

## EFEITO DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO SOBRE A CINÉTICA DE SECAGEM CONVECTIVA DA MANGABA (*Hancornia speciosa*)

A.L. SILVA<sup>1</sup>, J.R.A. NETO<sup>1</sup>, D. S. S. R. SANTOS<sup>1</sup>, G.F.SILVA<sup>2</sup>, A.S. LIMA<sup>1</sup>,  
O.L.S.ALSINA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tiradentes, Pós-Graduação em Engenharia de Processos

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia de Petróleo

\*e-mail: acacialima\_eng@hotmail.com

### RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo estudar o efeito do pré-tratamento osmótico (DO) na secagem convectiva da mangaba (*Hancornia speciosa*). A secagem convectiva foi realizada em um secador de bandejas com circulação forçada de ar a temperatura de 60°C, utilizando amostras que apresentaram melhor condição durante a DO. A cinética de secagem apresentou melhores resultados nas amostras submetidas aos pré-tratamentos nas combinações 64°Brix/60 rpm e 60° Brix/20W. Para estes casos as umidades finais após a secagem convectiva foram de 0,77% e 3,02 % (bu), respectivamente. Foi realizada a secagem convectiva da fruta *in natura* em dois estágios de maturação (“de vez” e madura) como forma de comparação com as amostras DO. Sob as mesmas condições que as frutas DO, foram atingidas umidades finais de 45,1% e 51,8% (bu), respectivamente, evidenciando o efeito positivo da DO. O tempo de secagem até obtenção do peso constante oscilou em torno de 37 horas. Nessas condições, observou-se que a DO associada à secagem convectiva influencia positivamente na perda de água e reduz a umidade da fruta. Para descrever a cinética de secagem foram utilizados os modelos de regressão não linear de Fick, Page, Lewis e Henderson & Pabis. Os modelos utilizados não apresentaram um bom ajuste aos dados experimentais obtidos, apesar dos valores de R<sup>2</sup> terem sido igual ou superior a 0,98. A difusividade mássica, com base na Segunda Lei de Fick, apresentou valores variando entre 1,58 x 10<sup>-9</sup> a 5,29 x 10<sup>-10</sup> m<sup>2</sup>/s.

### 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país bastante privilegiado devido as suas condições climatológicas, o que favorece um segmento que vem colocando o país em situação de destaque. A fruticultura é um dos setores importantes da produção agrícola nacional, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial de frutas, com uma produção que superou 44 milhões de toneladas em 2013, tendo na base agrícola da cadeia produtiva de frutas mais de 2,2

milhões de hectares, o que gera mais de 4 milhões de empregos diretos e indiretos (IBRAF, 2013).

O Nordeste é uma região que possui condições climáticas que propiciam uma vasta variedade de frutas tropicais, as quais possuem características bastante atraentes para o público consumidor, como sabor e odor agradável, ampla diversidade de vitaminas, carboidratos, minerais e inúmeros componentes bioativos de importância para uma vida saudável (MACHADO et al., 2011).

Nesse contexto, podemos citar a mangaba (*Hancornia speciosa*) uma fruta nativa do Brasil, ocorrendo espontaneamente em todas as regiões exceto o Sul, e tendo o Estado de Sergipe como maior produtor, com 55% da produção nacional (IBGE, 2012). A fruta possui algumas características particulares, como ótimo aroma e sabor, apresentar boa digestibilidade, alto valor nutritivo, teores de proteínas e vitamina C maiores do que na maioria das frutas, podendo ainda ser consumida sob diversas formas, *in natura* ou industrializada. Porém, é altamente perecível devido ao elevado teor de umidade e estrutura frágil (CARNELOSSI et al., 2009; GANGA et al., 2010).

Uma das técnicas utilizadas para aumentar a durabilidade de frutas e hortaliças e minimizar as perdas pós-colheita é a desidratação osmótica, alternativa tecnológica simples e de baixo custo energético comparado a outros métodos de desidratação, utilizado como pré-tratamento na remoção parcial de água, por meio da imersão do tecido vegetal em soluções hipertônicas, não necessitando de controles rigorosos durante o processo (DA SILVA et al., 2014).

A transferência de massa durante o tratamento osmótico pode ser acelerada pela associação a outros métodos, como por exemplo, a agitação ou rotação das amostras (MIMURA, et al., 2014; MENDES et al., 2013), pulso de vácuo e potência ultrassônica. (URIBE et al. 2011; CRUZ et al. 2011). O uso do ultrassom leva a formação, ou ampliação, de microcanais, os quais facilitam a movimentação do líquido e dos gases no interior do fruto, aumentando as taxas de transferência de massa interna e externa do alimento (AVERSA et al., 2011, JANGAM et al., 2011, MOTHIBE et al. 2011; MENDOZA et al., 2012). A sonificação de frutas traz

como vantagens, a minimização da perda de compostos de aroma, melhor homogeneização e maior economia de energia durante processos posteriores à osmótica, como a secagem convectiva, além de ser eficaz na inativação de enzimas responsáveis pelo escurecimento dos frutos (JANG E MOON, 2011; KARIZAKI, et al., 2013). Uma desvantagem desse processo é a possível ruptura das estruturas celulares e formação de canais, fazendo-se necessário o estudo das condições ótimas do tratamento osmótico associado a diferentes métodos (HE et al. 2012).

A secagem consiste em uma operação unitária bastante utilizada na remoção da água presente nos alimentos, podendo ter como tratamento complementar a desidratação osmótica, como forma de reduzir a atividade de água e inibir o crescimento microbiano, evitando assim a deterioração dos mesmos. Esta remoção passou a ter grande importância na redução dos custos energéticos, de transporte, embalagem e armazenagem (LENART, 1996).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do pré-tratamento osmótico na secagem convectiva da mangaba (*Hancornia speciosa*) submetidas a um pré-tratamento osmótico associado à agitação mecânica (rpm) e potência ultrassônica (W).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Matéria-Prima

As mangabas foram obtidas de um único fornecedor do Mercado Municipal da cidade de Aracaju – SE, Brasil, selecionadas de acordo com o peso, tamanho, firmeza, grau de maturação e ausência de danos mecânicos, higienizadas e sanitizadas.

### 2.2 Procedimento Experimental

A DO foi realizada com a imersão dos frutos inteiros em solução de sacarose comercial com teor de sólidos solúveis variando de acordo com o planejamento experimental 2<sup>2</sup>, com temperatura e tempo de imersão fixados em 30°C e 510 minutos. Para cada solução osmótica foram utilizadas 9 (nove) amostras. A razão entre a massa da solução e a massa da fruta foi suficientemente grande (1:20), de modo que o °Brix do meio foi praticamente constante ao longo dos experimentos. As variáveis dependentes foram a umidade final e o teor de sólidos solúveis da fruta, tendo como variáveis independentes a velocidade da agitação mecânica orbital (rpm), entre 32 rpm e 80 rpm, a potência ultrassônica (W), entre 20w e 40W, e o teor de sólidos solúveis da solução (°Brix), entre 36 e 60

Após o final do tempo de desidratação (510 min), as amostras com melhores resultados no pré-tratamento foram destinadas a secagem em secador solar com circulação natural de ar, em bandejas confeccionadas com telas de material metálico.

As amostras foram pesadas em intervalos regulares de 120 minutos, nas quais as frutas foram retiradas do secador, pesadas e recolocadas rapidamente no equipamento. A perda de peso foi acompanhada até a obtenção de peso constante, levando aproximadamente 37 horas. Os dados experimentais foram expressos na forma adimensional da razão de umidade ( $X^*$ ) demonstrada na Equação 1.

$$X^* = \left( \frac{\bar{X} - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \right) \quad (1)$$

Em que:  $\bar{X}$  consiste no teor de umidade média no tempo;

$X_{eq}$  é a umidade de equilíbrio;

$X_i$  é a umidade inicial

## 2.3 Modelagem Matemática para a Secagem Convectiva

Os dados experimentais das curvas de secagem convectiva das amostras submetidas às condições estudadas de pré-tratamento osmótico, bem como das frutas frescas, foram ajustadas pelo modelo matemático de secagem baseado na segunda Lei de Fick para descrever a transferência de massa com fluxo de líquido do interior da fruta. A equação utilizada foi uma simplificação da segunda Lei de Fick, como mostra a Equação 2, considerando geometria esférica, resistência externa desprezível, ausência de encolhimento e que o processo é controlado por difusão interna.

$$X^* = \frac{6}{\pi^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{i^2} \exp\left(\frac{-Di^2\pi^2t}{r^2}\right) \quad (2)$$

Em que  $X^*$  é a razão da umidade,  $t$  é o tempo de secagem,  $D$  é a difusividade de água na fruta ( $m^2/s$ ) e  $r$ , o raio (m). O número de termos da série necessários para o ajuste foi determinado mediante testes, no qual, verificou-se que um total de 5 termos seria suficiente para demonstrar a convergência.

As curvas também foram ajustadas pelos modelos empíricos Page, Lewis e Henderson & Pabis, por serem os mais utilizados para alimentos, descritos nas Equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$X^* = \left( \frac{\bar{X} - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \right) = \exp(-kt^n) \quad (3)$$

$$X^* = \left( \frac{\bar{X} - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \right) = \exp(-kt) \quad (4)$$

$$X^* = \left( \frac{\bar{X} - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \right) = a * \exp(-kt) \quad (5)$$

onde,  $k$  é a constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ ), “ $n$ ” e “ $a$ ” são coeficientes do modelo.

A análise foi realizada por meio de regressão não-linear, pelo método Quasi-Newton, utilizando-se o programa Statistica v. 6.0<sup>®</sup>. Para se avaliar o ajuste dos modelos, foram usados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio relativo médio (DRM), como mostra a Equação 6, adotando um nível de confiança de 95%.

$$DRM = \frac{1}{N} \sum \frac{|P - O|}{P} \quad (6)$$

onde,  $N$  é o número de valores obtidos,  $P$  são os valores calculados do modelo e  $O$  são os valores experimentais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Desidratação Osmótica

A análise das mangabas antes do processo de DO forneceu umidade média em torno de  $85\% \pm 2,5$  e teor de sólidos solúveis de  $13^\circ\text{Brix} \pm 1,98$ . Os melhores resultados de DO foram obtidos para os tratamentos a  $64^\circ\text{Brix}/60\text{rpm}$ ,  $40^\circ\text{Brix}/40\text{rpm}$ ,  $40^\circ\text{Brix}/80\text{rpm}$  e  $60^\circ\text{Brix}/20\text{W}$ , que forneceram os maiores ganhos de sólidos e perda de água. Na Tabela 1 são mostrados os resultados finais da DO,  $X_i$  e  $^\circ\text{Brix}_i$  da fruta, que correspondem às condições iniciais da secagem convectiva. Maiores detalhes sobre a metodologia da desidratação osmótica e os resultados obtidos podem ser encontrados em Silva et al., 2014a e Silva et al., 2014b.

**Tabela 1** - Resultados da DO da mangaba em diversas condições.

	Tratamentos Osmóticos	Condições Iniciais da Fruta	Condição Final da Fruta
		$X_i$	$X_f$
1	$64^\circ\text{Brix}/60\text{rpm}$	82,05	73,02
2	$50^\circ\text{Brix}/\text{S.A}$	79,72	73,18
3	$60^\circ\text{Brix}/20\text{W}$	80,90	69,24
4	In natura “de vez”	87,82	-
5	In natura “madura”	91,02	-

Fonte: Autor (2015).

#### 3.2 Secagem Convectiva

Com base nos melhores resultados alcançados na DO foi realizada a secagem convectiva em secador de bandeja com circulação forçada de ar, a uma temperatura fixa de  $60^\circ\text{C}$ , nas amostras com os seguintes pré-tratamentos:  $64^\circ\text{Brix}/60\text{rpm}$ ,  $60^\circ\text{Brix}/20\text{W}$ ,  $50^\circ\text{Brix}/$  sem agitação, bem como nas frutas *in natura* nos estágios de maturação “de vez” e “madura”.

Na Tabela 2 se mostram os resultados da secagem convectiva. Os valores médios de umidade finais dos frutos desidratados submetidos a DO oscilaram entre 0,77% e 13,69% (bu), enquanto as frutas sem DO obtiveram resultados entre 45,1% e 51,8% (bu). As frutas sem tratamento se mostraram com umidades relativamente altas, considerando que é um fruto tropical altamente perecível, após 37 horas de secagem, o que demonstra que a desidratação osmótica reduz o tempo de secagem.

**Tabela 2** - Resultados da secagem convectiva de mangaba submetida a diversos pré-tratamentos a 60°C em secador de bandeja

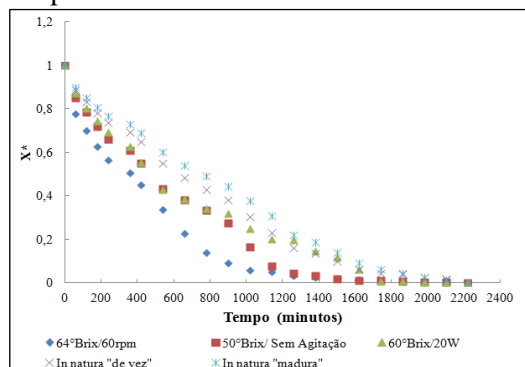
Tratamentos Osmóticos	$X_{eq}$
64°Brix/60rpm	0,77
50°Brix/S.A	13,69
60°Brix/20W	3,02
In natura “de vez”	45,1
In natura “madura”	51,8

Fonte: Autor (2015).

A partir dos dados experimentais da secagem da mangaba nas condições especificadas anteriormente foram construídas as curvas de secagem, representadas na Figura 1, através da qual é possível observar a perda de umidade mais rápida no início do processo de secagem e tendência à estabilização da umidade após os 2000 minutos de processo. Este comportamento revela que o tempo de secagem desempenha influência sob a cinética de secagem de alimentos, como foi observado por outros autores na desidratação de frutas tropicais, como Nunes et al. (2014), Machado et al. (2011) em secagem de jabuticaba e caju, respectivamente. Também se observa na Figura 1 o importante efeito do pré-tratamento sobre a cinética, muito mais rápida nas amostras submetidas a DO.

A Figura 2 mostra as frutas da mangaba no início do processo de secagem e o final do processo, onde podemos observar que ocorre um encolhimento de aproximadamente 50% em relação a amostra inicial.

**Figura 1** – Curvas de secagem da mangaba a 60°C: razão da umidade em função do tempo

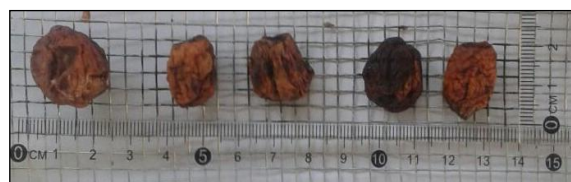


Fonte: Autor (2015).

**Figura 2** – Mangabas utilizadas na secagem convectiva a 60°C em secador de bandeja. (a) Tempo inicial (t=0); (b) Tempo final (t=2200 min).



(a)



(b)

Foi aplicada a Segunda Lei de Fick, (Equação 1) para determinar os coeficientes de difusão. O coeficiente de difusão (Tabela 3) se mostrou maior para os tratamentos osmóticos 64°Brix/60rpm e 60°Brix/20W variando de  $1,59 \times 10^{-9}$  a  $5,15 \times 10^{-10}$  m<sup>2</sup>/s, respectivamente, com coeficientes de regressão de 0,97 e 0,96, o que demonstra que modelo foi capaz de representar os dados experimentais. Como quanto maior o coeficiente de difusão maior a taxa de secagem, confirma-se que o uso dos pré-



tratamentos se mostrou eficiente e viável na melhora do processo convectivo. Comportamento semelhante ao encontrado no processo de desidratação da mangaba foi observado por DUARTE et al. (2012) em jacas utilizando agitação mecânica a 43°C, com °Brix variando entre 40 e 50 (coeficientes de difusão de  $9,73 \times 10^{-9}$  e  $1,11 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

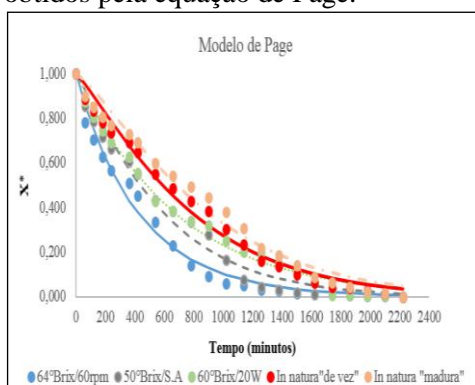
**Tabela 3** - Valores da difusividade para os diferentes tratamentos osmóticos utilizados como pré-tratamento da mangaba.

Tratamentos Osmóticos	D (m <sup>2</sup> /s)	R <sup>2</sup>
1	$1,59 \times 10^{-9}$	0,97
2	$4,27 \times 10^{-10}$	0,95
3	$5,15 \times 10^{-10}$	0,96
4	$3,52 \times 10^{-10}$	0,94
5	$2,19 \times 10^{-10}$	0,92

Fonte: Autor (2015).

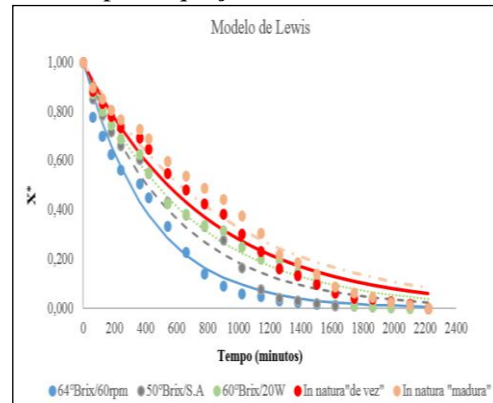
Nas Figuras 3, 4 e 5 é possível visualizar as curvas de secagem da mangaba em diferentes condições aplicadas aos modelos matemáticos Page, Lewis e Henderson & Pabis, respectivamente.

**Figura 3** – Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados da mangaba obtidos pela equação de Page.



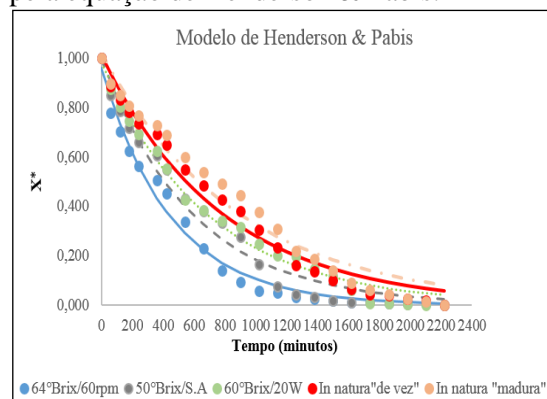
Fonte: Autor (2015).

**Figura 4** – Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados da mangaba obtidos pela equação de Lewis.



Fonte: Autor (2015).

**Figura 5** – Curvas de secagem dos dados experimentais e calculados da mangaba obtidos pela equação de Henderson & Pabis.



Fonte: Autor (2015).

Na Tabela 4 encontram-se os parâmetros, o coeficiente de determinação e o desvio relativo médio (DRM) obtidos no ajuste dos modelos matemáticos de Page, Lewis e Henderson & Pabis para as diferentes condições das amostras de mangaba submetidas a secagem convectiva. Considerando apenas o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) utilizado como parâmetro do nível de adequação dos modelos utilizados, podemos observar que o mesmo se mostrou superior ou igual a 0,98 para os modelos utilizados, demonstrando um bom ajuste. No entanto, avaliando o desvio relativo médio podemos

observar que as amostras submetidas ao pré-tratamento osmótico e posterior secagem obtiveram desvios elevados em relação a amostras *in natura*.

Os valores obtidos para o parâmetro  $k$ , foram mais elevados nas amostras com maior teor de sólidos solúveis (64°Brix/60rpm). Tal comportamento já foi observado por outros autores como André et al., (2014) durante a cinética de secagem de casca de manga. Quando submetidas a potência ultrassônica passa a ter valor de  $k$  um pouco menor, fato observado nos modelos de Lewis e Henderson & Pabis.

No modelo de Page, o parâmetro “ $k$ ” segue a tendência mais elevada para as amostras com concentrações de sacarose maiores, seguindo a mesma tendência do coeficiente de difusividade ( $D$ ), tal fato pode estar associado a atividade de água mais baixas e condições estruturais da amostra.

O parâmetro “ $a$ ” apresentou valores menores e muito semelhantes para as amostras com maior teor de sacarose e submetidas a agitação mecânica ou potência ultrassônica, os quais variaram entre 0,96 (64°Brix/60rpm) e 0,98 (60°Brix/20W). Nas amostras sem agitação (50°Brix/SA) e sem tratamento (*in natura*) é possível perceber um pequeno aumento desse parâmetro, com valores entre 1,00 e 1,02 para as amostras sem agitação e sem tratamento, respectivamente. Tal parâmetro se mostrou próximo ou igual a 1, remetendo o modelo de Henderson & Pabis ao de Lewis.

**Tabela 4** – Parâmetros obtidos para os modelos de Page, Lewis e Henderson & Pabis para diferentes condições das amostras de mangaba.

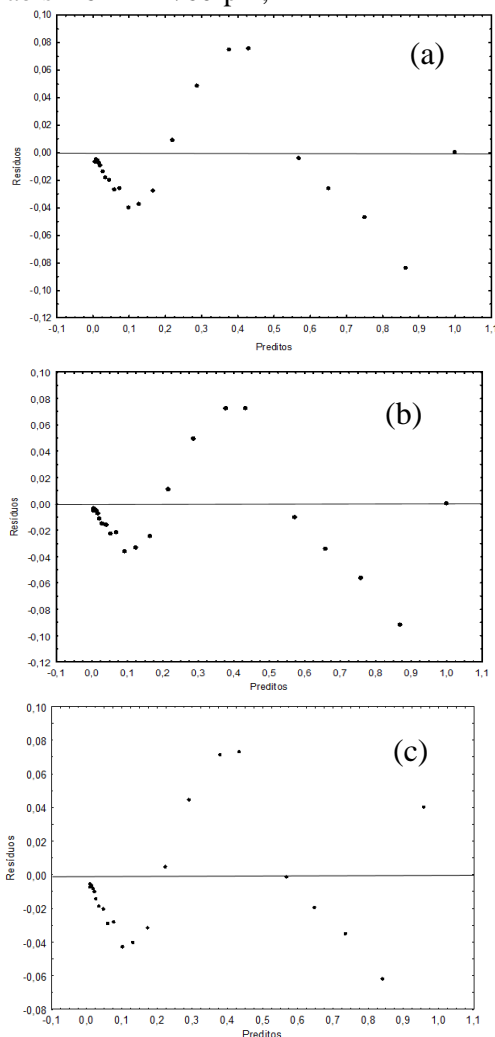
Modelo	DO	K	a	N	DRM	R <sup>2</sup>
Page	1	$0,0027 \pm 9,1 \times 10^{-4}$	-	$0,97 \pm 0,05$	0,32	0,99
	2	$0,0008 \pm 3,5 \times 10^{-4}$	-	$1,11 \pm 0,07$	0,39	0,99
	3	$0,0013 \pm 4,1 \times 10^{-4}$	-	$1,01 \pm 0,05$	0,28	0,99
	4	$0,0004 \pm 1,5 \times 10^{-4}$	-	$1,18 \pm 0,06$	0,22	0,99
	5	$0,0002 \pm 9,8 \times 10^{-4}$	-	$1,25 \pm 0,07$	0,22	0,99
Lewis	1	$0,0023 \pm 8,6 \times 10^{-5}$	-	-	0,29	0,99
	2	$0,0017 \pm 7,2 \times 10^{-5}$	-	-	0,41	0,99
	3	$0,0015 \pm 4,3 \times 10^{-5}$	-	-	0,28	0,99
	4	$0,0013 \pm 4,8 \times 10^{-5}$	-	-	0,27	0,99
	5	$0,0011 \pm 9,8 \times 10^{-5}$	-	-	0,27	0,98
Henderson & Pabis	1	$0,0022 \pm 1,0 \times 10^{-4}$	$0,96 \pm 0,02$	-	0,32	0,99
	2	$0,0017 \pm 9,5 \times 10^{-5}$	$1,00 \pm 0,03$	-	0,41	0,99
	3	$0,0014 \pm 5,6 \times 10^{-5}$	$0,98 \pm 0,02$	-	0,28	0,99
	4	$0,0013 \pm 6,5 \times 10^{-5}$	$1,01 \pm 0,03$	-	0,27	0,99
	5	$0,0011 \pm 6,8 \times 10^{-5}$	$1,02 \pm 0,03$	-	0,27	0,98

Fonte: Autor (2015).

A dispersão dos resíduos em função dos valores estimados pelos modelos utilizados na descrição da cinética de secagem podem ser observados na Figura 6.

Considerando que em todos os modelos aplicados os resíduos apresentaram um comportamento não aleatório, com pontos pouco definidos, podemos considerar que os modelos não representam muito bem as etapas iniciais e finais do processo de secagem.

**Figura 6** – Distribuição dos resíduos das diferentes condições das amostras de mangaba, aplicadas ao (a) Modelo de Page – 64°Brix/60rpm; (b) Modelo de Lewis – 64°Brix/60rpm; (c) Modelo de Henderson & Pabis – 64°Brix/60rpm;



## 4 CONCLUSÃO

A utilização da DO associada à agitação mecânica e ao ultrassom como um pré-tratamento, se mostrou eficiente na redução da umidade e tempo de secagem da mangaba, quando comparado com as mangabas *in natura* “de vez” e “madura” sem a DO. O modelo de difusão esférica baseado na Segunda Lei de Fick mostrou-se adequado para determinar a difusividade

mássica durante a desidratação osmoconvectiva da mangaba, com valores de difusividade mássica variando entre  $1,59 \times 10^{-9}$  a  $5,15 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Os modelos matemáticos de Page, Lewis e Henderson & Pabis, utilizados na descrição da cinética de secagem da mangaba obtiveram valores elevados do coeficiente de determinação, com valores igual ou superior a 0,98. No entanto, após avaliação dos demais parâmetros podemos considerar que a descrição de tais modelos não é satisfatória.

## NOMENCLATURA

°Brix	Teor de Sólidos Solúveis	°Brix
bs	Base Seca	%
bu	Base Úmida	%
D	Coefficiente de Difusividade	$\text{m}^2/\text{s}$
DRM	Desvio relativo médio	
DO	Desidratação Osmótica	
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação	
Rpm	Rotações por Minuto	$\text{rad.s}^{-1}$
t	Tempo	min
R	Raio	m
W	Potência	Watts
X*	Razão de Umidade	
X <sub>eq</sub>	Umidade de Equilíbrio	%
X <sub>f</sub>	Umidade Final	
X <sub>i</sub>	Umidade Inicial	
K	Constante de secagem	$\text{min}^{-1}$
a, n	Coefficientes do modelo	
P	Valores calculados do modelo	
O	Valores experimentais	
N	Número de dados experimentais	

## REFERÊNCIAS



ANDRE A.M.M.C.N., CASTRO D.S., ALMEIDA, R.D., OLIVEIRA V.F., MOREIRA I. S. Comparação de Modelos Matemáticos da Cinética de Secagem de cascas de Manga Espada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9 (3), p. 19-27, 2014.

AVERSA, M.; VAN DER VOORT, A.J.; DE HEIJ, W.; TOURNOIS, B.; CURCIO, S. An experimental analysis of acoustic drying of carrots: evaluation of heat transfer coefficients in different drying conditions. **Drying Technology**, 29(2), p. 239-244, 2011.

CARNELOSSI, M.A.G., DE SENA H. C., NARAIN N.; YAGUIU P., SILVA G. F. Physico-chemical quality changes in mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) fruit stored at different temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 52 (4), p. 985-990, 2009.

CASTRO, J. Effect of ultrasound on the mass transfer and physical changes in brine bell pepper at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, 81(2), p. 374-379, 2007.

CRUZ, R. M. S., VIEIRA, M. C., FONSECA, S. C., & SILVA, C. L. M. Impact of thermal blanching and thermosonication treatments on watercress (*Nasturtium officinale*) quality: thermosonication process optimization and microstructure evaluation. **Food and Bioprocess Technology**, 4 (7), p. 1197-1204, 2011.

DA SILVA, W.P., SILVA, C.M.D.P.S., AIRES, J.E.F., DA SILVA, A.F.J. Osmotic dehydration and convective drying of coconuts slices: Experimental determination and description using one-dimensional diffusion model. **Journal of**

**the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 13, p. 162-168, 2014.

DUARTE M. E. M., UGULINO, S. M. P., MATA, M. E. R. M. C., GOUVEIA, D. S., QUEIROZ, A. J. M. Desidratação osmótica de fatias de jaca. **Revista Ciência Agronômica**, 43, n. 3, p. 478 – 483, 2012.

GANGA, R.M.; FERREIRA, G.A.; CHAVES, L.J.; NAVES, V.R.; NASCIMENTO, J.L. Caracterização de frutos e árvores de populações naturais de *Hancornia speciosa* GOMES do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32 (1), p. 101-113, 2010.

HE, Z.B.; YANG, F.; YI, S.L.; GAO, J.M. Effect of ultrasound pretreatment on vacuum drying of chinese catalpa wood. **Drying Technology**, 30(15), p. 1750-1755, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário: banco de dados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 de Fevereiro de 2014.

IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 25 de Outubro de 2014.

JANG, J.H.; MOON, K.D. Inhibition of polyphenoloxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. **Food Chemistry**, 14 (2), p. 444-449, 2011.

JANGAM, S.V. An overview of recent developments and some R&D challenges related to drying of foods. **Drying Technology**, 29(12), p. 1343-1357, 2011.

KARIZAKI, V. M., SAHIN, S., SUMNU, G., MOSAVIAN, M.T.H., LUCA, A. Effect of Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration as a Pretreatment on Deep Fat Frying of Potatoes. **Food and Bioprocess Technology**, 6, p. 3554-3563, 2013.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. **Drying Technology**, 14 (2), p. 391-413, 1996.

MACHADO, A.V.; OLIVEIRA, E.L.; SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, J.A. Estudo cinético da secagem do pedúnculo de caju e um secador convencional. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 6, p. 44-51, 2011.

MENDES, G. R. L.; FREITAS, C. H.; SCAGLIONI, P.T.; SCHMIDT, C.G.; FURLONG, E. B. Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17 (11), p. 1210–1216, 2013.

MENDOZA, M.E.R., MUÑOZ, J. L. F., ROMAN, J. L. A. The effects of ultrasonic pretreatment and structural changes during the osmotic dehydration of the 'Starking' apple (*Malus domestica* Borkh). **Spanish Journal of Agricultural Research**, 10(2), p. 299-305, 2012.

MIMURA, H.J., JORGE, R.M.M., MATHIAS, A.L. Pré-tratamentos na secagem e reidratação de champignon em fatias. **Ciência Rural**, 44 (4), p. 717-722, 2014.

MOTHIBE, K.J.; ZHANG, M.; NSOR-ATINDANA, J.; WANG, Y.C. Use of ultrasound pretreatment in drying of fruits:

Drying rates, quality attributes, and shelf life extension. **Drying Technology**, 29(14), p. 1611-1621, 2011.

NUNES, J. S., CASTRO, D.S., MOREIRA, I.S. SOUSA, F.C., SILVA, W.P. Descrição cinética de secagem da polpa de jabuticaba usando modelos empíricos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9 (1), p. 20 -26, 2014.

SILVA, A. L., GARCIA, L. M., MONTEIRO, L., LIMA, A. S., ALSINA, O. L. S., Osmotic dehydration of mangaba (*Hancornia speciosa*). In: **19th International Drying Symposium (IDS 2014) Lyon, France**, 2014a.

URIBE, E., MIRANDA, M., VEJA-GÁLVEZ, A., QUISPE, I., CLAVERÍA, R., & DI SCALA, K. Mass transfer modelling during osmotic dehydration of jumbo squid (*Dosidicus gigas*): influence of temperature on diffusion coefficients and kinetic parameters. **Food and Bioprocess Technology**, 4 (2), p. 320-326, 2011.

SILVA, A. L., GARCIA, L. M., SILVA, G. F., LIMA, A. S., ALSINA, O. L. S. Desidratação osmótica da mangaba (*Hancornia speciosa*) assistida por ultrassom. In: **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ, 2014, Florianópolis. Anais COBEQ 2014**, 2014b.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsas ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Tiradentes.