

**CALOR ISOSTÉRICO DE DESSORÇÃO DE SEMENTES DE TUNGUE****WEDER NUNES FERREIRA JUNIOR<sup>1</sup>, OSVALDO RESENDE<sup>2</sup>, LILIAN MOREIRA COSTA<sup>3</sup>,  
DANIEL EMANUEL CABRAL DE OLIVEIRA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Doutoranda em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

<sup>4</sup> Doutor em Ciências Agrárias – Agronomia, Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Iporá.

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

**RESUMO:** A semente do tungue (*Aleurites fordii*) possui alto teor lipídico e na transformação deste em biodiesel obtêm-se um alto rendimento (87%), sendo uma alternativa com potencial para a produção de óleo. Neste contexto, faz-se necessário o estudo do processamento pós-colheita das sementes de tungue. Assim, objetivou-se, com este trabalho, determinar o calor isostérico de dessorção das sementes de tungue 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 0,81. Para obtenção do equilíbrio higroscópico foi utilizado o método estático com auxílio de dessecadores em câmaras incubadoras com controle de umidade relativa por meio de soluções salinas. O modelo Chung-Pfost 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 2,09 a 8,35 (% b.s.) o calor isostérico varia de 3754,24 a 2555,97 kJ.kg<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodiesel, Propriedades Termodinâmicas, Atividade de Água.

**ISOSTERIC HEAT OF DESORPTION OF THE TUNGUE SEEDS**

**ABSTRACT:** Tungue seeds (*Aleurites fordii*) has a lipid content and a transformation os this product into biodiesel yields a high yield (87%), Being an alternative with potential for oil production. In this context, it is necessary to study the post-harvest processing of tungue seeds. The objective of this work was to determine the isosteric heat of desorption of the tungue 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 0.81. To obtain the equilibrium moisture content was used static method with the aid of desiccants in incubators cameras with control of relative humidity by means of saline solutions. The ChungPfost 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 2.09 to 8.35 (d.b.%) the isosteric heat ranging from 3754.24 to 2555.97kJ.kg<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** Biodisel, Thermodynamic Properties, Water Activities.

**INTRODUÇÃO:** O tungue (*Aleurites fordii*) é nativo da Ásia, e cultivado na América do Sul, África, Estados Unidos e China, sendo no Brasil explorado principalmente no Rio Grande do Sul (GRUSZYNSKI et al., 2003). O tungue apresenta elevado rendimento de óleo, sua amêndoa possui em torno de 43% de óleo e na transformação em biodiesel o rendimento é de aproximadamente 87%. Devido a demanda de biodiesel o tungue é uma alternativa com potencial para a produção de óleo (KAUTZ et al., 2008). Neste sentido, faz-se necessário o estudo do processamento pós-colheita das sementes de tungue. O calor isostérico em função do teor de água de equilíbrio é essencial nos estudos de secagem e armazenamento de produtos agrícolas, pois estima as necessidades energéticas do processo de secagem e fornece dados sobre a relação da água no produto, assim como possíveis interações com os constituintes das sementes (COSTA et al., 2013). Assim, objetivou-se neste trabalho a obtenção dos valores do calor isostérico de dessorção das sementes de tungue, em função do teor de água de equilíbrio.

**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 tungue, com o teor de água inicial de  $8,3 \pm 0,19$  % b.s., determinados em estufa a  $105 \pm 1$  °C, durante 24 horas, em duas repetições (BRASIL, 2009).

O modelo de Chung-Pfost foi escolhido para representar a higroscopicidade das sementes de tungue, por meio da seguinte Equação (SILVA et al., 2015):

$$X_e^* = 14,93098^{**} - 2,60972^{**} \cdot \ln \left[ - (T + 38,79855^*) \cdot \ln(a_w) \right] \quad (1)$$

Para o levantamento dos dados das isotermas de dessorção das sementes de tungue, procedeu-se ao método estático, utilizando-se soluções saturadas de diferentes sais em dessecadores. Para 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 0,81, enquanto que o teor de água de equilíbrio das sementes ficou entre 2,09 e 8,35 % 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;  $\Delta h_{st}$ : entalpia diferencial ou calor isostérico líquido de sorção,  $\text{kJ kg}^{-1}$ ; 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,  $\text{kJ kg}^{-1}$ ; L: calor latente de vaporização da água livre,  $\text{kJ kg}^{-1}$ ;  $X_e$ : teor de água de equilíbrio, % b.s.; a, b: coeficientes do modelo.

O calor latente de vaporização da água livre (L), em  $\text{kJ kg}^{-1}$ , 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  $^{\circ}\text{C}$ :

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

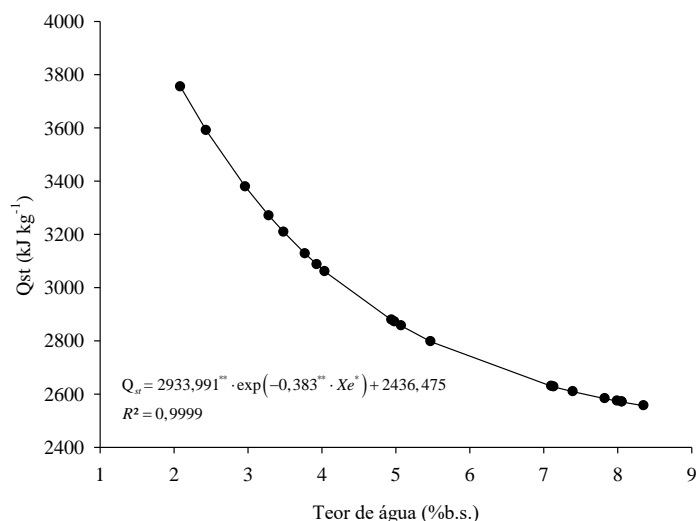
**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Observa-se que, com o aumento da temperatura, para um mesmo teor de água de equilíbrio, nota-se que maiores são os valores da atividade de água. Sendo a atividade de água estimada pelo modelo de Chung-Pfost que melhor ajustou as isotermas de dessorção das sementes de tungue.

**Tabela 1.** Valores de atividade de água (decimal) estimados pelo modelo de Chung Pfost para as sementes de tungue, em função da temperatura e do teor de água de equilíbrio

Teor de água (%b.s.)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )			
	20	25	30	35
8,35	0,8094	0,8229	0,8347	0,8449
8,06	0,7892	0,8040	0,8168	0,8281
8,06	0,7891	0,8039	0,8167	0,8280
7,99	0,7845	0,7996	0,8127	0,8242
7,83	0,7721	0,7879	0,8017	0,8138
7,40	0,7370	0,7548	0,7704	0,7842
7,14	0,7138	0,7330	0,7497	0,7645
7,10	0,7109	0,7302	0,7470	0,7619
5,47	0,5286	0,5556	0,5799	0,6017
5,08	0,4758	0,5044	0,5301	0,5534
4,98	0,4634	0,4922	0,5183	0,5419
4,94	0,4580	0,4869	0,5130	0,5368
4,04	0,3317	0,3616	0,3894	0,4151
3,93	0,3165	0,3463	0,3741	0,3999
3,77	0,2945	0,3242	0,3518	0,3776
3,48	0,2551	0,2839	0,3111	0,3368
3,29	0,2289	0,2570	0,2836	0,3089
2,97	0,1889	0,2152	0,2407	0,2650
2,44	0,1298	0,1523	0,1746	0,1965
2,09	0,0971	0,1166	0,1363	0,1560

Os valores de entalpia diferencial ( $\Delta h_{st}$ ) ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ), para as sementes de tungue, em função do teor de água de equilíbrio (% b.s.), foram calculados de acordo com a equação 4. Os dados foram utilizados para o cálculo do calor isostérico integral de dessorção ( $Q_{st}$ ) ( $\text{kJ kg}^{-1}$ ), 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  $25^{\circ}\text{C}$ .

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 as sementes de nabo forrageiro (SOUZA et al., 2013). Sementes oleaginosas são armazenadas com menores teores de água, considerando-se que nesse fator, uma maior carga energética é gasta para realizar a secagem das sementes.



\*\* 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 tungue.

Os valores de calor isostérico integral de dessorção para as sementes de tungue na faixa do teor de água de equilíbrio 2,09 a 8,35 (% b.s.) variaram de 3754,24 a 2555,97 kJkg<sup>-1</sup>, sendo o aumento de energia para retirar a água do produto crescente com a redução do teor de água, pois a água retida no produto encontra-se fortemente ligada 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 tungue, com valores de 3754.24 a 2555.97kJ.kg<sup>-1</sup>, na faixa de teor de água de 2,09 a 8,35 (% b.s.).

## REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de defesa Agropecuária. Regras ara análise de sementes. Brasília: **Mapa/ACS**, 2009. 399p.
- COSTA, L. M.; RESENDE, O. OLIVEIRA, D. E. C.; Isotermas de dessorção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.412–418, 2013.
- GRUSZYNSKI, C.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; KÄMPF, A.N. Misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada no enraizamento de *Dendranthema morifolium* Tzevelev 'golden polaris' sob método de transpiração. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 9, n. 1, p. 63/70, 2003.
- KAUTZ,J.; LYSYK, G.; D'OCA,M. G.M.; CLEMENTIN, R.M.; **Extração do óleo de tungue (*Aleuritis fordii*) para produção de biosiesel**, SIMPÓSIO ESTADUAL DE AGROENERGIA E REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA DO RS. Anais.Pelotas: Embrapa ClimaTemperado, 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.
- SILVA, I. O. F.; RESENDE, O.; COSTA, L. M.; OLIVEIRA, D. E. C.; FERREIRA JUNIOR, W. N. Isotermas de dessorção das sementes de tungue (*Aleurites fordii*). In: IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF GOIANO. Morrinhos, Goiás. 2015.
- SOUSA, K. A.; RESENDE, O. COSTA, L. M. Isotermas de dessorção das sementes de nabo forrageiro obtidas pelos métodos dinâmico e estático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, p.216–222, 2013.