

SECAGEM SOLAR DE FOLHAS DE HORTELÃ ORGÂNICO: UMA ALTERNATIVA PARA O PEQUENO PRODUTOR

José Diorgenes Alves OLIVEIRA
Graduando do Curso Engenharia de Biosistemas da UFCG – Sumé
josediorgenes@gmail.com
Karla dos Santos Melo de SOUSA

Dra. Engenharia Agrícola Professora da UNIVASF
karla.smsousa@univasf.edu.br

Bianca Correia de MEDEIROS
Graduanda do Curso Engenharia de Biosistemas da UFCG - Sumé
bianca_medeiros@hotmail.com

Aldinete Bezerra BARRETO
Dra., Professora Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia/UFCG – Sumé
aldibarreto@ufcg.edu.br

RESUMO

A espécie *Mentha x villosa* é uma planta medicinal e aromática cultivada em todo o Brasil, sendo largamente utilizada pelas indústrias químicas, farmacêuticas e de alimentos. A desidratação é um dos processos de conservação mais utilizados para sua preservação, objetivando-se minimizar as perdas no teor e na composição dos princípios ativos, pois a partir do momento da colheita, inicia-se um processo de degradação, devido ao aumento da atividade enzimática. A secagem solar é um método geralmente utilizado por pequenos agricultores rurais, devido principalmente ao baixo custo de produção. Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo avaliar a cinética de secagem de folhas de hortelã orgânico, desidratadas em secador solar exposto ao sol e à sombra, ajustadas pelos modelos matemáticos de Page, Newton, Thompson, Henderson e Pabis, Midilli, Dois termos, Aproximação da difusão e Logarítmico aos dados experimentais. Analisando os resultados verificou-se que a cinética de secagem das folhas de hortelã orgânico com secador solar, tanto exposto ao sol quando à sombra, foi representada com boa precisão pelo modelo de Midilli.

Palavras-chave: *Mentha x villosa* L, desidratação, modelos matemáticos.

ABSTRACT

Mentha x villosa is a medicinal and aromatic plant cultivated in Brazil, being very used by the chemical, pharmaceutical and food industries. Dehydration is one of the most used conservation process for its preservation, because it has to minimize losses in the content and composition of active principles, after the moment of harvest starts a degradation process due to increased enzymatic activity. The solar drying is a method commonly used by small rural farmers, mainly due to low cost of production. Considering the above the present paper has the objective of evaluating

the kinetic of drying organic mint leaves. The leaves were dehydrated in two stages, the solar dryer was exposed to the sun and in the shade, as well as adjusting mathematical models of Page, Newton, Thompson, Henderson and Pabis, Midilli, Two terms, Diffusion proximity and Logarithmic experimental data. By analyzing the results it was found that the kinetics of drying the organic mint leaves with solar dryer when exposed in the sun and in the shade, can be represented with great precision by the Midilli model.

Keywords: *Mentha x villosa*, dehydration, mathematical models.

INTRODUÇÃO

A hortelã (*Mentha x villosa* L.) é uma planta originária da Europa, pertencente à família Labiatae, também conhecida como hortelã-comum, hortelã-de-tempero, hortelã-rasteira, mentrasto, etc. É caracterizada como uma planta vivaz, caule violáceo, ramificados; folhas opostas, ovallanceoladas, serreadas, cor verde-escura; os espécimes ativos são peciolados; flores lilases ou azuladas, dispostas em espigas terminais; fruto tipo aquênio. Usada também na alimentação como condimento, e industrialmente é extraída uma essência, geralmente empregada na perfumaria e na fabricação de bebidas e doces (MARTINS et al., 2002).

Esta planta é bastante utilizada na elaboração de chás, com fins medicinais. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), planta medicinal é qualquer planta que possua em um de seus órgãos ou em toda planta substâncias com propriedades terapêuticas ou que sejam ponto de partida na síntese de produtos químicos ou farmacêuticos (SILVA e CASALI, 2000).

Imediatamente após a colheita as plantas medicinais devem ser comercializadas, consumidas ou secas, objetivando-se minimizar as perdas no teor e na composição dos princípios ativos, pois a partir do momento da colheita, inicia-se um processo de degradação, devido ao aumento da atividade enzimática, que leva também à degradação dos princípios ativos (REIS et al., 2003).

Nestas espécies a secagem é uma operação unitária de preparação para o armazenamento a fim de atender às necessidades da indústria farmacêutica de fitoterápicos, que não tem estrutura para usar as plantas frescas nas quantidades exigidas para a produção industrial (LORENZI & MATOS, 2002). A secagem é um dos processos de conservação mais antigos utilizados na preservação de alimentos (FIOREZE, 2004), é um método muito importante pois, diminui a disponibilidade da água para reações de deterioração dos produtos, aumenta a estabilidade dos mesmos, reduz seu volume, facilitando o transporte e armazenamento (SHIGEMATSU et al., 2005).

O painel solar ou secador solar, envolve o aproveitamento da energia solar, que é gratuita e renovável. Além disso, apresenta baixo custo operacional, não necessita de mão-de-obra especializada, podendo ser construído na própria fazenda atendendo, assim, ao pequeno produtor,

além de proteger contra os insetos e a poeira (MARTINS et al., 2002; TO RUL & PEHLIVAN, 2002).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a cinética de secagem da hortelã orgânico em secador solar exposto diretamente ao sol e à sombra.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia dos Alimentos da Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, no Campus de Sumé da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Como matéria-prima utilizou-se as folhas de hortelã (*Mentha x villosa* L.) orgânico, produzidas na região semiárida do Estado da Paraíba.

A Colheita e o Beneficiamento das Folhas de Hortelã

As plantas foram colhidas manualmente na horta orgânica da Escola Agrotécnica, localizada no município de Sumé. Posteriormente foram levadas ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos, onde foram separadas as apenas folhas de hortelã. Em seguida foi feita uma seleção nas folhas retirando-se as partes doentes e danificadas, além de outras partes de vegetais ou matérias estranhos. As folhas foram lavadas com água corrente, depois imersas em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm para a redução da carga microbiana, em seguida estas foram lavadas novamente com água corrente, para a retirada do excesso de solução. Posteriormente as folhas foram colocadas em bandejas de inox e expostas ao ar para a secagem da água superficial.

Parâmetros Físico-químicos das Folhas de Hortelã

A matéria-prima foi avaliada quanto aos parâmetros de: teor de água e sólidos totais, determinados por secagem em estufa á temperatura de 150 ± 1 °C, até peso constante, expressos em percentagem (%), através do método descrito no Manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005); atividade de água, determinada por medida direta em medidor Aqualab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices na temperatura de 25 °C, e a cor, determinada por leitura direta na amostra utilizando-se espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, com sistema de cor Cielab, os parâmetros determinados serão: L* que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100); a* que representa a transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*); e b* a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

Secador Solar

As folhas de hortelã orgânica passaram pelo processo de desidratação no secador solar (Figura 1A e 1B), feito em madeira com 47 cm de largura, 70 cm de comprimento e 20,5 cm de altura. O secador apresenta dois pilares na parte de trás de modo que o mesmo fique inclinado. Na parte de superior do secador há uma placa de vidro para a entrada dos raios solares. O produto ficou disposto em bandejas sobre uma tela.



Figura 1 – Imagem do secador solar na vista superior (A) e da lateral esquerda (B).

Cinética de Secagem

Durante a secagem das folhas de hortelã o secador solar ficou exposto diretamente ao sol e na sombra, sendo estes dados utilizados para se determinar as cinéticas de secagem. Os dados da cinética de secagem foram obtidos pesando-se as bandejas com as amostras, durante as secagens até peso constante, em intervalos regulares. Com dados experimentais da secagem foram calculados os valores da razão de umidade (Equação 01).

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} \quad (01)$$

Em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

U - umidade “absoluta” (% base seca)

U_e - umidade de equilíbrio (% base seca)

U₀ - umidade inicial (% base seca)

Os modelos matemáticos da Tabela 01 foram ajustados aos dados experimentais obtidos do processo de secagem solar das folhas de hortelã desidratadas, utilizando-se o programa computacional Statistica 5.0 por meio de análise de regressão não linear, pelo método Quase-Newton.

MODELOS	EQUAÇÃO
Dois termos	$RU = a.exp(-k_0.t) + b.exp(-k_1.t)$
Henderson e Pabis	$RU = a.exp(-k.t)$
Midilli	$RU = a.exp(-k.t^n) + b.t$

Newton	$RU = \exp(-k.t)$
Thompson	$RU = \exp((-a-(a^2+4bt)^{0,5})2.b)$
Aproximação da difusão	$RU = a.\exp(-kt) + (1-a)\exp(-kbt)$
Logarítmico	$RU = a.\exp(-kt) + c$
Page	$RU = \exp(-kt^n)$

Tabela 1 - Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem da hortelã

Em que: RU – razão de umidade (adimensional), k, k0, k1 – coeficientes de secagem (s^{-1}); a, b, c e n – constante do modelo

Para avaliar qual modelo produziu os melhores resultados foram utilizados, como parâmetros o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (Equação 02).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RUpred - Rexp)^2}{n}} \quad (02)$$

Em que:

DQM – desvio quadrático médio

RUpred – razão de umidade predito pelo modelo

RUexp – razão de umidade experimental

n – número de observações

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 02 ilustra os parâmetros físico-químicos das folhas de hortelã orgânico, onde o valor médio de teor de água das folhas foi de 73,28% e os de sólidos totais foi de 26,72%. O que mostra ser um produto muito perecível, onde o processo de secagem torna-se essencial para a conservação das folhas. Observando-se os valores da luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) da amostra verifica-se que o valor negativo do parâmetro a indica que a coloração predominante da folha é verde, e para o parâmetro b é o amarelo.

Parâmetro	Média ± Desvio Padrão
Teor de água (%b.u.)	73,28±2,58
Sólidos Totais (%)	26,72±2,58
Atividade de água (a_w)	0,975±0,001
Luminosidade (L^*)	34,85±0,24
Intensidade de vermelho (a^*)	-7,77±0,02
Intensidade de amarelo (b^*)	19,54±0,13

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos das folhas de hortelã (*Mentha x villosa* L.) orgânico

Na Figura 2 tem-se a relação entre a temperatura medida dentro do secador, quando o mesmo foi exposto ao sol e à sombra, os dados foram coletados dentro do secador com o auxílio do termômetro de mira laser, durante o processo de secagem de folhas de hortelã orgânico, que iniciou às 7 horas e terminou às 18 horas, totalizando 11 horas de secagem. Analisando os resultados constata-se que a máxima temperatura dentro do secador quando exposto ao sol foi de 50°C (às 14

horas), enquanto que a temperatura máxima do secador exposto à sombra foi de 28,4°C (às 14 horas).

As reduções no tempo de secagem em virtude do aumento da temperatura do ar também foram observadas em experimentos de secagem realizados por MULLER e MUHL BAVER (1990) com a espécie *Chamomilla recutita*, em que se verificou redução de 52,0 para 3,5 h, utilizando temperaturas de 30 e 50 °C, respectivamente. Os secadores solar tem adquirido, recentemente, grande destaque, em razão do custo elevado dos combustíveis fósseis associado à escassez dessas reservas (JAYARAMAN & GRUPTA, 2006), já que a secagem artificial é uma operação que consome muita energia na tecnologia pós-colheita (PANGAVHANE et al., 2002).

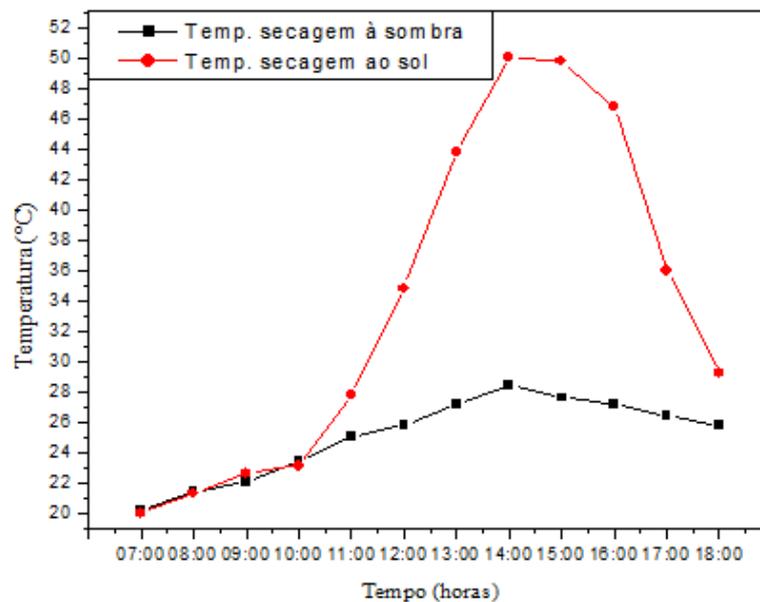


Figura 2 - Correlação entre a temperatura interna do secador quando exposto ao sol e à sombra

Observa-se na Figura 3, o gráfico da razão de umidade (adimensional), em sacador exposto ao sol e à sombra, em função do tempo de secagem (minutos). Analisando o gráfico nota-se que as amostras da secagem ao sol tiveram uma maior perda de peso no período de 0 a 150 minutos, posteriormente o peso foi se tornando estável, até o tempo de 300 min. Onde depois desse tempo as amostras ficaram estáveis. Porém na secagem a sombra o comportamento foi diferente, visto que a maior perda de peso das folhas foi no período de 270 a 480 minutos, onde ocorreu a estabilidade depois desse tempo.

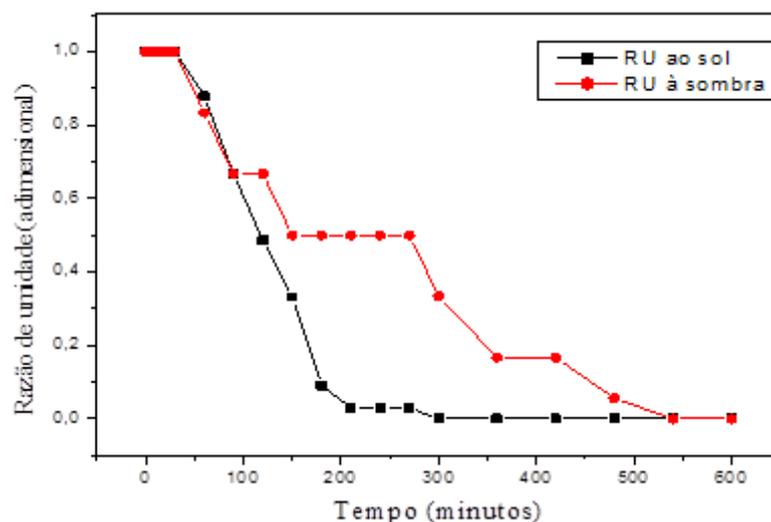


Figura 3 – Curvas da razão de umidade quando o secador esteve exposto ao sol e a sombra
 Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados respectivamente os valores dos parâmetros dos modelos de Page, Newton, Thompson, Henderson e Pabis, Midilli, Dois termos, Aproximação da difusão e Logarítmico, ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem de folhas de hortelã orgânico, em secador exposto ao sol e em secador exposto à sombra, e os coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) de ambos.

Modelo	Parâmetros				R^2	DQM
Page	k		n		0,9753	0,0667
	0,0004		1,5843			
Newton	k				0,8976	0,1358
	0,0072					
Thompson	a		b		0,8976	0,1358
	-3671,15		2,5797			
Henderson e Pabis	a		k		0,9329	0,1099
	1,1449		0,0085			
Midilli	a	k	b		0,9879	0,0476
	1,0468	0,0003	-0,0002			
Dois termos	a	k_o	b	k_I	0,9329	0,1099
	0,5725	0,0085	0,5725	0,0085		
Aproximação da difusão	a	k		b	0,9858	0,0505
	549,771	-0,01863		0,9975		
Logarítmico	a	k	c		0,9669	0,0772
	1,8366	0,0035	-0,7374			

Tabela 3 - Valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos estudados em secador exposto ao sol.

Modelo	Parâmetros				R ²	DQM
Page	<i>k</i>		<i>n</i>		0,9688	0,0631
	0,001102		1,222			
Newton	<i>k</i>				0,9561	0,0734
	0,0038					
Thompson	<i>a</i>		<i>b</i>		0,9561	0,0734
	-2942,13		1,6765			
Henderson e Pabis	<i>a</i>		<i>k</i>		0,9649	0,0768
	1,0612		0,0041			
Midilli	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>b</i>		0,9772	0,0618
	1,0469	0,0045	-0,0004			
Dois termos	<i>a</i>	<i>k_o</i>	<i>b</i>	<i>k₁</i>	0,9649	0,0656
	0,5305	0,0041	0,5306	0,0041		
Aproximação da difusão	<i>a</i>		<i>k</i>		0,9683	0,0729
	-0,1077		0,0038			
Logarítmico	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>c</i>		0,9681	0,0630
	1,5632	0,0021	-0,6251			

Tabela 4 - Valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R²) e desvio quadrático médio (DQM) dos modelos estudados em secador exposto à sombra.

Entre os modelos utilizados, observa-se que na secagem ao sol os modelos de Page, Midilli, Aproximação da difusão e Logarítmico apresentaram coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,95. Enquanto que na secagem à sombra todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,955. Segundo KASHNINEJAD et al. (2007), valores de coeficiente de determinação (R²) acima de 0,95 indica uma representação satisfatória destes modelos para o processo de secagem estudado.

O maior valor de R² tanto para a secagem ao sol quanto para a secagem o sombra foram de 0,9879 e 0,9772, respectivamente, ambos para o modelo de Midilli. REIS et al. (2012) ao estudarem a cinética de secagem de folhas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) em estufa nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C verificaram que o modelo proposto por Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. Semelhança foi observada por MARTINS et al. (2014) na secagem de folhas de timbó sob condições de temperaturas controladas (40, 50, 60 e 70 °C), onde o modelo matemático de Midilli também foi o que melhor representou a cinética de secagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De todos os modelos analisados, o modelo matemático proposto por Midilli foi o que melhor se ajustou na secagem de folhas de hortelã orgânico tanto em secador exposto ao sol quanto exposto

à sombra, além de quer o secador solar demonstrou ser uma alternativa para o pequeno produtor, visto que a temperatura máxima alcançada no interior do mesmo foi de 50°C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos*. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017 p.

FIGLIARO, R. *Princípios de secagem de produtos biológicos*. João Pessoa: Editora Universitária, 2004. 229p.

JAYARAMAN, K. S.; GUPTA, D. K. *Drying of fruits and vegetable*. In: DEKKER, M.; MUJUMDAR, A. S. Handbook of industrial drying. 3. ed. New York, 2006. cap. 25, p 627-655.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L. G. *Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts*. Journal of Food Engineering, Oxford, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. *Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512p.

MARTINS, E. A. S.; FILHO, C. P. H.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; VILHASANTI, H. D. C. B.; *Cinética de secagem de folhas de timbó (Serjania marginata Casar)*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 43., Campo Grande Anais... Campo Grande : CONBEA, 2014. p. 3.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. *Plantas medicinais*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 220p.

MARTINS, R. R.; FRANCO, J. B. R. O.; GOMES, P. A. M.; FRANZOZI, J. F. S.; PORTO, C. D. *Secador de grãos com uso de energia solar*. Revista Agroecológica e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 29-35, 2002.

MASKAN, M. *Effect of processing on hydration kinetics of three wheat products of the same variety*. Journal of Food Engineering, v. 52, n. 4, p. 337-341, 2002.

MULLER, J., MUHLBAUER, W. *Effects of drying on the essential oil of Chamomilla recutita*. In: INTERNATIONAL JOINT SYMPOSIUM OF: GESELLSCHAFT FÜR ARZNEIPFLANZENFORSCHUNG, AMERICAN SOCIETY OF PHARMACOGNOSY, ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ENSEIGNEMENT ET LA RECHERCHE EN

- PHARMACOGNOSIE, PHYTOCHEMICAL SOCIETY OF EUROPE, 1990, Bonn. *Short Reports of Short Lectures and Poster Presentations*. Bonn: [s.n.], 1990. p.155.
- PANGAVHANE, D. R.; SAWHNEY, R. L.; SARSAVADIA, P. N. *Design, development and performance testing of a new natural convection solar dryer*. Energy Conversion and Management, Nottingham, v. 27, n. 6, p. 579±590, 2002.
- REIS, M.S.; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. *Diversidade e domesticação de plantas medicinais*. In: SIMÕES, C.M.O. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p.43-74.
- REIS, R. C.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. R.; SERVULO, A. C. O.; SOUZA, A. B. M.; *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande: *Cinética de secagem de folhas de manjericão (Ocimum basilicum L.) via infravermelho*, 2012. Disponível em: <http://www.agriambi.com.br>. Acesso em: 10 setembro de 2014.
- SHIGEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. *Influência de pré- tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas*. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, n. 3, p. 536- 545, 2005.
- SILVA, F.; CASALI, V. W. D. *Plantas medicinais e aromáticas: Pós-colheita e óleos essenciais*. Viçosa: Arte e Livros, 2000. 135p.
- TO RUL, I. T.; PEHLIVAN, D. *Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers*. Journal of Food Engineering, Oxford, v. 55, n. 3, p. 209-216, 2002.