



Difusividade térmica aparente de sementes de cajá em temperaturas acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas¹

**Marcos J. de A. Gama², Mario E. R. M. Cavalcanti Mata³,
Maria E. M. Duarte³, Renato F. Aragão³ & Paulo de A. Farias³**

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar a difusividade térmica aparente de sementes de cajá avaliando o efeito da variação do teor de água e da temperatura e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais. Sementes com a faixa de teor de água de 6,05 a 61,84% (b.u.) foram submetidas a secagem e à temperatura de 40 °C. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa) enquanto a difusividade térmica aparente da semente de cajá foi determinada pelo método de Dickerson. Concluiu-se que a difusividade térmica aparente, em temperatura acima do congelamento e em ultrabaixas temperaturas em função do teor de água (b.u), podem ser representados satisfatoriamente por um modelo de regressão linear e que o valor da difusividade térmica aparente aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura.

Palavras-chave: *Spondias lutea*, propriedade termofísica, teor de água, modelo matemático

Apparent thermal diffusivity of caja seeds in above freezing to ultra low temperatures

ABSTRACT

The aim of this study was to determine experimentally the apparent thermal diffusivity caja seeds, evaluating the effect of variation of water content and temperature and adjust different mathematical models to experimental values. Seeds with the range of water content from 6.05 to 61.84% (wb) subjected to drying at a temperature of 40 °C were studied. The reduction of water content during drying was monitored by gravimetric method (weight loss). The apparent thermal diffusivity of caja seed was determined by the method of Dickerson. It was concluded that the apparent thermal diffusivity in temperature above freezing and ultralow temperatures as a function of water content (wb), can be satisfactorily represented by a linear regression model and that value of the apparent thermal diffusivity increases exponentially with increasing temperature.

Key words: *Spondias lutea*, thermophysical property, moisture content, mathematical model

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

² UAF/UFMG. Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone: (83) 2101-1424. E-mail: mgama@reitoria.ufcg.edu.br

³ UAEA/UFMG. Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. Fone: (83) 2101-1272. E-mail: elita@deag.ufcg.br; renato@deag.ufcg.edu.br; paulofarias@deag.ufcg.edu.br

INTRODUÇÃO

A quantidade de cajá (*Spondias lutea*) produzida e exportada na região Nordeste do país é insignificante quando comparada com a produção brasileira de frutas, embora já se tenha detectado e quantificado um significativo mercado consumidor para esse produto uma vez que, de acordo com a FAO (2005), o mercado de frutas exóticas e de produtos processados como sucos concentrados, cresce a um ritmo de 3% ao ano.

Um mercado interno e externo maior poderia ser alcançado se fossem adotadas políticas de produção e exportação dos frutos, tanto na forma “in natura” como processados. Para que isto seja viabilizado tornam-se necessários programas de melhoramento do processo produtivo, os quais requerem o conhecimento das alterações fisiológicas que ocorrem nesses produtos, desde a semeadura até o pós-colheita (Cavalcanti-Mata, 2008).

É importante destacar o aumento da demanda dos produtos alimentícios no Brasil, trazendo como consequência a exigência de modernização, adequação tecnológica e maior qualidade para as indústrias. O cumprimento dessas exigências passa pelo conhecimento das propriedades termofísicas para os cálculos dos processos (Moura et al., 2005).

Para o aumento do sistema produtivo é necessário o desenvolvimento de programas de melhoramentos genético que visem ao aumento da produção e da produtividade de determinadas fruteiras. Este objetivo é alcançado quando se dispõe de material genético de qualidade e com um trabalho árduo de pesquisa e seleção de cultivares. Ainda assim, é conveniente que o geneticista disponha de um Banco de germoplasma que preserve a qualidade de seu material genético durante longos períodos de tempo, além de evitar a erosão genética desse material. Uma alternativa para atingir uma conservação eficaz em um banco genético é a utilização da técnica de criopreservação em que as sementes são armazenadas em ultrabaixas temperaturas (-196 °C), em nitrogênio líquido ou no vapor do nitrogênio, a -170 °C. A técnica de criopreservação proporciona potencial para a preservação das sementes sem limites de tempo, de vez que ocorre redução do metabolismo a níveis tão baixos que todos os processos bioquímicos são significativamente reduzidos e a deterioração é praticamente paralisada; contudo, referida técnica só pode ser utilizada para sementes ortodoxas (Goldfarb et al., 2010).

No processo de criopreservação o conhecimento das propriedades termofísicas das sementes é de suma importância para prever o comportamento e a quantidade de energia requerida quando essas sementes são submetidas a diferentes operações unitárias, como secagem, aquecimento ou resfriamento e congelamento (Ribeiro et al., 2007). Porém as propriedades termofísicas de grande parte dos produtos brasileiros não estão disponíveis na literatura (Moura et al., 2005).

Para condições de transferência de calor por condução a relação tempo/temperatura de um produto agrícola pode ser calculada se as condições de contorno de transferência de calor e a geometria do produto agrícola forem matematicamente tratáveis e se a difusividade térmica aparente do produto

agrícola for conhecida. O maior obstáculo para a aproximação matemática é a falta de dados das propriedades térmicas dos produtos agrícolas (Cammarata et al., 2001).

Em situações nas quais a transferência de calor ocorre em regime transiente, a difusividade térmica aparente tem importância fundamental na análise dos produtos agrícolas e no projeto de equipamentos. A transferência de calor dentro de uma massa de sementes é um processo complexo devido às diferenças na composição química, teor de água e porosidade (Borém et al., 2002).

Geralmente, as determinações experimentais das propriedades térmicas de produtos agrícolas a maior dificuldade é atribuída, comumente, à sua grande dependência em relação à temperatura e composição. A maioria dos estudos envolvendo o desenvolvimento de modelos matemáticos e medidas experimentais de propriedades térmicas de produtos agrícolas ainda é realizada utilizando-se sistemas modelo e os resultados são aplicados para os produtos agrícolas de composição similar, segundo Brock et al. (2008).

Diversos pesquisadores utilizam a metodologia proposta por Dickerson (1965) para determinar a difusividade térmica aparente de produtos vegetais, a fim de estudar o efeito do teor de água sobre a difusividade térmica aparente de diversos produtos agrícolas dentre os quais se citam: grãos de milho (Andrade et al., 2004), polpa de bacuri (Muniz et al., 2006), grãos de trigo (Ribeiro et al., 2007), sementes de ipê-amarelo (Martins et al., 2008), sementes de pinhão-manso (Goldfarb et al., 2010) e polpa de lulo (Gómez et al., 2010). Nesses trabalhos, a difusividade térmica aparente oscila entre 0,1 e $2,3 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Portanto, este trabalho tem como objetivo determinar a difusividade térmica aparente da semente de cajá para diferentes teores de água (6,05; 7,81; 10,29; 14,04; 16,05; 32,06; 38,76; 40,02 e 61,84% b.u.) a temperatura acima do ponto de congelamento até ultrabaixas temperaturas (25, -45, -100 e -150 °C).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em temperaturas acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas, foi realizado no Laboratório de Armazenamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais – CTRN da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

As sementes, provenientes da região polarizada por Campina Grande, com teor de água inicial de aproximadamente 61,84% (b.u.). As extraídas dos frutos com teor de água elevado e em seguida submetidas à dessorção na temperatura de 40 °C, até atingirem os teores de água desejados. Os teores de água foram determinados por gravimetria (105 ± 3 °C por 24 h), com três repetições, segundo as normas do Brasil (2005).

A difusividade térmica aparente foi determinada pelo método de Dickerson (1965), expresso pela equação de transferência de calor em coordenadas cilíndricas, Eq. 1.

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \theta} = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \quad (1)$$

Considerando-se que:

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = A \quad (2)$$

em que:

A - velocidade de aquecimento, constante em todos os pontos

A Eq. 1 pode ser reescrita na forma:

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = A = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right] \quad (3)$$

Como o gradiente de temperatura $[\partial T/\partial r]$ não tem uma pendência significativa com o tempo, a Eq. 3 terá a seguinte forma:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} = \frac{A}{\alpha} \quad (4)$$

As condições de contorno da Eq. 4 são:

$$1. T = T_s; \theta > 0; r = R_c \quad (5)$$

$$2. \partial T/\partial r = 0; \theta > 0; r = 0 \quad (6)$$

Com as condições de contorno descritas:

$$T_s - T_c = \frac{A}{4\alpha} (R_c^2 - r^2) \quad (7)$$

Para $r = 0$ a Eq. 7 torna-se:

$$T_s - T_c = \frac{AR_c^2}{4\alpha} \quad (8)$$

em que:

T_s - temperatura na superfície externa do cilindro, °C

T_c - temperatura do centro do cilindro, °C

A - velocidade de aquecimento, °C s⁻¹

R_c - raio interno do cilindro, m

α - difusividade térmica, m² s⁻¹

Portanto, conhecendo-se a velocidade constante de aquecimento (A), o raio do cilindro (R_c) e a diferença de temperatura ocorrida durante o experimento ($T_s - T_c$) que não varia com o tempo, é possível determinar a difusividade térmica aparente da amostra de sementes em um experimento de curta

duração quando comparado com métodos estacionários que necessitam alcançar o equilíbrio.

Para determinação da difusividade térmica aparente das sementes de cajá a partir do método de Dickerson (1965), foi construído o esquema experimental mostrado na Figura 1.

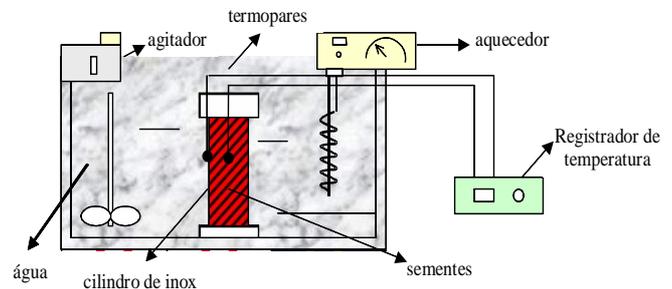


Figura 1. Desenho esquemático do equipamento experimental para determinação da difusividade térmica aparente de sementes

Neste esquema experimental utilizou-se um cilindro de aço inox com diâmetro de 200 mm e comprimento 800 mm, contendo um termopar no centro geométrico da amostra e outro na superfície interna, com os quais se obtém os valores da temperatura além, ainda, de um termoregistrador Oakton com termopares tipo K com precisão de 0,1 °C.

Este cilindro contendo a massa de sementes é mergulhado na água cuja temperatura tem taxa constante de crescimento, em todo o ambiente. A taxa de crescimento da temperatura é mantida com a agitação constante e permanente do ambiente aquoso.

Para determinação da difusividade térmica aparente em ultrabaixa temperatura a massa de sementes de cajá deve ser resfriada até a temperatura planejada.

Para que a massa de semente de cajá atingisse as temperaturas ultrabaixas planejadas construiu-se o esquema experimental mostrado na Figura 2, composto de um cilindro de altura de 90 cm e raio de 25 cm. Este cilindro tem suas paredes laterais, a base e a superfície superiores revestidas por isolante térmico.

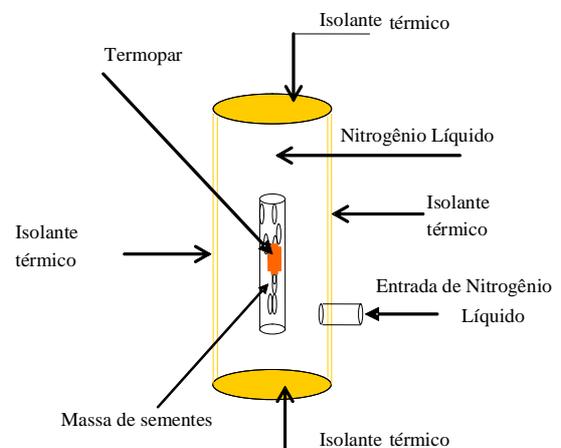


Figura 2. Desenho esquemático do equipamento experimental para resfriamento da massa de sementes até ultrabaixas temperaturas

Através de um tubo de cobre instalado a 20 cm de altura da base do cilindro, o nitrogênio líquido é bombeado para o interior do cilindro.

A temperatura planejada da massa de sementes controlando-se o volume de nitrogênio líquido bombeado para o interior do cilindro, o tempo de permanência do cilindro contendo a massa de sementes no interior do cilindro e a altura do cilindro contendo a massa de sementes, em relação ao nível do nitrogênio líquido.

Termopares inseridos em algumas sementes e no cilindro contendo a massa de sementes, monitoram a temperatura durante o resfriamento e o processo de medição da difusividade térmica aparente. Desta forma, pode-se ter, com confiabilidade, a ultrabaixa temperatura na qual a difusividade térmica aparente de sementes de cajá será estudada.

Os dados experimentais obtidos da difusividade térmica aparente de sementes de cajá foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o software Origin 6.0.

Os modelos matemáticos foram escolhidos com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão, através do teste t, a fim de se estabelecer equações que representem as interações entre as variáveis analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 se encontram os dados experimentais obtidos pelo método de Dickerson (1965), na experiência realizada para determinação da difusividade térmica aparente de sementes de cajá, com teor de água (b.u.) de 14,04%. Foi considerado o intervalo de tempo entre 25 e 55 min durante o qual a relação entre a temperatura e o tempo é linear.

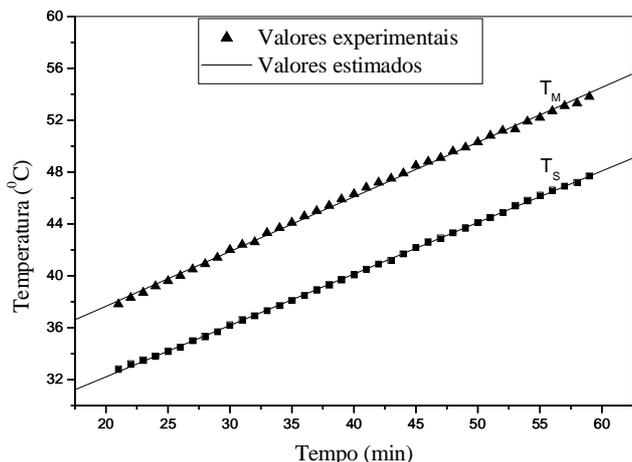


Figura 3. Valores experimentais e estimados da temperatura das sementes (T_s) e da temperatura do meio (T_M) em função do tempo

Aplicando análise de regressão linear obtiveram-se as expressão mostradas nas Eqs. 9 e 10:

$$T_s = 24,13623 + 0,39953 t \tag{9}$$

$$T_M = 29,19138 + 0,42463 t \tag{10}$$

em que:

T_s - temperatura da semente, °C

T_M - temperatura do meio, °C

t - tempo, min

Com os coeficientes das Eqs. 9 e 10, calculou-se:

1. Velocidade de aquecimento, °C min⁻¹

$$A = \frac{(0,42463 + 0,39953)}{2}$$

ou seja:

$$A = 0,41208$$

2. Diferença de temperatura, °C

$$T_s - T_m = (29,19138 - 24,13623)$$

ou seja:

$$T_s - T_m = 5,05515$$

3. R_c = 24,16 mm

Utilizando a Eq. 8, obtém-se o valor da difusividade térmica aparente:

$$\alpha = 1,6538 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

De forma análoga, foi determinada a difusividade térmica aparente de sementes de cajá nos respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas. Não foram constatados erros sistemáticos nas montagens construídas e os erros de paralaxe não são significativos.

As difusividades térmicas aparentes de sementes de cajá para os respectivos teores de umidade (b.u.) e temperaturas, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas

Teor de água % (b.u.)	Difusividade térmica (m ² s ⁻¹)			
	Temperatura (°C)			
	25	-45	-100	-150
6,05	-	0,87 x 10 ⁻⁷	0,76 x 10 ⁻⁷	0,71 x 10 ⁻⁷
7,81	1,64 x 10 ⁻⁷	-	-	-
10,29	-	0,87 x 10 ⁻⁷	0,76 x 10 ⁻⁷	0,71 x 10 ⁻⁷
14,04	1,65 x 10 ⁻⁷	-	-	-
16,05	-	0,85 x 10 ⁻⁷	0,75 x 10 ⁻⁷	0,70 x 10 ⁻⁷
32,06	1,60 x 10 ⁻⁷	-	-	-
38,76	1,50 x 10 ⁻⁷	-	-	-
40,02	-	0,79 x 10 ⁻⁷	0,74 x 10 ⁻⁷	0,70 x 10 ⁻⁷
61,84	1,49 x 10 ⁻⁷	0,77 x 10 ⁻⁷	0,74 x 10 ⁻⁷	0,69 x 10 ⁻⁷

Os valores da difusividade térmica aparente em temperaturas acima do congelamento de sementes de cajá variaram entre 1,642 x 10⁻⁷ a 1,59841 x 10⁻⁷ m² s⁻¹ para a faixa de teor de água de 7,81 a 61,84% (b.u.). Em ultrabaixa temperaturas os valores

variaram entre $0,693 \times 10^{-7}$ a $0,874 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, para a faixa de teor de água de 6,05 a 61,84% (b.u.). Tais valores possuem a mesma ordem de grandeza dos valores encontrados por Queiroz (1994) em seu estudo com frutos de umbu e estão também muito próximos aos dados obtidos por Silva et al. (2002) que, trabalhando com resfriamento e propriedades termofísicas do cajá, observaram aumento dos valores da difusividade térmica com o aumento da temperatura a que a amostra está submetida.

Os dados experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas, foram ajustados por meio de regressão linear.

Na Tabela 2 se encontram as equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de cajá na temperatura acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 2. Equação de predição da difusividade térmica ($\alpha - \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) aparente de sementes de cajá em função do teor de água (X - % b.u.)

Temperatura (°C)	Equação	R ²
25	$\alpha = 1,68 - 31,92 \times 10^{-4} X$	0,88
-45	$\alpha = 0,88 - 19,93 \times 10^{-4} X$	0,98
-100	$\alpha = 0,76 - 4,90 \times 10^{-4} X$	0,96
-150	$\alpha = 0,71 - 2,93 \times 10^{-4} X$	0,97

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais de vez que é significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente na temperatura acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura 4.

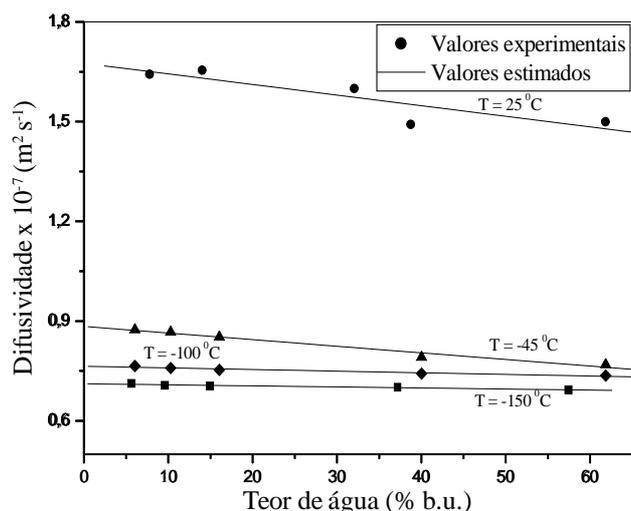


Figura 4. Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente em função do teor de água

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função da temperatura são apresentados na Figura 5. Observa-se nessa figura que

temperaturas abaixo de $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ praticamente não influenciam na difusividade térmica aparente das sementes; e que a curva de difusividade de sementes de cajá, com teor de água abaixo de 14,04% b.u., mantém a mesma curvatura, constatando-se que essas curvas da difusividade térmica aparente em função da temperatura para os teores de água de 14,04 e 7,81% b.u. estão praticamente superpostas.

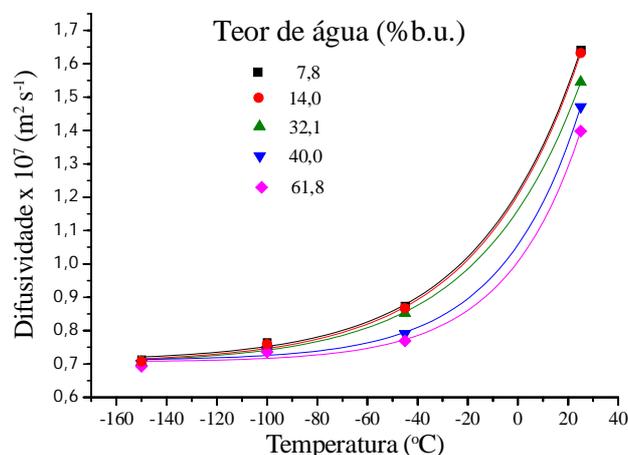


Figura 5. Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente em função da temperatura

Para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de cajá na temperatura acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas, em função do teor de água, foram utilizadas equações de ajuste não lineares do tipo $\alpha = A + B e^{aT} + C e^{bT}$, em que A, B, a, C e b são parâmetros de ajuste.

As equações de ajuste e seus respectivos coeficientes se encontram na Tabela 3.

Tabela 3. Equação de predição da difusividade térmica ($\alpha - \text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) aparente de sementes de cajá em função da temperatura (T - °C)

Teor de água (%b.u.)	Equação	R ² (%)
7,81	$\alpha = 0,7073 + 0,5094 \exp(-41,2076 / T)$	99,87
14,04	$\alpha = 0,7025 + 0,5052 \exp(-41,0184 / T)$	99,87
32,06	$\alpha = 0,7006 + 0,4611 \exp(-41,3414 / T)$	99,87
40,02	$\alpha = 0,7104 + 0,3471 \exp(-31,8837 / T)$	99,66
61,84	$\alpha = 0,7060 + 0,3012 \exp(-30,0576 / T)$	99,45

Não se constatou, na literatura especializada, nenhum estudo sobre a difusividade térmica aparente de produtos vegetais em ultrabaixas temperaturas, para que possibilitasse uma avaliação comparativa com os valores experimentais e estimados obtidos neste trabalho.

CONCLUSÕES

1. Os dados experimentais da difusividade térmica aparente em temperatura acima do congelamento e em ultrabaixas temperaturas em função do teor de água (b.u.) podem ser representados satisfatoriamente por um modelo de regressão linear.

2. Temperaturas abaixo de -100 °C praticamente não influenciam na difusividade térmica aparente das sementes;

3. O valor da difusividade térmica aparente aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura, podendo ser representados satisfatoriamente por um modelo exponencial de regressão do tipo $\dot{a} = A + Be^{C/T}$.

LITERATURA CITADA

- Andrade, E. T.; Couto, A. M.; Queiroz, D. M.; Peixoto, A. B. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, p. 488-498, 2004.
- Borém, F. M.; Ribeiro, R. C. M. S.; Corrêa, P. C.; Pereira, R. G. F. A. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, p.475-480, 2002.
- Brasil. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2005.
- Brock, J.; Nogueira, M. R.; Zakrzewski, C.; Corazza, F. C.; Corazza, M. L.; Oliveira, J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, p. 564-570, 2008.
- Cammarata, L.; Kazarian, S. G.; Salterb, P. A.; Weltonb, T. Molecular states of water in room temperature ionic liquids. *Physical Chemistry Chemical Physics*, v.3, p.5192-5200, 2001.
- Cavalcanti-Mata, M. E. R. M. Armazenagem criogênica de sementes de importância para a biodiversidade e de relevância para a economia da região semi-árida. 2008. 62p. (Projeto PRONEX).
- Dickerson, R. W. An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods. *Food Technology*, v. 19, p. 198-204, 1965.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Current Situation and Medium-Term Outlook for Tropical Fruits (Report). 2005. Disponível em: <http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/218/en/Sit_web_e.pdf> Acesso em: 16 nov. 2010.
- Goldfarb, M.; Duarte, M. E. M.; Cavalcanti-Mata, M. E. R. M.; Pimentel, L. W.; Severino L. S. Cinética de congelamento criogênico de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). *Engenharia Ambiental*, v.7, p.195-203, 2010.
- Gómez, G. I. G.; Gabas, A. L.; Telis, V. R. N.; Romero, J. T. Propriedades termofísicas do suco concentrado de lulo em temperaturas acima do ponto de congelamento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.30, p.90-95, 2010.
- Martins, L.; Lago, A. A.; Sales, W. R. M. Conservação de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.) em função do teor de água das sementes e da temperatura do armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, p.86-95, 2009.
- Moura, S. C. S. R.; França, V. C. L.; Leal, A. M. C. B. Propriedades termofísicas de soluções modelos similares a sucos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.25, p. 454-459, 2005.
- Muniz, M. B.; Queiroz, A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F.; Duarte, M. E. M.; Caracterização termofísica de polpa de bacuri. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, p.360-368, 2006.
- Queiroz, A. J. M. Propriedades físicas e pré-resfriamento de umbu (*Spondia tuberosa* Arruda Câmara). Campina Grande UFPB, 1994. 108p. Dissertação de Mestrado
- Ribeiro, D. M.; Correa, P. C.; Resende, O.; Botelho, F. M. Propriedades térmicas de grãos de trigo: Determinação e modelagem. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.462-467, 2007.
- Silva, M.; Cavalcanti-Mata, M. E. R. M.; Duarte, M. E. M.; Pedroza, J. P. P.; Nascimento, J. P. T. Resfriamento e propriedades termofísicas do cajá (*Spondias lutea* L.). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.4, p.175-185, 2002.