

SECAGEM DE HORTELÃ EM SECADOR DE CESTO ROTATIVO

A. H. ROSANOVA¹ e M. C. FERREIRA¹

¹ Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Química
E-mail para contato: mariaf@ufscar.br

RESUMO– O objetivo desse trabalho foi avaliar a secagem de hortelã em um secador desenvolvido para esse fim, visando à obtenção de um produto desidratado homogêneo e adequado para a comercialização. O secador consiste de um cesto metálico cilíndrico com paredes perfuradas, acoplado a um motor, que lhe confere movimento rotacional em torno do eixo horizontal. O ar é aquecido por uma resistência elétrica, e é alimentado através das paredes laterais perfuradas, perpendicularmente ao eixo de rotação. Na secagem foram utilizadas duas temperaturas do ar (70 e 80 oC) e avaliadas a redução de umidade, alteração de cor e da densidade *bulk* da hortelã durante o processo. A secagem foi uniforme, sendo que a redução da umidade do material variou pouco entre as duas temperaturas testadas, e a umidade final das hastes foi, em média, inferior à das folhas. Já a variação da cor foi menor para os ensaios a 70 oC. Foi observado um expressivo encolhimento do material durante a secagem, nas duas temperaturas.

1. INTRODUÇÃO

Após serem colhidas, as plantas iniciam um processo irreversível de degradação, devendo ser imediatamente comercializadas, consumidas ou desidratadas, visando à minimização das perdas de qualidade e no teor dos seus princípios ativos. A secagem é um dos métodos mais convenientes para a preservação de plantas, visto que além de reduzir o desperdício, ela facilita o seu manuseio, transporte e armazenagem (Dias *et al.*, 2011; Ribeiro e Diniz, 2008; Sangwan *et al.*, 2012).

Dentre as espécies de plantas conhecidas, a hortelã, que é o foco deste trabalho, é uma das mais utilizadas. Seu óleo essencial pode ser empregado na indústria farmacêutica, para a produção de cosméticos e medicamentos, e tanto o óleo quanto a planta seca têm usos na indústria alimentícia, na fabricação de condimentos, chás, etc. (Dias *et al.*, 2011; Sangwan *et al.*, 2012). O ramo de hortelã é constituído de folhas e hastes, que são materiais com características distintas em termos físicos (forma, dimensões, etc) e químicos (composição, teor de constituintes, etc.). Segundo Tarhan *et al.* (2010), a hortelã *in-natura* possui, tipicamente, umidade de 75-85% (bu), sendo que a umidade das folhas é ligeiramente menor que a das hastes. As diferenças entre folhas e hastes se torna um complicador para o processo de secagem quando se deseja secar a planta inteira, já que por possuírem características distintas, estes materiais apresentam cinéticas de secagem diferentes. Nesse sentido, Tarhan *et al.* (2010) observaram que as folhas perdem umidade mais rapidamente que as hastes.

No caso de plantas, a secagem pode comprometer a qualidade do produto final, visto que materiais biológicos são muito sensíveis à temperatura, que pode provocar a degradação de

componentes químicos e alterações de odor, cor e sabor, o que afeta a aparência e qualidade do produto e, portanto, influencia a escolha do consumidor (Ribeiro e Diniz, 2008). Uma vez que cada espécie de planta medicinal possui características particulares, Melo *et al.* (2004) evidenciaram a necessidade de realizar estudos que estabeleçam as melhores condições de operação para a secagem de cada espécie, em um tipo específico de secador.

Na literatura existe uma vasta gama de trabalhos onde a secagem de plantas medicinais foi avaliada, utilizando-se diferentes tipos e dimensões de secadores e condições de processo. É comum o uso de secadores de leito fixo, como secadores de bandejas e estufa (Blanco *et al.*, 2000; Dias *et al.*, 2011; Radünz *et al.*, 2006). Lima (2013) observou que a utilização de leitos fixos para a secagem de plantas pode resultar em um produto final não uniforme. Assim sendo, a autora sugeriu a utilização de secadores de leitos móveis, que possibilitem boa movimentação do material e bom contato entre os sólidos e o ar de secagem, tais quais os secadores do tipo tambor rotativo. Alguns testes de secagem de hortelã-comum em um secador rotativo convencional foram realizados previamente a este trabalho. Contudo, a presença de hastes e folhas, e as características do material dificultaram a sua movimentação no secador, e os resultados não foram satisfatórios. Além disto, foi observado um considerável encolhimento e murchamento durante a secagem, o que piorava a movimentação. Com base nestes testes, foi construído um protótipo de um novo secador, denominado *cesto rotativo*, visando à aplicação na secagem de folhas e hastes de hortelã.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o desempenho do secador tipo cesto rotativo para redução de umidade de hortelã em diferentes temperaturas, e também avaliar as alterações nas propriedades do material (cor e densidade *bulk*) em função do tempo, durante a secagem. A variação da cor é considerado um atributo de qualidade e possibilita uma análise comparativa do produto seco nas diferentes condições, e a densidade *bulk*, uma avaliação das alterações associadas ao encolhimento do material.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Centro de Secagem do DEQ-UFSCar. Foram utilizadas folhas e hastes *in-natura* de hortelã-comum da espécie *Mentha x villosa* Huds, adquiridas em um estabelecimento comercial da cidade de São Carlos-SP. Foi feita uma seleção prévia, procurando-se obter amostras de coloração e tamanhos semelhantes, visando à redução da variabilidade inerente a esse tipo de material. Foram avaliadas duas temperaturas do ar de secagem, 70 °C e 80 °C, e os ensaios foram feitos em duplicata. Para uma primeira avaliação, optou-se por variar apenas a temperatura, pois de acordo com a literatura, ela é o fator de maior relevância para a cinética de secagem e qualidade do produto.

O sistema experimental utilizado foi desenvolvido com base no princípio de funcionamento dos secadores do tipo tambor rotativo convencionais (Tarhan *et al.*, 2010). O secador construído diferiu dos secadores rotativos pela ausência de suspensores internos, e pela alimentação do ar que é feita através da parede perfurada do cesto, na direção perpendicular ao eixo horizontal. Um esquema e uma foto do secador tipo cesto rotativo são apresentados nas Figuras 1a e 1b.

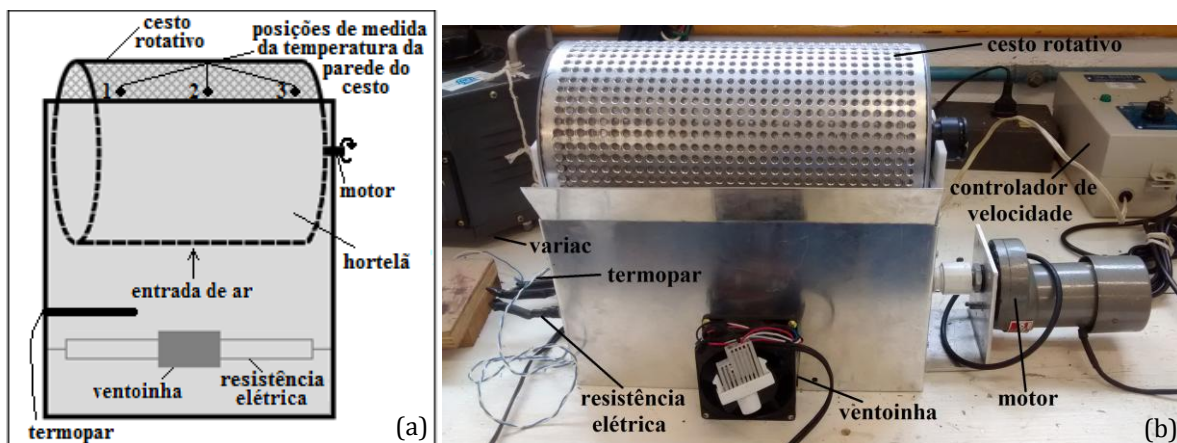


Figura 1 – Esquema (a) e foto (b) do secador do tipo cesto rotativo.

O cesto, no qual é inserido o material a ser seco, possui 26 cm de comprimento e 14,5 cm de diâmetro, e foi construído em material metálico perfurado, e revestido internamente com uma tela, que permite a passagem de ar. O cesto foi acoplado a um motor, o qual lhe conferiu o movimento rotacional, e sua velocidade de rotação foi controlada utilizando-se um controlador da marca Diact modelo 00/510. Uma ventoinha de baixa potência foi acoplada à parede lateral da base de suporte do cesto, para a alimentação do ar de secagem. Uma resistência elétrica foi inserida próxima à ventoinha, para aquecer esse ar. Um Variac modelo M-2412 da marca Auje foi ligado à resistência, e, através do ajuste da potência dissipada, a temperatura do ar de secagem era fixada no valor desejado.

Para a determinação das temperaturas do ambiente e do ar de secagem, foi utilizado um termopar tipo J da marca Cole Parmer. A temperatura do ar foi medida antes da entrada no cesto, na posição indicada nas Figuras 1a e 1b. Para as medidas de temperatura da parede do cesto e do material durante o processo, foi utilizado um termômetro digital infravermelho modelo MT-350 da marca Minipa. A temperatura da parede do cesto foi medida em 3 posições axiais, que estão indicadas na Figura 1a. A temperatura do material foi medida em 3 posições no interior do cesto, as mesmas utilizadas para as medidas na parede, visando avaliar a homogeneidade da condição de secagem no secador. Um kit tri-sense modelo 37000-95 e uma sonda modelo 37000-61 da Cole Parmer foram utilizados para medir a velocidade do ar no interior do cesto. A sonda foi inserida no eixo central do cesto, e as medidas realizadas de uma extremidade a outra, a cada 2,5 cm do seu comprimento.

Após a seleção inicial, os ramos de hortelã foram cortados em pedaços de 2 a 3 cm para serem secos. Em todos os ensaios, utilizou-se $240,0 \pm 0,1$ g de material. Essa quantidade foi definida com base na capacidade máxima do cesto, de modo que ele ficasse cheio sem que o material fosse compactado. A cor, teor de umidade e densidade *bulk* da hortelã, e as temperaturas do ar, do material e da parede do cesto, foram determinadas no instante inicial, a cada 3 horas, e no fim da secagem. A cor foi determinada para amostras de folhas, de hastes, e de folhas com hastes. A umidade foi medida para cada uma das frações apenas no início e no fim do processo, e durante a secagem a medida foi realizada apenas para folhas com hastes, devido à limitação da quantidade de material disponível. A densidade *bulk*, em todos os instantes de tempo, foi medida somente para amostras de folhas com hastes. As metodologias usadas para medidas de umidade, cor e densidade *bulk* são descritas a seguir.

- Cor: foi medida utilizando-se um espectrofotômetro modelo CM-5 da marca Konica Minolta, e os resultados foram expressos em função dos parâmetros L^* , a^* e b^* do sistema de cores CIELAB. Para o cálculo da variação da cor (ΔE^*) foi utilizada a Equação 1. Essa análise foi feita em triplicata;

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_{inicial}^* - L_{final}^*)^2 + (a_{inicial}^* - a_{final}^*)^2 + (b_{inicial}^* - b_{final}^*)^2} \quad (1)$$

- Teor de umidade: foi determinado utilizando uma termobalança modelo IR-200 da marca Denver Instrument. Para o cálculo da umidade adimensional (MR), a equação 2 foi utilizada:

$$MR = \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad (2)$$

onde X, X_0 e X_{eq} são as umidades, em base seca, no instante t, inicial e de equilíbrio, respectivamente;

- Densidade bulk (ρ_b): uma amostra de folhas com hastes foi inserida em uma proveta, e o volume ocupado pelo leito de material foi determinado. Então, o valor de ρ_b foi calculado pela razão entre a massa de amostra e o volume ocupado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de umidade adimensional (MR) em função do tempo para a secagem de folhas e hastes de hortelã são mostrados na Figura 2. A Figura 2a mostra os dados obtidos na secagem a 70 °C (ensaio e réplica), e a Figura 2b os dados comparativos para as temperaturas de 70 e 80 °C.

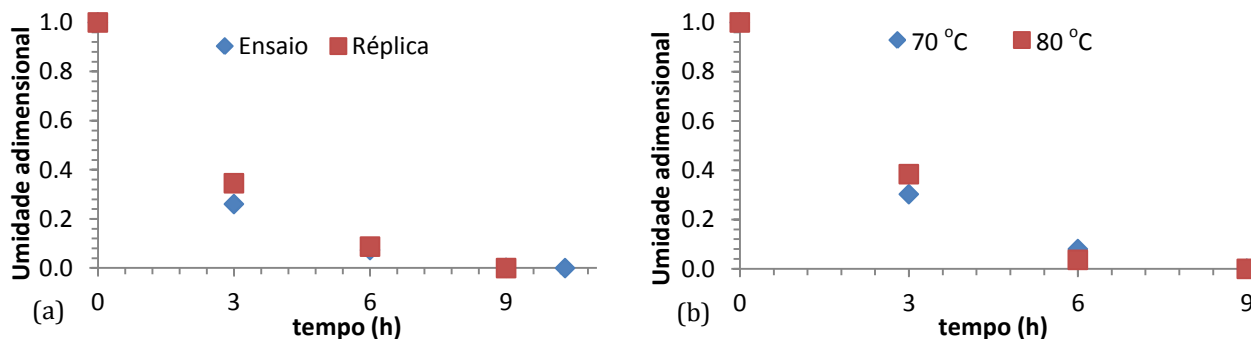


Figura 2 – Umidade adimensional em função do tempo na secagem de folhas e hastes de hortelã; ensaio e réplica a 70 °C (a); ensaios a 70 e 80 °C (b).

Para os experimentos realizados a 70 °C (Figura 2a), é possível notar que os dados obtidos para ensaio e réplica foram próximos, com diferenças inferiores a 16,1%. Tendo em vista que fatores como a variabilidade inerente à materiais biológicos e a dificuldade de seleção de amostras idênticas para a realização dos ensaios podem dificultar a reprodutibilidade, pode-se considerar que houve uma boa reprodutibilidade entre os ensaios realizados a 70 °C, e para os experimentos realizados a 80 °C foi observado um comportamento similar. Assim, nas análises posteriores serão apresentados apenas os valores médios dos ensaios realizados em cada temperatura.

Com exceção de um ensaio a 70 °C, em que a secagem foi interrompida após 10,3 h de processo, todos os demais foram interrompidos após 9 h de operação. Os ensaios nas duas temperaturas foram efetuados mantendo-se a mesma velocidade do ar. Não foi possível medir a velocidade de escoamento do ar no interior do cesto, uma vez que os valores eram muito baixos para serem registrados pela sonda de medida (cujo limite inferior era de 0,51 m/s). Na Figura 2b, nota-se que para as duas temperaturas avaliadas, os dados de umidade adimensional em função do tempo não apresentaram diferenças expressivas, o que evidencia que não houve um efeito significativo da temperatura na secagem da hortelã. Isso pode ter ocorrido porque a diferença entre as temperaturas absolutas utilizadas é de apenas 3%. Além disso, uma vez que parte da energia do ar é dissipada para aquecer as paredes do equipamento e em perdas para o ambiente, nem toda ela é usada efetivamente para a secagem. Embora as perdas ocorram nas duas temperaturas e variem em função da temperatura ambiente, elas tendem a ser maiores quando a temperatura do ar é mais alta, já que a temperatura ambiente não sofreu grande variação entre os ensaios (variou entre 24,2 e 27,5 °C).

A pequena diferença entre as temperaturas do material no interior do cesto, nas duas condições avaliadas, pode ser observada nas Figuras 3a e 3b, que mostram a variação desta e da temperatura da parede do cesto em função do tempo (as temperaturas são as médias entre ensaios e réplicas). Observou-se que os valores absolutos da temperatura do material para os ensaios realizados com ar a 80 °C foram superiores aos com ar a 70 °C em no máximo 2,6%. Quanto à parede do cesto, as temperaturas absolutas foram até 2,7% maiores no aquecimento a 80 °C. Esses resultados indicam que as condições no interior do cesto foram semelhantes em todos os ensaios, o que corrobora os dados de umidade adimensional próximos obtidos para os ensaios realizados nas duas temperaturas avaliadas.

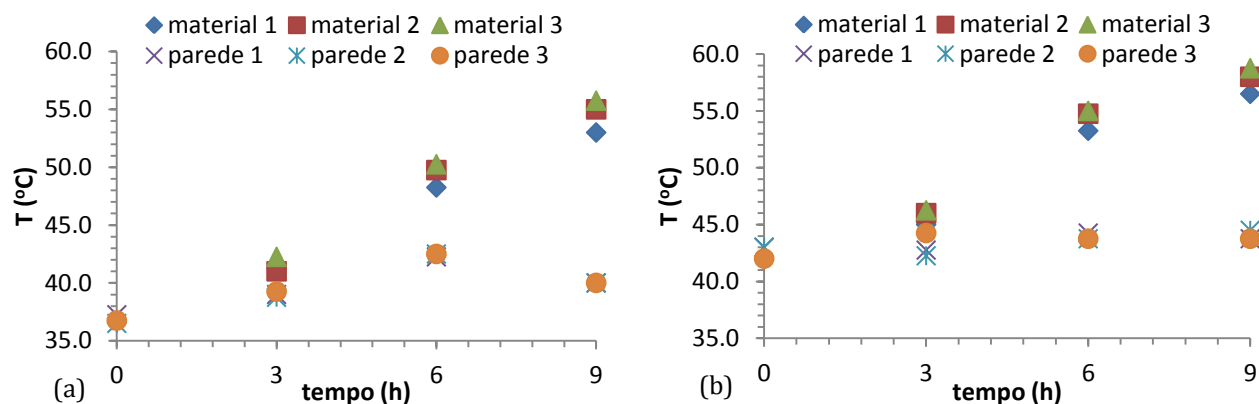


Figura 3 – Temperaturas do material e parede do cesto para os ensaios a 70 °C (a) e 80 °C (b).

Ao se comparar as temperaturas do material e da parede nas diferentes posições de medida (1, 2 e 3), nota-se que houve pouca variação entre as temperaturas em todos os instantes de tempo. A máxima variação entre as posições foi inferior a 0,9%, podendo-se inferir que a condição de secagem no interior do cesto foi uniforme durante todo o processo. Visualmente, observou-se que o cesto proporcionou uma boa movimentação do material em seu interior, e que o produto final seco apresentava homogeneidade, tanto para as hastes como para as folhas.

As umidades (bs) de hastes e de folhas do produto seco são mostradas na Figura 4. Observa-se

que na temperatura de 70 °C, as umidades referem-se a diferentes tempos de secagem, já que um dos ensaios foi interrompido após 9 h e o outro após 10,3 h.

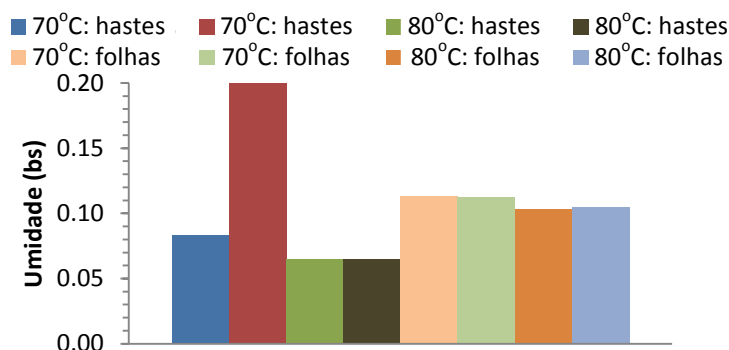


Figura 4 – Umidade final (bs) das folhas ou hastes dos produtos secos dos 4 ensaios.

Conforme pode ser visto na Figura 4, com exceção do ensaio a 70 °C com 9 h de duração em que a umidade das hastes foi mais alta, nos demais a umidade final das hastes foi sempre menor que a das folhas. Este resultado não concorda com o relatado por Tarhan *et al.* (2010), que obtiveram umidades finais maiores para hastes em relação às folhas na secagem da hortelã-pimenta em secador rotativo. Esta discrepância ainda precisa ser melhor investigada, mas ela pode estar associada aos fatos das condições de secagem e das espécies de hortelã utilizadas serem diferentes em cada caso.

Em todos os ensaios, a variação da cor das hastes (Figura 5a) apresentou tendência de aumento até 6 h de processo e, a partir de então, variou pouco. Já para folhas (Figura 5b) a variação foi relativamente pequena durante todo o processo. Tanto para folhas quanto para hastes, os valores obtidos nos ensaios realizados a 80°C foram maiores que nos ensaios a 70 °C, com diferenças de até 30,7% no fim do processo. Uma vez que a cor de plantas é dada pela presença de pigmentos (como a clorofila), e nutrientes (como nitrogênio, potássio, etc.), quanto à variação da cor, a secagem na temperatura de 70 °C é mais vantajosa, pois proporcionou menores alterações.

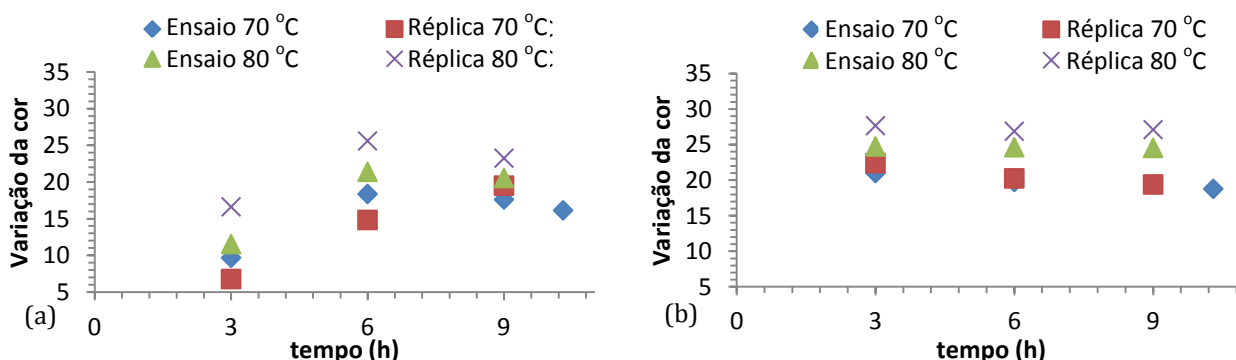


Figura 5 – Variação da cor de hastes (a) e folhas (b) em função do tempo de secagem.

Quanto à densidade *bulk* (Figura 6) os valores obtidos em todos os ensaios foram reprodutíveis entre ensaios e réplicas, e não foi observado efeito da temperatura nos resultados, já que as diferenças

entre os experimentos realizados a 70 e 80 °C, foram inferiores a 18,0%. As densidades apresentaram uma tendência de aumento até 3 h de secagem, e a partir de então, uma redução com o tempo. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de no início da secagem (até 3 h), ocorrer a maior redução no volume do material, uma vez que ele murcha e encolhe consideravelmente, enquanto que a redução mássica proporcionada pela retirada de água ainda é pequena, o que ocasiona um maior valor na razão entre a massa e o volume ocupado pelo material. Após 3 h, a massa continua a diminuir com o tempo, mas a diminuição do volume é menor, ocasionando a diminuição da densidade *bulk*. Ainda, os valores finais obtidos foram próximos aos iniciais, o que indica que a redução do volume do material foi grande o suficiente para compensar a redução da massa devida à retirada da umidade.

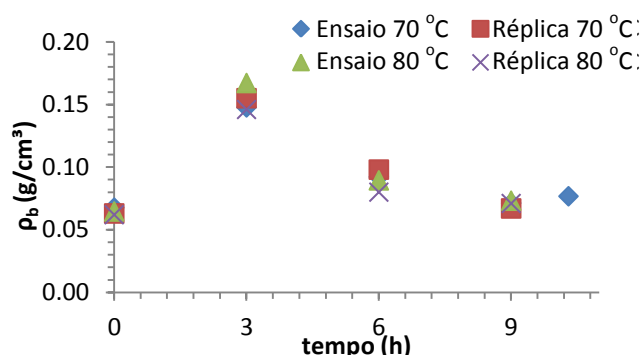


Figura 6 – Densidade *bulk* de folhas e hastes em função do tempo de secagem.

A grande redução no volume *bulk* do material pode ser observada nas fotos da Figura 7.



Figura 7 – Fotos da hortelã durante secagem a 70 °C em diferentes tempos de processo.

Nas fotos fica evidente o significativo encolhimento que a hortelã apresentou durante a secagem, principalmente nas 3 primeiras horas de processo. Esse encolhimento faz com que a resistência oferecida pelo meio ao escoamento varie muito neste período, afetando consequentemente, os processos de transferência de calor e massa. Além disto, o volume do secador só está sendo plenamente utilizado no início da secagem. Mesmo com a baixa velocidade de escoamento do ar no interior do cesto, é possível observar na Figura 7 que a secagem foi uniforme. O padrão ilustrado na figura foi observado para todos os experimentos, e com 9 h de secagem a umidade das folhas foi reduzida a valores finais de 9,55 % em média, e das hastes a valores de 8,28 %, em média.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados, conclui-se que o secador do tipo cesto rotativo nas condições utilizadas, foi adequado para a secagem de hortelã-comum, promovendo boa movimentação do material e secagem homogênea. A densidade *bulk* do material sofreu pouca alteração se comparados os valores no início e final da secagem, sendo que o material encolheu significativamente com a redução da umidade. Para ambas as temperaturas do ar de secagem avaliadas (70 e 80 °C), não foram observadas diferenças significativas nas taxas de redução de umidade de folhas e hastes, entretanto, a utilização da temperatura de 70 °C é mais vantajosa para a secagem da hortelã, já que a cor do material foi melhor preservada nesta temperatura. Observou-se ainda que ao final da secagem as folhas apresentam umidade ligeiramente superior à das hastes. Este ainda é um estudo preliminar sobre o desempenho deste secador e são necessários estudos adicionais para avaliar a influência de outras variáveis do processo (como velocidade do ar, velocidade de rotação do cesto e massa do material) na secagem e também no teor e composição do óleo essencial. Além disto, precisam ser investigados as condições de escoamento, temperatura e movimentação das folhas no interior do cesto para futura modelagem da secagem.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- BLANCO, M. C. S. G.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; BOVI, O. A. Influência da temperatura de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de menta. *Hort. Bras. R.*, v. 18, 2000.
- DIAS, R. A. L.; SOUZA, P. S.; ALSINA, O. L. S. Secagem e extração de taninos totais da hortelã (*Mentha x villosa* Hudson). *Agrar. R.*, v. 4, p. 123-133, 2011.
- LIMA, R. A. B. *Análise da secagem convectiva de folhas de manjeriço (Ocimum basilicum L.)*. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- MELO, E. C.; RADÜNZ, L. L.; MELO, R. C. A. Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais – Revisão. *Eng. Agricul.*, v. 12, p. 307-315, 2004.
- RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BARBOSA, L. C. A.; SANTOS, R. H. S.; BARBOSA, F. F.; MARTINAZZO, A. P. Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds). *Eng. Agricult.*, v. 14, p. 250-257, 2006.
- RIBEIRO, P. G. F.; DINIZ, R. C. *Plantas aromáticas e medicinais: cultivo e utilização*. Londrina: Editora IAPAR, 2008.
- SANGWAN, A.; KAWATRA, A.; SEHGAL, S. Nutrient composition of mint powder prepared from various drying methods. *Nutr. & Food Sci.*, v. 42, p. 21-25, 2012.
- TARHAN S.; TELCI, I.; TUNCAY, M. T.; POLATCI, H. Product quality and energy consumption when drying peppermint by rotary drum dryer. *Ind. Crops and Prod.*, v. 32, p. 420-427, 2010.