

## ESTUDO EXPERIMENTAL DA SECAGEM DE POLPA DE ACHACHAIRU EM CAMADA FINA

LUZIA MARCIA DE MELO SILVA<sup>1</sup>, FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA<sup>1</sup>, DEISE SOUZA DE CASTRO<sup>2</sup>, JOSIVANDA PALMEIRA GOMES<sup>3</sup>, FRANCISCO DE ASSIS CARDOSO ALMEIDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professora do Instituto Federal de Alagoas-Campus Murici, Alagoas - AL. Email: dluziamarcia@yahoo.com; francis\_nalva@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande – PB. E-mail: deise\_castro01@hotmail.com.br

<sup>3</sup>Professor Titular em Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande – PB. E-mail: josivanda@gmail.com; almeida.diassis@gmail.com

Recebido em fevereiro de 2015. Aceito em setembro de 2015. Publicado em dezembro de 2015.

**RESUMO** – O achachairu (*Garcinia* sp.), fruta largamente produzida na Bolívia, vem sendo comercializado no Brasil há vários anos. O fruto é globoso-oblongo, de polpa branca, succulenta e textura mucilaginosa e de sabor doce-acidulado equilibrado (°Brix 15 e pH 4,1) ocorrendo reação enzimática muito rápida durante o processamento. Com o presente trabalho objetivou-se descrever a cinética de secagem em camada fina da polpa de achachairu nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. A secagem foi realizada em estufa de circulação de ar, sendo aplicados os modelos empíricos: Dois Termos (1974), Henderson & Pabis (1961), Lewis (1921), Logarítmico (1999), Page (1949), Peleg (1988) e Wang e Sing (1978), para descrição do comportamento da cinética de secagem. O critério de avaliação utilizado foi o coeficiente de determinação e o desvio percentual médio sendo o modelo de Page (1949) o que melhor se ajustou aos dados experimentais, com apenas dois parâmetros de ajuste, seguidos dos modelos de Dois Termos (1974) e Logarítmico (1999) em que os valores dos parâmetros das equações foram estimados em função da temperatura e da velocidade do ar de secagem. Para o modelo de Page (1949), foram obtidas expressões matemáticas para determinação da taxa e do tempo de secagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Garcinia* sp.; modelos empíricos; taxa de secagem.

### EXPERIMENTAL STUDY OF ACHACHAIRU PULP OF DRYING IN THIN LAYER

**ABSTRACT** – The achachairu (*Garcinia* sp.), a fruit widely grown in Bolivia, has been commercialized in Brazil for several years. The fruit is globose-oblong, white-fleshed, succulent and with mucilaginous texture and sweet-tangy balanced flavor (15°Brix and pH 4,1) with a very fast enzymatic reaction occurring during processing. The present work aimed to describe the drying kinetics of thin layers of pulp of achachairu at temperatures of 50, 60 and 70 °C. Drying was carried out under greenhouse air circulation, with empirical models being applied: Two Terms (1974), Henderson & Pabis (1961), Lewis (1921), Logarithmic (1999), Page (1949), Peleg (1988) and Wang and Sing (1978) for a description of the behavior of air drying. The evaluation criterion used was the coefficient of determination and the average percentage deviation based on the Page model (1949) or the best fit to the experimental data, with only two fit parameters, followed by Two Terms (1974) and logarithmic (1999) models in which the values of the parameters of the equations were estimated according to the temperature and velocity of the drying air. For the Page model (1949), mathematical expressions for determining the rate and drying time were obtained.

**KEY WORDS:** *Garcinia* sp.; empirical models; drying rate.

### ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL SECADO DE LA PULPA DE ACHACHAIRU EN CAPA DELGADA

**RESUMEN** – El Achachairú (*Garcinia* sp.), una fruta cultivada en Bolivia, se ha comercializado en Brasil desde hace varios años. El fruto es globoso-oblonga, de carne blanca, succulenta y con la textura mucilaginosa y sabor equilibrado, dulce amargo (15 °Brix y pH 4,1), con una reacción enzimática muy rápida que ocurre durante el procesamiento. El presente trabajo tuvo como objetivo describir la cinética de secado de capas finas de pulpa de Achachairú a temperaturas de 50, 60 y 70 °C. El secado se lleva a cabo bajo la circulación de aire de efecto invernadero, con modelos empíricos que se aplica: dos términos (1974), Henderson & Pabis (1961), Lewis (1921), Logarithmic (1999), Page (1949), Peleg (1988) y Wang y Sing (1978) para una descripción del comportamiento de secado al aire. El criterio de evaluación utilizado fue el coeficiente de determinación y la desviación porcentual promedio, basado en el modelo de Page (1949) o el mejor ajuste a los datos experimentales, con sólo dos parámetros de ajuste, seguido por los modelos Two term (1974) y Logarithmic (1999) en el que se estimaron los valores de los parámetros de las ecuaciones de acuerdo con la temperatura y la velocidad del aire de secado. Para el modelo de Page (1949), se obtuvieron expresiones matemáticas para la determinación de la tasa y tiempo de secado.

**PALABRAS CLAVE:** *Garcinia* sp.; modelos empíricos; velocidad de secado.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve um incremento da exploração econômica de produtos e subprodutos de algumas frutíferas específicas, atribuído à crescente preocupação do consumidor com a relação entre dieta e saúde, além do interesse no cultivo de frutas exóticas impulsionado pelo aumento da diversificação frutífera no Brasil, onde se encontra boas condições climáticas e solo favorável para o cultivo de muitas espécies de frutas tropicais (Yahia 2010). O achachairu é um dos vários representantes das frutíferas exóticas, que era pertencente ao gênero *Rheedia* spp, mas atualmente pertence ao gênero *Garcinia*. Com essa recente mudança de gênero, estabeleceu-se certa confusão na nomenclatura das dezenas de espécies conhecidas. Isso porque alguns autores ainda usam o termo *Rheedia*

para algumas frutíferas nativas e exóticas existentes em várias regiões mundiais (Barbosa et al. 2008).

O achachairu é um dos frutos mais apreciado no seu país de origem pelo sabor agridoce único, entretanto, devido a sua curta safra, ele só é encontrado no mercado durante algumas semanas no ano. Segundo o IBCE (2010), de novembro até fim de fevereiro, a fruta reina nos mercados bolivianos e sua demanda é cada vez maior. Frente esta situação já existem iniciativas não só para aumentar a produção e qualidade, mas também para aproveitar na indústria de sucos, sorvetes, conservas e outros produtos. É por esta razão que nos últimos anos tem havido um interesse no estabelecimento de plantios comerciais da fruta, objetivando a industrialização e

exportação. Os possíveis benefícios nutricionais e antioxidantes desta fruta fazem os produtores e pesquisadores supor que em poucos anos, pode se tornar uma fruta de exportação (IBCE 2010).

A fim de ampliar a oferta e o consumo dessa fruta exótica, atingindo mercados de diferentes regiões, deve-se considerar a aplicação de métodos de conservação que estendam a sua vida útil, ao passo que também lhe agrega valor. Nesse contexto, a secagem é uma das técnicas de preservação que pode ser utilizada para manter a qualidade pós-colheita do achachairu. De acordo com Martinazzo et al. (2010) a secagem consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto logo após a maturidade fisiológica, para que promova longos períodos de armazenamento, sem que ocorram perdas significativas durante o processo. Na fase pós-colheita de frutos a secagem é utilizada visando preservar as qualidades organolépticas e nutricionais, bem como reduzir a atividade biológica. A facilidade de transporte, armazenamento e manuseio de frutas desidratadas também são fatores importantes que devem ser considerados, além da redução de desperdícios e perdas pós-colheita, mantendo as propriedades sensoriais.

O estudo e a modelagem matemática tem despertado o interesse de vários pesquisadores para os mais diversos produtos (Faria et al. 2012). O emprego de modelos matemáticos, para descrição do processo de secagem de frutos foi empregado por Lahsani et al. (2004) onde estes autores utilizaram treze modelos para representação da secagem do figo da Índia em camada fina e por Goyal et al. (2007) na secagem de ameixa, em que utilizaram seis modelos para o mesmo procedimento de secagem. Desta forma o estudo e a modelagem matemática tem despertado o interesse de vários pesquisadores para os mais diversos produtos (Faria et al. 2012).

Objetivou-se, no presente trabalho, ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem em camada fina de polpa de achachairu (*Garcinia* sp) em diferentes temperaturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG – PB).

Utilizou-se como matéria-prima polpa extraída de frutos de achachairu (*Garcinia* sp) provenientes dos mercados e feiras livres da cidade de Goiana localizada na Zona da Mata Norte de Pernambuco (07° 33' 39" S, 35° 00' 10" O), no estádio de maturação comercial, com boa aparência e coloração amarela e, transportados devidamente acondicionados em sacos plásticos estéreis.

Os frutos do achachairu foram recepcionados no laboratório, selecionados para remoção de sujidades e eventuais frutos estragados, lavados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 50ppm por 15 minutos, enxaguados em água corrente e despolpados em despolpadeira industrial de aço inoxidável (Laboremus- PAT/REG). Posteriormente a polpa foi envasada em sacos de polietileno com capacidade para 500g, imersas em nitrogênio líquido a temperatura de -196 °C para congelamento rápido e em seguida estocada em freezer horizontal (-18 ± 2 °C) até realização dos experimentos.

A seguir a polpa foi acondicionada em placas de vidro, contendo cada placa aproximadamente 100 g de polpa, a qual foi uniformemente espalhada com espátulas de aço inoxidável. O teor de água inicial foi determinado pelo método padrão da estufa a 105 ± 3 °C-e a porcentagem calculada na base do peso úmido aplicando-se a fórmula proposta por Brasil (2008) e o resultado final expresso pela média aritmética em porcentagens das sub-amostras.

As amostras com teor de água inicial de 89% (b.u), foram secas em camada fina em uma estufa com circulação forçada de ar, disponível na dependência do Laboratório de Secagem de Produtos Agrícolas, ajustado para operar nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. O experimento foi realizado em triplicata, sendo as pesagens das polpas realizadas em balança semi-analítica até obterem o seu equilíbrio. As curvas de secagem foram obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro adimensional - razão de teor de água (RX), para as diferentes condições de secagem da polpa de achachairu, mediante a seguinte equação:

$$RX = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs\text{ inicial}} - X_e} \quad (1)$$

Onde:

RX= razão de teor de água (adimensional)

X<sub>e</sub>= teor de água de equilíbrio em base seca

X<sub>bs</sub>= teor de água em base seca

X<sub>bs</sub> (inicial) = teor de água inicial em base seca

Os valores de RX observados para cada temperatura do ar de secagem foram analisados por oito diferentes equações de regressão não linear, conforme a Tabela 1. Para o ajuste das equações matemáticas aos dados experimentais, realizou-se as análises de regressão pelo método Quasi-Newton, empregando-se o programa computacional Statistic 5.0®.

**Tabela 1.** Equações matemáticas de regressão não linear, avaliadas para prever o fenômeno de secagem de polpa de achachairu.

Designação do modelo	Modelo
$RX = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$	Dois Termos (Henderson 1974) (2)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson & Pabis (Henderson & Pabis 1961) (3)
$RX = \exp(-k \cdot t)$	Lewis (Lewis, 1921) (4)
$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Logaritmico (Yagcioglu et al. 1999) (5)
$RX = \exp(-k \cdot t^n)$	Page (Page 1949) (6)
$RX = 1 - t/(a + b \cdot t)$	Peleg (Peleg 1988) (7)
$RX = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$	Wang e Sing (Wang & Sing 1978) (8)

t - tempo de secagem (min); k,  $k_0$ ,  $k_1$  - constantes de secagem; a, b, c, n - coeficientes dos modelos.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais foi o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o desvio quadrático médio (DQM), calculado pela equação:

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{\text{exp}} - RX_{\text{pre}})^2}{N}} \quad (9)$$

Onde:

DQM - desvio quadrático médio

RX<sub>pre</sub> - razão de teor de água predito

RX<sub>exp</sub> - razão de teor de água experimental

N - Número de dados experimentais

A partir da escolha do melhor modelo dentre os aplicados, mostrados na Tabela 1, foram determinadas expressões matemáticas para a taxa de secagem em função do tempo, e tempo de secagem

para um teor de água adimensional de acordo com a seguinte expressão (Tabela 2):

**Tabela 2.** Modelo empírico para descrever a taxa de secagem.

Expressão empírica	Modelo
$X^* = e^{-at}$	Page (Diamante et al. 2010) (10)

Na tabela 3 está apresentado o resumo do ajuste e os parâmetros dos modelos por meio de regressão não linear aos dados experimentais da secagem de polpa de achachairu em camada fina, considerando as diferentes temperaturas de secagem.

Verifica-se que dentre os modelos empregados, o de Page (1949) foi o que melhor representou os dados experimentais para prever a cinética de secagem da polpa de achachairu, apresentando

**Tabela 3.** Parâmetros estatísticos, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio (DQM) dos modelos de secagem nas diversas temperaturas.

Modelos	T (°C)	Parâmetros					$R^2$	DQM
		k	n	a	b	c		
Dois Termos	50	0,008686	-	-0,0053	0,522316	-	0,9988	0,0014
	60	0,011973	-	0,52307	0,523074	-	0,9990	0,0010
	70	0,013231	-	0,50688	0,506881	-	0,9847	0,0011
Henderson & Pabis	50	0,008686	-	1,044641	-	-	0,9955	0,0016
	60	0,011973	-	1,046153	-	-	0,9976	0,0010
	70	0,013231	-	1,013765	-	-	0,9982	0,0012
Lewis	50	0,008184	-	-	-	-	0,9941	0,0002
	60	0,011267	-	-	-	-	0,9962	0,0002
	70	0,012989	-	-	-	-	0,9980	0,0008
Logarítmico	50	0,007918	-	1,078005	-	-0,042397	0,9967	0,0000
	60	0,011309	-	1,064321	-	-0,024530	0,9981	0,0000
	70	0,012168	-	1,038805	-	-0,034489	0,9990	0,0000
Page	50	0,002533	1,248479	-	-	-	0,9988	0,0010
	60	0,004599	1,203530	-	-	-	0,9996	0,0010
	70	0,008736	1,092239	-	-	-	0,9990	0,0010
Peleg	50	-	-	107,5918	0,744949	-	0,9887	0,0017
	60	-	-	75,09953	0,772868	-	0,9894	0,0018
	70	-	-	65,88248	0,758648	-	0,9945	0,0008
Wang & Sing	50	-	-	-0,0053	0,000006	-	0,9847	0,0030
	60	-	-	-0,0067	0,000010	-	0,9702	0,0049
	70	-	-	-0,0082	0,000015	-	0,9779	0,0053

Fonte: Silva (2014).

A constante de secagem  $k$  do modelo de Page representa o efeito das condições externas de secagem. A constante  $k$  do modelo de Page apresentou acréscimo com o aumento da temperatura, estando de acordo com o comportamento verificado por Azoubel et al. (2010) e por Silva et al. (2008) ao ajustarem este modelo às curvas de secagem de fatias de banana e da polpa de tamarindo, respectivamente. Do modelo de Page (1949) constata-se que os valores de  $k$  e  $n$  nas temperaturas estudadas apresentam similaridade com os valores obtidos por Dantas et al. (2008), no ajuste a curva de secagem em camada de espuma da polpa de jaca a 90 °C ( $k = 0,0046 \text{ min}^{-1}$ ;  $n = 1,2651$ ).

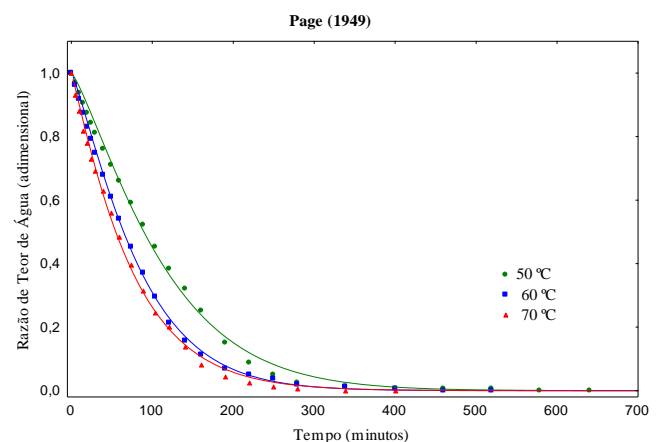
Na Figura 1, encontram-se representadas graficamente as curvas de secagem em camada fina da polpa de achachairu para as temperaturas em estudo e velocidade do ar de secagem ( $1,0 \text{ m/s}^{-1}$ ), com ajustes pela equação de Page (1949). Observa-se que as curvas geradas a partir desse modelo matemático aproximam-se bem dos pontos experimentais, verificados, portanto, a partir dos coeficientes de determinação.

Pode-se observar a influência da temperatura sobre as curvas de secagem da polpa de achachairu. O aumento da temperatura do ar de secagem faz com que ocorra uma maior taxa de

os maiores valores para  $R^2$ , acima de 0,9988, para todas as temperaturas, embora se possa observar na Tabela 3, que as sete equações matemáticas se ajustaram muito bem aos dados experimentais das secagens, com coeficientes de determinação superior a 0,9702, ou seja, 97%.

Comportamento similar foi observado por Sousa et al. (2011), que avaliando a modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da polpa de oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch.) pelo método de camada fina, obtiveram valores de  $R^2$  oscilando entre 0,97 a 0,99 ao empregarem as equações matemáticas de Page e Logarítmico. Já a superioridade do modelo de Logarítmico em relação ao de Wang & Sing, pode ser explicado pela maior quantidade de parâmetros da equação.

remoção de água na polpa, comportamento este similar às observações realizadas por Furtado et al. (2010), ao estudarem a secagem de polpa de seriguela (*Spondias purpurea*) pelo método de camada de espuma.



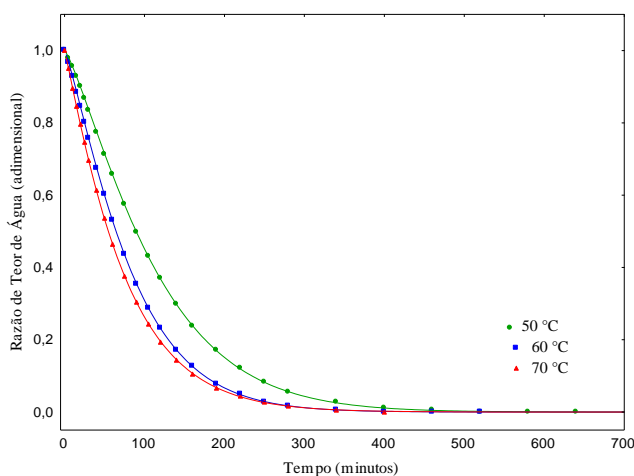
**Figura 1.** Modelo de Page ajustado aos dados experimentais da secagem da polpa de achachairu.

Além dos indicadores estatísticos favoráveis obtidos com o modelo de Page (1949), este modelo possibilita determinar expressões matemáticas para a taxa e o tempo de secagem conforme demonstrado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Expressão da taxa e tempo de secagem obtida para prever o modelo de Page (1949).

Taxa de secagem	Tempo de secagem	Modelo
$\frac{dX^*}{dt} = -abt^{b-1} e^{-at^b}$	$t = (-\ln X^*/a)^{1/b}$	Page (Diamante et al., 2010)

Empregando a expressão da Tabela 4 e os parâmetros apresentados na Tabela 3, a taxa e o tempo de secagem foram determinados para o modelo de Page (1949), o qual representou melhor o processo da secagem da polpa de *Garcinia* sp. A representação gráfica do processo pode ser observada na Figura 2.



**Figura 2.** Taxa de secagem do modelo de Page (1949).

Analisando a figura 2 pode-se observar a influência da temperatura sobre o tempo e velocidade de secagem. O tempo necessário foi de 640, 520 e 400 min para as temperaturas de 50, 60 e 70°C respectivamente, cujos resultados foram superiores aos encontrados por Sousa et al. (2011), estudando a cinética de secagem da polpa de oiti e, similares aos encontrados Madureira et al. (2011), estudando a cinética de secagem da polpa do figo-da-índia, nas mesmas temperaturas em estudo. Pode-se verificar que quanto mais elevada à temperatura, mais rapidamente se processa a secagem. Estes resultados estão de acordo com os estudos realizados por Yi et al. (2012) estudando a cinética de secagem em camada fina e a modelagem matemática de jujuba chinesa.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para as condições em que foi realizado o trabalho permitiram concluir que:

- A cinética de secagem da polpa de *Garcinia* sp decresce com o aumento da temperatura do ar de secagem.
- Dentre os modelos aplicados, a equação de Page (1949), com apenas dois parâmetros de ajuste, foi uma das equações que melhor representou o processo, seguido das equações de Dois Termos (1974) e Logarítmico (1999).

## REFERÊNCIAS

- Azoubel PM, Baima MAM, Amorim MR, Oliveira SSB. 2010. Effect of ultrasound on banana cv. Pacovan drying kinetics. **Journal of Food Engineering**, 97:194–198.
- Barbosa W, Chagas EA, Martins L, Pio R, Tucci MLS, Artiolo FA. 2008. Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de achachairu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – São Paulo, 30(1):263-266.
- Brasil. 2008. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. *Instituto Adolfo Lutz*. 4.ed. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz**. São Paulo. v.1, 1020p.
- Dantas HJ, Silva AS, Lima EE, Farias PA, Andrade MA. 2008. **Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (FOAM-MAT DRYING)**. Disponível em: <[http://www.seminagro.com.br/trabalhos\\_publicados/3jornada/02ciencia\\_tecnologia\\_de\\_alimentos/CTA0235.pdf](http://www.seminagro.com.br/trabalhos_publicados/3jornada/02ciencia_tecnologia_de_alimentos/CTA0235.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2014.
- Diamante LM, Ihns R, Savage GP, Vanhanen L. 2010. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Essex, 45(9):1956–1962.
- Faria RQ, Teixeira IR, Devilla IA, Ascheri DPR, Resende O. 2012. Cinética de secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16(5):573–583.
- Furtado GF, Silva FS, Porto AG, Santos P. 2010. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 12(1):9-14.
- Goyal RK, Kingsly ARP, Manikantan MR, Ilyas SM. 2007. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. **Journal of Food Engineering**, 79(1):176-180.
- Henderson SM & Pabis S. 1961. Grain drying theory. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, (6):169-174.
- Henderson SM. 1974. Progress in developing the thin layer drying equation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 17:1167-1168.
- IBCE. 2010. Instituto Brasileiro de Comércio Exterior. **Perfil de mercado: Copoazú y Achachairú**. Disponível em: <[www.ibce.org.bo](http://www.ibce.org.bo)>. Acesso em: out. de 2013.
- Lahsani S, Kouhila M, Mahrouz M, Idlimam A, Jamali A. 2004. Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Energy**, 29(2):211-224.
- Lewis WK. 1921. The drying of solid materials. **Journal Industrial Engineering**, London, (5):427-433.
- Madureira IA, Figueirêdo RMF, Queiroz AJM, Silva Filho ED. 2011. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, 13(Especial):345-354.
- Martinazzo AP, Melo EC, Corrêa PC, Santos RHS. 2010. Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 12(4): 488-498.

Peleg M. 1988. An Empirical Model for the Description of Moisture Sorption Curves. **Journal of Food Science**, Essex, 53(4):1216-1217 e 1219.

Page GE. 1949. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. Thesis (M.Sc.) – Purdue University, West Lafayette.

Silva AS, Gurjão KCO, Almeida FAC, Bruno RLA. 2008. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, 32(6):1899-1905.

Sousa FC, Sousa EP, Silva LMM, Martins JJA, Gomes JP, Rocha APT. 2011. Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da polpa de oiti. **Revista Educação Agrícola Superior**, 26(2):108-112.

Wang CY & Singh RP. 1978. **Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying**. Transaction of ASAE, St. Joseph, v.11, n.A.

Yagcioglu A, Degirmencioglu A, Cagatay F. 1999. Drying characteristics of laurel leaves under different conditions. In: **International Congress on Agricultural Mechanization and Energy**, Adana: Faculty of Agriculture, Cukurova University, p.565-569.

Yahia EM. 2010. The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health. In: Rosa LA, Alvarez-Parrilla E, Gonzalez-Aguilara GA. **Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability**. Hoboken: Wiley-Blackwell, p.3-51.

Yi X-K, Wu W-F, Zhan Y-Q, Li J-X, Luo H-P. 2012. Thinlayer drying characteristics and modeling of Chinese jujubes. **Mathematical Problems in Engineering**, p.1-18.