

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 10 (5)

October 2017

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=361&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Definição de zonas de manejo para os teores de zinco em função do uso do solo e posição da paisagem

Definition of management zones for zinc levels in function of the use of soil and landscape position

R. L. Bastos, B. M. R. Melo, M. S. Oliveira, C. M. Paglis

Universidade Federal de Lavras

Author for correspondence: iel2702@yahoo.com.br

Resumo. O zinco é um dos mais importantes na nutrição de plantas, pois participa de um grande número de enzimas, sendo que suas funções básicas estão relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, proteínas e fosfatos, atuando também na formação das auxinas, RNA e ribossomos (BORKERT, 1989), tanto para produtividade quanto para diversas aplicações. O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo do teor de zinco do solo na região de Inconfidentes-MG. A ferramenta utilizada para realizar esse estudo foi a análise geoestatística, com auxílio do pacote geoR (RIBEIRO JR. E DIGGLE, 2001) do software R (R CORE TEAM, 2016). Após realizar essa análise, pode-se concluir que as regiões que apresentaram maior teor de zinco do solo são as mais elevadas, com maiores latitudes e longitude.

Palavras-chave: Teor de Zinco, Análise Geoestatística, Software R.

Abstract. Zinc (Zn) is one of the most important elements on plant nutrition. Zinc participates in a large number of enzymes, and its basic functions in the plant are related to the metabolism of carbohydrates, proteins and phosphates. Furthermore, Zn acts in the formation of auxins, RNA, and ribosomes (BORKERT, 1989). This work aimed at evaluating the Zn contents in soils from Inconfidentes region, Minas Gerais State, Brazil. The tool used to conduct this study was the geostatistical analysis with the aid package geoR (RIBEIRO JR. E DIGGLE, 2001) R software (R CORE TEAM, 2016). From the analysis, it was possible to conclude higher soil zinc levels were found in regions with higher elevation as well higher latitude and longitude.

Keywords: Zinc Content, Geostatistical Analysis, R Software.

Introdução

O zinco é um dos nutrientes mais importantes na nutrição de plantas, pois participa de um grande número de enzimas, sendo que suas funções básicas estão relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, proteínas e fosfatos, atuando também na formação das auxinas, RNA e ribossomos (BORKERT, 1989). De acordo com Soares (2003), este micronutriente é decisivo na produtividade de culturas.

Para verificar a necessidade deste nutriente a se aplicar, é necessário uma amostragem no qual sua coleta é realizada em pontos distribuídos em área considerada homogênea, onde o valor deste atributo representa a média dos pontos amostrados (GUIMARÃES et al., 1999).

Contudo, muitas vezes essa média não representa bem a área tendo em vista a variabilidade existente. Mesmo em áreas consideradas homogêneas, à medida de uma variável em alguns pontos pode revelar grandes variações de valores. Essa variação do solo é resultante da ação de formação de vários processos (GONÇALVES et al., 2001) associados aos fatores antropogênicos. Portanto a aplicação deste insumo com base na média das amostragens convencionais pode resultar na sub ou superestimação da quantidade de zinco a se aplicar, podendo comprometer a produtividade das culturas tendo em vista que o limiar entre a fitotoxidez e a carência é ínfima.

Para contornar essa dificuldade, há necessidade de se conhecer espacialmente a distribuição deste micronutriente nos solos. Portanto, há necessidade de empregar amostragens em malhas no qual seções de tamanhos regulares ou não são coletadas. Com base nos resultados de cada malha amostral, são empregadas técnicas para prever o valor do atributo nos locais não amostrados. Isso se faz possível pois, por meio de experimentos tem-se verificado que dentro de certas áreas, as diferenças entre os valores de um atributo do solo podem ser identificadas em função das distâncias de separação. Isso significa que os valores em locais mais próximos entre si são mais semelhantes do que aqueles tomados a maiores distâncias denotando uma dependência espacial. Dessa forma, quando isso é observado os dados não podem ser tratados como independentes e um tratamento estatístico mais adequado é exigido (VIEIRA, 2000).

Para verificar a relação de dependência espacial dos atributos analisados, utiliza-se a geoestatística (SALVIANO, 1996). A geoestatística é caracterizada como a aplicação dos estudos das variáveis regionalizadas ou com dependência espacial (MATHERON, 1962). De acordo com Yamamoto e Landim (2013), essa técnica permite compreender a aparente aleatoriedade dos dados, porém, com uma possível estruturação espacial, fornecendo uma função de correlação espacial.

Com o uso da geoestatística associada a

parâmetros de relevo, solo e produtividade é possível caracterizar zonas específicas de manejo (MOLIN, 2002), o que permite que nas próximas amostragens, estas sejam feitas nas zonas de manejo reduzindo custos com coleta e análises laboratoriais. O objetivo é definir zonas de manejo para os teores de zinco em função do uso do solo e posição da paisagem.

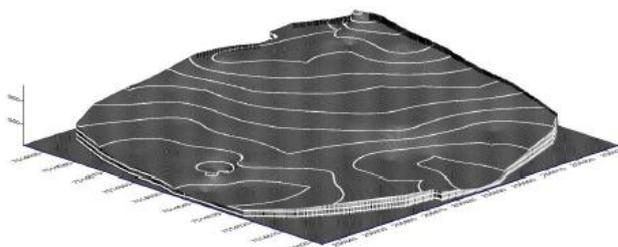
Métodos

Os dados analisados foram em relação ao teor de zinco (mg/dm^3) no solo, amostrados na região de Inconfidentes-MG, em uma lavoura de café da cultivar Rubi com 0,849ha, implantada no espaçamento 2,2m x 1,3m em dezembro de 2011. As coletas de solos ocorreram há uma profundidade de 20cm, sob a projeção dos ramos plagiotrópicos. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos do IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes-MG.

A área de estudo é apresentada na Figura 1(a), em que a distribuição espacial dos pontos amostrais foi de forma regular, sendo 52 pontos estabelecidos por meio da latitude e longitude. Nessa área, foi realizado o estudo da elevação, de forma digital, dado na Figura 1(b), pois é um fator importante em relação ao teor de zinco do solo.



(a)



(b)

Figura 1. (a) Área em estudo na região de Inconfidentes-MG e (b) a sua elevação realizada de forma digital

Para realização da análise geoestatística, foi utilizado o pacote *geoR* (RIBEIRO JR. & DIGGLE, 2001) do Software R (R CORE TEAM, 2016).

Nos dados amostrados, foi modelada a tendência de grau 2. Para construção do semivariograma foi utilizado o estimador clássico de Matheron (1962), dado por

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2|N(h)|} \sum_{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_j)]^2,$$

em que $\hat{\gamma}(h)$ é o estimador da semivariância para distância h , $N(h)$ são os pares separados por h , sendo $N(h) = \{(s_i, s_j), |s_i - s_j| = h; i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j\}$, $|N(h)|$ a cardinalidade de $N(h)$ $Z(x_i)$ é o valor da variável Z no ponto x_i e $Z(x_j)$ é o valor da variável Z no ponto x_j .

Para que as semivariâncias apresentem um comportamento semelhante a um dos modelos teóricos a serem ajustados, duas estratégias foram utilizadas: foi estabelecida a distância máxima por meio do comando `max.dist` da função `variog()` do pacote `geoR` e foi especificado o número de pares mínimo de uma determinada distância utilizando o comando `pairs.min` também dessa função.

Os semivariogramas direcionais foram utilizados para verificar a isotropia dos dados, ou seja, se para todas as direções o modelo de

semivariograma ajustado foi o mesmo ou parecido. Caso não for, é necessário realizar a retirada da anisotropia. Foram utilizadas as direções 0°, 45°, 90°, 135° e em todas as direções.

Em relação aos modelos teóricos de semivariograma ajustados, foram escolhidos: Wave, Exponencial, Gaussiano e Esférico. O modelo Wave é apresentado por Oliveira (2003) e os outros três por Yamamoto e Landim (2013). Na Tabela 1 são apresentados estes modelos.

Tabela 1. Modelos teóricos: Wave, Exponencial, Gaussiano e Esférico

| | |
|--------------------|---|
| Modelo Wave | $\gamma(h) = C_0 + \frac{a}{h} \sin\left(\frac{h}{a}\right)$ |
| Modelo Exponencial | $\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)\right]$ |
| Modelo Gaussiano | $\gamma(h) = C_0 + C_1 \left\{1 - \exp\left[-\left(\frac{h}{a}\right)^2\right]\right\}$ |
| Modelo Esférico | $\gamma(h) = \begin{cases} \gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a}\right)^3\right], & \text{para } h < a \\ \gamma(h) = C_0 + C_1, & \text{para } h \geq a \end{cases}$ |

em que C_0 é o efeito pepita, a é o alcance, h é a distância, C_1 é a contribuição, sendo que $C_0 + C_1$ recebe o nome de patamar.

Para a construção do mapa, foi usada a krigagem ordinária, que segundo Yamamoto e Landim (2013) é o método mais utilizado pela simplicidade e resultados que proporciona. A krigagem ordinária é um método local de estimativa e, dessa forma, a estimativa em um ponto não amostrado resulta da combinação linear dos valores encontrados na vizinhança próxima.

O estimador da krigagem ordinária é:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

em que x_0 é o ponto a ser predito, λ_i é o peso do i -ésimo dado e $Z(x_i)$ é o valor da variável estudada no i -ésimo ponto.

Os pesos ótimos são calculados sob duas condições de restrição, dadas por Journel e Huijbregts (1978), ou seja, que o estimador não seja enviesado e que a variância de estimativa seja mínima. A condição de não viés do estimador é dada tomando $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$.

Resultados e discussão

Para uma análise exploratória dos dados, a grade deles é apresentada na Figura 2:

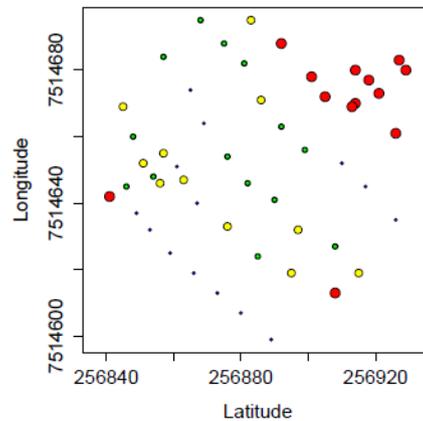


Figura 2. Grade dos dados, dividida em quartis

Na Figura 2 é possível visualizar a diferença dos níveis de teor de zinco do solo na área estudada por meio dos diferentes tamanhos e cores dos círculos, sendo que quanto maior, maior o nível do teor. Percebe-se também que o nível do teor de zinco do solo aumenta de acordo com o aumento conjunto da latitude e longitude.

Com base neste resultado, associando ao mapa de elevação digital, Figura 1(b), é possível verificar que na região de maior altitude apresenta-se também em uma área de planalto, que coincide

com valores elevados do nutriente. Portanto estes valores são justificados tendo em vista que a ação dos processos erosivos nesta região são reduzidos. Essa região com maiores teores de zinco associada a porção mais alta e plana do relevo pode ser utilizada como zona de manejo.

A grande variabilidade encontrada na área permite inferir que não pode-se empregar a média

das amostragens, pois na Tabela 2, verifica-se que a mediana representa de maneira mais adequada esta área. Caso a média fosse utilizada para corrigir os teores de zinco, estaria superestimando o valor do zinco.

Em relação aos dados amostrados, as estimativas de algumas estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2. Estimativas de algumas estatísticas descritivas em relação aos dados

| Média | Mediana | Variância | Desvio Padrão | Valor Mínimo | Valor Máximo |
|--------|---------|-----------|---------------|--------------|--------------|
| 0,6192 | 0,4700 | 0,2462 | 0,4962 | 0,0100 | 1,7900 |

Após uma análise de tendência nos dados, foi realizada uma modelagem de grau 2, trabalhando-se assim com os resíduos dos dados. Essa remoção facilita a visualização da variabilidade em relação a cada distância obtida pela distribuição dos dados.

O semivariograma empírico foi construído utilizando o estimador clássico de Matheron em relação aos resíduos dos dados com tendência de grau 2 modelada, com distância máxima de 60% e número mínimo de pares em relação a h igual a 5.

Na Figura 3, são apresentados quatro gráficos do semivariograma escolhido, onde cada um deles foi ajustado um modelo teórico.

Observa-se que o modelo teórico Wave é o que melhor se ajusta ao semivariograma empírico escolhido.

Foi realizada a validação dos resíduos dos dados em relação aos modelos teóricos ajustados. Comparando os valores observados em relação aos preditos fornecidos pela validação, por meio do ajuste de um modelo de regressão linear simples em cada gráfico, pode-se dizer que o comportamento dos valores observados e preditos do modelo Wave é o melhor em relação aos demais.

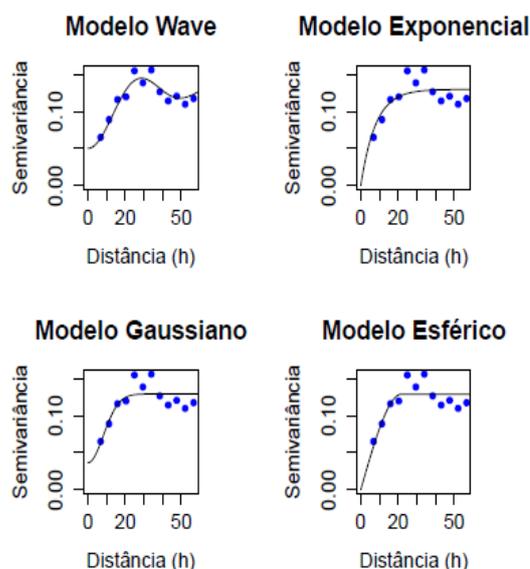


Figura 3. Modelo Wave, Exponencial, Gaussiano e Esférico, ajustados ao semivariograma escolhido

Na Tabela 3 encontram-se estimativas de importantes parâmetros na presente análise geoestatística.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros dos modelos teóricos ajustados, dos modelos de regressão linear simples e a dependência de Cambardella

| Modelo | C_0 | C_1 | C | a | Incli | Erromp | DepCamb |
|-------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| Wave | 0,0502 | 0,0783 | 0,1285 | 6,3932 | 0,9222 | 0,0079 | 39,0677 |
| Exponencial | 0,0000 | 0,1304 | 0,1304 | 7,9209 | 0,8732 | 0,0025 | 0,0000 |
| Gaussiano | 0,0364 | 0,0933 | 0,1297 | 11,6542 | 0,8614 | 0,0078 | 28,0555 |
| Esférico | 0,0000 | 0,1295 | 0,1295 | 21,8260 | 0,8119 | 0,0099 | 0,0000 |

em que Incli é a estimativa do parâmetro de inclinação de um modelo de regressão linear simples ajustado aos valores preditos em relação aos observados, Erromp é o erro médio padronizado e DepCamb é a dependência de Cambardella.

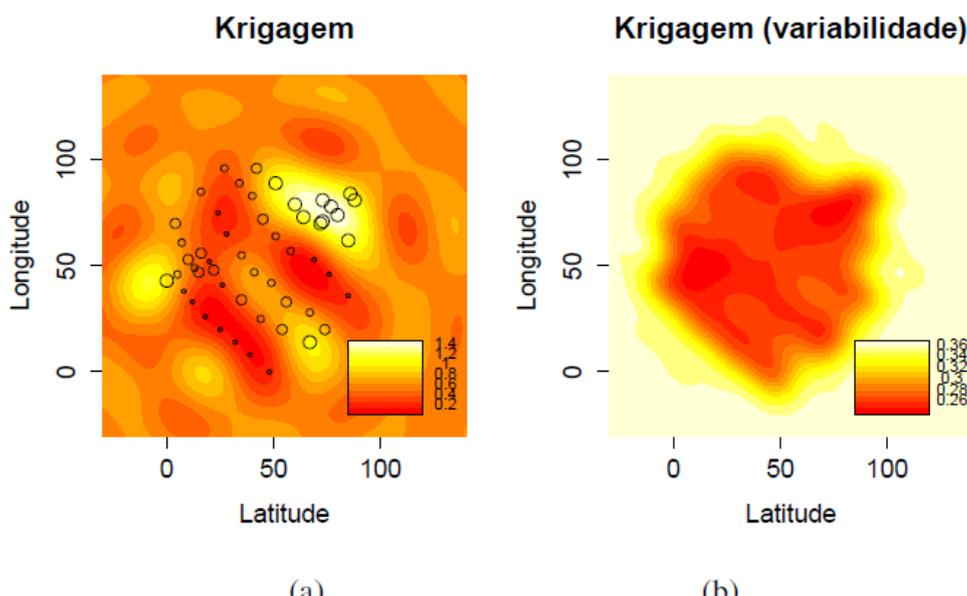


Figura 4. (a) Mapa de Krigagem em relação aos dados e (b) em relação a variabilidade dos dados

Observando a Tabela 3, o valor do alcance do modelo Wave não é plausível ser comparado aos demais pelo fato de que não apresenta necessariamente um alcance, devido a ser cíclico seu comportamento. Observando as estimativas do parâmetro de inclinação, o modelo Wave foi o que resultou mais próximo de 1, implicando que os valores observados e preditos são mais parecidos que os demais. Essa estimativa é um bom critério para escolhê-lo, portanto, ele foi o escolhido para realizar o mapa de Krigagem.

Na Figura 4(a) é apresentado o mapa de Krigagem dos dados e na Figura 4(b) é apresentado o mapa de Krigagem da variabilidade dos dados. Observando a Figura 4(a), percebe-se que o nível de teor de zinco do solo apresenta o comportamento do modelo Wave em relação ao crescimento da latitude e longitude conjuntamente, ou seja, inicia com nível baixo de teor, depois aumenta, volta a diminuir e quando chega nas maiores latitude e longitude o nível de teor volta a aumentar, apresentando relação com as áreas de maiores altitudes.

Pela Figura 4(b), verifica-se que ocorre variabilidade na distribuição deste nutriente. Só é possível caracterizar zona de manejo na região de maior altitude. De acordo com a Tabela 2, para os valores de mínimo e máximo, o teor deste atributo apresenta grande variabilidade, variando entre muito baixo a bom (CANTARUTTI et al., 1999). Apesar da grande variabilidade encontrada, essa só é passível de ser corrigida e economicamente aplicável de acordo com poucas zonas de variabilidade. Dessa forma, segundo a classificação de Cantarutti et al. (1999), apenas 4 zonas de aplicação de fertilizantes seriam empregadas.

Empregar a correção em áreas com grande variabilidade, exige equipamentos sofisticados com tempo de retardo reduzido (MOLIN, 2002), o que

muitas vezes não está acessível a pequenos e médios agricultores.

Nas demais regiões, devido à grande variabilidade, não foi possível associar o comportamento do zinco apenas ao uso e ocupação da paisagem, não caracterizando outras zonas de manejo. Esta grande variabilidade provavelmente ocorre devido a processos antrópicos, principalmente relacionadas as práticas de adubação com base nos valores médios. Pode-se inferir, também, que o método de aplicação dos insumos nem sempre segue a recomendação realizada, haja vista que a falta de precisão na aplicação das quantidades recomendadas, aumenta a variabilidade.

Para Molin e Castro (2008) a estratégia na adoção de zonas de manejo ainda é pouco objetiva, sendo seus resultados observados ao longo de vários ciclos produtivos, sendo estes determinados por atributos que apresentem baixa variabilidade temporal. Dessa forma há necessidade de realizar novos trabalhos na mesma área para determinar zonas de manejo.

Conclusão

O presente trabalho alcançou o objetivo desejado, concluindo-se que apenas a porção do relevo de maior altitude e mais plana pode ser considerada para o emprego de zonas de manejo.

Agradecimentos

Agradecimentos a FAPEMIG pelo apoio financeiro e ao Grupo de Pesquisa em Estatística Espacial da UFLA pelo apoio científico.

Referências

BORKERT, C. M. Micronutrientes na planta. In: BÜLL, L. T.; ROSELEM, C. A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de

- adubação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1986. p. 309-329.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VENEGAZ, V. H. A. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: UVF, 1999. Cap. 3, p. 21-27.
- GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análises exploratória e geostatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1149-1157, 2001.
- JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, J. C. H. Mining geostatistics. New York: Academic Press, 1978. 600 p.
- MATHERON, G. *Traité de géostatistique appliquée*. Tome I. *Memoires du Bureau de Recherches Geologiques et Minieres*. No.14. Paris: Technip. 1962.
- MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.
- MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. Science Agricola, Piracicaba, v. 65, p. 567-573, 2008.
- OLIVEIRA, M. C. N. de. Métodos de estimação de parâmetros em modelos geoestatísticos com diferentes estruturas de covariância: uma aplicação ao teor de cálcio no solo. 2003. 138 p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica), ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.
- R CORE TEAM R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, URL <http://www.R-project.org/>. 2016. Software.
- RIBEIRO JR, P. J.; DIGGLE, P. J. geoR: a package for geostatistical analysis. R NEWS, v. 1, n. 2, p. 14-18, June 2001. ISSN 1609-3631. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>.
- SOARES, M. A. Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (Zea Mays L.) Piracicaba: USP, 2003. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ/USP, Piracicaba, 2003.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.).
- Tópicos em ciência do solo. Viçosa MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-53.
- SALVIANO, A. A. C. Variabilidade de atributos de solo e de Crotalaria juncea em solo degradado do município de Piracicaba-SP. 1996. 91 p. Tese (Doutorado em Agronomia), ESALQ/USP, Piracicaba, 1996.
- YAMAMOTO, J. K.; Landim, P. M. B. Geoestatística: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, 215 p.