

CALOR ISOSTÉRICO DE DESSORÇÃO DE SEMENTES DE *Hymenaea stigonocarpa* Mart.**WEDER NUNES FERREIRA JUNIOR¹, OSVALDO RESENDE², DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA³, LILIAN MOREIRA COSTA⁴**

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Fone: (64) 9 8170-5334, wedernunesiftm@gmail.com.

² Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Orientador, Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

³ Doutor em Ciências Agrárias – Agronomia, Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá.

⁴ Doutoranda em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: A árvore de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. é importante para recuperação de áreas degradadas e o estudo do manejo pós-colheita se faz necessário para a propagação dessa espécie. Assim, objetivou-se, com este trabalho, determinar o calor isostérico de dessorção das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. a partir do ajuste de modelos matemáticos as isotermas de dessorção das sementes nas condições de 20, 25, 30 e 35 e atividades de água entre 0,14 e 0,79. Para obtenção do equilíbrio higroscópico foi utilizado o método estático utilizando dessecadores em câmaras incubadoras com controle de umidade relativa por meio de uso de sais. O modelo Oswin Modificado foi selecionado para predição do equilíbrio higroscópico das sementes. Verificou-se que quanto maior a temperatura, para um mesmo teor de água de equilíbrio (% b.s.), maiores são os valores de atividade de água. O calor isostérico aumentou com a diminuição do teor de água de equilíbrio sendo necessária uma quantidade maior de energia para remover a água das sementes. Para a faixa do teor de água de equilíbrio de 3,96 a 8,55 (% b.s.) o calor isostérico varia de 4.316,22 a 2.760,80 kJ.kg⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Jatobá, Propriedades Termodinâmicas, Atividade de Água.

ISOSTERIC HEAT OF DESORPTION OF THE *Hymenaea stigonocarpa* Mart. SEEDS

ABSTRACT: The tree of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. it is important for recovery of degraded areas, and the study of post-harvest management becomes necessary for species propagation. The objective of this work was to determine the isosteric heat of desorption of the *Hymenaea stigonocarpa* Mart. seeds from the adjustment of mathematical models the desorption isotherms of the seeds under the conditions of 20, 25, 30 and 35 °C and water activities between 0.14 and 0.79. To obtain the equilibrium moisture content was used static method using desiccants in incubators cameras with control of relative humidity by means of salt use. The Oswin Modified model for pre-printing hygroscopic seed balance. It was found that the higher the temperature for the same equilibrium moisture content (% d.b.), the higher the water activity values. The isosteric heat increased with the decrease in the equilibrium moisture content requiring a greater amount of energy to remove water from the seeds, to zone the equilibrium moisture content of from 3.96 to 8.55 (d.b.%) the isosteric heat ranging from 4316.22 to 2760.80 kJ.kg⁻¹.

KEYWORDS: Jatobá, Thermodynamic Properties, Water Activities.

INTRODUÇÃO: O *Hymenaea stigonocarpa* Mart. é uma árvore com capacidade de se adaptar por diversas regiões brasileiras, a espécie possui boas características para ser implantada em áreas de recuperação e preservação ambiental. Segundo Rizzini (1978) a espécie é conhecida no Brasil por jatobá, jataí, burandá, courbaril, farinheira, jati entre outros.

O interesse referente à propagação de espécies nativas brasileiras se intensificou juntamente com o aumento dos problemas ambientais e a necessidade de preservar de espécies vegetais existentes. Porém, o conhecimento disponível para produção, armazenamento e análise dessas sementes ainda é insuficiente (SAMAPAIIO et al., 2015).

O calor isostérico é essencial nos estudos de secagem e armazenamento de produtos agrícolas, pois este estima as necessidades energéticas do processo de secagem, sendo um bom parâmetro estimando a quantidade mínima de calor requerida para remover uma quantidade de água, além disso, apresenta dados sobre o estado da água no produto (Lima et al., 2008).

Assim, objetivou-se, com este trabalho, determinar o calor isostérico de dessorção das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. a partir do ajuste de modelos matemáticos das isotermas de dessorção deste produto.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do IF Goiano - Campus Rio Verde. Foram utilizadas sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart., com o teor de água inicial de 10,4% base seca (b.s.), determinados em estufa a 105 ± 1 °C, durante 24 horas, em duas repetições (BRASIL, 2009).

O modelo de Oswin Modificado foi escolhido para representar a higroscopicidade das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart., por meio da seguinte Equação (FERREIRA JUNIOR et al., 2015):

$$X_e^* = (7,80337^{**} + (-0,05866^{**} \cdot T)).[(1 - a_w)/a_w]^{1/-5,22243^{**}} \quad (1)$$

Para o levantamento dos dados das isotermas de dessorção das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart., utilizou-se o método estático, utilizando-se soluções saturadas de diferentes sais em dessecadores, visando o controle da umidade relativa, os dessecadores foram colocados em câmaras do tipo B.O.D., reguladas para as temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C. A atividade de água variou entre 0,14 e 0,79, enquanto que o teor de água de equilíbrio das sementes ficou entre 3,96 e 8,55 % b.s para as condições estudadas.

O calor isostérico líquido de sorção, para cada teor de água de equilíbrio, foi obtido utilizando-se a equação de Clausius-Clayperon (IGLESIAS e CHIRIFE, 1976):

$$\frac{\partial \ln(a_w)}{\partial T} = \frac{\Delta h_{st}}{RT_a^2} \quad (2)$$

em que: a_w : atividade de água, decimal; T_a : temperatura absoluta, K; Δh_{st} : entalpia diferencial ou calor isostérico líquido de sorção, kJ kg^{-1} ; R: constante universal dos gases: $8,314 \text{ kJ kmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, sendo para o vapor d'água $0,4619 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Integrando a Equação 2 e assumindo que o calor isostérico líquido de sorção é independente da temperatura, o calor isostérico líquido de sorção, para cada teor de água de equilíbrio, foi obtido conforme a Equação 3:

$$\ln(a_w) = -\left(\frac{\Delta h_{st}}{R}\right) \cdot \frac{1}{T_a} + C \quad (3)$$

em que: C: coeficiente do modelo.

O calor isostérico integral de sorção foi obtido adicionando-se aos valores de calor isostérico líquido de sorção, o calor latente de vaporização da água livre de acordo com a Equação 4.

$$Q_{st} = \Delta h_{st} + L = a \cdot \exp(-b \cdot X_e) + L \quad (4)$$

em que: Q_{st} : calor isostérico integral de sorção, kJ kg^{-1} ; L : calor latente de vaporização da água livre, kJ kg^{-1} ; X_e : teor de água de equilíbrio, % b.s.; a, b : coeficientes do modelo.

O calor latente de vaporização da água livre (L), em kJ kg^{-1} , necessário ao cálculo de Q_{st} , foi obtido utilizando-se a Equação 5, e a temperatura de equilíbrio ($^{\circ}\text{C}$) foi calculada utilizando-se a temperatura média (T) na faixa em estudo, em $^{\circ}\text{C}$:

$$L = 2502,2 - 2,39.T \quad (5)$$

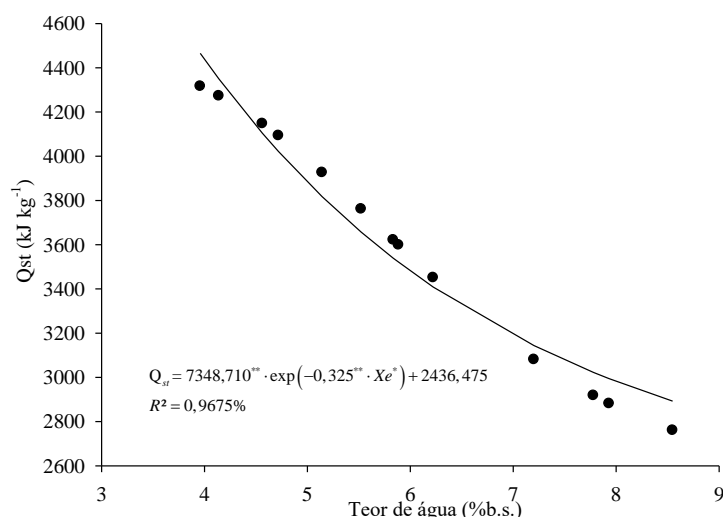
RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio do modelo escolhido estimou-se a atividade de água para as condições estudadas no trabalho (Tabela 1). Nota-se que, com o aumento da temperatura e do teor de água de equilíbrio, tem-se o acréscimo da atividade de água. Calculou-se logaritmo neperiano (equação 3) da atividade de água, a partir da equação onde a atividade de água obteve-se a partir da equação 1, considerando-se os valores de teor de água de equilíbrio (% b.s.), em função de valores do inverso da temperatura absoluta (K), obtidos por meio das isotermas de dessorção das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart.

Tabela 1. Valores de atividade de água (decimal) estimados pelo modelo de Oswin Modificado para as sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart., em função da temperatura e do teor de água de equilíbrio

Teor de água (% b.s.)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)			
	20	25	30	35
8,55	0,7903	0,8268	0,8594	0,8880
7,93	0,7182	0,7635	0,8053	0,8428
7,78	0,6972	0,7447	0,7888	0,8289
7,20	0,6062	0,6609	0,7140	0,7640
6,22	0,4178	0,4761	0,5379	0,6015
5,88	0,3492	0,4046	0,4653	0,5302
5,83	0,3391	0,3938	0,4542	0,5190
5,52	0,2779	0,3277	0,3843	0,4473
5,14	0,2097	0,2516	0,3009	0,3582
4,72	0,1447	0,1764	0,2153	0,2624
4,56	0,1243	0,1524	0,1871	0,2299
4,14	0,0787	0,0976	0,1217	0,1523
3,96	0,0634	0,0790	0,0990	0,1247

Os valores de entalpia diferencial (Δh_{st}) (kJ kg^{-1}), para as sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart, em função do teor de água de equilíbrio (% b.s.), foram calculados de acordo com a equação 4, e os dados foram utilizados para o cálculo do calor isostérico integral de dessorção (Q_{st}) (kJ kg^{-1}), juntamente com o valor do calor latente de vaporização da água livre (L'), que representa a mínima quantidade de energia necessária para evaporar a água, calculado para a temperatura média de 25°C .

Para os valores do calor isostérico integral de dessorção (Q_{st}), em função do teor de água de equilíbrio (% b.s.) (Figura 1), nota-se que, com a redução no teor de água ocorreu aumento da energia necessária para a remoção de água do produto, comportamento semelhante observado para aquênios de cajuzinho-do-cerrado (*Anarcadium humile* St. Hil.) (BARBOSA et al., 2016).



** Significativo a 1% pelo test t

Figura 1. Valores experimentais e estimados do calor isostérico integral de dessorção (Q_{st}) estimados em função do teor de água de equilíbrio das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart.

Os valores de calor isostérico integral de dessorção para as sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. na faixa do teor de água de equilíbrio 3,96 a 8,55 (% b.s.) variaram de 4.316,22 a 2.760,80 kJ kg^{-1} , o aumento de energia necessária para retirar a água do produto é crescente com a redução do teor de água, pois a água retida encontra-se fortemente ligada no interior da semente interagindo com os constituintes.

CONCLUSÕES: O calor isostérico aumenta com a redução do teor de água de equilíbrio sendo necessária uma quantidade maior de energia para retirar a água das sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart, com os valores variando de 4.316,22 a 2.760,80 kJ kg^{-1} , faixa de teor de água de 3,96 a 8,55 (%b.s.).

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, K. F.; SALES, J. F.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; ZUCHI, J.; SOUSA, K. A. Desorption isotherms and isosteric heat of 'cajuzinho-do-cerrado' achenes. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p.481-486, 2016.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. Regras ara análise de sementes. Brasília: **Mapa/ACS**, 2009. 399p.
- FERREIRA JUNIOR, W. N.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; COSTA, L. M.; SILVA, I. O. F. Higroscopicidade das sementes de Jatobá. In: IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano. Morrinhos, Goiás. 2015.
- LIMA, E. E.; SILVA, A. S. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Estudo das isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, p.163-170, 2008.
- IGLESIAS, H.; CHIRIFE, J. Isosteric heats of water vapour sorption on dehydrated foods. Part II: hysteresis and heat of sorption comparison with BET theory. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, Zürich, v. 9, n. 1, p. 123-127, 1976.
- RIZZINI, C.T. **Plantas do Brasil: Árvores e Madeiras Úteis do Brasil - Manual de Dendrologia Brasileira**. São Paulo: Edgard Blucher, 1978.
- SAMPAIO, M.F.; COUTO, S. R.; SILVA, C. A.; SILVA, A. C. A.; SILVA, A. A. S.; TEIXEIRA, A. L. Influência de diferentes substratos associados a métodos de superação de dormência na germinação e emergência de sementes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Farociência**, v.2, n. 1, p.11-27, 2015.