

Isotermas de Sorção dos Grãos de Café

19

Daniel Pereira da Silva¹, Samuel Gonçalves Ferreira dos Santos¹, Renato Souza Rodovalho²

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a modelagem matemática das isotermas de sorção dos grãos de café do cultivar acauã nova, sob diferentes temperaturas e umidades relativas do ar, além de determinar as histereses. Foi ajustado o modelo que melhor representa o comportamento isotérmico de sorção entre vários modelos descritos na literatura, através dos critérios estáticos, coeficiente de determinação do modelo (R^2), erro médio estimado (SE), teste qui-quadrado (χ^2). As temperaturas utilizadas foram 30, 40 e 50 °C para dessorção e 30, 40, 50 e 60°C para adsorção, com níveis de atividade de água variando de 0,11 a 0,98. O modelo que melhor se representa o comportamento das isotermas de dessorção e adsorção foi de Sigma Copace.

Palavras-chave: Adsorção, Café arábica, Dessorção, Modelagem matemática, Sigma Copace.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, são cultivadas, no Brasil, duas espécies do gênero *Coffea*, *Coffea arabica* L. (café arábica) e o *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (café robusta, também conhecido como café conilon ou canelão) sendo que a primeira corresponde a aproximadamente 75% do total produzido (CORRÊA et al., 2014).

Diversos cultivares de café arábica foram lançados pelas principais instituições que pesquisam essa cultura no Brasil. Devido ao desenvolvimento científico e tecnológico foi possível introduzir cultivares de café adaptados a novas regiões em sistema de cultivo sob irrigação e com resistência à pragas e doenças, além de outras características

¹ Acadêmico do curso Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Ceres

¹ Acadêmico do curso Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Ceres

² Professor Doutor, Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, e-mail: renato.rodovalho@ifgoiano.edu.br-

agronômicas, são ferramentas que visam o aumento da competitividade da cafeicultura regional. Entretanto, são escassas as informações tecnológicas sobre as operações de pós-colheita e suas interações com os aspectos qualitativos dos frutos das cultivares de café adaptadas as condições climáticas do Vale do São Patrício do estado de Goiás.

Os estudos referentes a higroscopicidade e isotermas tem como finalidade amenizar as possíveis alterações causadas por microrganismos em produtos agrícolas durante seu armazenamento. Dentre os microrganismos que infectam os grãos, destacam os fungos que utilizam o elevado teor de água contido nos grãos de café para se desenvolverem. Estes podem invadir os grãos no campo ou até mesmo no armazenamento.

A determinação das isotermas de sorção constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, processamento, armazenagem, embalagem e predição da vida-de-prateleira de produtos alimentícios (LIMA et al., 2008).

O objetivo neste trabalho foi determinar a modelagem das isotermas de sorção dos grãos de café e histerese nas temperaturas do ar de 30, 40, 50 °C.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Química Instrumental do IF Goiano – Campus Ceres, na cidade de Ceres, em Goiás. Para a determinação das isotermas de dessorção foi utilizado o método estático gravimétrico que utiliza soluções saturadas de sais (VIEIRA et al., 2007). As soluções foram preparadas com os seguintes sais: NaCl; KCl; LiCl; MgCl₂; Mg(NO₃)₂; K₂SO₄. Os grãos de café foram obtidos no próprio campus e cada experimento foi realizado com a cultivar Acauã Novo.

O lote dos frutos da cultivar foram divididos em 2 amostras (adsorção e dessorção) para cada temperatura dos experimentos de sorção. As soluções salinas foram depositadas em recipiente de vidro, do tipo hermético, com o volume de 1500 ml, contendo em seu interior suportes para três recipientes de sorção, de modo que sua superfície externa fique em contato com o ambiente. Em seguida, os recipientes foram colocados em câmaras tipo BOD, com temperaturas controladas de 30, 40, 50°C para dessorção e 30, 40, 50 e 60°C para adsorção.

Os recipientes de sorção foram pesados em balança analítica com precisão de 0,0001g, com intervalos de 24 h até atingirem o equilíbrio higroscópico. Posteriormente, o teor de água (Xe) dos frutos de café foi determinado pelo método da estufa (BRASIL, 2009).

Os dados experimentais obtidos foram utilizados para ajuste de modelos matemáticos como Bet, Chun Pfost, Copace, GAB, Sigma Copace, Oswin Modificado, Henderson, Corrêa, Peleg e Halsey Modificado para representação da higroscopicidade dos frutos de café.

A seleção do melhor modelo matemático ajustado os dados experimentais foi realizado como Corrêa et al. (2014) realizou para frutos de café conilon, utilizando os seguintes critérios estatísticos: o coeficiente de determinação de ajuste do modelo (R^2) obtido por regressão não linear, o erro médio estimado (SE) e o teste qui-quadrado e a significância dos parâmetros de ajuste dos modelos a 5% de probabilidade pelo teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros dos modelos ajustados aos teores de água de equilíbrio higroscópico para os grãos de café, obtidos para dessorção e adsorção estão expressos na Tabela 1 e 2. Observa-se que todos os modelos apresentaram o R^2 acima de 90%, sendo Sigma Copace o modelo que apresentou maior valor desse coeficiente tanto para adsorção e dessorção, indicando um bom ajuste aos dados experimentais do fenômeno em questão.

Para o erro médio estimado (SE), os modelos que apresentaram os menores valores foram Sigma Copace, Oswin Modificado e Henderson, com os valores 0,0278; 0,0284; 0,0294 para dessorção e X, X, X, X para adsorção, respectivamente. Sendo que a capacidade de um modelo descrever um processo físico é inversamente proporcional ao SE (DRAPPER & SMITH, 1998).

O teste qui-quadrado (χ^2), possui o mesmo critério de seleção do SE, o valor dever mais próximo a zero. Visto isso, o modelo de Sigma Copace e Oswin Modificado foram os que apresentaram os menores valores, com 0,0008. Copace, GAB, Sigma Copace, Oswin Modificado, Henderson e Halsey Modificado apresentam todos os parâmetros de sua equação significativos (Tabela 1).

TABELA 1. Coeficientes de ajuste e parâmetros estatísticos dos modelos de equilíbrio higroscópico para os grãos de café arábica, obtidos por dessorção.

Modelos	Parâmetros			R ²	SE	χ^2
	a	b	c	%	Decimal	
Copace	-4,57120*	0,00853*	4,18891*	94,75	0,0324	0,0011
Sigma Copace	-5,39138	0,00889*	1,86172*	96,15	0,0278	0,0008
Oswin M.	0,11733*	-0,00062	2,18408*	95,98	0,0284	0,0008
Chung Pfof	128,09472*	24,52284*	10,24470ns	91,42	0,0415	0,0017
Gab	-22951734*	0,04586*	0,92590*	94,86	0,0321	0,0010

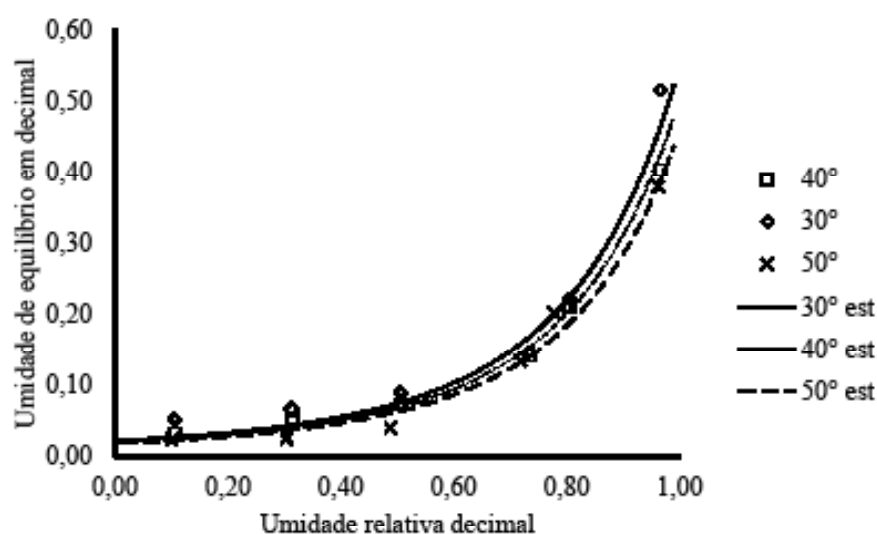
TABELA 2. Coeficientes de ajuste e parâmetros estatísticos dos modelos de equilíbrio higroscópico para os grãos de café arábica, obtidos por dessorção.

Modelos	Parâmetros			R ² %	SE	χ ² Decimal
	a	b	c			
Copace	-3,58842*	0,00376*	2,76573*	94,57	0,1067	0,0113
Sigma Copace	-4,69603	0,00406*	1,86172*	95,89	0,0980	0,0096
Oswin M.	0,11579*	-0,00391	1,7744*	95,95	0,0980	0,0096
Gab	0,05314*	14,41619*	0,95503	95,00	0,1050	0,0110
Chung Pfast	12,7043*	30,4023*	218,3722*	92,22	0,1300	0,0169

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na Figura 1 e 2, são apresentados os valores médios do teor de água de equilíbrio dos grãos de café arábica, para as condições de temperaturas e umidade relativa do ar estudadas, assim como, as isotermas de dessorção e adsorção estimadas pelo modelo de Sigma Copace, sendo o modelo que melhor apresentou os critérios de escolha. Além disso, verifica-se o fenômeno comum para isotermas, para se atingir um mesmo teor de água de equilíbrio o aumento da temperatura requer o aumento da umidade relativa ou, de forma semelhante, para a umidade relativa o teor de água de equilíbrio diminui com o aumento da temperatura (CORRÊA et al., 2014). Verifica-se que estas possuem um formato sigmoidal, características de curvas do tipo III de acordo com a classificação de Brunauer et al. (1938).

O modelo de Sigma Copace foi usado para descrever isotermas de outros produtos agrícolas, café conilon (CORRÊA et al, 2014) e grãos de feijão (CAMPOS et al., 2016).

**FIGURA 1.** Valores observados e estimados pelo modelo Sigma Copace, do teor de água de equilíbrio dos grãos de café arábica, obtidos por dessorção.

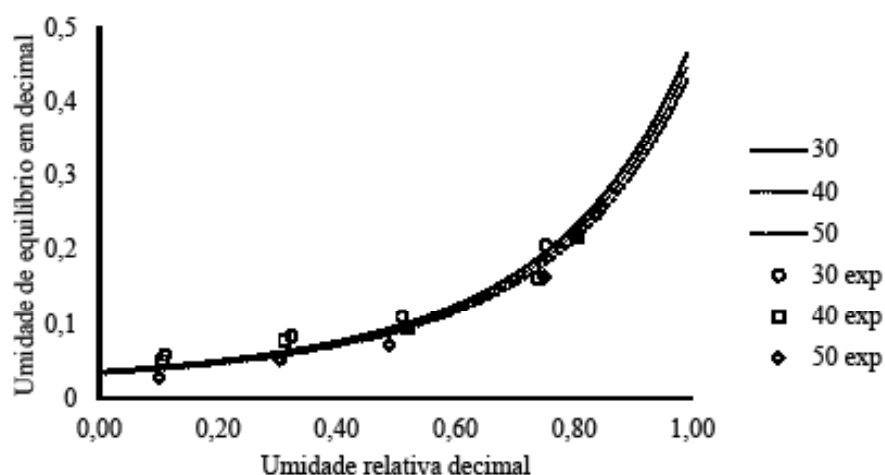


FIGURA 2. Valores observados e estimados pelo modelo Sigma Copace, do teor de água de equilíbrio dos grãos de café arábica, obtidos para adsorção.

CONCLUSÃO

O modelo de Sigma Copace foi o melhor modelo matemático para representar as isotermas de dessorção e adsorção dos grãos de café arábica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento: **Regras para análise de sementes**. 2009, 399p.

Brunauer, S, Emmett PH, Teller E. Adsorption of gases in multimolecular layer. **Journal of American Chemistry Society**, v. 60, n.1, p. 309-312, 1938.

CAMPOS, R. C.; CORRÊA, P. C.; FERNANDES, L. S.; BAPTESTINI, F. M.; COSTA, C. F.; BUSTOS-VANEGAS, J. D. Bean grain hysteresis with induced mechanical damage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 930-935, 2016.

CORRÊA, P. C.; BOTELHO, F. M.; BOTELHO, S. C.; GONELI, A. L. Isotermas de sorção de água de frutos de *Coffea canephora*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p.1047-1052, 2014.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley & Sons, 1998. 712p.

LIMA, E. E.; SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Estudo das isothermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. Revista **Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p.163-170, 2008.