ReGeo ISSN: 2177-3246

ANÁLISE DA TÉCNICA DE SILHUETA NA DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE MILHO (*Zea mays* L.)

ANALYSIS OF THE SILHOUETTE TECHNIQUE IN DETERMINING THE PHYSICAL PROPERTIES OF CORN (*Zea mays* L.)

ANÁLISIS DE LA TÉCNICA DE LA SILUETA PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)

https://doi.org/10.56238/revgeov17n10-054

Data de submissão: 09/09/2026 **Data de publicação:** 09/10/2026

Domingos da Silva Barros Filho
Graduado em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: domingosfilho88@gmail.com

Douglas Romeu da Costa
Doutor em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: douglascosta@academico.ufs.br

Adilson Machado Enes
Doutor em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: adilsonenes@academico.ufs.br

Mário Cupertino da Silva Júnior
Doutor em Engenharia Agrícola
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: mariocupertino@academico.ufs.br

Glauber Silva Godoi
Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: glaubersg@academico.ufs.br

Manoel de Santana de Campos
Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: engenheiromanoelcampos@gmail.com

Jorge Antônio Vieira Gonçalves
Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: javgufs@academico.ufs.br

ReGeo

ISSN: 2177-3246

Thiago Herbert Santos Oliveira
Mestre em Recursos Hídricos
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: thiagosipac@academico.ufs.br

Wendel de Melo Massaranduba
Doutor em Agricultura e Biodiversidade
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: wendeljr@academico.ufs.br

Lusivaldo Luiz dos Santos
Mestre em Recursos Hídricos
Instituição: Universidade Federal de Sergipe
E-mail: Lusivaldosantos97@gmail.com

RESUMO
A escolha e o uso correto das técnicas utilizadas para a determinação dos teores de água e das propriedades físicas de produtos agrícolas como, por exemplo, o milho (*Zea mays* L.), são fundamentais para se obter dados consistentes e precisos. Objetivou-se com este trabalho determinar as propriedades físicas de grãos de milho em função do seu teor de água, com uso do método proposto por Mohsenin (1986) e da técnica da análise de silhueta por meio do processamento de imagens. Os grãos foram secos a 40, 60 e 80 °C e, em seguida, determinaram-se a circularidade e as dimensões ortogonais pelo método direto (paquímetro digital, ±0,01 mm) e pela técnica de silhueta, aplicando-se as equações de Mohsenin (1986) nas duas abordagens. Ao comparar os dois métodos por ANOVA e teste F a 5% de probabilidade, não houve diferença significativa para a circularidade. Já para as dimensões ortogonais, a silhueta apresentou erro relativo médio de 1,2 a 1,4%, com tendência a superestimar os valores do paquímetro em cerca de 0,1 mm. Concluiu-se que a técnica de silhueta pode ser utilizada na determinação da circularidade e das dimensões ortogonais do milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. Propriedades Físicas. Processamento de Imagens. Teor de Água. Pós-Colheita.

ABSTRACT
The choice and correct use of the techniques for determining water content and physical properties of agricultural products, such as corn (*Zea mays* L.), are essential for obtaining consistent and accurate data. The objective of this work was to determine the physical properties of corn kernels as a function of their water content, using the method proposed by Mohsenin (1986) and the silhouette analysis technique based on image processing. The kernels were dried at 40, 60, and 80 °C, and their circularity and orthogonal dimensions were then determined by the direct method (digital caliper, ±0.01 mm) and by silhouette analysis, applying the equations proposed by Mohsenin (1986) in both techniques. Comparison of the two methods by ANOVA and the F test at 5% probability showed no significant difference for circularity. For the orthogonal dimensions, however, silhouette analysis showed a mean relative error of 1.2–1.4%, tending to overestimate caliper values by about 0.1 mm. It was concluded that the silhouette technique can be used to determine the circularity and orthogonal dimensions of corn.

Keywords: *Zea mays*. Physical Properties. Image Processing. Water Content. Postharvest.

RESUMEN
La elección y el uso correcto de las técnicas para determinar el contenido de agua y las propiedades físicas de productos agrícolas, como el maíz (Zea mays L.), son fundamentales para obtener datos consistentes y precisos. Este trabajo tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas de los granos de maíz en función de su contenido de agua, utilizando el método propuesto por Mohsenin (1986) y la técnica de análisis de silueta mediante procesamiento de imágenes. Los granos se secaron a 40, 60 y 80 °C, y luego se determinaron la circularidad y las dimensiones ortogonales mediante el método directo (calibrador digital, ±0,01 mm) y mediante la técnica de silueta, aplicando las ecuaciones de Mohsenin (1986) en ambos enfoques. Al comparar los dos métodos mediante ANOVA y prueba F con una probabilidad del 5%, no hubo diferencia significativa para la circularidad. Para las dimensiones ortogonales, la silueta mostró un error relativo promedio de 1,2 a 1,4%, tendiendo a sobreestimar los valores del calibrador en aproximadamente 0,1 mm. Se concluyó que la técnica de silueta puede utilizarse para determinar la circularidad y las dimensiones ortogonales del maíz.

Palabras clave: *Zea mays*. Propiedades Físicas. Procesamiento de Imágenes. Contenido de Agua. Postcosecha.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (*Zea mays* L.), atrás de Estados Unidos e China (USDA, 2026). Na safra 2025/26, a Conab estima a produção total em 144,0 milhões de toneladas, em 22,6 milhões de hectares, o que mantém o milho como o segundo grão mais produzido do país, atrás da soja (CONAB, 2026). Com a produção crescente, ganha importância a pesquisa voltada à qualidade do grão, que depende de colheita, secagem e armazenamento adequados.

Em Sergipe, o milho é cultivado principalmente na terceira safra, da qual o estado concentra cerca de 45% da produção (CONAB, 2026; participação segundo a PAM/IBGE 2024). Na safra 2024/25, o estado registrou a maior produtividade média de grãos do país, 6.738 kg ha^{-1}, cerca de 57% acima da média nacional (4.297 kg ha^{-1}). Em 2025/26, a irregularidade das chuvas a partir de junho reduziu a produtividade do milho de terceira safra no país em 24,8% (CONAB, 2026), o que mostra como a variabilidade das safras torna ainda mais relevante o cuidado com a qualidade do grão colhido.

Nesse contexto, conhecer as propriedades físicas do milho, como dimensões e circularidade, e como elas variam com o teor de água é fundamental para o dimensionamento de máquinas e equipamentos agrícolas, como as células das placas dosadoras de sementes (AJAY *et al*., 2021), e de unidades armazenadoras, já que o teor de água afeta a densidade e a fluidez da massa de grãos (MOUSAVIRAAD; TEKESTE, 2020), além de ser útil para a classificação de grãos e sementes.

Em milho, Oliveira *et al*. (2014) verificaram, para a cultivar P3646, que a secagem reduziu a esfericidade, a circularidade, a área superficial e a área projetada dos grãos. Em outras espécies, o comportamento da circularidade varia: aumentou com a redução do teor de água em grãos de soja (MORAIS *et al*., 2018) e em sementes de feijão (OLIVEIRA NETO *et al*., 2012), e aumentou em uma cultivar de feijão e diminuiu em outra (JESUS *et al*., 2013). Como as propriedades físicas variam com a espécie e a cultivar, é importante determiná-las com precisão para cada produto, a fim de otimizar processos e dimensionar equipamentos de colheita e pós-colheita (RESENDE *et al*., 2008).

Métodos ópticos, sem contato com o produto, vêm sendo usados para medir forma e tamanho de produtos agrícolas. Pierre (2019) compararam a análise digital de imagens com o paquímetro nas dimensões de grãos de feijão (cultivar BRSMG Realce) e concluíram que a técnica é viável para esse fim. Santos (2018) aplicou a técnica de silhueta a laranjas ‘Pera’ e a considerou eficaz na determinação do diâmetro, com erro inferior a 2 mm.

Diante do exposto, objetivou-se determinar a circularidade e as dimensões ortogonais (comprimento e largura) de grãos de milho em função do teor de água durante a secagem a 40, 60 e 80 °C, por meio de paquímetro digital e da técnica de silhueta com processamento de imagens, e comparar os dois métodos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Construções Rurais, Energia e Armazenamento de Grãos - CREAG do Departamento de Engenharia Agrícola - DEAGRI e no Laboratório de Remediação de Solos do departamento de Engenharia Agronômica – DEA, ambos da Universidade Federal de Sergipe na cidade de São Cristóvão - SE.

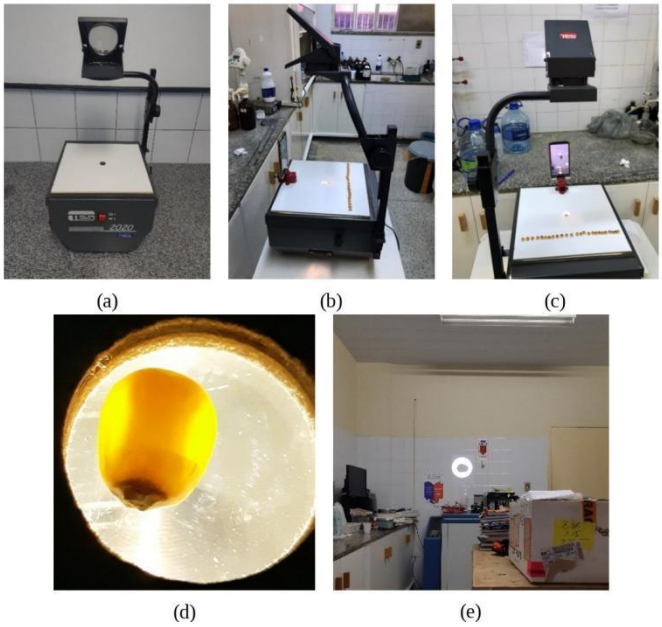
2.1 O MILHO

O produto utilizado foi milho, o hibrido LG 6036 VT PRO 3' (Lima Grain), colhido manualmente, no Povoado Paracatu de Cima no município de Simão Dias no estado de Sergipe, coordenadas geográficas: latitude 10°45'53" S, longitude 37°54'50" S e altitude de 313m. Após a colheita, o milho foi debulhado mecanicamente e transportado para o Departamento de Engenharia Agrícola – DEAGRI da Universidade Federal de Sergipe, para as operações de limpeza manual com uso de peneiras para remoção de impurezas, sendo posteriormente realizada a operação de amostragem para a realização do experimento.

2.2 SETUP PARA PRODUÇÃO DE IMAGENS

As silhuetas foram projetadas por um projetor TES 20.20 (220 V) sobre um anteparo com papel A4, a 4 m de distância. As imagens foram capturadas por um smartphone Samsung A8 (câmera de 16 MP), fixado em suporte na mesa de projeção. Um dispositivo de madeira de 30 × 30 cm, com orifício central de 2 cm de diâmetro, manteve o mesmo posicionamento dos grãos em todas as capturas (Figura 1).

Figura 1 - Arranjo para captura de imagens: (a) vista frontal do projetor; (b) vista lateral; (c) dispositivo de madeira com o suporte e o smartphone; (d) grão em repouso na mesa do projetor; (e) anteparo com a silhueta projetada.



Fonte: Autores.

2.3 O EXPERIMENTO

O teor de água foi determinado pelo método da estufa com circulação forçada de ar (Tecnal TE-394/3), a 105 ± 3 °C por 24 h, em três repetições de cerca de 50 g, com balança de precisão de 0,001 g (BRASIL, 2009). O milho recebido apresentava teor de água em torno de 15% b.u. (14,2 a 15,4% entre as amostras). Separaram-se três amostras de 2 kg, uma para cada temperatura de secagem (40, 60 e 80 °C). De cada amostra sortearam-se 30 grãos, distribuídos em três recipientes metálicos com 10 grãos numerados de 1 a 10. Antes da secagem, o comprimento e a largura dos grãos foram medidos com paquímetro digital (±0,01 mm) e pela técnica de silhueta. As amostras de 2 kg (em bandeja) e os recipientes foram secos por 4 h. A cada hora, os recipientes eram retirados, resfriados por 10 min em dessecador, medidos e fotografados e devolvidos à estufa, e três amostras de 50 g do lote de 2 kg eram retiradas para determinar o teor de água. Assim, obtiveram-se cinco pontos (0 a 4 h) por temperatura.

2.4 DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS COM O PAQUÍMETRO

Conforme Mohsenin (1986), o comprimento (A) e a largura (B) dos grãos foram medidos com paquímetro digital (Figura 2a, b). A área projetada (A_p), a área do menor círculo circunscrito (A_c) e a circularidade (Circ) foram calculadas por:

$$A_p = \frac{\pi AB}{4} \quad (1)$$

$$A_c = \frac{\pi A^2}{4} \quad (2)$$

$$\text{Circ} = \frac{A_p}{A_c} = \frac{B}{A} \quad (3)$$

A espessura não foi considerada, pois a esfericidade não foi determinada.

Figura 2 - Medida do comprimento (a) e da largura (b) do grão com paquímetro digital e (c) relação entre a área projetada (AP) e a área do menor círculo circunscrito (AC).



(a) (b) (c)

Fonte: Autores.

2.5 DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS COM A TÉCNICA DE SILHUETA

Os grãos, em repouso na mesa do projetor, tiveram a silhueta projetada em anteparo com papel A4, a 4 m (Figura 1). Uma moeda de 13,95 mm de diâmetro (circularidade igual a 1), colocada na mesa, serviu de referência para converter pixels em milímetros e corrigir distorções. As imagens foram recortadas na proporção 1:1 e processadas no GNU Octave (GNU OCTAVE, 2021): conversão para escala de cinza, detecção de bordas pelo operador de Sobel e medida da distância entre os pontos extremos da borda nos eixos X e Y, convertida para milímetros pelo fator de escala da moeda. As equações (1) a (3) foram então aplicadas a essas dimensões.

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

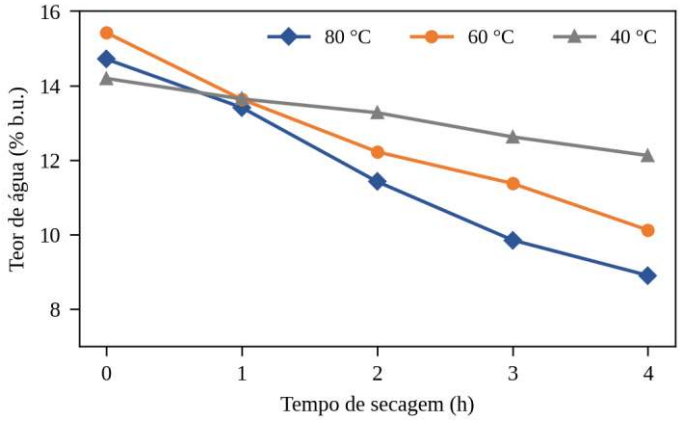
Para cada temperatura, a circularidade foi analisada em esquema fatorial 2 × 5 (técnica de medição: paquímetro e silhueta; tempo de secagem: 0 a 4 h), com três repetições (recipientes de 10

grãos), por análise de variância e teste F a 5% de probabilidade, no software R (R CORE TEAM, ano/versão). A concordância entre as técnicas foi ainda avaliada por regressão linear simples (paquímetro em função da silhueta) e pelo coeficiente de determinação (R^2), que expressa a proporção da variação de uma variável explicada pela outra, e pelo viés médio (silhueta − paquímetro) e pelo erro relativo médio, calculados a partir das médias por tempo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

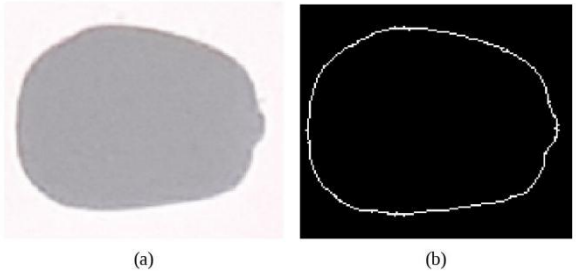
O teor de água inicial foi de 14,19, 15,42 e 14,71% b.u. e, após 4 h de secagem, passou a 12,12, 10,12 e 8,90% b.u. a 40, 60 e 80 °C, respectivamente, o que corresponde a reduções de 2,07, 5,30 e 5,81 pontos percentuais (Figura 3). A Figura 4 ilustra uma imagem capturada e o resultado do processamento.

Figura 3 - Curvas de secagem do milho a 40, 60 e 80 °C.



Fonte: Autores.

Figura 4 - Imagem de um grão capturada pelo smartphone (a) e resultado do processamento no GNU Octave, com as bordas detectadas (b).

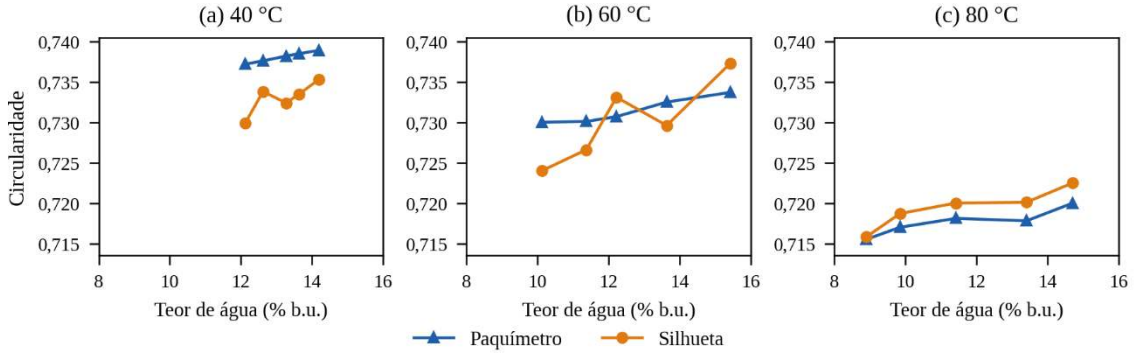


Fonte: Autores.

A circularidade tendeu a diminuir com a perda de água nas três temperaturas (Figura 5). Por exemplo, a 40 °C passou de 0,735 para 0,730 pela silhueta e de 0,739 para 0,737 pelo paquímetro. A variação foi pequena, com no máximo 1,8%, e o tempo de secagem não foi significativo na ANOVA

(p = 0,892 a 0,997; Tabela 1), de modo que se trata de tendência, e não de efeito comprovado. A tendência é coerente com a redução da circularidade observada por Oliveira *et al*. (2014) na secagem de milho e decorre de a largura contrair proporcionalmente mais que o comprimento (Tabela 2), exceto na silhueta a 60 °C.

Figura 5 - Circularidade em função do teor de água, medida pelo paquímetro e pela silhueta, na secagem a (a) 40 °C, (b) 60 °C e (c) 80 °C.



Fonte: Autores.

Na comparação entre os métodos, as leituras de circularidade foram próximas: a diferença entre a silhueta e o paquímetro ficou entre −0,007 e +0,004 nas três temperaturas (Figura 5), da ordem de 1 pixel na largura (cerca de 0,0075 na circularidade). A silhueta também oscilou mais ao longo da secagem, possivelmente por pequenas variações de foco, já que o autofoco do smartphone não foi desativado. Santos (2018) sugere que equipamento de melhor qualidade e mais repetições melhorariam a precisão e a determinação do fator de correção. Pela ANOVA, nem a técnica (p = 0,39; 0,83 e 0,78) nem o tempo de secagem (p = 0,892 a 0,997) foram significativos (Tabela 1), ou seja, a silhueta não diferiu significativamente do paquímetro para a circularidade, resultado semelhante ao de Pierre (2019), que consideraram viável a análise de imagens para as dimensões de grãos de feijão. Para as dimensões, as duas técnicas mostraram contração de A e B com a perda de água a 40 e 80 °C (Figura 6; Tabela 2). A 60 °C, a silhueta não acompanhou a tendência do paquímetro (A passou de 12,10 a 12,26 mm), o que indica falha na coleta ou no foco das imagens nessa série. O R^2 entre as técnicas foi de 0,42 (A) e ≈ 0 (B) a 60 °C e de 0,85 a 0,96 nas demais temperaturas (Figura 7). Em média, a silhueta superestimou A e B em 0,13 e 0,08 mm (erro relativo médio de 1,4 e 1,2%).

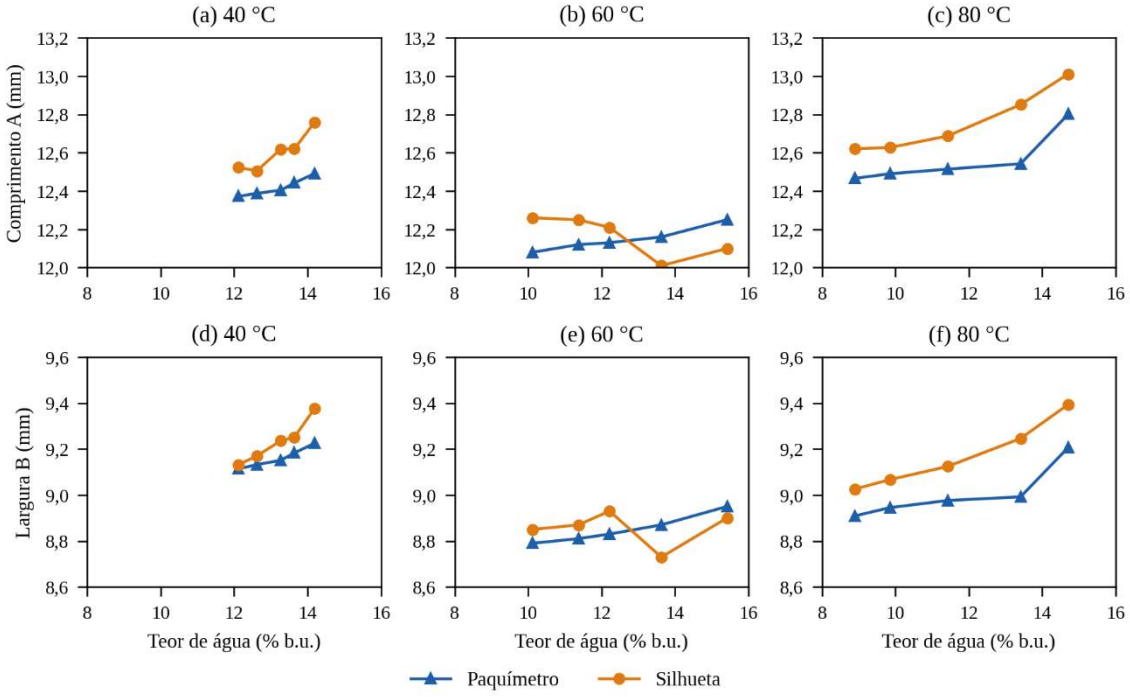
Tabela 1 - Análise de variância da circularidade: valores de F e, entre parênteses, de p em cada temperatura. Fatores: técnica de medição (paquímetro e silhueta) e tempo de secagem (0 a 4 h). Nenhum efeito foi significativo a 5% (p > 0,05). GL = graus de liberdade; QM = quadrado médio; CV = coeficiente de variação.

Fonte de variação	GL	40 °C	60 °C	80 °C
Técnica	1	0,77 (0,392)	0,05 (0,831)	0,08 (0,779)
Tempo	4	0,04 (0,997)	0,27 (0,892)	0,09 (0,985)
Técnica × Tempo	4	0,01 (> 0,999)	0,11 (0,979)	< 0,01 (> 0,999)
Resíduo	20	–	–	–
QM do resíduo		0,000249	0,000242	0,000287
CV (%)		2,15	2,13	2,36

Fonte: Autores.

Para a circularidade, o R^2 foi de 0,65 e 0,63 a 40 e 60 °C e de 0,98 a 80 °C. Os valores baixos refletem a estreita faixa de variação da circularidade, e não erro grande, já que o viés foi de até 0,005 e o erro relativo médio, de no máximo 0,7%.

Figura 6 - Comprimento A (a–c) e largura B (d–f) em função do teor de água, medidos pelo paquímetro e pela silhueta, na secagem a 40, 60 e 80 °C.



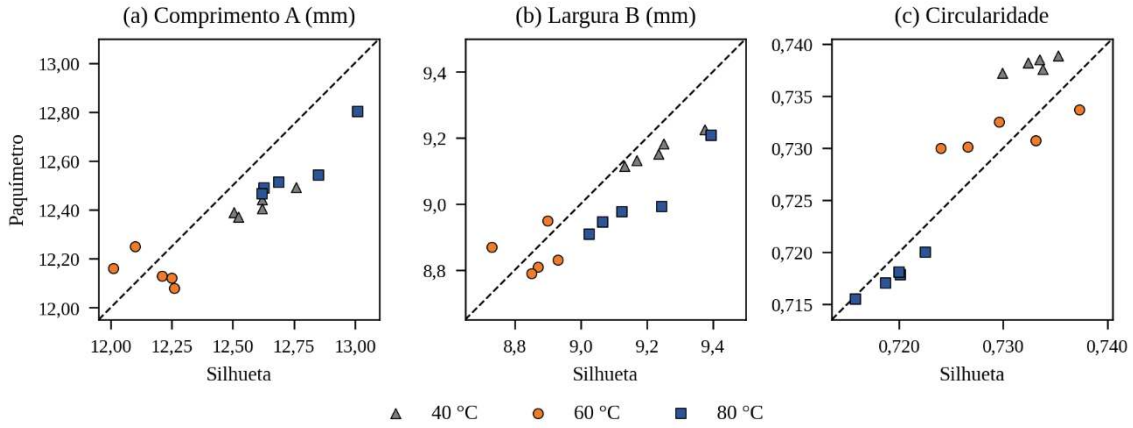
Fonte: Autores.

Tabela 2 - Teor de água, comprimento (A), largura (B) e circularidade médios obtidos com o paquímetro (P) e com a técnica de silhueta (S), por temperatura e tempo de secagem. Para melhor comparação entre os métodos, a circularidade é apresentada com quatro casas decimais.

Temp. (°C)	Tempo (h)	Teor de água (% b.u.)	Comprimento A (mm)		Largura B (mm)		Circularidade	
			P	S	P	S	P	S
40	0	14,19	12,491	12,758	9,225	9,376	0,7389	0,7353
	1	13,64	12,442	12,620	9,183	9,251	0,7385	0,7335
	2	13,27	12,404	12,619	9,151	9,236	0,7382	0,7324
	3	12,62	12,388	12,505	9,132	9,170	0,7376	0,7338
	4	12,12	12,372	12,523	9,114	9,132	0,7372	0,7299
60	0	15,42	12,25	12,10	8,95	8,90	0,7337	0,7373
	1	13,63	12,16	12,01	8,87	8,73	0,7325	0,7296
	2	12,22	12,13	12,21	8,83	8,93	0,7307	0,7331
	3	11,37	12,12	12,25	8,81	8,87	0,7301	0,7266
	4	10,12	12,08	12,26	8,79	8,85	0,7300	0,7240
80	0	14,71	12,801	13,011	9,207	9,394	0,7200	0,7225
	1	13,41	12,542	12,851	8,992	9,246	0,7178	0,7201
	2	11,42	12,514	12,687	8,976	9,124	0,7181	0,7200
	3	9,85	12,490	12,627	8,945	9,067	0,7170	0,7187
	4	8,90	12,466	12,620	8,909	9,026	0,7155	0,7158

Fonte: Autores.

Figura 7 - Valores obtidos pela silhueta e pelo paquímetro para (a) comprimento A, (b) largura B, e (c) circularidade, com a reta 1:1 (tracejada).



Fonte: Autores.

4 CONCLUSÃO

Nas condições deste experimento, o comprimento e a largura dos grãos diminuíram com a perda de água, e a circularidade tendeu a diminuir, sem efeito significativo do tempo de secagem. A técnica de silhueta pode ser utilizada para determinar o comprimento, a largura e a circularidade de grãos de milho, com erro relativo médio de 1,2 a 1,4% nas dimensões, de até 0,7% na circularidade e viés de cerca de 0,1 mm nas dimensões. A série a 60 °C não acompanhou o paquímetro nas dimensões. Recomenda-se desativar o autofoco e verificar a escala com a moeda a cada série de imagens.

REFERÊNCIAS

AJAY, A.; RAMI REDDY, K. V. S.; ASHOK KUMAR, A. Study of physical properties of *Zea mays* in the development of seed metering unit. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, v. 14, n. 2, p. 159-163, 2021. *Disponível em:* <https://doi.org/10.30954/0974-1712.02.2021.5>. *Acesso em: 18 set. 2026.*

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p. *Disponível em:* <https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/handle/1/423>. *Acesso em: 18 set. 2026.*

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*, Brasília, DF, v. 13, safra 2025/26, n. 12, décimo segundo levantamento, set. 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/12o-levantamento-safra-2025-26/e-book_boletim-de-safras-12o-levantamento_-2026-3-compactado.pdf>. Acesso em: 19 set. 2026.

EATON, J. W.; BATEMAN, D.; HAUBERG, S.; WEHBRING, R. GNU Octave: a high-level interactive language for numerical computations. Versão 6.2.0. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: https://octave.org/. Acesso em: 22 set. 2026.

JESUS, F. F. de *et al*. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. *Revista Engenharia na Agricultura – Reveng*, v. 21, n. 1, p. 9-18, 2013. *Disponível em:* <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i1.390>. *Acesso em: 18 set. 2026.*

MOHSENIN, N. N. *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach, 1986. 891 p.

MORAIS, W. A. *et al*. Shape and size of soybean grains under different moisture contents. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 6, p. 2821-2834, 2018. *Disponível em:* <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2821>. *Acesso em: 18 set. 2026.*

MOUSAVIRAAD, M.; TEKESTE, M. Z. Effect of grain moisture content on physical, mechanical, and bulk dynamic behaviour of maize. *Biosystems Engineering*, v. 195, p. 186-197, 2020. *Disponível em:* <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.04.012>. *Acesso em: 18 set. 2026.*

OLIVEIRA, D. E. C.; SANTOS, M. N. S.; RUFFATO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar P3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. *Nativa*, Sinop, v. 2, n. 3, p. 162-165, 2014. DOI: 10.14583/2318-7670.v02n03a06. *Disponível em:* <https://doi.org/10.31413/nativa.v2i3.1484>. *Acesso em: 18 set. 2026.*

OLIVEIRA NETO, M. C. de; DEVILLA, I. A.; REIS, R. C. dos. Propriedades físicas de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade Emgopa 201-Ouro. *Revista Agrotecnologia*, v. 1, n. 1, p. 99-110, 2012. *Disponível em:* <https://doi.org/10.12971/2179-5959.v01n01a07>. *Acesso em: 20 jan. 2021.*

PIERRE, B. S. Aplicação do processamento digital de imagens na caracterização de propriedades físicas de feijão 'BRSMG Realce' durante a secagem e estudo da qualidade física de grãos-de-bico 'BRS Cristalino' armazenados em diferentes embalagens. 2019. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2019. *Disponível em:* <https://bdtd.ueg.br/items/02f777bc-6d8a-4f18-b6b8-c31066abe2aa>. *Acesso em: 20 set. 2026.*

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: https://www.r-project.org/. Acesso em: 22 set. 2026.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 1, p. 225-230, 2008. *Disponível em:* <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000100033>. *Acesso em: 20 set. 2026.*

SANTOS, J. E. B. *Classificação de laranjas por forma através de técnicas ópticas*. 2018. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *World Agricultural Supply and Demand Estimates*, WASDE-675. Washington, DC: USDA, 11 set. 2026. Disponível em: < https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/wasde0926.pdf>. *Acesso em: 20 set. 2026.*