

MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE CASCA DE MANDIOCA

ALEXANDRE BESERRA DOS SANTOS¹, DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA², DANIHANNE BORGES E SILVA³, MARCOS ANTONIO ALMEIDA ROCHA⁴, FERNANDO FELIPE LIMA⁵, VIVIANE PATRÍCIA ROMANI⁶

¹ Graduando em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, alexandre.beserra@estudante.ifgoiano.edu.br

² Doutorado em Ciências Agrárias – Agronomia, IF Goiano – Campus Rio Verde, daniel.oliveira@ifgoiano.edu.br

³ Graduanda em Agronomia, IF Goiano – Campus Iporá, danihanne.silva@estudante.ifgoiano.edu.br

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

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

⁶ Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos, IF Goiano – Campus Iporá, vivianepatriciaronani@gmail.com

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: Em meio aos processos de pós-colheita utilizados para a manutenção da qualidade de produtos agrícolas, a secagem destaca-se como forma de reduzir a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento. Desta forma, este trabalho visou ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem de casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em diversas condições de ar. O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal Goiano – Campus Iporá. As cascas de mandioca foram obtidas na feira municipal de Iporá, Goiás. Os resíduos foram cortados em pedaços e o teor de água inicial foi $2,421 \pm 0,195$ base seca (decimal, b.s.) foram submetidas a secagem nas temperaturas de 40; 50; 60 e 70 °C e umidade relativa de 23,32; 14,12; 9,12 e 5,99% respectivamente. A secagem foi monitorada pela perda de massa, pesagens periódicas até atingir o teor de água final de $0,12 \pm 0,029$ b.s.. Verificou-se que o tempo de secagem reduz com o aumento da temperatura, sendo que o tempo de secagem para a temperatura de 40 °C foi de 27,0 horas e para a de 70 °C foi de 8,5 horas. Dentre os modelos analisados, o modelo Midilli foi o selecionado para representar o fenômeno de secagem.

PALAVRAS-CHAVE: *Manihot esculenta* Crantz, Midilli, teor de água.

MATHEMATICAL MODELING OF CASSAVA PEEL DRYING

ABSTRACT: Among the post-harvest processes used to maintain the quality of agricultural products, drying stands out as a way to reduce biological activity and the chemical and physical changes that occur during storage. Therefore, this work aimed to adjust different mathematical models to experimental data on the drying of cassava peel (*Manihot esculenta* Crantz) in different air conditions. The experiment was developed at the Instituto Federal Goiano – Campus Iporá. The cassava peels were obtained from the municipal fair in Iporá, Goiás. The residues were cut into pieces and the initial moisture content was 2.421 ± 0.195 dry basis (decimal, db) and were subjected to drying at temperatures of 40; 50; 60 and 70 °C and relative humidity of 23.32; 14.12; 9.12 and 5.99% respectively. Drying was monitored by mass loss, periodic weighing until reaching the final moisture content of 0.12 ± 0.029 b.s.. It was found that the drying time reduces with increasing temperature, and the drying time for the temperature at 40 °C it was 27.0 hours and for 70 °C it was 8.5 hours. Among the models analyzed, the Midilli model was selected to represent the drying phenomenon.

KEYWORDS: *Manihot esculenta* Crantz, Midilli, moisture content.

INTRODUÇÃO: A cultura da mandioca tem grande importância econômica e pode ser consumido por humanos e animais. Também servi como matéria prima para inúmeros produtos e possui um grande valor energético que contribui com um importante papel no regime nutricional. Com um aumento na produção de alimentos, identifica-se também a maior geração de resíduos, desta forma, diversos estudos estão sendo realizados a fim de criar soluções para diminuir ou eliminar os problemas ambientais gerados pelas agroindústrias de alimentos (COSTA FILHO et al., 2017). A desidratação dos resíduos tem-se tornado uma opção para o aproveitamento e introdução em produtos processados, como, bolos, biscoitos, pão, iogurtes, sorvetes entre outros. Em meio aos processos de pós-colheita utilizados para a manutenção da qualidade de produtos agrícolas, a secagem destaca-se como forma de reduzir a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento (RESENDE et al., 2008). No entanto, durante a secagem em condições de temperatura e umidade relativa do ar que geram elevadas taxas de remoção de água, podem afetar substancialmente a qualidade do produto. Considerando a importância do estudo teórico do processo de secagem dos produtos agrícolas, no presente trabalho objetivou-se ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem de casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em diversas condições de ar.

MATERIAL E MÉTODOS: As cascas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) foram obtidas na feira municipal de Iporá, Goiás. Os resíduos foram cortados em pedaços e o teor de água inicial foi $2,421 \pm 0,195$ base seca (decimal, b.s.) foram submetidas a secagem nas temperaturas de 40; 50; 60 e 70 °C e umidade relativa de 23,32; 14,12; 9,12 e 5,99% respectivamente. A secagem foi realizada em uma estufa de circulação forçada em recipientes metálicos usando aproximadamente 100 g. A secagem foi monitorada pela perda de massa, pesagens periódicas até atingir o teor de água final de $0,12 \pm 0,029$ 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 secagem de diversos produtos agrícolas (Eqs. 1 – 4).

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

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

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

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

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: Na Tabela 1, observa-se que em todos os modelos utilizados, nas quatro temperaturas de secagem, os ajustes apresentaram valores do erro médio estimado (SE) próximos de zero, indicando um bom ajuste dos modelos aos dados experimentais. Segundo DRAPER & SMITH (1998), quanto mais próximo de zero for o valor de SE, melhor é a sua capacidade de representar adequadamente um processo físico, neste caso a secagem. Verifica-se também que para todos os modelos e condições de secagem, com exceção do modelo de Page para as temperaturas de secagem de 40 e 60 °C e Wang e Singh para a temperatura de 60 °C, foram encontrados valores do coeficiente de determinação (R^2) maiores que 0,99. Maiores valores de R^2 indicam melhor representação do modelo ao fenômeno em estudo, no entanto, este não pode ser levado como critério principal para estimativas não-lineares.

TABELA 1. Coeficiente de determinação (R^2), erro médio relativo (P), erro médio estimado (SE) e os parâmetros dos modelos de casca de mandioca 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	0,0067	2,545	0,9994	0,9835	0,0507	-0,0130	0,9007	-
	50	0,0067	1,541	0,9995	0,9960	0,0628	-0,0106	1,1557	-
	60	0,0121	4,618	0,9980	0,9988	0,1683	-0,0489	0,2705	-
	70	0,0127	2,325	0,9985	1,0053	0,2137	-0,0171	0,9680	-
Page	40	0,0307	14,451	0,9863	-	0,0442	-	1,1860	-
	50	0,0197	9,145	0,9953	-	0,0571	-	1,3392	-
	60	0,0450	15,890	0,9696	-	0,1354	-	1,0252	-
	70	0,0231	12,656	0,9943	-	0,2015	-	1,1763	-
Dois termos	40	0,0250	12,290	0,9915	144,179	0,131	-143,229	-	0,1310
	50	0,0084	2,182	0,9992	107,118	0,032	-106,105	-	0,0320
	60	0,0245	4,330	0,9918	103,333	0,032	-102,424	-	0,0310
	70	0,0136	3,111	0,9983	88,485	0,112	-87,484	-	0,1107
Wang e Singh	40	0,1640	3,723	0,9961	-0,0548	-	0,0007	-	-
	50	0,0080	1,889	0,9992	-0,0858	-	0,0016	-	-
	60	0,0436	9,831	0,9715	-0,1115	-	0,0033	-	-
	70	0,0181	6,895	0,9965	-0,1977	-	0,0103	-	-

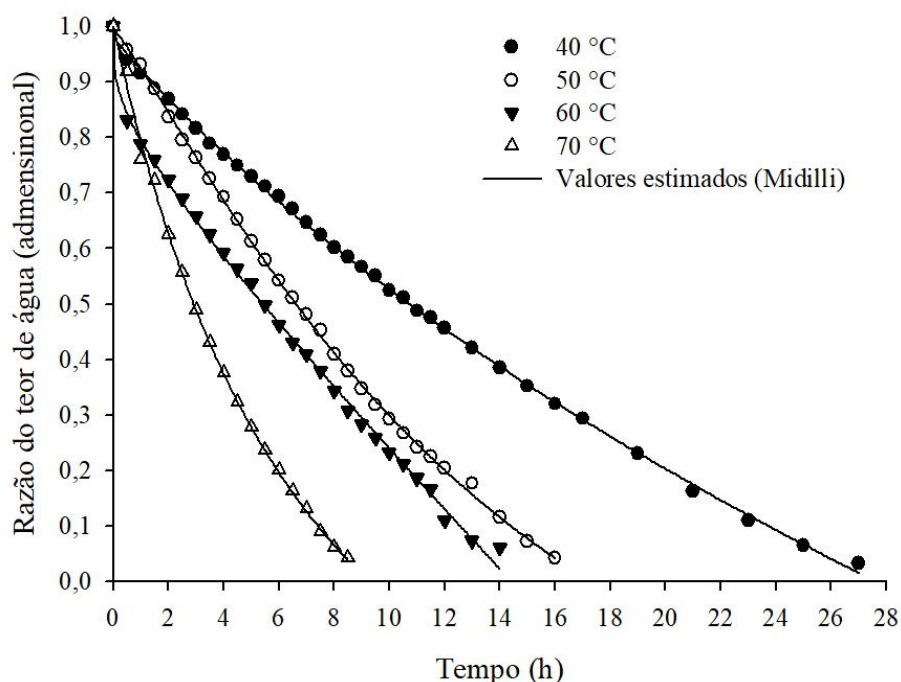


FIGURA 1. Valores da razão de teor de água experimental e estimados pelo modelo de Midilli para o processo de secagem de casca de mandioca cortado em pedaços submetidas a diferentes condições do ar de secagem

Em relação ao erro médio relativo (P), nota-se que o modelo de Midilli apresentou menores valores para todas as temperaturas de secagem; além deste, o modelo de Dois termos apresentou valores para P inferiores a 10%, para todas as temperaturas. Para MOHAPATRA & RAO (2005), esta é uma condição que determina bom ajuste do modelo às condições de

secagem. O modelo de Midilli foi o que obteve os melhores ajustes às condições de secagem. O modelo selecionado demonstra bom ajuste para descrever o processo de secagem de casca de mandioca, apresentando uma boa aproximação entre os valores observados e estimados (Figura 1).

CONCLUSÕES: Verificou-se que o tempo de secagem reduz com o aumento da temperatura, sendo que o tempo de secagem para a temperatura de 40 °C foi de 27,0 horas e para a de 70 °C foi de 8,5 horas. Dentre os modelos analisados, o modelo Midilli foi o selecionado para representar o fenômeno de secagem.

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

REFERÊNCIAS:

- COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, COINTER–PDVAgro 2017.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. Applied regression analysis. **John Wiley & Sons**, 1998.
- 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.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.