



Caracterização física de grãos de feijão automatizado por imagens digitais

Bianca Soares Pierre¹(PG)*, Francisco Ramos de Melo¹(PQ), Ivano Alessandro Devilla¹(PQ), Carlos Eduardo Bento Barbosa¹(PG)

¹ UEG - Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas – Henrique Santillo, Anápolis-Goiás. Email: bianca_pierre@hotmail.com

Resumo: A análise das características físicas no processo de pós-colheita é necessária para a avaliação do produto. Assim, objetivou-se aplicar o processamento digital de imagens na caracterização física de grãos de feijão comum e comparar com o método tradicional feito com paquímetro. Foram feitas imagens de 50 grãos de feijões para que no algoritmo desenvolvido aplicasse os processos de segmentação, binarização, preenchimento dos objetos e delimitação dos limites dos traços dos grãos e obter as medidas dos eixos em “pixels”, convertendo-as em milímetros pela escala milimetrada também presente nas imagens. Após obtenção dos valores, estes foram comparadas ao método do paquímetro. Os dados foram avaliados por meio do coeficiente de determinação, obtidos pela regressão linear, pelo índice de concordância de Willmott, pelo erro médio absoluto, pelo erro médio, por meio do coeficiente de correlação de Pearson e pelo índice de confiança e desempenho de Camargo e Sentelhas. Os índices de avaliação indicaram que há altas correlações entre os métodos, sendo considerado “Muito bom” e “ótimo” para os eixos. Assim, com configurações adequadas no processamento digital, com imagem nítida e bem posicionada, este é um método que apresenta uma boa precisão para caracterização física de grãos de feijão.

Palavras-chave: Automação de medidas; Mensuração por imagens; Processamento de imagens; *Phaseolus vulgaris*.

Introdução

A região Centro-Oeste se destaca como a segunda maior produtora de feijão-comum de cores. Na safra 2017/18, o estado de Goiás, alcançou uma produção de 140,3 mil toneladas, apresentando uma produtividade de 2.496 kg ha⁻¹, enquanto que a média brasileira ficou estimada em 1.727 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018). A diferença de produtividade deve-se principalmente aos diferentes níveis tecnológicos, utilizados nas diversas regiões do país, sendo a agricultura familiar

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão, Cultura e
Assuntos Estudantis



Universidade
Estadual de Goiás



apontada como a grande responsável pela produção de feijão (SILVA e WANDER, 2013).

Com os diferentes manejos e adaptações, uma grande variedade de produto é recebida para comercialização, ficando cada vez mais evidente as diferenças do tamanho e forma dos grãos. Atualmente, existe uma ampla variabilidade fenotípica, para as diversas características que tem sido observada entre os diversos grupos comerciais de feijão comum, cultivados no Brasil. O feijoeiro apresenta uma grande variabilidade morfológica, diferindo na forma e no tamanho dos grãos (KAPPES et al., 2008). Dentro do grupo do feijão comum estão aqueles conhecidos como Carioca, Preto e o Branco (FIGUEROA et al., 2015).

No país, o feijão é um dos alimentos mais importantes devido aos benefícios nutricionais com valor de aquisição acessível. Os grãos são fonte de proteínas (25%), ferro, cálcio, magnésio, zinco, vitaminas, carboidratos e fibras, e juntamente com o arroz formam a base da alimentação brasileira, constituindo parte da dieta diária das classes socioeconômicas menos favorecidas (FERREIRA et al., 2017; SANTANA et al., 2016).

Na comercialização, a escolha desse alimento, para que mais aceito, útil e preferível, têm-se que diversos fatores como tamanho e forma do grão, distribuição uniforme e aparência visual (cor) do produto devem estar satisfatórios. Assim, atendida essas condições, o valor de mercado dos grãos também é influenciado e, conseqüentemente, sua produção mais rentável. Dessa forma, a análise das características físicas no processo de pós-colheita é necessária para avaliação do produto (BOTELHO et al., 2015).

É nas etapas de pós-colheita que ocorre o processo de identificação dos grãos, em que a inspeção, na maioria dos casos, é feita de forma manual, o que torna o método impreciso, uma vez que, a decisão humana, na identificação dos indicadores de qualidade é subjetiva e lenta. Como opção em outros casos, utiliza-se produtos químicos e testes de DNA de alto custo (KHATCHATOURIAN e PADILHA 2008; RIBEIRO, 2015).

Na etapa de classificação, alguns grãos podem sofrer danos mecânicos, devido a uma força exercida sobre eles para separa-los, podendo ser fonte de



entrada para microrganismos, e, portanto, para melhorias, os equipamentos devem ser passivos de novos estudos. Dessa forma, a análise de imagem digital, de fácil obtenção (por câmeras fotográficas, celulares, scanners, etc.), aparece como uma alternativa a esses problemas.

Assim, para obter-se uma inspeção objetiva, rápida, econômica e consistente, na realização da classificação dos produtos agrícolas, aplica-se a visão computacional, em que sua mensuração se dá por métodos de contagem ou frequência de elementos formadores da imagem (GUEDES, 2010; BRANDANI, 2017). Com isso, objetivou-se neste trabalho aplicar o processamento digital de imagens na caracterização física de grãos de feijão comum e comparar com o método tradicional feito com paquímetro.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no período de maio a junho de 2018, no Laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais da Universidade Estadual de Goiás, no Campus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas - Henrique Santillo, Anápolis-GO.

Inicialmente, foram adquiridos em mercado local, um saco de feijão de um quilograma, pertencente ao grupo 1 – feijão comum, *Phaseolus vulgaris*. Assim, foram separados aleatoriamente 50 grãos para as análises. Essa quantidade foi definida para se alcançar uma maior representatividade dos dados.

Dessa forma, no intuito de determinar as dimensões dos eixos, “a” “b” e “c” que correspondem ao comprimento (maior eixo), a largura (ou eixo médio) e a espessura (ou menor eixo) respectivamente, utilizou-se dois métodos: o primeiro com a análise de imagens digitais e o segundo com o auxílio de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm (milímetros).

Os métodos foram avaliados por meio do coeficiente de determinação (r^2), obtidos pela regressão linear, pelo índice de concordância de Willmott (d) (WILLMOTT et al., 1981) Equação 1, pelo erro médio absoluto (EMA) Equação 2, pelo erro médio (EM) Equação 3, por meio do coeficiente de correlação de Pearson



(r) e pelo índice de confiança (c) Equação 4 e desempenho de Camargo e Sentelhas (1997). Esses índices possibilitaram verificar a relação entre os dados observados por paquímetro, com os dados determinados por análise de imagens.

$$d = 1 - \frac{\sum (y' - y_{obs})^2}{\sum (|y' - \bar{y}_{obs}| + |y_{obs} - \bar{y}_{obs}|)^2} \quad (1)$$

$$EMA = \frac{1}{n} \sum |y' - y_{obs}| \quad (2)$$

$$EM = \frac{1}{n} \sum (y' - y_{obs}) \quad (3)$$

$$c = r \cdot d \quad (4)$$

Em que: y' = valores medidos por paquímetro; y_{obs} = valores observados pelo programa de análise de imagens; n = número de variáveis observadas.

Inicialmente, os grãos de feijão selecionados, foram identificados e colocados um a um, sobre as posições que pudessem definir seu tamanho, com comprimento, largura e espessura. Para isso, os grãos foram alocados, em um ambiente composto por folhas de papel Chamex brancas no formato A4 (210x297 mm) e com escala milimetrada na borda, para calibração das medidas durante a análise das imagens digitais.

Na realização da captura das imagens foi utilizado uma câmera digital de aparelho celular da marca Multilaser, modelo MS60, com resolução estimada em 4000 x 3000 pixels, a 20 centímetros de altura. Para iluminação da área dos grãos foi utilizada a luminária da marca Logen Scientific com uma lâmpada fluorescente circular de 22 watts, a 45 centímetros de distância da amostra de grãos.

Para que as imagens obtivessem os três comprimentos, foram tiradas fotos em dois ângulos, a vinte centímetros de altura, com a intenção de cobrir toda a área da amostra e obter os valores de “a” e “b” com o grão na posição de repouso, e o valor de “c”, com o hilo do feijão aparecendo para captura, como referência. Após obtenção das imagens, estas foram armazenadas em pastas definidas, para a etapa de processamento de dados, no formato “Joint Photographic Experts Group” (JPEG).



No processamento de dados, as imagens foram inicialmente cortadas para melhor identificação dos grãos de feijão presentes, e suavizadas em níveis de cinza, ou seja, todas as infinidades de tons presentes foram convertidas para 256 níveis de tons de cinza. Logo após a imagem foi convertida em apenas dois tons, preto e branco, e tornou-a binária. Utilizou-se diferentes níveis de contorno, que varia de 0 a 1, para tornar os objetos mais nítidos, sendo o valor de 0,7 estimado para a melhor preenchimento dos objetos nas imagens.

A segmentação das imagens, nessa etapa, é de fundamental importância para a detecção do formato dos grãos, pois quando se utiliza valores inferiores ou superiores de detecção de contornos, a imagem ficará danificada, impossibilitando a obtenção dos valores corretos para os objetos.

Mesmo com uma boa segmentação aplicada, necessitou-se que os objetos fossem preenchidos em seus espaços vazios, devido ao processamento de dados. Assim, posteriormente ao preenchimento das imagens, estabeleceu-se os limites da região dos traços dos grãos, para medição dos objetos. A determinação dos eixos maiores e menores foram determinados para as imagens capturadas em seus dois ângulos, por meio do algoritmo criado.

Os valores dos comprimentos dos eixos dos grãos, foram convertidos de “pixels”, ou seja, os elementos formadores da imagem, para milímetros por meio do fator de calibração, definido pela escala, em que se verificava para cada imagem quantos pixels correspondia a escala milimetrada, e posteriormente seguiram para serem avaliados comparando pelo método do paquímetro, pelos índices já expostos, nas Equações 1 a 4.

Resultados e Discussão

A imagem de 10 dos 50 grãos de feijão utilizados é mostrada na Figura 1, após os processos de segmentação, binarização e preenchimento.



Figura 1. Resultado da análise de imagens em grãos de feijão comum, após os processos de segmentação, binarização e preenchimento com um nível de contorno de 0.7, sendo as fotografias realizadas por meio de uma câmera digital de aparelho celular. A imagem original tem uma resolução de 70x400 pixels.

Verificou-se também em testes realizados que na análise de imagens, a posição do grão e a iluminação da imagem, se não bem posicionada e suficiente, não são capazes de realizar a identificação do formato dos grãos, devido as sombras que são formadas. Dessa forma, verificando esses fatores e precavendo-se, as imagens foram realizadas de maneira correta e eficaz.

Assim, para verificar a confiabilidade dos dados obtidos por processamento digital de imagens, realizou-se as regressões lineares, para cada eixo “a”, “b” e “c” nas Figuras 2, 3 e 4 respectivamente.

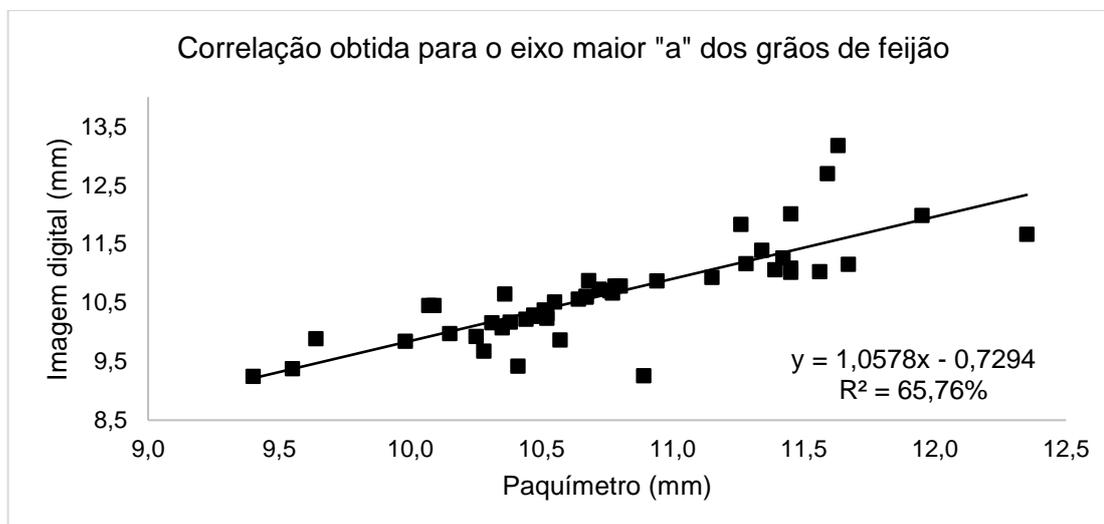


Figura 2. Correlação obtida para o eixo maior “a” ou comprimento dos cinquenta (50) grãos de feijão, analisados com o auxílio de um paquímetro digital, de precisão de 0,01 mm, comparadas com o uso de imagens, realizadas por meio de uma câmera digital de aparelho celular.

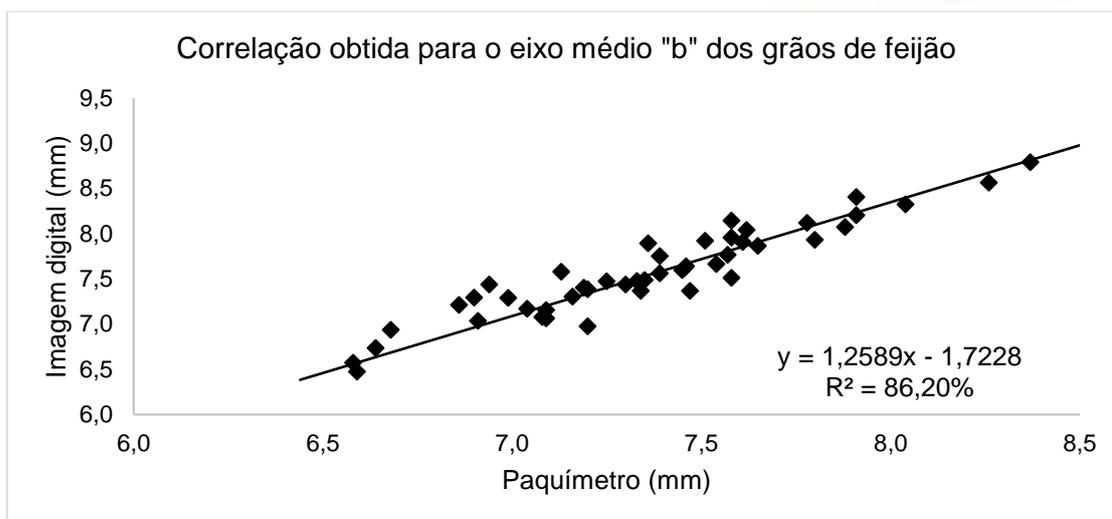


Figura 3. Correlação obtida para o eixo médio "b" ou largura dos cinquenta (50) grãos de feijão, analisados com o auxílio de um paquímetro digital, de precisão de 0,01 mm, comparadas com o uso de imagens, realizadas por meio de uma câmera digital de aparelho celular.

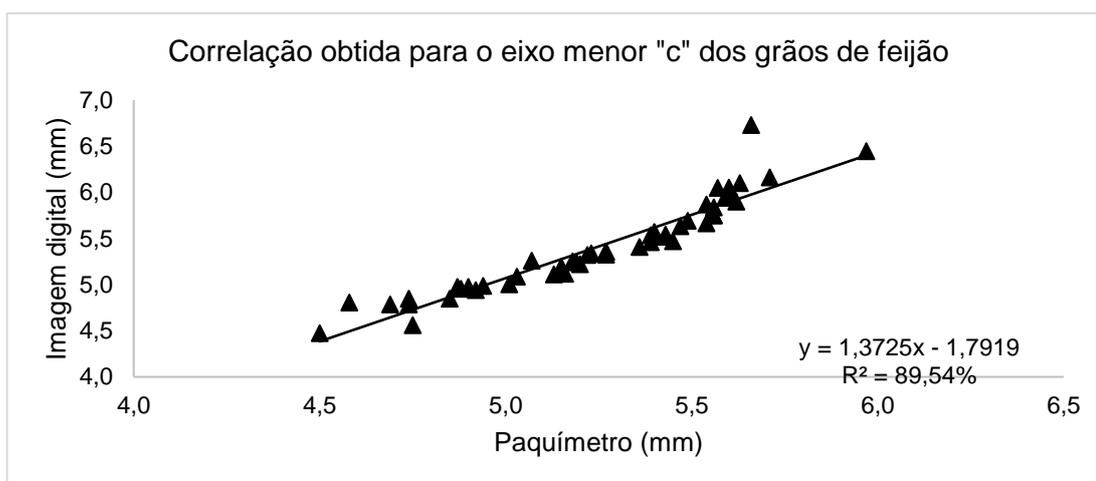


Figura 4. Correlação obtida para o eixo menor "c" ou espessura dos cinquenta (50) grãos de feijão, analisados com o auxílio de um paquímetro digital, de precisão de 0,01 mm, comparadas com o uso de imagens, realizadas por meio de uma câmera digital de aparelho celular.

Conforme pode ser verificado nas Figuras 2, 3 e 4 os coeficientes de determinação indicam uma correspondência superior a 65%. Esses valores embora não permitam definir qualitativamente a magnitude das diferenças entre os métodos na literatura, Palaretti et al. (2014) ressaltam que valores baixos de r^2 indicam a



necessidade de ajustes regionais para os métodos a serem utilizados. Diante disto, a performance do método pode ser considerado como sendo bom.

Na Tabela 1, podem ser observados os valores de índice de concordância (d), coeficientes de correlação (r), erro médio absoluto (EMA), erro médio (EM), e índice de confiança (c) obtidos pelos métodos para os 50 grãos analisados.

Tabela 1. Relação entre os dados determinados por paquímetro, com os dados determinados por análise de imagens avaliados pelo índice de concordância de Willmott (d), pelo erro médio absoluto (EMA), pelo erro médio (EM), por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r) e pelo índice de confiança (c) e desempenho de Camargo e Sentelhas, para os eixos dos 50 grãos de feijão comum.

Eixo	d	EMA	EM	r	c
a (comprimento)	0,99	0,25	-0,15	0,81	0,80
b (largura)	0,99	0,23	0,18	0,93	0,92
c (espessura)	0,99	0,21	0,21	0,95	0,93

Nota-se que as estimativas do processamento digital de imagens comparadas com o uso do paquímetro tiveram uma elevada correlação e concordância. Os melhores resultados foram para o eixo “c” correspondente a espessura dos grãos.

Os coeficientes de correlação (r) apresentaram uma classificação alta (>0,5) como destacado por Palaretti et al. (2014), indicando uma estreita correlação. Já o índice “d” e o valor dos erros indicam que esse método de imagens teve menor fonte de erro, com valores de “d” iguais a 99%. Segundo o índice de confiança e desempenho de Camargo e Sentelhas (1971), para os eixos médio e menor, considerou-se um método de desempenho “Ótimo” pelo índice “c” acima de 90% para ambos. Já para a medida de comprimento, ou eixo maior “a”, o valor de 80% corresponde a um desempenho “Muito bom”.

Esses índices de avaliação indicaram que há altas correlações, mostrando a boa precisão do método de processamento digital de imagens, realizado por câmera digital de aparelho celular.

Considerações Finais

REALIZAÇÃO



Os índices de avaliação indicaram que há altas correlações. Na determinação dos eixos “b” e “c”, o método de análise de imagens foi considerado “ótimo”, e para o eixo “a”, “muito bom”, segundo o índice de desempenho e confiança de Camargo e Sentelhas. Assim, com configurações adequadas no processamento digital, com imagem nítida e bem posicionada, este é um método que apresenta uma boa precisão para a caracterização física de grãos de feijão.

Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas.

Referências

BOTELHO, F.M.; CORREA, P.C.; BOTELHO, S.C.C.; VARGAS-ELIAS, G.A.; ALMEIDA, M.D.S.D.; OLIVEIRA, G.H.H. Propriedades físicas de frutos de café robusta durante a secagem: determinação e modelagem. **Coffee Science**, Lavras, v.11, n.1, p.65-75, 2016.

BRANDANI, E.B. **Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja**. 2017. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

CAMARGO, Â. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.87–97, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**: Nono levantamento, junho 2018. Brasília: Ed. Conab. 2018. 178p.

FERREIRA, C.D.; ZIEGLER, V.; CAPELLARI, M.R.; PETER, M.; OLIVEIRA, M. Pré tratamento com radiação UV-C: influências sobre as propriedades tecnológicas e metabólitos em feijão armazenado. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v.8, n.2, p.1-15, 2017.

FIGUEROA A. M.; LACERDA, L.G.; SCHNITZLER, E.; DEMIATE, I.M. Caracterização das propriedades de pasta e térmicas de amidos de feijão Branco, Carioca, Fradinho e Preto. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, Bauru, v.4, n.3, p.12-19, 2015.



GUEDES, M.A. **Características físicas de grãos utilizando processamento digital de imagens**. 2010. 376p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

KAPPES, C.; WRUCK, F.J.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M. Feijão comum: características morfo-agronômicas de cultivares. Documentos, IAC, Campinas, v.85, n.1, p.506-509, 2008.

KHATCHATOURIAN, O.; PADILHA, F.R.R. Reconhecimento de variedades de soja por meio do processamento de imagens digitais usando redes neurais artificiais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.759-769, 2008.

PALARETTI, L.F.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (eto) em regiões citrícolas paulistas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.38-47, 2014.

RIBEIRO, A.V. **Desenvolvimento de um sistema para classificação de grãos de milho em dispositivos móveis**. 2015. 52p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SANTANA, A.V.; HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; NASCENTE, A.S. Índice de refletância na estimativa da área foliar e biomassa das folhas em feijão comum. **Colloquium Agrariae**, Piracicaba, v.12, n.1, p.07-19, 2016.

SILVA, O.F.; WANDER, A.E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Ed. EMBRAPA, 2013, 61p. (Documentos 287 / Embrapa Arroz e Feijão).

WILLMONT, C.J. On the validation of models. **Physical Geography**, Palm Beach, v.2, n.2, p.184-194, 1981.