

## Medição de frutos de pimentão por imagens digitais usando o software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup>





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Hortaliças  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
250**

**Medição de frutos de pimentão por imagens  
digitais usando o software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup>**

*Raphael Augusto de Castro e Melo*

*Lucimeire Pilon*

*Bruna Sousa Bitencourt*

*Jaqueline Souza Guedes*

*Antônio Williams Moita*

Exemplares desta publicação  
podem ser adquiridos na

**Embrapa Hortaliças**

Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9  
Caixa Postal 218  
Brasília-DF  
CEP 70.275-970  
Fone: (61) 3385.9000  
Fax: (61) 3556.5744  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Hortaliças

Presidente

*Henrique Martins Gianvecchio Carvalho*

Editora Técnica

*Flávia M. V. Clemente*

Secretária

*Clidineia Inez do Nascimento*

Membros

*Geovani Bernardo Amaro*

*Lucimeire Pilon*

*Raphael Augusto de Castro e Melo*

*Carlos Alberto Lopes*

*Marçal Henrique Amici Jorge*

*Alexandre Augusto de Moraes*

*Giovani Olegário da Silva*

*Francisco Herbeth Costa dos Santos*

*Caroline Jácome Costa*

*Iriani Rodrigues Maldonade*

*Francisco Vilela Resende*

*Italo Moraes Rocha Guedes*

Normalização Bibliográfica

*Antonia Veras de Souza*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*André L. Garcia*

Imagem da capa

*Raphael Augusto de Castro e Melo*

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Hortaliças

---

Medição de frutos de pimentão por imagens digitais usando o software *Tomato Analyzer®* / Raphael Augusto de Castro e Melo ... [et al.]. - Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2022.  
20 p. : il. color. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229 ; 250).

1. *Capsicum annum*. 2. Classificação de produto. I. Melo, Raphael Augusto de Castro e. II. Embrapa Hortaliças. III. Série.

CDD 635.643

## Sumário

---

Resumo .....	7
Abstract .....	9
Introdução.....	11
Material e Métodos .....	12
Resultados e Discussão .....	14
Conclusão.....	16
Referências .....	16



# Medição de frutos de pimentão por imagens digitais usando o software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup>

Raphael Augusto de Castro e Melo<sup>1</sup>

Lucimeire Pilon<sup>2</sup>

Bruna Sousa Bitencourt<sup>3</sup>

Jaqueline Souza Guedes<sup>4</sup>

Antônio Williams Moita<sup>5</sup>

**Resumo** – Os frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) são geralmente classificados (classe e subclasse) pelo comprimento e largura, para que sua uniformidade seja garantida. No processo manual usado para a classificação dos frutos, é comum a ocorrência de elevada incidência de danos. Portanto, medidas realizadas por técnicas não destrutivas com uso de imagens digitais têm despertado o interesse da cadeia produtiva e dos pesquisadores. Este estudo comparou a eficácia da análise de imagens digitais usando o software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup> (TA) para medir o comprimento e a largura do pimentão com a análise manual. Para isso, foram realizados diferentes métodos de análise estatística da confiabilidade: (i) coeficiente angular ( $\beta$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ); (ii) coeficiente de correlação de Pearson; (iii) índice de concordância de Willmott; (iv) Índice de Desempenho; (v) Erro absoluto médio (MAE) e (vi) Erro absoluto máximo (MAX). A excelente concordância entre as imagens digitais e as medidas manuais mostrou a avaliação precisa da largura e comprimento do pimentão por meio do software TA, que pode ser, portanto, uma alternativa confiável para classificação de frutos.

**Termos para indexação:** *Capsicum annuum* L., classificação, tamanho, comprimento, largura.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em produção vegetal, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

<sup>2</sup> Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

<sup>3</sup> Engenheira de Alimentos, Mestre em Ciência dos Alimentos. Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), Piracicaba, SP.

<sup>4</sup> Engenheira de Alimentos, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), Piracicaba, SP.

<sup>5</sup> Matemático, Mestre em Estatística e Experimentação Agronômica, pesquisador aposentado da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.



## Sweet pepper fruits measurement by digital images using the *Tomato Analyzer*® software

**Abstract** – Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits are usually graded for sale by size (length and width) to ensure uniformity. However, during manual grading, the incidence of damage is generally high. Therefore, measurements performed by non-destructive techniques using digital images have attracted the interest of the production chain and researchers. This study compared the efficacy of digital images analysis using *Tomato Analyzer*® (TA) software to measure sweet pepper length and width to manual analysis. Different statistical methods were used for the analysis of reliability: (i) Angular coefficient ( $\beta$ ) and the coefficient of determination ( $R^2$ ); (ii) Pearson's correlation coefficient; (iii) Willmott's index of agreement; (iv) Performance Index; (v) Mean absolute error (MAE) and (vi) Maximum absolute error (MAX). The excellent agreement between digital images and manual measurements showed the accurate evaluation of the sweet pepper width and length through the TA software. Therefore, it can be a reliable alternative for fruit grading.

**Index terms:** *Capsicum annuum* L., grade, size, length, width.



## Introdução

---

O Brasil produz pimentão (*Capsicum annuum* L.) numa área total de cerca de 11,2 mil ha com uma produção de 554,9 mil t (Garcia Filho, et al., 2017). No mundo, a área de cultivo dessa hortaliça fruto é de 2,0 milhões de hectares com uma produção de 38,0 milhões de toneladas (Faostat, 2019).

Para garantir o padrão de qualidade, os preços, o fluxo de produção e o abastecimento aos consumidores, os frutos costumam ser classificados por meio de características mensuráveis. As dimensões dos frutos são um dos principais atributos de marketing, além de formato, cor e defeitos. Para classificação do pimentão em São Paulo, o comprimento e a largura são determinados visando especificar a classe e subclasse, que são os principais parâmetros utilizados para garantir a uniformidade dos frutos (São Paulo, 1998).

Dentre as diversas causas atribuídas à elevada incidência de danos físicos em pimentões, o processo manual de classificação dos frutos é predominante (Lana et al., 2006). No Brasil, até o presente momento, não existe uma classificação oficial para o pimentão, além da adesão voluntária baseada em medidas de comprimento e largura e presença de defeitos (São Paulo, 1998), sendo comum observar lotes diferentes (em relação ao tamanho) com a mesma classificação (Lana et al., 2010). Nesse sentido, a substituição do controle de qualidade manual por um processo informatizado pode ser uma excelente alternativa.

Essas medidas também são importantes para a pesquisa científica, a fim de caracterizar germoplasma, genótipos de programas de melhoramento ou para diferenciar os efeitos observados de um tratamento específico para cultivares e técnicas de produção. Apesar da facilidade e simplicidade dos métodos tradicionais usados para medições, eles requerem tempo, força de trabalho e recursos financeiros, e são comumente associados a possíveis erros experimentais por serem realizados manualmente.

Assim, para aumentar a precisão e a rapidez dessas medições, tecnologias baseadas em análise de imagens vêm sendo utilizadas como alternativa devido à maior confiabilidade dos resultados (Cortes et al., 2017; Machado Júnior, 2017). O uso de imagens digitais tem despertado o interesse de

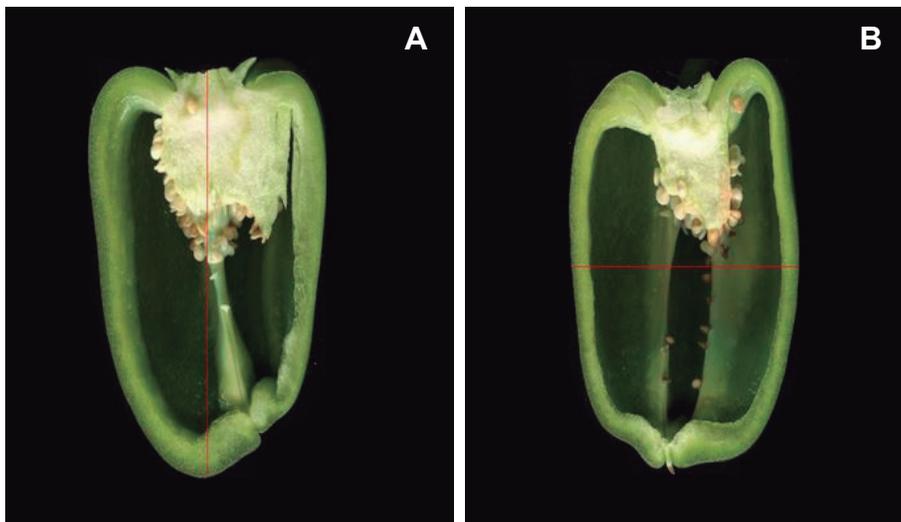
pesquisadores por permitir a determinação dos atributos físicos dos frutos por técnicas não destrutivas (Khojastehnazhand et al., 2009; Machado Júnior, 2017). O software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup> (TA) foi desenvolvido pela Ohio State University e se tornou uma ferramenta chave para a avaliação objetiva e confiável da morfologia e variação de cor dos órgãos das plantas (Rodriguez et al., 2010).

O TA foi aplicado em análises fenotípicas de frutos de várias outras espécies, mostrando que muitos dos algoritmos desenvolvidos para tomate podem ser facilmente aplicados a outras espécies (Brewer et al., 2006). Marcos Filho et al. (2010) demonstraram que o TA tem sensibilidade para avaliar a extensão do crescimento embrionário em cucurbitáceas e sementes de algodão e é uma alternativa promissora para essa avaliação em outras espécies de sementes. Plazas et al. (2013) afirmaram que a grande variação observada e os altos valores de herdabilidade para a maioria dos parâmetros de formato de frutos indicam que as ferramentas de software de análise de imagens como o TA são de grande utilidade para a caracterização fenotípica de germoplasma de berinjela. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da análise de imagens digitais utilizando o software TA para mensurar os principais descritores de classificação do pimentão, que são a largura e o comprimento, em comparação com medições manuais.

## Material e Métodos

---

Em 2018, foi conduzido um experimento em casa de vegetação, na Embrapa Hortaliças (S15°56', W 48° 08', 996 m de altitude), em Brasília, DF, Brasil, onde as mudas de pimentão foram transplantadas em abril e os frutos colhidos em agosto. As plantas foram cultivadas em vasos de 5 dm<sup>3</sup> preenchidos com fibra de coco e fertirrigados de acordo com as recomendações de Charlo (2008). Foram selecionados para avaliação, frutos de pimentão híbrido 'Platero' (Syngenta<sup>®</sup>, Basel, Suíça), com formato retangular alongado, com três a quatro lóculos e cor verde escuro. No laboratório, os frutos foram cortados longitudinalmente (Figura 1) e o comprimento foi determinado pela medida longitudinal e a largura pela medida transversal com paquímetro digital 6" (Zaas Precision, Piracicaba, SP, Brasil).



**Figura 1.** Medições do A) comprimento e B) largura de pimentão híbrido 'Platero' usando o software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup>.

Após a avaliação manual, os frutos foram identificados e digitalizados em scanner Epson<sup>®</sup> V370 Photo (Suwa, Nagano, Japão) (Figura 1). O protocolo de digitalização de frutos de pimentão e subsequente análise semiautomática da morfologia e dos atributos de cor foram realizados pelo software TA, de acordo com recomendações de Rodriguez et al. (2010).

Para avaliar a concordância das imagens digitais com as medidas manuais, foram realizados métodos de análise estatística de confiabilidade no Excel<sup>®</sup>. A amostragem foi composta de 36 frutos (seis frutos com seis repetições). Para avaliar a eficácia do método foram considerados:

(i) Coeficiente angular ( $\beta$ ) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (regressão linear simples com modelo sem interceptação:  $Y = \beta X + e$ , onde  $Y$  é o valor da análise da imagem,  $\beta$  é o coeficiente angular e  $X$  o valor das medições manuais. O valor de  $\beta$  foi verificado pelo teste  $t$ , com  $\alpha \leq 5$ . As hipóteses foram  $H_0: \beta = 1$  e  $H_a: \beta \neq 1$ ) (Machado Júnior, 2017);

(ii) Coeficiente de correlação de Pearson (Hopkins, 2000);

(iii) Índice de concordância de Willmott (Willmott et al., 1985);

- (iv) Índice de desempenho (Camargo; Sentelhas, 1997);
- (v) Erro absoluto médio (MAE);
- (vi) Erro absoluto máximo (MAX).

## Resultados e Discussão

---

Os valores de correlação de Pearson foram de 0,86 entre os comprimentos de pimentão determinados por TA e medidas manuais, e de 0,94 entre as larguras determinadas por esses dois métodos. Esses índices são classificados como quase perfeitos (Hopkins, 2000), o que significa que existe uma associação linear entre esses tipos de medidas, TA e manual (Tabela 1).

Da mesma forma, um índice de 0,99 foi encontrado para os comprimentos e as larguras a partir de medições por TA e manuais, valor também classificado como quase perfeito para o índice de concordância de Willmott (Tabela 1). O valor de 1,0 indica uma combinação perfeita (Willmott et al., 1985). Esses índices de concordância são classificados como muito bons e ótimos de acordo com Camargo e Sentelhas (1997).

Os valores MAE foram 0,78 para o comprimento e 0,33 para a largura. Esses valores indicam que ocorreu uma variação média de 0,78 cm e 0,33 cm. Os valores MAX foram 1,86 para o comprimento e 0,80 para a largura. Uma ligeira superestimação dos caracteres medidos com 1,86 cm e 0,80 cm acima dos valores de comprimento e largura também foi obtida. A anatomia irregular do ombro em um lado do fruto pode ter levado a alguma interpretação errada do comprimento pelo programa. A presença de pedúnculo ou cálice além do comprimento dos frutos também pode causar essas diferenças nas medidas digitais realizadas pelo TA (Figura 2). Para fins de pesquisa, visando caracterizar germoplasma ou frutos de uma determinada cultivar e/ou genótipo, durante a colheita e antes da digitalização, algumas características devem ser examinadas cuidadosamente, tendo em vista selecionar amostras que representem fielmente as características da cultivar e evitar possíveis irregularidades anatômicas. No entanto, esses frutos para fins de comercialização poderiam ser agrupados a outros em um mesmo lote, considerando se tratar de pequenas variações (Figura 2),



**Figura 2.** Anatomia irregular do A) ombro, e B) presença de pedúnculo ou cálice, além do comprimento dos frutos, que podem causar erros de leitura pelo TA.

Todos os índices acima mencionados e a análise de correlação utilizada para este estudo são metodologias padrão, comumente utilizadas em estudos diversos para comparar a similaridade entre procedimentos a fim de estimar a evapotranspiração de culturas (Cunha et al., 2013; Pereira et al. 2018), área foliar de plantas (Adami et al., 2008; Dalmago et al., 2017; Martin et al., 2013;) e, também, morfologia de frutos (Machado Júnior, 2017).

O coeficiente de regressão estimado para os descritores avaliados diferiu significativamente de 1,0 pelo teste  $t$  ( $\alpha \leq 0,05$ ). Embora os valores encontrados para comprimento e largura usando análise de imagem e avaliação manual não tenham seguido a proporção de 1:1, seu coeficiente de determinação indicou forte associação entre as medidas (Tabela 1). As análises de imagens de pimentões para medições de comprimento e largura usando o software TA foram bem-sucedidas. Nesse sentido, a aquisição e avaliação de imagens de frutos para pesquisas podem trazer algumas vantagens em relação às medidas manuais, como possibilitar a análise de lotes de múltiplas amostras

ao mesmo tempo e armazenar os dados morfológicos e de cor para uso posterior. A excelente concordância para imagens digitais de pimentão e medidas manuais mostram a precisão da avaliação usando o software TA.

**Tabela 1.** Valores de medição de comprimento e largura para os frutos de pimentão obtidos por diferentes métodos estatísticos.

Descritores	Coefficiente de determinação	Correlação de Pearson	Índice de concordância	Índice de desempenho	MAE	MAX
Comp.	0.74	0.86	0.99	0.85	0.78	1.86
Largura	0.88	0.94	0.99	0.93	0.33	0.80

## Conclusão

O software *Tomato Analyzer*<sup>®</sup> é uma alternativa confiável para medições de comprimento e largura de pimentão por aquisição de imagem digital quando comparado à medição manual.

## Referências

- ADAMI, M.; HASTENREITER, F. A.; FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. Estimativa de área de folíolos de soja usando imagens digitais e dimensões foliares. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 1053-1058, dez. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400030>.
- BREWER, M. T.; LANG, L.; FUJIMURA, K.; DUJMOVIC, N.; GRAY, S.; VAN DER KNAAP, E. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species. **Plant Physiology**, v. 141, p. 15-25, May 2006. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.106.077867>.
- CAMARGO, A. 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. 89-97, 1997.
- CHARLO, H. C. O. **Análise de crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes na cultura do pimentão, cultivado em substrato**. Jaboticabal, 2008. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008.
- CORTES, D. F. M.; CATARINA, R. S.; BARROS, G. B. D. A.; ARÊDES, F. A. S.; SILVEIRA, S. F. D.; FERREGUETTI, G. A.; RAMOS, H. C. C.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G. Model assisted phenotyping by digital images in papaya breeding program. **Scientia Agricola**, v. 74, n. 4, p. 294-302, Jul./Aug. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0134>

CUNHA, P. C. R.; NASCIMENTO, J. L.; SILVEIRA, P. M.; ALVES JÚNIOR, J. Eficiência de métodos para o cálculo de coeficientes do tanque classe A na estimativa da evapotranspiração de referência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 114-122, abr./jun. 2013. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85678/1/pat.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

DALMAGO, G. A.; GOUVÊA, J. A. de; CUNHA, G. R. da; VICARI, M. B.; KOVALESKI, S. Uso de imagens digitais para estimativa da área foliar da canola. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CANOLA, 1., 2017, Passo Fundo. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 275-279. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/170234/1/CNPPT-ID44258.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FAOSTAT. **Crops**. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 20 de nov. 2020.

GARCIA FILHO, E.; NAKATANI, J. K.; PINTO, M. J. A.; NEVES, M. F.; CASERTA, P. G.; KALAKI, R. B.; GERBASI, T. **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Brasília, DF: Confederação Nacional da Agricultura da Abcsem, 2017. 79 p. Disponível em: [https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/bibliotecas/livro\\_final3\\_mapeamento\\_e\\_quantificacao\\_da\\_cadeia\\_de\\_hortaliças\\_08.pdf](https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/bibliotecas/livro_final3_mapeamento_e_quantificacao_da_cadeia_de_hortaliças_08.pdf). Acesso em: 10 jan. 2022.

HOPKINS, W. G. **A new view of statistics**. 2000. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 10 jan. 2022.

KHOJASTEHNAZHAND, M.; OMID, M.; TABATABAEFAR, A. Determination of orange volume and surface area using image processing technique. **International Agrophysics**, v. 23, n. 3, p. 237-242, 2009.

LANA, M. M.; ANDRADE, M. de O.; BANCI, C. A. **Proposição de um método para melhoria do manuseio pós-colheita de pimentão baseado no mapeamento de processos e falhas e na árvore da realidade atual**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. 36 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 130). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2010/36532/1/doc-130.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

LANA, M. M.; MOITA, A. W.; SOUZA, G. S. e; NASCIMENTO, E. F. do; MELO, M. F. de **Identificação das causas de perdas pós-colheita de pimentão no varejo**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. 23 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/34414/1/bpd\\_17.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/34414/1/bpd_17.pdf). Acesso em: 10 jan. 2022.

MACHADO JÚNIOR, R. **Fenômica aplicada à caracterização de frutos em germoplasma de abóbora**. 2017. 31 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

MARCOS FILHO, J.; GOMES JÚNIOR, F. G.; BENNETT, M. A.; WELLS, A. A.; STIEVE, S. Using Tomato Analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 146-153, jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200018>.

MARTIN, T. N.; MARCHESE, J. A.; SOUSA, A. K. F. de; CURTI, G. L.; FOGOLARI, H.; CUNHA, V. S. Uso do software IMAGEJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciência**, Caracas, v. 38, n. 12, p. 843-848, dic. 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33929617004>. Acesso em: 10 jan. 2022.

PEREIRA, H. R.; MESCHIATTI, M. C.; PIRES, R. C. M.; BLAIN, G. C. On the performance of three indices of agreement: an easy-to-use r-code for calculating the Willmott indices. **Bragantia**, v. 77, n. 2, p. 394-403, Apr./Jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2017054>.

PLAZAS, M.; VILANOVA, M.; HURTADO, P.; GRAMAZIO, I.; ADUJÁR, F. J.; HERRAIZ, F. J.; PROHENS, J. Evaluation of fruit shape variations in Spanish eggplants using an image analysis software. **Tropical Agricultural Research**, v. 25, n. 1, p. 38-45, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4038/tar.v25i1.8028>.

RODRIGUEZ, G. R.; MOYSEENKO, J. B.; ROBBINS, M. D.; MOREJÓN, N. H.; FRANCIS, D. M.; VAN DER KNAAP, E. Tomato Analyzer: a useful software application to collect accurate and detailed morphological and colorimetric data from two-dimensional objects. **Journal of Visualized Experiments**, v. 37, p. 1-12 (e1856), Mar. 2010. DOI: 10.3791/1856

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Programa Paulista para a melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortifrutigranjeiros**. Classificação de pimentão. 1998. Não paginado.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, Sept. 1985.



