Brazilian Journal of Development

Variabilidade espacial das características de qualidade dos frutos de tomate para processamento industrial

Spatial variability of quality characteristics of tomato fruits for industrial processing

DOI:10.34117/bjdv6n5-095

Recebimento dos originais: 10/04/2020
Aceitação para publicação: 07/05/2020

Caroline Xavier dos Santos
Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás
Instituição: Universidade Estadual de Goiás
Endereço: BR 153, N° 3105 – Campus Henrique Santillo, Anápolis – Goiás, Brasil
E-mail: eng.agricolacarolxavier@gmail.com

Cláudio Magela Soares
Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Goiás
Instituição: Universidade Estadual de Goiás
Endereço: BR 153, N° 3105 – Campus Henrique Santillo, Anápolis – Goiás, Brasil
E-mail: claudiomagela@gmail.com

Sueli Martins de Freitas Alves
Pós-Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa
Instituição: Universidade Estadual de Goiás
Endereço: BR 153, N° 3105 – Campus Henrique Santillo, Anápolis – Goiás, Brasil
E-mail: suelifreitas.ueg@gmail.com

RESUMO
O experimento foi realizado na Fazenda Baião, no município de Corumbá- GO, que cultiva tomate com finalidade Industrial. Este trabalho tem como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos atributos de qualidade do tomate industrial por meio da técnica de krigagem indicativa. Os dados foram coletados em um talhão de 45 hectares com uma malha amostral de 60 x 60 m, totalizando 120 pontos amostrais. Em cada ponto amostral coletou 5 frutos (em estágio uniforme de maturação, completamente vermelhos) dentro de 1 m² do ponto. Foram avaliadas as características: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e índice de maturação (IM). Para caracterizar a variabilidade espacial e a incerteza probabilística dos resultados foi utilizada a geoestatística, por meio da técnica de krigagem indicativa categorizando os dados em códigos binários (1 ou 0). Para os atributos sólidos solúveis e índice de maturação que apresentaram dependência espacial foi utilizada a técnica de krigagem para interpolação e posteriormente elaborados os mapas probabilísticos, A partir dos mapas de isolinhas foi possível identificar áreas que produziu frutos com maior probabilidade de apresentar as qualidades desejáveis para a indústria.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Mapas Probabilísticos; Características organolépticas.

ABSTRACT
The experiment was carried out at Fazenda Baião, in the municipality of Corumbá-GO, which grows tomatoes for industrial purposes. This work aims to evaluate the spatial variability of quality attributes of industrial tomatoes using the indicative kriging technique. The data were collected in a 45-hectare plot with a 60 x 60 m sample grid, totaling 120 sample points. At each sampling point, 5 fruits were

Brazilian Journal of Development

collected (at uniform maturation stage, completely red) within 1 m² of the point. The characteristics were evaluated: soluble solids (SS), titratable acidity (AT), pH and maturation index (IM). To characterize the spatial variability and probabilistic uncertainty of the results, geostatistics was used, using the indicative kriging technique, categorizing the data in binary codes (1 or 0). For the soluble solid attributes and maturation index that showed spatial dependence, the kriging technique was used for interpolation and later the probabilistic maps were elaborated. From the isoline maps it was possible to identify areas that produced fruits with a greater probability of presenting the desirable qualities for the industry.

Keywords: Precision agriculture; Probabilistic Maps; Organoleptic characteristics.

1 INTRODUÇÃO

Do grupo das Hortaliças, o tomate é a espécie mais importante tanto do ponto de vista comercial como social e é também uma espécie cosmopolita, pois são cultivados no mundo todo. O Brasil encontra-se em oitavo lugar produzindo cerca de 1,4 milhões de toneladas de tomate para processamento industrial (WPTC, 2017).

As principais regiões brasileiras produtoras de tomate são o Sudoeste e o Centro-oeste. No ano de 2016, a produção nacional de tomate chegou a 3,7 milhões de tonelada, sendo 978 milhões de toneladas produzidos no estado de Goiás, conquistando o primeiro lugar no ranking nacional (IBGE, 2016). Toda a produtividade do estado está relacionada com os aspectos climáticos e tipos de solo que são favoráveis para a cultura (GAMEIRO et al., 2008).

Estudos apontam que fatores inerentes ao solo e a planta afetam os aspectos qualitativos fazendo com que ocorra uma variabilidade de qualidade e produção, mesmo sendo plantas geneticamente idênticas e solos com aparência uniforme vão apresentar variações nos atributos físico-químicos. E conhecer as necessidades do solo e da planta é de suma importância para o desenvolvimento da agricultura e para obter melhores resultados (ALVES, 2014; VIEIRA et al., 2015).

Para auxiliar o produtor a identificar as características de manejo a serem adotadas surge o conceito de Agricultura de Precisão (AP), onde se tem o objetivo de maximizar a produtividade e o lucro, com a redução nos custos de produção (FERRAZ et al., 2012). Apesar dos altos custos iniciais de implantação do sistema de agricultura de precisão, verifica-se que é uma tendência a evolução da tecnologia no campo e a redução gradual dos custos, o que garantirá a viabilidade técnica e econômica da utilização deste tipo de sistema (SILVA et al., 2004).

A Krigagem é uma técnica da Geoestátistica utilizada para estimar valores em locais não amostrados, identificando a variabilidade espacial dos atributos do solo e das culturas, no espaço e no tempo da Krigagem. A krigagem indicativa passa a ser mais interessante por ter como objetivo indicar a probabilidade de ocorrência desse valor, e não apenas determinar um único valor, como a krigagem ordinária (LANDIM e STURARO, 2002). Entender como a distribuição espacial desses

atributos funciona é importante para o estabelecimento de práticas de manejo adequadas, não somente à otimização da produtividade agrícola, mas também para a minimização de possíveis danos ambientais (MENDES et al., 2008).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de características de qualidade de frutos de tomateiro industrial por meio de krigagem indicativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Baião, numa área irrigada por pivô central correspondente a 105 ha, cultivado com tomate para processamento industrial, e as cultivares utilizadas foram as N901 e HMX-7885. A fazenda é localizada no município de Corumbá de Goiás – GO, com altitude de 963 m, latitude 15º 55’ 27” S e longitude 48º 48’ 32” W, como apresentado na Figura 1.



FIGURA 1. Área experimental, pivô central.
Fonte: Google Earth (2017).

Os dados foram coletados em um talhão de 45 hectares em uma grade amostral de 60x60 m, totalizando 120 pontos amostrais (Figura 2). Cada ponto foi georreferenciado com receptor de sinal GPS (Global Positioning System) Garmin etrex VISTA, coordenadas em sistema UTM (Universal Transversa de Mercator).

Brazilian Journal of Development

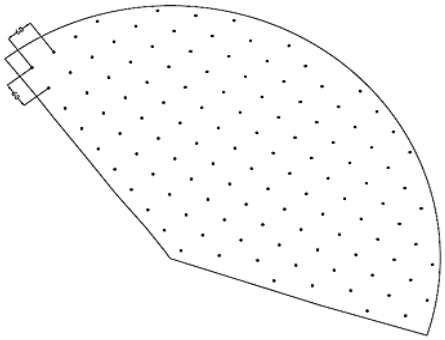


FIGURA 2. Croqui do grid amostral da área utilizada para coleta dos dados na cultura de tomate industrial.

Para as análises de qualidade foram colhidos cinco frutos (em estágio uniforme de maturação, completamente vermelhos), em uma área de 1 m² demarcada, por ponto amostral georeferenciado. Os frutos foram colhidos quando apresentarem mais de 90% de sua coloração vermelha (CEAGESP, 2004) e em seguida levados para laboratório de Engenharia Agrícola - Câmpus CCET. Foi realizado as análises químicas de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e índice de maturação (IM), de acordo com as metodologias propostas por AOAC (2016).

Após a obtenção dos dados referentes aos atributos de qualidade em cada ponto amostral, de acordo com as suas coordenadas geográficas, foram realizados primeiro a análise descritiva e exploratória e em seguida a análise geoestatística, através de planilhas eletrônicas e dos programas: GS+ e o Software SURFER 13 para detalhamento dos mapas.

O coeficiente de variação foi classificado segundo os critérios Warrick e Nielsen (1980), em que valores ate 12% é considerado baixo, valores entre 12 e 60% são médios e acima de 60% como alto.

Em seguida, para os dados de cada atributo foi realizada uma codificação por indicação tendo como referência os valores indicados na literatura. A definição dos pontos de referência para cada variável foi realizada em função dos valores apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Valores de referência para codificação dos atributos de qualidade de frutos de tomate para processamento industrial

Atributos	Unidade	Codificação em relação aos valores de referência	
		0	1
pH		Se pH > 4,5	Se pH < 4,5
Acidez Titulável	% Ácido Cítrico	Se A.T. > 0,32	Se A.T. < 0,32
Sólidos Solúveis	º Brix	Se S.S. > 4,5	Se S.S. < 4,5

Brazilian Journal of Development

Índice de Maturação	Se I.M. > 10	Se I.M. < 10

Fonte: Adaptado de Filgueira, 2008; Giordano et al., 2000; Silva e Giordano, 2000 e Kader, 2002.

pH- potencial hidrogeniônico; A.T.- acidez titulável; S.S.- sólidos solúveis; I.M.- índice de maturação.

A análise geoestatística foi realizada por meio de Semivariogramas para a obtenção da semivariância experimental para obter a verificação da dependência espacial (Silva, et al., 2013). O melhor modelo foi escolhido a partir da menor Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação (R^2) dos dados de Semivariância experimental, em relação aos valores de semivariância estimada pelo modelo.

Para análise da dependência espacial foi calculado o avaliador de dependência espacial e para a classificação deste índice foi utilizado o critério definido por Montanari et al. (2010), em que a dependência espacial é considerada fraca para valores até 25%, moderada entre 25% e 75%, e forte acima de 75%.

As variáveis que apresentaram dependência espacial foram submetidas à krigagem como técnica de interpolação. Os mapas probabilísticos foram confeccionados de acordo com metodologia descrita em Landim e Sturaro (2002), nos quais as escalas de probabilidades da ocorrência estão definidas entres os intervalos (0 a 1), em que 0 (zero) significa que probabilidade de ocorrência acima do limite definido no ponto de corte é de 100 %.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados da análise descritiva e exploratoria dos atributos de qualidade. Os coeficientes de variação variam de 3,41 até 26,38%. De acordo com a classificação proposta por Warrick e Nielson (1980), o coeficiente de variação do pH foi baixo (CV% <12), e médio para as variáveis acidez titulável, sólidos solúveis e índice de maturação ($12 \geq CV \leq 60$).

TABELA 2. Análise descritiva dos atributos de qualidade do tomate para processamento industrial.

Atributos	Média	MD	VAR	DP	EP	Mín.	Máx.	Curt.	Ass.	CV (%)
A.T.	0,39	0,39	0,003	0,058	0,005	0,27	0,58	1,12	0,72	14,94
pH	4,25	4,24	0,021	0,14	0,013	3,96	4,90	2,38	0,85	3,41
S.S.	3,57	3,34	0,61	0,78	0,071	2,42	6,06	1,79	1,58	21,91
I.M.	9,23	8,59	5,94	2,43	0,22	5,06	18,12	1,62	1,29	26,38

MD- mediana; VAR- variância; DP- desvio padrão; EP- erro padrão da média; Mín.– valor mínimo; Máx.- valor máximo; Curt. - curtose; Ass.- assimetria; CV- Coeficiente de variação; A.T.- acidez titulável (% de ácido cítrico); pH – potencial hidrogeniônico; S.S.- sólidos solúveis (ºBrix); I.M.- índice de maturação.

Brazilian Journal of Development

A Tabela 3 apresenta o resultado da análise geoestatística com o modelo que melhor se ajustou a semivariância experimental (Figura 3) para os atributos de qualidade. As variáveis analisadas, apenas duas apresentaram dependência espacial, sendo elas: sólidos solúveis e índice de maturação.

Os modelos do semivariograma que mais se ajustaram foram o esférico e exponencial. O avaliador de dependência espacial variou de 59,2 a 71,2%, sendo classificada por Montanari et al. (2010) como moderada (25% ≥ ADE ≤ 75%).

TABELA 3. Modelos Teóricos de Semivariância ajustados para atributos de qualidade dos frutos de tomate industrial.

Atributos	Semivariograma	A	Co + C	Co	ADE	R^2	SQR
A.T.	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*
pH	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*	EPP*
S.S.	Esférico	6810,0	0,179	0,0525	0,712	0,988	1.007 E-4
I.M.	Exponencial	1374,0	0,2662	0,1086	0,592	0,950	3.122 E -4

A.T.- acidez titulável (% ácido cítrico); pH- potencial hidrogeniônico; S.S.- sólidos solúveis (ºBrix); I.M.- índice de maturação; EPP*- efeito pepita puro; A- alcance; Co + C – patamar; Co- efeito pepita; ADE- avaliador de dependência espacial; R^2 - coeficiente de determinação; SQR – soma do quadrado de resíduo.

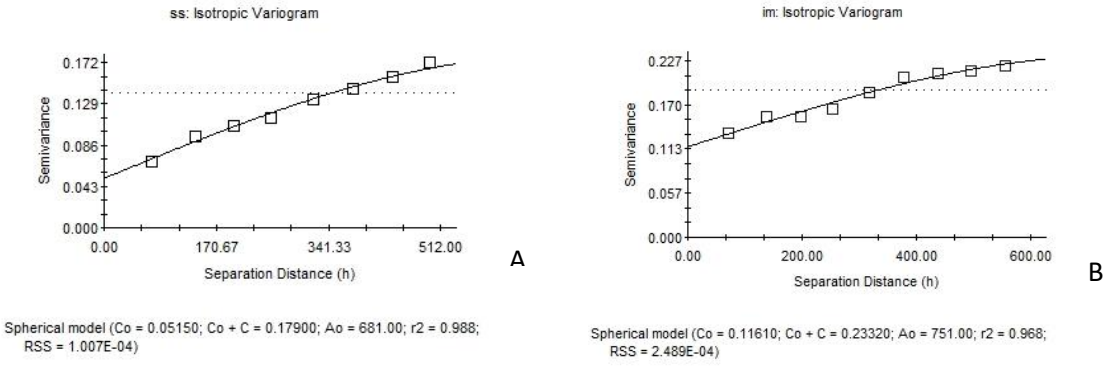


FIGURA 3. Modelo teórico ajustado do semivariograma para atributos de sólidos solúveis (A) e índice de maturação (B).

Por meio dos ajustes dos modelos teóricos de semivariograma, apresentado na Tabela 3 e na Figura 3 gerou-se os mapas isolinhas para os atributos que apresentaram dependência espacial, sólidos solúveis e índice de maturação (Figura 4 e 5).

Brazilian Journal of Development

A distribuição probabilística de ocorrência do atributo de sólidos solúveis está apresentada na Figura 4, no qual há alta probabilidade dos teores de sólidos solúveis estarem abaixo de 4,5 ºBrix, (codificado em 1) está apresentada pela tonalidade laranja. O teor de sólidos solúveis considerados ideais para as indústrias é no mínimo de 4,5 ºBrix (GIORDANO et al., 2000), sendo que quanto maior o teor de sólidos solúveis melhor o sabor, maior o rendimento industrial, e menor o gasto de energia (MONTEIRO et al., 2008).

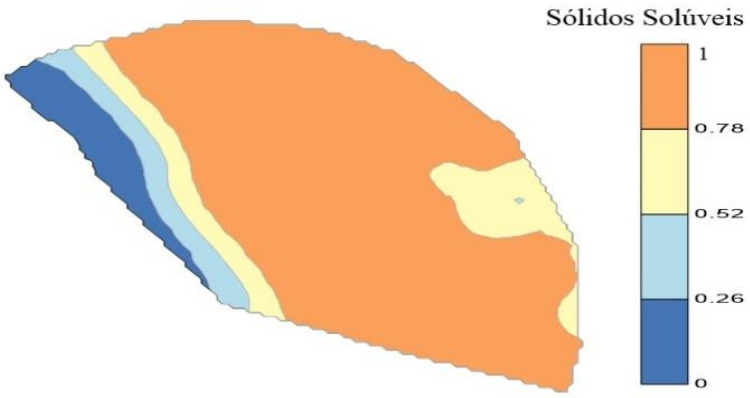


FIGURA 4. Mapa de probabilidade de ocorrência referente ao nível de referência para sólidos solúveis (4,5 º Brix).

A Figura 5 representa o mapa do atributo índice de maturação. Valores acima do nível de referência (10) é representado pela área de tonalidade azul, a qual foi codificada em 0, indicando que há alta probabilidade dos frutos nessa área apresentarem o índice de maturação acima de 10. Segundo Kader (2002) o tomate para ser considerado de alta qualidade deve apresentar relação de SS/AT superior a 10.

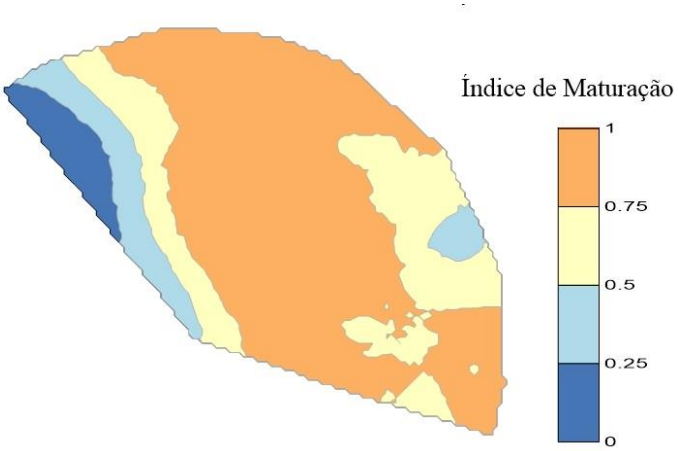


FIGURA 5. Mapa de probabilidade de ocorrência referente ao nível de referência para o índice de maturação dos frutos de tomate industrial (10).

Uma das possíveis justificativas para essa variabilidade de qualidade apresentada nos mapas pode ser as variações dos teores de nutrientes do solo e/ou as deficiências de nutrientes nas plantas, além das práticas culturais como manejo do solo, espaçamento do plantio, irrigação, drenagem entre outros (CHITARRA e CHITARRA, 2005; SILVA et al.,2012 a.).

Segundo Silva et al. (2012 a.), o excesso ou a falta de nutrientes afeta no crescimento da planta e no desenvolvimento dos frutos. O teor de Nitrogênio quando está em excesso pode afetar na maturação dos frutos, assim como o fornecimento inadequado de potássio pode reduzir os teores de sólidos solúveis, afetando no valor nutricional do fruto.

Pela análise do mapa é possível indicar ao produtor correções e utilização de técnicas de manejo de forma localizada, minimizando o custo de produção da cultura de tomate para processamento industrial e maximizando o lucro através de melhores resultados de produção e qualidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas de isolinhas mostraram a probabilidade de incertezas de ocorrência dos atributos de qualidade. A área que produziu frutos com maior probabilidade de apresentar as qualidades desejáveis para a indústria é relativamente menor quando comparada com a área em que os frutos apresentaram característica abaixo do nível de referência.

Por meio dos mapas probabilísticos é possível criar zonas de manejo localizado para obter melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica e também a UEG/CCET pela disponibilização da infraestrutura para a realização da pesquisa do primeiro autor.

À UEG pela concessão de bolsa de inventivo ao pesquisador ao último autor.

REFERÊNCIAS

ALVES, E.A. Manejo dos solos e a sustentabilidade da produção agrícola na Amazônia ocidental: Variabilidade espacial da qualidade de culturas agrícolas. 1ed. Rondônia. Núcleo regional Amazônia Ocidental- SBCS, 2014. p. 223-245.

AOAC, Association of officioal analytical chemists oficial methods of analysis of AOAC international. 20ed. Maryland: USA, 2016. 3100p.

CEAGESP. Classificação do tomate. 2004. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/tomate.pdf>. Acesso em: 03 Mar. 2016.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutas e hortaliças. Fisiologia e manuseio. 2.ed. rev.e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 735p.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M.; COSTA, P. A. N.; SILVA, A. C.; CARVALHO, F. M. Agricultura de precisão no estudo de atributos químicos do solo e da produtividade de lavoura cafeeira. Revista Coffee Science, v. 7, n. 1, p. 59-67, Lavras, 2012.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008, 421p.

GAMEIRO, A.H.; CAIXETA FILHO, J.V.; ROCCO, C.D.; RANGEL, R. Modelagem e gestão das perdas no suprimento de tomates para processamento industrial. Gestão e Produção, São Carlos, v.15, n.1, p.101-115, 2008.

GIORDANO, L.B.; SILVA, J.B.C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (Ed.). Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 168p.

GOOGLE. Google Earth 7. Corumbá de Goiás. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro, v.29, n.12, p.1-82, 2016.

KADER, A.A. Postharvest technology of horticultural crops. Davis: University of California. 2002. 535p.

LANDIM, P.M.B.; STURARO, J.R, Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas de probabilidades de riscos. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP. Lab. Geomatemática, 2002. 19p. (Texto Didático 06).

MENDES, A.M.S.; FONTES, R.L.F.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino, no Estado do Rio Grande do Norte. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.39, n.01, p.19 – 27, 2008.

MONTANARI, R.; CARVALHO, M.P.; ANDREOTTI, M.; DALCHIARON, F.C.; LOVERA, L.H.; HONORATO, M.A.O. Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.34, n.6, p.1811-1822, 2010.

MONTEIRO, C.S.; BALBI, M.E.; MIGUEL, O.G.; PENTEADO, P.T.P.S.; HARACEMIV, S.M.C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate "tipo italiano". Alimentos e Nutrição, Araraquara, v.19, n.1, p.25-31, 2008.

SILVA, C.B.; MORETTO, A.C.; RODRIGUES, R.L. Viabilidade econômica da agricultura de precisão: o caso do Paraná. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 42, 2004, Cuiabá. *Anais*.... Cuiabá: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004. 1 CDROM.

SILVA, J. B.C.; GIORDANO, L.B. Tomate para processamento industrial: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000, 168p.

SILVA, J.; GUEDES, I.M.R.; LIMA, C.E.P. Adubação e nutrição. In: CLEMENTE, F. M.V.T.; BOITEUX, L. Produção de Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa, 2012.

SILVA, A.F.; ZIMBACK, C.R.; LANDIM, P.M.B. Aplicação da geoestatística em ciências agrárias: parte II. Botucatu, v.1, 2013.

VIEIRA, D.A.P. Qualidade de frutos de cultivares de tomate para processamento. 2015. 234 f. Tese (Doutorado em Agronomia) programa de pós-graduação em agronomia – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical in the fied. In: HILLEL, D. (ed). Applications of soil physics. New York: Academic, 1980. p. 319-344.

WORLD PROCESSING TOMATO COUNCIL. World production estimate of tomatoes for processing. Disponível em: <https://www.wptc.to/pdf/releases/WPTC%20World%20Production%20estimate%20as%20of%208%20February%202017.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2017.