

CINÉTICA DE SECAGEM DE FOLHAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

MARYA F. VELASCO¹, DANIEL P. DA SILVA², NAIANE CRISTINA B. DA SILVA³,
RENATO S. RODOVALHO⁴

¹ Graduanda de Agronomia, Instituto Federal Goiano, Ceres-GO, (06214) 8478-6556, marya.velasco@hotmail.com

² Graduando de Agronomia, Instituto Federal Goiano, Ceres-GO

³ Graduanda de Agronomia, Instituto Federal Goiano, Ceres-GO

⁴ Prof. Doutor, Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano, Ceres-GO

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: Dentre vários fatores que contribuem para o armazenamento adequado das plantas medicinais, a secagem é um processo fundamental para reduzir o teor de água, visando à manutenção de suas qualidades fitoterápicas. O objetivo neste trabalho foi avaliar a cinética de secagem nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60 °C. Foi utilizada uma câmara de demanda de oxigênio bioquímico para o processo de secagem das folhas em camada delgada. As folhas, recortadas uniformemente de forma retangular, foram pesadas periodicamente até o alcance de uma massa constante. Diversos modelos matemáticos foram ajustados aos dados experimentais para caracterizar os processos de secagem, utilizando critérios estatísticos. Os modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Logaritmo e Midilli apresentaram ajuste satisfatório aos dados experimentais por apresentarem os coeficientes de determinação mais próximo da magnitude, o somatório dos quadrados dos resíduos e o erro médio estimado mais próximo a zero. Entretanto apenas o modelo de Midilli apresentou a distribuição aleatória dos comportamentos dos resíduos. Conclui-se que o modelo de Midilli apresentou o melhor ajuste satisfatório para representar a cinética de secagem de folhas de cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum officinarum*; modelagem matemática; curvas de secagem

DRYING KINETICS OF SUGARCANE LEAVES

ABSTRACT: Among many factors that contribute to the proper storage of the medicinal plants, drying is a fundamental process to reduce the moisture content, in order to maintain its herbal qualities. The objective of this study was to evaluate the drying kinetics at temperatures of 20, 30, 40, 50 and 60 °C. Were used for forced ventilation ovens drying process leaves thin layer. The leaves, cut evenly rectangular, were weighed periodically until reaching a constant weight. Several mathematical models were fitted to experimental data to characterize the drying processes using statistical criteria. Mathematical models of Two Terms, Henderson and Pabis, logarithm and Midilli showed satisfactory adjustment to the experimental data for presenting the magnitude of the coefficient of determination, the residual sum of square and the standard deviation of estimate showed lower values. However only the Midilli model showed random residual distribution. Conclude that Midilli model showed the best fit satisfactory to represent the drying kinetics of sugarcane leaves.

KEYWORDS: *Saccharum officinarum*; mathematical modeling; drying curve

INTRODUÇÃO: A utilização das plantas medicinais é muito disseminada entre população brasileira, sendo vários os fatores que colaboram no desenvolvimento de práticas de saúde que incluam, dentre elas o baixo custo da utilização da medicina caseira e as propriedades terapêuticas provenientes dos princípios ativos (MARTINS et al., 2015). A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) popularmente usada para produção de etanol e derivados, também está sendo utilizada como planta medicinal. Sua folha apresenta determinadas composições de água, açúcares, fibras e sólidos solúveis e quando ingeridas corretamente causam reações benéficas ao organismo. Este órgão vegetal pode ajudar nos distúrbios dos rins, controle da pressão e fadiga, sendo diurética e depurativa (GANDI et al., 1989). Na maioria, as plantas medicinais são fornecidas comercialmente na forma dessecada, aumentando assim a prática do processo de secagem essencial para longevidade e qualidade do produto. O processo de secagem é utilizado com o intuito de reduzir o teor de água até os níveis seguros para o armazenamento do produto (CORRÊA et al., 2007). Diante do exposto, o objetivo neste trabalho foi avaliar a cinética de secagem das folhas de cana-de-açúcar, nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C.

MATERIAL E MÉTODOS: As folhas da cana-de-açúcar foram aleatoriamente colhidas em regiões próximas ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres. A coleta foi realizada nas primeiras horas da manhã após não haver mais orvalho sobre suas superfícies visando evitar variações no seu teor de água inicial. Em seguida, as folhas foram selecionadas e transportadas para o Laboratório de Fisiologia Vegetal do Campus Ceres, onde os experimentos foram conduzidos. A medição do teor de água inicial e de equilíbrio das amostras foi determinada após a seleção do produto e no final da secagem, pelo método gravimétrico em estufa de circulação forçada, a 103 ± 1 °C, por 24 h, em quatro repetições (ASABE, 2010). As folhas selecionadas foram submetidas a cinco temperaturas do ar de secagem em uma câmara de demanda de oxigênio bioquímico (B.O.D), sendo: 20, 30, 40, 50, 60 °C. As amostras foram cortadas em formato retangular e depositadas em tampas gerbox. No início do processo de secagem foram colocados 35 g de amostras, em quatro repetições e foram pesados periodicamente a cada quarenta minutos, até a massa constante ser atingida. O cálculo da razão do teor de água (RX) durante os processos de secagem foi realizada pela equação 1.

$$RX = (X - X_e) / (X_i - X_e) \quad (1)$$

em que: X - teor de água do produto, decimal b.s.; X_i - teor de água inicial do produto, decimal b.s.; X_e - teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s. Após o processo de secagem, foram usados modelos matemáticos para ajuste aos dados experimentais obtidos. Na seleção dos melhores modelos, para representar a cinética de secagem das folhas de cana-de-açúcar, foram considerados a significância dos coeficientes de regressão pelo teste t, adotando nível de 5% de significância, a magnitude do coeficiente de determinação ajustado pelo modelo (R^2), o somatório dos quadrados dos resíduos (SQR), o erro médio estimado (SE), e a distribuição dos resíduos. Para a recomendação do modelo matemático de cinética de secagem, foi verificado o R^2 mais próximo à unidade, SQR inferior a 10%, valor de SE mais reduzido. A análise do comportamento dos resíduos foi considerada aleatória, quando observada uma distribuição uniforme entre os eixos dos resíduos e o período de secagem. A espessura das folhas de cana-de-açúcar foi mensurada utilizando-se um paquímetro para

obtenção de uma média para uso no modelo, obtendo a média de 0,23nn. A Tabela 1 apresenta os melhores modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais de razão de umidade para cada temperatura do ar de secagem das folhas de cana-de-açúcar.

TABELA 1. Modelos matemáticos ajustados às curvas de secagem de cana-de-açúcar

Dois Termos	$RU= a.exp(-k.t)+b.exp(-k_1.t)$	(3)
Henderson e Pabis	$RU= a.exp(-k.t)$	(5)
Logarítmo	$RU= a.exp(-k.t)+b$	(7)
Midilli	$RU= a.exp(-k.t^b)+c.t$	(9)

t - tempo de secagem; k, k₁ - constantes de secagem; a, b, c, - coeficientes dos modelos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A tabela 2 apresenta os valores de SE, SQR, R² e o comportamento da distribuição dos resíduos para as folhas de cana-de-açúcar submetidas ao ar de secagem a 20, 30, 40, 50 e 60 °C. Verifica-se os modelos de Dois Termos (3), Henderson e Pabis (5), Logaritmo (7) e Midilli (9), apresentaram ajuste satisfatório aos dados experimentais em todas as temperaturas estudadas por apresentarem as maiores magnitudes de R², os valores de SE e SQR mais próximos a zero, e a distribuição aleatória do comportamento dos resíduos. Sobre o comportamento dos resíduos, o modelo de Midilli apresentou a distribuição aleatória para todas as temperaturas. Diante os procedimentos estatísticos, Midilli é o modelo mais recomendado para representar a cinética de secagem das folhas de cana-de-açúcar. A tabela 3 apresenta os coeficiente significativos do modelo matemático que representa a secagem, o modelo de Midili, apresentou seus parâmetros significativos a 5% de probabilidade do teste t.

TABELA 2. Erro estimado (SE), Somatório dos quadrados dos resíduos (SQR), Coeficiente de determinação (R²) e distribuição do comportamento dos resíduos (DR) para ajuste dos modelos aos dados experimentais das folhas de cana-de-açúcar submetidas ao ar de secagem.

Modelo	SE	SQR	R ² (%)	DR	SE	SQR	R ² (%)	DR
	20 °C				30°C			
Dois Termos	0,0960	0,0347	0,950176	A	0,0631	0,0147	0,950376	A
Henderson e Pabis	0,1057	0,0216	0,937308	T	0,0629	0,0076	0,948536	A
Logaritmo	0,0979	0,0275	0,947269	A	0,0591	0,0099	0,955623	A
Midilli	0,1036	0,0403	0,941758	A	0,0587	0,0127	0,957115	A
40°C				50°C				
Dois Termos	0,0537	0,00288	0,995734	A	0,00616	0,0136	0,983393	
Henderson e Pabis	0,0280	0,00151	0,995537	A	0,0600	0,0068	0,983899	
Logaritmo	0,1483	0,27848	0,869943	T	0,0599	0,00996	0,983899	
Midilli	0,0927	0,01574	0,952399	A	0,0607	0,0132	0,983921	
60°C								
Modelo	SE	SQR	R ²	DR				
Dois Termos	0,0493	0,0082	0,990391	A				
Henderson e Pabis	0,0477	0,0042	0,990194	A				
Logaritmo	0,1356	0,0488	0,921273	A				
Midilli	0,0493	0,0082	0,99039	A				

A – Distribuição de resíduos aleatória; T – Distribuição de resíduos tendenciosa.

TABELA 3. Parâmetros dos coeficientes estatístico do modelo Midilli

Temperatura (°C)	a	k	n	b
20	0,993395*	0,480416*	0,00000*	-0,000118*
30	0,616280*	0,002843*	0,716181*	-0,000012*
40	0,987357*	0,001274*	0,945927*	-0,000001*
50	0,996025*	0,00736*	0,968919*	-0,000005*
60	0,929942*	0,000800*	1,095251*	0,000000*

a, k, n, b –coeficientes estatísticos; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

CONCLUSÕES: O modelo de Midilli foi o mais adequado para representar os fenômenos da folha de cana-de-açúcar submetida ao ar de secagem.

AGRADECIMENTOS: Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, ao meu orientador Renato Souza Rodvalho e ao meu amigo Hellismar Wakson.

REFERÊNCIAS:

ASABE. Moisture Measurement – Forages: Standard S358.2 DEC1988, R2008. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS (Ed.). Standards, Engineering Practices, and Data. St. Joseph: ASABE, 2010. p.684-685.

GONELI, A. L. D.; NASU, A. K.; GANCEDO, R.; ARAÚJO, W. D.; SARATH, K. L. L. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 434-443, 2014.

GRANDI, T. S. M.; TRINDADE, J. A.; PINTO, M. J. F.; FERREIRA, L. L.; CATELLA, A. C. Plantas medicinais de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 3, n.2, p. 185 - 224, 1989.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas medicinais**, Viçosa: Editora UFV, 2000, 220p.