

## CLASSIFICAÇÃO DE FRUTOS DE TOMATES EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO POR MEIO DAS VARIÁVEIS COLORIMÉTRICAS

THAÍSA BOCHAT BELLO<sup>1</sup>, ANDERSON GOMIDE COSTA<sup>2</sup>, THAINARA REBELO DA SILVA<sup>3</sup>, JULIANA LOBO PAES<sup>4</sup>, MARCUS VINICIUS MORAIS DE OLIVEIRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduada, UFRRJ, (21) 988763553, [thaisabochatb@hotmail.com](mailto:thaisabochatb@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutor Professor, UFRRJ, (31)93858778, [acosta@ufrj.com](mailto:acosta@ufrj.com)

<sup>3</sup> Graduada, UFRRJ, (21) 970113068, [thainararebelo3@gmail.com](mailto:thainararebelo3@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutora Professora, UFRRJ, (21)96965-7221, [juliana.lobop@yahoo.com.br](mailto:juliana.lobop@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Doutor Professor, UFRRJ, (21) 99698-4502, [marcusoliveira@ufrj.br](mailto:marcusoliveira@ufrj.br)

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** Sistemas de visão artificial auxiliam na seleção e classificação de frutos de forma mais ágil e precisa, quando comparado com os processos manuais ou mecânicos. Diante disso, objetivou-se com este trabalho analisar as variáveis espectrais RGB de frutos de tomate em diferentes estádios de maturação e agrupá-los utilizando análise de componentes principais associado ao algoritmo k-means. O experimento foi realizado a partir de 150 frutos selecionados por inspeção visual e divididos em três grupos de acordo com o estágio de maturação (imaturo, colorido e maduro). A aquisição das imagens dos frutos de tomate foi realizada por uma câmera CCD com captura na região espectral do visível. Após o processamento das imagens foi mensurado o nível de intensidade média das bandas RGB. A análise de componentes principais e o algoritmo k-means foram aplicados para realizar o agrupamento não supervisionados dos frutos em função das variáveis espectrais. O agrupamento apresentou um índice de pureza de 0,72 agrupando em uma mesma classe 96,00% dos frutos verdes, 60,00% dos frutos coloridos e 60% dos frutos maduros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelos de cor; visão artificial de máquinas; k-means

## CLASSIFICATION OF TOMATO FRUITS IN DIFFERENT MATURATION STAGES THROUGH COLORIMETRIC VARIABLES

**ABSTRACT:** Artificial vision systems assist in the selection and fruit classification more quickly and accurately, compared with the manual or mechanical processes. The objective of this research was to analyze the RGB spectral variables of tomato fruits at different maturation stages and to group them using principal component analysis associated to the k-means algorithm. The experiment was carried out from 150 fruits selected by visual inspection and divided into three groups according to maturation stage (immature, colored and mature). Image acquisition of the tomato fruit was performed by a CCD camera to capture the spectral region of the visible. After the image processing, the average intensity level of the RGB bands was measured. Principals component analysis and the k-means algorithm were applied to perform the unsupervised grouping of fruits according to the spectral variables. The group presented a purity index of 0.72, grouping 96.00% of the green fruits, 60.00% of the colored fruits and 60% of the mature fruits in the same class.

**KEYWORDS:** Color models; machine vision; discriminant analysis.

**INTRODUÇÃO:** A demanda crescente por alimentos em condições mais desejáveis por parte do consumidor vem exigindo da indústria e de órgãos de fiscalização um controle mais rigoroso dos padrões de qualidade. KADER (2002) relata que como o consumidor não tem acesso à visualização do interior do fruto, a cor e da textura dos alimentos são principais parâmetros de análise que irão determinar a compra do produto. Instrumentos que possam quantificar a percepção sensorial e mensurar parâmetros de atributos fisiológico ligados a qualidade vem sendo testados na seleção e classificação de produtos agrícolas em geral. Neste contexto, sistemas baseados na utilização de visão computação vêm se destacando pela eficiência apresentada na extração e quantificação de modo não destrutivo das características relacionadas à qualidade e controle dos frutos (BHARGAVA & BANSAL, 2018). No caso do tomate, a cor é o atributo de qualidade mais atrativo, estando relacionada à aparência, teor de açúcar, acidez, pH, textura, sabor e suculência (FERREIRA et al., 2010). Para que esses critérios de qualidade sejam atingidos, é desejável que o tomate seja classificado antes de ser submetido à venda. A classificação de tomates no Brasil é realizada de acordo com o Centro de Qualidade em Horticultura da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo levando dentre outros fatores a cor associada ao estágio de maturação (CEAGESP, 2003). Assim, o objetivo deste trabalho analisar as variáveis espectrais RGB de frutos de tomate em diferentes estádios de maturação e agrupá-los utilizando análise de componentes principais associado ao algoritmo k-means.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para a realização do experimento foram utilizados 150 tomates do tipo Caqui obtidos em unidades de comércio de alimentos no varejo do município de Seropédica-RJ. Os frutos foram selecionados a partir da inspeção visual da cor e classificados, a partir dos parâmetros definidos pela CEAGESP (2003), em três estádios de maturação (Figura 1): imaturos (verdes), coloridos (tomate laranja-avermelhado) e maduros (tomate com predominância da cor vermelha).

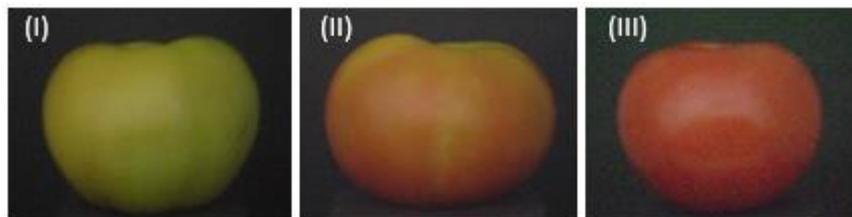


FIGURA 1. Estádios de maturação dos frutos de tomate: (I) imaturo, (II) colorido e (III) maduro

As imagens de cada fruto foram obtidas por meio de uma câmera digital da marca Cannon S110 com capacidade de aquisição na região do espectro visível. As imagens foram obtidas no sistema de cores aditivas RGB. Foi utilizado um estúdio de fotografia para pequenos objetos onde cada tomate foi posicionado a uma altura de 0,10 m da base do estúdio. A luminosidade era fornecida por uma lâmpada de led de 100 W no interior do mesmo. A câmera digital foi posicionada em um tripé com altura de 0,170 m a uma distância de 0,23 m do tomate, estando configurada com zoom máximo de 3x, white balance e ISO no automático. Esta configuração permaneceu inalterada durante todo experimento com o intuito de padronizar as características de aquisição das imagens. Na sequência, foi realizado o processo de segmentação das imagens para remoção do fundo e realce dos frutos de tomate. O limiar para a separação do fundo da imagem e do tomate foi obtido pelo método de Otsu, o qual binarizou a imagem. Utilizando operador lógico de união, uniu-se a imagem original, com a imagem binarizada resultando na imagem final, onde apenas a região dos frutos foi

evidenciada. As espectrais variáveis das características espectrais (R, G, B, RGB médio) foram submetidas a de análise de componentes principais no software Past versão 3.14, sendo avaliado a porcentagem explicativa de cada componente e a correlação entre variáveis espectrais e componentes principais. Os scores gerados para cada fruto pela CP1 e CP2 foram utilizados para análise da dispersão dos em um espaço bidimensional, o qual possibilitou o agrupamento dos por meio do algoritmo k-means nas classes imaturo, colorido e maduro. A qualidade de cada agrupamento foi mensurada pelo índice de pureza de acordo com a Equação 1.

$$Exatidão\ global = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

$\sum_{i=1}^M n_{ii}$  = somatório dos pontos corretamente classificados dentro de cada classe;

N = número total de pontos contemplados na matriz;

M = número de categorias na classificação.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Tabela 1 fornece a porcentagem de variância explicada para cada componente principal. Segundo Ferreira (2008), o número de componentes principais necessárias para explicar a variabilidade dos dados deve ser correspondente a uma porcentagem acumulada superior a 70%. Desta forma, uma vez que as duas primeiras componentes principais apresentaram porcentagem acumulativa maior que 70%, elas foram selecionadas para a análise de agrupamento.

TABELA 1. Porcentagem de explicação da variância dos atributos de qualidade dos tomates pela primeira componente principal (PC1), segunda componente principal (PC2) e porcentagem acumulada (PCac).

	PC 1 (%)	PC 2 (%)	PC3 (%)	PC4(%)
ACP_RGB	68,99	28,02	02,98	00,01

\*PCAac maior que 70%

A banda vermelha, cor característica dos tomates maduros, apresentou um alto índice de correlação com a PC1 (Tabela 2) que, por sua vez, é a componente com maior poder explicativo (68,99%). Este fato demonstra que esta variável colorimétrica é a mais relevante na explicação da variação da maturação. Podemos destacar também a banda verde que, apesar de apresentar maior correlação com a PC2, se apresenta como única variável influente nesta componente, sendo, portanto, o poder explicativo de 28,02% predominantemente associado a esta cor.

TABELA 2. Correlação entre as componentes principais (PC) e as variáveis colorimétricas

PC's	R	G	B	RGB médio
PC 1	0,89	0,39	0,93	0,97
PC 2	-0,40	0,92	-0,25	0,23

A partir da dispersão dos scores de cada fruto em função dos dois primeiros componentes (Figura 2), verificou-se que os frutos de um mesmo estágio de maturação se concentraram em

regiões específicas no plano bidimensional. Além disso, observou-se que o agrupamento das amostras referentes aos tomates imaturos recebeu alta influência do atributo G, enquanto os tomates maduros foram mais influenciados pelos atributos R e B. Ao analisar o agrupamento dos frutos em 3 classes associadas ao estágio de maturação obtido pelo algoritmo *K-means* (Tabela 3), observou-se que o grupo 1 foi formado predominantemente por tomates maduros, enquanto no grupo 2 predominaram os frutos coloridos e no grupo 3 os imaturos. O índice de pureza para o agrupamento gerado foi de 0,72.

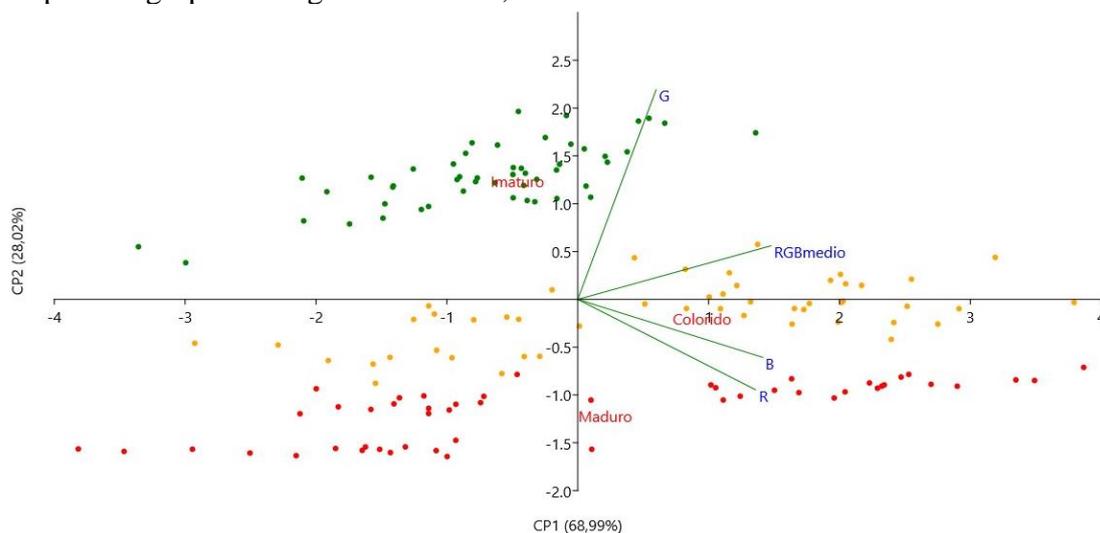


FIGURA 2. Dispersão dos scores dos frutos de tomates na primeira e segunda componente principal (PC1 e PC2).

Tabela 3. Resultado do agrupamento *K-means* com 3 classes definidas

		Imaturo	Colorido	Maduro
APC RGB	Grupo 1	2	18	30
	Grupo 2	0	30	20
	Grupo 3	48	2	0

**CONCLUSÕES:** O agrupamento gerado pela classificação dos frutos de tomate em função das características colorimétricas a partir das variáveis colorimétricas RGB apresentou um índice de pureza de 0,72 demonstrando que o uso de sistemas ópticos é ferramenta alternativa aos métodos tradicionais para classificação, padronização e seleção de frutos de forma automatizada, rápida e sem necessidade de destruição das amostras utilizadas.

## REFERÊNCIAS

- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Normas para classificação de tomates. **Documento, 26**. São Paulo: CEAGESP, 2003. 2p.
- KADER, A.A. Postharvest Technology of Horticultural Crops., Regents of the University of California, **Division of Agricultural and Natural Resources**, Oakland CA, 2002, pp. 39-47.
- BHARGAVA, Anuja; BANSAL, Atul. Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A Review. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, 2018. 1-15p.
- FERREIRA, D. Estatística multivariada. Editora UFLA. Lavras, 2008. 662p.
- FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARLKE, E. N. L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 858-864, 2010.