

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NO RECÔNCAVO DA BAHIA

TAÍZA NOGUEIRA BARROS¹, JOSÉ FERNANDES MELO FILHO², DEVISON SOUZA PEIXOTO³, VICTOR FERREIRA BRANDÃO⁴, MARIA GABRIELA DE QUEIROZ⁵, WILBER PEREIRA MACHADO⁶.

¹Mestre em Solos e Qualidade dos Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil. taizanogueira@hotmail.com

²Doutor em Agronomia Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo, USP, Brasil. Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Ceará, UFC, Brasil. Graduação em Agronomia. Universidade Federal da Bahia, UFBA, Brasil. jfmelo@ufrb.edu.br

³Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. Graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. devison.ufrb@gmail.com

⁴Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB, Brasil. Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil. brandaovf@gmail.com

⁵Doutora em Agronomia Meteorologia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. Mestre em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil. mg.gabi@hotmail.com

⁶Graduação em andamento em Agronomia na Universidade Estadual de Goiás - Palmeiras de Goiás, UEG, Brasil. wilber.pereira@hotmail.com

RESUMO

O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos dos solos é particularmente de grande importância em áreas onde o solo está sob plantio direto. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de três atributos químicos de um Latossolo Amarelo Distrocoeso, sob sistema de plantio direto. O trabalho foi realizado em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas – BA, o esquema de amostragem utilizado foi um “grid” formado pela interseção de 50 pontos, espaçados em intervalos regulares de 2 m, em cada ponto foram coletadas amostras deformadas, utilizadas para avaliar os seguintes atributos: pH em água (acidez efetiva), CTC_{efetiva} e matéria orgânica do solo. Os atributos químicos do solo foram avaliados por meio da estatística descritiva e de técnicas geoestatísticas. A acidez ativa do solo (pH em água) apresentou distribuição normal e o coeficiente de variação foi classificados como baixo. O modelo gaussiano foi o modelo que melhor ajustou-se à acidez ativa do solo. A CTC_{efetiva} apresentou distribuição normal, o coeficiente de variação foi baixo e ajustou-se melhor ao modelo gaussiano apresentando forte grau de dependência espacial. A M.O.S. apresentou distribuição normal, o CV foi classificado como baixo e apresentou efeito pepita puro.

Palavras-chave: Geoestatística; Latossolo; propriedades químicas.

SPATIAL VARIABILITY OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF OXISOL UNDER NO-TILLAGE TILLAGE IN THE BAHIA RECONCAVO

ABSTRACT

The study of the spatial variability of the chemical attributes of the soil is particularly of great importance in areas where the soil is under different management. Thus, this study aimed to evaluate and compare the spatial variability of three chemical attributes of Latosol Distrocoeso, under no-tillage systems. The work was carried out in experimental field of Federal University of Bahia Reconcavo, located in Cruz das Almas - BA, the sampling scheme used was a "grid" formed by the intersection of 50 points, spaced at regular intervals of 2 m, at each point deformed samples were collected and used to evaluate the following attributes: water pH (effective acidity), and CTC_{efetiva} soil organic matter. The soil chemical properties were assessed using descriptive statistics and geostatistics. The active soil acidity (pH in water) presented normally distributed and the coefficients of variation were classified as. The Gaussian model was the model that best fit the active acidity of the soil. The CTC_{efetiva} presented normally distributed, and coefficients of variation as low and adjusted better to the Gaussian model presenting a strong degree of spatial dependence. The M.O.S. presented normally distributed, and the CV was rated low showed pure nugget effect.

Keywords: Geostatistics; oxisol; chemical properties.

1 INTRODUÇÃO

Os fatores e processos de formação provocam variabilidade espacial nos atributos químicos do solo. Aliado a isto, o tipo de uso e manejo são causas adicionais de variabilidade. De acordo com Souza et al. (2001), a variabilidade espacial, tanto horizontal quanto vertical, de várias propriedades do solo, inclusive da fertilidade do solo, depende de fatores de formação do solo e fatores relacionados com o manejo do solo. Através da geoestatística, a análise pode indicar alternativas de manejo, não só para diminuir os efeitos da variabilidade espacial sobre a produção das culturas, como também para estimar respostas das plantas a determinadas práticas de manejo.

O solo por ser um sistema extremamente heterogêneo, é de grande importância o conhecimento de sua variabilidade espacial, devendo ser levado em consideração no momento da amostragem. Os atributos químicos apresentam maior variação do que os atributos físicos, devido às diversas combinações a que estão sujeitos os elementos do solo e às constantes reações químicas que ocorrem na solução do solo, consequentemente, necessitam de maior número de amostras para estimá-los dentro da mesma área (JACOB e KLUTTE, 1976).

A geoestatística vem apresentando crescente aplicação na ciência do solo, tornando-se uma ferramenta importante no estudo de seus atributos correlacionados no espaço, ela incorpora em si a possibilidade de se estudar o comportamento da variabilidade espacial do solo, permitindo a interpretação dos resultados com base na estrutura dessa variabilidade espacial, além de também poder quantificar o seu tamanho (CAVALCANTE et al., 2007).

Na maioria das vezes o interesse da análise geoestatística não é apenas à obtenção de um modelo de dependência espacial, deseja-se também estimar valores em pontos não amostrados. Para se obter esse maior detalhamento da área em estudo é necessária a utilização de um método de interpolação, como a krigagem (VIEIRA, 2000).

O estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo é particularmente importante em áreas sob manejos diferentes (SOUZA et al., 2001). Este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo em um Latossolo Amarelo Coeso sob sistema de plantio direto Recôncavo da Bahia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em campo experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no município de Cruz das Almas – BA, onde o clima local caracteriza-se por ser tropical quente e úmido com estação seca no verão, do tipo As segundo a classificação de Köppen. A pluviosidade média anual da região é de 1.224 mm, com a temperatura média anual de 22,45 °C e a umidade relativa do ar de 80 % (ALMEIDA, 1999). O solo da área foi classificado como um Latossolo Amarelo distrocoeso (EMBRAPA, 1999) e composição textural franco arenoso.

As amostras foram coletadas na área cultivada com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) sob o sistema de plantio direto. O esquema de amostragem utilizado foi um “grid” formado pela interseção de 50 pontos, espaçados em intervalos regulares de 2 m nos quais se retiraram amostras deformadas.

Em cada ponto foi coletado aproximadamente 1 kg de amostra deformada, utilizadas para avaliar os seguintes atributos químicos: pH do solo (acidez ativa), capacidade de troca de cátions (CTC_{efetiva}) e matéria orgânica do solo (M.O.S.).

O pH do solo (acidez efetiva) foi determinado através da leitura direta no pHmetro, conforme metodologia de Embrapa (2009).

A CTC_{efetiva} foi calculada com base na análise do solo através da soma do cátion Al³⁺ aos cátions de reação básica: $CTC_{efetiva} = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+} + Al^{3+}$.

A matéria orgânica do solo foi determinada pelo método estabelecido por Raij et al. (2001).

O conjunto de resultados obtidos foi estatisticamente analisado em duas etapas. Na primeira realizou-se a estatística exploratória descritiva e teste de Shapiro & Wilk a 5% para verificação da normalidade. Nesta etapa realizou-se também a verificação da presença de valores extremos conforme proposição de Libardi et al. (1986). Na segunda etapa verificou-se o grau de dependência espacial, seguindo-se a proposta de Cambardella et al. (1994). Os semivariogramas foram estimados segundo Vieira (2000), cujos modelos foram selecionados com base na menor soma de quadrados de resíduos (SQR). Os mapas de estimativa por krigagem foram elaborados no programa GS+ (ROBERTSON, 1998).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva para o pH do solo estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva do pH do solo em sistema plantio direto no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS
Nº OBSERVAÇÕES	50
MEDIA	5,53
MEDIANA	5,48
CV (%)	6,63
ASSIMETRIA	-0,07
CURTOSE	-0,81
1º QUARTIL	5,30
3º QUARTIL	5,87
MAX	6,18
MIN	4,79
TESTE P<W	0,182 (N)
VALORES EXTREMOS	-

P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Observa-se na Tabela 1 que, a acidez do solo (pH em água) apresentou valores de média e mediana próximos, assimetria negativa (-0,072), o coeficiente de curtose foi de -0,818, classificado como platicúrtico e indicando que a distribuição foi aproximadamente simétrica e normal, podendo ser confirmado pela reta de Henry, blox-plot (Figura 1) e teste Shapiro Wilk (W) (Tabela 1). O valor do coeficiente de variação foi de 6,63% sendo classificado como baixo (WARRICK & NIELSEN, 1980). Para este atributo não foi identificado a presença de valores extremos (Tabela 1).

Pode-se verificar em termos absolutos (Tabela 1) que no plantio direto, o valor médio do pH foi de 5,53, com valor mínimo de 4,79 e máximo de 6,18, ainda observa-se que 75% dos valores ficaram acima de 5,30, sendo este valor considerado quimicamente como acidez média e agronomicamente classificado como baixo, considerado inadequado para o desenvolvimento das culturas (ALVAREZ et al., 1999), situação que indica a necessidade de correção para níveis considerados adequados.

A análise geoestatística para o atributo químico pH do solo mostrou que os resultados apresentaram efeito pepita puro no sistema plantio direto (Tabela 2).

Tabela 2 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para o pH do solo em sistema de plantio direto no Recôncavo da Bahia.

VARIÁVEL	MODELO	C ₀	C ₀ + C ₁	a (m)	C ₀ /(C ₀ + C ₁)	GD (%)
PLANTIO DIRETO						
K ₀ (cm h ⁻¹)	EPP	-	-	-	-	-

EPP – Efeito pepita puro, C₀ – Efeito Pepita, a – Alcance, C₀ + C₁ – Patamar, a – Alcance, GD – Grau de Dependência espacial.

O semivariograma experimental correspondente ao pH do solo sob plantio direto é apresentado na Figura 2. O melhor modelo ajustado no sistema plantio foi efeito pepita puro, resultado contrário foi observado por Cavalcante et al. (2007) para este sistema, que, estudando a variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos observaram que o modelo que melhor ajustou-se para o pH no plantio direto foi o esférico.

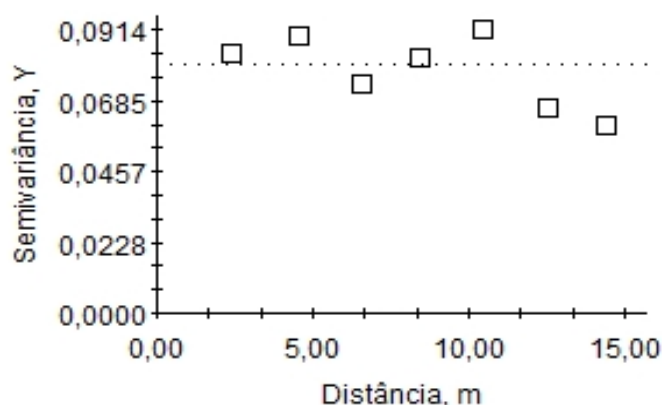


Figura 2 – Semivariogramas do atributo pH do solo sob plantio direto no Recôncavo da Bahia.

Na Tabela 3, mostra-se a estatística descritiva para a $CTC_{efetiva}$ do solo. Utilizando-se a metodologia proposta por Libardi et al. (1986) não foram encontrados valores extremos no sistema plantio direto.

Tabela 3 - Estatística descritiva da densidade do solo em sistema plantio direto no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS
Nº OBSERVAÇÕES	50
MEDIA (MMOL _c .DM ⁻³)	44,70
MEDIANA (MMOL _c .DM ⁻³)	44,62
CV (%)	7,17
ASSIMETRIA	0,47
CURTOSE	0,19
1º QUARTIL	41,67
3º QUARTIL	47,16
MAX	54,00
MIN	38,51
VALORES EXTREMOS	0

P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

Os dados da $CTC_{efetiva}$ apresentaram valores de média e mediana muito próximos (Tabela 3), podendo ser um indicativo de que as medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994), demonstrando que os dados estão adequados para a aplicação da geoestatística. A assimetria foi positiva com valor de 0,47. A curtose foi de 0,19 e leptocúrtica, indicando que a distribuição foi aproximadamente simétrica e normal, podendo ser confirmado pela reta de Henry (Figura 3) e teste Shapiro Wilk (Tabela 3).

O valor do coeficiente de variação foi classificado como baixo (Warrick & Nielsen, 1980). Para este atributo não se verificou a presença de valores extremos

Observa-se que a $CTC_{efetiva}$, no plantio direto, apresentou valor médio de 44,70 mmol_c dm⁻³, com valor mínimo de 38,51 mmol_c dm⁻³ e máximo de 54,00 mmol_c dm⁻³, e que 75% dos valores ficaram acima de 41,67 mmol_c dm⁻³. A média encontrada e o valor predominante (75%) foram classificados como média $CTC_{efetiva}$ de acordo com Ribeiro et al. (1999).

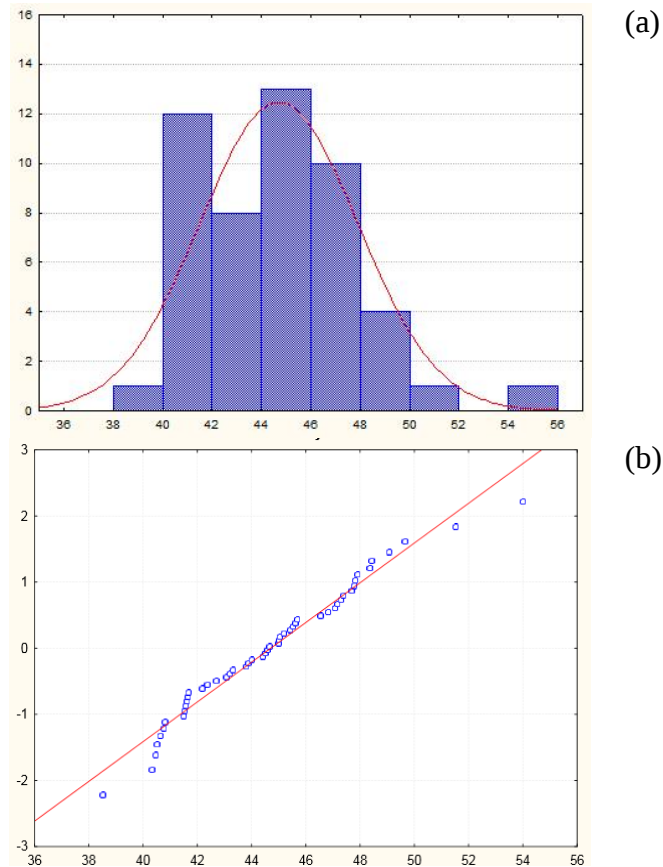


Figura 3 – Histograma de frequência para o número de observações (a), e reta de probabilidade de Henry (b), para $CTC_{efetiva}$ do solo no plantio direto.

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 4) mostraram que a $CTC_{efetiva}$ apresentou dependência espacial na área estudada.

Tabela 4 - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas experimentais para a $CTC_{efetiva}$ em sistema de plantio direto no Recôncavo da Bahia.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	$C_0 + C_1$	a (m)	$C_0/(C_0 + C_1)$	GD (%)
PLANTIO DIRETO						
$CTC_{efetiva}$ (mmol _c dm ⁻³)	Esférico	5,5	10,26	6	0,53	53

C_0 – Efeito Pepita, a – Alcance, $C_0 + C_1$ – Patamar, a – Alcance, GD – Grau de Dependência espacial.

A $CTC_{efetiva}$ ajustou-se melhor ao modelo esférico, o mesmo não foi encontrado por Ribeiro et al. (2008) avaliando a variabilidade espacial de características químicas do solo em pomar de videira. O alcance foi de 6 metros (Figura 4). O alcance é de importância fundamental para a interpretação dos semivariogramas, indicando a distância até onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si (VIEIRA, 1997), ou seja, os pontos localizados em uma área cujo raio seja o alcance são mais semelhantes entre si do que os separados por distâncias maiores. A relação $C_0/(C_0+C_1)$ mostrou grau de dependência espacial moderado para o sistema avaliado (Tabela 4).

O modelo de semivariograma experimental correspondente a $CTC_{efetiva}$ sob plantio é apresentado na Figura 4.

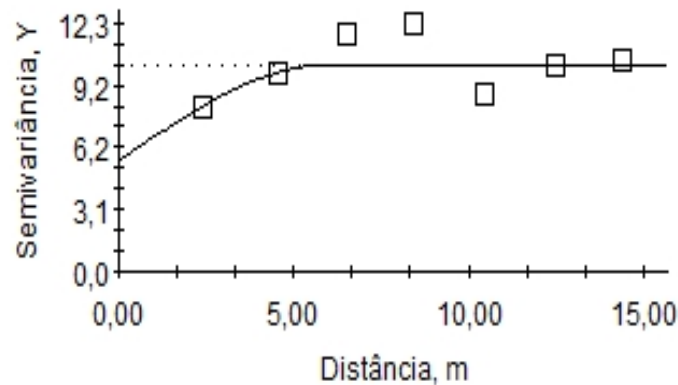


Figura 4 – Semivariogramas do atributo $CTC_{efetiva}$ do solo sob plantio direto no Recôncavo da Bahia.

A Figura 5 apresenta o mapa de krigagem e valores estimados para pontos não amostrados da $CTC_{efetiva}$ sob sistema de plantio direto. Observa-se que os valores estimados foram classificados como médio e muito bom (RIBEIRO et al.,1999) indicando assim a influência do manejo neste atributo.

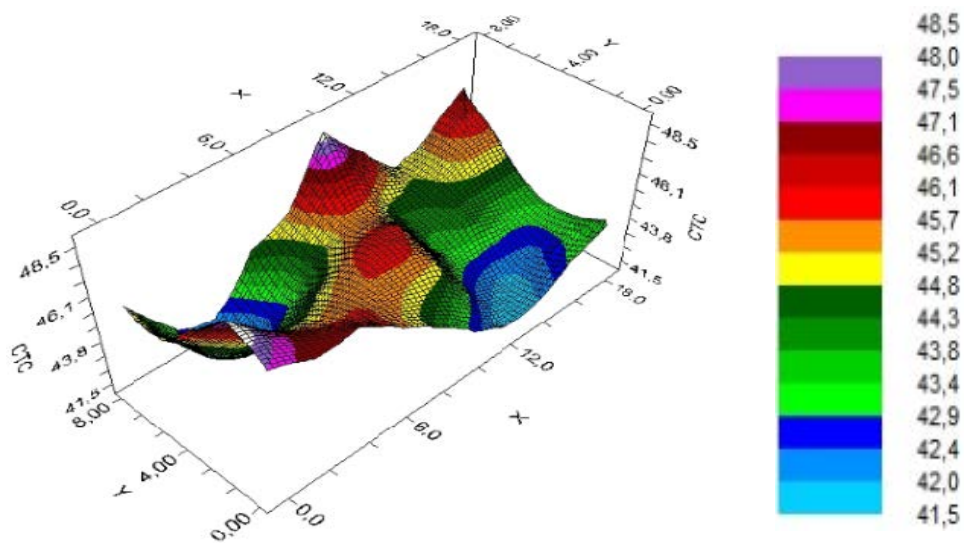


Figura 5 – Mapas de Krigagem da $CTC_{efetiva}$ do solo em sistema de plantio direto no Recôncavo da Bahia.

A estatística descritiva para os dados de Matéria Orgânica do Solo (MOS) são visualizados na Tabela 5. Os valores de média e mediana foram próximos (Tabela 5), apresentando assimetria positiva com o valor 0,10. O coeficiente de curtose foi de -0,48 e platicúrtico, indicando que a distribuição foi aproximadamente simétrica (Tabela 5).

Tabela 5 - Estatística descritiva da matéria orgânica do solo em sistema plantio direto no Recôncavo da Bahia.

	VALORES ORIGINAIS
Nº OBSERVAÇÕES	50
MEDIA (G DM ⁻³)	14,95
MEDIANA (G DM ⁻³)	14,86
CV (%)	14,46
ASSIMETRIA	0,10
CURTOSE	-0,48
1º QUARTIL	13,42
3º QUARTIL	16,66
MAX	19,55
MIN	10,49
TESTE P<W	0,655 (N)
VALORES EXTREMOS	0

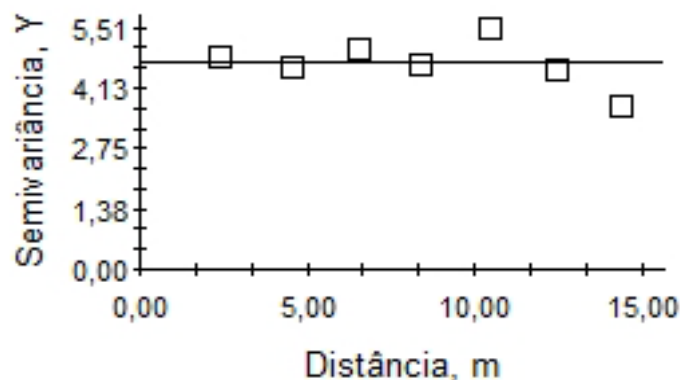
P < W = resultados do teste de normalidade de Shapiro & Wilk (5%)

O coeficiente de variação para o atributo M.O.S. no plantio direto foi de 14,46% sendo classificado como médios segundo Warrick & Nielson (1980). Valores próximos foram encontrados por Cavalcante et al. (2007) estudando a variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos, 12,4% no plantio direto.

Nos dados originais da matéria orgânica do solo (Tabela 5), os valores encontrados para máximo e mínimo foi de 19,55 g dm⁻³ e 10,49 g dm⁻³, respectivamente, observa-se também 75% dos valores apresentaram-se maiores que 13,42 g dm⁻³.

O plantio direto apresentou (Tabela 5) valor médio de matéria orgânica do solo de 14,95 g dm⁻³, e foi classificado como faixa próxima da média de acordo com a Comissão Estadual de Fertilidade do Solo - Salvador, BA (1989). Isto é explicado pela melhoria dos atributos do solo proporcionada pela utilização de cobertura no solo utilização neste sistema.

No estudo da variabilidade espacial para a matéria orgânica do solo, foi observada ausência de dependência espacial (Figura 7). O modelo apropriado para descrever o comportamento espacial dessa variável foi o modelo de efeito pepita puro. Nota-se que as semivariâncias experimentais estão em torno da linha paralela ao eixo x, portanto, a distribuição espacial da matéria orgânica do solo desta área experimental é aleatória e as amostras são independentes.

**Figura 7** – Semivariogramas do atributo matéria orgânica do solo sob plantio direto no Recôncavo da Bahia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A acidez ativa do solo apresentou distribuição normal e efeito pepita puro. A CTC_{efetiva} apresentou distribuição normal e moderado grau de dependência espacial, e a matéria orgânica do solo apresentou distribuição normal e efeito pepita puro.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O.A. Informações meteorológicas do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. 35 p.

ALVAREZ, V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG; 1999. p.67-78.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**. 1994; 58:1501 – 1511.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**. 2007; 37: 394-400.

CAVALCANTE, E.G.S.; ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químico do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 2007; 31:1329-1339.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (Salvador, BA). **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2.ed. rev. aum. Salvador: CEPLAC/EMATER-BA/EMBRAPA/ EPABA/NITROFÉRTIL, 1989. 173 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa informação tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

JACOB, W.L. & KLUTTE, A. Sampling soils for physical and chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 20:170-178, 1976.

LIBARDI, P. L.; PREVEDELLO, C. L.; PAULETTO, E. A.; MORAES, S. O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1986; 10: 85-90.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p1-359.

ROBERTSON, G.P. GS+ geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

SOUZA, L.S., COGO, N.P., VIEIRA, S.R. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo.** 1998; 22:77-86.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R.F.; Alvarez, V.H.; Schaefer, C.E.G.R. (eds). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2000. p1-53.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLED, D. (Ed). **Application of soil physics.** New York: Academic Press; 1980. p.319-344.