

AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO DE BANANAS UTILIZANDO O ESPAÇO DE COR RGB

ALBERTO P. C. X. JÚNIOR¹, ANDERSON G. COSTA², JOÃO C. L. DE CARVALHO³, LUCAS A. DOS SANTOS⁴, MARIA C. T. M. DE OLIVEIRA⁵

¹ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica– RJ, (21) 983130358, albertopcj@gmail.com.

² Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica –RJ.

³ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica –RJ.

⁴ Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica –RJ.

⁵ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica –RJ

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: As inspeções de atributos ligados à qualidade de bananas muitas vezes são realizadas por métodos visuais, empíricos ou métodos laboratoriais onerosos. A visão computacional vem apresentando destaque na classificação e seleção de frutos, possibilitando a automação desta etapa. Neste trabalho, avaliaram-se frutos de bananas em cinco diferentes estádios de maturação utilizando índices espectrais obtidos a partir de imagens digitais RGB, analisando o grau de correlação com a firmeza dos frutos. Foram utilizados 30 frutos de bananas divididos em cinco estádios de maturação. A partir de imagens no espaço de cor RGB, quatro índices espectrais foram calculados: GR, PPR, NDGRI e Evd. Diagramas de caixas foram utilizados para análise da distribuição dos índices em função da maturação. O Teste de Tukey foi aplicado para a comparação entre as médias dos estádios de maturação e o coeficiente de Pearson para avaliação da correlação entre os índices espectrais e a firmeza da polpa dos frutos. Os resultados demonstraram que os índices NDRGI e GR, obtiveram êxito na distinção de três estádios de maturação e apresentaram forte correlação (0,78 e 0,80, respectivamente) com o atributo de qualidade firmeza.

PALAVRAS-CHAVE: Imagens digitais; visão artificial de máquinas; bananicultura.

EVALUATION OF BANANAS MATURATION USING RGB COLOR SPACE

ABSTRACT: Inspections of attributes linked to the quality of bananas are often carried out using visual, empirical or costly laboratory methods. The computer vision has been showing prominence in the classification and selection of fruits, enabling the automation of this stage. In this work, banana fruits were evaluated at five different ripening stages using spectral indices obtained by digital RGB images, and the degree of correlation with fruit firmness was analyzed. Thirty banana fruits were used, divided into five ripening stages. From images in the RGB color space, four spectral indices were calculated: GR, PPR, NDGRI and Evd. Box diagrams were used to analyze the distribution of indexes according to maturation. The Tukey test was applied to compare the averages of the maturation stages and the Pearson coefficient to assess the correlation between the spectral indices and the firmness of the fruit pulp. The results showed that the NDRGI and GR indices were successful in distinguishing three stages of maturation and presented a strong correlation (0.78 and 0.80, respectively) with the attribute of quality firmness.

KEYWORDS: Digital images; artificial machine vision; banana production.

INTRODUÇÃO

A fruticultura tem grande importância para o agronegócio nacional, sendo o Brasil o terceiro maior produtor de frutos do mundo (GERUM et al., 2019). Atualmente, a seleção dos frutos é feita de forma manual e visual. Todavia, há uma crescente demanda pela qualidade de produtos agrícolas por parte dos consumidores e instituições de proteção ao consumidor. Assim, cada vez mais se faz necessário o desenvolvimento de máquinas seletoras que permitam a padronização dos produtos a partir de parâmetros de qualidade. Neste contexto, tecnologias baseadas em visão computacional apresentam grande aplicação na quantificação e seleção dos produtos, de forma não destrutiva. A visão computacional é o ramo da inteligência artificial que simula o processo da visão humana quando olha um objeto e percebe suas características espectrais com base na luz refletida do objeto que foi iluminado por luz natural ou artificial (JORGE et al., 2011). Assim, o objetivo de um computador do sistema de visão é a de diminuir a subjetividade da visão do olho humano, minimizando erros que possam ocorrer na seleção manual e visual humana, aumentando a eficiência e rapidez no processo. A partir de operações matemáticas de valores numéricos de pixels das bandas de uma imagem obtêm-se os índices espectrais. A mensuração dos parâmetros físicos e correlação dos atributos fisiológicos com características colorimétricas dos frutos através de imagens digitais podem se tornar uma alternativa para determinação da qualidade dos frutos (RODRIGUES et al., 2013). Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de avaliar frutos de bananas em cinco diferentes estádios de maturação utilizando índices espectrais obtidos por imagens digitais RGB e avaliar o grau de correlação com a firmeza dos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse experimento, foram adquiridos 30 frutos de banana prata (*Musa spp.*) divididos em cinco estádios, a partir de inspeção visual, conforme escala de maturação de Von Loesecke estabelecida pelo Centro de Qualidade de Hortaliças e Produção Integrada de Frutas (CEAGESP, 2006). Os grupos de frutos avaliados baseados na maturação foram: bananas verdes com traços amarelos (E1), bananas mais verdes do que amarelas (E2), bananas mais amarelas que verdes (E3), bananas amarelas com ponta verde (E4) e bananas amarelas com áreas marrons (E5).

As imagens digitais dos frutos foram obtidas por meio de uma câmera digital CCD NIKON COOLPIX L820, com capacidade de aquisição na região de espectro visível, configurada com White Balance e ISO no automático, e Zoom Máximo de 3x. Foi utilizada câmera de madeira revestida com fundo branco para a aquisição das imagens. A câmera foi posicionada por um tripé a uma distância de 0,25 m do fruto. Não houve modificação na conformação do esquema durante todo o processo de aquisição das imagens.

As imagens foram obtidas em RGB e armazenadas em formato JPEG. Após obtenção das imagens foi feito o processo de segmentação da imagem, para eliminação do fundo, realçando apenas o fruto. Utilizou-se o método de Otsu, no qual binariza a imagem atribuindo apenas valores de branco ou preto para cada pixel na separação do fundo e da banana. O resultado final foi a imagem derivada da adição da imagem filtrada e da imagem binarizada. Em seguida, foram obtidos os valores das bandas vermelhas (R), verdes (G) e azuis (B) utilizando software livre Image J.

A partir das características colorimétricas obtidas foram calculados índices espectrais visando à distinção dos frutos em função do período de maturação. Os índices espectrais utilizados foram baseados em Bello et al. (2020), sendo eles: relação simples vermelho-verde (GR), relação de pigmento da planta (PPR), diferença normalizada verde-vermelho (NDGRI) e excesso de verde normalizado (EVD), de acordo com as Equações de (1) à (4):

$$GR = \frac{G}{R} \quad (1)$$

$$PPR = \frac{G-B}{G+B} \quad (2)$$

$$NDGRI = \frac{G-R}{G+R} \quad (3)$$

$$Evd = \frac{2G-R-B}{R+G+B} \quad (4)$$

Em que,

R - nível de intensidade da banda vermelha;

G - nível de intensidade da banda verde;

B - nível de intensidade da banda azul

Além das análises das características colorimétricas, realizou-se uma análise de firmeza dos frutos seguindo a metodologia de Calbo e Nery, (1995).

Os diagramas de caixas (Boxplot) foram utilizados para avaliar a dispersão dos valores de índice espectral e detectar a presença de outliers. A análise da variância (ANOVA) seguida da aplicação do teste de média de Tukey a 0,05 de significância foi utilizada para comparação dos estádios de maturação utilizando cada índice espectral como variável resposta. Para esta análise, foi considerado um delineamento inteiramente casualizado, onde os cinco estádios de maturação foram considerados os tratamentos, e os seis valores de cada índice espectral obtidos em cada fruto foram considerados como repetições. O coeficiente de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre os índices espectrais e a firmeza dos frutos ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos diagramas de caixas (Figura 3) foi observado que o índice EVD, que relaciona informações de intensidade das bandas verde, vermelho e azul, apresentou maior amplitude na distribuição dos valores obtidos em função da maturação dos frutos, sendo detectados dois valores com respostas discrepantes (outliers). O índice PPR, o qual relaciona as bandas verdes e azul, apresentou a menor amplitude na variação dos valores e a mediana próxima da média, o que pode ser considerado um indicativo de ser o índice com maior dificuldade para distinção da maturação dos frutos.

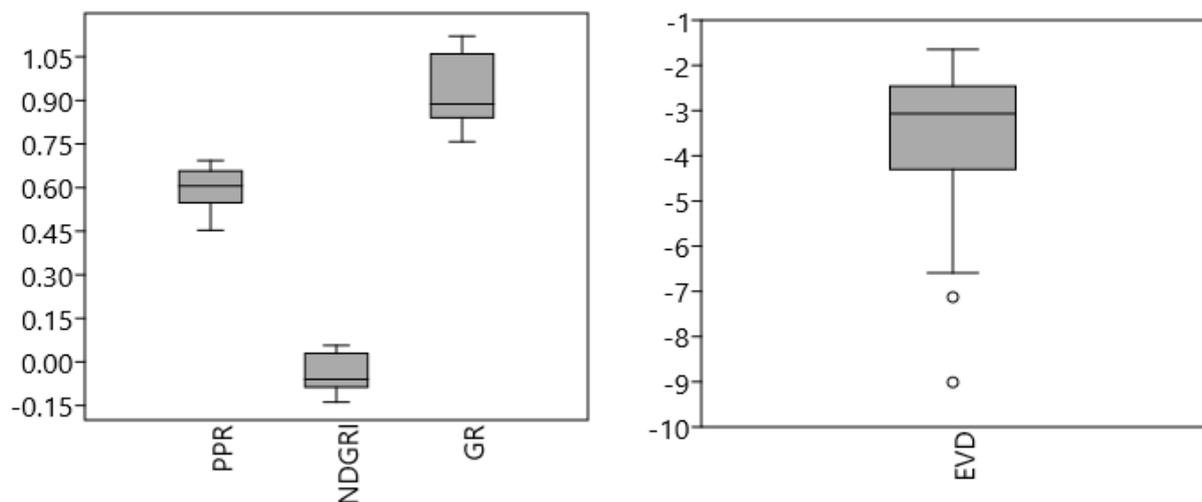


Figura 1. Diagrama de caixas (boxplot) para os índices espectrais avaliados em função da maturação de frutos de bananas.

A comparação entre médias (Tabela 2) demonstrou que os índices NDGRI e GR, os quais relacionaram as bandas verdes e vermelhas, apresentaram os melhores resultados para a distinção da maturação, obtendo êxito para separação de três estádios. O índice PPR, como já esperado pelos resultados apresentados da Figura 1, não apresentou resultados conclusivos. O

índice EVD também não distinguiu os estádios, sendo que a retirada dos outliers e a utilização da banda azul podem ter contribuído para este resultado.

TABELA 1. Comparação entre médias dos índices espectrais em diferentes estádios de maturação de bananas.

Estádios	PPR	NDGRI	GR	EVD
E1	0,565 ab	-0,113 a	1,110 a	-3,002 a
E2	0,654 b	-0,075 b	1,002 b	-2,416 a
E3	0,598 ab	-0,064 c	0,883 c	-3,890 a
E4	0,628 ab	0,001 c	0,861 c	-4,212 a
E5	0,545 a	0,052 c	0,797 c	-4,254 a

*Teste de Tukey à um nível de significância de 0,05. Letras diferentes na mesma coluna apontam diferença significativa entre estádios de maturação.

Os índices NDRGI e GR também apresentaram forte correlação (JACQUES, 2009) com a firmeza dos frutos, um dos principais atributos ligados à maturação e qualidade de frutos em geral. Este resultado demonstra que estes índices podem ser utilizados em estudos mais aprofundados visando desenvolvimento de instrumentos ópticos para a seleção automatizada de frutos de banana.

TABELA 2. Correlação (r) entre cada índice espectral avaliado e a firmeza dos frutos de banana em função dos estádios de maturação.

	PPR	NDRGI	GR	EVD
Firmeza	-0,30	0,78	0,80	0,23
Correlação (r)	Moderada	Forte	Forte	Fraca

CONCLUSÃO

Os índices espectrais NDRGI e GR, os quais utilizam a intensidade das bandas verde e vermelha, obtiveram êxito na distinção de três estádios de maturação e apresentaram forte correlação com o atributo de qualidade firmeza.

REFERÊNCIAS

- Bello, T. B.; Costa, A. G.; Silva, T. R. D.; Paes, J. L.; Oliveira, M. V. Tomato quality based on colorimetric characteristics of digital images. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n.8, p.567-572, 2020.
- Calbo, A. G.; Nery, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v.13, p.14-18, 1995.
- GERUM, A. F. A. D. A.; SANTOS, G.S.; SANTANA, M. D. A.; SOUZA, J. D. S.; CARDOSO, C. E. L. **Fruticultura Tropical: potenciais riscos e seus impactos**. Documento 232, EMBRAPA, p.09-11, 2019.
- JACQUES, S. M.C. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Artmed Editora, 2009.
- JORGE, L.A.C.; GONÇALVES, D.S.; OYAMA, P.I.C.; FERREIRA, M.D. **Uso de Sistemas de Imagem para Classificação de Frutas e Hortaliças**. Em: Tecnologias Pós-Colheita em Frutas e Hortaliças. São Carlos-SP: Embrapa Instrumentação, p.127 - 153, 2011.
- PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006.
- RODRIGUES, J.C.; LAVOIER FILHO, J.M.; JORGE, L.A.C. Análise de qualidade de frutas por imagens multiespectrais. **Revista Científica Eletrônica UNISEB**, Ribeirão Preto, v.1, n.1, p.91-110, 2013.
- TEZUKA, E. S.; **Um Modelo de visão computacional para identificação do estágio de maturação e injúrias no pós-colheita de bananas**. p. 156-165. UFSCar, 2009.