

CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE GRÃOS DE CÁRTAMO DURANTE A SECAGEM

ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS¹, ANDRÉ LUÍS DUARTE GONELI², GUILHERME CARDOSO OBA³, LAIRA RODRIGUES FERREIRA⁴, SARA MARIA MONGELOS BARRIOS⁵

¹ Eng. Agrícola, Doutorando em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, elton_asm@yahoo.com.br

² Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, UFGD / Dourados-MS, andregoneli@ufgd.edu.br

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, guilherme_oba@hotmail.com

⁴ Eng. Agrônoma, Mestranda em Agronomia, UFGD / Dourados-MS, laira-ferreira@outlok.com

⁵ Eng. Agrônoma, Mestranda em Eng. Agrícola, UFGD / Dourados-MS, saramaria.mongelos@gmail.com

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da variação do teor de água, durante a secagem, sobre o índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo. Foram utilizados grãos de cártamo colhidos com teor de água inicial de aproximadamente 0,445 decimal b.s. (base seca), e submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 40 °C, até os grãos atingirem o teor de água final de $0,073 \pm 0,008$ decimal b.s. Durante a secagem os índices de contração volumétrica da massa e unitária foram determinados pela razão entre o volume do produto pelo seu volume inicial, em diferentes teores de água. A variação de volume da massa foi acompanhada utilizando uma proveta de 500 mL, já o volume unitário do grão foi acompanhado por meio da medição dos três eixos ortogonais do produto (comprimento, largura e espessura). Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a redução do teor de água influencia o índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo, provocando redução em seus valores de aproximadamente 16 e 13%, respectivamente, podendo ser representadas satisfatoriamente pelo modelo Linear.

PALAVRAS-CHAVE: *Carthamus tinctorius* L., índice de contração volumétrica, modelo linear.

SHRINKAGE SAFFLOWER GRAIN DURING DRYING

ABSTRACT: This work was to evaluate the effect of varying the water content during drying on the shrinkage rate of mass and unit of safflower grain. Safflower grains harvested were used with an initial moisture content of approximately 0.445 decimal d.b. (dry basis), and subjected to drying in an oven with forced air circulation, at 40 °C until the grains reach a final moisture content of 0.073 ± 0.008 decimal d.b. During the drying shrinkage rates of mass and unit are determined by the ratio between the volume of the product by the initial volume at different moisture contents. The variation in volume of the mass was accompanied using a 500 mL beaker, already the unit volume of the grain was monitored by measuring the three orthogonal axes of the product (length, width and thickness). Based on the obtained results, it is concluded that reducing of the moisture content influences the shrinkage rate of mass and unit of safflower grain promoting reduction in their values of approximately 16 and 13%, respectively, and may be represented satisfactorily by Linear model.

KEYWORDS: *Carthamus tinctorius* L., shrinkage rate, linear model.

INTRODUÇÃO: No Brasil e em diversos países do mundo há uma crescente busca por fontes alternativas ou renováveis de energia, dentre elas se destaca a produção de biodiesel, com fim de reduzir o uso de combustíveis derivados do petróleo. Inúmeras culturas se destacam como fonte de matéria prima para a produção de biodiesel, dentre elas o cártamo, apresentando um teor de óleo situado na faixa de 20 à 45%, e de excelente qualidade, com rendimento semelhante a soja e ao girassol (0,4 a 0,6 toneladas de óleo por hectare), e ainda, a cultura apresenta grande capacidade de desenvolvimento em condições adversas de clima e solo (COŞGE et al., 2007; PADILHA et al., 2012). Sendo o cártamo uma cultura ainda pouco estudada e com potencial crescente de produção no

Brasil, o levantamento de suas propriedades físicas é relevante para o sucesso das etapas de pós-colheita do grão. O encolhimento ou contração dos produtos agrícolas durante a secagem normalmente é avaliado pelo índice de contração volumétrica, o qual determina a relação entre o volume e o volume inicial para determinados teores de água do grão ou semente. A análise desse índice é muito importante durante o processo de secagem, pois assim é possível estimar a variação do volume ocupado pela massa de grãos, conforme reduz o teor de água (SIQUEIRA et al., 2012). Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo em função da variação do teor de água.

MATERIAL E MÉTODOS: Os grãos de cártamo apresentaram teor de água inicial de aproximadamente 0,445 decimal b.s. (base seca), e foram secos em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 40 °C. A redução do teor de água foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa) com o auxílio de balanças com resolução de 0,01 g e 0,001 g para a determinação do índice de contração volumétrica da massa e unitária, respectivamente, até os grãos atingirem o teor de água final de $0,073 \pm 0,008$ decimal b.s.. Para a determinação do índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo foi calculada a razão entre o volume do produto em determinado instante pelo volume inicial do mesmo (Equação 1), no decorrer do processo de secagem, relacionando com a variação do teor de água do produto.

$$\Psi = \frac{V}{V_0} \quad (1)$$

em que:

Ψ : índice de contração, adimensional; V_0 : volume inicial (da massa ou do grão), mm^3 ;
 V : volume (da massa ou do grão) em determinado instante, mm^3 .

O acompanhamento da redução do volume da massa foi realizado com base em um volume inicial de 500 cm^3 (500 mL) de grãos de cártamo, o qual foi verificado a redução desse volume, no decorrer da secagem, transferindo o mesmo para uma proveta de 500 mL, e anotando o volume, em mL, para diferentes teores de água durante a secagem. Para cada teor de água amostrado foi realizado seis determinações do volume da massa, na proveta de 500 mL, em que o volume da massa, para cada teor de água, foi determinado pela média das seis medições.

Já o acompanhamento da redução do volume de cada grão de cártamo, para a determinação do índice de contração unitária, foi realizado por meio da medição dos diâmetros perpendiculares dos grãos, em que foram escolhidos, ao acaso, 18 grãos de cártamo e secos individualmente, e para cada teor de água amostrado durante o processo de secagem foi realizado, com o auxílio de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, as medições dos diâmetros perpendiculares do produto, todas em milímetros, comprimento (a), largura (b) e espessura (c), conforme ilustra a Figura 1.

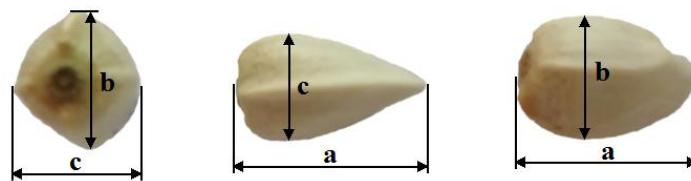


FIGURA 1. Representação dos diâmetros perpendiculares dos grãos de cártamo.

Para a determinação do volume de cada grão de cártamo (V_g , em mm^3), ao longo do processo de secagem, foi utilizada a Equação 2, proposta por JAIN & BAL (1997), considerando a forma do produto como um corpo cono-esférico.

$$V_g = \frac{\pi D^2 a^2}{6 (2a - D)} \quad (2)$$

$$D = (b c)^{0,5} \quad (3)$$

em que:

D: média geométrica entre as medidas “b” e “c” do produto.

Aos dados experimentais do índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo foram ajustados os modelos matemáticos apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Modelos matemáticos utilizados para representar o índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo em função do teor de água.

Designação do modelo	Modelo
Bala e Woods modificado (1984)	$\psi = 1 - a \left\{ 1 - \exp \left[-b (U_0 - U) \right] \right\}$
Corrêa et al. (2004)	$\psi = 1 / \left[a + b \exp (U) \right]$
Exponencial	$\psi = a \exp (b U)$
Linear	$\psi = a + b U$
Polinomial	$\psi = a + b U + c U^2$
Rahman	$\psi = 1 + \beta (U - U_0)$

em que:

ψ : índice de contração, adimensional;

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

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

a, b, c: parâmetros que dependem do produto, adimensional, e

β : coeficiente de contração volumétrica, adimensional.

Os dados experimentais de contração da massa e unitária foram submetidos à análise de regressão não linear e linear, pelo método de Gauss-Newton. Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi utilizado o programa computacional Statistica 8.0. Os modelos para representar o índice de contração volumétrica foram selecionados considerando as maiores magnitudes do coeficiente de determinação (R^2), valores reduzidos do erro médio relativo (P) e do desvio padrão da estimativa (SE).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 2 são apresentados os valores do desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P) e coeficiente de determinação (R^2) para os modelos utilizados para avaliar a contração da volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo durante a secagem.

TABELA 2. Parâmetros estatísticos para os modelos de contração volumétrica dos grãos de cártamo.

Designação do Modelo	Contração volumétrica da massa			Contração volumétrica unitária		
	SE (decimal)	P (%)	R^2 (decimal)	SE (decimal)	P (%)	R^2 (decimal)
Bala e Woods modificado (1984)	0,0109	0,8056	0,9597	0,0066	0,5080	0,9776
Corrêa et al. (2004)	0,0143	1,0188	0,9301	0,0085	0,5771	0,9628
Exponencial	0,0115	0,8959	0,9547	0,0068	0,5115	0,9762
Linear	0,0108	0,8570	0,9603	0,0065	0,5127	0,9781
Polinomial	0,0101	0,7610	0,9652	0,0071	0,5131	0,9743
Rahman	0,0099	0,8056	0,9665	0,0060	0,5080	0,9813

Todos os modelos de contração volumétrica (Tabela 2) apresentaram elevados valores de coeficiente de determinação (R^2), além de valores reduzidos do desvio padrão da estimativa (SE), sendo que quanto menor os valores deste parâmetro estático melhor será a qualidade do ajuste do modelo em relação aos dados observados. Conforme MOHAPATRA & RAO (2005), modelos que apresentam valores de erro médio relativo (P) inferior a 10% são adequados para representar o processo em questão, sendo assim todos os modelos analisados estão aptos a representar o processo de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo durante a secagem (Tabela 2). Dentre os seis modelos analisados para representar a contração volumétrica tanto da massa quanto unitária dos grãos de cártamo durante a secagem, se destacaram os modelos Linear e Rahman, sendo selecionado o

modelo Linear devido a sua simplicidade. RESENDE et al. (2005) e OLIVEIRA et al (2013) também utilizaram o modelo linear para representar índice de contração da massa de grãos de feijão e soja, respectivamente. AFONSO JÚNIOR & CORRÊA (2000) também utilizaram o modelo Linear para estimar os valores do índice de contração volumétrica unitária para duas variedades de milho pipoca. Na Figura 2 são apresentados os valores observados e estimados para a contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo pelo modelo Linear durante o processo de secagem.

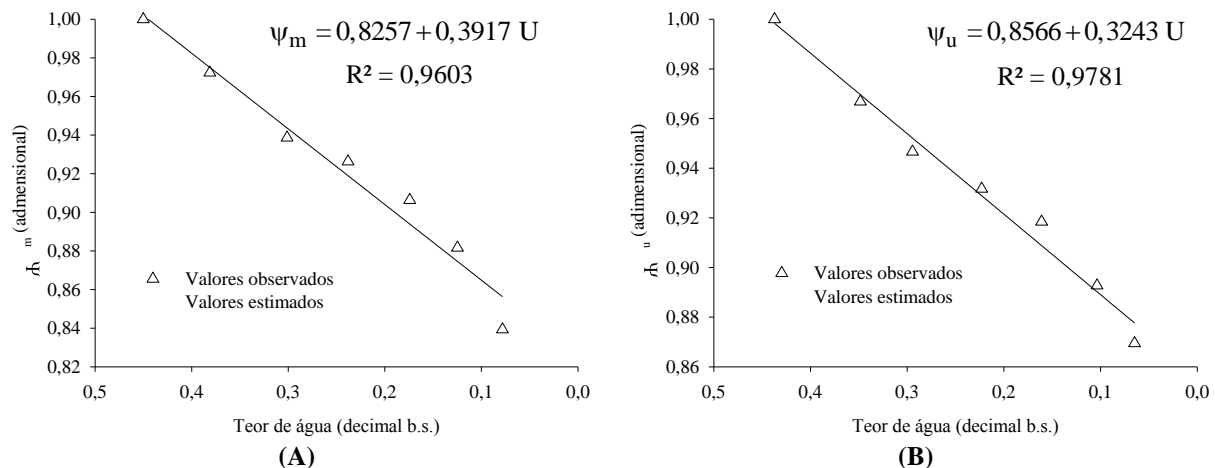


FIGURA 2. Valores observados e estimados para a contração volumétrica da massa (A) e unitária (B) dos grãos de cártamo durante a secagem.

Como pode ser observado na Figura 2A a massa dos grãos de cártamo contraíram em torno de 16%, com relação ao seu volume inicial, para uma redução do teor de água de 0,45 à 0,08 decimal b.s., já os grãos de cártamo contraíram aproximadamente 13%, com relação ao seu volume inicial, em função da redução do teor de água de 0,44 à 0,06 decimal b.s. (Figura 2B).

CONCLUSÕES: A redução do teor de água influencia o índice de contração volumétrica da massa e unitária dos grãos de cártamo, provocando redução em seus valores de aproximadamente 16 e 13%, respectivamente, podendo ser representadas satisfatoriamente pelo modelo Linear.

REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P.C.; CORRÊA, P.C. Cinética da contração volumétrica dos grãos de duas cultivares de milho-pipoca durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 61-65, 2000.
- COŞGE, B.; GÜRBÜZ, B.; KIRALAN, M. Oil Content and Fatty Acid Composition of Some Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Varieties Sown in Spring and Winter. **International Journal of Natural and Engineering Sciences**, v.1, n.3, p.11-15, 2007.
- JAIN, R.K.; BAL, S. Properties of pearl millet. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.66, n.2, p.85-91, 1997.
- MOHAPATRA, D.; RAO, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.4, p.513-518, 2005.
- OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE, O.; SMANIOTTO, T.A.S.; SIQUEIRA, V.C. JOSÉ NETO, C.A. Alterações morfológicas em grãos de soja durante o processo de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.3, p.975-984, 2013.
- PADILHA, A.C.M.; GOLLO, S.S.; SILVA, M.N. **Estudos na Cadeia Produtiva do Biodiesel**. Jaguarão/RS: Unipampa, 2012. 255p.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; CECON, P.R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, n.1, p.15-24, 2005.
- SIQUEIRA, V.C.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H. Determination of the volumetric shrinkage in jatropa seeds during drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.34, n.3, p.231-238, 2012.