

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE CONVECTIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA DE SEMENTES DE ABÓBORA

G. JOHANN^{1*}, N. C. PEREIRA¹, E. A. SILVA²

¹Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas

*e-mail: grajohann@yahoo.com.br

RESUMO

O processo de secagem convectiva de sementes de abóbora foi estudado, por meio de um modelo fenomenológico de parâmetros concentrados, constituído de duas equações diferenciais ordinárias. O coeficiente de transferência convectiva de massa foi avaliado como sendo uma função linear da umidade das sementes, e os coeficientes lineares, por sua vez, são função logarítmica da temperatura do ar de secagem. Ambos os parâmetros que compuseram a equação linear, empregada para cálculo do coeficiente de transferência de massa, foram reduzidos com o incremento de temperatura do ar de secagem. Os resultados estatísticos indicaram que o modelo descreveu mais de 99% dos dados experimentais da literatura, apresentando um erro médio global entre os teores de umidade experimentais e calculados igual a 6,23%. Dessa forma, as considerações iniciais, o modelo proposto, o ajuste linear do coeficiente convectivo de transferência de massa, e o método numérico empregados no estudo da secagem convectiva de sementes de abóbora foram adequados, resultando em conformidade com os dados experimentais, nas mesmas condições modeladas e simuladas no presente estudo.

1 INTRODUÇÃO

Com a finalidade de enriquecer a dieta habitual e no intuito de diminuir perdas de alimentos, partes não convencionais de frutas e hortaliças, como sementes e casca, têm sido introduzidas como ingredientes em algumas formulações (DIÓGENES et al. 2013). Sementes de abóbora integram a composição do complemento alimentar conhecido por “multimistura”, utilizado em programas assistenciais brasileiros e elaborado com a mistura de diversos ingredientes considerados subprodutos, que contêm características nutritivas similares às de tradicionais farelos de cereais (BELMIRO et al. 2010).

A abóbora é um vegetal originário das Américas do Norte e Central e atualmente é cultivada em todo o mundo, com significativa

participação na alimentação de muitos países devido às suas características nutricionais e à coloração atrativa (CAMEZ et al 2008). De acordo com Sacilik (2007), as sementes de abóbora apresentam valor nutricional considerável para o consumo humano, devido à composição (37,8-45,4% de lipídeos e 25,2-37,0% de proteínas), podendo ser ingeridas como petisco, óleo ou farinha, apresentando bons resultados na cura da próstata (ESUOSO et al. 1998).

A semente de abóbora apresenta elevado teor de fibra alimentar (15,33%), efeito vermífugo e antioxidante (SANT’ANNA et al. 2006; ESUOSO et al. 1998), porém, conforme Del-Vechio et al. (2005), o consumo *in natura* de sementes de abóbora pode afetar a biodisponibilidade de determinados nutrientes.

De acordo com Coelho, Andrade e Finch (1979), o objetivo do armazenamento de grãos é manter as características destes durante um determinado período após a colheita e secagem. Assim, as condições do armazenamento devem manter o poder germinativo no caso de grãos destinados à semente, as qualidades para a indústria se os grãos são destinados à produção de farinhas ou outro processo tecnológico, e o valor nutritivo se os grãos se destinam à alimentação animal e humana. Ainda, conforme Dalpasquale, Sperandio e Silva (2012), a produção, preservação e comercialização de grãos vêm recebendo atenção acadêmica devido ao potencial em fornecer alimentos em qualidade e quantidade. Segundo Çakmak e Yıldız (2009), há uma série de métodos aplicados para a conservação de produtos agrícolas, que aumentam a vida útil e econômica dos mesmos, fornecendo quantidade os alimentares, estes métodos são: a pasteurização, arrefecimento, manutenção de atmosfera modificada, aplicações químicas, raios gama e beta, além da secagem.

Os objetivos do presente trabalho são modelar a secagem convectiva de sementes de abóbora; validar o modelo, método de discretização e de resolução das equações diferenciais parciais; e determinar o coeficiente convectivo de transferência de massa das sementes de abóbora, como uma função da umidade das sementes e da temperatura do ar de secagem.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de secagem de um material deve-se à transferência simultânea de calor e de massa. Ou seja, a umidade é retirada do sólido pelo fornecimento de calor a este por meio de um meio secante, normalmente um gás, que apresenta menor concentração de umidade em relação à concentração de equilíbrio. De acordo com Esmaili et al. (2007), os coeficiente de transferência de calor

e massa nos processos de secagem dependem das propriedades termofísicas do ar e do material a ser seco, além das características do secador e propriedades do ar de secagem.

No que envolve o processamento desses produtos, o conhecimento a respeito das propriedades físicas dos grãos e sementes são de relevante importância na otimização de processos, na regulagem, construção e operação de equipamentos, e no desenvolvimento de novos projetos envolvendo o processamento de produtos agrícolas (Borém, 2008).

Para a determinação do coeficiente convectivo de transferência de massa de sementes de abóbora, primeiramente foi modelado o processo de secagem convectiva, com base nos experimentos, conduzidos a 50, 60 e 80 °C e 1 m s⁻¹, de Diógenes et al. (2013), que estudaram a secagem de sementes de abóbora em camada fina.

A relação entre a atividade da água, a_w , e a umidade de equilíbrio das sementes de abóbora, X_E , foi estimada pela isoterma de dessorção de Copace (CORRÊA, MARTINS e MELO, 1995), conforme determinado por Teixeira, Andrade e Figueira (2014), sendo:

$$X_E = e^{-3,396-0,0048T_S+3,1693a_w} \quad (1)$$

Em que T_S é a temperatura das sementes de abóbora (°C).

Na construção do modelo, foi considerado que as sementes de abóbora formam um leito fino; as perdas de calor pelas paredes do secador são desprezíveis; a umidade e temperatura iniciais das sementes são uniformes; transporte unidimensional de calor e massa no leito; distribuições uniformes de temperatura, umidade e velocidade do ar na entrada do secador; na transferência de calor entre o ar de secagem e as sementes, predomina o fenômeno da convecção; o ar de secagem comporta-se gás ideal, nas condições de modelagem; a difusão da umidade ocorre nos micro poros; as variações de temperatura e umidade no ar de secagem são desprezíveis.

Com base nessas considerações, foram realizados balanços de massa e energia no leito de sementes, resultando em um conjunto de duas equações diferenciais ordinárias:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{k_F(Y-Y^*)}{(1-\varepsilon)\rho_S} \quad (2)$$

$$\frac{\partial H_S \rho_S}{\partial t} = h_c(T_G - T_S) - \lambda \frac{\partial X}{\partial t} \quad (3)$$

Em que X é a umidade das sementes em base seca (b.s.), t é o tempo (min), k_F é o coeficiente convectivo de transferência de massa ($\text{kg m}^{-2} \text{min}^{-1}$), Y^* é a umidade de equilíbrio do ar de secagem (b.s.), Y é a umidade do ar de secagem (b.s.), ε é a porosidade do leito (-), ρ_S é a densidade das sementes (kg m^{-3}), H_S é a entalpia das sementes (kJ kg^{-1}), h_c é o coeficiente volumétrico de transferência de calor ($\text{W m}^{-3} \text{°C}^{-1}$), T_G é a temperatura do ar de secagem (°C), e λ é o calor de vaporização da água pura (kJ kg^{-1}).

As condições iniciais foram:

$$t = 0, X = X_0 \quad (4)$$

$$t = 0, T_S = T_{S_0} \quad (5)$$

Em que X_0 é a umidade inicial das sementes (b.s.), e T_{S_0} é a temperatura inicial das sementes (°C).

A Tabela 1 apresenta as propriedades termo físicas necessárias para a resolução das Equações 2 e 3.

Tabela 1 – Propriedades termo físicas das sementes de abóbora e do ar de secagem.

Propriedade	Valor
ρ_S^1	647,232 kg m^{-3}
Φ^1	0,6324 (-)
cp_S^2	$0,0337X(t) + 2,3279 \text{ J kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$
λ^3	$2,162 \times 10^6 + 2T_S$

Fonte: ¹Andrade et al. (2014), ²Kocabiyik, Kayisoglu e Tezer (2009), ³Treybal (1980).

Em que cp_S é o calor específico das sementes de abóbora ($\text{J kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$), Φ é a esfericidade média das sementes (-).

A porosidade do leito de sementes de abóbora, ε , foi aproximada à porosidade

média do leito de sementes de erva-doce, (SINGH, VISHAL e VISHWAKARMA, 2015), 0,6456 (-), que apresenta esfericidade próxima à das sementes de abóbora.

Considerar o coeficiente de transferência de massa, k_F , como uma constante, geralmente caracteriza uma simplificação para facilitar a solução do modelo. Desse modo, o coeficiente convectivo de transferência de massa foi avaliado neste trabalho como uma função da umidade das sementes e temperatura do ar de secagem, que por sua vez, são funções do tempo. Para tal, uma dependência linear do tipo $k_F = f(X, T_G)$, foi estabelecida, conforme Mancini, Massarani e Biscaia Jr (1993):

$$k_F = \beta X(t) - \alpha \quad (6)$$

Em que α e β são parâmetros ajustáveis e funções da temperatura do ar de secagem.

Para a resolução do sistema formado pelas Equações 2 e 3, foi empregado o *software* Maple (versão 13), aplicando-se o método numérico de Rosenbrook, por meio do comando *dsolve*. Por sua vez, os parâmetros α e β , foram estimados pelo método simplex, usando o comando *NLPSolve*, pela minimização do erro quadrático dos desvios da umidade do leito. A relação a ser minimizada foi:

$$FOB = \sum_{i=1}^{n_{exp}} (\overline{X_{EXP}} - \overline{X_{CAL}})^2 \quad (7)$$

Em que FOB é a função objetivo, n_{exp} é o número de dados experimentais, $\overline{X_{EXP}}$ é a umidade média experimental do leito (b.s.) e $\overline{X_{CAL}}$ é a umidade média do leito, calculada pelo modelo (b.s.).

Os resultados foram avaliados com base na análise de erros, ou seja, desvio entre os teores de umidade experimentais e calculados pelo modelo, conforme:

$$\overline{E} = \sum_{i=1}^{n_{exp}} \frac{X_{EXP} - X_{CAL}}{n_{exp}} \times 100\% \quad (8)$$

Em que \overline{E} é o erro médio (%), e n_{exp} é o número de pontos experimentais.

Foram, ainda, calculados os valores dos coeficientes de determinação, R^2 , e do Critério de Seleção de Akaike, AIC, que pode ser entendido como um critério que dá uma pontuação para o modelo, baseado em sua adequação aos dados e na ordem do modelo (Akaike, 1973), é definido como:

$$AIC = n_{exp} \cdot \ln(SQ/N) + 2K \quad (9)$$

Em que SQ é a soma de quadrados dos desvios, e K é o número de parâmetros do modelo a ser analisado.

O Critério de Informação de Akaike, é uma medida da qualidade do ajuste do modelo estimado, fornecendo uma medida relativa da perda de informações quando um determinado modelo é usado para descrever dados experimentais, assim, o objetivo é minimizar essa perda.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resolução das Equações 2 e 3 ocorreu simultaneamente com a estimação dos parâmetros. Os valores calculados para os coeficientes da Equação 6, α e β , são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros ajustados da Equação 6.

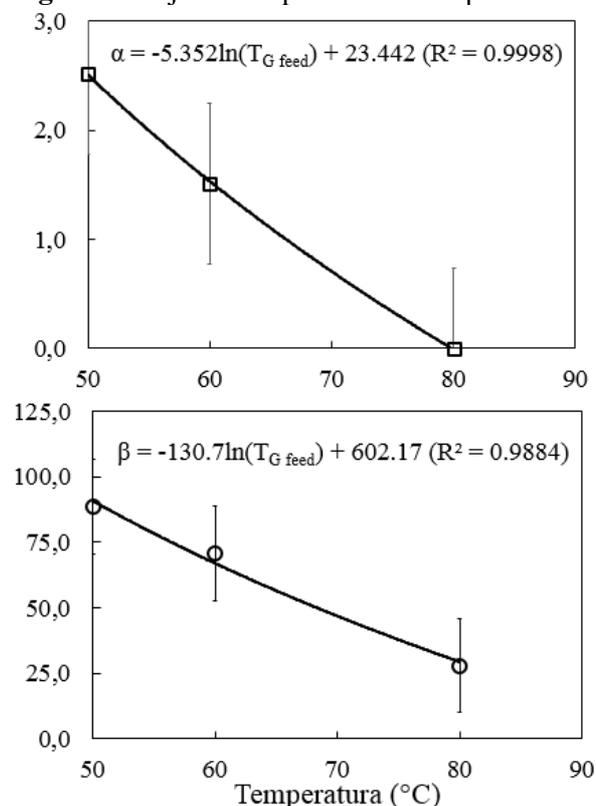
Temperatura (°C)	α	β
50	2,52	88,49
60	1,504	70,86
80	$5,800 \times 10^{-7}$	27,92

A Figura 1, por sua vez, ilustra o comportamento dos parâmetros como uma função da temperatura do ar de secagem, variando entre 50 e 80 °C.

Como pode ser observado na Figura 1, os parâmetros foram apropriadamente ajustados à uma expressão do tipo logarítmica, como uma função da temperatura do ar de secagem. Os valores do coeficiente de determinação (R^2), superiores a 98%, indicam que o comportamento dos parâmetros da Equação 6 foi bem representado pelo ajuste.

No que se refere ao ajuste do coeficiente convectivo de transferência de massa, estudos semelhantes ao presente foram conduzidos nos trabalhos de Mancini, Massarani e Biscaia Jr (2002), que estudaram a secagem de milho em camada espessa e leito deslizante; Martins, Mancini e Biscaia Jr (2002), que estudaram a cinética da secagem de feijão em camada delgada; e Elias, Barbosa e Mancini (2002), que estudaram a secagem de grão de bico em leito fixo.

Figura 1 – Ajuste dos parâmetros α e β .



Nos trabalhos supracitados, os valores dos coeficientes α e β foram calculados, resultando em comportamentos distintos. Mancini, Massarani e Biscaia Jr (2002) obtiveram relações entre os coeficientes e a temperatura do ar de secagem (em Kelvin) iguais a:

$$\alpha = 2,20 + 6,18 \times 10^{-3} T_G \quad (11)$$

$$\beta = 7,31 + 1,77 \times 10^{-2} T_G \quad (10)$$

Por sua vez, Martins, Mancini e Biscaia Jr (2002), chegaram aos valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros da Equação 6 ajustados por Martins, Mancini e Biscaia Jr (2002).

Temperatura	α	β
40,2 °C	0,145	0,847
45,2 °C	0,129	0,834
65,2 °C	0,073	0,789
70,0 °C	0,060	0,778

Elias, Barbosa e Mancini (2002), estimaram os valores de α e β conforme:

$$\alpha = 0,200 + 0,0020T_G \quad (12)$$

$$\beta = 0,9991 - 0,0164T_G \quad (13)$$

Dos resultados apresentados nos três trabalhos, observa-se que o coeficiente α apresentou relação de incremento com a elevação da temperatura do ar de secagem (MANCINI, MASSARANI e BISCAIA JR, 2002; ELIAS, BARBOSA e MANCINI, 2002) e de redução com o acréscimo da temperatura do ar de secagem (MARTINS, MANCINI e BISCAIA JR, 2002). Já o coeficiente β sofreu acréscimo apenas no trabalho de Mancini, Massarani e Biscaia Jr (2002) e decréscimo nos estudos conduzidos por Martins, Mancini e Biscaia Jr (2002) e Elias, Barbosa e Mancini (2002), quando a temperatura do ar de secagem foi elevada.

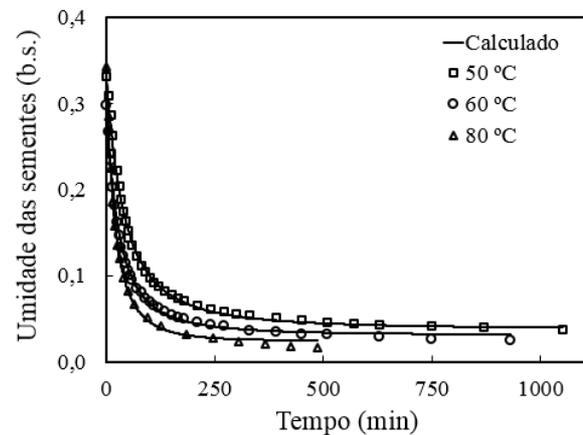
No presente estudo, portanto, observou-se relação semelhante àquela observada por Martins, Mancini e Biscaia Jr (2002), em que ambos os coeficientes foram reduzidos com o incremento de temperatura.

A Figura 2 ilustra o comportamento dos dados experimentais e os resultados obtidos a partir de simulações numéricas, para o processo de secagem a 50,60 e 80 °C, a 1 m s⁻¹.

A influência da temperatura do ar de secagem pode ser observado, verifica-se que, mantendo constante a velocidade e

aumentando a temperatura do ar, diferentes tempos de equilíbrio podem ser obtido. Quanto mais elevada for a temperatura, menor é o tempo necessário para alcançar o equilíbrio entre as sementes de abóbora e o ar de secagem.

Figura 2 – Evolução temporal da umidade das sementes de abóbora para diferentes temperaturas do ar de secagem.



A Tabela 4 apresenta os resultados estatísticos da análise dos erros médios, obtidos a partir da comparação entre os dados experimentais de Diógenes et al. (2013) e os valores calculados para a umidade das sementes de abóbora. Por sua vez, a Tabela 5 exhibe os valores calculados do coeficiente de correlação e do Critério de Seleção de Akaike, para cada uma das temperaturas estudadas no presente trabalho.

Tabela 4 – Análise estatística dos erros

Temperatura	Erro médio	Erro máximo
50 °C	7,37%	12,52%
60 °C	8,11%	15,04%
80 °C	3,20%	12,14%

Tabela 5 – Análise estatística de R² e AIC

Temperatura	R ²	AIC
50 °C	0,9973	-318,20
60 °C	0,9964	-296,90
80 °C	0,9975	-233,50

Da análise das Tabela 4, foi possível verificar que o erro médio global entre os teores de umidade experimentais e calculados foi de 6,23%, sendo os maiores erros médio e máximo, respectivamente 8,11 e 15,04%, foram calculados para a temperatura do ar de secagem de 60 °C.

Em relação ao coeficiente de determinação, na Tabela 5 verificou-se que para todas as condições simuladas, obtiveram-se valores superiores a 99%. De acordo com o Critério de Seleção de Akaike, que permite indicar que o modelo mais adequado ao ajuste é aquele cujo valor de AIC for menor (FLORIANO et al. 2006), o modelo desenvolvido descreveu mais adequadamente o comportamento da cinética de secagem conduzida a 1 m s⁻¹ e 50 °C.

CONCLUSÕES

Foi estudado o processo de secagem convectiva de sementes de abóbora, por meio de um modelo fenomenológico, constituído de duas equações diferenciais ordinárias. O coeficiente de transferência convectiva de massa foi avaliado como uma função da umidade das sementes e da temperatura do ar de secagem.

Ambos os parâmetros que compõem a equação linear, empregada para cálculo do coeficiente de transferência de massa, foram reduzidos com o incremento de temperatura do ar de secagem.

Os resultados estatísticos indicaram que o modelo descreveu mais de 99% dos dados experimentais da literatura, apresentando um o erro médio global entre os teores de umidade experimentais e calculados iguala 6,23%.

Dessa forma, pode-se concluir que as considerações iniciais, o modelo proposto, o ajuste linear do coeficiente convectivo de transferência de massa, e o método numérico empregados no estudo da secagem convectiva de sementes de abóbora foram adequados, resultando em conformidade com os dados

experimentais, nas mesmas condições modeladas e simuladas no presente estudo.

NOMENCLATURA

a_w	Atividade da água (-)
b.s.	Base seca (kg/kg)
cp_s	Calor específico do grão (kJ kg ⁻¹ °C ⁻¹)
\bar{E}	Erro médio (%)
FOB	Função objetivo
h_c	Coefficiente volumétrico de transferência de calor (W m ⁻³ °C ⁻¹)
H_s	Entalpia das sementes (kJ kg ⁻¹)
K	Número de parâmetros do modelo a ser analisado
k_F	Coefficiente convectivo de transferência de massa (kg m ⁻² min ⁻¹)
nexp	Número de dados experimentais
SQ	Soma de quadrados dos desvios
t	Tempo (min)
T_G	Temperatura do ar de secagem (°C)
T_s	Temperatura das sementes (°C)
T_{s_0}	Temperatura inicial do grão (°C)
X	Umidade das sementes (b.s.),
X_0	Umidade inicial (b.s.)
$\frac{X}{X_{CAL}}$	Umidade média do calculada do leito pela resolução do modelo (b.s.)
$\frac{X_E}{X_{EXP}}$	Umidade de equilíbrio (b.s.)
$\frac{X}{X_{EXP}}$	Umidade média experimental do leito (b.s.)
Y	Umidade do ar de secagem (b.s.)
Y*	Umidade de equilíbrio do ar de secagem (d.b.)
α	Parâmetro ajustável da Equação 6
β	Parâmetro ajustável da Equação 6
ε	Porosidade do leito (-)
Φ	Esfericidade média das sementes (-)
λ	Calor de vaporização da água pura (kJ kg ⁻¹)
ρ_s	Densidade das sementes (kg m ⁻³)

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: International Symposium on Information Theory, 2..., 1973, Budapest. **Anais...** Budapest: Symposium on Information Theory, p. 267–281, 1973.

BELMIRO, T. M. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1000–1007, 2010.

BORÉM, F. M. **Pós colheita do café**. Lavras: UFLA, 2008.

ÇAKMAK, G.; YILDIZ, C. Design of a new solar dryer system with swirling flow for drying seeded grape. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 36, p. 984–990, 2009.

CARAMEZ, S. M. B.; STEFANI, M.; MEDEIROS, J. D.; VIEIRA, M. A.; BRÜSKE, G. R.; DE FRANCISCO, A.; AMANTE, E. R. Softening of pumpkin seeds (*Cucurbita Moschata*) by alkaline maceration. **Journal of Food Process Engineering**, v. 31, n. 4, p. 431–442, 2008.

COELHO, A. M.; ANDRADE, L. A. B.; FINCH, E.O. Secagem e armazenamento de grãos e sementes. **Informativo Agropecuário**, v.5, 1979.

CORRÊA, P. C.; MARTINS, D. S. R.; MELO, E. C. **Umigrãos: programa para o cálculo do teor de umidade de equilíbrio para os principais produtos agrícolas**. Viçosa: Centreinar – UFV, 1995.

DALPASQUALE, V. A.; SPERANDIO, D.; SILVA, L.H.M. Fixed-bed drying simulation with constant enthalpy, using the improved

Michigan State University model. **Acta Scientiarum Technology**, v. 34, p. 137-140, 2012.

DEL-VECHIO, G.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 2, p. 369-376, 2005.

DIÓGENES, A. M. G.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SANTOS, D. C. Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 71-80, 2013.

ELIAS, R. N.; BARBOSA, A. L. S.; MANCINI, M. C. Secagem de grão de bico em leito fixo. **Revista Universidade Rural**, v. 21, n. 1, p. 113-119, 2002.

ESMAILLI, M.; REZAZADEH, G.; SOTUDEH-GHAREBAGH, R.; TAHMASEBI, A. Modeling of the Seedless Grape Drying Process using the Generalized Differential Quadrature Method. **Chemical Engineering Technology**, v. 30, p. 168–175, 2007.

ESUOSO, K.; LUTZ, H.; KUTUBUDDIN, M.; BAYER, E. Chemical composition and potential of some underutilized tropical biomass. I: fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). **Food Chemistry**, v. 61, n. 4, p. 487-92, 1998.

FLORIANO, E. P.; MÜLLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHEIDER, P. R. Fitting and selecting traditional models for tree's height time series data. **Ciência Florestal**, v.16, n. 2, p. 177-199, 2006.

KOCABIYIK, H.; KAYISOGLU, B.; TEZER, D. Effect of Moisture Content on Thermal Properties of Pumpkin Seed. **International**

Journal of Food Properties, v. 12, n. 2, p. 277-285, 2009.

MANCINI, M. C.; MASSARANI, G.; BISCAIA JR, E. C. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 21., Ouro Preto. **Anais...**Ouro Preto: ENEMP, 1993.

MANCINI, M. C.; MASSARANI, G.; BISCAIA JR, E. C. Transferência de massa na secagem de milho em secadores de camada espessa em leito fixo e deslizante. **Revista Universidade Rural**, v. 21, n. 1, p. 121-129, 2002

MARTINS, M. G.; MANCINI, M. C.; BISCAIA JR, E. C. Secagem de grão de bico em leito fixo. **Revista Universidade Rural**, v. 21, n. 1, p. 83-88, 2002.

MENDES, R. H.; DI PIETRO, P. F. Avaliação da composição química da semente de abóbora (*Cucurbita pepo*) e do efeito do seu consumo sobre o dano oxidativo hepático de ratos (*Rattus norvegicus*). In: Reunião Anual da SBPC, **58.**, 2006, Florianópolis. Anais eletrônicos... São Paulo: SBPC/UFSC, 2006.

SACILIK, K. Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 23–30, 2007.

SANT'ANNA, L. C.; BOAVENTURA, B. C. B.; KUNRADI, F. G.; TRAMONTE, V. L.;

SINGH, R. K., VISHAL, M.K., VISHWAKARMA, R.K. Moisture Dependent Physical Properties of Anise Seeds. **International Journal of Food Processing Technology**, v. 2, p. 39-45, 2015.

TEIXEIRA, L. P.; ANDRADE, E. T.; FIGUEIRA, V. G. Determinação do equilíbrio higroscópico dos grãos de abóbora (*Cucurbita moschata*). In: Congresso Brasileiro de

Engenharia Agrícola – CONBEA, 18., 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.

TREYBAL, R. E. **Mass-transfer operations**, New York: McGraw Hill, 1980.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado à aluna Gracielle Johann.