

MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DOS RESÍDUOS DE GUEROBA EM PEDAÇOS

DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA¹, DANIHANNE BORGES E SILVA², MARCOS ANTONIO ALMEIDA ROCHA³, ALEXANDRE BESERRA DOS SANTOS⁴, FERNANDO FELIPE LIMA⁵, VALDIR ALVES DOS SANTOS NETO⁶

¹ Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia, IF Goiano – Campus Rio Verde, daniel.oliveira@ifgoiano.edu.br

² Graduanda em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, danihanne.silva@estudante.ifgoiano.edu.br

³ Graduando em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, marcos.rocha@estudante.ifgoiano.edu.br

⁴ Graduando em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, alexandre.beserra@estudante.ifgoiano.edu.br

⁵ Graduando em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, fernando.felipe@estudante.ifgoiano.edu.br

⁶ Graduando em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, valdir.alves@estudante.ifgoiano.edu.br

Apresentado no

LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, descrever o processo de secagem dos resíduos de gueroba em pedaços, bem como selecionar o modelo que melhor representa a secagem. O teor de água inicial foi $2,861 \pm 0,60$ base seca (decimal, b.s.) e foram submetidas a secagem nas temperaturas de 40; 50; 60 e 70 °C até o teor de água final de 0,12 b.s.. A secagem foi realizada em uma estufa de circulação forçada com aproximadamente 50 g em cada repetição. Com os dados do teor de água, foram determinados os valores da razão de teor de água (RX) ao longo da secagem, para o ajuste de quatro modelos matemáticos de secagem. Os modelos matemáticos foram ajustados pelo método de Gauss-Newton e selecionados considerando a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), o erro médio relativo (P) e o erro médio estimado (SE). Conclui-se que o tempo de secagem diminui com a aumento da temperatura do ar de secagem e os modelos de Wang e Singh, para as temperaturas de 40 e 60 °C, e Midilli, para as temperaturas de 50 e 70 °C, apresentaram os melhores ajustes para representar a secagem dos resíduos de gueroba em pedaços.

PALAVRAS-CHAVE: *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari, Wang e Singh, Midilli.

MATHEMATICAL MODELING OF THE DRYING OF GUEROBA WASTE INTO PIECES

ABSTRACT: The aim of this work was to describe the process of drying gueroba waste into pieces, as well as selecting the model that best represents the drying. The initial moisture content was 2.861 ± 0.60 dry basis (decimal, db) and they were subjected to drying at temperatures of 40; 50; 60 and 70 °C until a final moisture content of 0.12 db. Drying was carried out in a forced circulation oven with approximately 50 g in each repetition. With the moisture content data, the values of the moisture content ratio (RX) were determined throughout drying, to adjust four mathematical drying models. The mathematical models were adjusted using the Gauss-Newton method and selected considering the magnitude of the coefficient of determination (R^2), the average relative error (P) and the estimated average error (SE). It is concluded that drying time decreases with increasing drying air temperature and the models of Wang and Singh, for temperatures of 40 and 60 °C, and Midilli, for temperatures of 50 and 70 °C, showed the best adjustments to represent the drying of the gueroba waste into pieces.

KEYWORDS: *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari, Wang e Singh, Midilli.

INTRODUÇÃO: A *Syagrus oleracea* (Martius) Beccari. (gueroba) é uma palmeira típica do Cerrado pertencente à família Arecaceae. No Brasil, a gueroba é produzida tradicionalmente em pequenas e médias propriedades, gerando renda em razão do valor socioeconômico, pela apreciação na culinária regional, além da perspectiva do potencial de utilização do óleo na área industrial (DIAS; LAUREANO & MING, 2014). O cultivo na região do cerrado brasileiro, é oportuno, uma vez que esse bioma apresenta características favoráveis sendo uma prática sustentável que promove a agrobiodiversidade no Cerrado (ISPN,2013). A secagem ou desidratação de alimentos consiste na remoção parcial da água por evaporação, utilizando condições controladas de calor, sendo este que o principal objetivo deste processo é aumentar a vida de prateleira de produtos alimentícios com a diminuição da atividade de água (FELLOWS, 2006). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi descrever o processo de secagem dos resíduos de gueroba em pedaços, bem como selecionar o modelo que melhor representa a secagem.

MATERIAL E MÉTODOS: Os resíduos de gueroba (*Syagrus oleracea* (Martius) Beccari) foram obtidas na feira municipal de Iporá, Goiás. Os resíduos foram cortados em pedaços (Figura 1). O teor de água inicial foi $2,861 \pm 0,60$ base seca (decimal, b.s.) foram submetidas a secagem nas temperaturas de 40; 50; 60 e 70 °C e umidade relativa de 20,52; 12,42; 7,74 e 3,28% respectivamente.



FIGURA 1. Resíduos de gueroba (*Syagrus oleracea* (Martius) Beccari) cortados em pedaços.

A secagem foi realizada em uma estufa de circulação forçada em recipientes metálicos usando aproximadamente 50 g. A secagem foi monitorada pela perda de massa, pesagens periódicas até atingir o teor de água final de $0,12 \pm 0,03$ b.s.. Com os dados do teor de água, foram determinados os valores da razão de teor de água (RX).

Os valores experimentais de RX foram utilizados para fazer o ajuste de quatro modelos matemáticos comumente usados para representar a cinética de secagem de diversos produtos agrícolas (Eqs. 1 – 4).

$$\text{Midilli: } RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t \quad (1)$$

$$\text{Page: } RX = \exp(-k \cdot t^n) \quad (2)$$

$$\text{Dois Termos: } RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t) \quad (3)$$

$$\text{Wang e Singh: } RX = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2 \quad (4)$$

em que: t - tempo de secagem, k e k_1 - constante de secagem, a, b e n - coeficientes dos modelos.

O ajuste dos modelos matemáticos de secagem foi realizado através da análise de regressão não linear pelo método Gauss-Newton, considerando a magnitude do coeficiente de determinação ajustado (R^2), o erro médio relativo (P) e o erro médio estimado (SE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nota-se, que a temperatura do ar de secagem tem uma influência na taxa de secagem e no tempo final de secagem dos resíduos de gueroaba em pedaços, quanto maior a temperatura, menor é o tempo que o produto é submetido a secagem (Figura 1). Este comportamento foi relatado em estudos de diversos pesquisadores: casca de abacaxi (OLIVEIRA, 2014) e frutos de jaboaticaba (SOARES et al., 2016). Na Tabela 1, estão apresentados os valores do SE, P, R^2 e os parâmetros dos modelos utilizados para seleção dos modelos matemáticos com melhor ajuste para descrever a secagem dos resíduos de gueroaba em pedaços submetidas a diferentes condições do ar de secagem.

TABELA 1. Coeficiente de determinação (R^2), erro médio relativo (P), erro médio estimado (SE) e os parâmetros dos modelos dos resíduos de gueroaba cortados em pedaços submetidos a diferentes condições do ar de secagem.

Modelo	T (°C)	SE	P (%)	R^2	Parâmetros				
					a	k	b	n	k_1
Midilli	40	0,0098	4,168	0,9991	0,9824	0,1822	-0,0049	1,0969	-
	50	0,0111	2,721	0,9989	1,0046	0,2023	-0,0234	0,9383	-
	60	0,0060	1,833	0,9997	0,9919	0,2359	-0,0121	1,1875	-
	70	0,0109	4,323	0,9993	0,9981	0,3736	-0,0469	1,1694	-
Page	40	0,0155	6,801	0,9976	-	0,1900	-	1,1406	-
	50	0,0235	12,238	0,9943	-	0,2014	-	1,1656	-
	60	0,0157	9,109	0,9978	-	0,2443	-	1,2887	-
	70	0,0255	13,487	0,9946	-	0,4385	-	1,3910	-
Dois termos	40	0,0095	4,708	0,9992	-19,329	0,1184	20,3245	-	0,1225
	50	0,0230	11,448	0,9952	40,9469	0,4231	-39,9615	-	0,4294
	60	0,0160	9,809	0,9980	74,6918	0,6284	-73,7077	-	0,6349
	70	0,0136	5,921	0,9988	27,8185	0,1517	-26,8074	-	0,1416
Wang e Singh	40	0,0128	4,118	0,9983	-0,1822	-	0,0089	-	-
	50	0,0171	5,529	0,9969	-0,1952	-	0,0099	-	-
	60	0,0053	1,490	0,9997	-0,2539	-	0,0162	-	-
	70	0,0104	4,784	0,9991	-0,3988	-	0,0349	-	-

Nota-se que todos os modelos, para todas as condições de secagem, apresentaram valores do erro médio estimado (SE) baixos, próximos de zero, e representando ajuste dos modelos. Quanto mais próximo de zero for o valor de SE, maior será a capacidade de representar o processo físico, como é o caso da secagem. Assim relatou DRAPER & SMITH (1981). Para todos os modelos foram encontrados valores de coeficiente de determinação (R^2) maiores que 0,99, fato que MADAMBA et al. (1996) relata como representação satisfatória do processo de secagem. Em relação ao erro médio relativo (P), foram obtidos valores menores que 10% para as condições de secagem nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, com exceção do modelo Page, para as temperaturas de 50 e 60 °C, e o modelo Dois Termos para a temperatura de 50 °C. Os modelos Midilli e Wang e Singh apresentaram valores menores que 10% para todas as condições de secagem, de acordo com MOHAPATRA & RAO (2005) esta é uma condição que determina um bom ajuste do modelo as condições de secagem. Desta forma, os modelos de Wang e Singh, para as temperaturas de 40 e 60 °C, e Midilli, para as temperaturas de 50 e 70 °C, podem ser utilizados para representar a secagem do resíduo de gueroaba em pedaços (Figura 2).

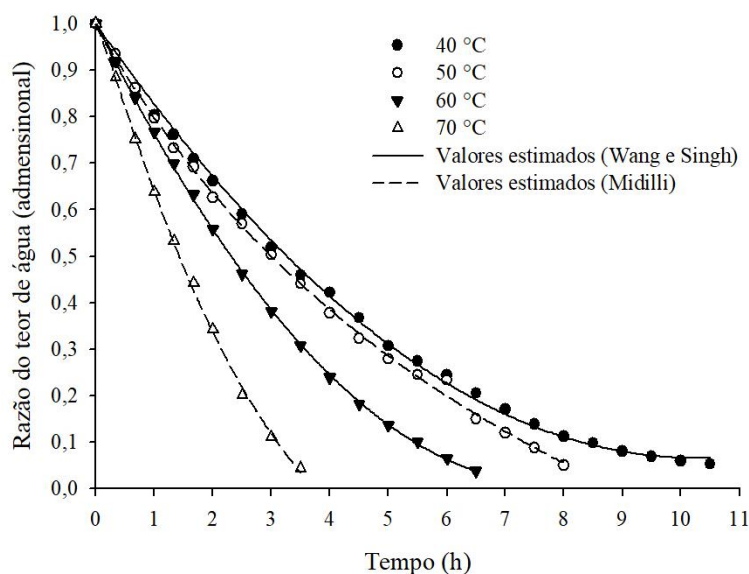


FIGURA 2. Valores da razão de teor de água estimados pelos modelos de Midilli e Wang e Singh para o processo de secagem do resíduo de gueroba cortado em pedaços submetidas a diferentes condições do ar de secagem

CONCLUSÕES: Conclui-se que o tempo de secagem diminui com a aumento da temperatura do ar de secagem e os modelos de Wang e Singh, para as temperaturas de 40 e 60 °C, e Midilli, para as temperaturas de 50 e 70 °C, apresentaram os melhores ajustes para representar a secagem dos resíduos de gueroba em pedaços.

AGRADECIMENTOS: Ao IF Goiano, CAPES, FAPEG, FINEP e CNPq pelo apoio financeiro indispensável para execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS:

- DIAS, J.E.; LAUREANO, L.C.; MING, L.C. Cadeia produtiva do óleo de amêndoas de gueroba (*Syagrus oleracea*): geração de renda para agricultores familiares e promoção da agrobiodiversidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.122-133, 2014.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. Applied regression analysis. **John Wiley & Sons**, 1998.
- FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. 2ª Edição. Porto Alegre. Artmed, 2006.
- INSTITUTO SOCIEDADE, POPULAÇÃO E NATUREZA (ISPN). **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da gueroba**. Vários autores. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, p.84, 2013.
- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. Thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v. 29, n. 1, p. 75-97, 1996.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.4, p.513-518, 2005.
- OLIVEIRA, D. E. C. DE; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; SOUSA, K. A.; SMANIOTTO, T. A. DE S. Mathematical modeling and thermodynamic properties for drying soybean grains. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1. p. 31-38, 2014.
- SOARES, D. S. C.; SANTOS, J. T. S.; LIMA, L. A. L. C.; NUNES, T. P.; CHAVES, A. C. S. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M. de. Avaliação dos modelos de processos de secagem da jabuticaba in natura com o uso de indicadores de desempenho. **XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Fortaleza, CE, 2016.