

# Modelagem Da Perda De Umidade Da Banana Durante O Processo De Secagem

J. P. Wojeicchowski<sup>1</sup>, A. P. Ramos<sup>2</sup>, J. S. Sousa<sup>1</sup>, L. G. Maciel<sup>1</sup>, M. M. Pariona<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil

<sup>2</sup>Universidad Peruana Unión, Juliaca, Peru

## Abstract

A secagem é uma operação muito comum na indústria de alimentos e visa a diminuição da quantidade de água do produto. Além de prolongar a conservação, altera as características do alimento, tornando-o um novo produto, também reduz os gastos com transporte e estocagem. Em termo de operação unitária, trata-se de um fenômeno multifísico que envolve transferência simultânea de massa e calor. Por meio de modelos é possível prever o comportamento do processo, sem demandar elevado custo e mão-de-obra. O objetivo deste trabalho foi conduzir a secagem de bananas e modelar a perda de umidade em função do tempo com os modelos empíricos e também com o software COMSOL Multiphysics® e definir os coeficientes convectivo de transferência de massa e difusivo. Para o estudo, bananas Caturra inteiras (comprimento médio de 13 cm e diâmetro médio de 3,8 cm) foram secas em estufa com circulação de ar a 60°C. Foram feitos ajustes matemáticos da perda de umidade pelos modelos de Peleg, Page, Lewis, Hend-Pabis, Weibull, além do Modelo Difusivo para geometria cilíndrica. De modo paralelo, utilizou-se o COMSOL para a simulação, envolvendo as Equações de Fourier e a Segunda Lei de Fick. Partiu-se do pressuposto que as frutas permanecem imóveis dentro da estufa, possuem forma cilíndrica e que não houve geração de calor ou massa nem consumo de massa. Para as condições de contorno de transferência de calor e massa foram considerados fluxo nulo na região de simetria e condição convectiva na superfície do produto, também foi determinada a umidade inicial da banana, expressa na forma de Concentração de água [mol/m<sup>3</sup>]. A simulação foi conduzida de 0 a 40800 segundos, intervalos de cálculo de 60 s, em uma malha Extra-fina. Foram gerados gráficos 3D para entendimento da distribuição da umidade ao longo da secagem, e gráficos 1D para obtenção da curva de umidade em função do tempo. Com os dados exportados foi possível propor a validação numérica do modelo. Quanto a validação física, a alteração do refino da malha não influenciou no resultado obtido. Em relação a comparação dos resultados numéricos obtidos pelo COMSOL com os experimentais, obteve-se um R<sup>2</sup> de 0,91, atrelado a um erro absoluto baixo (valor teórico - valor calculado) dentre as 15 simulações efetuadas variando o coeficiente convectivo de transferência de massa. O ajuste feito utilizando a segunda Lei de Fick para cilindros resultou num coeficiente de correlação próximo (0,94) ao obtido com os dados do COMSOL. O Coeficiente convectivo de transferência de massa e o Coeficiente difusivo obtidos foram, respectivamente 1,19.10<sup>(-7)</sup> m/s e 1,89.10<sup>(-9)</sup> m<sup>2</sup>/s . Considerando as aproximações feitas, como adaptação da forma geométrica e propriedades como volume, densidade e calor específico sendo considerados constantes, o resultado obtido com a validação pode ser considerado satisfatório.

## Reference

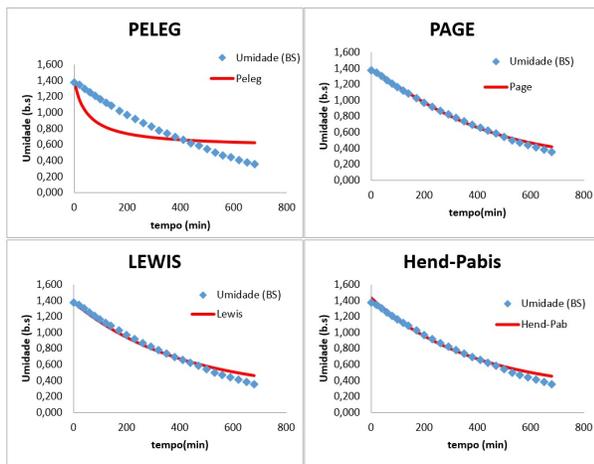
Dionísio, Borsato et. Al. Modeling and simulation of the osmotic dehydration process of pineapple's pieces using the finite element method. *Química Nova*. V 32, p.10 (2009).

Dionísio, Borsato et. Al. Modelagem e simulação da difusão multicomponente durante a desidratação osmótica em pedaços de melão.

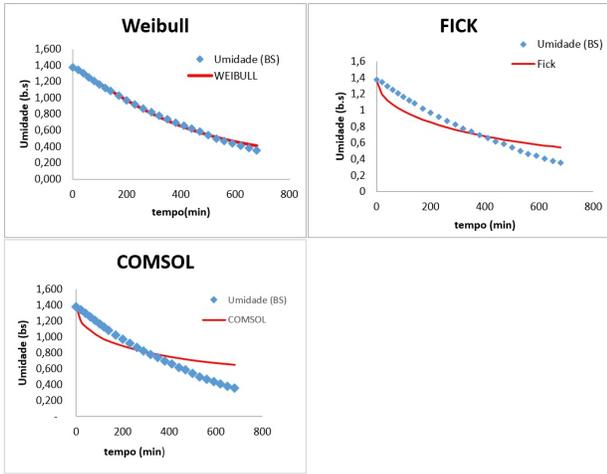
Camila, Perussello. Análise numérica e experimental da secagem osmo-convectiva do Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). Tese de Doutorado . UFPR (2013). *Alim. Nutr.* V 22 p.10 (2011).

Juliana, de Mattos. Banco de dados de propriedades termofísicas de produtos hortícolas. Dissertação de mestrado. UNICAMP (2007).

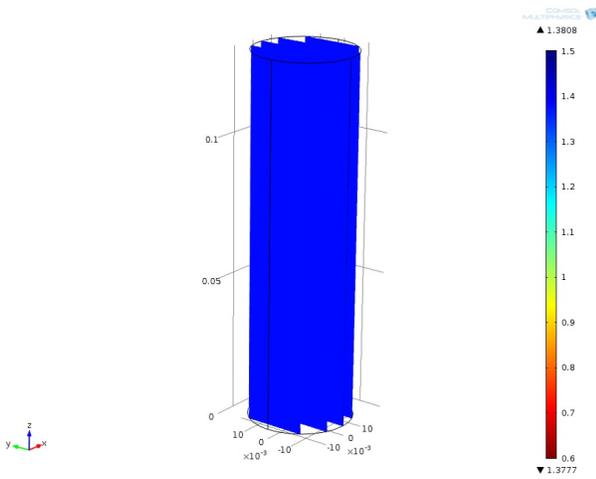
## Figures used in the abstract



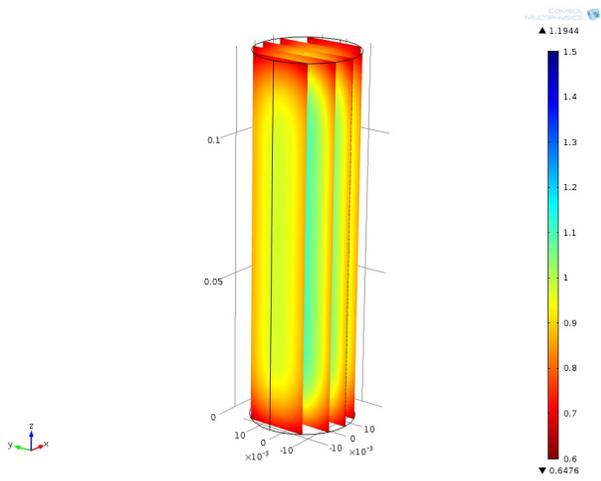
**Figure 1:** Modelos de Peleg, Lewis, Page e Hend- Pabis em comparação com os dados experimentais.



**Figure 2:** Modelos de Weibull, Fick e COMSOL em comparação com os dados experimentais.



**Figure 3:** Perfil da umidade na banana no tempo inicial de secagem.



**Figure 4:** Perfil da umidade na banana no tempo final de secagem.