

**TAMANHO E FORMA DE GRÃOS DE FEIJÃO-CAUPI EM FUNÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE ÁGUA**

Flávio Henrique Ferreira Gomes¹, Luiz Cesar Lopes Filho², Daniel Emanuel Cabral de Oliveira³, Osvaldo Resende⁴ & Frederico Antônio Loureiro Soares⁵

1 - Engenheiro Agrícola, Doutorando em Ciência Agrárias – Agronomia, IFGoiano Campus Rio Verde, flaviohenriquefg@hotmail.com

2 - Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia - Fitossanidade, UFG, lopesfilholuizcesar@gmail.com

3 - Engenheiro Agrícola, Doutor, Professor no IFGoiano Campus Iporá, oliveira.d.e.c@gmail.com

4 - Engenheiro Agrícola, Doutor, Professor no IFGoiano Campus Rio Verde, osvredende@yahoo.com.br

5 - Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor no IFGoiano Campus Rio Verde, fredalsoares@hotmail.com

Palavras-chave:

Vigna unguiculata

propriedades físicas dos grãos

dimensões

área projetada

volume do grão

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, analisar o tamanho e a forma de grãos de duas cultivares de feijão-caupi em função de diferentes teores de água. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano – Campus Rio Verde). Foram utilizados grãos de duas cultivares de feijão-caupi (Novaera e Tumucumaque). O teor de água inicial dos grãos foi de 0,12 b.s (decimal base seca), determinado em estufa com ventilação de ar forçada mantida a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, em três repetições. A partir do teor de água inicial, os grãos foram umedecidos para obtenção de outros quatro níveis de teor de água (0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 2×5 , com quinze repetições. Foram determinados a esfericidade, a circularidade, a área projetada, a área superficial e o volume. Os grãos foram considerados como esferoides triaxiais escalenos, após as observações das dimensões características de 15 grãos. Houve diferença entre as cultivares e os teores de água para os parâmetros analisados do feijão-caupi, de modo que a Novaera apresentou maiores dimensões se comparada à Tumucumaque. Conclui-se que as características esfericidade, circularidade, área projetada, área superficial e volume dos grãos são influenciadas pelo teor de água dos grãos.

Keywords:

Dimensions

physical properties of the grains

projected area

Vigna unguiculata

volume of the grain

SIZE AND SHAPE OF COWPEA BEANS IN SEVERAL MOISTURE CONTENTS**ABSTRACT**

The aim of this work was to determine the size and shape of two Cowpea cultivars at several moisture contents. The experiment was developed in the Laboratory of Post-Harvested Plant Products of the Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano – Campus Rio Verde). It was used two cowpea cultivars (Novaera and Tumucumaque). The initial moisture content of the grains was 0,12 b.s (decimal dry basis), determined in a stove with forced air ventilation kept at $105 \pm 1^\circ\text{C}$ for 24 hours until constant mass was achieved, in three replications. From the initial moisture content, the grains were hydrated to obtain other four levels of moisture content (0.12; 0.15; 0.18; 0.20 and 0.23 decimal dry basis). The experimental design used was in random blocks, analysed into 2×5 factorial scheme, with fifteen replications. There were determined the sphericity, roundness, projected area, superficial area and volume of the grains. The grains were considered as scalene triaxial spheroids, being measured the dimensions of 15 grains with a digital calliper rule with a resolution of 0.01 mm. Differences between the cultivars and moisture content to the parameters analysed in cowpea beans were observed. The Novaera cultivar has bigger dimensions than the Tumucumaque cultivar. It is concluded that the sphericity, roundness, projected area, superficial area and volume of the grains are influenced by the moisture content.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-fradinho (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa cultivada no Brasil que possui relevante importância nas regiões Norte e Nordeste (ROCHA *et al.*, 2009). Os alimentos vegetais mais ricos em proteínas são as leguminosas que, quando cozidos, contêm 6% a 11% de proteína, carboidratos complexos (amido) e são ricos em fibra alimentar, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio e outros minerais (BRASIL, 2008).

De acordo com um levantamento realizado pela Conab (2017), a produção total para a safra 2015/2016 da cultura do feijão foi de 2.512,90 mil toneladas de grãos, sendo o feijão-caupi responsável por 362,50 mil toneladas de grãos, que representa 14,40% da produção total de feijão no Brasil.

Em busca da aceitação e preferência pelos consumidores, os produtores e comerciantes devem considerar os aspectos físicos dos grãos (CARBONELL *et al.*, 2010), assim como os programas de melhoramento, os quais também avaliam as características tecnológicas das cultivares, como o porte ereto da planta, grãos de coloração clara e tamanho graúdo com peneiras acima de 12, que são os mais comercializados (MELO *et al.*, 2007).

O conhecimento das propriedades físicas dos produtos agrícolas também é de extrema relevância para a adaptação de equipamentos já existentes, visando obter maior rendimento nas operações de processamento (SILVA, 2008). Informações a respeito do tamanho (área superficial, área projetada e volume) e da forma (circularidade e esfericidade) de produtos vegetais podem ser usadas para determinar o limite inferior do tamanho dos transportadores, como esteira, elevador de canecas e transportador helicoidal (SIRISOMBOON *et al.*, 2007).

O tamanho de grão considerado como padrão era o da cultivar ‘Carioca’ ou ‘Carioquinha’, que apresentava tamanho médio entre as peneiras número 11 e 12. Esse padrão foi modificado com o surgimento da cultivar ‘Pérola’, passando para o tamanho médio entre as peneiras número 12 e 13 e tornando-se preferido pelas empresas empacotadoras e pelo consumidor final, que definem as exigências de mercado (CARBONELL, *et al.* 2010).

Informações referentes às propriedades físicas

de feijão-caupi ainda são escassas. Logo, estudo sobre características físicas de grãos e frutos, respeitando-se a singularidade de cada produto, tem por finalidade fornecer informações que auxiliarão no seu processamento pós-colheita e servirão para ampliar bancos de dados disponíveis a engenheiros e projetistas para o desenvolvimento e melhoria de estruturas e equipamentos destinados às operações de colheita, manuseio, classificação, transporte, beneficiamento, secagem, armazenamento, processos de controle, bem como para a otimização de processos industriais (PAYMAN *et al.*, 2011; SIQUEIRA *et al.*, 2012; ARAUJO *et al.*, 2015; OBA, 2016).

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho determinar a forma e o tamanho dos grãos de cultivares de feijão-caupi, por meio da circularidade, esfericidade, área projetada, área superficial e volume, em função de diferentes teores de água.

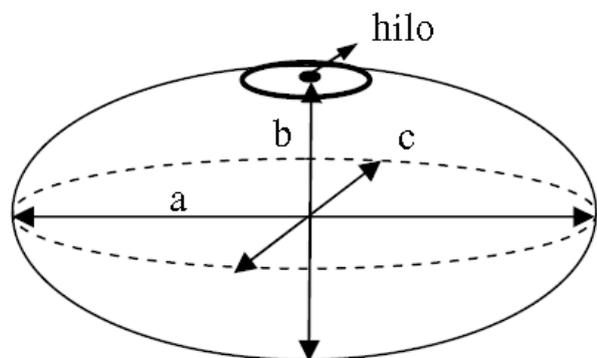
MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Pós-colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (IF Goiano – Campus Rio Verde). Foram utilizados grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de duas cultivares (Novaera e Tumucumaque). Os grãos de feijão-caupi Novaera possuem cor branca, são grandes, reniformes e com tegumento levemente enrugado e anel do hilo marrom (FREIRE FILHO *et al.*, 2008). Os grãos de feijão-caupi Tumucumaque são brancos, preferidos pela população amazonense, com alto teor de ferro e zinco; e as vagens, quando secas, são roxas (OLIVEIRA *et al.*, 2014a).

Inicialmente, determinou-se o teor de água dos grãos em estufa com ventilação de ar forçada, mantida a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, em três repetições (BRASIL, 2009). A partir do teor de água inicial (0,12 decimal base seca, b.s.), os grãos foram umedecidos em câmara B.O.D. mantida na temperatura de 20°C e umidade relativa de 70%. Os grãos absorveram água, sendo expostos a um ambiente com vapor d’água elevado, respeitando o princípio do equilíbrio higroscópico. Métodos de umedecimento foram utilizados por diversos pesquisadores para a determinação das propriedades físicas de produtos vegetais (ALTUNTAS; DEMIRTOLA, 2007; GARNAYAK *et al.*, 2008; NIKOOBIN *et al.*, 2009; DI LANARO

et al., 2011). Para acompanhar o ganho de massa, os grãos foram pesados em balança com resolução de 0,01 g até chegar ao teor de água desejado (0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). A temperatura e umidade relativa do ar ambiente foram monitoradas por meio de um psicrômetro digital instalado no interior da B.O.D..

A forma e o tamanho dos grãos de feijão, considerados esferoides triaxiais escalenos, foram analisados pela esfericidade, circularidades, área superficial, área projetada e volume, conforme descrito por Resende *et al.* (2005), a partir das medidas em quinze grãos das dimensões características, eixos ortogonais (Figura 1), obtidas por meio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.



Fonte: Resende *et al.* (2005).

Figura 1. Desenho esquemático do grão de feijão, considerado esferoide, com suas dimensões características.

A esfericidade dos grãos de feijão foi determinada de acordo com a seguinte expressão descrita por Mohsenin (1986):

$$E_s = \left[\frac{(a \cdot b \cdot c)^{1/3}}{a} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

em que,

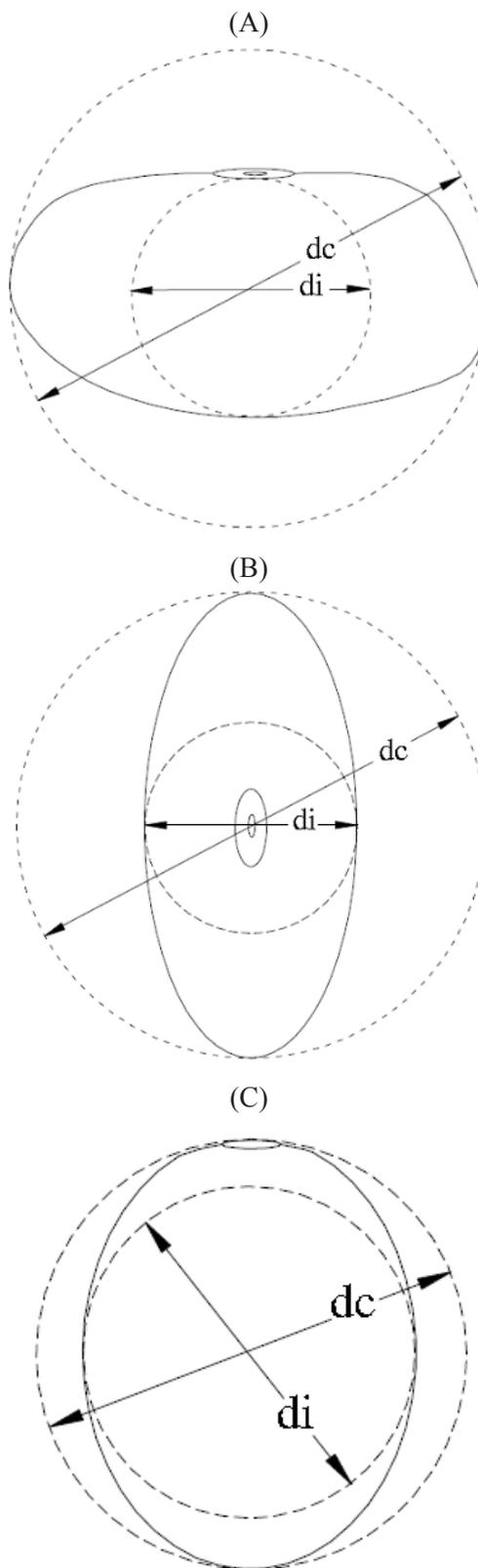
E_s = esfericidade, %;

a = maior eixo do grão, mm;

b = eixo médio do grão, mm;

c = menor eixo do grão, mm.

As circularidades do feijão foram determinadas para cada uma das três posições de projeção dos grãos apresentadas na Figura 2 e calculadas pela seguinte expressão, conforme Mohsenin (1986):



Fonte: Resende *et al.* (2005).

Figura 2. Representação dos grãos de feijão nas três posições de projeção, (A) maior eixo, Cr_1 ; (B) eixo médio, Cr_2 ; (C) menor eixo, Cr_3 .

$$C_r = \frac{d_i}{d_c} \cdot 100 \quad (2)$$

em que,

C_r = circularidade, %;

d_i = diâmetro do maior círculo inscrito, mm; e

d_c = diâmetro do menor círculo circunscrito, mm.

A área superficial, em mm², foi calculada pela metodologia descrita por Mohsenin (1986) (S_1), realizando ajustes nas dimensões características do produto (Equações 3, 4 e 5), assim como pela Equação 6, proposta por Tunde-Akintunde e Akintunde (2004) (S_2). A área projetada (A_p), em mm², dos grãos de feijão-caupi foi determinada pela Equação 7 (GONELI *et al.*, 2011).

$$S_1 = \left(\frac{\pi \cdot B^2}{2} \right) + \left(\frac{\pi \cdot a \cdot B}{2 \cdot E} \right) \cdot \text{sen}^{-1} E \quad (3)$$

$$B = (b \cdot c)^{1/2} \quad (4)$$

$$E = \sqrt{1 - \left(\frac{B}{a} \right)^2} \quad (5)$$

$$S_2 = \pi \cdot D_g^2 \quad (6)$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{4} \quad (7)$$

em que,

B = média geométrica entre o comprimento e a largura;

E = excentricidade; e

D_g = diâmetro do grão, mm.

O volume (V_g) de cada grão foi obtido de acordo com a expressão proposta por Mohsenin (1986) (Equação 8):

$$V_g = \frac{\pi \cdot (a \cdot b \cdot c)}{6} \quad (8)$$

em que,

V_g = volume, mm³.

a = maior eixo do grão, mm;

b = eixo médio do grão, mm; e

c = menor eixo do grão, mm.

O experimento foi montado em esquema fatorial, 2 x 5, tendo como fatores as diferentes cultivares (Novaera e Tumucumaque) e os teores de água (0,12; 0,15; 0,18; 0,20 e 0,23 decimal b.s.). Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ao nível de 5% de significância. Foi realizada análise de regressão para os teores de água, enquanto que para as cultivares, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Houve diferença em relação às cultivares (C) de feijão-caupi para todas as variáveis analisadas, exceto a circularidade, segundo eixo médio (Cr_2). O teor de água influenciou nas variáveis: maior eixo (a), área projetada (A_p), área superficial (S_1), área superficial (S_2) e volume do grão (V_g). Para a interação entre os fatores cultivar e o teor de água, não foi observado efeito significativo (Tabelas 1 e 2).

A cultivar Novaera apresentou valores superiores para todas as variáveis analisadas, em relação à cultivar Tumucumaque (Tabela 3). Para os eixos ortogonais (a , b e c), a cultivar Novaera foi superior 5,95; 10,68 e 7,83% do que a cultivar Tumucumaque, respectivamente. De acordo com a Tabela 3, os grãos das cultivares Novaera e Tumucumaque apresentaram os valores médios de 7,77 e 6,94 mm para o eixo médio (b), sendo classificados em peneiras circulares número 20 e 18, respectivamente, conforme também observado para o feijão-caupi por Araújo Neto *et al.* (2014).

Em estudos realizados por Araújo Neto *et al.* (2014), os grãos de feijão-caupi da cultivar Novaera foram classificados pela largura (eixo médio), sendo utilizadas peneiras número 17, 18, 19 e 20 com diâmetro de crivos de 6,74; 7,14; 7,54 e 7,94 mm, respectivamente. Carbonell *et al.* (2010), trabalhando com diferentes cultivares e linhagens de feijoeiro, classificaram os grãos em peneiras com furos oblongos número 10 (10/64”

Tabela 1. Resumo da análise de variância para maior eixo (a), eixo médio (b), menor eixo (c), circularidades maior eixo (C_{r1}), eixo médio (C_{r2}), menor eixo (C_{r3}) e esfericidade (E_s) de grãos de duas cultivares de feijão-caupi em diferentes teores de água.

FV	GL	Quadrados Médios ¹						
		Eixos ortogonais			C_{r1}	C_{r2}	C_{r3}	E_s
		a	b	c				
Cultivares (C)	1	15,520 **	25,387 **	7,838 **	454,940 **	49,054 ns	161,429 *	104,884 **
Teor de água (TA)	4	1,890 **	0,322 ns	0,272 ns	45,256 ns	25,880 ns	53,408 ns	16,912 ns
V x TA	4	0,335 ns	0,206 ns	0,141 ns	8,275 ns	8,152 ns	40,520 ns	1,717 ns
Bloco	14	0,570 ns	0,253 ns	0,080 ns	33,180 ns	27,948 ns	26,614 ns	16,007 ns
Resíduo(a)	126	0,438	0,195	0,153	21,905	19,762	28,573	10,494
CV (a)		6,25	6,00	7,08	6,73	8,51	7,1	4,55
Média		10,60	7,35	5,52	69,51	52,26	75,31	71,14

¹Coeficiente de variação (CV). ** e * significativo a 1 e 5% de significância pelo teste de F, respectivamente. ns não significativo pelo teste de F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para área projetada (A_p), áreas superficiais S_1 e S_2 e volume (V_g) dos grãos de duas cultivares de feijão-caupi em diferentes teores de água.

FV	GL	Quadrados Médios ¹			
		A_p	S_1	S_2	V_g
Cultivares (C)	1	4266,240 **	1633,901 **	3509,147 **	128179,396 **
Teor de água (TA)	4	132,943 **	859,519 **	923,561 **	3330,575 *
V x TA	4	44,963 ns	215,461 ns	341,115 ns	1311,651 ns
Bloco	14	47,226 ns	210,837 ns	230,471 ns	883,213 ns
Resíduo(a)	126	38,922	200,793	293,872	1096,429
CV (a)		10,15	9,94	9,55	14,53
Média		61,48	142,54	179,59	227,84

¹Coeficiente de variação (CV). ** e * significativo a 1 e 5% de significância pelo teste de F, respectivamente. ns não significativo pelo teste de F.

Tabela 3. Valores médios dos eixos ortogonais (a, b e c), circularidades (C_{r1} , C_{r2} e C_{r3}), esfericidade (E_s), área projetada (A_p), áreas superficiais (S_1 e S_2) e volume (V_g) de grãos de duas cultivares de feijão-caupi.

Cultivar	Eixos ortogonais			C_{r1} (%)	C_{r3} (%)	E_s (%)	A_p (mm ²)	S_1 (mm ²)	S_2 (mm ²)	V_g (mm ³)
	a	b	c							
	(mm)	(mm)	(mm)							
Novaera	10,93 a	7,77 a	5,75 a	71,25 a	76,35 a	71,97 a	66,82 a	152,98 a	194,88 a	257,08 a
Tumucumaque	10,28 b	6,94 b	5,30 b	67,77 b	74,28 b	70,30 b	56,15 b	132,11 b	164,30 b	198,61 b

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

polegadas); 11 (11/64"); 12 (12/64"); 13 (13/64"); 14 (14/64") e 15 (15/64") para a determinação da produção de grãos em cada peneira.

A determinação de propriedades físicas de grãos possui grande importância nas etapas de beneficiamento, como o dimensionamento de equipamentos e sistemas para colheita, manuseio, transporte, secagem e armazenamento (DI LANARO *et al.*, 2011). As empresas empacotadoras alinham as "marcas do produto" ao tipo de grão, juntamente com a coloração clara, e o consumidor associa o maior tamanho a um melhor rendimento de panela (CARBONELL *et al.*, 2010).

Para a circularidade e a esfericidade, os valores da Cr_1 , Cr_3 e E_s da cultivar Novaera foram superiores 4,88; 2,71 e 2,32% em relação à cultivar Tumucumaque, respectivamente. Em estudos realizados por Davies e Zibokere (2011), houve diferença nos valores da área superficial, esfericidade e diâmetros geométricos para três cultivares de feijão-caupi.

A cultivar Novaera, para as variáveis A_p , S_1 , S_2 , V_g mostrou-se superior 15,97; 13,64; 15,69 e 22,74% comparativamente à cultivar Tumucumaque, respectivamente. Altuntas e Demirtola (2007) verificaram valores diferentes para dimensões, circularidade, esfericidade e área projetada em grãos de três leguminosas. Carbonell *et al.* (2010) verificaram grãos com forma elíptica e esférica, trabalhando com diferentes cultivares e linhagens de feijoeiro, e concluíram que os programas de melhoramento devem selecionar cultivares de feijoeiro que apresentem sementes elípticas, que são comercialmente mais aceitas.

Para o maior eixo (a), em função do teor de água, houve um aumento linear de 5,12% com a variação de 0,12 a 0,23 decimal b.s. (Figura 3A). Grãos de feijão apresentam variações desuniformes das suas dimensões características, como observado para a maioria dos produtos biológicos (RESENDE *et al.*, 2005). Di Lanaro *et al.* (2011) observaram variação das dimensões em função do teor de água em grãos de feijão fradinho, sendo que a maior variação ocorreu no maior eixo (comprimento). Estudando cultivares de feijão-caupi com diferentes teores de água, Davies e Zibokere (2011) verificaram que as dimensões a, b e c dos grãos variaram em média 28, 21 e 20%, respectivamente, para uma faixa de teor de água de 0,15 a 0,30 decimal b.s. A formação de espaços vazios no interior das sementes dificulta

a redução das dimensões do produto (OBA, 2016).

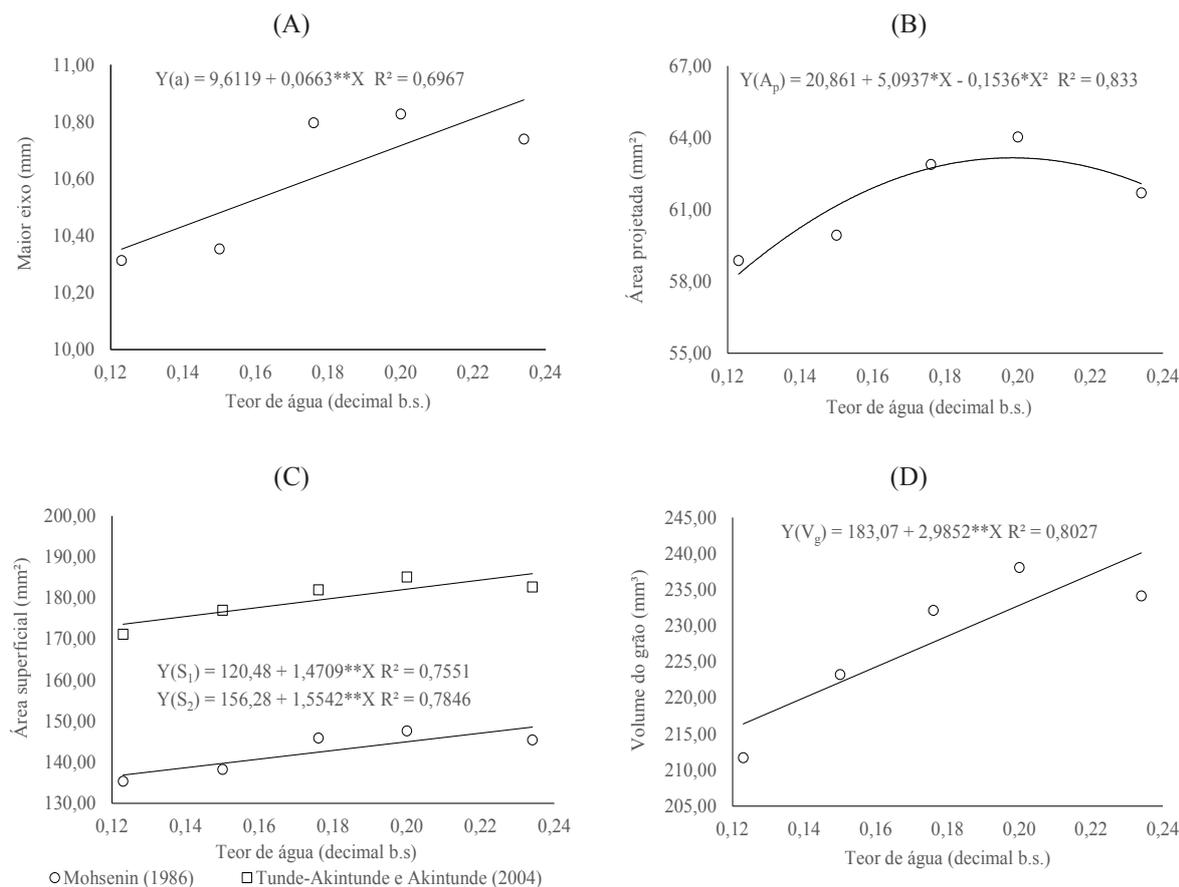
A área projetada (A_p) em função do teor de água pode ser descrita pela equação quadrática, e apresenta um ponto de máxima de 63,07 mm² para o teor de água de 0,20 decimal b.s. (Figura 3B). Altuntas e Demirtola (2007) verificaram que o teor de água dos grãos influenciou as dimensões, circularidade, esfericidade e área projetada de três leguminosas. Em estudos realizados por Davies e Zibokere (2011), o teor de água influenciou as dimensões, área superficial, esfericidade e diâmetros geométricos de grãos de três cultivares de feijão-caupi.

Para a área superficial obtida pela metodologia descrita por Mohsenin (1986) (S_1), os valores médios estimados do produto variaram de 136,66 a 148,43 mm², em uma faixa de teor de água de 0,12 a 0,23 decimal b.s., representando uma variação de 8,61%. Pela a metodologia de Tunde-Akintunde e Akintunde (2004) (S_2), os valores médios estudados do produto variaram de 173,38 a 185,81 mm², em uma faixa de teor de água de 0,12 a 0,23 decimal b.s., representando uma variação de 7,17% (Figura 3C).

Estudando o método de reumedecimento de sementes de pinhão-manso, Garnayak *et al.* (2008) notaram que à medida que o teor de água aumentou de 0,04 para 0,23 decimal (b.s.), a área superficial elevou-se de 476,78 para 521,99 mm².

A equação proposta por Mohsenin (1986), para a determinação da área superficial de produtos agrícolas, possui maior precisão comparativamente àquela proposta por Tunde-Akintunde e Akintunde (2004). A primeira apresenta ajustes matemáticos nas dimensões a, b e c (comprimento, largura e espessura), já a equação proposta por Tunde-Akintunde e Akintunde (2004) considera somente o diâmetro médio (ARAUJO *et al.* 2015).

O volume de grão (V_g) em função do teor de água aumentou linearmente 11,06% com a variação de 0,12 a 0,23 decimal b.s. (Figura 3D). Smaniotto *et al.* (2017) relataram o decréscimo da contração volumétrica da massa de grãos ao longo do processo de secagem, isso se deve à diminuição do tamanho do tecido celular em função da redução de água presente no grão. Segundo os autores, esta contração volumétrica da massa de grãos forma espaços vazios no interior dos secadores, gerando maior passagem de ar quente nestes locais que potencializam os riscos de incêndio.



** e * significativo a 1 e a 5% de probabilidade pelo teste F a 5%.

Figura 3. Maior eixo (A), área projetada (B), área superficial (C) e volume (D) dos grãos de feijão-caupi em função do teor de água.

De acordo com Goneli *et al.* (2011), a forma dos frutos de mamona é influenciada pela redução do teor de água, que promove redução dos valores da esfericidade e circularidade com a diminuição do teor de água; as dimensões características (comprimento, largura e espessura) e o diâmetro geométrico médio dos frutos reduzem as magnitudes com a diminuição do teor de água. Oliveira *et al.* (2014) notaram que a redução do teor de água altera a forma e o tamanho dos grãos de milho cultivar P3646. Araujo *et al.* (2015) concluíram que com a redução do teor de água, houve diminuição nas dimensões características na área projetada, área superficial, circularidade e a esfericidade dos frutos de amendoim.

A redução do teor de água, dentro da faixa de 0,11 a 0,47 b.s., promove alterações nas propriedades físicas das sementes de feijão-caupi (OBA, 2016). De acordo com Carvalho (1994), no interior do grão, a água pode estabelecer ligações definidas

pela força, nas quais de 0 - 5% (b.u.), a água estaria fortemente ligada à camada de moléculas em torno das partículas coloidais; de 5 - 13% (b.u.), a água se encontra na camada polimolecular; de 13 - 27% (b.u.), estaria presa a semente na forma líquida, sob tensão osmótica; e acima de 27% (b.u.), seria a água livre.

Os grãos, de modo geral, têm uma faixa ótima de teores de água para armazenamento, compreendida entre 11 e 13% (b.u.) (ANDRADE *et al.*, 2006). Os constituintes químicos do grão, principalmente os carboidratos e as proteínas, interagem com a água e o resultado final é a modificação de ambas as moléculas, ficando diferentes de seus estados originais (HUNT e PIXTON, 1974). Logo, no processo de adsorção e dessorção, as dimensões dos grãos são afetadas, pois o teor de água pode aumentar ou diminuir, ocasionando a contração ou expansão volumétrica dos grãos.

CONCLUSÕES

- O teor de água influencia as variáveis: maior eixo, área projetada, área superficial e volume de grãos de feijão-caupi.
- As cultivares de feijão-caupi Novaera e Tumucumaque possuem formas e tamanhos diferentes, sendo que a primeira apresenta valores superiores em todas as variáveis analisadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTUNTAS, E.; DEMIRTOLA, H. Effect of moisture content on physical properties of some grain legume seeds. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.35, n.4, p.423-433, 2007. <http://dx.doi.org/10.1080/01140670709510210>
- ANDRADE, E.T.; CORREA, P.C.; TEIXEIRA, L.P.; PEREIRA, R.G.; CALOMENI, J.F. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, v.8, n.2, p.83-95, 2006. <https://doi.org/10.22409/engevista.v8i2>
- ARAUJO NETO, A.C.; NUNES, E.T.C.; ROCJA, P.A.; AVILA, J.S.; MORAIS, O.M. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. **Revista Verde**, v.9, n.2, p.71-75, 2014. <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2216/2168>. Acesso em: 23 de Outubro de 2017.
- ARAUJO, W.D.; GONELI, A.L.D.; ORLANDO, R.C.; MARTINS, E.A.S.; HARTMANN FILHO, D. P. Propriedades físicas dos frutos de amendoim durante a secagem. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.170-180, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n419rc>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília, 2008. 210p. Disponível em: < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.pdf> Acesso em: 07 de abril de 2017.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- CARBONELL, S.A.M.; CHIRATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.2067-2073, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010005000159>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.4 Safra 2016/17 - Sexto levantamento, Brasília, p.1-176 março 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf> Acesso em: 07 de abril. 2017.
- DAVIES, R.M.; ZIBOKERE, D.S. Effects of moisture content on some physical and mechanical properties of three varieties of cowpea (*vigna unguiculata* (L.) walp). **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v.13, n.1, p.1-8, 2011. <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1700/1441>. Acesso em 23 Out. 2017.
- DI LANARO, N.; BRAJAY, L.G.; QUEIROZ, V.M.P.; PINTO, R.C.S.; LEITÃO, I.G.A.; LESSIO, B.C.; AUGUSTO, P.E.D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, n.1, p.27-35, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v13n1p27-35>

- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FREIRE FILHO, F.R.; CRAVO, M.S.; VILARINHO, A.A.; CAVALCANTE, E.S.; FERNANDES, J.B.; SAGRIL, E.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; SOUZA, F.F.; LOPES A.M.; GONÇALVES, J.R.P.; CARVALHO, H.W.L.; RAPOSO, J.A.A.; SAMPAIO, L.S. BRS Novaera: Cultivar de Feijão Caupi de Porte Semi-Ereto, 2008. 4p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 215). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27806/1/Com.Tec.215.pdf>> Acesso em: 24 de abril de 2018.
- GARNAYAK, D.K.; PRADHAN, R.C.; NAIK, S.N.; BHATNAGAR, N. Moisture-dependent physical properties of Jatropha seed (*Jatropha curcas* L.). **Industrial Crops and Products**, v.27, n.1, p.123-129, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.09.001>
- GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; MAGALHÃES, F.E.D.; BAPTESTINI, F.M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, n.1, p.1-8, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.4629>
- HUNT, W.H.; PIXTON, S.W. Moisture: its significance, behavior, and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M. Storage of cereal grain and their products. St. Paul: **American Association of Cereal Chemists**, 1974. p.1-55.
- MELO, L. C.; MELO, P.G.S.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; PELOSO, M.J.D.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, p.715-723, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000500015>.
- MOHSENIN, N.N. Physical properties of plant and animal materials. New York: **Gordon and Breach Publishers**, 1986. 841p.
- NIKOOBIN, M.; MIRDAVARDOOST, F.; KASHANINEJAD, M.; SOLTANI, A. Moisture-dependent physical properties of chickpea seeds. **Journal of Food Process Engineering**, v.32, n.4, p.544-564, 2009. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00231.x>
- OBA, G.C. **Caracterização física de sementes de feijão-caupi durante o processo de secagem**. Universidade Federal da Grande Dourado, Dourados, 2016, 88f. Dissertação (Mestrado).
- OLIVEIRA, I.J.; FONTES, J.R.A.; SILVA, K.J.D.; ROCHA, M.M. BRS Tumucumaque – Cultivar de Feijão-Caupi com Valor Nutritivo para o Amazonas, 2014. 4p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 106). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109209/1/Com-Tec-106-2.pdf>> Acesso em: 24 de abril de 2018.
- OLIVEIRA, D.E.C.; SANTOS, M.N.S.; RUFATTO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, v.2, n.3, p.162-165, 2014b. <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v02n03a06>
- PAYMAN, S.H.; AJDADI, F.R.; BAGHERI, I.; ALIZADEH, M.R. Effect of moisture content on some engineering properties of peanut varieties. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.9, n.3 e 4, p.326-331, 2011. <https://doi.org/10.1234/4.2011.2278>
- 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. <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v7n1p15-24>
- ROCHA, M.M.; CARVALHO, K.J.M.; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.F.; SOUSA, I.S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa agropecuária**

brasileira, v.44, n.3, p.270-275, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300008>

SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**, Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. 559p.

SIQUEIRA, V.C.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H. Propriedades físicas das sementes de pinhão-mansão ao longo da secagem em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, suplemento1, p.2705-2714, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2705>

SIRISOMBOON, P.; KITCHAIYA, P.; PHOLPHO, T.; MAHUTTANYAVANITCH, W. Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits,

nuts and kernels. **Biosystems Engineering**, v.97, n.2, p.201-207, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.02.011>

SMANIOTTO, T.A.; RESENDE, O.; SOUSA, K.A.; CAMPOS, R.C.; GUIMARÃES, D.N.; RODRIGUES, G.B. Physical properties of sunflower seeds during drying. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.1, p.157-164, 2017. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n1p157>

TUNDE-AKINNTUNDE, T.Y.; AKINTUNDE, B.O. Some physical properties of sesame seed. **Biosystems Engineering**, v.88, n.1, p.127-129, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2004.01.009>