



Revista de Biologia e Ciências da Terra  
ISSN: 1519-5228  
revbiocieter@yahoo.com.br  
Universidade Estadual da Paraíba  
Brasil

Sant'Ana Silva, Adriano; Santos Melo, Karla dos; C. Alves, Niedja Marizze; Palmeira Gomes, Josivanda

Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo

Revista de Biologia e Ciências da Terra, vol. 9, núm. 2, 2009, pp. 107-115

Universidade Estadual da Paraíba  
Paraíba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50016937008>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo

Adriano Sant'Ana Silva<sup>1</sup>, Karla dos Santos Melo<sup>2</sup>, Niedja Marizze C. Alves<sup>2</sup>, Josivanda Palmeira Gomes<sup>3</sup>

### RESUMO

A cinética de secagem em leito fixo da banana maçã, fatiada em rodelas com espessuras de 5 a 10 mm e nas temperaturas de 50 a 70°C, e a aplicação de cinco modelos matemáticos, para a representação do processo de secagem, foi objeto de estudo do presente trabalho. Conforme os resultados obtidos, o processo de secagem ocorre totalmente à taxa decrescente e a variável temperatura tem maior influência. Os modelos que melhor representaram o processo de secagem foram o de Henderson e Pabis e o Exponencial 2 termos. Os valores médios do coeficiente de difusividade efetiva, para as temperaturas e espessuras em estudo, variaram de  $3,307 \times 10^{-10}$  a  $1,254 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ , e esses valores encontram-se dentro dos valores referenciados pela literatura para alimentos em geral. Os valores referentes à energia de ativação variaram de 23.783 a 35.541 kJ mol<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** banana, modelos, espessura, difusividade.

**Drying kinetics of thin layer drying of 'apple' banana in a fixed bed dryer**

### ABSTRACT

The drying kinetics of 'apple' banana slices, with thickness range of 5 to 10 mm at temperatures of 50 to 70°C, and the application of five thin layer drying models, were studied in the present study. According with the results, the drying process occurs only in the falling rate period and the viable temperature has the major effect in the drying process. The Page and Henderson and Pabis models were the best models to represent the drying process. The values of effective moisture diffusivity, for the studied temperatures and thickness, were  $3.307 \times 10^{-10}$  to  $1.54 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  and the energy of activation for the bananas slices were 23.783 to 35.541 kJ mol<sup>-1</sup>.

**Keywords:** banana, models, thickness, diffusivity.

### 1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) pertencente à família Musaceae é uma das frutas mais consumidas no mundo, sendo explorada na maioria dos países tropicais, e no Brasil, é cultivada em todos os Estados, desde a faixa litorânea até os planaltos (Silva et al., 2005).

O Brasil ocupa a terceira posição entre os países com maior produção de banana, na ordem de 6,5 milhões de toneladas no ano de 2003. A maior parte da produção (18,1%) está concentrada no estado de São Paulo, seguida de Bahia (11,7%), Pará (10,7%), Santa Catarina (9,5%) e Minas Gerais (8,4%) (Secretaria De Política Agrícola, 2003).

Este fruto rico em carboidratos, potássio, vitamina A, B e C, é apreciado por pessoas de todas as classes e idades, e seu consumo pode ser *in natura*, frita, assada, cozida, em doces caseiros, produtos desidratados (banana liofilizada, flocos e fruta na forma de passa) ou em produtos industrializados (Gouveia et al., 2004).

Sob o ponto de vista biológico, a banana apresenta uma das maiores perdas na produção, devido ao seu elevado conteúdo de água. Sendo extremamente perecível não permite o uso do frio para o armazenamento. Tal fato sugere a industrialização como alternativa para melhorar o aproveitamento da produção.

Dentre os processos industriais de aproveitamento da fruta, a produção de banana passa merece destaque devido ao baixo investimento inicial e perspectiva de lucratividade compatível com o investimento. Além disso, o mercado permite a absorção de grande volume do produto em relação à oferta real (Silva, 1995).

As operações de desidratação ou secagem são importantes nas indústrias de processos químicos e alimentícios, e seu objetivo básico é a remoção, total ou parcial, da água para um nível em que o crescimento microbiano seja minimizado. A grande variedade de alimentos desidratados (misturas, sopas, frutas, verduras, entre outros) e a crescente preocupação em reunir as especificações de qualidade e de energia, enfatizam a necessidade de um completo entendimento da operação de secagem (Vagenas et al., 1990).

Apesar da banana passa estar disponível no mercado, a literatura não fornece informações técnicas sobre sua cinética de secagem, atividade de água e as isotermas de dessorção. Estudos sobre esses parâmetros são necessários no intuito de otimizar o processo de secagem e permitir a obtenção de um produto com qualidade, que satisfaça as exigências dos consumidores (Cano-Chauca et al., 2004).

Diante disso, o emprego de modelos matemáticos para a representação do processo de secagem é de fundamental importância, haja vista que as informações geradas são de grande valia para o desenvolvimento de equipamentos e predição dos tempos de secagem.

O emprego de modelos matemáticos, para descrição do processo de secagem de frutos foi empregado por Lahsasni et al. (2004) onde estes autores empregaram 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 camada fina.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

Como matéria-prima utilizou-se a banana variedade maçã, a qual foi adquirida em mercado local. As bananas foram lavadas, sanitizadas, descascadas e fatiadas em rodelas, com facas de aço inox, nas espessuras de 5; 7,5; e 10 mm.

Logo em seguida as amostras, depois de identificadas, foram dispostas em cesto metálico e encaminhadas para o secador de leito fixo.

A secagem das amostras foi realizada em secador de leito fixo (Figura 1), nas temperaturas de 50, 60 e 70°C e velocidade do ar de secagem de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ .

O acompanhamento da redução do conteúdo de umidade das amostras foi realizado por pesagens descontínuas em balança digital com precisão de  $\pm 0,01 \text{ g}$  até peso constante, e todos os experimentos foram realizados em triplicatas.

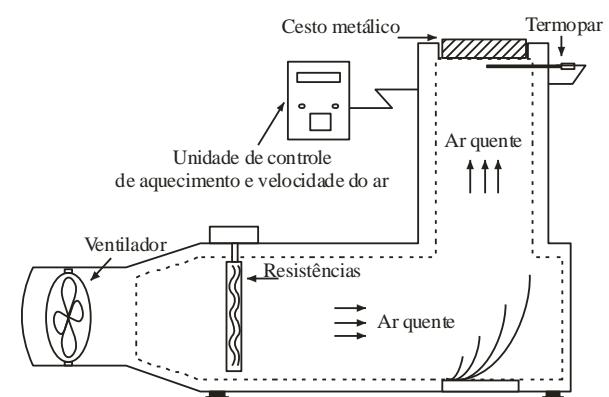


Figura 1 – Secador de leito fixo empregado nos experimentos de secagem.

A análise e a representação dos dados experimentais do processo de secagem foram realizadas utilizando-se os modelos de Page, Henderson e Pabis, Newton, Exponencial dois termos, Wang e Singh (Tabela 1). Os parâmetros dos modelos utilizados foram

obtidos mediante aplicação dos dados experimentais ao pacote de análise de regressão não-linear do programa STATISTICA 5.0 (1995).

**Tabela 1** – Modelos empregados para representação do processo de secagem da banana maçã.

Modelo	Equação	Referências
Page	$RU = \frac{U_t - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = \exp(-kt^n)$	ERTEKIN & YALDIZ (2004)
Henderson e Pabis	$RU = \frac{U_t - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = a \exp(-kt)$	HENDERSON & PABIS (1961)
Lewis	$RU = \frac{U_t - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = \exp(-kt)$	ERTEKIN & YALDIZ (2004)
Exponencial dois termos	$RU = \frac{U_t - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kt)$	ÖZDEMIR & DEVRES (1999)
Wang Singh	$RU = 1 + at + bt^2$	ÖZDEMIR & DEVRES (1999)

$RU$  - razão de umidade;  $U_t$  - umidade em determinado tempo  $t$  (min.);  $U_{eq}$  - umidade de equilíbrio;  $U_0$  - umidade inicial das amostras;  $a$  e  $b$  - constantes dos modelos;  $k$  - constante de secagem ( $\text{min.}^{-1}$ );  $t$  - tempo (min.)

Como critério de seleção do modelo que melhor representa o processo de secagem da banana maçã, utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio ( $DQM$ ) (Ertekin & Yaldiz, 2004), em que quanto menor o valor de  $DQM$  melhor é a representação do modelo empregado:

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{exp} - RU_{pre})^2}{N}}$$

Sendo  $RU_{exp}$  a razão de umidade obtida experimentalmente,  $RU_{pre}$  a razão de umidade predita pelo modelo matemático e  $N$  o número de observações realizadas ao longo do processo de secagem.

O coeficiente de difusividade efetiva ( $Def$ ) foi determinado utilizando-se a solução analítica da equação da segunda lei de Fick, para placa plana, onde esta assume que a migração da umidade dar-se somente por difusão, que o encolhimento é desprezível e a temperatura e o coeficiente de difusividade, ao longo do tempo, são constantes (Crank, 1975).

$$RU = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(n+1)^2} \exp\left[-\frac{(n+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot Def}{4L^2} t\right]$$

Em que,  $Def$  é o coeficiente de difusividade efetiva ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $L$  é a metade da espessura média da amostra (m),  $t$  é o tempo (seg.) e  $n$  o número de termos da série ( $n = 3$ ).

A energia de ativação foi determinada pela linearização da equação de Arrhenius, a qual relaciona a dependência da difusividade efetiva em função da temperatura.

$$D_{ef} = D_0 \exp\left(-\frac{Ea}{R \cdot T}\right)$$

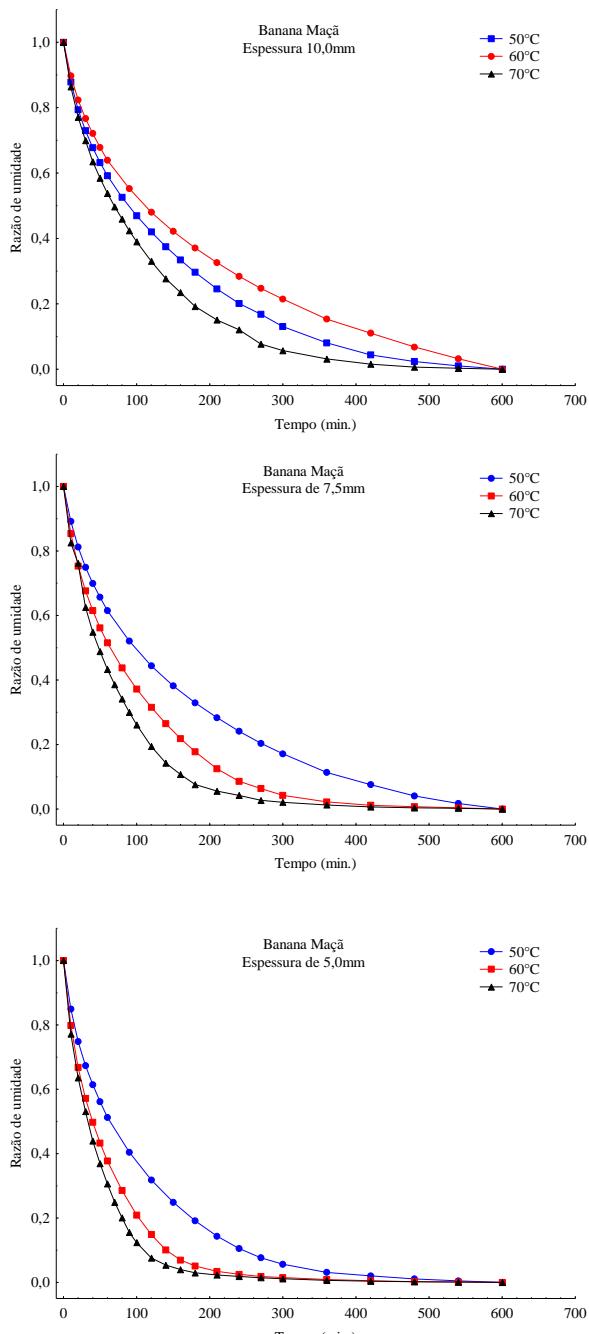
Sendo  $Def$  o coeficiente de difusividade efetiva ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $D_0$  o fator pré-exponencial da equação Arrhenius ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ),  $Ea$  a energia de ativação ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ),  $R$  a constante universal dos gases ( $0,008314 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ) e  $T$  a temperatura absoluta (K).

O conteúdo de umidade das amostras, tanto no início quanto do final do processo, foi determinado em estufa com circulação de ar a  $70^\circ\text{C}$  por 72 horas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 encontram-se apresentados às curvas de secagem da banana maçã, e em análise aos resultados pode-se observar o tempo necessário para reduzir o conteúdo de água

inicial, cerca de  $0,70 \text{ g}_\text{água} \text{ g}_\text{massa seca}^{-1}$ , até um final que varia de  $0,10$  a  $0,04 \text{ g}_\text{água} \text{ g}_\text{massa seca}^{-1}$ , para as temperaturas e espessuras em estudo, é de 10 horas.

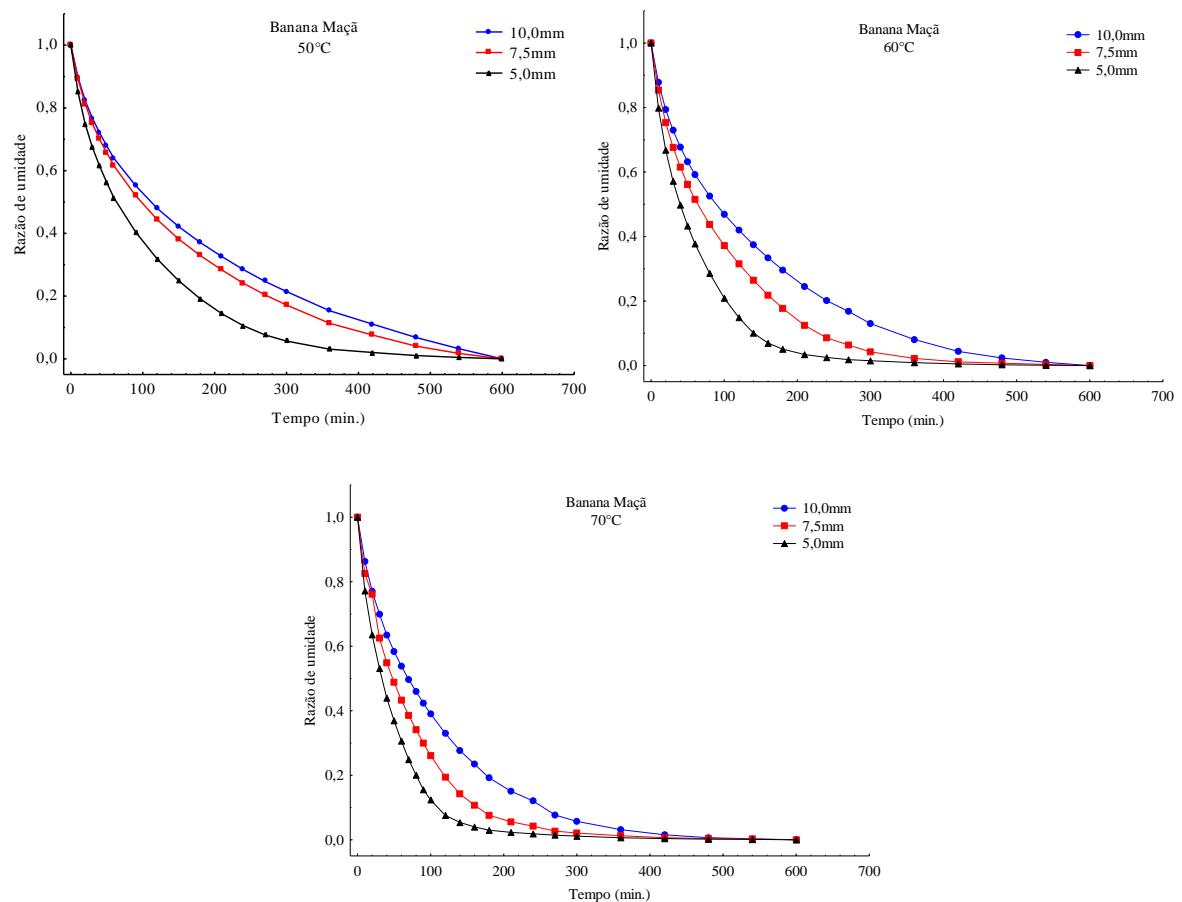


**Figura 2** – Curvas de secagem da banana maçã e prata para as espessuras e temperaturas em estudo

Conforme os resultados referenciados anteriormente (Figura 2), pode-se afirmar ainda que o incremento na variável temperatura acarreta no aumento da taxa de secagem, e que, além disso, o processo de secagem ocorre na ausência do período da taxa constante de secagem, o que sugere o processo de difusão de umidade, do interior do produto para a superfície do mesmo, como o mecanismo físico predominante ao longo do processo.

Concordantes com essa observação encontram-se os estudos realizados por Menges & Ertekin (2006) e por Gouveia et al. (2002), para a secagem de maçã “golden” e caju, respectivamente.

Na Figura 3 encontram-se os resultados referentes à secagem da banana fatiada em diferentes espessuras.



**Figura 3** – Curvas de secagem da banana maçã fatiada nas espessuras e temperaturas em estudo.

Conforme os resultados (Figura 3) verifica-se que o incremento na espessura apresenta efeito contrário na taxa de secagem, quando comparado com o aumento da temperatura, ou seja, a taxa de secagem diminui com o aumento da espessura, e para as amostras fatiadas com 5mm de espessura a velocidade da secagem é bem mais rápida.

O fato da taxa de secagem diminuir com o aumento da espessura pode estar

relacionado, em grande parte, à resistência encontrada pela umidade ao migrar do interior para a superfície das amostras.

NGUYEN & PRICE (2007) observaram efeito similar ao estudarem a secagem da banana fatiada nas espessuras de 10 e 20 mm.

Nas Tabelas 2, 3 e 4 encontram-se os parâmetros dos modelos empregados para a representação do processo de secagem da banana maçã, nas temperaturas e espessuras

estudadas, e em análise a estes resultados verifica-se que os modelos que melhor representam o processo são o de Page e o

Exponencial dois termos, apresentando os maiores valores para  $R^2$  e os menores para o  $DQM$ .

**Tabela 2** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio ( $DQM$ ) dos modelos de secagem para a espessura de 10 mm

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros			$R^2$	$DQM$
		a	b	k		
Page	50	-	-	0,015080	0,817668	0,9945
	60	-	-	0,016906	0,833722	0,9960
	70	-	-	0,016868	0,881631	0,9983
Henderson e Pabis	50	0,925311	-	0,005269	-	0,9916
	60	0,927359	-	0,006724	-	0,9937
	70	0,948167	-	0,009094	-	0,9973
Exponencial dois termos	50	0,131965	-	0,037605	-	0,9958
	60	0,129530	-	0,048666	-	0,9976
	70	0,100218	-	0,085230	-	0,9995
Wang e Singh	50	-0,004181	0,000004	-	-	0,9302
	60	-0,004874	0,000006	-	-	0,9096
	70	-0,005681	0,000007	-	-	0,8600
Newton	50	-	-	0,005897	-	0,9797
	60	-	-	0,007473	-	0,9846
	70	-	-	0,009764	-	0,9937

**Tabela 3** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio ( $DQM$ ) dos modelos de secagem para a espessura de 7,5 mm

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros			$R^2$	$DQM$
		a	b	k		
Page	50	-	-	0,015949	0,827999	0,9963
	60	-	-	0,019015	0,870388	0,9976
	70	-	-	0,018128	0,939781	0,9986
Henderson e Pabis	50	0,929156	-	0,006038	-	0,9933
	60	0,943762	-	0,009694	-	0,9962
	70	0,948167	-	0,009094	-	0,9984
Exponencial dois termos	50	0,135568	-	0,041497	-	0,9975
	60	0,112070	-	0,080810	-	0,9990
	70	0,045894	-	0,287990	-	0,9990
Wang e Singh	50	-0,004504	0,000005	-	-	0,9251
	60	-0,005728	0,000007	-	-	0,8553
	70	-0,006519	0,000009	-	-	0,7034
Newton	50	-	-	0,006713	-	0,9838
	60	-	-	0,010468	-	0,9921
	70	-	-	0,013973	-	0,9977

**Tabela 4** - Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio ( $DQM$ ) dos modelos de secagem para a espessura de 5 mm

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros				$R^2$	$DQM$
		a	b	k	n		
Page	50	-	-	0,021652	0,840094	0,9985	0,012041
	60	-	-	0,026254	0,893178	0,9988	0,009914
	70	-	-	0,026574	0,936983	0,9988	0,009614
Henderson e Pabis	50	0,934559	-	0,009434	-	0,9954	0,021028
	60	0,959510	-	0,016006	-	0,9977	0,014069
	70	0,975432	-	0,020071	-	0,9985	0,010614
Exponencial dois termos	50	0,139912	-	0,061724	-	0,9993	0,008470
	60	0,096439	-	0,154852	-	0,9995	0,006270
	70	0,056940	-	0,340030	-	0,9993	0,007428
Wang e Singh	50	-0,005522	0,000007	-	-	0,8569	0,117778
	60	-0,006617	0,000009	-	-	0,6074	0,182599
	70	-0,007156	0,000010	-	-	0,3301	0,223615
Newton	50	-	-	0,010415	-	0,9898	0,031493
	60	-	-	0,016855	-	0,9960	0,018407
	70	-	-	0,020618	-	0,9979	0,012492

Um fato importante a ser observado nos resultados constantes nas Tabelas 2, 3 e 4 é o aumento da constante de secagem  $k$  em função do aumento da temperatura e em função do decréscimo da espessura. No entanto, o modelo de Page é o único modelo a apresentar uma oscilação nos valores desta constante. Essa característica observada pode ser intrínseca ao modelo, não sendo observado na literatura informações referentes a este comportamento.

Na Tabela 5 encontram-se os valores médios do coeficiente de difusividade efetiva ( $Def$ ) obtidos pela aplicação do modelo de Fick aos dados experimentais da secagem da banana.

Mediante os resultados, verifica-se que a solução analítica da equação da difusão de Fick para placa plana, representa com exatidão o processo de secagem da banana, com  $R^2$  superior a 98%, e, além disso, observa-se que o  $Def$  é influenciado pela temperatura do ar de secagem e pela espessura, em que o aumento destes parâmetros resulta no aumento do  $Def$ .

O aumento do  $Def$  com a temperatura encontra-se em conformidade com os resultados obtidos por Babalis & Belessiotis (2004), ao estudar a secagem de figo, enquanto que o aumento do  $Def$  com a espessura é concordante com o observado por Sankat et al. (1996) ao estudarem a secagem da banana.

**Tabela 5** - Coeficiente de difusividade efetiva ( $Def$ ) e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) do modelo de Fick para as diferentes espessuras e temperaturas estudadas.

Espessura (mm)	Temperatura (°C)	$Def(m^2 s^{-1})$	$R^2$
10,0	50	$7,483 \times 10^{-10}$	0,9908
	60	$9,536 \times 10^{-10}$	0,9925
	70	$1,254 \times 10^{-9}$	0,9911
7,5	50	$4,803 \times 10^{-10}$	0,9910
	60	$7,624 \times 10^{-10}$	0,9917
	70	$1,037 \times 10^{-9}$	0,9871
5,0	50	$3,307 \times 10^{-10}$	0,9943
	60	$5,530 \times 10^{-10}$	0,9928
	70	$6,963 \times 10^{-10}$	0,9903

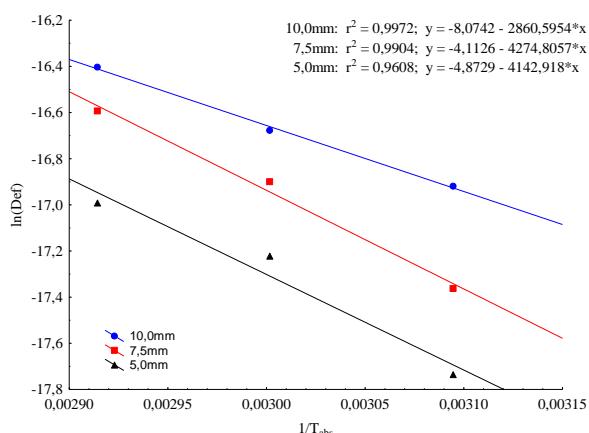
Wang et al. (2007) ao estudarem a secagem de maçã de 75 a 105°C, com velocidade do ar de secagem de  $1,2 m s^{-1}$ , obtiveram aumento do  $Def$  ao elevarem a temperatura. Os mesmos autores encontraram valores para o  $Def$  variando de  $2,026 \times 10^{-9}$  a  $3,935 \times 10^{-9} m^2 s^{-1}$ .

Nguyen & Price (2007) estudando a secagem da banana nas temperaturas de 50 a 70°C, encontraram valores para  $Def$  entre  $3,2$  a  $7,8 \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$ , para amostras com 10 mm de espessura e de  $10,8$  a  $22,7 \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$  para as amostras com 20 mm de espessura.

Os valores de  $Def$  encontrados, se encontram na faixa de  $10^{-12}$  a  $10^{-8} m^2 s^{-1}$ ,

referenciados por Zogzas et al. (1996) para alimentos, e por Madamba et al. (1996) de  $10^{-11}$  a  $10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .

Os valores linearizados dos coeficientes de difusividade efetiva e as energias de ativação encontram-se apresentados na Figura 4 e na Tabela 6, respectivamente.



**Figura 4** – Linearização dos coeficientes de difusividade efetiva.

Mediante análise a Figura 4 constata-se que os valores linearizados de Def foram bem representados pelo modelo linear.

Os valores referentes a energia de ativação (Tabela 6), que é a energia mínima necessária para o início do processo de secagem, oscilam ao longo da faixa das espessuras utilizadas no presente estudo. A este comportamento Babalis & Belessiotis (2004) atribuem aos efeitos aerodinâmicos, relacionados aos fluxos peculiares ao redor de cada amostra.

**Tabela 6** - Valores referentes a energia de ativa e fator pré-exponencial da equação de Arrhenius.

Espessura (mm)	Ea (kJ mol <sup>-1</sup> )	Do (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )
10	23,783	0,000311
7,5	35,541	0,016365
5	34,444	0,007651

Além disso, os valores obtidos no presente estudo encontram-se dentro da faixa (de 12,7 a 110 kJ mol<sup>-1</sup>) definida por Zogzas et al. (1996) para produtos alimentícios.

#### 4 - CONCLUSÕES

Mediante os resultados apresentados pode-se concluir que a temperatura apresenta

maior influência na secagem da banana maçã. Os modelos que melhor representam o processo de secagem são o de Page e o de Henderson e Pabis. O coeficiente de difusividade efetiva está diretamente relacionado com o aumento da temperatura e da espessura. A energia de ativação não paresenta relação direta com o aumento ou diminuição da espessura.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BABALIS, S.J.; BELESSIOTIS, V.G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, v.65, n.3 , p. 449-458, 2004.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C.; MARQUES, J.A.; SILVA, P.I. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v.22, n.1, p.121-132, 2004.
- CRANK, J. *The mathematics of diffusion*. Oxford: Clarendon Press, 1975, p. 44-49.
- ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, v.63, n.3, p.349-359, 2004.
- FORTES, M.; OKOS, M.R. *Drying theories; their bases and limitations as applied to foods and grains*. In: Mujundar, A.S., (ed.). *Advances in drying*. New York: Science Press, 1980. p.153-162.
- GOUVEIA, P.G.J; MOURA, R.S.F.; ALMEIDA, F.A.C.; OLIVEIRA, A.M.V.O.; 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.
- GOUVEIA, J. P. G.; NASCIMENTO, J.; ALMEIDA, F.A.C.; SILVA, M.M.; FARIA, E.S. Modelos matemáticos para ajuste das isotermas de dessorção da banana prata. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.3, p.799-806, 2004.

GOYAL, R.K.; KINGSLY, A.R.P.; MANIKANTAN, M.R.; ILYAS, S.M. Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. *Journal of Food Engineering*, v. 79, n. 1, p. 176-180, 2007

HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory: I - Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agricultural Research Engineering*, v.6, n.3, p.169-74, 1961.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas: métodos físicos e químicos para análise de alimentos*. 3.ed. São Paulo: IAL, 1985. 533p.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; IDLIMAM, A.; JAMALI, A. Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). *Energy*, v. 29, n. 2, p. 211-224, 2004.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A., The thin-layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, v.29, n.1, p.75-97, 1996.

MENGES, H.O.; ERTEKIN, C. Mathematical modeling of thin layer drying of Golden apples. *Journal of Food Engineering*, v. 77, n.1, p.119-125, 2006.

NGUYEN, M.H.; PRICE, W.E. Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season. *Journal of Food Engineering*, v.79, n.1, p.200-207, 2007.

ÖZDEMİR, M.; DEVRES, Y.O. The thins layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, v.42, n.4, p. 225-233, 1999.

SANKAT, C.K.; CASTAIGNE, F.; MAHARAJ, R. The drying behavior of fresh and osmotically dehydrated banana slices. *International Journal of Food Science*, v.31, n.2, p.123-135, 1996.

SECRETARIA DE POLÍTICA AGRÍCOLA / Mapa. *Produtos selecionados da agropecuária*. In: Anuário 2003. Cap. 3. Estatísticas. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 30 nov. 2004.

SILVA, M.C.A.; TARSITANO, M.A.A.; BOLIANI, A. C. Análises técnica e econômica da cultura da bananeira 'maçã' (*Musa spp.*) na região noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, n.1, p.139-142, 2005.

SILVA, C.A.B. (Coord.). *Produção de banana passa*. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, 1995. 32p. (Série Perfil Agroindustriais, v. 5).

STATISTICA FOR WINDOWS 5.0. Computer program manual. Tulsa: StatSoft, Inc., 1995.

VAGENAS, G.K.; MARINOS-KOURIS, D.; SARAVACOS, G.D. An analysis of mass transfer in air-drying of foods. *Drying Technology*, v.8, n.2, p.323-342, 1990.

WANG, Z.; SUN, J.; CHEN, F; LIAO, X.; HU, X. Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace. *Food Research International*, v.40, n.1, p.39-46, 2007.

ZOGZAS, N.P.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. *Drying Technology*, v.14, n.10, p.2225-2253, 1996.

<sup>1</sup>Químico Industrial, Doutorando Eng. de Processos, CCT/UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: [adriano\\_santana@yahoo.com.br](mailto:adriano_santana@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola, UAEAg/CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, e-mails: [karlamelo@terra.com.br](mailto:karlamelo@terra.com.br), [niedjamarizze@yahoo.com.br](mailto:niedjamarizze@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Prof. Adjunto, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande – PB, e-mail: [josivanda@gmail.com](mailto:josivanda@gmail.com)