

AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS DE SECAGEM DO ARROZ EM FUNÇÃO DA CLASSE E DA TEMPERATURA

**Guilherme dos Santos Tedesco¹; Estevan Alcântara Huckembeck²; Rafael de Lima
Rodrigues Chiquine³; Larissa Thaís Prediger⁴; Ricardo Scherer Pohndorf ⁵.**

¹ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: guilhermetedesco42@gmail.com.

² Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: estevanhuckembeck@gmail.com.

³ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: rafael04942@gmail.com.

⁴ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: larissathais.prediger@hotmail.com.

⁵ Professor de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail: ricardoscherer.eng@gmail.com.

RESUMO

O arroz é um alimento de grande importância nutricional e econômica, cuja preservação pode ser ampliada pelo processo de secagem, garantindo maior tempo de prateleira e qualidade para o consumo. Neste estudo, foram analisadas as cinéticas de secagem de duas classes de arroz (longo fino e curto), submetidas a temperaturas de 35 °C e 45 °C, utilizando os modelos matemáticos de Lewis, Page, Midilli e Henderson & Pabis. A avaliação baseou-se no comportamento do coeficiente de secagem K e o ajuste dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação (R^2) e erro médio relativo (EMR). Os resultados mostraram que o modelo de Page destacou-se por apresentar altos valores de R^2 e baixo erro médio relativo.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos mais importantes do mundo, base da dieta de milhões de pessoas, e um produto de grande relevância econômica, consumido regularmente em quantidades importantes da dieta e das necessidades de energia e nutrientes (DOMENE et al., 2021). Uma boa nutrição é nossa primeira defesa contra doenças e nossa fonte de energia para viver e ser ativo (FAO, 2025).

Nesse contexto que se torna importante utilizar métodos que venham a preservar os alimentos e fazer com que esses aumentem seu tempo de prateleira (LEONARD; AZEVEDO, 2018). Um desses métodos é a secagem, essencial para garantir a qualidade dos grãos por longos períodos (CELESTINO, 2010). O comportamento cinético da secagem de fundamental importância para a modelagem matemática (ALMEIDA et al, 2015). Além disso, tem sido

empregado nos projetos e na análise de processos de transferência de calor e massa durante a secagem, permitindo uma compreensão aprofundada e a otimização dessas operações (SILVIA, 2024).

Este trabalho possui como objetivo avaliar modelos de secagem para genótipos de classes distintas da cultura do arroz (longo fino e curto) e analisar a influência da temperatura de secagem nas constantes dos modelos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas dependências da Universidade Federal de Pelotas, no Centro de Engenharias, Laboratório de Engenharia de Pós-colheita do curso de Engenharia Agrícola e foi dividido em dois momentos. No primeiro momento foram realizadas as secagens dos grãos de arroz dos genótipos de classes distintas: longo fino (IRGA 424) e curto (Formosa) em duas temperaturas de secagem (35 e 45°C).

Para a secagem foi utilizado um secador de amostras com aquecimento do ar realizado por um conjunto de lâmpadas incandescentes de 250W cada. Durante este processo foi realizado a retirada de amostra para a obtenção do teor de umidade contida na massa da amostra de grãos, com o medidor de umidade por capacitância (GAC2100, DICKEY-john®, EUA).

Foram avaliados os modelos de Lewis, Midilli, Page e Henderson & Pabis (Equações 1-4), respectivamente.

$$MR = \exp(-k \cdot t) \quad \text{Eq. 1}$$

$$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t \quad \text{Eq. 2}$$

$$MR = \exp(-k \cdot t^n) \quad \text{Eq. 3}$$

$$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) \quad \text{Eq. 4}$$

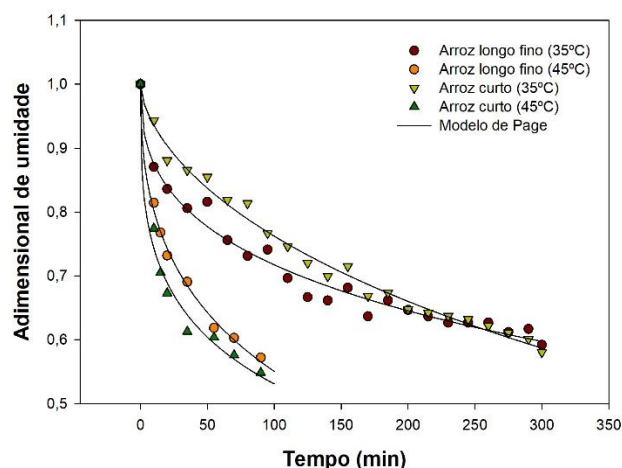
sendo: MR o adimensional de umidade, k a constante da taxa de secagem, t o tempo e a , b e n parâmetros dos modelos.

Os modelos de regressão não linear foram avaliados pelos coeficientes de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado) e erro médio relativo (EMR).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o adimensional de umidade dos grãos de arroz em função da classe e da temperatura de secagem.

Figura1. Secagem de arroz das classes curto e longo fino em diferentes temperaturas.



Foi possível observar a forte influência da temperatura na secagem dos grãos, onde a secagem a 45°C foi três vezes mais rápida do que a secagem a 35°C. Entretanto para o arroz, a qualidade evidenciada pelo rendimento de grãos inteiros determina a velocidade do processo. Taxas de secagem elevada resultam em alto percentual de grãos quebrados. Na secagem a 35°C, foi observado que grãos da classe longo fino secaram mais rapidamente do que os grãos da classe longo. A Tabela 1 apresenta os valores do ajuste dos modelos ao dados experimentais de secagem de arroz.

Tabela 1. Ajuste dos modelos de secagem de arroz em função do genótipo e da temperatura de secagem.

	Classe longo fino		Classe curto	
	35°C	45°C	35°C	45°C
<i>Modelo de Lewis</i>				
k	0,0022	0,0084	0,0021	0,0039
R ²	0,6236	0,6133	0,8917	0,3474
R ² ajustado	0,6057	0,5488	0,8865	0,2386
ARE (%)	9,0760	9,8449	1,5048	14,7187
<i>Modelo de Page</i>				
k	0,0529	0,0810	0,0161	0,1386
n	0,3989	0,4336	0,6134	0,3298
R ²	0,9774	0,9963	0,9919	0,9860
R ² ajustado	0,9742	0,9957	0,9907	0,9840
ARE (%)	1,6545	0,9577	1,2225	1,9259
<i>Modelo de Henderson</i>				
a	0,8966	0,8888	0,9403	0,8475
k	0,0016	0,0060	0,0017	0,0062
R ²	0,8069	0,8341	94,9590	0,7098
R ² ajustado	0,7793	0,8104	0,9817	0,6683
ARE (%)	5,4261	4,5551	2,9131	8,3039
<i>Modelo de Midilli</i>				
a	1,0262	1,0002	0,9983	1,0010
k	0,0594	0,0656	0,0135	0,0937
n	0,4013	0,5366	0,6669	0,5146
b	0,0001	0,0010	0,0002	0,0019
R ²	0,9821	0,9974	0,9920	0,9915
R ² ajustado	0,9793	0,9955	0,9909	0,9864
ARE (%)	1,5468	0,7769	1,1861	1,7630

Ao analisar a constante de secagem k notou-se um aumento nos seus valores quando os grãos são expostos a temperaturas mais altas para ambas as classes. Isto se dá, pois com a elevação da temperatura a tendência é de aumento na taxa de remoção de água dos grãos. Está mesma tendência foi observada por Almeida et al. (2015).

A análise dos modelos ajustados para a secagem de arroz mostrou que os modelos de Page e Midilli apresentaram os maiores valores de coeficiente de determinação e os menores erros médios relativos (EMR). O modelo de Midilli apresenta quatro parâmetros, sendo um modelo semi-empírico combinando uma base teórica com a necessidade de ajuste de coeficientes a partir de dados experimentais, o que facilita o ajuste pelo número de parâmetros. Já o modelo de Page é também considerado um modelo semi-empírico, porém somente dois parâmetros. O coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajust.) auxilia na comparação entre modelos com número de parâmetros diferentes. Com base nesta análise, o modelo de Page foi o que mais se ajustou aos dados de secagem de arroz, embora com os valores estatísticos muito próximos do modelo de Midilli.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo foi possível avaliar quatro modelos de secagem de arroz em função de diferentes genótipos e temperaturas diferentes de secagem. A análise da constante de secagem evidenciou a alta influência da temperatura na constante da taxa de secagem. Os grãos de arroz da classe longo-fino secaram mais rapidamente que os grãos da classe curto, em temperatura mais baixa (35°C), evidenciado pela constante da taxa de secagem. O modelo de Page apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais para a secagem de arroz.

5. REFERÊNCIAS

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **Nutrition** [Portal Online]. Roma: FAO, 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/nutrition/en/>. Acesso em: 16 set. 2025.

LEONARDI, Jéssica Gabriela; AZEVEDO, Bruna Marcacini. Métodos de conservação de alimentos. 2018.

CELESTINO, Sonia Maria Costa. Princípios de secagem de alimentos. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, p. 51, 2010.

ALMEIDA, F. N. C. et al. Cinética da secagem da semente de Moringa oleífera LAM. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS-ENEMP**. 2015. p. 1-10.

SILVA, Maria Natália Lima. Cinética de secagem convencional e por micro-ondas da polpa do fruto macaúba (*Acrocomia aculeata*). 2024.

DOMENE, S.; GHEDINI, N. S. R. V.; STELUTI, J. Importância nutricional do arroz e do feijão. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**, p. 147-163, 2021.