

**CINÉTICA DE SECAGEM DE GRÃOS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa* W.)**Eder Stolben Moscon¹, Samuel Martin², Carlos Roberto Spehar³, Ivano Alessandro Devilla⁴ & Francisco Rodolfo Junior⁵1- Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia UnB/Brasília-DF, hederstolben@hotmail.com2- Engenheiro Agrônomo, Professor da UnB/Brasília-DF, samuelmartin@unb.br3- Engenheiro Agrônomo, Professor da UnB/Brasília-DF, spehar@unb.br4- Engenheiro Agrícola, Professor da UEG/Anápolis-GO, email@email.com5- Engenheiro Agrônomo, Professor da UFPI/Bom Jesus-PI, rodolfo@ufpi.edu.br**Palavras-chave:**dessecção
modelagem matemática
pseudo cereal**RESUMO**

A secagem é um processo pós-colheita largamente utilizada para o controle e a manutenção da qualidade de produtos agrícolas. Com este estudo se objetivou analisar a secagem de grãos de quinoa e ajustar modelos matemáticos existentes aos valores experimentais de razão do teor de água. Este estudo foi realizado entre Abril e Agosto de 2014. O teor de água inicial variou entre 28,32 e 27,48% b.s., sendo os grãos submetidos a secagem em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, até atingirem teores de água entre 8,94 a 5,76% b.s. Treze modelos matemáticos foram ajustados aos dados experimentais. Foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação (R^2), erro médio relativo (P) e do desvio padrão da estimativa (SE), e ainda a facilidade de uso do modelo. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que os modelos de Page, Midilli e Logarítmico foram os que apresentaram coeficientes estatísticos mais satisfatórios para descrever as curvas de secagem de quinoa, em todas as temperaturas estudadas. O modelo de Page foi selecionado para descrever as curvas de secagem de quinoa devido a simplicidade de uso.

Keywords:desorption
mathematical modeling
pseudocereal**DRYING KINETIC OF QUINOA GRAIN (*Chenopodium quinoa* W.)****ABSTRACT**

The drying of agricultural products is a widely used process to control and maintain product quality. Thus, this study aimed to analyze the drying process quinoa seed and adjust existing mathematical models for experimental values of moisture ratio. The study was conducted between April and August 2014. Initial water content in the seeds was between 28.32 and 27.48% d.b.; these seeds were subjected to drying in an oven with forced air circulation, at temperatures of 40, 50, 60 and 70 °C, to achieve water levels between 8.94 at 5.76% d.b. Thirteen mathematical models were developed for the experimental data. Statistical measures considered during this research were magnitude of the coefficient of determination (r^2), relative error (p) and the estimated standard deviation (S), as well as the ease of use of the model. Based on these results, models Page, Midilli and Logarithmical showed the most satisfactory statistical coefficients to describe quinoa drying curves for all temperatures studied. The Page model was selected to describe the quinoa drying curves due to the simplicity of this model.

INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow), originária do Altiplano entre Peru e Bolívia tem sido cultivada pela população andina há milênios. Rica em minerais e vitaminas, com suas proteínas podendo ser comparadas à caseína do leite, vem se tornando uma opção de diversificação alimentar em todo mundo (TAPIA, 2013).

No Brasil a história da quinoa é recente, entretanto, já existem algumas cultivares disponibilizadas ao cultivo. A cultivar BRS Sytetuba, obtida da cooperação entre Embrapa e Universidade de Brasília, apresenta grãos livres de saponina, um glicosídeo de sabor amargo, permitindo seu uso direto na alimentação (SPEHAR et al., 2011).

Para que essa cultura possa assegurar o retorno do investimento do produtor, além de todos os cuidados necessários na condução da lavoura, devem ser adotadas técnicas que propiciem um produto final com qualidade superior, dentre as quais tem-se a secagem. Contudo, na investigação do processo de secagem, a abordagem adequada deve ser feita pelo uso da análise em leito de camada delgada (CORREIA et al., 2003).

Existem na literatura diversos modelos matemáticos de representação da secagem (SOUSA et al., 2011; MOHAPATRA; RAO, 2005), sendo que estes são frequentemente utilizados em estudos de secagem de produtos agrícolas e de alimentos (MARTINAZZO et al., 2007).

Portanto, considerando a importância do estudo teórico do processo de secagem dos produtos agrícolas e sua aplicação prática na pós-colheita, o presente trabalho visou analisar a secagem de quinoa e ajustar diferentes modelos matemáticos utilizados para prever o processo de secagem aos valores experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS

A quinoa foi cultivada no planalto central brasileiro, entre Abril a Agosto de 2014 em período de entressafra, segundo Spehar et al. (2011). As panículas foram colhidas de forma manual, quando os grãos já haviam atingido a maturação fisiológica. Depois de debulhados, os grãos foram limpos

em máquina de ar, peneirados e classificados por tamanho, sendo utilizados os grãos retidos em peneiras de malha trançada entre as medidas de 2,38mm e 2mm.

A secagem foi realizada em sequência utilizando-se uma estufa com ventilação de ar forçada, com temperaturas de 40, 50, 60 e 70±2 °C, totalizando 4 testes de secagem. Para cada temperatura de secagem, utilizou-se 4 bandejas (repetições) com aproximadamente 0,2 kg de grãos cada e em camada fina (0,01 m, de camada inicial). Durante as secagens as amostras coletadas tiveram seu teor de água determinado em estufa a 105 °C (BRASIL, 2009).

O acompanhamento da redução do teor de água com o decorrer da secagem foi realizado pelo método gravimétrico, a fim de se determinar o momento final da secagem. Foram adotados intervalos menores de coleta de dados quanto maior a temperatura de secagem, conforme estudo preliminar, a intenção de se obter semelhante número de observações em todos os tratamentos.

Para a determinação do teor de água de equilíbrio higroscópico em cada condição de secagem, 3 amostras de 5 gramas foram colocadas em recipientes metálicos e levadas a estufa, concomitantemente com a secagem. Para estes foram realizadas pesagens em intervalos de 1 h, até que a variação da massa das amostras nas últimas três pesagens fosse inferior ou igual a 0,001 gramas, sendo em seguida determinado o teor de água em estufa a 105 °C (BRASIL, 2009).

A razão de teor de água para cada temperatura foi obtida conforme Equação 1.

$$RU = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

em que,

RU = razão de teor de água do produto (adimensional);

X = teor de água do produto (% b.s.);

X_e = teor de água de equilíbrio do produto (% b.s.); e

X_i = teor inicial de água do produto (% b.s.).

Os dados observados na secagem da quinoa foram ajustados a diferentes modelos matemáticos (Tabela 1), tradicionalmente utilizados para

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para prever o fenômeno de secagem de produtos agrícolas

| Designação | Modelo | Equação |
|------------------------------|--|---------|
| Page | $RU = \exp(-kt^n)$ | (2) |
| Midilli | $RU = a \exp(-kt^n) + bt$ | (3) |
| Dois Termos | $RU = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$ | (4) |
| Exp. de Dois Termos | $RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kat)$ | (5) |
| Aproxim. da Difusão | $RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$ | (6) |
| Henderson e Pabis | $RU = a \exp(-kt)$ | (7) |
| Henderson e Pabis Modificada | $RU = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0t) + c \exp(-k_1t)$ | (8) |
| Wang e Singh | $RU = 1 + at + bt^2$ | (9) |
| Verma | $RU = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-k_1t)$ | (10) |
| Thompson | $RU = \exp((-a - (a^2 + 4bt)^{0,5})/2b)$ | (11) |
| Newton | $RU = \exp(-kt)$ | (12) |
| Logarítmico | $RU = a \exp(-kt) + c$ | (13) |
| Page Modificada | $RU = \exp(-kt)^n$ | (14) |

RU: razão de teor de água, adimensional; t: tempo de secagem (h); k, k_0 , k_1 : constantes de secagem (h^{-1}); a, b, c, n: coeficientes dos modelos.

prever o fenômeno da secagem de produtos agrícolas.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais de secagem, realizou-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, por meio de programa computacional. Para avaliar o grau de ajuste de cada modelo, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação (R^2), do erro médio relativo (P) e do desvio padrão da estimativa (SE), e ainda a facilidade de uso do modelo. Os valores de P e SE para cada modelo foram estimados pelas Equações 15 e 16, respectivamente.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \quad (15)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (16)$$

em que,

Y = valor observado experimentalmente;

\hat{Y} = valor estimado pelo modelo;

n = número de dados observados; e

GLR = graus de liberdade do resíduo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os teores de água inicial, final e de equilíbrio, bem como o tempo de secagem para cada temperatura do ar de secagem utilizada.

O teor de água inicial sofreu redução acentuada no início do processo de secagem, vindo a se tornar parcialmente constante no decorrer do tempo, atingindo valor igual ou próximo aos de equilíbrio higroscópico para as temperaturas e condições estudadas.

Notou-se comportamento inverso entre a temperatura e o tempo necessário para a secagem, ou seja, uma redução no tempo de secagem e um aumento na remoção de água com a elevação da temperatura, conforme verificado também para outros produtos agrícolas (ALMEIDA *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2011; DIÓGENES *et al.*, 2013; MORAIS *et al.*, 2013; MORAES FILHO *et al.*, 2014).

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos parâmetros estatísticos utilizados para a comparação entre os treze modelos analisados por meio de regressão não linear, aos dados experimentais utilizados para descrever o processo de secagem de quinoa.

Tabela 2. Teores de água (TA) inicial, final e de equilíbrio e tempo de secagem de grãos de quinoa, cultivar BRS Syetetuba, para as diferentes temperatura de secagem

| Temperatura (°C) | TA inicial (% b.s.) | TA final (% b.s.) | TA equilíbrio (% b.s.) | Tempo de secagem (h) |
|------------------|---------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| 40 | 27,48 ± 0,05 | 8,94 ± 0,05 | 8,97 ± 0,05 | 9,00 |
| 50 | 28,32 ± 0,25 | 6,95 ± 0,15 | 7,13 ± 0,16 | 7,50 |
| 60 | 27,96 ± 0,23 | 6,43 ± 0,05 | 5,27 ± 0,11 | 5,00 |
| 70 | 27,99 ± 0,71 | 5,76 ± 0,06 | 4,12 ± 0,12 | 3,33 |

Tabela 3. Coeficientes de determinação (R²), erro médio relativo (P, decimal) e desvio padrão estimado (SE, decimal) dos modelos analisados para a secagem de quinoa, cultivar BRS Syetetuba, em diferentes temperaturas

| Modelo | Temperatura 40 °C | | | Temperatura 50 °C | | |
|------------------------------|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| | R ² | P | SE | R ² | P | SE |
| Page | 0,9998 | 0,0440 | 0,0069 | 0,9997 | 0,1489 | 0,0073 |
| Henderson e Pabis | 0,9946 | 0,3196 | 0,0357 | 0,9951 | 0,5626 | 0,0333 |
| Midilli | 0,9999 | 0,0519 | 0,0052 | 0,9998 | 0,1263 | 0,0071 |
| Wang e Singh | 0,9975 | 0,2165 | 0,0243 | 0,9942 | 0,2920 | 0,0362 |
| Verma | 0,9987 | 0,1412 | 0,0175 | 0,9982 | 0,1404 | 0,0203 |
| Thopson | 0,9946 | 0,3195 | 0,0357 | 0,9951 | 0,5624 | 0,0333 |
| Newton | 0,9946 | 0,3196 | 0,0357 | 0,9951 | 0,5626 | 0,0333 |
| Henderson e Pabis Modificado | 0,9955 | 0,2856 | 0,0325 | 0,9962 | 0,4986 | 0,0296 |
| Logarítmico | 0,9999 | 0,0525 | 0,0052 | 0,9998 | 0,1355 | 0,0072 |
| Exponencial de Dois Termos | 0,9997 | 0,0634 | 0,0087 | 0,9997 | 0,1672 | 0,0070 |
| Dois termos | 0,9955 | 0,2856 | 0,0325 | 0,9962 | 0,4986 | 0,0296 |
| Aproximação da Difusão | 0,9946 | 0,3196 | 0,0357 | 0,9951 | 0,5626 | 0,0333 |
| Page Modificada | 0,9946 | 0,3196 | 0,0357 | 0,9951 | 0,5626 | 0,0333 |
| Modelo | Temperatura 60 °C | | | Temperatura 70 °C | | |
| | R ² | P | SE | R ² | P | SE |
| Page | 0,9997 | 0,0182 | 0,0083 | 0,9997 | 0,0281 | 0,0078 |
| Henderson e Pabis | 0,992 | 0,1586 | 0,0422 | 0,9936 | 0,1166 | 0,0367 |
| Midilli | 0,9999 | 0,0222 | 0,0057 | 0,9999 | 0,0177 | 0,0045 |
| Wang e Singh | 0,9984 | 0,0396 | 0,0180 | 0,9994 | 0,0296 | 0,0114 |
| Verma | 0,9968 | 0,0511 | 0,0268 | 0,9975 | 0,0676 | 0,0229 |
| Thopson | 0,9918 | 0,1586 | 0,0422 | 0,9936 | 0,1165 | 0,0367 |
| Newton | 0,992 | 0,1586 | 0,0422 | 0,9936 | 0,1166 | 0,0367 |
| Henderson e Pabis Modificado | 0,9945 | 0,1285 | 0,0350 | 0,9955 | 0,0949 | 0,0309 |
| Logarítmico | 0,9999 | 0,0220 | 0,0055 | 0,9999 | 0,0187 | 0,0048 |
| Exponencial de Dois Termos | 0,9998 | 0,0163 | 0,0060 | 0,9998 | 0,0246 | 0,0065 |
| Dois termos | 0,9945 | 0,1285 | 0,0350 | 0,9955 | 0,0949 | 0,0309 |
| Aproximação da Difusão | 0,9999 | 0,0176 | 0,0038 | 0,9998 | 0,0244 | 0,0063 |
| Page Modificada | 0,992 | 0,1586 | 0,0422 | 0,9936 | 0,1166 | 0,0367 |

Todos os modelos apresentaram valores de coeficientes de determinação (R^2) igual ou superior a 0,98, ficando evidenciada uma representação satisfatória do processo de secagem (CHAYJAN; SHADIDI, 2014). Entretanto, o coeficiente de determinação (R^2) que varia de 0 a 1 e mostra da força da relação entre os dados observados e estimados (VIEIRA, 2013), para modelos não lineares, não constitui um bom critério de seleção, de acordo com Madamba *et al.* (1996), quando analisado isoladamente.

Neste contexto, em relação ao erro médio relativo (P), os modelos de Page, Midilli e Logarítmico apresentaram valores inferiores a 0,1 (10%) para as temperaturas de secagem de 40, 60 e 70°C, onde a partir destes valores, de acordo com Mohapatra e Rao (2005), estes resultados se mostram adequados para a descrição do processo de secagem de quinoa. Já para a temperatura do ar de secagem de 50°C, para ambos os modelos citados os valores para P foram inferiores a 0,15 (15%).

Com relação ao desvio padrão da estimativa (SE), houve predominância de valores baixos para os modelos de Page, Midilli e Logarítmico, em todas as temperaturas estudadas, com valor máximo de 0,0083. Portanto, houve a concordância de que em relação aos dados observados, quanto

menor o valor encontrado para SE, melhor o ajuste do modelo.

A seleção e a recomendação do melhor modelo se fundamentam também na simplicidade de aplicação e no número de coeficientes favoráveis. Embora os modelos de Page, Midilli e Logarítmico possam ser indicados para a representação da cinética de secagem em camadas finas de grãos de quinoa, neste trabalho e nas condições que ele foi realizado, o modelo selecionado foi o de Page, tendo por base, além dos coeficientes estatísticos favoráveis, a facilidade de uso e simplicidade do mesmo.

A secagem em camada fina de diversos produtos tem sido representada pelo modelo de Page, como em grãos de feijão (CORRÊA *et al.*, 2007), sementes de mamão (VENTURINI *et al.*, 2012), massa fibrosa de mandioca (CASTIGLIONI *et al.*, 2013), abacaxi (OLANIPEKUN *et al.*, 2014), e mandioca (TORREGROZA-ESPINOSA *et al.*, 2014).

Na Figura 1 apresentam-se as curvas de secagem para o modelo Page em função da razão do teor de água e do tempo de secagem. Este modelo mostrou-se satisfatório, com elevada concordância entre valores observados e estimados para cada faixa de temperatura.

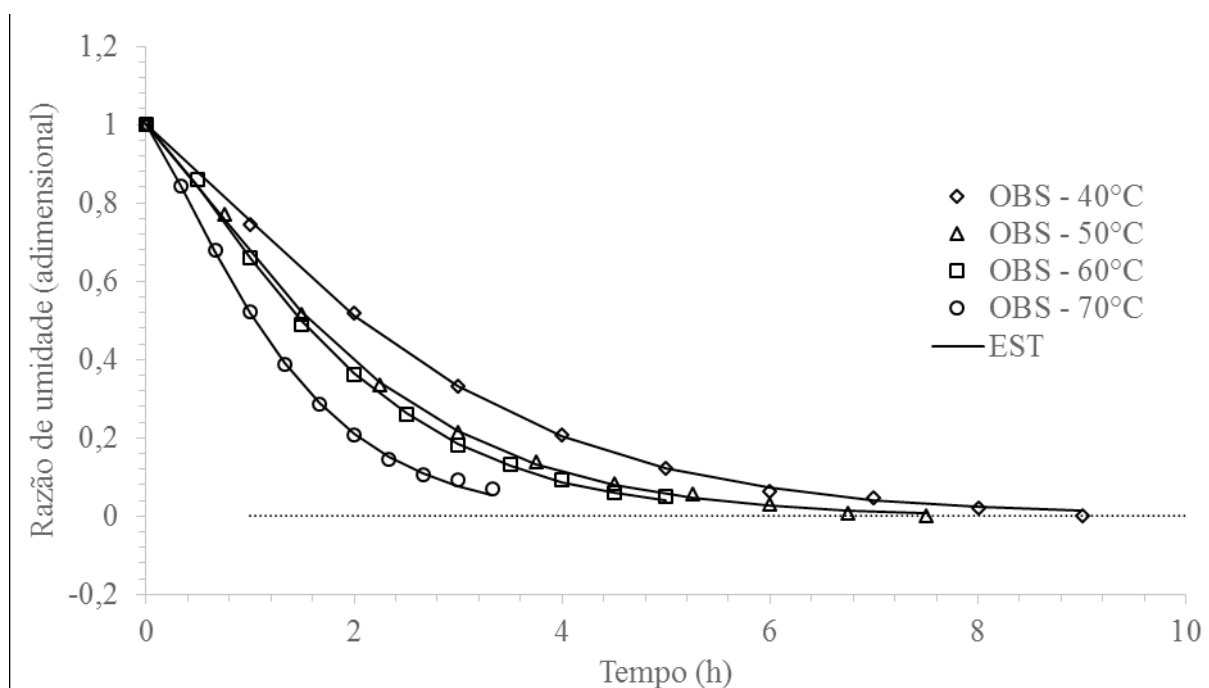


Figura 1. Curvas de secagem ajustadas ao modelo Page e os resultados experimentais observados, para grãos de quinoa Cultivar BRS Syetetuba.

Os coeficientes dos modelos matemáticos ajustados aos dados observados na modelagem das curvas de secagem em camada fina dos grãos de quinoa, para os modelos de Page, Midilli e Logarítmico são apresentados na Tabela 4.

Com a elevação da temperatura do ar de secagem, para a constante k pode-se observar tendência definida onde a mesma aumentou linearmente com o aumento da temperatura do ar de secagem, para ambos os três modelos. Estes resultados corroboram com os apresentados por Botelho et al. (2011) para fatias de cenoura, Goneli et al. (2014) para folhas de aroeira, Oliveira et al. (2012) para grãos de milho e Sousa et al. (2011) para grãos de nabo forrageiro, onde os valores de k aumentaram com a elevação da temperatura do ar de secagem. Entretanto, em relação a constante n , não houve tendência clara definida, sendo observado comportamentos específicos para cada temperatura de secagem, como também observado nos estudos de Sousa et al. (2011) e Botelho et al. (2011). A relação da constante k ao modelo de Page, em função da temperatura do ar de secagem para grãos de quinoa, pode ser descrita pela Equação 17.

$$k = 0,0115T - 0,1978 \quad (R^2 = 0,8814) \quad (17)$$

Segundo Babalis e Belessiotis (2004), a constante de secagem (k), que representa as condições externas de secagem, pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura, e está relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem, no período decrescente, e à difusão líquida que controla o processo.

CONCLUSÕES

- Os modelos de Page, Midilli e Logarítmico apresentaram os melhores coeficientes estatísticos para descrever as curvas de secagem de grãos de quinoa, em todas as temperaturas estudadas e dentre os modelos testados.
- O modelo de Page, por ser de fácil aplicação e por ter também representado de forma eficiente as curvas de secagem para as diferentes temperaturas, é recomendado para grãos de quinoa.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pesquisa.

Tabela 4. Coeficientes do modelo de Page, Midilli e Logarítmico ajustados para secagem de grãos de quinoa, Cultivar BRS Syetetuba, para diferentes temperaturas

| Temperatura | Modelo | Coeficientes Ajustados | | | | |
|-------------|-------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | a | b | c | k | n |
| 40 °C | Page | | | | 0,28033 | 1,24988 |
| | Midilli | 0,9986 | -0,0013 | | 0,28290 | 1,22339 |
| | Logarítmico | 1,0119 | | -0,0132 | 0,28111 | 1,21691 |
| 50 °C | Page | | | | 0,39368 | 1,23588 |
| | Midilli | 1,0039 | -0,0005 | | 0,39805 | 1,22154 |
| | Logarítmico | 1,0061 | | -0,0023 | 0,39703 | 1,22362 |
| 60 °C | Page | | | | 0,41580 | 1,27628 |
| | Midilli | 1,0043 | 0,0041 | | 0,42150 | 1,31324 |
| | Logarítmico | 0,9800 | | 0,0240 | 0,42748 | 1,32453 |
| 70 °C | Page | | | | 0,65757 | 1,23644 |
| | Midilli | 0,9967 | 0,0082 | | 0,67125 | 1,30013 |
| | Logarítmico | 0,9649 | | 0,0316 | 0,68649 | 1,30965 |

k: constantes de secagem (h^{-1}); n: coeficiente do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D.P.; RESENDE, O.; COSTA, L.M.; MENDES, U.C.; SALES, J.F. Cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). **Global Science and Technology**, v.2, p.72-83. 2009.

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**, Londres, v.65, n.3, p.449-458, 2004.

BOTELHO, F.M.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; MARTINS, M.M.; MAGALHÃES, F.E.A.; CAMPOS, S.C. Periods of constant and falling-rate for infrared drying of carrot slices. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.8, p.845-852, 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Equipe Técnica de Sementes e Mudanças. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, DF, 398p., 2009.

CASTIGLIONI, G.L.; DA SILVA, F.A.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M.S. Modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.9, p.987-994, 2013.

CHAYJAN, R.A.; SHADIDI, B. Modeling high-moisture faba bean drying in fixed and semi-fluidized bed condition. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.38, p.200-211, 2014.

CORRÊA, P.C.; ARAÚJO, E.F.; AFONSO JÚNIOR, P.C. Determinação dos parâmetros de secagem em camada delgada de sementes de milho doce (*ZeamaysL.*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.110-119, 2003.

COSTA, L.M.; RESENDE, O.; SOUSA, K.A.; GONÇALVES, D.N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crumbe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1089-1096, 2011.

GONELI, A. L.D.; VIEIRA, M.C.; VILHASANTI, A.C.B.; GONÇALVES, A.A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.1, p.56-64, 2014

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E.C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.03, p.301-306, 2007.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. Enthalpy-entropy compensation models for sorption and browning of garlic. **Journal of Food Engineering**, Londres, v.28, n.1, p.109-119, 1996.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S.: A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.513-518, 2005.

MORAES FILHO, F.C.; OLIVEIRA, E.L.; NÓBREGA, E.M.M.A.; OLIVEIRA, J.A.; CORREIA, R.T.P. Secagem convectiva da acerola (*Malphigiae marginata* DC.): aplicação de modelos semiteóricos. **HOLOS**, Ano 30, v.01, p.86-95, 2014.

MORAIS, S.J.S.; DEVILLA, I.A.; FERREIRA, D.A.; TEIXEIRA, I.R.: Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.455-463, 2013.

OLANIPEKUN, B.F.; TUNDE-AKINTUNDE, T.Y.; OYELADE, O.J.; ADEBISI, M.G.; ADENAYA, T.A. Mathematical modeling of thin-layer Pineapple drying. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, DOI: 10.1111/jfpp.12362, 2014.

OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T.A.S.; CAMPOS, R.C.; CHAVES, T.H. Cinética de secagem dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p.190-201, 2012.

SOUSA, K.A.; RESENDE, O.; CHAVES, T.O.; COSTA, L.M. Cinética de secagem do nabo

forrageiro (*Raphanus sativus* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.4, p.883-892, 2011.

SPEHAR, C.R.; ROCHA, J.E.S.; SANTOS, R.L.B.: Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no cerrado. Comunicação científica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.145-147, 2011.

TAPIA, M.E. **El largo camino de La quinoa: ¿quién escribieron su historia?** IN: BAZILE D. et al. (Ed.), Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): 733p. 2013.

TORREGROZA-ESPINOSA, A.M.; MONTES-MONTES, E.J.; ÁVILA-GÓMEZ, A.E.

REMOLINA-LOPEZ, J.F. Kinetic modelling of drying of three varieties of yucca industrial. **DYNA**, v.81, p.184-192, 2014.

VENTURINI, T.; BENCHIMOL, L.R.; BERTUOL, D.A.; ROSA, M.B.; MEILI, L. Estudo da secagem e extração de sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.5, n.5, p.950-959, 2012.

VIEIRA, S. **Estatística Básica**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 173p.

VILLELA, F.A.; SILVA, W.R. Curvas de secagem de sementes de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, v.49, n.1, p.145-153, 1992.