

ESTUDO DE POSIÇÕES E VARIAÇÕES ESPACIAIS, PARA ALGUNS ATRIBUTOS FÍSICOS, EM SOLO DE CERRADO UTILIZADO COM CAFEICULTURA, SUBMETIDO A DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

BORGES, E.N.¹; PASSOS, R.R.²; CORRÊA, G.F.³; GUIMARÃES, E.C.⁴; SILVA, C.A.⁵; BORGES, E.V.S.⁶ e GUIMARÃES, P.T.G.⁷

- Trabalho financiado pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ-CBP&D/Café -

¹ Professor do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG, <elias@ufu.br>; ² Aluno de Graduação do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ³ Professor do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁴ Professor do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁵ Aluno de Graduação do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁶ Professora do Instituto Ciências Agrárias UFU Uberlândia-MG; ⁷ Pesquisador da EPAMIG/CTSM Lavras-MG.

RESUMO: O café é o produto agrícola de maior contribuição para a economia brasileira. A expansão da cafeicultura no cerrado ocorre com investimentos elevados em variedades, adubações e irrigações. Pesquisas da qualidade do ambiente do solo, com mapeamento georreferenciado para constituir um banco de dados de atributos físicos, são escassas para possibilitar adoção de manejo mais sustentável. O trabalho teve como objetivo criar um banco de dados georreferenciados, com mapeamento estatístico/geoestatístico dos níveis de compactação, densidade e porosidade total do solo. Duas malhas amostrais de 45 x 55 m, contendo cada 45 pontos georreferenciados com GPS, uma com o controle de plantas daninhas com herbicida de contato e a outra com controle de plantas daninhas com uso de gradagens sucessivas, foram demarcadas numa lavoura de café Mundo Novo (376/19) pertencente à Estação Experimental da EPAMIG, Patrocínio-MG. As determinações dos níveis de compactação obtidas com o penetrômetro de impacto e as amostragens de solo para a determinação das densidades, bem como a porosidade total do solo, efetuadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm e realizadas três vezes ao ano, foram obtidas nas posições meio da rua, rodada do trator e saia do cafeeiro, em pontos georreferenciados de 5 x 10 m. Observou-se efeito diferenciado entre os métodos de controle de plantas daninhas por herbicida e por gradagens para cada uma das posições estudadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Ocorreu elevada dependência espacial, principalmente na camada de 20 – 40 cm, para os atributos analisados.

Palavras-chave: física do solo, variabilidade espacial, cafeicultura.

STUDY OF POSITIONS AND SPATIAL VARIABILITY OF SOME ATTRIBUTES OF CERRADO SOILS WITH COFFEE UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT: Coffee is the agricultural product that most contribute to the incoming of exchange value to brazilian economy. The coffee plantation expansion in the hedge occurs with high investments in variety, application of fertilizer, irrigation, insects and diseases control. Although, quality research of and soil environment for the crop, with georeferenced listing to compose a data bank of soil physical attribute are scases to allows adoption of soil management techniques more supportable. The present work has the objective of create a data bank georeferenced, with statistical and geostatistical of the physical attributes: compaction, soil density and soil total porosity. For this, two sample meshes of 45 X 55 m, containing each 45 points georeferenced, of 5 x 10 m, with GPS, one with damaging herb control with contact herbicide, applied when the infestation is well established and other mesh with damaging herb control with use of succeding vailling in the interlineation were demarcated in a coffee planting type new world (376/19) pertaining to the EPAMIG'S experimental farm, Patrocínio – MG. The determination of the compaction level with the impact penetrometer and the soil samples to determinate soil density and total porosity were effectuate in the profundity of 0-20 and 20-40 cm in street middle, tractor wheel marking and canopy projection. The results of the physical attributes shown that have differentiated effects between the control methods of damaging herbs by ´herbicidas ´ and for rails to each one of the studied position in the profundities of 0-20 and 20-40 cm. Occur elevated spatial dependence in the 20 -40 cm layer to the analyzed attributes.

Key words: soil physic, spatial variability, coffee plantation.

INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro é de grande importância na agricultura e na economia brasileira desde a sua introdução no Brasil. Minas Gerais é o Estado brasileiro que detém a maior área plantada em solos de cerrado, totalizando aproximadamente 46% do total cultivado no Brasil (AGRIANUAL 2000). Essa significativa área plantada em solos de baixa fertilidade natural em Minas deve-se à introdução da cafeicultura no cerrado, onde se tem registrado não somente produtividade satisfatória mas também qualidade excepcional do produto, possibilitando que o Café do Cerrado esteja situado entre as melhores bebidas do mundo.

Com o uso intensivo do solo, é comum a ocorrência de problemas físicos que interferem diretamente no desenvolvimento das plantas. Dentre os aspectos físicos, a compactação do solo merece especial atenção, por se refletir no crescimento de raízes, na disponibilidade de água e nutrientes, nas

trocas gasosas e na atividade de macro e microrganismos. A determinação do estado de compactação, da densidade e da porosidade do solo possibilita adequadas recomendações, com melhor exploração agrícola, propiciando maior produtividade e melhor conservação do solo.

Até o momento, a estatística clássica é a principal ferramenta utilizada nos estudos da Ciência do Solo. No entanto, ela, além de considerar a casualização como um dos princípios fundamentais de sua utilização, preconiza a independência dos resultados das amostras a curta distância. Uma amostragem simples ao acaso nem sempre é a forma mais eficiente de estimar os parâmetros relacionados aos solos, pois, além de existir grande variabilidade casual, há também variabilidade espacial, o que pode ser explicado pela grande variação da paisagem e por fatores de formação e do próprio uso e manejo do solo. O uso da Geoestatística vem se mostrando eficaz na investigação da dependência espacial e/ou temporal de atributos do solo, possibilitando otimizar as recomendações, evitando que a variabilidade a pequenas distâncias influencie a produtividade da cultura.

Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos: resistência à penetração, densidade do solo e porosidade total, em solo de cerrado, atualmente cultivado com café, por meio da metodologia geoestatística; caracterizar o estado físico do solo nos dois sistemas de manejo; estudar a variabilidade espacial de alguns atributos físicos deste solo; e contribuir para identificação de metodologias estatísticas adequadas a condições de campo não controladas.

MATERIAL E MÉTODOS

As determinações e as amostras de solos estão sendo coletadas em uma área de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa, topografia leve ondulada, na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), em Patrocínio/MG, localizada na região do Alto Paranaíba, a uma latitude de 18° 57'00"S, longitude de 47° 00'00"W de Greenwich e altitude de 934 metros. A temperatura média anual está entre 20 e 22 °C e a precipitação pluviométrica média anual é de 1.372 mm, com períodos de seca e de chuva bem definidos.

O café (*Coffea arabica*) cultivado foi o Mundo Novo (376/19), com 13 anos de idade, plantado no espaçamento de 3,5 x 1,0 m (uma planta por cova), em regime de sequeiro.

Foram selecionadas e demarcadas duas malhas de 45 x 55 m, contendo cada uma 45 pontos equidistantes de 5 x 10 m, os quais foram georreferenciados com o uso do GPS (sistema de posicionamento global). Nestas malhas foram implantados os seguintes tratamentos de controle das

plantas daninhas: 1) convencional, com uso da grade nas entrelinhas; e 2) controle de plantas daninhas com herbicida de contato, dessecadas no período de pleno desenvolvimento vegetativo.

Os pontos de amostragem corresponderam às regiões do meio da rua, saia do café e rodada do trator, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Nestes pontos foram coletadas amostras para análises físicas de densidade do solo, pelo método do anel volumétrico; densidade de partículas e porosidade total, conforme EMBRAPA (1997); e resistência à penetração próximo aos pontos de amostragem, mediante o uso do penetrômetro de impacto, conforme STOLF (1991).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise geoestatística, com o objetivo de se definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos do solo envolvidos neste estudo, obtendo-se assim os semivariogramas e, posteriormente a estimativa pelo método de Krigagem e o mapeamento de cada atributo físico. Aplicou-se ainda o teste t de Student a 5% da estatística clássica para comparar as médias desses atributos nos diferentes sistemas de manejo e posições das amostragens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que os valores de densidade do solo foram maiores na região da rodada do trator quando comparado com o meio da rua e a saia do cafeeiro, independentemente do tipo de controle das plantas daninhas (Tabela 1). Possivelmente esse fato esteja relacionado com o tráfego de todo o maquinário utilizado na área para os tratamentos de manejo da cultura. Verificam-se, na posição da saia do café, menores valores de densidades na camada de 20-40 cm, refletindo o efeito do sistema radicular, enquanto nas outras posições estudadas os maiores valores de densidades estão situados na camada de 20-40 cm. Quanto à porosidade total, observa-se que não houve variação estatisticamente significativa nas duas profundidades e nos dois tipos de manejos estudados (Tabela 1).

Comparando os locais de amostragens, verifica-se que a porosidade total do solo na profundidade de 0-20 cm foi significativamente maior no meio da rua, em relação às regiões da saia do café e rodada do trator, as quais não diferiram entre si quando o controle de plantas daninhas foi efetuado com o uso do herbicida no pleno desenvolvimento vegetativo (Tabela 1), refletindo assim o efeito do sistema radicular e da própria cobertura oferecida pela planta daninha. Por outro lado, com o controle das plantas daninhas com gradagens sucessivas, as posições meio da rua e saia do café não diferiram entre si e foram significativamente superiores à posição da rodada do trator (Tabela 1), refletindo desse modo o efeito da movimentação de máquinas e implementos na superfície sem cobertura.

Com relação à profundidade de 20-40 cm, constata-se que, efetuando o controle de plantas daninhas com herbicida, a menor porosidade total foi observada no meio da rua (Tabela 1), refletindo assim possível ausência do efeito radicular das plantas daninhas. Já com o uso de gradagens para controle das plantas daninhas, verifica-se que a saia e a rodada do trator não diferiram entre si e foram menores do que no meio da rua.

Com relação à resistência a penetração da agulha de cone de um penetrômetro de impacto, observa-se que na profundidade de 0-20 cm a posição rodada do trator apresentou resistência significativamente maior do que as posições saia da planta e meio da rua, as quais não diferiram entre si tanto no controle de plantas daninhas com herbicida quanto com gradagens sucessivas (Tabela 1). Já para a profundidade de 20-40 cm observa-se uma inversão, ou seja, a resistência a penetração foi significativamente menor na posição rodada do trator, comparativamente a saia do café e meio da rua, as quais não diferiram entre si. Essa observação evidencia que a pressão do rodado da máquina ou mesmo de implementos não é transmitida a maiores profundidades e que a compactação superficial poderá dificultar a formação de camada compactada subsuperficial. Neste caso, o uso de plantas que desenvolvam raízes a maiores profundidades poderá ser vantajoso.

Tabela 1 - Valores médios de densidade, porosidade e resistência à penetração, em distintas profundidades e regiões do cafeeiro, de solo submetido a dois sistemas de manejo

Manejo	Profundidade	Localização		
		Meio	Saia	Rodada
Densidade de Solo (kg.dm⁻³)				
Herbicida	0-20 cm	1,11 b	1,14 b	1,22 a
	20-40 cm	1,14 a	1,11 a	1,10 a
Grade	0-20 cm	1,17 a	1,09 b	1,22 a
	20-40 cm	1,08 a	1,08 a	1,09 a
Porosidade total (dm³.dm⁻³)				
Herbicida	0-20 cm	0,58 a	0,53 b	0,53 b
	20-40 cm	0,54 b	0,57 a	0,58 a
Grade	0-20 cm	0,55 a	0,57 a	0,52 b
	20-40 cm	0,59 a	0,56 b	0,58 ab
Resistência à Penetração (kgf.cm⁻²)				
Herbicida	0-20 cm	25,85 b	21,23 b	54,91 a
	20-40 cm	44,66 b	42,52 b	28,52 a
Grade	0-20 cm	21,12 b	21,45 b	42,30 a
	20-40 cm	37,11 b	46,24 a	46,35 a

Médias seguidas da mesma letra na linha, para cada manejo e profundidade, não diferem entre si pelo teste t de Student a 5%.

Observou-se, para os valores de densidade do solo, porosidade total e resistência à penetração, no manejo de controle de plantas daninhas com herbicida, independentemente da profundidade de amostragem, e no manejo com grade, na profundidade de 0-20 cm, que ocorreu independência espacial para distâncias iguais ou superiores a 5 m, mostrando baixa variabilidade casual expressa pelo efeito pepita puro (Tabela 2), não justificando assim tratamento geoestatístico para essas variáveis estudadas.

Constata-se que todos os atributos físicos estudados tiveram comportamento diferenciado no manejo com gradagens, na profundidade de 20-40 cm, observando dependência espacial expressa pelo modelo de semivariograma esférico, com alcance de dependência de 7 m para a variável porosidade total e de 6,5 m para resistência à penetração (Tabela 2). Por outro lado, a variável densidade do solo apresentou dependência espacial, expressa pelo modelo de semivariograma linear sem patamar, representando um fenômeno de infinita capacidade de dispersão (Tabela 2). Neste caso, a extensão da malha, ou seja, o campo de amostragem, não foi suficiente para detectar o alcance de tal dependência para esse atributo. Esses resultados revelam ainda a necessidade da inclusão destas dependências nas estimativas realizadas nas práticas de manejo quando o controle das plantas daninhas for realizada com a grade.

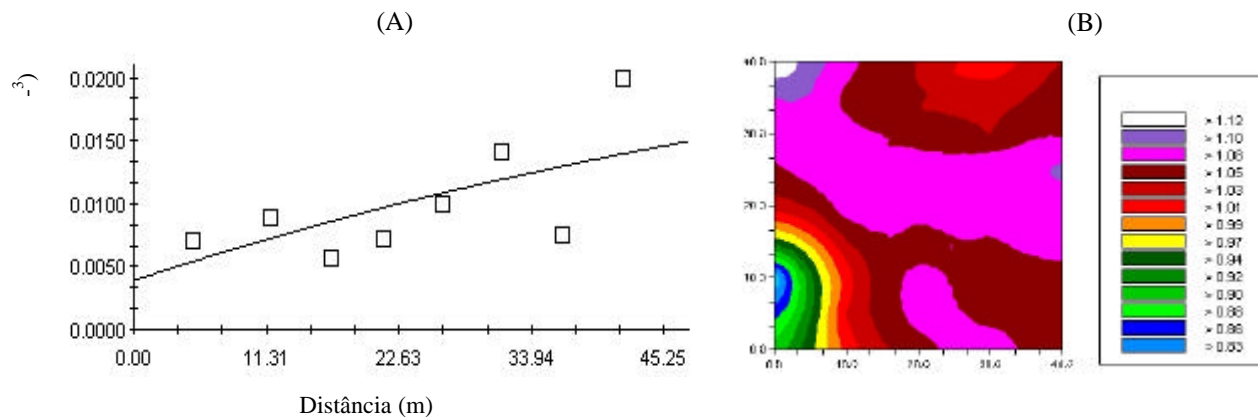


Figura 1 - Semivariograma (A) e mapa (B) dos valores de densidade do solo (kg dm^{-3}) no sistema de manejo com grade e profundidade de 20-40 cm.

Tabela 2 - Coeficientes das funções dos semivariogramas teóricos e médias dos atributos físicos para os dois sistemas de manejo e profundidades

Manejo	Atributo	Modelo	Co	C	a	b	Média
Profundidade 0-20 cm							
Herbicida	Densidade do solo	EPP	0,0086	----	----	----	1,16
	Porosidade total	EPP	0,0016	----	----	----	0,55
	Resist. à Penetração	EPP	262,0369	----	----	----	34,00
Grade	Densidade do solo	EPP	0,0085	----	----	----	1,16
	Porosidade total	EPP	0,0014	----	----	----	0,55
	Resist. à Penetração	EPP	116,6621	----	----	----	28,29
Profundidade 20-40 cm							
Herbicida	Densidade do solo	EPP	0,0056	----	----	----	1,12
	Porosidade total	EPP	0,0011	----	----	----	0,56
	Resist. à Penetração	EPP	125,2582	----	----	----	48,57
Grade	Densidade do solo	LSP	0,0039	----	----	0,00025	1,06
	Porosidade total	ESF	0,0001	0,0012	6,96	----	0,58
	Resist. à Penetração	ESF	11,0000	79,5000	6,52	----	43,24

Co – efeito pepita; Co +C – Patamar; a – alcance (m); b - coeficiente angular. EPP – efeito pepita puro; LSP – modelo linear sem patamar; ESF – modelo esférico.

Obs.: Médias de densidade do solo expressas em $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$; porosidade total, em $\text{dm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$; e resistência à penetração, em $\text{kgf} \cdot \text{cm}^2$.

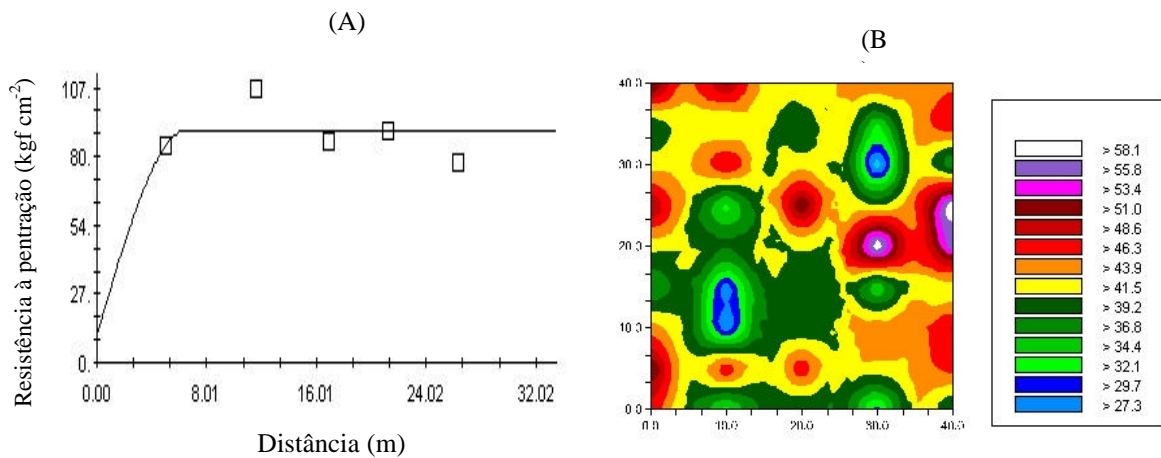


Figura 2 - Semivariograma (A) e mapa (B) dos valores de resistência à penetração ($\text{kgf} \cdot \text{cm}^{-2}$) no sistema de manejo com grade e profundidade de 20-40 cm.

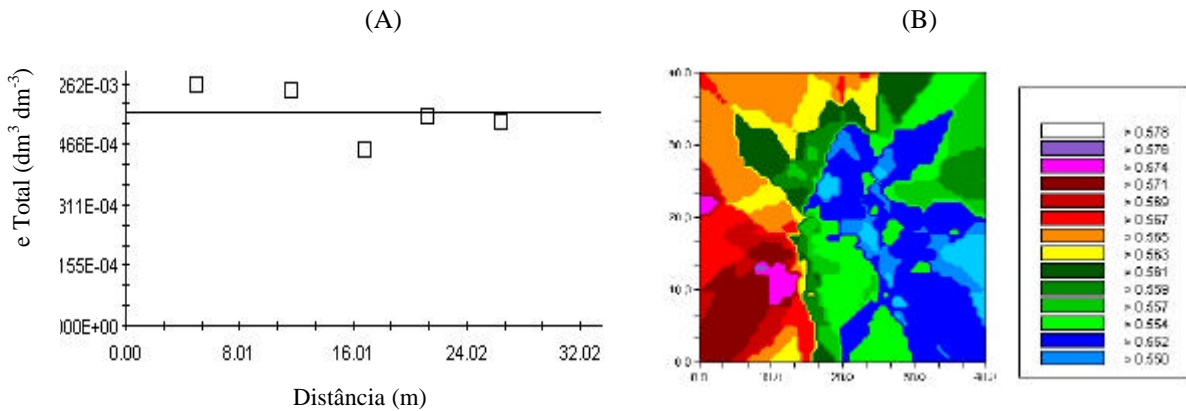


Figura 3 - Semiovariograma (A) e mapa (B) dos valores de porosidade total ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$) no sistema de manejo com herbicida e profundidade de 20-40 cm.

CONCLUSÕES

- A utilização da geoestatística e o mapeamento das variáveis estudadas revelaram-se importantes ferramentas para tomada de decisões em sistemas de uso do solo com a cultura do café, visando sobretudo a sustentabilidade do ecossistema.
- Os sistemas de manejo das plantas daninhas induziram respostas diferenciadas dos atributos físicos estudados nas posições saia, rodada do trator e meio da rua. .
- O planejamento da amostragem de solo para análises, a interpretação dos dados e a correção de atributos físicos, como níveis de compactação, densidade do solo e porosidade total, devem ser efetuados tanto em termos quantitativos como qualitativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2000. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo-SP: FNP, 2000. 239p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.