

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA DO AR E TEOR DE UMIDADE INICIAL, NA CINÉTICA DE SECAGEM DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) EM CAMADA DELGADA

Mario Eduardo R.M. CAVALCANTI MATA¹ Florencia Cecilia MENEGALLI²

RESUMO: Neste trabalho procurou-se verificar a influencia do teor de umidade inicial (25, 35 e 45 % base seca), temperatura (30, 40 e 50°C) e umidade relativa do ar (20, 30, 40 e 50%), na taxa de secagem, para tanto, utilizou-se a equação proposta por Page [$RU = \exp(-k \cdot t^n)$]. Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que, para a equação de Page apenas o coeficiente **k** expressa sua dependência em função do teor de umidade inicial, temperatura e umidade relativa do ar para os intervalos acima mencionados e a equação é dada por:

$$RU = [(-0,2035 \cdot U_i^{0,36658} \cdot T^{0,791107}) * (0,002514 - 1,957 \cdot 10^{-5} \cdot UR + 1,83637 \cdot 10^{-7} \cdot (UR)^2)] \cdot t^{0,60598}$$

PALAVRAS-CHAVE : Secagem, feijão, umidade inicial, temperatura, umidade relativa

ABSTRACT : In this work we have tried to verify the effect of the initial humidity level (25, 35 and 45% dry base), temperature (30, 40 and 50 °C) and relative air humidity (20, 30, 40 and 50%), on the drying rate. For this we used the equation proposed by Page [$RU = \exp(-k \cdot t^n)$]. In light of the results obtained we conclude that, for the Page equation, only the **k** coefficient is dependent on the initial humidity level, temperature and relative air humidity for the aforementioned intervals, and the equation is given by:

$$RU = [(-0,2035 \cdot U_i^{0,36658} \cdot T^{0,791107}) * (0,002514 - 1,957 \cdot 10^{-5} \cdot UR + 1,83637 \cdot 10^{-7} \cdot (UR)^2)] \cdot t^{0,60598}$$

KEYWORDS: Drying, bean, initial moisture content, temperature, relative humidity

INTRODUÇÃO: A secagem comercial de sementes de feijão consiste em diminuir o seu teor de umidade de, aproximadamente, 30% base úmida (b.u.) para 13 % b.u. utilizando secadores mecânicos, sendo o mais utilizado no Brasil o secador em camada estacionária. O estudo da secagem em camada espessa realizada neste tipo de secador se fundamenta na secagem sucessiva das camadas delgadas do produto. Portanto, para que qualquer estudo mais profundo possa ser feito de dimensionamento, simulação e otimização de secadores, torna-se necessário conhecer as curvas de secagem em camada delgada do referido produto. Assim, os objetivos do presente trabalho foi determinar as curvas de secagem das sementes de feijão “carioca” em camadas delgadas para as temperaturas de 30, 40 e 50 °C e umidades relativas de 20, 30, 40 e 50%, para os teores de umidade inicial de 25, 35 e 45 %, base seca, e velocidade do ar de secagem de 0,5 m.s⁻¹. Para esta finalidade foi utilizada a equação de page.

MATERIAL E MÉTODOS: O feijão foi colhido na vagem com um teor de umidade em torno de 46 %, base seca (b.s.), levado ao Laboratório de Processamento e Armazenagem de Produtos Vegetais e debulhado neste local manualmente. Para condução dos testes de secagem em camada delgada, as sementes foram separadas em lotes de 300 gramas, sendo que, para cada teor de umidade inicial, as sementes foram secas com auxílio de um ventilador utilizando ar ambiente. As sementes que atingiam o teor de umidade desejado eram embaladas em saco de plástico e colocadas em

¹ Doutor em Engenharia de Alimentos, DEAg-UFPB, Av. Aprígio Veloso N° 882, Bodocongó, C. Postal 10.087, CEP 58.109-970 Campina Grande-PB, Brasil Fone (083) 310-1185 Fax (083) 310.1011.

² Professora Doutora do Departamento de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, C. Postal 6121 CEP 13.083-970 Campinas-SP, Brasil. Fone (019) 239-7504 Fax (019) 239-1513.

câmaras Fanen, controladas à temperatura de 5 °C, até que fosse possível conduzir o teste de secagem. Foram conduzidos teste de secagem às temperaturas de 30, 40 e 50 °C e umidades relativas do ar de 20, 30, 40 e 50% para as sementes com teor de umidade inicial de 45, 35 e 25 % base seca. As umidades relativas do ar foram obtidas por meio de um filtro de sílica gel colocado na zona de homogeneização do ar (Figura 1). A umidade relativa era controlada por meio de um higrômetro DH 106. Quando existia um desvio de aproximadamente 2% na umidade relativa parte ou toda a sílica gel era removida e adicionada uma nova quantidade ao filtro e a vazão novamente regulada, caso necessário. Para cada teste de secagem foi previamente determinado o teor de umidade das sementes segundo as regras para análise de sementes (BRASIL, 1976) com modificações no binômio tempo temperatura. A temperatura utilizada foi de 130 °C durante um período de tempo de 4 horas. Para este trabalho foi utilizado o secador experimental do Laboratório de Operações Unitárias do DEQUFPB, conforme mostrado na Figura 1. Para acompanhamento da secagem, uma amostra de 100 gramas de sementes era colocada no secador experimental com o sistema pré-estabilizado para a temperatura e a vazão de ar desejadas. A diminuição do teor de umidade com o tempo para cada temperatura estudada foi determinada por meio da perda de peso. A balança utilizada para este acompanhamento foi uma balança Mettler PC 440, com precisão de 0,01 grama. Os testes foram conduzidos em duas repetições. Foram ajustados aos dados experimentais a equação propostas por Page ($RU = \exp(-k \cdot t^n)$), onde RU (razão de umidade) = $(U - U_e)/(U_i - U_e)$, em que U é o teor de umidade, U_e é a umidade de equilíbrio, U_i a umidade inicial de secagem, t é o tempo e “k” e “n” são parâmetros que dependem do produto. Para o cálculo do teor de umidade de equilíbrio do feijão “carioca” foram utilizadas as curvas de dessecção, utilizando a equação de Henderson modificada pelos autores e obtidas para este trabalho. A equação utilizada foi: $U_e = [\ln(1 - UR) / 0,003944 \cdot T^{0,293285} \cdot 0,5839123]$. Para análise dos resultados foi utilizado o programa computacional Estatística 5.0 utilizando análise de regressão não-linear pelo método numérico de Rosenbrock e quasi-Newton.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para verificar o efeito da umidade inicial, temperatura e umidade relativa do ar na taxa de secagem de sementes de feijão, inicialmente ajustaram-se os parâmetros “k” e “n” da equação de Page. Como esses coeficientes não apresentaram alguma tendência e tendo-se observado que os valores “n” variavam de 0,595 e 0,61, optou-se então em fixar um valor médio para “n” que foi de **0,605977**, e realizar novas análises de regressão. Com este procedimento observou-se que era possível obter-se um comportamento do coeficiente “k” em função das variáveis estudadas. Observando cuidadosamente as curvas obtidas com esses coeficientes, é possível notar que, se for considerado alguns parâmetros aqui estudados, constata-se que não existe uma influência nítida da umidade relativa na taxa de secagem. Contudo, para determinadas temperatura e teor de umidade inicial a influência da umidade relativa na taxa de secagem é melhor percebida. Devido a esta dificuldade de se observar com nitidez a influência da umidade relativa na taxa de secagem em todos os experimentos conduzidos, onde diversos parâmetros são alterados, alguns autores ora relatam essa influência e outros, por vezes, consideram que ela pode ser negligenciada (Henderson e Pabis, 1962; Soares, 1986; Christ 1996). A Figuras 2 dá uma visão espacial da superfície de resposta do coeficiente “k” da equação de Page. Esta figura mostra a superfície de resposta de modo a dar uma percepção que existem 3 superfícies de respostas em planos diferentes, correspondentes aos teores de umidade inicial de 25, 35 e 45 % base seca.

CONCLUSÃO: Diante dos resultados obtidos podemos concluir que para a equação de Page, apenas o coeficiente k expressa sua dependência em função do teor de umidade inicial, temperatura e umidade relativa do ar, sendo a equação para o intervalo de temperatura de 30 a 50 °C e umidade relativa de 20 a 50% e teor de umidade inicial de 45 a 35 % base seca, dada por:

$$RU = [(-0,2035 \cdot U_i^{0,36658} \cdot T^{0,791107}) * (0,002514 - 1,957 \cdot 10^{-5} \cdot UR + 1,83637 \cdot 10^{-7} \cdot (UR)^2)] \cdot t^{0,60598}$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para Análise de Sementes**, Brasília, DF, 1976. 188p.

CHRIST, D. **Curvas de equilíbrio higroscópico e de secagem da canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), e efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 50p. (Tese Mestrado).

HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory - IV. The effect of airflow rate on the drying index. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London v. 7, n. 2, p. 85-89, 1962.

SOARES, J. B. **Curvas de secagem em camada fina e propriedades físicas de soja (*Glicine max* L.)** Viçosa, Universidade Fed. de Viçosa, 1986. 91p. (Tese de Mestrado).

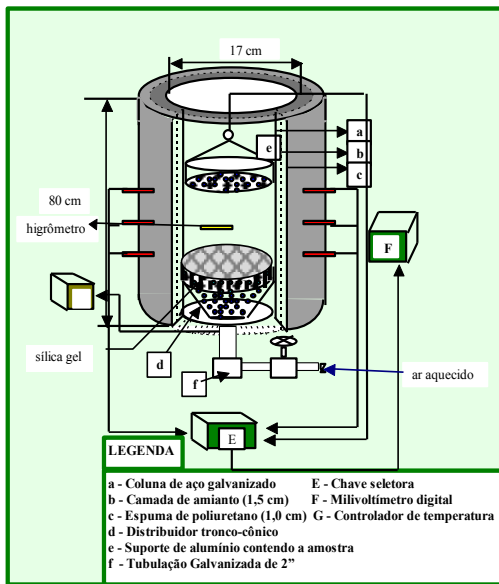


FIGURA 1- Secador experimental utilizado para a secagem de sementes de feijão "carioca".

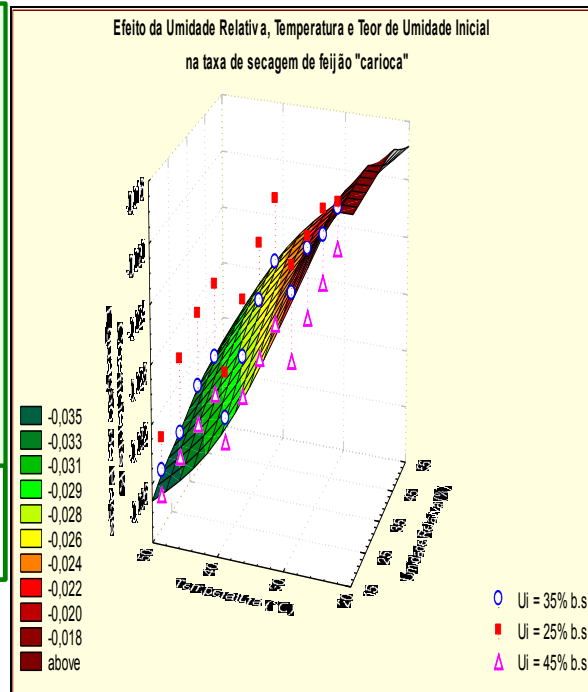


FIGURA 2 - Visão espacial da Superfície de resposta correspondente ao coeficiente "k" da Equação de Page em função da umidade relativa do ar de 20 a 50%, temperaturas de 30, 40 e 50 °C e teor de umidade inicial do feijão de 25, 35 e 45% b.s.