

## ISOTERMAS DE DESSORÇÃO E CALOR ISOSTÉRICO DE GRÃOS DE NIGER

(*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.)

FERNANDA PIMENTEL DA SILVA<sup>1</sup>, VALDINEY CAMBUY SIQUEIRA<sup>2</sup>,  
LARISSA CAPOANA PAGNONCELI<sup>3</sup>, ALVARO LUIS MACHADO DALLA  
MARTHA<sup>3</sup>, RAFAEL ARAUJO LEITE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, (67)981491864, [fehimentel@hotmail.com](mailto:fehimentel@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor Adjunto FCA, Universidade Federal da Grande Dourados, (67)981366693, [vcambuy@yahoo.com](mailto:vcambuy@yahoo.com)

<sup>3</sup> Aluno (a) de graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Grande Dourados, (67)999192061, 996312339, 999679053, [larissacapoana@hotmail.com.br](mailto:larissacapoana@hotmail.com.br), [alvaroluis2@hotmail.com.br](mailto:alvaroluis2@hotmail.com.br), [rafael\\_araujo\\_leite@hotmail.com](mailto:rafael_araujo_leite@hotmail.com)

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** O conhecimento dos isotermas de dessecção e do calor isostérico integral de dessecção é de fundamental importância para o desenvolvimento de processos agrícolas. Objetivou-se, com o presente trabalho, determinar as isotermas de dessecção dos grãos de niger, para diferentes condições de temperatura e atividades de água, ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, selecionando aquele que melhor representa o fenômeno, bem como calcular o calor isostérico para o produto. A higroscopicidade foi determinada pelo método estático gravimétrico, nas temperaturas de 30, 35 e 40 °C e atividades de água entre 0,07 e 0,79 (decimal). Aos dados experimentais, foram ajustados os modelos matemáticos frequentemente utilizados para representação da higroscopicidade de produtos agrícolas. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que: a atividade de água aumenta conforme o teor de água é elevado; com base nos parâmetros estatísticos, os modelos de Chung e Pfof, Henderson modificado, Oswin, Sabbah, Sigma Copace, Halsey, Smith e Copace foram satisfatórios para representação do fenômeno de dessecção dos grãos de niger; o calor isostérico integral de dessecção aumenta de acordo com a redução do teor de água, e seus valores apresentaram variação de 2539,62 a 3081,48 kJ kg<sup>-1</sup>, na faixa de teor de água de equilíbrio de 0,020 a 0,122 (decimal b.s.).

**PALAVRAS-CHAVE:** equilíbrio higroscópico, modelagem matemática, teor de água de equilíbrio.

## DESORPTION ISOTHERMS AND ISOSTERIC HEAT OF THE NIGER GRAINS

(*Guizotia abyssinica* (L. F.) Cass.)

**ABSTRACT:** The knowledge of the desorption isotherms and the heat of isosteric desorption is important for the development of agricultural processes. The aim of this work was to determine the desorption isotherms of the niger grains, for different temperature conditions and water activities, to adjust different mathematical models to the experimental data, selecting the one that best represents the phenomenon, as well as calculating the heat isosteric for the product. The hygroscopicity was determined by the gravimetric static method, at temperatures of 30, 35 and 40 °C and water activities between 0.07 and 0.79 (decimal). To the experimental data, the mathematical models frequently used to represent the hygroscopicity of agricultural products were adjusted. From the obtained results, it was concluded that: the water activity increases as the water content is high; based on the statistical parameters, the models of Chung and Pfof, modified Henderson, Oswin, Sabbah, Sigma Copace, Halsey, Smith and Copace were satisfactory to represent the phenomenon of desorption of the niger

grains; the total isosteric desorption heat increased according to the reduction of the water content, and its values varied from 2539.62 to 3081.48 kJ kg<sup>-1</sup>, in the range of equilibrium moisture content of 0.020 to 0.122 (decimal bs ).

**KEYWORDS:** Hygroscopic equilibrium, mathematical modeling, equilibrium moisture content.

## INTRODUÇÃO

O niger, assim como outros produtos agrícolas, apresenta capacidade de ceder ou adsorver água do ambiente, buscando o equilíbrio entre seu conteúdo de água e as condições do ar que o circunda. Neste contexto, a temperatura e a umidade relativa do ar desempenham importante função na minimização de perdas de qualidade do produto (BORGES et al., 2009).

Uma isoterma de sorção ou curva de umidade de equilíbrio descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura (RESENDE et al., 2006). A partir das isotermas de sorção torna-se possível realizar análises do comportamento de sorção em sistemas biológicos, em relação ao calor isostérico (THYS et al., 2010).

Diante da importância do conhecimento da higroscopicidade dos produtos agrícolas para processos de secagem, objetivou-se obter as isotermas de dessorção e o calor isostérico de dessorção dos grãos de niger ajustando diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais, selecionando aquele que melhor representa o fenômeno.

## MATERIAL E MÉTODOS

O teor de água inicial do produto foi aproximadamente 0,56 (decimal base seca). A dessorção dos grãos de niger foi realizada pelo método estático em condições controladas de temperatura (30, 35 e 40 °C) e umidade relativa entre 7 e 78,9%.

As amostras foram envolvidas em tecido permeável (voile), permitindo a troca de vapor de água e colocadas no interior dos dessecadores contendo soluções saturadas de sais.

Aos dados experimentais do teor de água de equilíbrio obtidos para cada condição do ar foram ajustados os modelos matemáticos frequentemente utilizados na representação da higroscopicidade de produtos agrícolas.

Para o ajuste de modelos matemáticos foi realizada análise de regressão não linear, pelo método Gauss Newton, utilizando-se o programa Statística 8.0. Para verificar o grau de ajuste de cada modelo foram consideradas as magnitudes do desvio padrão da estimativa (SE), do erro médio relativo (P) e do coeficiente de determinação R<sup>2</sup>.

$$P = \frac{100}{n} \sum \left( \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (1)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (2)$$

em que, Y- valor observado experimentalmente;  $\hat{Y}$  - valor calculado pelo modelo; n: número de observações experimentais; e GLR - graus de liberdade do modelo (número de observações menos número de parâmetros do modelo).

Os valores de atividade de água, temperatura e teor de água de equilíbrio foram obtidos a partir das isotermas de dessorção dos grãos de niger utilizando o modelo de melhor ajuste aos dados experimentais. Obteve-se o calor isostérico integral de sorção adicionando-se aos valores de calor isostérico líquido de sorção, o valor do calor latente de vaporização da água livre, como segue na Equação 3.

$$Q_{st} = \Delta h_{st} + L = a \cdot \exp(-bXe^*) + L \quad (3)$$

em que,  $Q_{st}$  - calor isostérico integral de sorção,  $\text{kJ kg}^{-1}$ ;  $L$  - calor latente de vaporização da água livre,  $\text{kJ kg}^{-1}$ ; e  $a$ ,  $b$  - coeficientes do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são apresentados os modelos ajustados aos valores de teor de água de equilíbrio higroscópico, para grãos de niger, obtidos por dessorção, para diferentes condições de temperatura e atividade de água.

TABELA 2. Coeficientes dos modelos ajustados aos teores de água de equilíbrio higroscópico para grãos de niger com seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), desvio padrão da estimativa (SE) e erro médio relativo (P).

Modelos	Coeficientes			$R^2$	SE Decimal	P (%)
	a	b	c			
BET	226,7426*	34,8798*	-	0,9610	0,009	12,82
Chung e Pfof	0,2345*	0,0397*	46,7968 <sup>NS</sup>	0,9944	0,004	5,25
Copace	-3,4241*	0,0048*	1,8586*	0,9939	0,004	6,59
Coparri	1,6560 <sup>NS</sup>	0,4453 <sup>NS</sup>	-1,8218*	0,9275	0,013	20,48
Henderson Mod.	-0,0003*	-2,48x10 <sup>5</sup> *	1,7872*	0,9922	0,004	6,71
Oswin	0,0819*	-0,0003*	2,4901*	0,9970	0,003	4,12
Sabbah	0,3602*	0,7780*	0,2766	0,9922	0,006	9,80
Sigma Copace	-4,4443*	0,0031 <sup>NS</sup>	1,1125*	0,9890	0,005	8,71
Halsey	-4,9487*	0,0044 <sup>NS</sup>	1,7512*	0,9936	0,004	6,62
Smith	0,0381*	0,0003*	0,0612*	0,9947	0,004	5,91

\*significativo a 0,05 pelo teste t, <sup>NS</sup> não significativo

Analisando o desvio padrão da estimativa (SE), nota-se que os menores valores ocorrem para os modelos de Chung e Pfof, Copace, Henderson Modificado, Oswin, Halsey e Smith. Utilizou-se o de Copace, para representar a dessorção dos grãos de niger, por ser um modelo simples e que apresenta alto coeficiente de determinação e baixos valores de SE e P.

Na Figura 1, observa-se que há incremento na atividade de água conforme o teor de água é elevado.

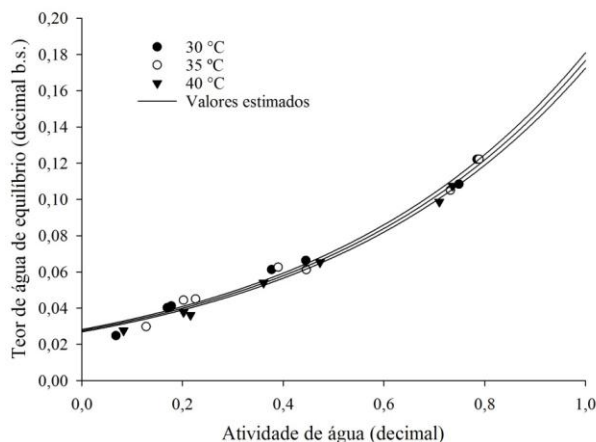


FIGURA 1. Valores experimentais de teor de água de equilíbrio e isothermas de dessorção estimadas pelo modelo de Copace para grãos de niger, em diferentes condições de temperatura e atividades de água.

Na Figura 2, são apresentados os valores do calor isostérico integral de dessorção em função do teor de água de equilíbrio (decimal b.s.)

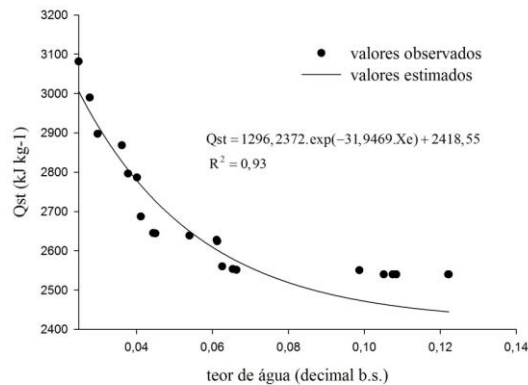


FIGURA 2. Valores experimentais e estimados do calor isostérico integral de dessorção (Qst) estimados em função do teor de água de equilíbrio dos grãos de niger.

O calor isostérico integral de dessorção dos grãos de niger é dependente do teor de água, mostrando que com a redução do teor de água é necessário maior quantidade de energia para a retirada de água do produto. O calor isostérico requerido para a remoção de água dos grãos de niger para a faixa de teor de água de equilíbrio de 0,020 a 0,122 (decimal b.s.) variou de 3081,48 a 2539,62 kJ kg<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

Os modelos de Chung e Pfof, Henderson modificado, Oswin, Sabbah, Sigma Copace, Halsey, Smith e Copace foram satisfatórios para representação do fenômeno de dessorção dos grãos de niger; A atividade de água aumenta conforme o teor de água é elevado; O calor isostérico integral de dessorção aumenta de acordo com a redução do teor de água de equilíbrio.

## REFERÊNCIAS

- BORGES, S.; BORGES, E.E.L.; CORREA, P.C.; BRUNE, A. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Florestalis**, v.37, n.84, p.475-481, 2009.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RIBEIRO, D.M. Isothermas e calor isostérico de sorção do feijão. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.26, n.3, p.626-631, 2006a.
- THYS, R. C. S. et al. Adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch and thermodynamic analysis. *Journal of Food Engineering*, Londres, v. 100, n. 3, p. 468-473, 2010.