

ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

SECAGEM NATURAL DE GERGELIM E DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO¹

Francisco de Assis Cardoso Almeida², Katia Simone Fonseca³
& Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia²

RESUMO

A secagem natural consistiu na exposição das plantas à luz solar. Este processo foi conduzido até que as sementes atingissem teor de umidade de aproximadamente 6% b.u. Os teores de umidade de equilíbrio foram determinados utilizando-se soluções de ácido sulfúrico, com 98% de pureza, para uma faixa de umidade relativa de 17 a 85%. As amostras eram armazenadas em potes herméticos contendo as respectivas soluções e levadas a incubadoras com temperatura controlada de 20, 30 e 40° C ± 1° C. Para o ajuste das isotermas de sorção foram testados os modelos de BET, GAB, Halsey e Oswin, com a finalidade de se obter os seus coeficientes por meio de regressão não linear. Ante os resultados, concluiu-se a necessidade de 35 dias para as sementes atingirem a umidade de 6,1% b.u. e o modelo GAB foi o que se ajustou melhor aos dados experimentais.

Palavras-chave: secagem natural, equilíbrio higroscópico, semente, *Sesamum indicum*

NATURAL DRYING OF SESAME AND DETERMINATION OF EQUILIBRIUM MOISTURE

ABSTRACT

The drying consisted of plant exposure to solar light. This procedure was conducted until the seeds reached a moisture content of approximately 6% wet basis. The equilibrium moisture contents were determined, by the statistic method using sulfuric acid solutions with 98% purity for a relative humidity varying from 17 to 85%. The samples were placed in wire baskets and stored in hermetic bottles containing the respective solution, and placed inside the incubator with the temperature controlled at 20, 30 and 40° C ± 1° C. For the sorption isotherms adjustments, the BET, GAB, Halsey and Oswin models were tested in order to obtain the coefficients of these equations by non-linear regression analysis. According to the results, it may be concluded that the seeds need 35 days to reach the moisture content equal to 6.1% wet basis and the GAB model showed best adjustment for the experimental data.

Key words: natural drying, hygroscopic equilibrium, seeds, *Sesamum indicum*

INTRODUÇÃO

A secagem é uma operação que envolve, simultaneamente, transferência de calor e massa, e a taxa de remoção de água é determinada pela taxa na qual calor e massa possam ser

transferidos (Brooker et al., 1992). Nesse processo, o calor é requerido para evaporar a umidade durante a secagem do produto e a água evaporada na superfície externa do produto é removida e transferida para o meio de secagem que, normalmente, é o ar.

¹ Parte do trabalho de dissertação do segundo autor, curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Convênio UFPB/Embrapa-Algodão

² Professor Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola UFPB, Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongó, CEP 58109 - 970, Campina Grande, PB, Fone: (083) 310 1194, Fax: (083) 310 1185. E-mail: diassis@deag.ufpb.br, josi@deag.ufpb.br

³ M. Sc. em Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, Escola Agrotécnica Federal de Sousa, CP 49, CEP 58805 - 970, Sousa, PB

A evolução dessas transferências simultâneas de calor e de massa no curso da operação faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos, os quais Park (1987) descreve como: (1) período de indução ou período, até entrar em regime operacional; (2) período de secagem a taxa constante e (3) período de secagem a taxa decrescente.

O tipo de secagem a ser utilizado depende, dentre outros fatores, do produto a ser desidratado, da sua constituição química e das características físicas do produto final desejado (Cunningham, 1982). Entretanto, é importante observar que, para a interpretação da cinética de secagem, a curva de secagem deve representar a variação do conteúdo de umidade do produto em relação ao tempo (dU/dt).

Uma equação semi-teórica, análoga à lei do resfriamento de Newton, sugerida por Lewis (Brooker et al., 1992) é usada freqüentemente na análise de secagem de grãos. Esta equação assume que toda resistência ao fluxo de umidade está concentrada na camada externa dos grãos e que a taxa de perda de umidade do grão para o produto a uma temperatura constante, é proporcional à diferença de umidade da semente e do seu teor de umidade de equilíbrio.

Segundo Pereira & Queiroz (1987) a teoria usada para descrever o fenômeno da secagem pode ser baseada no princípio de que toda resistência ao transporte de umidade está concentrada na camada superficial do produto, conforme demonstrado na seguinte equação diferencial de Hukill (Pinheiro Filho, 1972).

$$\frac{dU}{dt} = -k(U - U_e) \quad (1)$$

em que:

- U - teor de umidade no tempo t , decimal, b.s.
- U_e - teor de umidade de equilíbrio do produto, decimal, b.s.

Por integração entre os limites U_o , no início da secagem, e U em um tempo qualquer de secagem, tem-se:

$$R_u = \frac{U - U_e}{U_o - U_e} = e^{-kt} \quad (2)$$

em que:

- R_u - razão de umidade, adimensional
- U_o - teor de umidade inicial, decimal, b.s.
- k - constante de secagem, T^{-1} ;
- t - tempo de secagem, T.

Apesar dos esforços em pesquisa nesta área, nenhum modelo teórico desenvolvido até o presente, é capaz de prever exatamente o teor de umidade de grãos em função do tempo, em todas as faixas de temperatura e umidade relativa (Pereira & Queiroz, 1987). Além disso, apenas alguns modelos levam em consideração a temperatura como parâmetro. Modificações têm sido propostas para diversas equações e, neste caso, a faixa de validade é substancialmente aumentada.

Segundo Beltrão et al. (1994) quando se pretende realizar a secagem natural do gergelim, deve-se evitar a exposição das cápsulas abertas, pois a chuva provoca escurecimento das sementes e depreciação do produto, em termos comerciais, devendo-se, portanto, sincronizar a época de plantio com o ciclo da variedade, de modo a se efetuar a colheita na época de estiagem.

Aponte & Landaeta (1972) verificaram que a colheita do gergelim poderia ser antecipada em uma e até duas semanas, se fosse substituída a secagem natural pela artificial e, ainda, que este processo não teve efeito negativo sobre a germinação e o crescimento radicular, nem causou redução no conteúdo de óleo. Os autores concluíram, também, que o gergelim colhido em cápsulas pode ser seco artificialmente a baixas temperaturas (41 a 42 °C) em períodos curtos (36 e 48 h) sem causar danos graves à sua qualidade final.

O efeito da maturação e dos métodos de secagem na qualidade de sementes de amendoim, em condições de campo, foi estudado por Nakagawa et al. (1986) os quais observaram que a secagem das sementes fora do fruto, tanto ao sol como à sombra, ocasionou prejuízos, sendo a imaturidade das sementes proporcional aos danos causados pelo processo.

Segundo Oliveira (1988) em *Phaseolus vulgaris* a secagem conduzida a temperatura de 55, 65, 75, 85 e 95 °C provocou alterações significativas nos constituintes químicos dos grãos, quando comparada com a temperatura ambiente.

Langmuir (1918) assumiu que, no equilíbrio, a taxa em que as moléculas se condensam na superfície, é igual à taxa em que elas evaporam, propondo a seguinte equação:

$$\frac{U}{U_m} = \frac{C.a_w}{1 + C.a_w} \quad (3)$$

em que:

- U - teor de umidade em base seca (g de água por g sólidos secos)
- U_m - teor de umidade na monocamada molecular (g de água por g sólidos secos)
- C - parâmetro que depende da temperatura e da natureza do material
- a_w - atividade de água, adimensional.

Segundo Prado (1998) o conceito de Langmuir foi ampliado, supondo-se que a água se adsorve na forma de camadas; a primeira se fixa por adsorção sobre pontos uniformemente localizados e as moléculas seguintes se fixam, mediante pontes de hidrogênio, sendo o diâmetro dos capilares o fator que limita o número de camadas adsorvida. Este estudo foi proposto por três pesquisadores chamados Brunauer, Emmett e Teller, dando origem à equação de BET:

$$\frac{U}{U_m} = \frac{1 - (n+1).a_w^n + n.a_w^{n+1}}{1 - (1-C).a_w - C.a_w^{n+1}} \quad (4)$$

em que:

- n - número de camadas moleculares, enquanto as demais variáveis, com a mesma apresentação das equações anteriores.

Segundo Labuza (1968) a isoterma de BET ajusta satisfatoriamente dados de atividade de água entre 0,1 a 0,5 e a equação é do tipo sigmoidal.

As teorias de adsorção física de BET foram estudadas por Guggenheim, Anderson e Boer (Prado, 1998) os quais descreveram uma equação triparmétrica que permite ajustar dados de sorção de produtos agrícolas até a atividade de água de 0,9. Esta equação, conhecida como de GAB, é escrita como segue:

$$U = \frac{U_m C_{GAB} K_{GAB} a_w}{(1 - K_{GAB} a_w)(1 - K_{GAB} a_w + C_{GAB} K_{GAB} a_w)} \quad (5)$$

em que C_{GAB} e K_{GAB} representam as constantes de adsorção relacionadas às interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as subsequentes, em um sítio de sorção. A equação de GAB é reduzida à de BET, quando K_{GAB} for igual à unidade.

Das equações usadas para cálculo de umidade de equilíbrio de grãos, o modelo empírico proposto por Henderson (1952) e descrito a seguir, usando a equação de adsorção de Gibbs, é um dos mais conhecidos e usados na estimação do teor de umidade de equilíbrio de grãos de cereais.

$$1 - UR = \exp(-cTU_e^n) \quad (6)$$

em que:

UR - umidade relativa, decimal

T - temperatura do ambiente, K

c e n - são constante que dependem da temperatura e do produto.

Chung & Pfof desenvolveram uma equação que permite estimar, com determinada precisão, os valores de umidade de equilíbrio de grãos e cereais na faixa de 20 a 90% de umidade relativa (Brooker et al., 1974). Esta equação é apresentada da seguinte forma:

$$U_e = e - f \cdot \ln[-R \cdot (T + c) \cdot \ln(UR)] \quad (7)$$

em que:

e, f, c - constantes que dependem do material, enquanto as demais variáveis, com a mesma apresentação das equações anteriores.

Oswin (1946) estabeleceu uma equação de dois parâmetros para estudar equilíbrio higroscópico dos materiais biológicos:

$$U = a \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad (8)$$

em que:

a, b - constantes que dependem do material.

Devido à escassez de informações sobre secagem de gergelim (*Sesamum indicum* L.) no Nordeste brasileiro, notadamente no Estado da Paraíba, o objetivo deste trabalho foi determinar o tempo de secagem natural para sementes desta espécie, cultivar CNPA G₃, a partir da colheita fisiológica até teor de umidade em torno de 6% e determinar as curvas de sorção para temperaturas de 20, 30 e 40 °C, utilizando-se o método estático, numa faixa de umidade relativa de 17 a 85%.

MATERIAL E MÉTODOS

A secagem do gergelim cultivar CNPA G₃, obtida por plantio, foi realizada na Estação Experimental da Embrapa Algodão, localizada em Patos, PB.

O processo de secagem com ar natural consistiu na exposição das plantas à luz solar (Weber, 1995). Depois de cortadas na base e arrumadas em feixe de cerca de 30 cm, com ápice voltado para cima, para facilitar o deslocamento (Prata,

1969 e Beltrão et al., 1994), os feixes foram dispostos em círculos de arame farpado, a uma inclinação em torno de 45°, de forma que a luz solar penetrasse com homogeneidade em todas as plantas (Figura 1).



Figura 1. Secagem natural do gergelim

Semanalmente, um número de feixes era submetido a bateduras, sobre lonas, para despreendimento das sementes as quais após esta operação, eram abanadas e colocadas sobre um filme plástico na presença de luz solar; posteriormente, uma amostra representativa era levada ao laboratório de sementes para a determinação do teor de umidade, conforme as recomendações de Brasil (1992).

O processo de secagem foi conduzido até que as sementes atingissem umidade de aproximadamente 6% b.u., recomendada para o armazenamento de sementes oleaginosas.

Os teores de umidade de equilíbrio (Tabela 1) foram determinados por meio do método estático, no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do DEAg/UFPB, utilizando-se soluções de ácido sulfúrico, com 98% de pureza, para uma faixa de umidade relativa de 17 a 85%, determinadas por meio de psicrômetro colocado no interior de recipientes de vidro e comparada com dados obtidos por Almeida (1981) e Cavalcanti Mata (1997).

Tabela 1. Valores médios de teor de umidade de equilíbrio de sementes de gergelim para temperaturas de 20, 30 e 40°C

Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)		
	20	30	40
	Umidade de Equilíbrio (b.u.)		
85,0	7,45	7,34	5,44
70,0	4,18	3,93	3,13
65,0	3,51	3,18	2,24
50,3	2,24	1,75	1,41
45,0	2,22	1,70	1,11
29,0	1,54	1,30	0,23
17,0	1,25	1,23	0,11

O experimento foi conduzido a temperatura de 20, 30 e 40 °C, utilizando-se três câmaras Fanem tipo B.O.D., modelo 347, com o objetivo de se manter as temperaturas desejadas, as quais eram regularmente verificadas com auxílio de termômetros colocados no interior de cada câmara.

Depois de determinado o teor de umidade inicial pelo método de estufa (Brasil, 1992) amostras de aproximadamente 40 g foram colocadas em pequenas cestas de arame, suspensas por um anel de PVC, sobre soluções de ácido sulfúrico nas diferentes concentrações, previamente colocadas nos recipientes de vidro; depois desta operação, os recipientes de 1,6 L de capacidade, contendo 250 mL de solução do ácido, eram hermeticamente fechados (Figura 2).

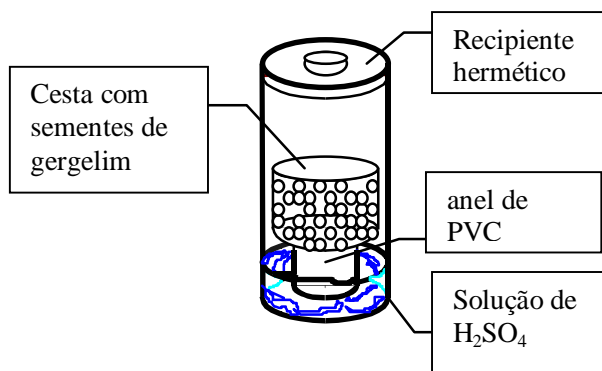


Figura 2. Recipiente hermético utilizado na determinação da umidade de equilíbrio

Foram utilizadas quatro repetições para cada concentração de ácido sulfúrico, as quais eram colocadas nas câmaras. Depois da instalação do experimento as cestas contendo as amostras eram pesadas a cada dois dias, até que a variação da massa da amostra fosse inferior a 0,001 g; para este propósito foi utilizada uma balança analítica de precisão. A cada pesagem, os recipientes foram trocados aleatoriamente de lugar, no interior da câmara.

Ao final, a amostra em equilíbrio foi subdividida em duas subamostras e seus teores de umidade foram determinados pelo método da estufa (Brasil, 1992).

Para o ajuste das isotermas de sorção das sementes de gergelim foram testados os modelos de BET, GAB, Halsey e Oswin, com a finalidade de se obter os coeficientes das equações citadas. Os dados experimentais foram submetidos a uma análise de regressão não-linear, utilizando-se o programa computacional Statistics Versão 5.0 (StatSoft, 1994).

Para avaliação dos ajustes dos modelos testados, foi calculado o erro médio relativo, como segue:

$$E = \frac{100}{N_e} \sum \frac{V_E - V_P}{V_E} \quad (9)$$

em que:

- E - erro relativo médio, %
- V_E - valor experimental
- V_P - valor predito
- N_e - número de dados experimentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se, na Figura 3, que foram necessários 35 dias para se reduzir o teor de umidade inicial das sementes de gergelim (20,15% b.u) até o nível recomendado para o armazenamento

seguro (6,1% b.u) sendo este tempo um inconveniente do método de secagem natural. Em condições artificiais, o tempo de secagem do gergelim é bem menor. Aponte & Landaeta (1972) necessitaram de apenas 48 horas para secar o gergelim em cápsulas a baixas temperaturas e sem danos graves para a qualidade fisiológica da cultura. Por outro lado, a secagem natural é mais barata, porém mais lenta que a artificial, estando sujeita às modificações das condições climáticas.

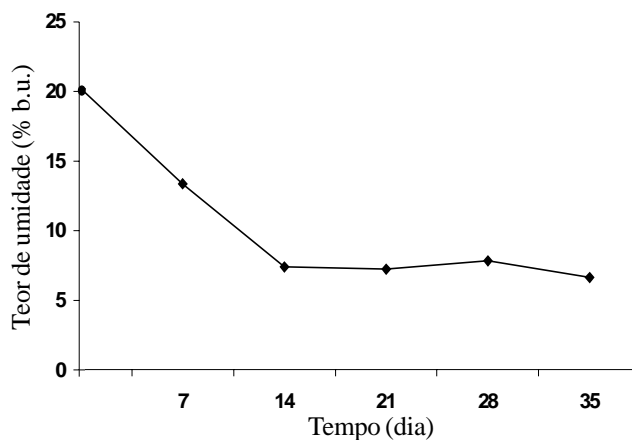


Figura 3. Valores médios do teor de umidade obtidos durante o processo de secagem natural das sementes de gergelim

Constatou-se como desvantagem, durante o experimento, a presença de insetos e que a não antecipação da colheita promove maior susceptibilidade à presença desses agentes. Expondo-se as plantas às variações climáticas, verifica-se escurecimento das sementes, o que leva a uma depreciação comercial do produto; outro fato observado foi a degrana natural.

Apesar das desvantagens do método de secagem natural, este ainda é recomendado como método que não provoca sérios danos à qualidade fisiológica da semente, sendo necessária uma investigação futura com relação ao método artificial para a cultivar CNPA G₃. Estas observações baseiam-se nos resultados obtidos por Priante Filho et al. (1995) os quais verificaram que a secagem natural, comparada com o método artificial, preservou melhor a qualidade fisiológica das sementes de café, fato também verificado por Andreoli et al. (1991).

Finalmente, apoiando-se nos resultados do trabalho, recomenda-se que, quando se optar pela secagem natural, a programação da colheita seja sincronizada com o período de estiagem, a fim de que o processo de secagem natural seja realizado nas melhores condições de temperatura evitando-se, assim, a susceptibilidade das sementes ao ataque de insetos e promovendo melhor valorização comercial do produto.

Os parâmetros das isotermas de sorção de água para as sementes de gergelim, a 20, 30 e 40° C encontram-se na Tabela de 2 (A, B e C). Efetuaram-se os ajustes das curvas, usando-se o modelo com três parâmetros de GAB/BET e os modelos de dois parâmetros de Halsey e Oswin (Fig. 4A e B). Observa-se que a equação de GAB descreve com grande precisão as isotermas para as atividades de água de 0,17 a 0,85, onde se encontram as condições normais de armazenagem comercial deste produto, cujo resultados estão de acordo com os obtidos por Lomauro et al. (1985) e Saravacos et al. (1986).

Tabela 2. Parâmetros de ajustes da isoterma de sorção para as diferentes temperaturas

Modelos	Parâmetros			R ² (%)	E (%)
A. 20 °C					
BET	U _m 26,9615	C 0,0006	n 3	96,92	12,6
GAB	U _m 0,0144	C 7,6379	K 0,9566	99,85	2,43
Halsey	A 0,0059	B 1,2799		99,76	2,40
Oswin	A 0,0240	B 0,6494		99,74	4,01
B. 30 °C					
BET	U _m 16,236	C 0,0007	n 4	97,96	12,9
GAB	U _m 0,0140	C 3,1314	K 0,9664	99,51	6,04
Halsey	A 0,0087	B 1,1234		99,29	6,36
Oswin	A 0,02017	B 0,7456		99,50	6,14
C. 40 °C					
BET	U _m 11,229	C 0,0008	n 4	99,83	1,66
GAB	U _m 0,2031	C 0,0938	K 0,6792	99,93	1,67
Halsey	A 0,0058	B 1,1486		98,08	10,30
Oswin	A 0,0152	B 0,7418		99,25	6,37

É importante observar que as equações, quando analisadas levando-se em consideração apenas o seu coeficiente de determinação (R²) representaram muito bem as isotermas de sorção, até mesmo os modelos de BET e Halsey, considerados os piores; entretanto, quando se analisam os modelos estudados considerando-se o coeficiente de determinação (R²) e o erro relativo médio (E%) calculado entre os parâmetros experimentais e os pontos estimados pelas equações tem-se, para o modelo de GAB, o menor erro relativo médio (2,43; 6,04 e 1,67%) e o maior valor do coeficiente de determinação (99,85; 99,51 e 99,93%) para as temperaturas estudadas de 20, 30 e 40 °C, respectivamente.

Os resultados mostram, ainda, que os modelos de Halsey e Oswin, utilizados na estimação das isotermas de sorção do gergelim, apresentaram resultados satisfatórios para as temperaturas de 20 e 30 °C, com exceção do modelo de BET, quando se leva em consideração o coeficiente de determinação e o erro relativo médio, porém para a temperatura de 40 °C o modelo de BET estima melhor as isotermas de sorção do gergelim que os modelos de Halsey e Oswin, sendo inferior ao modelo de GAB. Ressalta-se que para a temperatura de 40 °C nenhum dos modelos testados mostrou-se eficiente para umidade de equilíbrio de 0,11 a 1,40% b.s., razão pela qual este ponto foi descartado nas análises.

De maneira geral, o modelo de GAB foi o que apresentou os melhores resultados. Ressalta-se que, dentre os modelos testados, o de GAB e BET, sendo esta, talvez, a razão do melhor ajuste obtido para as isotermas de sorção do gergelim.

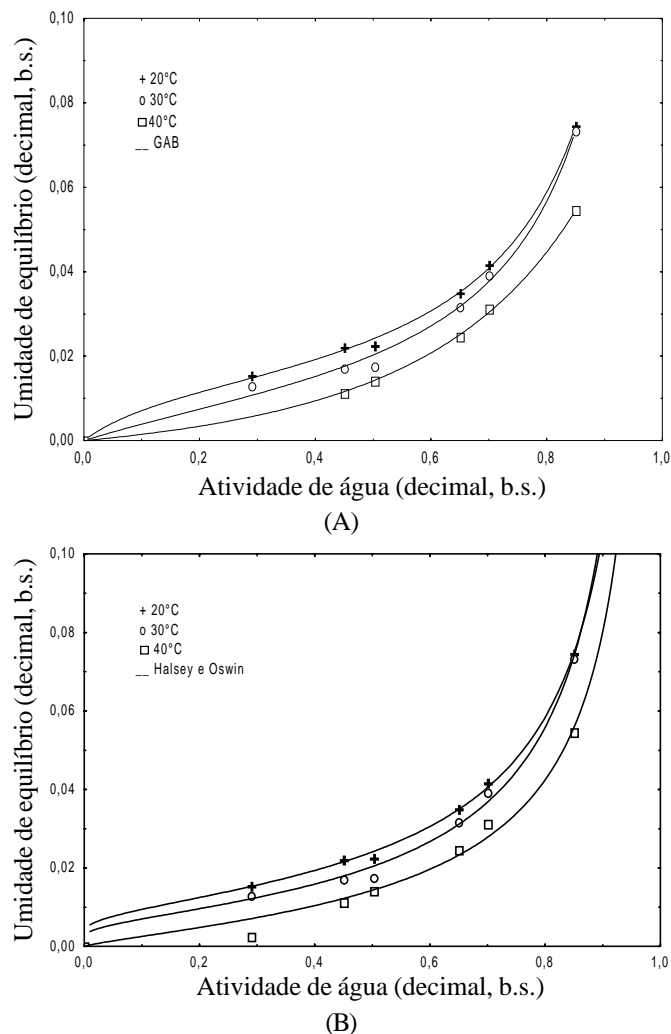


Figura 4. Valores das isotermas de sorção do gergelim para três temperaturas ajustadas pelo modelo GAB (A) e Halsey e Oswin (B)

CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos, concluiu-se que:

1. O tempo médio gasto para as sementes atingirem o teor de umidade de 6,1% b.u. foi de 35 dias.
2. O tempo necessário para as sementes entrarem em equilíbrio com o meio ambiente circundante diminui com o aumento da temperatura, sendo de 10 dias para a temperatura de 40 °C.
3. O modelo triparmétrico de GAB foi o que melhor se ajustou às isotermas de sorção com menor erro relativo e maior coeficiente de determinação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. de A.C. **Efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a germinação, vigor e grau de umidade de sementes armazenadas de algodão (*Gossypium hirsutum* L. *r. latifolium*, Hutch).** Campina Grande, PB: UFPB/CCA, 1981. 65p. Dissertação Mestrado
- ANDREOLI, D.M.C.; GROTH, D; RAZERA, L.F. Qualidade fisiológica de sementes de café (*Coffea Canephora h.*) c.v. Guarani após secagem natural e artificial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina. p.1453-1466.

- APONTE, A.; LANDAETA, C. Secado artificial del ajonjolí. **Agronomia Tropical**, Venezuela, v.22, n.1, p.19-28, 1972.
- BELTRÃO, N.E. de M; FREIRE, E.C.; LIMA, E.F. **Gergelim: cultura no trópico semi-árido nordestino**. Campina Grande, PB: EMBRAPA-CNPA, 1994. 52p. Circular Técnica, 18.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 188p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying cereal grains**. Westport: The AVI Publishing Company, 1974, 265p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.B.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseed**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992, 450p.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Efeitos da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo, em camada estacionária sobre a armazenabilidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade "carioca". Avaliação experimental e simulação**. Campinas, SP: UNICAMP, 1997. Tese Doutorado
- CUNNINGHAN, F.E. Practical applications of food dehydration. A Review. **Journal of Food Protection**, Des Moines, Iowa., v.45, p.479-483, 1982.
- HENDERSON, S.M. A basic concept of equilibrium moisture. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 33, v.1, p.29-32, 1952.
- LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, Chicago, v.22, n.3, p.263-274, 1968.
- LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surface of glass and mica and platinum. **Journal of American Chemical Society**, Washington, v.40, p.1361-1403, 1918.
- LOMAURO, C.J.; BASKI, A.S.; LABUZA, T.P. Moisture transfer properties of dry and semi moist foods. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p.397-400, 1985.
- NAKAGAWA, J.; ROSELEM, C.A.; ALMEIDA, R.M. Efeitos de maturação e dos métodos de secagem na qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 8, n. 3, p.83-97, 1986.
- OLIVEIRA, M.R.C. de. **Análise dos componentes químicos do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o processo de secagem**. Areia: CCA/UFPB, 1988. 111p. Dissertação Mestrado
- OSWIN, C.R. The kinetics of packing life. III. The isotherm. **Journal of Chemistry Industrial**, n.65, p.419-23. 1946.
- PARK, K.J. **Estudo comparativo do coeficiente de difusão sem e com encolhimento durante a secagem**. Campinas: UNICAMP, SP, 1987. 54p. Tese Livre Docência
- PEREIRA, J.A.M.; QUEIROZ, D.M. de. **Higroscopia**. Viçosa, MG: CENTREINAR, 1987. 28p.
- PINHEIRO FILHO, J.B. **Estudo da curva de secamento do cacau (*Theobroma cacao*, L.)**. Viçosa, MG, 1972. 40p. Dissertação Mestrado
- PRADO, M.E.T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para obtenção de tâmara passa**. Campinas: UNICAMP, SP, 1998. 152p. Tese Doutorado
- PRATA, F. da C. Gergelim. In: **Principais culturas do nordeste**. Fortaleza, CE: Imprensa Universitária do Ceará, 1969. p. 153-162.
- PRIANTE FILHO, N.; CAMPELO Jr., J.H.; CANEPPELE, C. Conservação de sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas a diferentes métodos de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24. Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBEA/UFV, 1995. 406p.
- SARAVACOS, G.D.; TSIOURVAS, D.A.; TSAMI, E. Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisings. **Journal of Food Science**, Chicago, v.51, n.2, p.381-387, 1986.
- STATSOFT. **Statistics for windows 5.0**. Tulsa, OK: StatSoft, Inc. 1994. 707 p.
- WEBER, E.A **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre, RS: Kepler Weber Industrial, 1995, 400p.