

USO DE ÍNDICES ESPECTRAIS PARA AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO DE TOMATES

THAÍSA B. BELLO¹, THAINARA R. DA SILVA², ANDERSON G. COSTA³, JULIANA L. PAES⁴

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica – RJ, (21) 2681.4611, thaisabochatb@hotmail.com.

² Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

³ Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

⁴ Engenheira Agrícola, Prof. Doutora, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A utilização de imagens digitais vem ganhando destaque como alternativas ao método de inspeção e seleção visual de frutos, tubérculos e vegetais. Índices espectrais podem realçar a resposta espectral de frutos facilitando a correlação com parâmetros de qualidade. O objetivo deste trabalho foi utilizar índices espectrais obtidos a partir de imagens RGB para distinguir frutos de tomates em diferentes estádios de maturação. A aquisição das imagens de cada fruto de tomate foi realizada por uma câmera CCD com capacidade de captura na região espectral do visível. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado sendo 3 tratamentos (imáturos, colorido e maduro), com 50 repetições. Quatro índices espectrais foram calculados a partir das imagens RGB: relação simples vermelho-verde; relação de pigmento; diferença normalizada verde-vermelho; e excesso de verde normalizado. A partir da comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey conclui-se que os quatro índices espectrais foram capazes de diferenciar o estágio de maturação dos tomates a 1% de significância, demonstrando que estes índices podem ser utilizados como parâmetro de entrada para sistemas automatizados de visão artificial que tenham como objetivo a seleção de frutos de tomate em função da maturação.

PALAVRAS-CHAVE: Imagens digitais, qualidade de frutos, cor.

USE OF SPECTRAL INDICES FOR EVALUATION OF TOMATO MATURATION

ABSTRACT: The use of digital images has been highlighted as an alternative to the method of visual inspection and selection of fruits, tubers and vegetables. Spectral indices can emphasize the spectral response of fruits facilitating the correlation with quality parameters. The objective of this study was to use spectral indices obtained from RGB images to distinguish tomato fruits at different maturation stages. The acquisition of the images of each tomato fruits was done by a CCD camera with capture capability in the visible spectral region. The experiment was carried out in a completely randomized design using 3 treatments (immature, colored and mature) with 50 replications. Four spectral indices were calculated from the RGB images: simple red-green relation; pigment ratio; normalized difference green-red; and normalized excess of green. Comparing the means of the treatments by the Tukey test, it was concluded that the four spectral indices were able to differentiate the stage of maturation of tomatoes at 1% of significance. It demonstrates that these indices can be used as input parameters for automated artificial vision systems that aim to select tomato fruits in function of their maturation.

KEYWORDS: Digital images, fruit quality, color.

INTRODUÇÃO: Apesar do avanço tecnológico, a seleção de produtos agrícolas ainda é praticada em sua maior parte de forma visual e manual. No entanto, segundo JORGE et. al., (2011) a crescente

demanda e exigência de instituições de proteção ao consumidor quanto à qualidade de produtos alimentícios, tem levado ao aumento do desenvolvimento de máquinas seletoras. Sistemas baseados na utilização de técnicas de visão computacional vêm se destacando pela eficiência apresentada na extração e quantificação de modo não destrutivo das características relacionadas à qualidade e controle dos frutos (RODRIGUES et al., 2013). Quando aplicados na pós-colheita, permitem reduzir a subjetividade das análises ao eliminar o erro humano, conferindo rapidez e maior eficiência ao processo de seleção dos frutos. Os índices espectrais são resultado de operações matemáticas entre valores numéricos de pixels das bandas de uma imagem. A correlação das características colorimétricas com atributos fisiológicos e a mensuração parâmetros físicos dos frutos por meio de imagens digitais podem ser usadas como alternativa para definir a qualidade de frutos (ZABOROWICZ et al., 2017). Desta forma, a cor pode ser considerada como uma característica de extrema importância na determinação da qualidade de frutos e quando utilizada como parâmetros de entrada em sistemas automatizados em um sistema de inspeção automatizado pode permitir a tomada de decisão entre os produtos (MATHEW et al., 2013). Desta forma, objetivou-se com esse trabalho distinguir tomates de mesa em três diferentes estádios de maturação a partir dos índices espectrais obtidos de imagens digitais RGB e verificar a possibilidade da utilização desses índices como parâmetro de entrada em sistemas automatizados de visão artificial a fim de selecionar os frutos.

MATERIAL E MÉTODOS: Para a realização do experimento, foram adquiridos 150 tomates no varejo, sendo 50 frutos maduros, 50 frutos pintados e 50 frutos imaturos, selecionados a partir da inspeção visual, com base na classificação estabelecida pelo Centro de Qualidade em Horticultura (CEAGESP, 2006). Foram avaliados os valores de vermelho, verde e azul das imagens digitais de cada tomate, em cada estágio de maturação. A obtenção das imagens digitais foi realizada por meio de uma câmera digital CCD, com capacidade de aquisição na região espectral do visível (Figura 1). A câmera digital foi configurada com Zoom Máximo de 3x, White Balance no automático e ISO no automático. Para a aquisição das imagens digitais, foi utilizado um estúdio de fotografia para pequenos objetos, no qual cada tomate foi posicionado a uma altura de 0,100 m da base do estúdio. A câmera digital foi posicionada em um tripé, com altura de 0,170 m e a uma distância de 0,225 m do tomate. Não houve alteração na conformação do esquema durante a aquisição de todas as imagens.

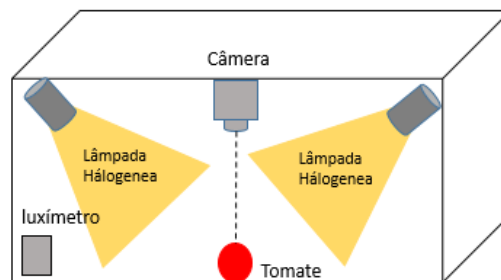


FIGURA 1. Disposição para aquisição das imagens por meio da câmera digital.

As imagens foram obtidas no sistema de cores aditivas RGB e armazenadas em formato JPEG. A partir disso, foi efetuado um processo de segmentação da imagem, para a eliminação do fundo, realçando apenas o tomate. Utilizou-se o filtro Gaussiano para eliminação de ruídos. O limiar para a separação do fundo da imagem e do tomate foi obtido pelo método de Otsu, que binariza a imagem atribuindo apenas um entre dois valores possíveis para cada pixel, branco ou preto. A imagem final foi resultado da operação de adição entre a imagem filtrada e a imagem binarizada. Após o processamento das imagens, foi obtido o nível de intensidade médio da banda vermelha, verde e azul das imagens RGB por meio do software livre ImageJ.

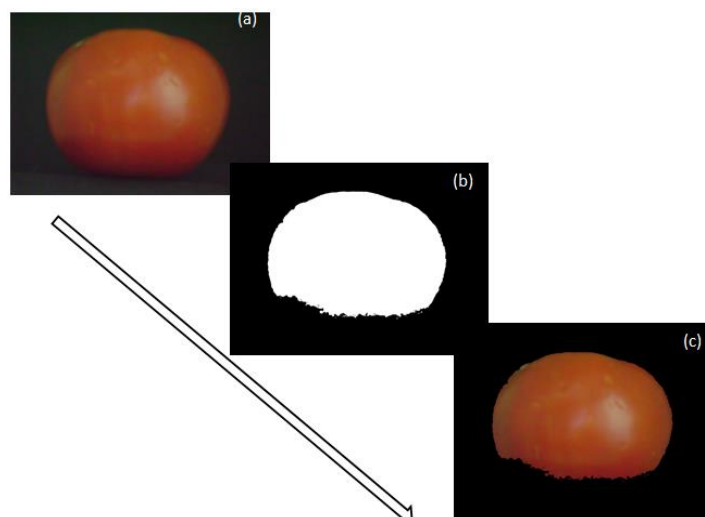


FIGURA 2. Processamento das imagens: imagem original após a implementação do filtro gaussiano (a); imagem binarizada (b) e imagem final (c).

A partir do nível de intensidade média das bandas RGB, foram calculados quatro índices espectrais para cada imagem (Equação 1, Equação 2, Equação 3 e Equação 4) , sendo estes: relação simples vermelho-verde (GR), relação de pigmento da planta (PPR), diferença normalizada verde-vermelho (NDGRI) e excesso de verde normalizado (Evd). Para análise da variância de cada índice espectral foram considerados 3 tratamentos (maduro, pintado e imaturo) e 50 repetições, dispostos em um delineamento inteiramente casualizado. A comparação entre as médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

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

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

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

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

Em que,

R - nível de intensidade da banda vermelha;

G - nível de intensidade da banda verde;

B - nível de intensidade da banda azul.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Ao analisar a comparação das médias dos índices espectrais em cada estágio de maturação (Tabela 1), foi possível observar que os quatro índices avaliados permitem a distinção da maturação dos frutos. Estes resultados permitirão o desenvolvimento de classificadores tendo como características de entradas os índices espectrais que poderão ser aplicados em sistemas de seleção de frutos de tomates, auxiliando na colheita e na inspeção de controle de qualidade.

TABELA 1. Comparação entre as médias dos tratamentos para cada índice espectral.

	Imaturo	Pintado	Maturo
Relação simples vermelho-verde	1,077 a	0,639 b	0,468 c
Relação de pigmento	0,458 a	0,274 b	0,090 c
Diferença normalizada verde-vermelho	0,036 a	-0,222 b	-0,364 c
Excesso de verde normalizado	0,303 a	-0,045 b	-0,246 c

Letras diferentes na linha se diferem estatisticamente a um nível de 0,05 de significância pelo teste de Tukey.

A aplicação das imagens RGB na análise de maturação de frutos vem apresentando resultados expressivos em diversas pesquisas (WU e SUN, 2013). De acordo com RODRIGUES et al. (2013) imagens obtidas na faixa do espectro eletromagnético do infravermelho próximo em conjunto com as bandas R e G possibilitam a caracterização de atributos fisiológicos de frutos como, por exemplo, o teor de água, o que torna possível a mensuração do grau de maturação. Nesta mesma linha, TEKUZA (2009), utilizou um sistema de visão artificial, para classificar bananas em diferentes níveis de maturação utilizando a cor com atributo de variação. Este classificador obteve um índice de 100% de acerto na classificação dos frutos de bananas conforme as normas estabelecidas por órgãos de controle de qualidade, o que demonstra a aplicabilidade do uso de imagens digitais na avaliação da qualidade de frutos.

CONCLUSÕES: A partir da comparação entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey, conclui-se que os quatro índices espectrais utilizados foram capazes de diferenciar o estágio de maturação dos tomates imaturos, pintados e maduros. Estes resultados possibilitarão a utilização destes índices como característica de entrada aplicada em sistemas de seleção automatizados de frutos de tomates.

REFERÊNCIAS

- CEAGESP – Centro de qualidade em horticultura (2006). **Classificação do tomate**. ABH. São Paulo.
- 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, 2011.127 - 153p.
- MATHEW, G.; GEORGE, J.; JAYA, J.; JANARDHANA, S.; SABAREESAN, K. J. Quality Analysis of food products through computer aided visual inspection: A review. **In Current Trends in Engineering and Technology (ICCTET)**, 2013. IIEEE. 105-109p., 2013.
- 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. (2009). **Um modelo de visão computacional para identificação do estágio de maturação e injúrias no pós-colheita de bananas (*Musa sapientum*)**. 2009. 165 p. (Dissertação). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia; Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.
- WU, D.; SUN, D.W. Colour measurements by computer vision for food quality control—A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2013.
- ZABOROWICZ, M., BONIECKI, P., KOSZELA, K., PRZYBYLAK, A., PRZYBYŁ, J. Application of neural image analysis in evaluating the quality of greenhouse tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 222-229, 2017