

DELIMITAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO QUANTITATIVO E QUALITATIVO DO FRUTO EM POMAR PÊSSEGUEIRO

HENRIQUE OLDONI¹; ALEX BECKER MONTEIRO^{2,1}; VIVIANE SANTOS SILVA TERRA^{2,2}; CARLOS REISSER JÚNIOR³; LUÍS CARLOS TIMM^{2,3}

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – henriqueoldoni@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – ^{2,1}alexbeckermonteiro@gmail.com; ^{2,2}vssterra10@gmail.com;

^{2,3}ictimm@ufpel.edu.br

³Embrapa Clima Temperado – carlos.reisser@embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

A região de Pelotas é conhecida historicamente como um dos principais polos produtivos de pêssego no estado do Rio Grande do Sul, destacando nacionalmente pela produção de pêssego industrializado, com uma produção que ultrapassa 60 mil toneladas. Entretanto, os persicultores vêm enfrentando problemas referentes ao manejo do pomar, seja do ponto de vista químico, físico ou microbiológico. Desta forma, a utilização de ferramentas de análise estatística multivariada que possuem potencial de identificar zonas de manejo homogêneas no solo com base em diferentes padrões de variabilidade espacial, podem tornar-se uma alternativa e uma ferramenta eficaz para um manejo racional e sustentável dos recursos naturais disponíveis.

Diversos estudos vêm sendo realizados buscando avaliar, delimitar e mapear o comportamento espacial e temporal dos atributos de solo e de planta (VALENTE et al., 2012; AGGELOPOOULOU et al., 2013). No entanto, ainda são escassos estudos voltados às culturas perenes, particularmente em pomar de pessegueiro, que utilizem informações referentes à distribuição espacial de atributos de solo e de planta para o delineamento das zonas diferenciadas de manejo visando à maximização da produção e a sustentabilidade ambiental. Assim, o objetivo deste trabalho foi delimitar zonas de manejo em um pomar de pessegueiro utilizando atributos quantitativos e qualitativos de frutos colhidos nos anos de produção de 2010, 2011 e 2012, por meio de técnicas geoestatísticas e de análise multivariada, visando o aprimoramento da produção.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Morro Redondo - RS, em um pomar de pessegueiro cv. Esmeralda, de 1,8 ha, com 18 fileiras de plantas espaçadas a 5,5 m e 1,7 m entre plantas, totalizando de 1450 plantas. O clima da região é do tipo "Cfa" conforme classificação de Köppen. O solo do pomar foi classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado (SANTOS et al., 2013). Para a realização do estudo, 101 plantas foram selecionadas aleatoriamente e georreferenciadas para formação da grade de amostragem dos seguintes atributos quantitativos e qualitativos da produção do pomar: produção por planta (P); número de frutos por planta (NF); massa fresca média de fruto por planta (MFF), relação entre P e NF; sólidos solúveis (SS, °Brix) e firmeza de polpa (F). Esses atributos foram determinados nos ciclos de produção de 2010, 2011 e 2012, sendo a colheita realizada em 3, 5 e 4 etapas, respectivamente. Com o intuito de minimizar os efeitos anuais isolados, foi calculada a média aritmética de cada atributo avaliado dos três anos de produção.

Os valores médios foram utilizados como base para a delimitação das zonas de manejo da produção do pomar. Para isso, os dados foram inicialmente submetidos à análise estatística descritiva, teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. Realizou-se a análise estatística descritiva e o teste de normalidade utilizando o programa R 3.3.3 (R CORE TEAM, 2017).

Em seguida, análise geoestatística foi aplicada utilizando o programa GS⁺ 7.0 (GAMMA DESIGN SOFTWARE, 2004) aos dados para caracterização e quantificação da estrutura de distribuição espacial por meio de semivariogramas experimentais isotrópicos. Modelos teóricos foram ajustados aos semivariogramas e o grau de dependência espacial (GDE) foi determinado e classificado segundo CAMBARDELLA et al. (1994). Foi avaliada a qualidade do ajuste dos modelos teóricos de semivariogramas pelo procedimento de validação cruzada e os dados foram interpolados por meio da krigagem ordinária (WEBSTER; OLIVER, 2007).

Utilizando os dados interpolados dos valores médios dos atributos, foi empregada a análise de componentes principais (PCA) para agregar e resumir a variabilidade dos atributos, mantendo os componentes principais (PC) com autovalores maiores que 1 e variância acumulada mínima de 85% conforme adotado por LI et al. (2007). Aos PC mantidos, foi aplicada a análise de agrupamento (AA) por meio do algoritmo fuzzy c-means (BEZDEK et al., 1984), testando para 2, 3 e 4 grupos (zonas de manejo). A escolha do melhor número de grupos foi determinada com base nos menores valores do índice de desempenho fuzziness (FPI) e da entropia de partição modificada (MPE) (ODEH et al., 1992) e os maiores valores do critério da largura de silhueta (ROUSSEEUW, 1987).

Por fim, foi verificada a diferença significativa entre as zonas por meio da análise de variância ($p \leq 0,05$) aplicada aos dados amostrados correspondentes ao local delimitado por cada zona de manejo gerada. A PCA, AA e de variância foram realizadas por meio do programa R 3.3.3 (R CORE TEAM, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constatada uma tendência de normalidade da distribuição de todos os atributos avaliados com base no teste de Kolmogorov-Smirnov ($p \leq 0,05$). Foi possível verificar uma estrutura de dependência espacial para todos os atributos de produção avaliados, com ajustes de modelos teóricos variando entre esférico (P e SS), exponencial (NF) e gaussiano (MFF e F) (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos teóricos de semivariogramas e respectivos parâmetros de ajustes dos valores médios dos atributos de produção de três anos de avaliação.

Atributo	Modelo	Efeito pepita	Patamar	Alcance	GDE (%)	r^2	VC	
							CR	R^2
P	Esférico	1,598	9,63	29,0	16,6	0,90	0,71	0,19
NF	Exponencial	54,000	735,50	30,9	7,3	0,90	0,84	0,16
MFF	Gaussiano	0,100	124,30	21,1	0,1	0,94	0,92	0,30
SS	Esférico	0,005	0,57	20,5	0,9	0,78	0,37	0,03
F	Gaussiano	0,001	0,38	19,1	0,3	0,77	-0,40	0,05

P: produção por planta (kg planta^{-1}); NF: número de frutos por planta; MFF: massa fresca média do fruto por planta (g); SS: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$); F: firmeza de polpa (lb); GDE: Grau de dependência espacial (CAMBARDELLA et al., 1994); r^2 : coeficiente de determinação do modelo de ajuste ao semivariograma experimental; VC: validação cruzada; CR e R^2 : coeficiente de regressão e determinação da validação cruzada.

O alcance da dependência espacial variou entre 19,1 e 30,9 m (Tabela 1), limitando o espaçamento de futuras amostragens de atributos de produção a

essas distâncias. O GDE foi forte para todos os atributos ($GDE \leq 25\%$). No entanto, com base nos resultados da validação cruzada (VC), o atributo F apresentou baixa confiabilidade na interpolação por krigagem ordinária [coeficiente de regressão (CR) = -0,40 e coeficiente de determinação (R^2) = 0,05], o que comprometeu a utilização de seus dados interpolados para procedimentos multivariados de delimitação de zonas de manejo, evitando-o, portanto, de ser utilizado na PCA.

Na ACP (Tabela 2), autovalores superiores a 1 e variância acumulada maior que 85% foram verificadas até a segunda PC (PC2), assumindo assim, apenas essas duas PCs na AA. Considerando a maior carga das variáveis aos PCs, verificou-se que os atributos P, NF e MFF apresentam maior influência negativa à PC1 e o atributo SS, à PC2.

Com base nos valores de MPE e FPI (Figura 1A), a melhor divisão das zonas de manejo ocorreu com um número de quatro zonas (menor valor), já para o critério da largura de silhueta a melhor divisão foi com duas zonas de manejo (maior valor). Dentre as duas opções, adotou-se apenas duas zonas de manejo da produção (Figura 1B), visto que ao utilizar quatro zonas foi observada uma estratificação acentuada destas, o que dificultaria a realização de práticas de manejo específico.

Tabela 2. Análise de componentes principais aplicada aos dados interpolados da dos valores médios dos atributos de produção de três anos de avaliação.

Componente principal	Autovalor	Variância acumulada (%)	Carga das componentes principais			
			P	NF	MFF	SS
PC1	2,29	57,14	-0,922	-0,767	-0,681	0,620
PC2	1,33	90,50	-0,368	-0,629	0,603	-0,663

P: produção por planta (kg planta^{-1}); NF: número de frutos por planta; MFF: massa fresca média do fruto por planta (g); SS: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$).

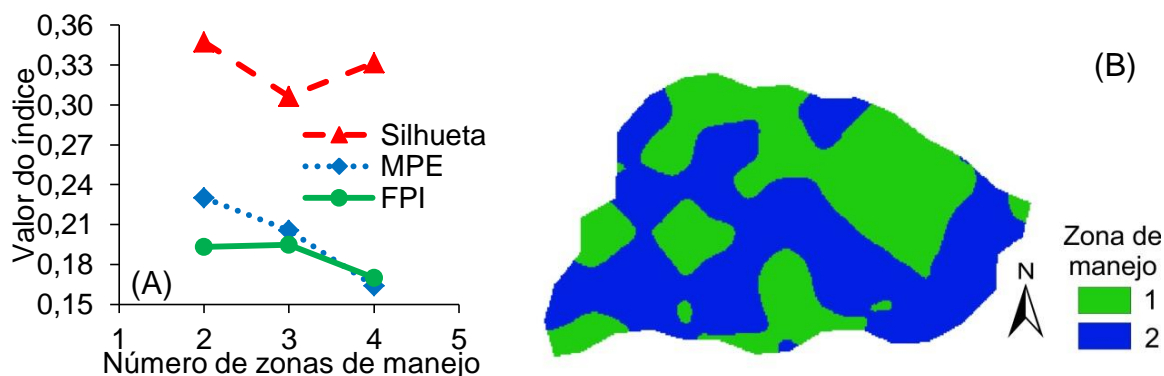


Figura 1. (A) Valor da largura de silhueta (Silhueta), entropia de partição modificada (MPE) e índice de desempenho fuzziness (FPI) em função do número de zonas de manejo testadas; (B) Mapa de zonas de manejo da produção de um pomar de pessegueiro.

Foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$) entre zonas de manejo para todos os atributos utilizados como base para delimitação das zonas de manejo (Tabela 3). Na zona 1 foram verificados os maiores valores de P, NF e MFF e os menores valores de SS. Estes resultados podem orientar a tomada de decisão do produtor quanto às práticas culturais que visem à maximização da produção onde é deficitária e/ou maximização da concentração de açúcares (qualidade), caso seja de maior interesse.

Tabela 3. Valores médios atributos de produção e qualidade dos frutos amostrados de cada zona de manejo e resultados da análise de variância.

Zona de manejo	P (kg planta ⁻¹)	NF	MFF (g)	SS (°Brix)
1	16,59	151,10	113,18	12,24
2	11,93	116,67	103,31	12,89
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

P: produção por planta; NF: número de frutos por planta; MFF: massa fresca média do fruto por planta; SS: sólidos solúveis.

4. CONCLUSÕES

A delimitação de zonas de manejo com base na variabilidade espacial dos atributos quantitativos e qualitativos da produção de pomar de pessegueiro proporciona auxílio na tomada de decisão para o manejo diferenciado para o aumento da produtividade e/ou qualidade dos frutos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGELOPOOULOU, K.; CASTRIGNANÒ, A.; GEMTOS, T.; DE BENEDETTO, D. Delineation of management zones in an apple orchard in Greece using a multivariate approach. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.90, p.119-130, 2013.
- BEZDEK, J.C.; EHRlich, R.; FULL, W. FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. **Computers & Geosciences**, v.10, p.191-203, 1984.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOCAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, p.1501-11, 1994.
- GAMMA DESIGN SOFTWARE. **GS+: Geostatistics for the Environmental Sciences**. Plainwell: Gamma Design Software, 2004.
- LI, Y.; SHI, Z.; LI, F.; LI, H. Delineation of site-specific management zones using fuzzy clustering analysis in a coastal saline land. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.56, p.174-186, 2007.
- ODEH, I.O.A.; MCBRATNEY, A.B.; CHITTLEBOROUGH, D.J. Soil pattern recognition with fuzzy-c-means: application to classification and soil-landform interrelationships. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.56, p.505-16, 1992.
- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna: Austria. 2017. Disponível em: <https://www.R-project.org>
- ROUSSEEUW P.J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v.20, p.53-65, 1987.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- VALENTE, D.S.M.; QUEIROZ, D.M.; PINTO, F.A.C.; SANTOS, N.T.; SANTOS, F.L. Definition of management zones in coffee production fields based on apparent soil electrical conductivity. **Scientia Agricola**, v.69, p.173-179, 2012.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M.A. **Geostatistics for Environmental Scientists**. 2ed. Chichester: Wiley, 2007.