

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS COLORIMÉTRICAS DO TOMATE EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

ALEXANDER CARVALHO RAMOS ¹, JADE ASSUMPCÃO SANTOS SIGNORELLI ², JOÃO CÉLIO LUNA DE CARVALHO ³, ANDERSON GOMIDE COSTA ⁴

¹ Eng. Agrícola e Ambiental

² Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia / Instituto de Tecnologia UFRRJ - RJ.

³ Eng. Agrícola e Ambiental, Mestrando, Depto. de Engenharia / Instituto de Tecnologia UFRRJ - RJ.

⁴ Eng. Agrícola e Ambiental, Prof. Dr., Depto. de Engenharia / Instituto de Tecnologia UFRRJ - RJ.

Apresentado no
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

RESUMO: O tomate é um alimento amplamente consumido no Brasil, uma das culturas de maior importância econômica no Brasil. O tomateiro é uma planta que requer uma atenção especial dos produtores para garantir a colheita no momento adequado, aliado a isso, temos que a utilização de imagens na agricultura tem se tornado cada vez mais comum ao longo dos anos. Assim, o objetivo do estudo foi avaliar as características colorimétricas do tomate em quatro estádios de maturação, usando imagens digitais. Para a pesquisa foram utilizados 20 tomates verdes, 20 verdes-alaranjados, 20 alaranjados-vermelhos e 20 vermelhos, o estudo foi realizado usando modelos de cor RGB e CMY em imagens digitais e dados físicos como peso e firmeza dos frutos. O Teste de Tukey foi utilizado como análise estatística para comparação entre as médias dos tratamentos. As características verde e ciano possibilitaram a distinção dos quatro estádios de maturação, e apresentaram as maiores correlações positivas com a firmeza, enquanto o vermelho teve a maior correlação negativa. Não foi encontrada relação entre peso e características de cor. O modelo RGB foi mais o adequado para a distinção da maturação, uma vez que o verde e vermelho foram as cores predominantes neste processo.

PALAVRAS-CHAVE: modelo de cor RBG; modelo de cor CMY; pós colheita.

ANALYSIS OF THE COLORIMETRIC CHARACTERISTICS OF TOMATOES AT DIFFERENT RIPENING STAGES

ABSTRACT: Tomatoes are widely consumed in Brazil and are one of the most economically important crops in the country. The tomato plant requires special attention from producers to ensure that it is harvested at the right time. In addition, the use of images in agriculture has become increasingly common over the years. The aim of this study was to evaluate the colorimetric characteristics of tomatoes at four stages of ripeness using digital images. For the research, 20 green, 20 orange-green, 20 orange-red and 20 red tomatoes were used. The study was carried out using RGB and CMY color models in digital images and physical data such as fruit weight and firmness. The Tukey test was used as a statistical analysis to compare the means of the treatments. The green and cyan characteristics made it possible to distinguish the four stages of ripeness, and showed the highest positive correlations with firmness, while red

had the highest negative correlation. No relationship was found between weight and color characteristics. The RGB model was more suitable for distinguishing ripeness, since green and red were the predominant colors in this process.

KEYWORDS: RGB color model; CMY color model; post-harvest.

INTRODUÇÃO: O tomateiro é uma planta que possui crescimento indeterminado, florescimento e a frutificação são contínuos, resultando na presença de tomates em diferentes estádios de maturação ao mesmo tempo, dificultando a determinação da época exata da maturidade fisiológica das sementes e o momento ideal para a colheita (DIAS et al., 2006). Estudos como o de Santos (2020) mostram a importância de identificar o período ideal de colheita para manter a qualidade dos frutos, segundo Guedes (2014) o uso de análise de imagens tem crescido para essa finalidade devido à facilidade de coleta de dados, aumento da qualidade e à redução de custos. Segundo Bischoff et al. (2012), a utilização da leitura dos parâmetros RGB se mostrou eficiente na manutenção da cor dos tomates após a colheita. É fundamental promover mais estudos relacionados ao tomate para desenvolver e aprimorar tecnologias e métodos que possam potencializar sua produção e reduzir a perda de seus compostos, assim o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas do tomate, após a colheita, em diferentes estádios de maturação correlacionando com as características colorimétricas obtidas por modelos de cor RGB e CMY em imagens digitais.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento utilizou tomates do cultivar *Solanum lycopersicum L.*, cultivados em estufa e colhidos manualmente após 85 dias em Paty de Alferes/RJ. Foram selecionados 20 tomates verdes, 20 verdes alaranjados, 20 alaranjados-vermelhos e 20 vermelhos, totalizando 80 tomates, classificados pela cor relacionada ao estágio de maturação e pesados separadamente em uma balança semi-analítica digital (AD2000). A firmeza foi medida com um penetrômetro digital (Instrutherm PTR-300), com 10 amostras de cada estágio de maturação e duas repetições em cada amostra. Durante a aquisição das imagens, as lâmpadas halógenas foram posicionadas a 0,84m acima da bancada, enquanto a câmera Canon Powershot G9 X RGB foi posicionada a 0,17m acima dos frutos, sobre um fundo branco na bancada, o tripé foi posicionado a 0,69m de altura do chão. As imagens foram obtidas no modelo de cor RGB, utilizando o programa de computador ImageJ, e depois convertidas para o modelo CMY. Por meio do modelo RGB, foi possível avaliar os valores de vermelho, verde e azul, enquanto pelo sistema CMY foram avaliados os valores de ciano, magenta e amarelo. Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva das variáveis. Foram avaliadas as medidas de tendência central Média e Mediana, assim como as medidas de dispersão Amplitude e Variância. Além disso, foi calculado e classificado o Coeficiente de Variação (CV) para comparar a variabilidade das distribuições, segundo observado em Falco (2008). Foi calculado também o coeficiente de assimetria de Pearson, para comparação entre as medidas de duas distribuições e o coeficiente de curtose para verificar o grau de achatamento da distribuição em relação a uma curva normal, Segundo Petrucci e Oliveira (2017). A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk W e a comparação entre as médias por meio do Teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de significância. O coeficiente de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre a firmeza e as características colorimétricas, sendo classificado conforme GARCIA e GOMES (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Observou-se que a média dos parâmetros R, M e Y possuem valores mais expressivos quando comparados com os outros parâmetros, pois o vermelho é a cor típica do tomate, e os valores de magenta e amarelo são gerados a partir do vermelho. Além disso, percebe-se que, de modo geral, os valores da mediana estão próximos da média, mostrando uma baixa distorção. Os parâmetros C e G apresentam as maiores amplitudes e variâncias, pois o verde é mais predominante em estádios de menor maturação e menos predominante em estádios de maior maturação, justificando também a alta dispersão no CV.

TABELA 4. Análise descritiva das características colorimétricas

| | Média | Mediana | Amplitude | Variância | Coefficiente de Variação | Coefficiente de Assimetria | Coefficiente de Curtose |
|---|--------|---------|-----------|-----------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| R | 128,38 | 137 | 80 | 566,86 | 18,54 | -0,42 | -1,23 |
| G | 47,27 | 37,5 | 92 | 764,67 | 58,49 | 0,52 | -1,14 |
| B | 10,35 | 8 | 21 | 33,50 | 55,92 | 1,08 | -0,28 |
| C | 57,62 | 42 | 108 | 1063,28 | 56,59 | 0,70 | -0,96 |
| M | 138,66 | 142,5 | 68 | 400,27 | 14,43 | -0,29 | -1,26 |
| Y | 175,66 | 175 | 80 | 200,34 | 8,06 | 0,53 | 0,90 |

Observando a AS, percebe-se que o Azul possui uma AS elevada, enquanto os outros parâmetros possuem uma AS moderada. É notável que o coeficiente de curtose da cor amarela é classificado como platicúrtica, elementos bem distribuídos, enquanto as outras cores são classificadas como leptocúrticas, elementos concentrados na região central. Após a análise descritiva, foi realizado um teste de Tukey de características físicas, a firmeza dos frutos alaranjados-vermelhos e vermelhos foram consideradas estatisticamente iguais. Quanto ao peso, o alaranjado-vermelho diferiu dos demais.

TABELA 5. Teste de Tukey de características físicas

| | Verde | Verde-alaranjado | Alaranjado-vermelho | Vermelho |
|-------------|---------|------------------|---------------------|----------|
| Firmeza (N) | 19,00 a | 20,00 b | 22,00 c | 25,00 c |
| Peso (g) | 89,50 a | 85,52 a | 113,27 b | 82,94 a |

Letras diferentes nas linhas, remetem a diferença significativa a um nível de 5% entre as médias dos tratamentos pelo Teste de Tukey.

Todas as características colorimétricas, com exceção do Y, apresentam normalidade significativa. O modelo RGB, observa-se que o parâmetro R apresentou semelhança estatística entre o Alaranjado-vermelho e Vermelho e os parâmetros G e B apresentaram diferenças estatísticas entre todos os estádios. No modelo CMY, o parâmetro C distingue-se em todos os estádios, o M possui semelhança estatística para alaranjado-vermelho e vermelho e o parâmetro Y apresenta semelhanças para vermelho e verde-alaranjado, verde e alaranjado-vermelho e entre verde-alaranjado e alaranjado vermelho. Resumindo, mostraram comportamentos esperados.

TABELA 6. Teste Tukey das características colorimétricas

| | Verde | Verde-alaranjado | Alaranjado-vermelho | Vermelho | Normalidade |
|---|----------|------------------|---------------------|----------|---------------------|
| R | 97,10 a | 118,55 b | 150,70 c | 147,20 c | 0,910 * |
| G | 88,25 d | 53,80 c | 28,60 b | 18,45 a | 0,894 * |
| B | 19,75 c | 7,50 b | 5,75 a | 8,40 b | 0,810 * |
| C | 107,95 d | 61,35 c | 34,35 b | 26,85 a | 0,862 * |
| M | 116,65 a | 125,95 b | 156,45 c | 155,60 c | 0,929 * |
| Y | 185,40 c | 172,30 a b | 179,30 b c | 165,65 a | 0,971 ^{ns} |

Letras diferentes nas linhas, remetem a diferença significativa a um nível de 5% entre as médias dos tratamentos pelo Teste de Tukey.

*Normalidade significativa a um nível de 5% pelo Teste de Shapiro-Wilk W; ^{NS} Normalidade significativa a um nível de 5% pelo Teste de Shapiro-Wilk W.

Os parâmetros G, B e C apresentaram as maiores correlações positivas com a firmeza, indicando que quanto maior a presença das cores verde, azul e ciano, maior será a firmeza do tomate. Por outro lado, o atributo peso apresentou uma fraca correlação com todas as características colorimétricas.

TABELA 7. Correlação de Pearson entre características físicas e colorimétricas.

| | R | G | B | C | M | Y |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Firmeza (N) | -0,80832 | 0,883484 | 0,797997 | 0,890389 | -0,73344 | 0,367161 |
| Peso (g) | 0,306766 | -0,07796 | -0,2222 | -0,10467 | 0,301436 | 0,364812 |

CONCLUSÕES: O parâmetro C apresentou maior variância e amplitude. No Teste de Tukey, foi observado que a firmeza dos frutos foi semelhante nos estádios Alaranjado-Vermelho e Vermelho, e distinta em estádios menos maduros. O peso não apresentou diferenças significativas entre os estádios. Em relação às características colorimétricas, o Teste de Tukey mostrou uma clara distinção entre os quatro estádios de maturação no parâmetro G (verde) e, conseqüentemente, no parâmetro C. O parâmetro R apresentou semelhança estatística nos estádios vermelho e vermelho alaranjado, refletindo isso no parâmetro M. O modelo RGB parece ser mais adequado para a cultura do tomate do que o modelo CMY, uma vez que vermelho e verde são as cores predominantes durante a maturação da cultura, e parâmetros como o Y, resultante da combinação de verde com vermelho, acabam perdendo informações relevantes. Na análise de correlação de Pearson entre a firmeza e as características colorimétricas, foi observada uma alta correlação entre praticamente todos os parâmetros dos modelos RGB e CMY, exceto para o amarelo. Na análise do peso dos frutos com as características colorimétricas, não sendo possível relacionar a cor com o peso do fruto.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao CAPES e a FAPERJ pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS: BISCHOFF, T. Z. et al. Qualidade e aparência do tomate embalado com biofilme comestível e filme de pvc. *Revista Cultivando o Saber*, v. 5, n. 4, p. 1-7, 2012.
DIAS, D. C. F. S. et al. Maturação de sementes de tomate em função da ordem de frutificação na planta. *Revista Ceres*, v. 53, n. 308, p. 446-456, 2006.
FALCO, J. G. Estatística aplicada. Cuiabá: EdUFMT, 2008.
GARCIA, B. B. M.; GOMES, C. F. S. As variáveis econômicas no Brasil e o PIB: uma análise em períodos de crises financeiras através da correlação de Pearson. *Engevista*, v. 19, n. 5, p. 1466-1484, 2017.
GUEDES, S. T. C. M. Processo automático para determinação de grau de infestação de mancha bacteriana em plantações de tomate industrial. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Brasília, p. 56, 2014.
PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. A. Coeficientes de assimetria e curtose nos dados de vazão média mensal da bacia do Rio Preto-BA. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, v. 1, p. 158-170, 2017.
SANTOS, M. H. D. Qualidade dos frutos do híbrido de tomate para processamento industrial H9992 em diferentes períodos de colheita. TCC (Curso de Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Morrinhos, p. 28, 2020.