

Relação entre o Teor de Água e a Resistência à Compressão Mecânica em Grãos de Cártamo

85

Guilherme Cardoso Oba¹, André Luís Duarte Goneli², Michele Rosemari Hauth¹, Luana do Nascimento Silveira Dorneles¹, Alexandre Alves Gonçalves¹, Cesar Pedro Hartmann Filho¹

RESUMO

Os grãos de cártamo estão sujeitos a diversos danos mecânicos durante as etapas que compõe a pós-colheita. Assim, objetivou-se avaliar a resistência de grãos de cártamo à compressão mecânica uniaxial em diferentes teores de água obtidos durante o processo de secagem. Os grãos foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada, na temperatura de 40 °C. Nos teores de água entre 0,53 a 0,06 base seca, os grãos foram submetidos à compressão uniaxial e avaliados quanto à força de ruptura, energia de ruptura e dureza. Houve o aumento linear dos valores de todas as características avaliadas com o decréscimo do teor de água. A redução do teor de água promove o aumento da resistência mecânica dos grãos de cártamo à compressão mecânica.

Palavras-chave: *Carthamus tinctorius* L., secagem, força de ruptura.

INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) é uma planta herbácea e anual, que apresenta múltiplas finalidades. Contudo, se destaca principalmente pelos conteúdos de proteínas (15-20%) e lipídeos (35-50%) em seus grãos. O óleo de cártamo ainda é rico em

¹Estudante de Pós-Graduação FCA/UFMG, Rodovia Dourados-Itahum, km 12. Campus Universitário - Caixa-Postal: 533. CEP: 79804-970 - Dourados, MS. Email: guilherme_oba@hotmail.com; michele.r.hauth@hotmail.com; luanadnsilveira@hotmail.com; alexandre_alvesg@hotmail.com; cphartmann21@hotmail.com

²Professor FCA/UFMG, Rodovia Dourados-Itahum, km 12. Campus Universitário - Caixa-Postal: 533. CEP: 79804-970 - Dourados, MS. Email: andregoneli@ufgd.edu.br

ácidos oleico (16-20%) e linoleico (71-75%), conferindo-lhe elevado valor nutricional e comercial (Ekin, 2005). Embora seja uma espécie atrativa para o cultivo, são escassas as informações a respeito do manejo pós-colheita de seus grãos.

Desde o descarregamento na moega, passando por etapas de pré-limpeza, secagem, limpeza, separação, armazenamento e transporte, os grãos estão sujeitos a uma série de pressões estáticas de várias magnitudes e dinâmicas. Quando os esforços mecânicos ultrapassam a força de resistência do produto, pode ocorrer o amassamento ou a formação de trincas e quebras, tornando os grãos mais suscetíveis à deterioração no armazenamento (Fernandes et al., 2014).

O processo de secagem é empregado com o intuito de reduzir o teor de água dos grãos até níveis seguros, garantindo a manutenção da qualidade do produto por períodos relativamente longos. Com o processo de desidratação, os tecidos componentes dos grãos sofrem alterações na integridade da matriz celular (Grupta e Das, 2000), normalmente tornando-se mais resistentes a compressão mecânica (Fernandes et al., 2014; Malik e Saini, 2016; Souza et al., 2018).

Neste sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a resistência de grãos de cártamo à compressão mecânica uniaxial em diferentes teores de água obtidos durante o processo de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, Brasil. Foram utilizados grãos de cártamo produzidos na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA/UFGD).

Os grãos, em capítulos, foram manualmente colhidos na maturidade fisiológica. Após debulha manual e seleção de grãos sadios, determinou-se o teor de água inicial do produto pelo método de estufa, a 105 ± 1 °C, durante 24 horas e em triplicata (Brasil, 2009). Os grãos, com teor de água inicial de 0,53 decimal base seca (b.s.), foram submetidos à secagem em estufa de ventilação forçada de ar, à temperatura de 40 °C, até atingirem 0,06 b.s. Durante o processo de secagem, realizou-se o acompanhamento da redução do teor de água pelo método gravimétrico (perda de massa) e o conteúdo de água final foi confirmado pelo método de estufa (Brasil, 2009).

As propriedades mecânicas foram determinadas nos teores de água de 0,53; 0,43; 0,33; 0,25; 0,18; 0,12 e 0,06 b.s., em 10 sementes selecionadas aleatoriamente para cada teor de água. Os grãos foram individualmente submetidos ao ensaio de compressão, utilizando-se uma máquina de ensaio universal de teste, do modelo “TA Hdi

Texture Analyser”, com célula de carga de 500 N. A compressão uniaxial foi realizada entre placas paralelas, aplicada na posição natural de repouso dos grãos, a uma taxa de aplicação de força de 0,001 m s⁻¹.

A resistência à compressão mecânica foi avaliada pela força para a ruptura, energia para a ruptura e dureza dos grãos. Os valores de força para a ruptura inicial foram obtidos a partir da curva de força-deformação dos grãos (Figura 1).

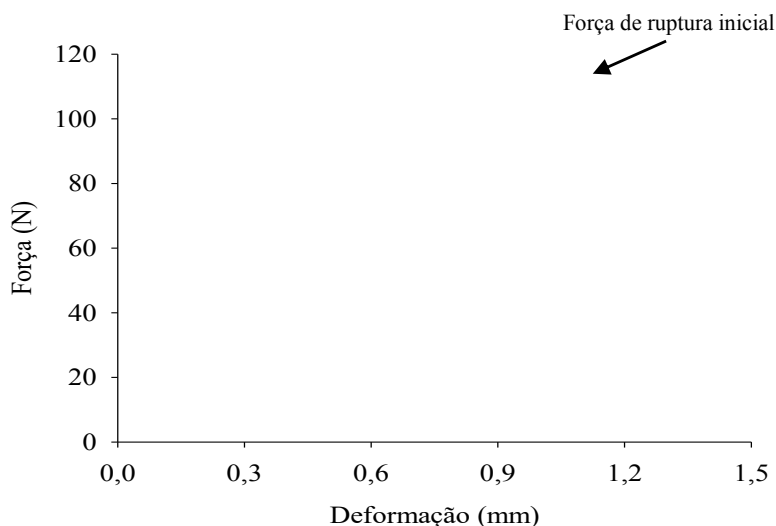


FIGURA 1. Típica curva de força-deformação para grãos de cártamo submetidos à compressão uniaxial.

A energia necessária à ruptura foi determinada pela medida da área formada pela deformação até a ruptura e a força de ruptura (Figura 1), calculada pela seguinte expressão (Braga et al., 1999):

$$E_r = \frac{F \cdot D}{2} \quad (1)$$

em que: E_r - energia necessária à ruptura, mJ; F - força para a ruptura, N; e D - deformação na ruptura, mm.

A dureza (Q , em N mm⁻¹) dos grãos foi determinada pela Equação 2, a qual representa a relação entre a força de ruptura e a deformação necessária à ruptura do produto.

$$Q = \frac{F}{D} \quad (2)$$

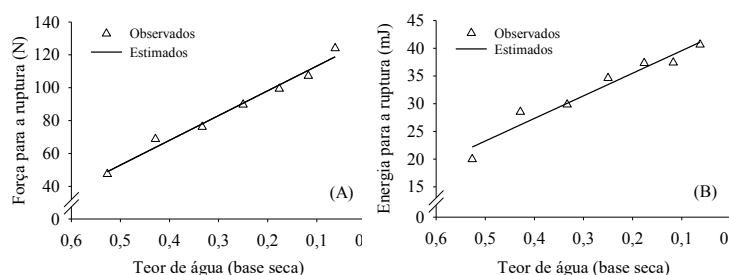
Os dados foram submetidos à análise de regressão e o modelo foi selecionado com base no nível de significância da equação, coeficiente de determinação e o conhecimento do fenômeno em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A redução do teor de água resultou no acréscimo linear da força necessária para a ruptura dos grãos, verificando-se valores entre 48,5 a 119,2 N na faixa de teor de água de 0,53 a 0,06 b.s. (Figura 2A); indicando que os grãos de cártamo, sob menores teores de água, apresentam maior resistência à compressão mecânica que quando em maior grau de hidratação. Esses valores são comparáveis aos encontrados para grãos de *Helianthus annuus* L. (69,3 a 90,4 N, na faixa de 0,33 a 0,08 b.s.; Malik e Saini, 2016), espécie pertencente à mesma família que o cártamo (Asteraceae).

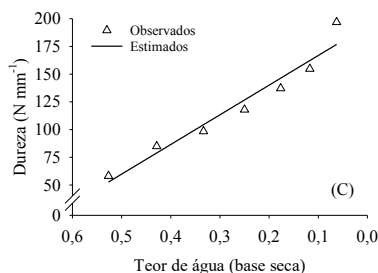
Verificou-se que a energia despendida para a ruptura dos grãos também cresceu linearmente com o decréscimo do teor de água, em que os valores variaram de 22,1 a 41,2 mJ, na faixa de 0,53 a 0,06 b.s. (Figura 2B). Isso ocorreu devido ao fato de que, com a desidratação, o pericarpo dos grãos (estrutura que envolve o tegumento e embrião) tornou-se mais rígido, evidenciado pelos valores crescentes de dureza (Figura 2C).

Os resultados obtidos neste trabalho (Figuras 2A, 2B e 2C) indicam que o processo de desidratação resulta no aumento da resistência dos grãos à compressão mecânica; assim, conferindo-lhes maior proteção ao eixo hipocótilo-radícula e cotilédones contra possíveis danos mecânicos durante as etapas seguintes da pós-colheita, principalmente no beneficiamento. Esses resultados estão de acordo com os verificados em grãos de *Triticum aestivum* L. (Fernandes et al., 2014), *Helianthus annuus* L. (Malik e Saini, 2016) e *Raphanus sativus* L. (Souza et al., 2018).



$$F = 128,2654 - 150,5933 * TA \quad (R^2 = 0,98; \quad p < 0,01)$$

$$Er = 43,6618 - 40,7871 * TA \quad (R^2 = 0,95; \quad p < 0,01)$$



$$Q = 196,6533 - 267,7196 * TA \quad (R^2 = 0,94; \quad p < 0,01)$$

FIGURA 2. Valores de força para a ruptura (A), energia para ruptura (B) e dureza (C) para grãos de cártamo, obtidos em diferentes teores de água (TA) durante o processo de secagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAGA, G.C.; COUTO, S.M.; HARA, T.; ALMEIDA NETO, J.T.P. Mechanical behaviour of macadâmia nut under compression loading. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.72, p.239-245, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

EKIN, Z. Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. **Journal of Agronomy**, v.4, n.2, p.83-87, 2005.

FERNANDES, L.S.; CORRÊA, P.C.; DINIZ, M.D.M.S.; LEITE, D.M.; VASCONCELOS, D.S.L. Influência do teor de água nas propriedades mecânicas dos grãos de trigo submetidos à compressão. **Bioscience Journal**, v.1, supl.1, p.219-223, 2014.

GRUPTA, R.K.; DAS, S.K. Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. **Journal of Food Engineering**, v.46, n.1, p.1-8, 2000.

MALIK, M.A.; SAINI, C.S. Engineering properties of sunflower seed: effect of dehulling and moisture content. **Cogent Food & Agriculture**, v.2, n.1, p.1-11, 2016.

SOUZA, K.A.; RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SMANIOTTO, T.A.S. Mechanical properties of *Raphanus sativus* L. seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v.49, n.3, p.437-442, 2018.