

Comportamento da secagem da hortelã da folha miúda

Drying behavior of mint leaf tiny

Tâmila K. da S. Fernandes¹, Patrícia R. Pê¹, Rebeca de L. Dantas², Ana Paula T. Rocha³,

RESUMO - O consumo de remédios à base de ervas e plantas medicinais é prática comum para cerca de 80% da população mundial, segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde. No Brasil, plantas são importadas para a produção de cosméticos e medicamentos, porque a oferta é irregular, além da baixa qualidade dos produtos nacionais. O objetivo deste trabalho foi determinar o comportamento da secagem para hortelã da folha miúda, secando-a em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C. Para representar o processo de secagem foram utilizados 4 modelos matemáticos. Os modelos de Cavalcanti Mata, Henderson e Pabis, Logarítmico e Midilli foram ajustados aos valores experimentais e recomendados aqueles que apresentaram os melhores coeficientes de determinação (R^2). Os coeficientes das equações foram obtidos por meio de estimativa não linear, utilizando-se o programa computacional STATISTIC 5.0. Com base nos resultados verificou-se que todos os modelos utilizados ajustaram-se satisfatoriamente aos dados experimentais devido ao fato de todos apresentarem coeficientes de determinação superiores a 97,6%, e ainda que os modelos de Cavalcanti Mata e o de Midilli foram os que melhor se ajustaram aos dados experimentais, obtendo-se coeficientes de determinação (R^2) superior a 99,9%.

Palavras-chave: plantas medicinais, secagem, modelagem matemática.

ABSTRACT - The consumption of medicines based on herbs and medicinal plants is common practice for some 80% of world population, estimated by the World Health Organization in Brazil, plants are imported for the production of cosmetics and drugs, because supply is irregular And the low quality of domestic products. The aim of this study was to determine the behavior of drying mint common, drying in an oven with circulating air at temperatures of 45, 55 and 65 ° C. To represent the process of drying was used five mathematical models. The models of Henderson, Page, Brooker were fitted to experimental values and recommended those with the highest coefficients of determination (R^2). The equation coefficients were obtained by nonlinear estimation, using the computer program STATISTIC ® 7.0. Based on the results showed that all models used to fit satisfactorily the experimental data due to the fact that they all present coefficients of determination higher than 97%, and though the Page and Overhults models were the best fit to the data experimental, obtaining coefficients of determination (R^2) greater than 99%.

Keywords: medicinal plants, drying, mathematical modeling.

INTRODUÇÃO

O conceito de planta medicinal segundo a OMS é qualquer planta que possui, em um dos órgãos ou em toda planta, substâncias com propriedades terapêuticas ou que sejam ponto de partida na síntese de produtos químicos ou farmacêuticos. O uso de plantas medicinais pela população mundial tem sido muito significativo nos últimos tempos. Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) mostram que cerca de 80% da população mundial fez uso de algum tipo de planta na busca de alívio de alguma sintomatologia desagradável. Desse

total, pelo menos 30% deu-se por indicação médica. A utilização de plantas medicinais é prática tradicional existente entre os povos de todo o mundo, que tem inclusive incentivos da própria OMS.

O excesso de umidade em matérias-primas vegetais permite a ação de enzimas, podendo acarretar a degradação de constituintes químicos, além de possibilitar o desenvolvimento de fungos e bactérias (FARIAS, 2003). Portanto, devido às plantas terem alto teor de água, a secagem tem de importância fundamental, pois permite a redução do alto teor de água presente nas células e tecidos, minimizando o desenvolvimento de microrganismos

* autor para correspondência

Recebido para publicação em 13/08/2012; aprovado em 15/12/2012

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP: 58429-140, Campina Grande – PB - Brasil. Email: minha_nem@hotmail.com

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP: 58429-140, Campina Grande – PB - Brasil. Email: patriciarodriguespe@yahoo.com.br

¹Química Industrial, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/UAEA, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, CEP 58429-140, Campina Grande, PB -Brasil. Email:rebecald@deag.ufcg.edu.br

²Profa. Dra. da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/UAEA Av. Aprígio Veloso,882, Bodocongó, CEP 58429-140, Campina Grande, PB -Brasil. Email: anatrindade@deag.ufcg.edu.br

(fungos, bactérias e leveduras) e a ação enzimática, favorecendo a preservação das propriedades originais. Entretanto, a secagem ao sol, para muitas plantas medicinais e aromáticas, é totalmente desaconselhada, visto que o processo de fotodecomposição ocorre intensamente, degradando os componentes químicos e ocasionando alterações de odor, cor e sabor (MARTINS, 2000).

Segundo Melo et al. (2004) a temperatura do ar de secagem influencia na qualidade e composição dos princípios ativos presentes nas plantas. Os autores romperam a convenção de que não se pode empregar temperatura superior a 40° C para o ar de secagem. Há necessidade de se estabelecer valores de temperaturas diferenciados para cada espécie, sendo necessário investimento em pesquisas. Portanto, torna-se de fundamental importância pesquisas sobre influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos princípios ativos das espécies medicinais.

Radunz et al. (2006), depois de trabalhar com secagem de hortelã comum (*Mentha x vilosa* Huds), em temperaturas entre 40 a 70° C, concluiu que a temperatura do ar de 50° C é recomendável para secagem de hortelã-comum, visando obter o maior teor de óleo essencial e a maior concentração dos principais constituintes ativos.

Portanto, se tornam de fundamental importância, pesquisas sobre a influência da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos princípios ativos das espécies medicinais. Com base nos resultados obtidos poder-se-ão recomendar as temperaturas mais adequadas para a secagem em função da espécie estudada. Os limites de temperatura do ar de secagem são determinados em função da sensibilidade dos compostos químicos e de suas estruturas armazenadoras, uma vez que o produto, durante a secagem, em períodos de taxa decrescente, a sua temperatura aumenta, aproximando-se daquela na qual o processo de secagem é realizado.

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a cinética de secagem da hortelã-comum em diferentes temperaturas do ar de secagem, através de modelos

clássicos de secagem (empíricos e semi-empíricos) que apresentassem melhor ajuste aos dados experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Matéria-prima

Foi utilizada como matéria-prima hortelã da folha miúda proveniente do comércio local de Campina Grande, PB.

Cinética de secagem

Os dados da cinética de secagem foram obtidos pesando-se as bandejas com aproximadamente 15g de hortelã da folha miúda, durante as secagens, até peso constante, em intervalos regulares. Com os dados experimentais da secagem foram calculados os valores da razão de umidade (Equação 1), e construídas as curvas de cinéticas de secagem.

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} \quad (1)$$

onde,

RU – razão de umidade (adimensional),
 U - teor de umidade “absoluta” (base seca),
 U_e - teor de umidade de equilíbrio (base seca),
 U₀ - teor de umidade inicial (base seca).

Os modelos matemáticos de Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli apresentados na Tabela 1, foram ajustados aos valores experimentais das cinéticas de secagem utilizando-se o programa computacional STATISTICA, versão 5.0.

Tabela 1. Modelos matemáticos aplicados aos dados de secagem

Modelo	Equação	Referência
Cavalcanti Mata	$RU = a_1 \exp(-bt^{a_2}) + a_3 \exp(-bt^{a_4}) + a_5$	CARVALHO et al. (2007)
Henderson & Pabis	$RU = a \exp(-Kt)$	AKPINAR et al. (2006)
Logarítmico	$RU = a \cdot \exp(-K \cdot t) + c$	AKPINAR (2006)
Midilli	$RU = a \cdot \exp(-K \cdot t^n) + b \cdot t$	CORRÊA et al. (2007)

Ru – razão de umidade; a, a₁, a₂, a₃, a₄, a₅, b, n – parâmetros da equação; t – tempo (min); k – constante da equação (h⁻¹)

Para avaliar qual modelo produziu o melhor ajuste foram utilizados como parâmetros o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (Equação 2).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pred} - RU_{exp})^2}{n}} \quad (2)$$

onde,

DQM – desvio quadrático médio,
 RU_{pred} – razão de umidade predito pelo modelo,
 RU_{exp} – razão de umidade experimental,
 n – número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cinética de secagem visa à compreensão do mecanismo da secagem e dimensionamento de secadores e fornece informações sobre o comportamento de um material frente a diferentes condições de secagem, possibilitando ajuste de equações que podem auxiliar no entendimento do fenômeno de transferência de massa (PACHÚ, 2007).

Na Figura 1 estão representadas as curvas de cinética de secagem (razão de água em função do tempo de secagem) da hortelã da folha miúda, nas temperaturas de 45, 50 e 65 °C. Os tempos de secagem foram de 3 h, para a temperatura de 45 °C; 2 h, para a temperatura de 55 °C e de 1 h e 15 min, para a temperatura de 65 °C. Observa-se que, como esperado, quanto mais elevada a temperatura, mais rapidamente se processa a secagem. Gouveia et al. (2002), ao avaliarem a cinética de secagem do caju, também observaram que a maior taxa de secagem ocorreu na maior temperatura de secagem, 65 °C, e vazão do ar de secagem igual a 1,4 m/s.

De acordo com Formoso et al. (2009) o efeito da temperatura se deve à sua influência sobre o potencial de transferência de água do sólido para o ar de secagem, uma vez que o aquecimento do ar a temperaturas mais elevadas implica na redução de sua umidade relativa, afetando diretamente o potencial de transferência de massa. O aumento da temperatura pode também afetar as propriedades físicas da matriz sólida, afetando a difusão da água.

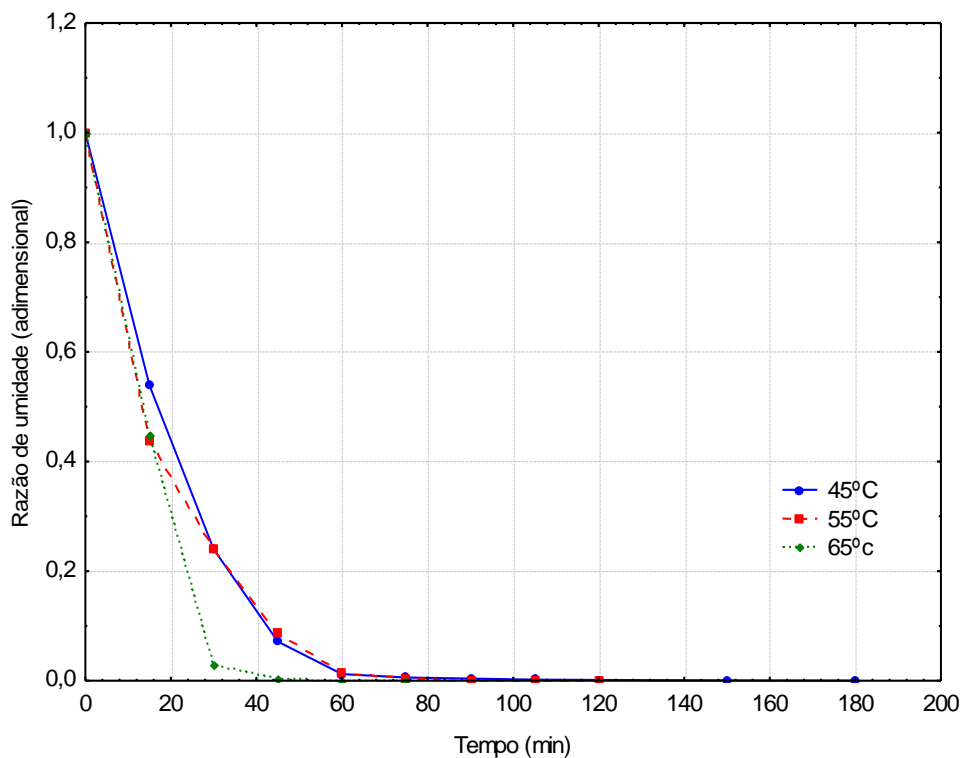


Figura 1 – Curva de secagem da folha de hortelã para as temperaturas de a 45, 55 e 65 °C

Doymaz (2005) ajustou os modelos de Lewis, Henderson e Pabis, de Page e Logarítmico na secagem de folhas de menta e concluiu que todos os modelos forneceram altos coeficientes de determinação (na faixa de 0,9826 a 0,9996) o que, segundo este autor, indica que

todos os modelos podem descrever, satisfatoriamente a secagem das folhas de menta. Porém o modelo logarítmico foi considerado o melhor, porque apresentou o maior coeficiente de determinação, os menores valores de X^2 e da raiz quadrada do erro médio quadrático (RMSE).

Na Tabela 2 são avaliados os valores estimados dos parâmetros dos modelos de Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli ajustados às curvas de secagem, nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C, respectivamente, e também os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM). Constata-se que todos os modelos podem ser utilizados na estimativa das curvas de secagem, uma vez que apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,976 e desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,0034. Entretanto, os modelos de Cavalcanti Mata e o de Midilli foram os que apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R^2), 0,997, para ambos, e os menores desvios quadráticos médios (DQM), 0,0002, para ambos. Medeiros (2007) ao avaliar a secagem da polpa de mangada formulada nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, verificou que o modelo de Cavalcanti Mata apresentou os melhores ajustes com coeficientes de determinação superiores a 0,99 e desvios quadráticos médios inferiores a

0,0103. Radünz et al. (2010) ao estudarem a cinética de secagem da folhas de sálvia, na faixa de temperatura de 40-90 °C, verificaram que o modelo que melhor se ajustou foi o de Midilli com coeficientes de determinação superiores a 0,999. Constata-se ainda que K aumentou com o aumento da temperatura para os modelos de Henderson & Pabis e Logarítmico, comportamento verificado também por Kaya et al. (2007) ao estudarem a cinética de secagem de maçã nas temperaturas de 35, 45 e 55 °C, e umidade relativa de 40%.

Nas Figuras 3 e 4 apresentam-se as curvas de cinética de secagem com temperaturas de 45, 55 e 65 °C, com ajustes pelo modelo de Cavalcanti Mata e Midilli, os quais apresentaram os melhores ajustes aos dados experimentais. Verifica-se a influência da temperatura de secagem, a qual influenciou no processo, observando-se que quanto maior a temperatura, menor o tempo para ocorrer à secagem.

Tabela 2 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados aos dados das secagens das amostras com temperaturas de 45, 55 e 65 °C

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro						R^2	DQM
		a_1	b	a_2	a_3	a_4	a_5		
Cavalcanti Mata	45	0,061	0,018	1,301	2,018	1,301	2,03	0,999	0,0000
	55	0,088	0,050	1,013	1,939	1,013	1,667	0,997	0,0002
	65	0,058	0,002	2,152	2,009	2,159	2,094	0,999	0,0000
Henderson e Pabis	Temperatura (°C)	a				K		R^2	DQM
	45	1,017				0,049		0,993	0,0006
	55	0,999				0,053		0,997	0,0003
	65	1,017				0,069		0,976	0,0034
Logarítmico	Temperatura (°C)	a		K		C		R^2	DQM
	45	1,030		0,047		-0,014		0,994	0,0005
	55	1,007		0,051		-0,010		0,998	0,0002
	65	1,058		0,062		-0,044		0,980	0,0028
Midilli	Temperatura (°C)	a		K		n		b	
	45	0,999		0,018		1,301		0,000	
	55	0,998		0,055		0,982		0,000	
	65	1,000		0,002		2,160		0,000	

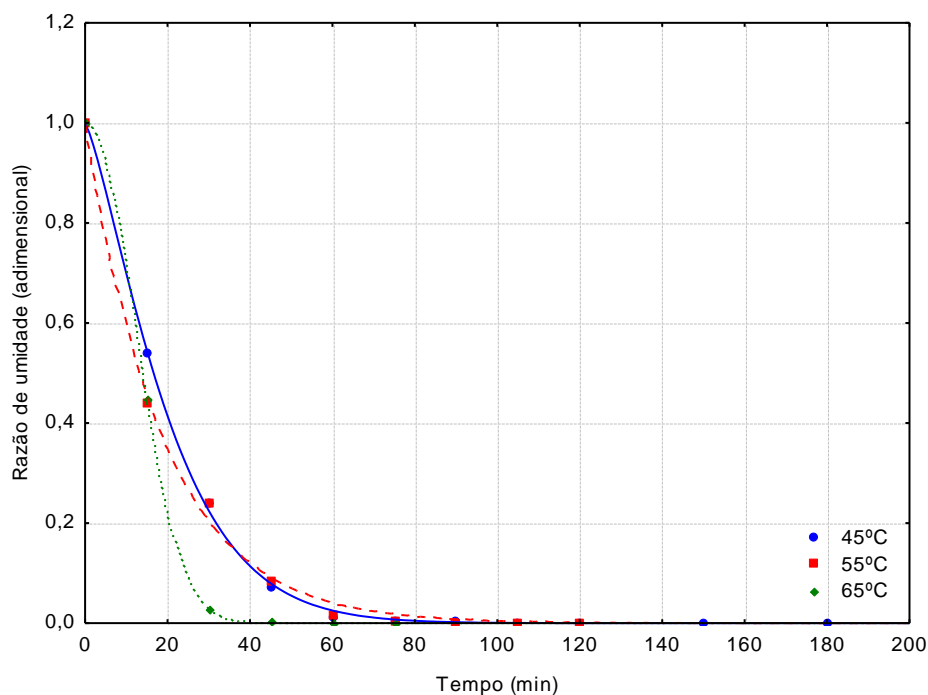


Figura 3 – Cinética de secagem de hortelã da folha miúda para as diferentes temperaturas de secagem, com ajustes pelo modelo de Cavalcanti Mata

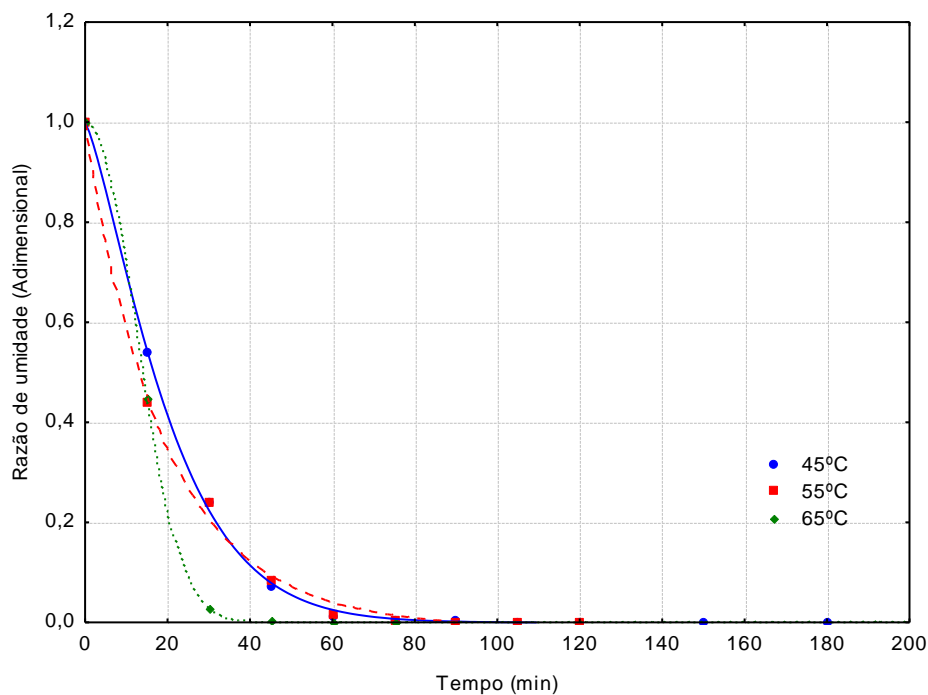


Figura 4 – Cinética de secagem de hortelã da folha miúda para as diferentes temperaturas de secagem, com ajustes pelo modelo de Midilli

CONCLUSÕES

As secagens das folhas de hortelã da folha foram influenciadas pela temperatura de secagem, ocorrendo à secagem em menor tempo na temperatura mais elevada.

Os modelos de Cavalcanti Mata, Henderson & Pabis, Logarítmico e Midilli se ajustaram bem aos dados experimentais das secagens, podendo ser usados na predição das cinéticas de secagem nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C, no entanto, os modelos de Cavalcanti Mata e Midilli foram os que apresentaram os melhores ajustes para todas as temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corrêa, P.C.; Resende, O.; Martinazo, A.P.; Goneli, A.L.D.; Botelho, F.M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.501-510, 2007.

DOYMAZ, I. Thin-layer drying behaviour of mint leaves. *Journal of Food Engineering*. Article in press, Corrected prof. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/02608774> 2005.

FARIAS, M. R. Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais. In: SIMÕES, C.M.O et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS/ Editora UFSC, 2003. p. 263-288.

FORMOSO, V. C.; DAMY, P. C.; TELIS, V. R. N. Secagem por ar quente e degradação de ácido ascórbico em fatias de caqui. XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 2009, São José do Rio Preto. **Anais....** CD-ROM.

GOUVEIA, J. P. G.; MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. DE A. C.; OLIVEIRA, A. M. DE V.; SILVA, M. M. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.471-474, 2002.

KAYA, A.; AYDIN, O.; DEMIRTAS, C. Drying kinetics of red delicious apple. **Biosystems Engineering**, v. 96, n. 04, p. 517–524, 2007.

MARTINS, P. M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf)**. 2000. 77f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG.

MELO, E.C.C; RADUNZ, L.L; MELO, R.C.A **Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais – Revisão**. *Engenharia na Agricultura*, v.12, n.4, p.307-315, 2004.

PACHÚ, C. O. **Processamento de plantas medicinais para obtenção de extratos secos e líquidos**. 2007, 102f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

RADUNZ, L.L; MELO, E.C; BARBOSA, L.C.A; SANTOS, R.H.S.; BARBOSA, F.B; MARTINAZZO, A.P. Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha X Villosa* Huds). **Revista Engenharia na Agricultura**, v.14, n.4, p.250-257, 2006.

RADUNZ, L.L; MOSSI, A. J.; ZAKRZEWSKI, C. A.; AMARAL, A. S. DO; GRASSMANN, L. Análise da cinética de secagem de folhas de sálvia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.979–986, 2010.