

**ANÁLISE DE MODELOS MATEMÁTICOS QUE PREDIZEM A SECAGEM  
DE FATIAS DE GOIABA TIPO PALOMA (PSIDIUM GUAJAVA)****Celso R.B. Filho<sup>1</sup>****Laerte de A. Lima<sup>1</sup>**

1-Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, CEP 58102-970, Campina Grande, PB, Brasil. Email: [celso@dem.ufpb.br](mailto:celso@dem.ufpb.br)

**Francisco Marcondes<sup>2</sup>**

2-Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção, 60.455-760, Fortaleza, CE, Brasil.

**O. L. S. Alsina<sup>3</sup>****M. M. Almeida<sup>3</sup>**

3- Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, CEP 58102-525, Campina Grande, PB, Brasil.

**Resumo.** *O presente trabalho tem o objetivo de verificar qual o melhor modelo matemático para descrever a cinética de secagem de fatias de goiabas vermelhas (*Psidium guajava*), do tipo Paloma. Os modelos analisados para secagem da goiaba em camadas finas e encontrados na literatura foram os modelos de Newton, Page, Page Modificado, Henderson e Pabis, Thompson (Logarítmico), Dois termos, Dois Termos Exponenciais e Wang e Singh. Para tanto é feita uma identificação dos parâmetros dos modelos referidos acima utilizando os resultados experimentais de secagem de goiaba, publicados por Alsina et al (1999), que obteve curvas de secagem para fatias finas com umidade inicial em torno de 4,75 kg/kg (base seca). As fatias testadas têm um diâmetro médio de 6,0 cm e espessuras de 0,5 e 1,0 cm. Os testes são realizados para uma velocidade do ar de 0,8 m/s e temperaturas de 40°C, 50°C, 60°C e 70°C. A análise dos resultados mostra que o modelo de Dois Termos Exponenciais foi, entre os estudados, o que melhor se adaptou para descrever a cinética de secagem da goiaba, apresentando o menor resíduo na técnica dos mínimos quadrados.*

**Palavras-chave:** *Secagem, Modelos Matemáticos, Cinética de Secagem.*

**1. Introdução**

O processo de secagem é muito importante para diversos setores da indústria. De acordo com Marinos et al. (1996), a secagem é um processo termodinâmico por meio do qual ocorre a redução do teor de umidade de materiais, através da transferência simultânea de calor e massa. A redução da umidade do material é realizada por meio de um fluido externo, geralmente o ar. Quanto maior for a temperatura do ar e menor sua umidade relativa, maior será a sua capacidade de absorver a umidade proveniente de um determinado corpo. No caso de produtos biológicos, quando os mesmos são submetidos a um processo de secagem, a perda de umidade ocorre a uma taxa constante, inicialmente, e em seguida, a uma taxa decrescente. A taxa que ocorre no período inicial, que é constante, é segundo Fellows (1988), uma função de três parâmetros externos que são a velocidade, a temperatura e a umidade do ar. Segundo o mesmo autor, no período de taxa de umidade decrescente, os fatores que afetam o processo de secagem são a temperatura do ar, a forma geométrica do sólido e a umidade relativa do ar.

A taxa de secagem constante pode ser observada em produtos cuja resistência interna ao transporte de umidade é muito menor que a resistência externa à remoção de vapor d'água da superfície do produto para o meio ambiente.

Em função de sua grande aplicação na indústria, e em particular na indústria de gêneros alimentícios, torna-se extremamente importante se prever o comportamento de determinados produtos quando submetidos ao processo de secagem. Isto pode ser conseguido através da descrição da cinética de secagem usando um modelo matemático que consiga reproduzir da forma mais adequada possível o comportamento de tal produto quando submetido a este processo. Vários modelos têm sido desenvolvidos e aplicados ao longo do tempo. Cada um deles tendo aplicação para um certo tipo de produto como mostra Lima (1999). A diversidade de modelos é provocada pela dificuldade que existe em se aproximar à teoria da cinética de secagem do processo físico real.

Neste trabalho utilizam-se oito modelos matemáticos encontrados na literatura e analisa-se qual deles consegue descrever melhor o comportamento cinético da secagem da goiaba, que foi obtido experimentalmente em laboratório. Os modelos estudados são: de Newton, de Page, de Page Modificado, de Henderson e Pabis, Logarítmico, de Dois Termos, de Dois Termos Exponenciais e de Wang e Singh. .

## 2. O Produto Analisado

O produto estudado neste trabalho é a goiaba, que é o fruto da goiabeira. A goiabeira é uma planta originária de países com o clima tropical, entre os quais se inclui o Brasil, onde apresenta uma grande variedade. No Brasil, que é um dos principais produtores desta fruta, a goiaba é cultivada em grandes pomares. Sua produção é destinada ao comércio, à exportação e a indústria de doces e sucos. Ela tem aplicação também na indústria de cosméticos, onde uma de suas substâncias, o tanino, entra em formulações destinadas ao cuidado de peles oleosas em produtos antitranspirantes, segundo Tassara, (1996).

Segundo Medina et al. (1978), a goiaba é um fruto tropical não climatérico, de sabor e aroma agradáveis que apresenta uma significativa quantidade de vitamina C. Ela apresenta altas taxas de respiração e de perda de massa, o que torna sua vida de prateleira relativamente curta. Em função de sua elevada perda de massa, é importante se conhecer bem a sua cinética de secagem, afim de que se possa tomar medidas que retardem a deterioração do fruto em questão. A secagem do produto deve permitir que o mesmo fique em equilíbrio com o ar do ambiente onde será armazenado e deve ser feita de modo a preservar sua aparência e suas qualidades nutritivas.

A goiaba analisada neste trabalho é a goiaba vermelha (*Psidium Guajava*) que é comercializada normalmente nas feiras livres. As amostras para testes foram obtidas de goiabas maduras, que foram cortadas em camadas finas, com as seguintes características abaixo relacionadas:

- a) Umidade inicial de aproximadamente 4,75 kg/kg (em base seca);
- b) Diâmetro médio, que foi obtido na altura do diâmetro equatorial da fruta, de 6,0 cm;
- c) Espessuras das amostras testadas: 0,5 cm e 1,0 cm respectivamente, como mostra a Fig. (1) abaixo.

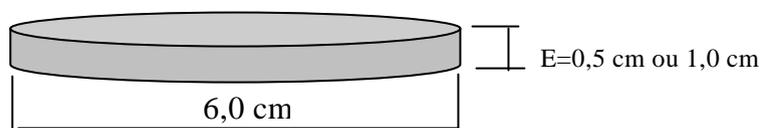


Figura 1. Amostra testada.

## 3. Aparato Experimental e Metodologia

### 3.1 O Aparato Experimental

Com o objetivo de determinar o comportamento cinético das fatias de goiabas, utilizou-se o dispositivo experimental do Laboratório de Processos do Departamento de Engenharia Química da UFPB, que é mostrado na Fig. (2) abaixo.

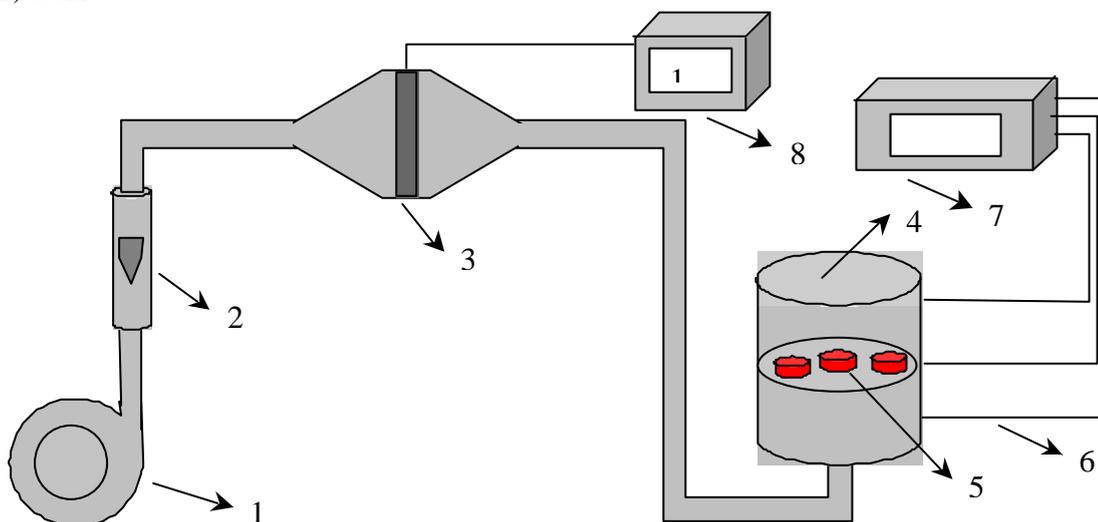


Figura 2. Dispositivo experimental.

O dispositivo experimental é constituído de um soprador (1), acionado por um motor de 4 CV, que fornece o fluxo de ar necessário para realização do processo de secagem. Do soprador, o ar circula através de uma tubulação de 2 polegadas de diâmetro em direção ao anemômetro (2), onde é medida sua velocidade. Do anemômetro, o ar segue para o aquecedor (3), onde se encontram resistências elétricas que irão aquecê-lo. Após sair do aquecedor, o ar quente segue em direção à coluna de secagem de leito fixo onde estão as amostras de goiaba (5). A entrada do ar na coluna de secagem é de baixo para cima como mostra a Fig. (2). Na coluna de secagem, o ar quente entra em contato com as amostras de goiaba que estão colocadas numa cesta metálica e remove sua umidade.

O secador de leito fixo mostrado acima permite o controle da circulação de ar e da temperatura. A faixa de controle de temperatura varia desde a temperatura ambiente até 100°C.

A temperatura do ar na coluna de secagem é medida mediante o uso de termopares (6). A temperatura é registrada por um termostato (7) que fornece a informação necessária para o controle manual da corrente elétrica que passa através das resistências instaladas no aquecedor. O ajuste desta corrente é feito no sistema (8). Desta forma, a temperatura do ar durante os ensaios permanece constante.

### 3.2 Procedimento Experimental

Para obter as medidas experimentais do teor de umidade das fatias de goiabas adota-se o seguinte procedimento de ensaio. Inicialmente são pré-fixadas as variáveis operacionais do ensaio como temperatura e velocidade do ar de secagem. Em seguida, liga-se a unidade de teste até a mesma atingir as condições de regime permanente para as variáveis selecionadas. Uma vez atingido este regime, as amostras de goiaba, com um teor de umidade inicial de 4,75 kg/kg (base seca) são pesadas e distribuídas em uma cesta metálica de peso conhecido. Em intervalos de tempos regulares, a cesta com a amostra é retirada, pesada e rapidamente devolvida ao secador. O valor deste peso é então anotado a cada instante de medida. Este procedimento é repetido até que o peso das fatias não varie mais. Os ensaios foram realizados para uma velocidade fixa de 0,8 m/s e temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C. As fatias de goiabas testadas têm um diâmetro equatorial médio de 6,0 cm (o diâmetro médio é obtido através da média de três medidas coletadas de valores do diâmetro em diferentes posições na fatia). Os ensaios são realizados com dois tipos diferentes de amostra: uma com espessura de 0,5 cm e a outra com espessura de 1,0 cm. O processo de secagem é realizado até que teores de umidade insignificantes sejam registrados.

### 3.2 Resultados Experimentais Obtidos

As Figuras (3a), (3b), (4a) e (4b) abaixo mostram uma fatia de goiaba antes e depois do processo de secagem. No final dos ensaios, as fatias de goiabas apresentavam um forte encolhimento.

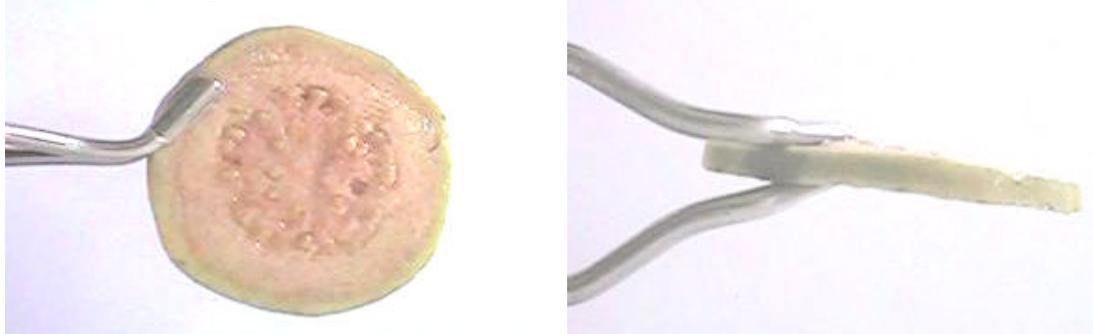


Figura 3. (a) Visão frontal e (b) lateral de uma fatia de goiaba no início do processo de secagem.



Figura 4. (a) Visão frontal e (b) lateral de uma fatia de goiaba após o processo de secagem.

Os resultados obtidos para o comportamento cinético da secagem da goiaba são mostrados nas Fig (5) e (6) abaixo.

Na Fig. (5) é mostrado teor de umidade adimensional,  $\bar{U}^*$ , definido como a razão entre a diferença do teor de umidade no tempo  $t$ ,  $\bar{U}$ , e o teor de umidade no equilíbrio,  $\bar{U}_e$ , e a diferença do teor de umidade inicial,  $\bar{U}_0$ , e o teor de umidade no equilíbrio,  $\bar{U}_e$ , em função do tempo. Os resultados mostrados nesta figura são para os ensaios

realizados nas temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C com uma amostra de espessura  $E=1,0$  cm. Estes ensaios foram realizados a uma velocidade de 0,8 m/s.

Na Fig (6) é apresentado o teor de umidade adimensional,  $\bar{U}^*$ , em função do tempo de secagem nas temperaturas de 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C com uma amostra de espessura  $E=0,5$  cm e uma velocidade do ar de secagem de 0,8 m/s. Estes resultados foram obtidos por Alsina et al. (1999) e reproduzidos novamente em laboratório pelo primeiro autor deste trabalho. As Fig. (5) e Fig (6) mostram também que a medida que a temperatura do ar aumenta, diminui o tempo de secagem, fato este que já é bem conhecido da literatura.

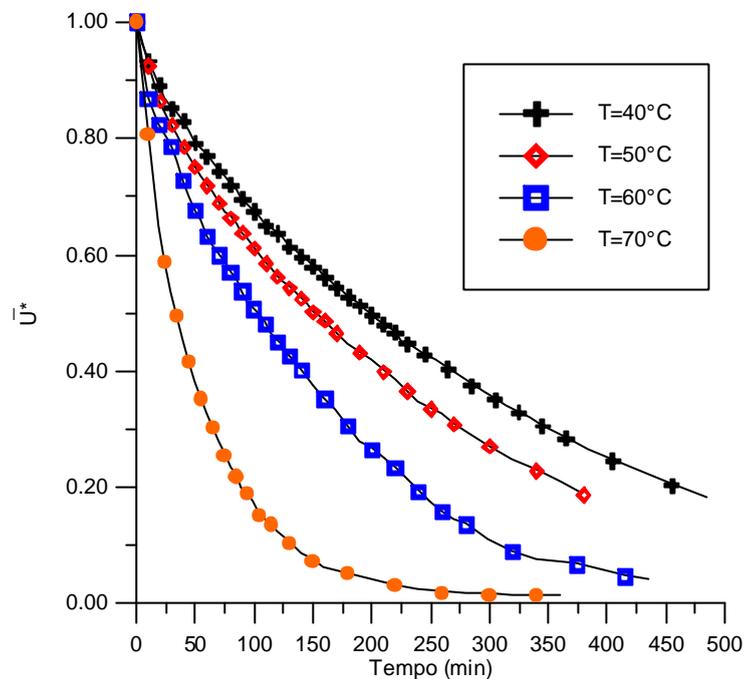


Figura 5. Comportamento da cinética de secagem de fatias de goiaba ( $E=1,0$  cm e  $v=0,80$  m/s).

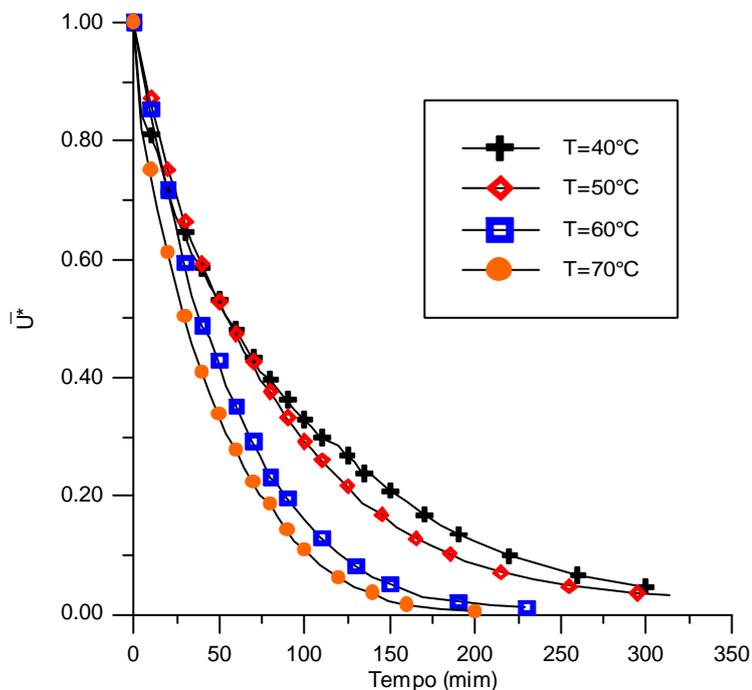


Figura 6. Comportamento da cinética de secagem de fatias de goiaba ( $E=0,5$  cm e  $v=0,80$  m/s).

#### 4. Modelos usados para descrever a cinética de secagem da goiaba

Os modelos matemáticos para descrever a secagem em camada fina são muito comuns. Eles são usados para preverem, entre outras coisas, o comportamento cinético de grãos e frutas. Os modelos matemáticos que serão

estudados e comparados entre si neste trabalho são apresentados na Tab (1) abaixo (Ozdemir e Devres, 1999; Yaldiz et al., 2001; Basunia e Abe, 2001).

Tabela 1. Modelos estudados

Equação	Modelo
$\bar{U}^* = e^{(-K_1 t)}$	De Newton
$\bar{U}^* = e^{(-K_1 (t)^N)}$	De Page
$\bar{U}^* = e^{(-K_1 t)^N}$	De Page Modificado
$\bar{U}^* = A_1 e^{(-K_1 t)}$	De Henderson and Pabis
$\bar{U}^* = A_1 e^{(-K_1 t)} + A_2$	Logarítmico
$\bar{U}^* = A_1 e^{(-K_0 t)} + A_2 e^{(-K_1 t)}$	Dois termos
$\bar{U}^* = A_1 e^{(-K_1 t)} + (1 - A_2) e^{(-K_1 A_1 t)}$	Dois termos exponenciais
$\bar{U}^* = 1 + A_1 t + A_2 t^2$	De Wang e Singh

Nestes modelos  $K_0, K_1, A_1, A_2$  e  $N$  são parâmetros do modelo que serão ajustados com os dados experimentais.

Alguns destes modelos foram aplicados a tipos específicos de produtos. A Tab (2) mostra alguns estudos de secagem realizados e os respectivos modelos aplicados de acordo com Ozdemir e Devres (1999).

Tabela 2.- Modelos e respectivos materiais de estudos

Modelo	Aplicação
Henderson e Pabis	Milho, arroz, trigo, amendoim.
Dois termos	Milho feijão branco, noz de macadamia, uvas.
Newton	Cevada, trigo, milho descascado, castanha de caju, noz.
Page	Arroz de grãos pequenos e grandes, feijão branco, milho descascado, cevada, semente de girassol.
Wang e Singh	Arroz
Logarítmico	Milho e avelã

### 5. Análises dos modelos

Os dados experimentais obtidos foram analisados com o auxílio do software *Statistica*. Para tanto os parâmetros dos modelos propostos na Tabela 1 foram ajustados minimizando-se a expressão matemática abaixo:

$$S = \frac{1}{N - n} \sum_{i=1}^M (\bar{U}_{\text{mod},i}^* - \bar{U}_{\text{exp},i}^*)^2 \tag{1}$$

Onde:

$S$  é uma função dos parâmetros do modelo considerado;

$\bar{U}_{\text{mod},i}^*$  é o  $i$ -ésimo teor adimensional de umidade previsto pelo modelo considerado;

$\bar{U}_{\text{exp},i}^*$  é o  $i$ -ésimo teor adimensional de umidade medido experimentalmente;

$M$  é o número de observações do experimento;

$n$  é o número de parâmetros a serem estimados no modelo estudado.

O critério de convergência usado no software foi de  $10^{-6}$  para todos os modelos. O modelo que apresentar o menor valor da função  $S$  será aquele que melhor descreverá a cinética de secagem das fatias de goiaba analisadas.

## 6. Resultados e discussões

As Tabelas de (3) a (10) mostram os valores estimados para os parâmetros desconhecidos dos modelos, bem como os valores da função  $S$ , soma dos resíduos. A exceção do modelo de Wang e Singh, todos os demais conseguiram reproduzir bem o comportamento cinético da secagem da goiaba. Os valores dos parâmetros de cada modelo apresentam valores diferentes quando se mudam as condições de teste, o que ocorre em função da variação das grandezas físicas que afetam o fenômeno.

A Tabela (11) apresenta o valor médio obtido para  $S$ , o que mostra que no conjunto de ensaios realizados, o modelo de Dois Termos Exponenciais representou melhor o fenômeno. Valores dos coeficientes de regressão também foram determinados e apresentaram valores bem próximos da unidade para os modelos de Newton, Page, Page Modificado, Henderson e Pabis, Logarítmico, Dois termos e Dois Termos Exponenciais.

Tabela 3. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80$  m/s e  $E=1,0$  cm.

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.018804$				0.000294670
Page	$K_1=0.029608$	$N=0.890177$			0.000030989
Page Modificado	$K_1=0.019179$	$N=0.890198$			0.000030989
Henderson e Pabis	$K_1=0.018072$	$A=0.964470$			0.000201168
Logarítmico	$K_1=0.019098$	$A_1=0.955193$	$A_2=0.017587$		0.000126394
Dois Termos	$K_0=0.05705$	$A_1=0.202074$	$A_2=0.803183$	$K_1=0.015593$	0.000021230
Dois Termos exponenciais	$K_1=0.077738$	$A_1=0.201113$	$A_2=0.179475$		0.000038270
Wang e Singh	$A_1=-0.010155$	$A_2=0.000022$			0.016309415

Tabela 4. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 60^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80$  m/s e  $E=1,0$  cm

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.006958$				0.000535027
Page	$K_1=0.009532$	$N=0.935935$			0.000418890
Page Modificado	$K_1=0.006932$	$N=0.936072$			0.000418898
Henderson e Pabis	$K_1=0.006546$	$A=0.955353$			0.000263821
Logarítmico	$K_1=0.991420$	$A_1=0.991420$	$A_2=0.048844$		0.000178770
Dois Termos	$K_0=0.006541$	$A_1=0.359265$	$A_2=0.696052$	$K_1=0.006584$	0.000275291
Dois Termos exponenciais	$K=0.188736$	$A_1=0.034325$	$A_2=0.052306$		0.000230728
Wang e Singh	$A_1=-0.005419$	$A_2=0.000008$			0.002195936

Tabela 5. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 50^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80$  m/s e  $E=1,0$ cm.

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.004657$				0.000674856
Page	$K_1=0.009903$	$N=0.851491$			0.000086616
Page Modificado	$K_1=0.004429$	$N=0.851623$			0.000086616
Henderson e Pabis	$K_1=0.004243$	$A=0.945091$			0.000162510
Logarítmico	$K_1=0.004777$	$A_1=0.895609$	$A_2=0.058547$		0.000138421
Dois Termos	$K_0=0.070627$	$A_1=0.085732$	$A_2=0.916660$	$K_1=0.004041$	0.000013532
Dois Termos exponenciais	$K_1=0.052154$	$A_1=0.077215$	$A_2=0.086268$		0.000018501
Wang e Singh	$A_1=-0.004322$	$A_2=0.000006$			0.001040592

Tabela 6. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 40^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80 \text{ m/s}$  e  $E=1,0\text{cm}$ .

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.004407$				0.000356372
Page	$K_1=0.007819$	$N=0.891598$			0.000065245
Page Modificado	$K_1=0.004336$	$N=0.891852$			0.000065244
Henderson e Pabis	$K_1=0.004156$	$A=0.958089$			0.000106037
Logarítmico	$K_1=0.004585$	$A_1=0.919875$	$A_2=0.046628$		0.000089567
Dois Termos	$K_0=0.004032$	$A_1=0.936537$	$A_2=0.063478$	$K_1=0.070409$	0.000025309
Dois Termos exponenciais	$K_1=0.064540$	$A_1=0.062413$	$A_2=0.064226$		0.000024760
Wang e Singh	$A_1= -0.004081$	$A_2=0.000005$			0.000585915

Tabela 7. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 70^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80 \text{ m/s}$  e  $E=0,50\text{cm}$ .

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.022446$				0.000439373
Page	$K_1=0.030475$	$N=0.922945$			0.000289899
Page Modificado	$K_1=0.022770$	$N=0.922955$			0.000289899
Henderson e Pabis	$K_1=0.021327$	$A=0.953503$			0.000237458
Logarítmico	$K_1=0.020286$	$A_1=0.963267$	$A_2= -0.01716$		0.000208275
Dois Termos	$K_0=0.021327$	$A_1=0.476750$	$A_2=0.476751$	$K_1=0.021326$	0.000256455
Dois Termos exponenciais	$K_1=0.364799$	$A_1=0.057000$	$A_2=0.069591$		0.000139636
Wang e Singh	$A_1= -0.014638$	$A_2=0.000052$			0.005700000

Tabela 8. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 60^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80 \text{ m/s}$  e  $E=0,50\text{cm}$ .

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.017703$				0.000182368
Page	$K_1=0.013155$	$N=1.072644$			0.000053981
Page Modificado	$K_1=0.017639$	$N=1.072732$			0.000053981
Henderson e Pabis	$K_1=0.018140$	$A=1.021879$			0.000133808
Logarítmico	$K_1=0.017052$	$A_1=1.037664$	$A_2= -0.024752$		0.000063822
Dois Termos	$K_0=0.018140$	$A_1=0.510938$	$A_2=0.5109380$	$K_1=0.01814$	0.000144513
Dois Termos exponenciais	$K_1=3.215594$	$A_1=0.005625$	$A_2= -0.021030$		0.000149316
Wang e Singh	$A_1= -0.012369$	$A_2=0.000037$			0.002534300

Tabela 9. Vabres estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 50^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80 \text{ m/s}$  e  $E=0,50 \text{ cm}$

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.012468$				0.000098196
Page	$K_1=0.152470$	$N=0.954368$			0.000041527
Page Modificado	$K_1=0.012483$	$N=0.954450$			0.000415270
Henderson e Pabis	$K_1=0.012187$	$A=0.981306$			0.000061019
Logarítmico	$K_1=0.012447$	$A_1=0.976466$	$A_2=0.007940$		0.000056219
Dois Termos	$K_0=0.093113$	$A_1=0.047323$	$A_2=0.956610$	$K_1=0.011859$	0.000031868
Dois Termos exponenciais	$K_1=0.278364$	$A_1=0.043078$	$A_2=0.031962$		0.000044452
Wang e Singh	$A_1= -0.008906$	$A_2=0.00002$			0.003416167

Tabela 10. Valores estimados dos parâmetros para a secagem nas seguintes condições:  $T = 40^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,80 \text{ m/s}$  e  $E=0,50\text{cm}$ .

Modelo	Parâmetros				S
Newton	$K_1=0.011592$				0.001530297
Page	$K_1=0.024240$	$N=0.800562$			0.000240013
Page Modificado	$K_1=0.011707$	$N=0.800582$			0.000240013
Henderson e Pabis	$K_1=0.010172$	$A=0.901741$			0.00040283
Logarítmico	$K_1=0.010958$	$A_1=0.884436$	$A_2=0.026745$		0.000372977
Dois Termos	$K_0=0.310391$	$A_1=0.130485$	$A_2=0.868244$	$K_1=0.009703$	0.000069301
Dois Termos exponenciais	$K_1=0.084287$	$A_1=0.112440$	$A_2=0.153166$		0.000119255
Wang e Singh	$A_1=-0.008613$	$A_2=0.00002$			0.005463505

Na Fig (7), apresenta-se o comportamento dos modelos estudados, em relação aos dados experimentais para  $T=40^{\circ}\text{C}$ ,  $v = 0,8 \text{ m/s}$  e  $E = 0,50 \text{ cm}$

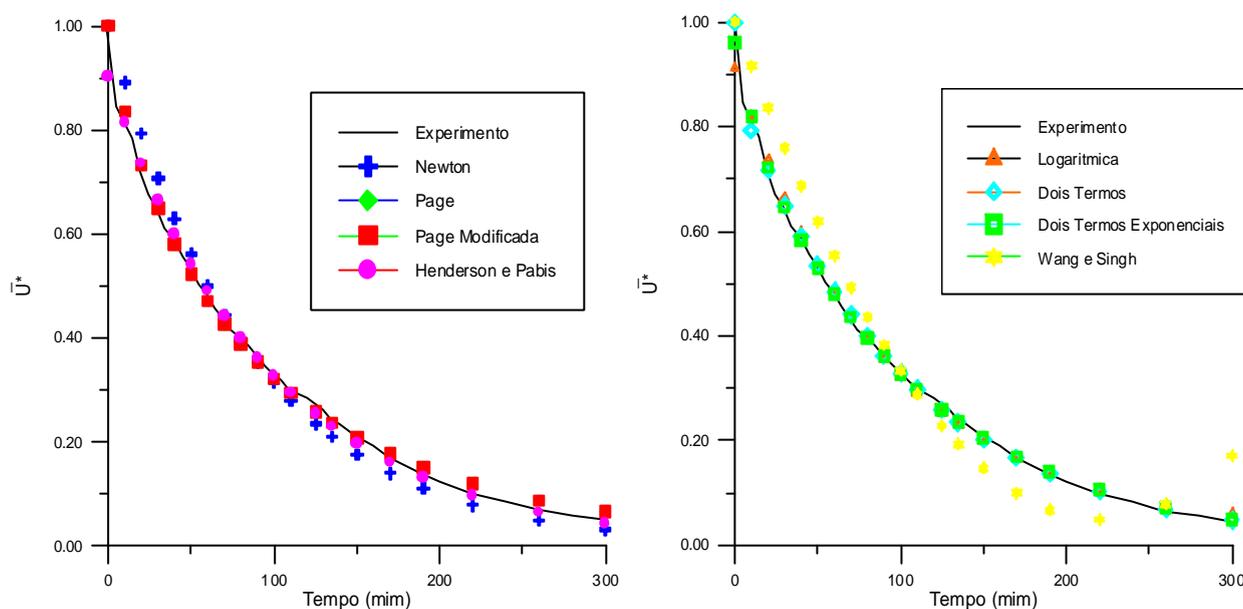


Figura 7 - Comparação entre os resultados experimentais e preditos do teor de umidade adimensional médio da goiaba durante o processo de secagem para  $T=40^{\circ}\text{C}$ ,  $v=0,8 \text{ m/s}$  e  $E=0,50 \text{ cm}$

Tabela 11. Valor médio de **S** para os modelos estudados nas diversas situações de secagem apresentadas nas Fig (5) e Fig (6).

Modelo	Valor Médio de S
Newton	0,0005138949
Page	0,0001533950
Page Modificado	0,0002001138
Henderson e Pabis	0,0001960814
Logarítmico	0,0001543056
Dois Termos	0,0001046874
<b>Dois Termos exponenciais</b>	<b>0,0000956148</b>
Wang e Singh	0,0046557288

### 7. Conclusões

Os resultados obtidos para os resíduos dos modelos analisados mostram que, a exceção do modelo de Wang e Singh, todos os demais representam bem o comportamento da cinética de secagem da goiaba. No entanto, os parâmetros identificados variam em função das condições de teste, o que comprova que as propriedades envolvidas no fenômeno são afetadas pelas mesmas. Um fator importante observado nos ensaios foi o forte encolhimento sofrido pelo produto testado.

Observou-se uma diminuição na espessura de cerca de 50% e no diâmetro de cerca de 25%. Na média, o modelo de **Dois Termos Exponenciais** é o que se mostrou o mais adequado na representação do processo de secagem de goiaba.

## Referências

- Alsina, O. L.S., Almeida, M.M., Silva, Y.C., Sá, R.M., 1999, "Estudo do efeito das variáveis de operação na secagem de fatias de goiaba: aplicação de um modelo difusional". In II Congresso de Engenharia de Processos do MERCOSUL -ENPROMER 99. Florianópolis - SC.
- Basunia, M.A., ABE, T., 2001, "Thin-layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection". Journal of Food Engineering, v. 47, p. 295-301.
- Fellows, P., 1998 "Food processing technology: principles and practice". Published jointly Ellis Horwood Ltd., Chichester, England and VCA Verlagsgesellschaft GmbH, Weinheim, Federal Republic of Germany.
- Lima, A. G. B., 1999, "Fenômeno de difusão em sólidos esféricos prolatos. Estudo de caso: secagem de bananas", Tese de Doutorado, UNICAMP, S.P, 256 p.
- Marinos-Kouris, D.; Maroulis, Z.B.; Kiranoudis, C.T., 1996. "Computer Simulation of Industrial Dryers". Drying Technology, v.14, n. 5, p. 971-1010.
- Medina, J.C. et al., 1978, "Série frutas tropicais - Goiaba: da cultura ao processamento e comercialização". ITAL, Campinas -SP.
- Ozdemir, M. and Devres, Y.O., 1995, "The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting". Journal of Food Engineering, v.42, p.225-233.
- Tassara, Helena (texto), 1996 "Frutas no Brasil". São Paulo: Empresa das Artes.
- Yaldiz, O., Ertekin, C., Uzun H. I., 2001, "Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes". Energy, v.26, p. 457-465,

## ANALYSE OF THE MATHEMATICAL MODELS TO PREDICT THE DRYING OF GUAVA SLICES OF THE TYPE PALOMA (PSIDIUM GUAJAVA)

**Celso R.B. Filho<sup>1</sup>**

**Laerte de A. Lima<sup>1</sup>**

1-Department of Mechanical Engineering, Federal University of Paraíba, Center of Sciences and Technology, ZIP CODE 58102-970, Campina Grande-PB, Brazil. Email: [celso@dem.ufpb](mailto:celso@dem.ufpb).

**Francisco Marcondes<sup>2</sup>**

2- Department of Mechanical and Production Engineering, Federal University of Ceara ZIP CODE 60.455-760, Fortaleza, -CE, Brazil

**O. L. S. Alsina<sup>3</sup>**

**M. M. Almeida<sup>3</sup>**

3- Department of Chimique Engineering, Federal University of Paraíba, Center of Sciences and Technology, ZIP CODE 58102-525, Campina Grande-PB, Brazil.

**Abstract.** The objective of this paper is to verify the bester mathematical model to describe the drying kinetics of slices of red guavas (*Psidium guajava*), type Paloma. The models analyzed for drying of the guava in thin layers and found in the literature are Newton, Page, Modified Page, Henderson and Pabis, Logarithmic(Thompson), Two Terms, Two Terms Exponential and Wang and Singh. The identification of the models parameters cited above was made using the experimental results of guava drying above, published by Alsina et al. (1999), that obtained drying curves for fine slices with initial moisture contend around 4,75 kg/kg (dry base). The slices have a mean diameter of 6,0 cm, thickness of 0,5 and 1,0 cm. The tests are realized for a air velocity of 0,8 m/s and temperatures of 40°C, 50°C, 60°C and 70°C. The analysis of the results shows that the model of Two Terms Exponential predicted better fit to describe the drying kinetics of the guava, because it presented the smallest residue in the least square technique.

**Key-words:** Drying, Mathematical Models, Drying Kinetics.