

DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* L.)

KAROLINE THAYS ANDRADE ARAÚJO^{1*}, FRANKLIN GOMES CORREIA²
RENATO COSTA DA SILVA³, FRANCISLAINE SUELIA DOS SANTOS⁴

¹Mestranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB, karoline_thays@hotmail.com;

²Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB, franklincorreiaufcg@yahoo.com.br;

³Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB, renatinocosta@gmail.com;

⁴Mestranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande - PB, suelia_santos@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: As propriedades físicas de produtos agrícolas têm grande importância, uma vez que sua determinação é essencialmente necessária para o dimensionamento, desenvolvimento e execução de todas as etapas que envolvem os processos de colheita, pós-colheita e armazenagem dos materiais biológicos. Assim, objetivou-se determinar a massa específica real e aparente, a porosidade, os diâmetros mutuamente perpendiculares, a esfericidade, a área, o volume e o ângulo de repouso estático e dinâmico de grãos de milho comum. A amostra de milho foi adquirida em comércio local da cidade de Campina Grande - Paraíba com teor de água de 11,6% (b.u.). As análises foram realizadas através de métodos convencionais. Calculou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos. O coeficiente de variação assim como o desvio padrão apresentou-se dentro do esperado para todos os parâmetros analisados, o que indica a correta utilização dos métodos empregados.

PALAVRAS-CHAVE: Materiais biológicos, parâmetros físicos, armazenamento.

DETERMINATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF CORN GRAINS (*Zea mays* L.)

ABSTRACT: The physical properties of agricultural products are of great importance, since their determination is essentially necessary for the design, development and execution of all stages involving the harvesting, post-harvesting and storage of biological materials. Thus, the objective was to determine the actual and apparent specific mass, the porosity, the mutually perpendicular diameters, the sphericity, the area, the volume and the static and dynamic rest angle of common corn grains. The corn sample was purchased at the local commerce of the city of Campina Grande - Paraíba with water content of 11.6% (b.u.). Analyzes were performed by conventional methods. The mean, standard deviation and coefficient of variation of the values obtained were calculated. The coefficient of variation, as well as the standard deviation, were within the expected for all parameters analyzed, which indicates the correct use of the methods used.

KEY WORDS: Biological materials, physical parameters, storage.

INTRODUÇÃO

Um dos principais cereais mais cultivados no mundo, também conhecido popularmente como avati, auati e abati, o milho (*Zea mays* L.) destaca-se quanto as suas qualidades nutricionais e potencial energético, sendo, por isso, extensivamente utilizado tanto para alimentação animal e humano quanto como substrato na indústria química e farmacêutica. De acordo com Strazzi (2015), os derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais, e atualmente, tem sido amplamente estudado e apresenta elevado potencial para uso como ingrediente na produção de vários produtos químicos derivados do petróleo.

Segundo dados da CONAB (2017), a expectativa é de finalizar a safra de 2016/17 com colheita de aproximadamente 87 milhões de toneladas, assim, o Brasil mantém-se o terceiro maior produtor mundial do grão, estando atrás dos Estados Unidos e China, respectivamente. O consumo interno estimado é de 56 milhões de toneladas e previsão de exportação de 24 milhões de toneladas,

sendo o segundo maior exportador. Neste contexto, é importante destacar que, o que proporcionou ganhos de produtividade recordes e permitiu elevar o país a este patamar em produção e exportação foi o contínuo aumento do uso de tecnologia no cultivo, colheita e pós-colheita do grão.

Após o cultivo e colheita, os grãos procedentes das lavouras de milho apresentam condições inadequadas ao imediato armazenamento, uma vez que as unidades armazenadoras exigem que os produtos agrícolas atendam a uma margem de segurança quanto à umidade e teor de impurezas antes de serem armazenados. Dessa forma, inicialmente se faz necessário o pré-processamento do produto colhido, o que inclui: pré-limpeza, secagem e limpeza. O produto que sofre processo de secagem em campo é encaminhado para a limpeza e em seguida armazenado.

Para que as etapas de pós-colheita garantam ao produto a manutenção de sua qualidade que perdurem até sua destinação final, é imprescindível que se tenha informações quanto aos parâmetros que servem de base para o estudo das condições de secagem e armazenamento dos materiais biológicos, como o teor de umidade, a massa específica, o volume individual dos grãos, a porosidade, o ângulo de repouso estático e o ângulo de atrito dinâmico, dentre outros. É, a partir, do conhecimento dessas propriedades físicas que se desenvolve e dimensionam-se equipamentos e sistemas para a colheita, manuseio, transporte, secagem e armazenamento. Assim, objetivou-se com este trabalho a determinação das propriedades físicas de grãos de milho, obtendo parâmetros específicos dos mesmos em métodos convencionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A matéria-prima utilizada foi 2 kg de grãos de milho comum com teor de água de 11,6% (b.u.) proveniente de comércio local da cidade de Campina Grande - Paraíba.

O valor da massa dos grãos foi obtido em pesagem em balança analítica de precisão 0,001g. A determinação do volume foi feita pelo método do deslocamento de água. Onde, inicialmente, são pesados os grãos, encontrando a M1. Depois de pesados os grãos, pesa-se um Becker com água encontrando a M2. A última pesagem é a do Becker com água + o grão, para isso utiliza-se uma seringa espetada no grão, amarra-se um fio na extremidade da seringa, depois suspende-se todo o conjunto de forma a imergir o grão sem que este toque o fundo do Becker. O grão deve estar centralizado no Becker sem tocar suas paredes. Quando o mesmo estiver parado é feita a pesagem, encontrando-se a M3. O volume foi determinado pela Equação 1.

$$Volume = \frac{(M_3 - M_2)}{\rho_{H_2O}} \quad (1)$$

Onde: M₂ – massa do Becker + água (g), M₃ – massa do Becker + água + amostra (g) e ρ_{H_2O} – densidade da água (g/cm³).

A massa específica real (ρ_{real}) é definida como a relação entre a massa de uma unidade do grão e seu volume, é determinada através da Equação 2.

$$\rho_{real} = \frac{m}{V_{real}} \quad (2)$$

Onde: m – massa de uma unidade do produto (g) e V_{real} – volume (cm³).

A massa específica aparente (ρ_{apar}) é definida como a relação entre a massa de certa quantidade do produto e o volume que esta quantidade ocupa, é determinada através da Equação 3.

$$\rho_{apar} = \frac{m}{V_{cil}} \quad (3)$$

Onde: m – massa de certa quantidade do produto (g) e V_{cil} – volume do cilindro (cm³).

Porosidade é definida como sendo a percentagem de espaços vazios existentes na massa do produto. A determinação foi feita através da Equação 4.

$$\varepsilon(\%) = \frac{(P_{real} - P_{aparente})}{P_{real}} \quad (4)$$

As determinações dos diâmetros mutuamente perpendiculares (a, b e c) foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo® com resolução 0,01 mm. E pelo método da projeção, feito com o auxílio de um retroprojetor e papel milimetrado, onde o grão é colocado em três posições. A primeira posição a ser projetada é a posição de repouso. A segunda posição corresponde a 90° da posição de repouso. A terceira posição a ser projetada é encontrada fazendo-se uma nova rotação de 90°. Com as projeções foram medidas as duas maiores dimensões de cada projeção no papel milimetrado, obtendo-se os resultados das medidas a (comprimento), b (largura) e c (espessura).

A área projetada foi determinada contando-se o número de quadrados inscritos na projeção da posição de repouso onde estes apresentam área de 100 mm². Depois foram contados os quadrados menores que possuem a área de 1 mm², todos os quadrados foram somados e seu total é a área projetada em mm².

O volume superficial foi determinado pelo método analítico, considerando que os grãos tenham suas formas aproximadas a um esferoide prolato, seu valor foi calculado pela Equação 5.

$$V = \frac{4}{3} (\pi a b^2) \quad (5)$$

Onde: a e b – maiores diâmetros perpendiculares do grão.

A esfericidade é o coeficiente que informa o quanto esférico é um produto. Determinou-se através da Equação 6.

$$\varphi = \frac{d_{ins}}{d_{cir}} \times 100 \quad (6)$$

Onde: d_{ins}-diâmetro do maior círculo inscrito na projeção do produto, d_{cir}-diâmetro do menor círculo circunscrito na projeção do produto.

O ângulo de repouso estático é o ângulo formado entre a pilha de grãos e o plano horizontal sobre o qual o grão permanecerá quando empilhada. O ângulo de repouso é obtido da geometria do cone, como segue na Equação 7.

$$\theta_r = \tan^{-1}[2(H_c - H_p)/D_p] \quad (7)$$

Onde: H_c - altura do cone, H_p- altura da plataforma e D_p - diâmetro da plataforma.

O ângulo de repouso dinâmico é o ângulo de inclinação da superfície plana, em que se encontra empilhado o grão, necessário para iniciar o movimento de derramamento (escoamento) dos grãos.

O erro experimental foi obtido pela Equação 8.

$$\varepsilon(\%) = \frac{|valor_{exp} - valor_{teor}|}{valor_{teor}} \times 100 \quad (8)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores das massas dos grãos (g), foram utilizados cinco grãos, a massa específica real (g/cm³), a massa específica aparente (g/cm³), a porosidade (%). Cálculos de média, desvio padrão e o coeficiente de variação (%). Verifica-se que o valor experimental encontrado para a massa específica real é maior que o valor encontrado para a massa específica aparente, este resultado era esperado, visto que na determinação da massa específica aparente utiliza-se um cilindro onde são colocados os grãos, entre os grãos existe espaços vazios, deste modo o volume utilizado para o cálculo é o volume do cilindro que não é o volume real ocupado pelos grãos, desta forma com o aumento do volume há um decréscimo no valor da massa específica.

Podemos observar que os grãos apresentaram satisfatórios coeficientes de variação para os parâmetros: massa individual, volume individual, massa específica real e porosidade, sendo esta última a relação entre a massa específica aparente e a real, observa-se que os valores encontrados estão de acordo com o esperado, o valor médio determinado para a porosidade dos grãos foi de 49,6%, próximo ao encontrado por Camilo et al. (2014) que relatou porosidade média de 45,3% ao determinar as propriedades físicas de grãos de milho armazenados em diferentes condições.

Tabela 1. Valores da massa (g), do volume (cm³), massa específica real (g/cm³), massa específica aparente (g/cm³), porosidade (%), média, desvio padrão e coeficiente de variação (%)

Grão	Massa (g)	Volume (cm ³)	ρ_r (g/cm ³)	ρ_a (g/cm ³)	Porosidade (%)
1	0,407	0,306	1,332		50,723
2	0,365	0,286	1,276		48,559
3	0,412	0,319	1,290	0,657	49,117
4	0,379	0,289	1,310		49,890
5	0,401	0,306	1,309		49,853
Média	0,393	0,301	1,309		49,629
Desvio Padrão	0,020	0,014	0,021		0,825
C.V. (%)	5,091	4,519	1,631		1,662

Na Tabela 2 estão os valores das três dimensões mutuamente perpendiculares obtidos pela projeção e pelo paquímetro, o erro (%), a média, desvio padrão e coeficiente de variação (%). Verifica-se que os coeficientes de variação (%) encontrados para os três diâmetros, para os dois métodos foram todos inferiores a 10%, o que indica intermediária precisão experimental. Quando se observa o erro experimental, verificam-se valores médios entre 6,94% e 12,4%.

Tabela 2. Valores dos três diâmetros mutuamente perpendiculares obtidos pela projeção e pelo paquímetro, erro (%), a média, desvio padrão e coeficiente de variação (%)

Grão	Paquímetro (cm)			Projeção (cm)			Erro (%)		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	1,368	0,865	0,473	1,480	0,960	0,580	8,187	10,983	22,622
2	1,278	0,872	0,438	1,392	0,924	0,480	8,920	5,963	9,589
3	1,371	0,918	0,461	1,480	1,080	0,520	7,950	17,647	12,798
4	1,248	0,904	0,441	1,312	1,000	0,520	5,128	10,619	17,914
5	1,263	0,905	0,444	1,320	0,940	0,440	4,513	3,867	0,901
Média	1,306	0,893	0,451	1,397	0,981	0,508	6,940	9,816	12,404
D.Padrão	0,059	0,023	0,015	0,082	0,062	0,052	1,979	5,328	8,942
C.V. (%)	4,542	2,575	3,325	5,877	6,354	10,266	28,521	54,281	72,090

Na Tabela 3 apresenta-se os valores da área da projeção (A_p) da posição de repouso (cm²), o volume determinado por deslocamento de massa de água (V_R) (cm³), volume geométrico (V) (cm³), erro (%), a média, desvio padrão e coeficiente de variação (%). Observa-se que os coeficientes de variação (%) entre as áreas projetadas na posição de repouso foram de 4,2%, o que indica uniformidade entre os grãos.

A esfericidade média dos grãos encontrada foi de 65,9%, corroborando com os valores encontrados por Baraviera et al. (2014) ao avaliar as propriedades físicas de grãos de híbridos de milho que foi de 66,1% para o híbrido Dekalb 177 PRO 2.

Verifica-se que para cada método de determinação do volume dos grãos os mesmos apresentam coeficiente de variação de 4,52% e 6,56%, ou seja, valores baixos. O erro experimental entre o método de determinação de volume por deslocamento de massa e por semelhança geométrica foi muito significativo, evidenciando que a determinação por semelhança dos grãos a um esferoide prolato não é a forma indicada para se determinar o volume.

Tabela 3. Valores da esfericidade (Φ) em (%), área da projeção na posição de repouso (cm²), do volume por deslocamento de massa (V_R), do volume por semelhança geométrica (V) em (cm³), do erro (%), da média, desvio padrão e coeficiente de variação (%)

Grão	Φ (%)	A_p (cm ²) *	V_R (cm ³) *	V (cm ³) *	Erro (%)
1	63,51	0,954	0,306	0,536	75,28
2	64,66	0,942	0,286	0,509	77,94
3	66,22	0,973	0,319	0,605	89,43
4	67,07	0,910	0,289	0,534	84,43
5	68,18	0,874	0,306	0,541	77,03
Média	65,93	0,930	0,301	0,545	80,82
Desvio P.	1,87	0,040	0,014	0,036	5,92
C.V. (%)	2,83	4,200	4,519	6,562	7,33

*cm escala real

Encontra-se na Tabela 4 os valores do ângulo de repouso estático (θ_r) e do ângulo de repouso dinâmico (θ_{rd}). Pereira et al. (2014) ao avaliar as propriedades físicas de milho de pipoca encontrou para as quatro variedades comerciais analisadas o ângulo de repouso médio de 19,47°, sendo o milho de pipoca mais esférico que o milho comum, apresenta ângulo de repouso maior que o encontrado

neste trabalho que foi de 15,8°, corroborando com o relato de Mohsenin (1974) ao afirmar que os fatores que afetam o ângulo de repouso está relacionada com o tamanho e a forma, o teor de umidade, a presença de material estranho, a orientação das partículas e, principalmente, a rugosidade da superfície. Pohndorf et al. (2011) diz que quanto menor o ângulo de repouso maior será o volume de grãos que poderão ser armazenados em um silo, com acomodação natural do produto.

Tabela 4. Valores da altura do cone (Hc), do diâmetro da plataforma (Dp), do ângulo de repouso estático (θ_r) e do ângulo de repouso dinâmico (θ_{rd})

Repetições	Hc (cm)	Dp (cm)	θ_r (°)	θ_{rd} (°)
1	3,70	25,7	16,1	18,0
2	3,70	26,0	15,9	18,0
3	3,60	26,1	15,4	17,0
Média	3,67	25,9	15,8	17,7
Desvio Padrão	0,06	0,21	0,36	0,58
C.V.(%)	1,57	0,80	0,28	3,27

CONCLUSÕES

Para todas as determinações analisadas os valores dos coeficientes de variação encontrados foram relativamente pequenos, indicando a eficiência dos métodos empregados para as determinações.

AGRADECIMENTOS

A CAPES e ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa aos autores.

REFERÊNCIAS

- Baraviera, C. M. de C.; Caneppele, C.; Dourado, L. G. A.; Agüero, N. F. Avaliação de propriedades físicas de grãos de híbridos de milho. Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 10, n.19, p.291-297, 2014.
- Camilo, L. J.; Coradi, P. C.; Brentan, L. O. Propriedades físicas de grãos de milho armazenados em diferentes condições. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, Campo Grande, 2014. Anais...Campo Grande, 2014.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_02_16_11_51_51_boletim_graos_fevereiro_2017.pdf. Acessado 02 de maio 2017.
- Mohsenin, N.N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach, 1974. 734p.
- Pereira, M. T. J.; CANEPPELE, C.; Silva, S. L. S. da; Nunes, J. A. S.; Ormond, A. T. S. Propriedades físicas de marcas comerciais de milho de pipoca: grão e estourada. Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer. Goiânia, v. 10, n.18, p.2525-2532, 2014.
- Pohndorf, R. S.; Klein, B.; Nascimento, B. C.; Rutz, D.; Foguesatto, R. J.; Elias, M. C. Influência da umidade e do percentual de grãos quebrados e inteiros no ângulo de repouso de soja. In: Encontro de Pós-Graduação - UFPEL, 13, 2011, Pelotas. Anais. Pelotas: UFPEL, 4p.
- Strazzi, S. Derivados do milho são usados em mais de 150 diferentes produtos industriais. Revista Visão Agrícola – USP/ESALQ, n. 13, p. 146-150, Jul/Dez, 2015.