

CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE GRÃOS DE SOJA SUBMETIDAS À SECAGEM COM DIFERENTES TEMPERATURAS

CARLOS H. P. FERNANDES¹, PAULO C. CORADI², JEAN C. HELMICH¹

¹ Estudante de Graduação em Agronomia, UFMS/CPCS-MG

² Eng^o Agrícola, Professor Adjunto II, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, UFMS - MS, Fone: (0XX67) 3562-6300, paulo.coradi@ufms.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014 - Campo Grande - MS, Brasil

RESUMO: As mudanças volumétricas dos produtos, devido a sua desidratação, são relatadas como sendo as principais causas das alterações das propriedades físicas dos grãos de soja. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito das temperaturas do ar de secagem e a variação do teor de água inicial na contração volumétrica de grãos de soja e ajustar os diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais, em função do teor de água do produto. Foram utilizados grãos de soja, colhidos com teor de água inicial de 25 e 19% (b.u.), submetidos à secagem com temperaturas do ar de 75, 90, 105 e 120 °C. Durante os testes de secagem foram realizadas pesagens periódicas até os teores de água dos grãos de soja atingir 11% (b.u.). A contração volumétrica dos grãos foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume inicial. O modelo de Rahman foi o que melhor ajustou os dados experimentais de contração volumétrica. Concluiu-se que, o volume do produto foi influenciado pela redução do teor de água, sendo que quanto maior a temperatura do ar de secagem, maiores foram os efeitos de contração volumétrica e deformidade dos grãos de soja.

PALAVRAS-CHAVE: processamento, produção, qualidade.

VOLUMETRIC CONTRACTION OF SOYBEAN UNDER THE DRYING WITH DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT: The volumetric changes of the product due to dehydration are reported to be the main causes of changes in physical properties of soybeans. The aim of the study was to evaluate the effect of drying air temperature and the variation of the initial water content in the shrinkage of soybeans and adjust to different mathematical experimental values, depending on the water content of the product models. Soybeans harvested with an initial moisture content of 25 to 19% (w.b.), submitted to drying air temperatures of 75, 90, 105 and 120 °C. During testing were used drying were made periodic weightings to the water content of the soybeans reach 11% (w.b.). The grain shrinkage was determined by the ratio between the volume at each water content and initial volume. Rahman model was the best fit to the experimental data of volumetric shrinkage. It was found that the volume of the product was influenced by the reduction of the water content, while the higher the drying air temperature, the higher were the effects of shrinkage and deformity of the soybeans.

KEYWORDS: processing, production, quality.

INTRODUÇÃO: O processo de secagem proporciona a perda de água causando danos nas estruturas celulares do produto, com isto leva às mudanças na forma e decréscimo em suas dimensões (MAYOR et al., 2004). A contração volumétrica é promovida pela redução da tensão existente no interior das células devido à remoção da água durante a secagem. As mudanças volumétricas são a principal causa das alterações das propriedades físicas dos produtos agrícolas. A contração volumétrica dos produtos

vegetais durante a secagem não está ligada somente ao teor de água, depende das condições de secagem, forma e tamanho do produto (SIQUEIRA et al. (2011), e envolvem leis complexas de mecânicas e deformação de materiais. Segundo SIQUEIRA et al. (2011), o estudo da contração volumétrica durante o processo de secagem permite prever o volume ocupado pela massa de grãos, conforme ocorre a redução do teor de água, sendo desta forma de fundamental importância para o desenvolvimento de novos equipamentos de secagem. GONELI et al. (2011) estudaram frutos de mamona e certificaram que a contração volumétrica durante a secagem proporciona a redução de todas as dimensões do fruto, inclusive para o diâmetro geométrico médio. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito das temperaturas do ar de secagem e a variação do teor de água inicial na contração volumétrica de grãos de soja e ajustar os diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais, em função do teor de água do produto.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho experimental foi desenvolvido na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus Chapadão do Sul (CPCS), Laboratório de Pós-Colheita de Grãos, localizado no município de Chapadão do Sul (MS). Os grãos de soja foram colhidos com teores de água de 25 e 19% (b.u.) e secos em estufa de convecção com ventilação forçada do ar, nas temperaturas de 75, 90, 105 e 120 °C. A secagem foi realizada até os grãos atingirem a umidade de equilíbrio higroscópica. Para cada temperatura do ar de secagem foram realizados três testes de secagem, sendo que para cada teste, foram utilizados 5 kg de grãos de soja. A temperatura e umidade relativa do ambiente foram monitoradas, ao longo de toda a secagem, com auxílio de um psicrômetro. Durante o processo de secagem as amostras foram pesadas, periodicamente, até atingirem a umidade de equilíbrio higroscópica. A temperatura e a umidade relativa do ar de secagem foram monitoradas por meio de um psicrômetro instalado no local do experimento, enquanto que, o ar de secagem foi monitorado por um termômetro instalado na parte interna da estufa, o mesmo para o ar ambiente externo. Já o fluxo do ar de secagem foi monitorado com auxílio de um anemômetro de fio quente e mantido em torno de $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-2}$. A contração volumétrica unitária (Ψ_g) e da massa de grãos (Ψ_m) durante a secagem do produto foi determinada pela relação entre o volume para cada teor de água e o volume inicial. Para o acompanhamento da redução do volume da massa, foi utilizado um cilindro de acrílico graduado. O volume (V_g) de cada grão foi obtido ao longo do processo de secagem, com auxílio de um paquímetro digital. Os dados experimentais da contração volumétrica da massa de grãos foram submetidos à análise de regressão. O modelo foi escolhido com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão (β 's), utilizando-se o teste "t", a fim de se estabelecerem equações que representem as interações entre as variáveis analisadas. Aos dados experimentais de contração volumétrica unitária foram ajustados os modelos matemáticos expressos pelas seguintes expressões:

Referência do modelo	Modelo	
Bala e Woods	$\Psi_g = a \cdot \{1 - \exp[b \cdot (U - U_0)]\}$	(1)
Rahman	$\Psi_g = a + \beta_2 \cdot (U - U_0)$	(2)
Corrêa et al.	$\Psi_g = 1/[a + b \cdot \exp(U)]$	(3)
Exponencial	$\Psi_g = a \cdot \exp(b \cdot U)$	(4)

em que,

Ψ_g : contração volumétrica unitária, decimal;

U : teor de água do produto, decimal (b.s.);

U_0 : teor de água inicial do produto, decimal (b.s.);

β_2 : coeficiente de contração volumétrica, adimensional;

a, b : parâmetros que dependem do produto.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com três testes para cada temperatura do ar de secagem. Para ajustar a análise foram realizados modelos matemáticos de regressão não linear, o método de Quasi-Newton, usando o programa Statistica 7.0®. Para verificar o grau de ajuste de cada modelo foi considerado o significado do coeficiente de regressão pelo teste "t",

adotando o nível de 5% de probabilidade, a magnitude do coeficiente de determinação (R^2), os valores de erro médio relativo (P) e o erro médio estimado (SE) e verificado o comportamento da distribuição dos resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A análise dos dados indica que o modelo de Rahman adaptado foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos de contração volumétrica de grãos de soja, apresentando tendência menos acentuada de distribuição dos resíduos (distribuição aleatória). Observa-se, ainda, que este modelo apresentou maior coeficiente de determinação e menores erros médios estimados e relativos (Tabelas 1 e 2).

TABELA 1. Modelo de contração volumétrica de Rahman para grãos de soja com seus respectivos parâmetros estimados, coeficiente de determinação (R^2), erro médio estimado (SE), relativo (P) e distribuição dos resíduos usados com diferentes temperaturas do ar de secagem e teores de água inicial dos grãos de 19% (b.u.)

Temperaturas (°C)	Estimativa dos parâmetros	SE (decimal)	P (%)	R^2	Distribuição dos resíduos
75	a= 0,68100 b= 1,40000	0,02804	1,10	85,85	A
90	a= 0,64270 b= 1,79279	0,01482	1,10	97,40	A
105	a= 0,58653 b= 2,12000	0,01285	1,10	98,56	A
120	a= 0,56667 b= 2,23391	0,01352	1,10	99,15	A

A – Aleatório.

Nas Figuras 1 e 2 estão apresentados os valores experimentais da contração volumétrica da massa de grãos, ajustados pelo modelo de Rahman, em função do teor de água. Verifica-se que a massa de grãos apresentou uma contração volumétrica de 20,20% no intervalo de umidade entre 0,19 a 0,11 (b.s.) (Figura 1) e uma contração volumétrica de 19,1% no intervalo de umidade entre 0,25 a 0,11 (b.s.). As temperaturas do ar de secagem influenciou na contração volumétrica dos grãos de soja. A secagem com temperatura de 120 °C influenciou mais na redução do volume dos grãos. AFONSO JÚNIOR (2003) verificou uma diminuição de 39% do volume dos frutos de café cereja com a redução do teor de água de 2,27 até 0,11 (b.s.).

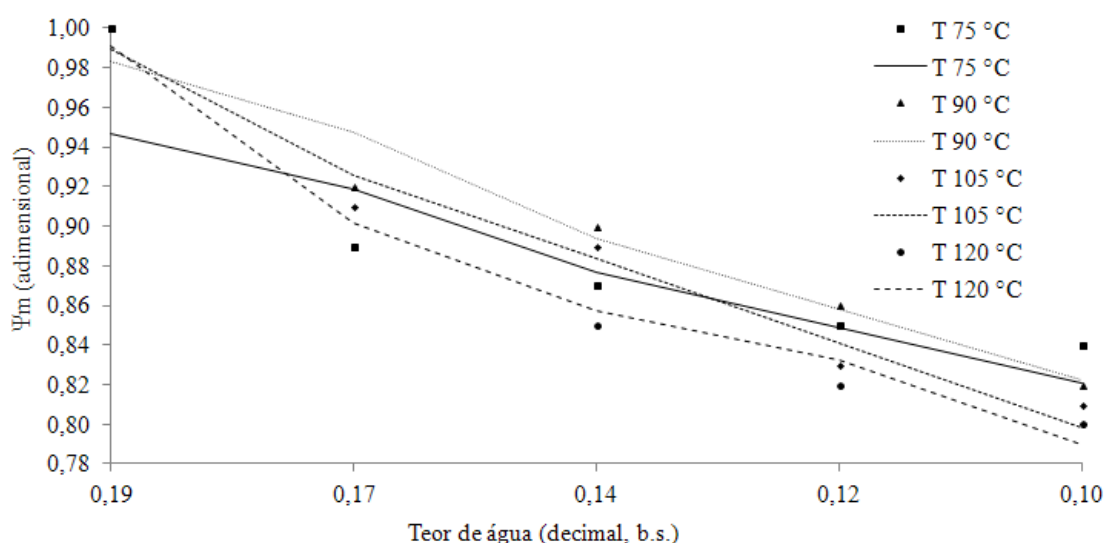


FIGURA 1. Ajuste dos dados experimentais de contração volumétrica de grãos de soja com teores de água inicial de 19% (b.u.) e diferentes temperaturas do ar de secagem pelo modelo da Rahman.

TABELA 2. Modelo de contração volumétrica de Rahman para grãos de soja com seus respectivos parâmetros estimados, coeficiente de determinação (R^2), erro médio estimado (SE), relativo (P) e distribuição dos resíduos usados com diferentes temperaturas do ar de secagem e teores de água inicial dos grãos de 25% (b.u.)

Temperaturas (°C)	Estimativa dos parâmetros	R^2	SE (decimal)	P (%)	Distribuição dos resíduos
75	a= 0,707135 b= 1,059633	90,60	0,02436	1,00	A
90	a= 0,722270 b= 1,140541	98,50	0,01042	1,01	A
105	a= 0,691413 b= 1,293680	97,71	0,014121	3,39	A
120	a= 0,68000 b= 1,33333	98,18	0,01515	3,95	A

A – Aleatório.

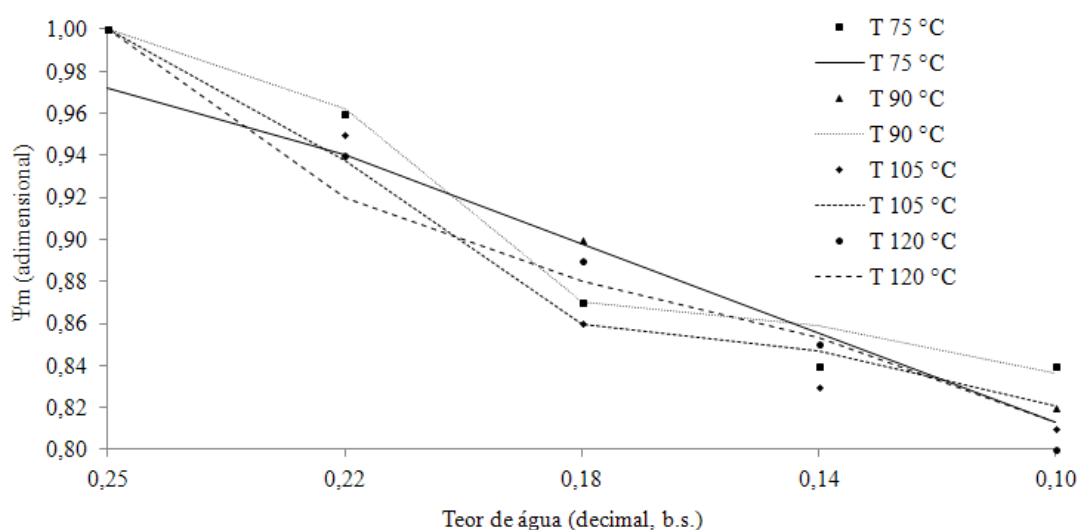


FIGURA 2. Ajuste dos dados experimentais de contração volumétrica de grãos de soja com teores de água inicial de 25% (b.u.) e diferentes temperaturas do ar de secagem pelo modelo da Rahman.

CONCLUSÕES: Concluiu-se que, o volume do produto foi influenciado pela redução do teor de água, sendo que quanto maior a temperatura do ar de secagem, maiores foram os efeitos de contração volumétrica e deformidade dos grãos de soja.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a FUNDECT - MS de apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C.; PINTO, F.A.C.; SAMPAIO, C.P. Shrinkage evaluation of five different varieties of coffee berries during the drying process. **Biosystems Engineering**, Londres, v. 86, n. 4, p. 481-485, 2003.
- GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; MAGALHÃES, F.E.A.; BAPTESTINI, F.M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 1-8, 2011
- MAYOR, L.; SERENO, A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 61, n. 3, p. 373-386, 2004.
- SIQUEIRA, V.C.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H. Contração volumétrica dos frutos de pinhão-mansão durante a secagem em diversas temperaturas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 171-178, 2011.