente admitido que a umidade residual é desprezível, no entanto, a umidade pode ter um profundo efeito nas propriedades mecânicas das fibras. A umidade retida pelas paredes das células das fibras causa seu inchaço e a perda de umidade, o encolhimento. O carregamento, incluindo o desenvolvimento de esforços de secagem, introduz tensões na estrutura que pode não recuperar-se totalmente quando a carga é liberada, causando deformação residual permanente. Com materiais hidrofílicos, é verificado que a umidade reduz a rigidez e aumenta a fluência, possivelmente como resultado do efeito plástico do material. As variações no teor de umidade aumentam a fluência. Variações na rigidez das fibras de lã quando submetidas a um processo de secagem ou umidificação foram relatadas por Mackay & Downes (1959).

Fibras de madeira encolhem anisotropicamente em secagem abaixo do seu ponto de saturação. Walker (1993) cita algumas possíveis razões para este comportamento, incluindo a possibilidade de que microfibras na parede da célula retenham a matriz original da espécie, e diferenças no comportamento entre anéis de crescimento do segmento mais novo e o do mais velho.

A secagem enfraquece o entrelaçamento da fibra causando diminuição substancial no comprimento médio resistente a um determinado esforço. Materiais fibrosos são secados comercialmente utilizando-se como agente secante o vapor superaquecido, assim como o ar. Secagem com vapor superaquecido tem as vantagens do baixo consumo de energia comparado com secagem a ar, da ausência de oxidação, e de menor contaminação do material.

Secadores de tecidos. A indústria de eletrodomésticos coloca no mercado diferentes alternativas para a secagem de vestuário, não tendo um padrão, e tão poucas normas técnicas brasileiras, para padronização do produto ofertado.

O usuário deste tipo de produto normalmente não tem espaço em sua residência para a secagem do vestuário utilizando a energia solar, por residir em apartamentos, adquirindo o produto sem conhecer o seu desempenho e o seu consumo de energia.

O circuito básico de um sistema suspenso de secagem doméstica de tecidos, consiste de um fluxo de ar quente e seco que é insuflado num ambiente envolto por um filme de plástico.

Secadores elétricos são responsáveis por aproximadamente 3% do consumo de energia em residências nos países do hemisfério norte (onde o aquecimento de ar e água são responsáveis por 75% do total do consumo de energia), e cerca de 10% em regiões de clima moderado a quente.

Embora muitos estudos tenham sido realizados sobre esse assunto, é estimado que o consumo médio anual de energia elétrica em secagem de roupas numa residência típica - família com 4 pessoas - está em torno de 900 kWh, o que está próximo de um número correspondente a 1200 kWh para um forno elétrico.

Do início ao final do funcionamento de um secador elétrico de roupas, estas à temperatura do ambiente externo, a mais evidente e maior perda de energia em cada secador está na exaustão, onde uma grande quantidade de energia é conduzida e perdida para o meio externo na forma de ar quente e úmido.

Em localidades onde a calefação se faz necessária durante o inverno, esse ar pode ser filtrado e conduzido para ambientes fechados a fim de aquecer e umidificar residências, com isso economizando energia. Alternativamente, ele pode ser filtrado, desumidificado e reciclado para o secador, diminuindo a quantidade de energia elétrica necessária para aquecer o novo ar de secagem.

Isso contrasta com o procedimento atual, onde o secador retira o ar do ambiente e o aquece eletricamente, a um custo significativo, antes de descarregá-lo continuamente no meio externo. Além disso, a secagem não é uniforme numa mesma peça de roupa ou de uma peça para outra.

Em alguns tipos de secadores é necessário um aquecimento extra, ou apenas um breve aumento de temperatura para os tecidos de secagem rápida, o qual reflete tanto sobre a qualidade da secagem quanto sobre o controle da energia gasta nos secadores elétricos convencionais de roupas (Hamid, 1991).

A determinação do desempenho de secadores é de vital importância, uma vez que a secagem é um processo de grande consumo de energia, como pode ser verificado em uma indústria têxtil, onde o tecido passa várias vezes por secadores durante o processo de acabamento. A produtividade dos secadores é o principal fator do qual depende a normalidade do fluxo das operações de produção. Portanto, conhecer as características de desempenho, através da determinação da eficiência térmica e da velocidade de secagem, é essencial para o estudo de secadores de tecidos.

Procedimentos devem ser desenvolvidos através de investigações teóricas e experimentais do processo básico de secagem, assim como através do estudo detalhado de secadores de diversos tipos, para obter-se uma modelagem representativa do processo para posterior simulação.

As informações obtidas podem ser de grande ajuda em estimativas quantitativas de melhoria, adquiridas em cada variação dos fatores que influenciam no desempenho. Baseado nessas grandezas e fatores selecionados pode-se decidir quais serão as variações mais benéficas para a melhoria do desempenho do secador.

Vários são os parâmetros que influenciam o desempenho dos secadores, e na maioria dos casos a natureza da influência e seu papel no mecanismo de secagem devem ser conhecidos, pelo menos nos graus de precisão requeridos para cada aplicação.

Os principais parâmetros são os seguintes: teores de umidade crítico e de equilíbrio do tecido, peso específico do tecido, condições de transferência de calor, temperatura do meio de fornecimento de calor, o tipo de envoltório do fluxo de ar, a velocidade e a umidade absoluta do fluxo de ar, a taxa de exaustão, taxa de secagem do sólido, dentre outros (Prabhu & Parajia, 1981).

Períodos de secagem. Na secagem de um sólido úmido, mediante um gás a uma temperatura e a uma umidade fixas, temos sempre um determinado tipo de comportamento. Imediatamente após o contato entre o sólido e o meio secante a taxa de secagem do sólido (R) ajusta-se até atingir um regime permanente. No período de ajuste a taxa de secagem pode tanto crescer como diminuir. No regime permanente a temperatura da superfície do sólido molhado é a própria temperatura de bulbo úmido do meio secante, permanece bastante estável e a taxa de secagem também permanece constante. O período termina quando o sólido atinge um teor de umidade, a partir do qual a temperatura da superfície começa a se elevar. Este ponto é chamado de teor crítico de umidade (X_c). A partir desse ponto a temperatura da superfície do sólido eleva-se e a taxa de secagem cai.

O período de taxa decrescente pode ser bem maior que o de taxa constante, no entanto, a quantidade de líquido removido será muito menor. A taxa de secagem atinge valores próximos de zero num certo teor de umidade de equilíbrio (X_e), que é o menor teor de

umidade atingível no processo de secagem com o sólido nas condições a que está submetido, sem causar danos à sua estrutura. Durante o período de secagem à taxa decrescente, a superfície vai ficando mais pobre em líquido, pois a velocidade do movimento do líquido do interior do sólido para a superfície é menor que a velocidade com que a massa é evaporada na superfície. A partir desse ponto não há na superfície qualquer região significativamente saturada de líquido, toda a evaporação ocorre a partir do interior do sólido e começa o segundo período de taxa decrescente. Este período termina quando atinge-se o teor de umidade de equilíbrio, e acaba a secagem.

Comportamento dos tecidos durante a secagem. Os tecidos são sólidos com estruturas fibrosas que retêm a umidade como parte integrante da sua estrutura, ou então retêm a mesma no interior das fibras ou de poros delgados internos. Nestes materiais, o movimento da umidade é lento e ocorre pela difusão do líquido através de sua estrutura. As suas curvas de secagem mostram períodos de taxa constante muito curtos e conseqüentemente elevados valores de teor crítico de umidade. O 1º período de taxa decrescente é muito reduzido, e a maior parte do processo de secagem ocorre no 2º período.

Os teores de umidade de equilíbrio são, em geral, elevados em virtude da água presente fazer parte da estrutura dos sólidos, e sua remoção total danificar os tecidos. As camadas superficiais tendem a secar mais rapidamente que o interior, e quando a taxa de secagem é muito elevada, ocorrem tão grandes gradientes no teor de umidade no interior do sólido, que a estrutura se rompe ou se deforma. Podem ocorrer casos com tecidos espessos em que se forma uma camada de material seco relativamente impermeável, dificultando ou impossibilitando o prosseguimento da secagem no interior do mesmo, ou em que se acentue o gradiente do teor de umidade no sólido, e dependendo do material do tecido, causar a sua deterioração.

Em virtude destas circunstâncias, as condições da realização da secagem são relevantes e devem ser escolhidas tendo em vista os efeitos que podem ter sobre a qualidade do material (Foust *et al.*, 1982).

Uma das variáveis que freqüentemente devem ter seus valores conhecidos nos experimentos em secagem é a taxa de secagem. Para a determinação da mesma, a massa da amostra (material + líquido) colocada no fluxo de ar deve ser medida em função do tempo. A fim de obter-se resultados que possam ser extrapolados para o protótipo, alguns aspectos devem ser considerados na modelagem: as dimensões da amostra devem acompanhar a escala do protótipo e as condições de secagem (temperatura, superfície, coeficiente de troca de calor) devem, se possível, ser idênticas às condições do processo real (Molnár, 1995).

2. AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE SECADORA

Para uma avaliação técnico-econômica realística de uma unidade secadora, certos fatores técnicos de desempenho devem ser definidos. Alguns dos seguintes fatores de desempenho são comumente utilizados: Tempo de Secagem, Eficiência Térmica, Consumo Específico de Potência, Volume Específico do Secador e Consumo Específico de Ar (Pakowski, 1992).

Para efeito de estudo teórico de secadoras tem-se um conjunto de equações que devem ser resolvidas simultaneamente. Essas equações normalmente são: equações do balanço de massa e de entalpia, equações cinéticas de transferência de calor e de massa, e equação do tempo de residência. Dependendo do número de incógnitas, essas equações não serão suficientes para as suas resoluções, sendo necessário a obtenção de valores experimentais para completar a modelagem (Gopalnarayanan & Radermacher, 1995), (Kesselring & Smith, 1996), (Mujumdar, 1995), estando neste ponto a contribuição deste trabalho, qual seja: encontrar as temperaturas ideais para secagem de diferentes tecidos, por processo convectivo, em secadora vertical do tipo suspenso, assim como determinar fatores de desempenho.

Materiais e métodos. Foi utilizada uma secadora normal de linha disponível no mercado, do tipo suspenso, marca Enxuta. O ventilador responsável pelo insuflamento do ar de secagem foi ensaiado em bando de teste segundo AMCA/ANSI – Standard 210-74, tendo apresentado para o ponto nominal de funcionamento, valores constantes de 3,0 mCAr para a pressão estática e 0,0368 Nm³/s de vazão em 2400 rpm, consumindo uma potência de 96 W. O sistema de aquecimento do ar de secagem é constituído de resistência elétrica dissipando uma potência de 1200 W, com tensão de alimentação regulada em 120 V. Este tipo de secadora, contém 7 suportes para que as roupas sejam penduradas, numa câmara envoltória de filme plástico de 0,105 m³, tendo orifícios laterais para a saída do ar úmido.

As amostras foram confeccionadas nas dimensões 0,465 x 0,340 m, que representaram as áreas de exposição dos vestuários ao fluxo do meio secante, em diversos tecidos normalmente utilizados para sua manufatura: tergal, *cotton-lycra*, flanela, *jeans-indigo*, e viscose.

Com o objetivo de verificar o comportamento da temperatura das superfícies e teor de umidade das amostras, e o tempo necessário para a desumidificação dessas, foi montada uma bancada de testes cujos instrumentos de medida, aferidos, foram: termopares, termômetros de haste e bulbo, placa de orifício, aparelhos para determinação de grandezas elétricas, balança eletrônica (com precisão de 10⁻⁴kg), barômetro, cronômetro, escalas, e sistema de aquisição e armazenamento de dados programado para registrar a cada 120 s.

Na “Figura 1”, mostra-se a secadora, colocada numa balança, através de cintas de *nylon*, de tal forma que durante os testes de secagem fosse registrada a variação do peso do conjunto em função do tempo, devido à massa de líquido evaporada.

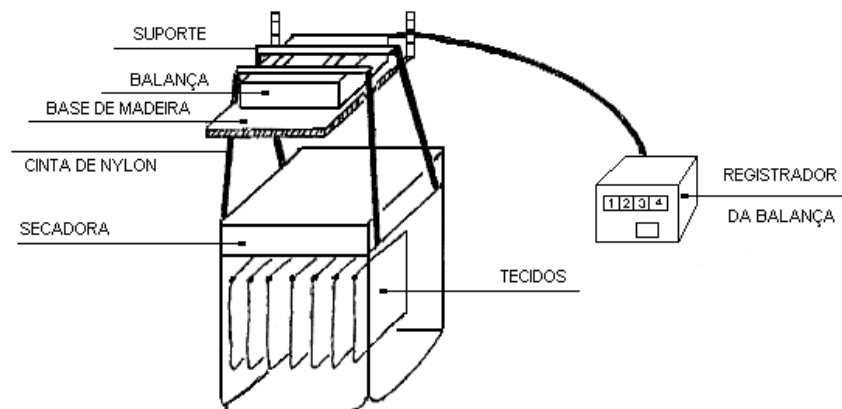


Figura 1- Esquema da bancada de testes

Ao mesmo tempo, a temperatura da superfície dos tecidos colocados na secadora foi determinada em pontos das regiões mediana, superior e inferior de cada amostra, através de termopares fixados por velcros no próprio tecido e introduzidos no mesmo através de orifícios.

Conjuntos de 7 amostras para cada tecido, após terem sido lavados e centrifugados em lavadora automática, foram imediatamente colocados na bancada de testes, fechando-se o envoltório de filme plástico. Foram realizados um número de testes suficientes para que se tivesse uma confiabilidade nos resultados de cada conjunto de amostras. A variação entre os pesos iniciais das amostras úmidas de cada tipo de tecido, por bateria de testes, foi estabelecida em um valor máximo de 3%. Cada bateria de testes se encerrava no momento em que se estabilizava o peso do conjunto secador, isto é, ou com a repetição do valor de duas ou mais medidas consecutivas registradas, ou quando a diferença entre essas fosse desprezível.

3. RESULTADOS

Definimos o teor de umidade dos tecidos como a razão entre a massa de líquido no tecido num determinado instante e a massa do tecido seco. Definimos também a taxa de secagem do tecido como a razão entre a vazão mássica de líquido evaporado em determinado instante e a área das superfícies dos tecidos expostas ao fluxo de ar.

Os resultados do comportamento do teor de umidade médio de cada conjunto de amostras em função do tempo de secagem são mostrados para cada tipo de tecido na “Fig. 2”, e os do comportamento da taxa de secagem de cada tipo de tecido em função do respectivo teor de umidade são mostrados na “Fig. 3”.

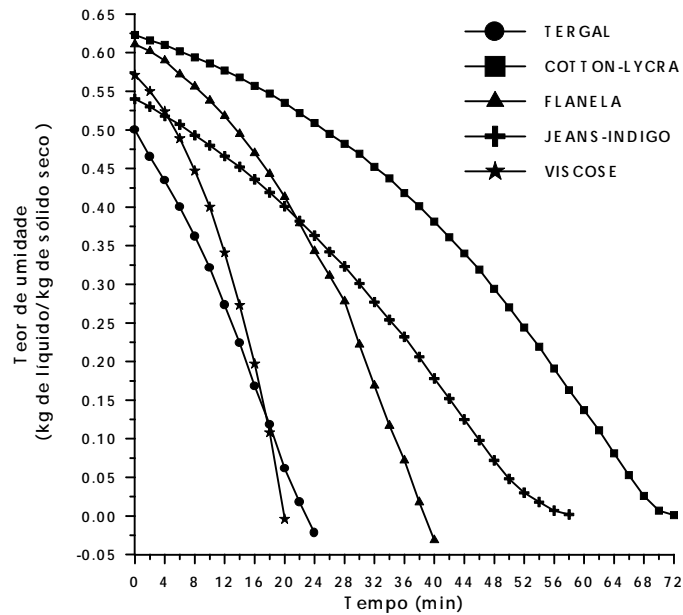


Figura 2- Teor de umidade médio dos conjuntos de amostras em função do tempo

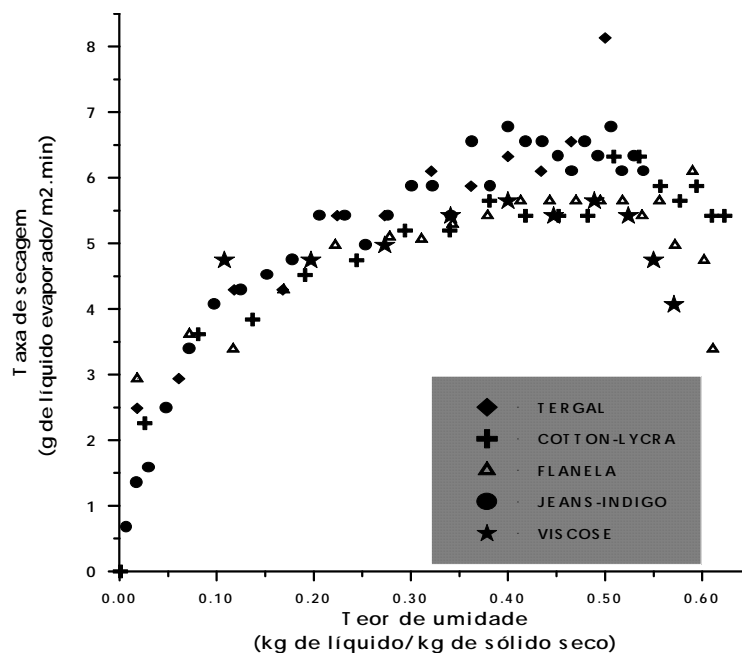


Figura 3- Taxa de secagem dos conjuntos de amostras em função do seu teor de umidade

Devido a disposição dos termopares na superfície das amostras, e ao insuflamento de ar ser descendente, ilustramos na “Fig. 4” o comportamento das temperaturas médias dessas superfícies, nas regiões superior, mediana e inferior, no conjunto de amostras de flanela.

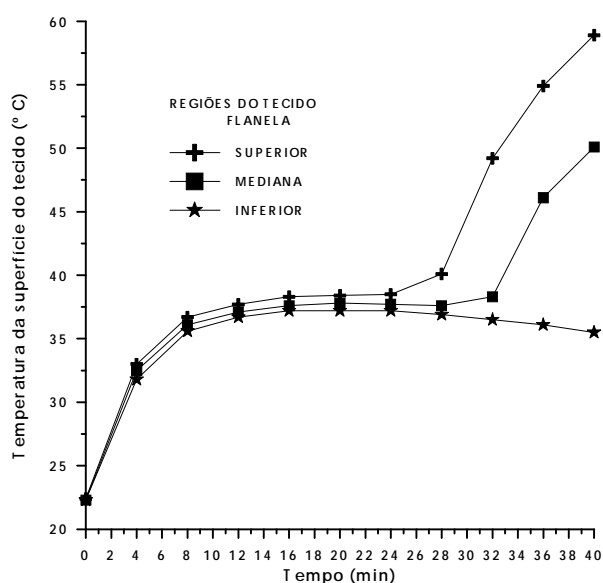


Figura 4- Comportamento típico das temperaturas das superfícies do conjunto de amostras de flanela nas suas diferentes regiões

Foi realizada a pesagem prévia de cada conjunto de amostras de tecidos secos, valores estes utilizados para a determinação dos teores de umidade instantâneos. A “Tabela 2” mostra os valores médios da massa de cada conjunto de amostras secas dos tecidos.

Tabela 2. Valores médios da massa de cada conjunto de amostras secas [kg]

tergal	cotton-lycra	flanela	jeans-indigo	viscose
0,2770	0,4927	0,2701	0,5608	0,1686

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO

As curvas do comportamento do teor de umidade para cada tecido durante a secagem indicam a necessidade de diferentes tempos de exposição dos mesmos ao meio secante. Isto mostra que deve haver uma seleção das peças de vestuário segundo o material de que são confeccionadas para cada carregamento da secadora, permitindo assim haver um melhor controle da qualidade e dos tempos de secagem.

Confirmou-se a previsão teórica, com os tecidos escolhidos para análise neste trabalho, haver um curto período de taxa de secagem constante em comparação com os seus respectivos períodos de taxa decrescente, para condições fixas de secagem.

Os valores obtidos para os parâmetros escolhidos para avaliação do desempenho da secadora, mostrados na “Tabela. 3”, indicam a necessidade de equipar tais aparelhos com dispositivos para variação da temperatura e fluxo do meio secante, e do volume da câmara de secagem, com o objetivo de reduzir o consumo de energia no processo.

Os tecidos tergal e viscose (~ 70% de *poliester*) tiveram como resultado um valor nulo para o teor de umidade de equilíbrio, e os demais, cuja formação estrutural contém grande parcela de fibras de algodão, apresentaram os valores mostrados na “Tabela 3”.

O teor crítico de umidade para os tecidos, flanela e *jeans-indigo*, cuja composição informada pelos fabricantes é de 100% algodão, mostraram ser os mais elevados, indicando que a retenção de líquido nos fios é maior.

Para a temperatura ideal da superfície, verificada na “Fig. 4”, como sendo aquela onde as curvas mostram o início da alteração do mecanismo de secagem, pois a partir desse ponto regiões da superfície do tecido podem estar sendo submetidas a temperaturas maiores que aquelas permitidas pela sua formação estrutural, verificamos uma aparente igualdade em seu valor.

Tabela 3. Resultados dos parâmetros de avaliação de desempenho da secadora

	unidade	tergal	<i>cotton-lycra</i>	flanela	<i>jeans-indigo</i>	viscose
Tempo total de secagem	min	22	72	38	56	18
Eficiência térmica	g água evapor. / kJ	0,172	0,157	0,153	0,162	0,157
Cons.espec. de potência	W/ g tecido seco	4,677	2,631	4,798	2,311	7,686
Vol.espec. da secadora	m ³ / kg tecido seco	0,379	0,213	0,389	0,187	0,623
Cons.espec. de ar	Nm ³ / s.kg tecido seco	0,133	0,075	0,136	0,066	0,218
Teor crítico de umidade	kg líquido/ kg sólido seco	0,321	0,319	0,413	0,363	0,341
Teor umid. de equilíb.	kg líquido/ kg sólido seco	0,0	0,001	0,001	0,007	0,0
Temp. ideal da superfície	°C	40	42	42	42	41

REFERÊNCIAS

- Foust, A S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L. and Andersen, L.B.,1982, Princípios das Operações Unitárias, 2ª ed., Guanabara Dois, Rio de Janeiro.
- Gopalnarayanan, S. & Radermacher, R.,1995, Simulation of a vapor compression dehumidification system for batch drying processes, Proceedings of the 30th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Orlando, vol. 2.
- Hamid, M.,1991, Microwave Drying of Clothes, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, vol. 26, n. 2.
- Henderson, S. M., 1952, A basic concept of equilibrium moisture, Agr. Eng., vol.33, pp.29-31
- Kesselring, J. P. & Smith, R. D.,1996, Development of a microwave clothes dryer, Transactions on Industry Applications, vol.32, n.1.
- Krischer, O. & Kast, W., 1978, Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik, 3ª ed., Springer-Verlag, Berlin.
- Mackay, B. H. & Downes, J. G., 1959, The effect of sorption process on the dynamic rigidity modulus of the wool fiber, Journal Appl. Polymer Science, n.2, pp. 32-38.

- Molnár, K.,1995, Experimental techniques in drying, In: Handbook of Industrial Drying, 2^a ed., Marcel Dekker, Inc.
- Mujumdar, AS.,1995, Handbook of Industrial Drying, vol. 1 e 2, 2^o ed., Marcel Dekker, Inc.
- Pakowski, Z.,1992, Advances in Drying, vol. 5, Hemisphere, New York.
- Papadakis, S. E., Bahu, R. E., Mckenzie, K. A. and Kemp, I. C., 1993, Correlations for the equilibrium moisture content of solids, Drying Technology, vol.11, n. 3, pp. 543-553
- Prabhu, M. R. & Parajia, J. S.,1981, Performance relations and norms for textile contact and convection dryers, Ahmedabad Textile Industry's Research Association, Ahmedabad, India.
- Singleton, R. W.,1983, Kirk-Othmer Encyclopaedia of Chemical Technology, 3^aed., John Wiley, New York.
- Walker, J. C. F., 1993, Primary Wood Processing Principles and Practice, Chapman and Hall, London.

TEMPERATURE AND ENERGY CONSUMPTION FOR CLOTHING DRYER

***Abstract.** The cloth dehumidification is done by hot air circulation through it in dryers. The air circulation is done by a fan, run by an electrical motor, and the air temperature raise, which goes through the cloths aiming their moisture dragging, is gotten by the heat dissipation from electrical resistance. This work shows the results of an experimental modeling, examining the behavior of several kinds of cloth in a vertical suspense-type dryer, such as: polyester, cotton-spandex, flannel, blue-jeans and viscose rayon. It was analyzed the behavior of the moisture content in these cloths related to controlled-temperature-air flows, determining the needed heat to reach the required drying standards. The drying device fans were tested for the determination of their flow rate and energy consumption, establishing a flow rate versus consumption relationship. Comparative results among the various kinds of cloths are presented.*

***Key words:** Clothing dryer, Drying temperature, Energy consumption*