



Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas de plantio de cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul⁽¹⁾.

Emilia Carolina Konradt⁽²⁾; Laércio Alves de Carvalho⁽³⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Programa de Formação de Recursos Humanos (PFRH – PB 210) da Petrobras.

⁽²⁾ Estudante; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul; Dourados, Mato Grosso do Sul; emiliack@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

RESUMO: Com o intuito de suprir a baixa fertilidade apresentada em grande parte dos solos do país, a agricultura moderna utiliza-se de fertilizantes e corretivos. Porém, a utilização indiscriminada destes produtos pode causar poluição no solo e nas águas (superficiais e subterrâneas). Tendo em vista esta realidade, este trabalho teve como objetivo, analisar a variabilidade espacial dos atributos K, MO e CTC em solos cultivados com cana-de-açúcar em Rio Brilhante, MS. Para isso foram amostradas duas camadas de solo, 0 – 0,2m e 0,2 – 0,4m nos anos de 2012 e 2014. Aos dados obtidos foram aplicadas a estatística descritiva e a geoestatística, posteriormente foram criados mapas de distribuição espacial para as variáveis analisadas. Observou-se zonas potencialmente poluidoras do solo e das águas em que a concentração de K está elevada, quando comparada com o resto da área, sendo que estes mesmos locais apresentam valores de CTC e MO mais baixos, podendo levar à lixiviação do K. Conclui-se que esta técnica pode ser utilizada para o planejamento da adubação, bem como a avaliação da sustentabilidade ambiental da atividade agrícola.

Termos de indexação: Poluição do Solo; Qualidade do Solo; Geoestatística.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é hoje discutido nos mais diversos setores da sociedade, e não poderia ser diferente em se tratando da agricultura. Atividade essencial ao homem, a agricultura é uma das principais ocupações do território brasileiro e possui considerável representatividade na economia do país.

Levando em conta que a maioria dos solos do Brasil possuem como característica a baixa fertilidade natural, a agricultura moderna, que visa um alto rendimento, necessita suprir esta deficiência com a utilização de insumos, tais como fertilizantes e corretivos. Desta forma, as limitações químicas do solo são eliminadas e as exigências da cultura são atendidas (Manzatto et al., 2002).

Porém, neste contexto, Balsan (2006) ressalta que alterações profundas no meio ambiente têm sido provocadas pelo uso abusivo de adubos químicos, o que, segundo Manzatto et al. (2002) poderia ser evitado através do fornecimento balanceado de nutrientes. O mesmo autor sugere

como ferramenta para isto a análise de solo que permite a avaliação da disponibilidade de nutrientes na área.

Aliado a isto temos a geoestatística, que segundo Chuba (2012) e Vieira et al. (1983), vem sendo utilizada para o estudo da distribuição espacial de atributos do solo através da modelagem de semivariogramas, os quais permitem a construção de mapas através da predição de valores para pontos não amostrados, partindo de valores obtidos experimentalmente.

Objetivou-se através deste trabalho, realizar a análise espacial dos atributos potássio (K), matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, em uma área de cultivo intenso de cana-de-açúcar em Rio Brilhante – MS, visando a manutenção da qualidade ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Rio Brilhante, MS. As coordenadas da região são 21° 48' 07" de latitude Sul e 44° 32' 47" de longitude Oeste, com altitude média de 313 m acima do nível do mar. O relevo local é plano a suavemente ondulado, com solo do tipo Argissolo Vermelho e textura argilosa. O clima da região é do tipo Aw, tropical de savana com período chuvoso concentrado no verão e estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen.

Amostragem

O monitoramento foi realizado em uma área com aproximadamente 414.600 m² cultivada com cana-de-açúcar, onde criou-se uma malha de 40 pontos experimentais, distribuídos de forma aleatória e georreferenciados utilizando GPS Garmin 72H. Foram amostradas duas camadas 0–0,20m e 0,20–0,40m, utilizando-se trado do tipo Holandês. Determinou-se então os atributos K, MO e CTC utilizando metodologia da Embrapa (1997). A coleta de amostras foi realizada nos anos de 2012 e 2014.

Análise estatística

De posse dos valores de indicadores de qualidade do solo em cada camada e ano, foram aplicadas as técnicas geoestatísticas para o estudo da variabilidade espacial.

Porém, antes da aplicação das ferramentas geoestatísticas, os dados foram analisados através



da estatística descritiva, utilizando o software Sisvar 5.4, para visualizar o comportamento geral dos dados (Salviano, 1996). As medidas estatísticas calculadas foram: média, mínimo, máximo, variância, desvio padrão e curtose.

Foram construídos semivariogramas utilizando os 40 pontos amostrados, através do software GS+ (Geostatistics for the Environmental Sciences, version 7.0). Estes foram criados levando em conta a camada de solo (0,20–0,40m) e o ano (2012 e 2014) em que os dados foram adquiridos, a fim de analisar o grau de dependência espacial entre os pontos e estimar valores de locais não amostrados, através da técnica de krigagem (Salviano, 1996). Aplicou-se então a validação cruzada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva realizada nos dados estão expressos na **tabela 1**.

Através dos valores obtidos é possível observar um aumento significativo, tanto nos valores médios quanto nos valores máximos do atributo K, quando comparados os anos amostrados e as respectivas camadas, o que indica um aumento da concentração de tal atributo de um ano para outro, porém, para os dois anos analisados, esta se manteve mais elevada na camada superficial.

Para os atributos MO e CTC observou-se redução nos valores quando comparados os dois anos amostrados para a camada mais superficial, já para a camada de 0,2 – 0,4m os valores se mantiveram bastante semelhantes ou aumentaram, sugerindo um possível deslocamento da MO de uma camada para outra entre os anos, causando assim a elevação na CTC na mesma região, relação observada também por Ciotta et al. (2003).

Valores elevados de curtose são observados para o atributo K em todos os anos e profundidades o que acontece também para os valores de desvio padrão, fato observado também para a MO. Isto acarreta uma dificuldade no ajuste dos semivariogramas conforme apresentado na **tabela 2, figura 1, figura 2 e figura 3**.

Os semivariogramas de MO para o ano de 2012 (**Figura 3**) e CTC para o ano de 2014 (**Figura 2**) apresentaram efeito pepita puro, não sendo possível ajustá-los de forma satisfatória e conseqüentemente, não possibilitando a construção de mapas de distribuição espacial para estes parâmetros.

Para as demais condições estudadas, os semivariogramas apresentaram em geral um baixo efeito pepita e alcances que variam de um valor máximo de 910,9 m a um mínimo de 61,1 m, enquanto os coeficientes de determinação variaram de 29,2 a 75 %, sendo que os melhores ajustes, no geral, foram observados para o atributo K.

A análise da relação $C_0/(C_0+C_1)$ (**Tabela 2**)

mostrou que todas os atributos estudados apresentaram forte dependência espacial nas profundidades em estudo, excetuando-se nos casos em que ocorreu efeito pepita puro e também para a CTC no ano de 2014 e profundidade 0,2 – 0,4 m, na qual a dependência espacial observada foi moderada.

Tabela 1. Estatística descritiva dos atributos do solo para os talhões 1 e 2.

	Méd.	Mín.	Máx.	Var.	D P	Curt.
Ano - 2012						
Camada de 0,0 - 0,2 m						
K	0,12	0,06	0,34	0,00	0,05	8,90
MO	29,56	24,26	37,26	11,37	3,37	-0,35
CTC	11,48	8,06	15,29	2,11	1,45	0,50
Camada de 0,2 - 0,4 m						
K	0,08	0,06	0,20	0,00	0,03	6,13
MO	22,75	17,76	31,26	9,82	3,13	0,89
CTC	8,79	6,32	13,77	2,16	1,47	2,14
Ano - 2014						
Camada de 0,0 - 0,2 m						
K	0,21	0,06	0,83	0,03	0,17	6,06
MO	26,16	19,26	37,15	15,43	3,93	0,40
CTC	10,37	8,02	12,56	1,56	1,25	-0,95
Camada de 0,2 - 0,4 m						
K	0,16	0,04	0,55	0,01	0,12	5,11
MO	23,58	17,89	32,20	11,53	3,40	0,05
CTC	9,76	7,34	11,86	1,45	1,20	-0,78

K e CTC = $\text{Cmol}_c\text{dm}^{-3}$; MO = gdm^{-3} ; Méd. = Média; Mín. = Mínimo; Máx. = Máximo; Var. = Variância; D P = Desvio Padrão; Curt. = Curtose.

Os mapas de distribuição espacial criado para as variáveis analisadas estão apresentados na **figura 4**. Através dos mapas apresentados é possível verificar uma grande variação na concentração dos atributos em geral, gerando zonas de maior concentração, que podem representar zonas de preocupação, principalmente em se tratando do atributo K.

É possível observar, através dos mapas de distribuição, uma maior concentração do atributo K no canto superior direito para os dois anos e nas profundidades avaliadas, sendo que de um ano para outro, esta zona aumentou. Para estes mesmos locais, é possível observar, zonas de menor concentração de MO e também CTC.

Segundo Ronquim (2010), valores baixos de CTC no solo, indicam que este possui baixa capacidade para reter cátions em forma trocáveis; por conta disso, cátions em excesso podem sofrer o processo de lixiviação. Tendo em vista o exposto, áreas com baixa MO e CTC, porém valores mais elevados de K (observados nos mapas de distribuição), são áreas potencialmente poluidoras tanto do solo, quanto das águas, por conta da lixiviação de K.

Este método de avaliação de K pode ser utilizado para determinar as doses de fertilizantes a serem

aplicadas ao solo, uma vez que previne a aplicação de quantidades desnecessárias deste componente, contribuindo tanto economicamente, quanto para a sustentabilidade do solo.

Tabela 2. Coeficientes e modelos dos semivariogramas ajustados para os atributos – Ano 2012 e 2014.

Mod.	E P	P	A	$C_0/(C_0 + C)$	r^2	
Ano - 2012						
Camada de 0,0 - 0,2 m						
K	Esf	1×10^{-5}	4×10^{-3}	910,9	3×10^{-3}	72,5
MO	Lin	11,07	11,07	406,4	1,00	2,3
CTC	Gau	7×10^{-3}	1,88	72,4	4×10^{-3}	60,0
Camada de 0,2 - 0,4 m						
K	Esf	3×10^{-5}	1×10^{-3}	910,9	2×10^{-2}	75,0
MO	Esf	1×10^{-2}	9,59	56,4	1×10^{-3}	1,3
CTC	Gau	4×10^{-1}	2,45	69,3	2×10^{-1}	37,0
Ano - 2014						
Camada de 0,0 - 0,2 m						
K	Gau	7×10^{-3}	5×10^{-2}	705,3	1×10^{-1}	72,3
MO	Exp	4×10^{-1}	11,17	61,1	4×10^{-2}	29,2
CTC	Lin	1,50	1,50	406,4	1,00	1,1
Camada de 0,2 - 0,4 m						
K	Gau	7×10^{-3}	4×10^{-2}	754,6	2×10^{-1}	51,4
MO	Gau	5,38	11,7	318,2	5×10^{-1}	59,8
CTC	Lin	1,43	1,42	406,4	1,00	9,4

Mod. = Modelo; Esf = Esférico; Lin = Linear; Gau = Gaussiano; Exp = Exponencial; E P = Efeito pepita (C_0); P = Patamar (C_0+C); A = Alcance (m); $C_0/(C_0 + C)$ = Dependência Espacial; r^2 (%)

CONCLUSÕES

A variabilidade espacial de atributos do solo deve ser levada em consideração no planejamento da adubação, visando otimizar as aplicações de fertilizantes e reduzir os problemas ambientais.

Os mapas de distribuição espacial são ferramentas bastante úteis na identificação de áreas

de risco ambiental.

AGRADECIMENTOS

A Petrobras e a Fundect pelo apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. Revista de geografia agrária, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.

CHUBA, C. A. M. Distribuição Espacial de Vinhaça Proveniente de Processo Industrial, em Áreas de Cana-de-Açúcar. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado) – Recursos Naturais – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2012.

CIOTTA, M. N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. Ciência Rural, v.33, n.6, 2003.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS, 1997. 212p.

MANZATTO, C. V. et al. Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

Ronquim, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010

SALVIANO, A. A. C. Variabilidade de atributos do solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP. 1996. 91p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

VIEIRA S. R. et al. Geostatistical Theory and Application to Variability of Some Agronomical Properties. Hilgardia, Berkeley, 51: 1-75, 1983.

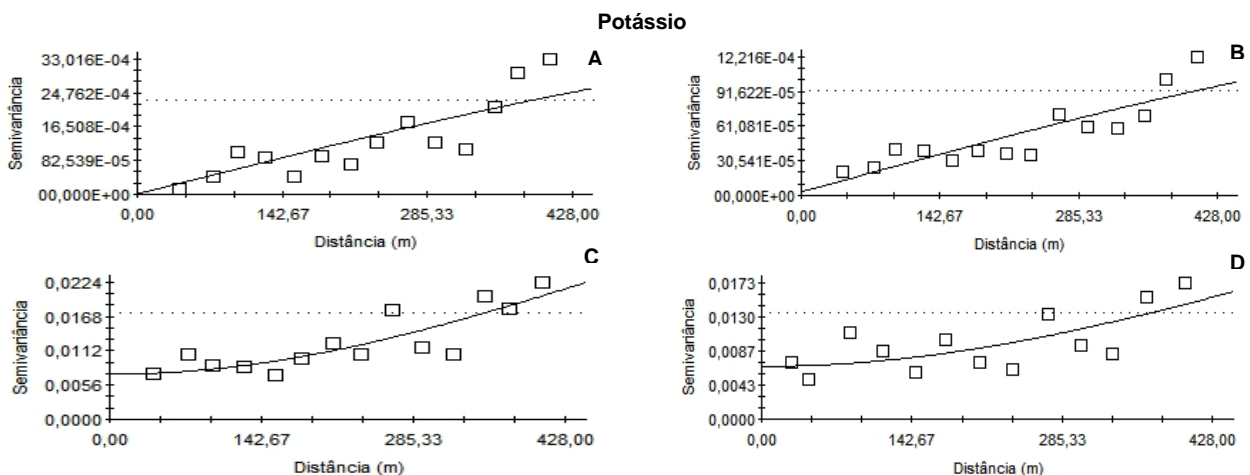


Figura 1. Semivariogramas ajustados para o atributo potássio (K), para (A) 2012 – camada 0 – 0,2 m; (B) 2012 – camada 0,2 – 0,4 m; (C) 2014 – camada 0 – 0,2 m; e (D) 2014 – camada 0,2 – 0,4 m.

CTC

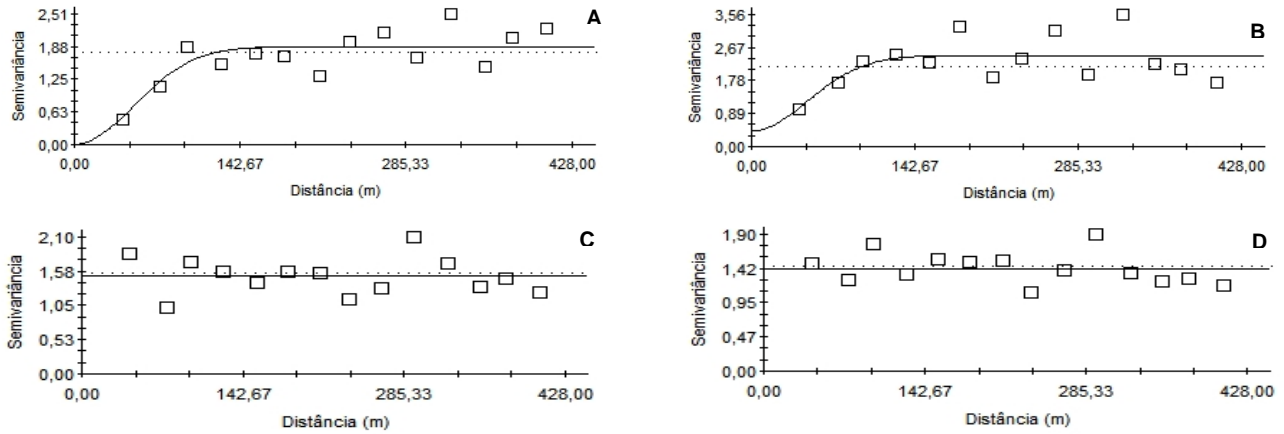


Figura 2. Semivariogramas ajustados para o atributo CTC, para (A) 2012 – camada 0 – 0,2 m; (B) 2012 – camada 0,2 – 0,4 m; (C) 2014 – camada 0 – 0,2 m; e (D) 2014 – camada 0,2 – 0,4 m.

Matéria Orgânica

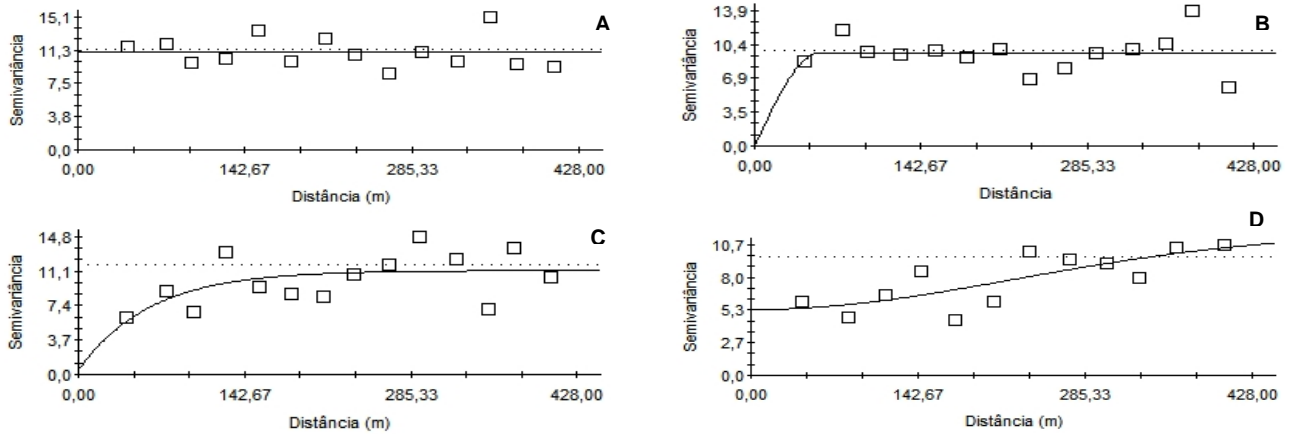


Figura 3. Semivariogramas ajustados para o atributo Matéria Orgânica (MO), para (A) 2012 – camada 0 – 0,2 m; (B) 2012 – camada 0,2 – 0,4 m; (C) 2014 – camada 0 – 0,2 m; e (D) 2014 – camada 0,2 – 0,4 m.

Potássio

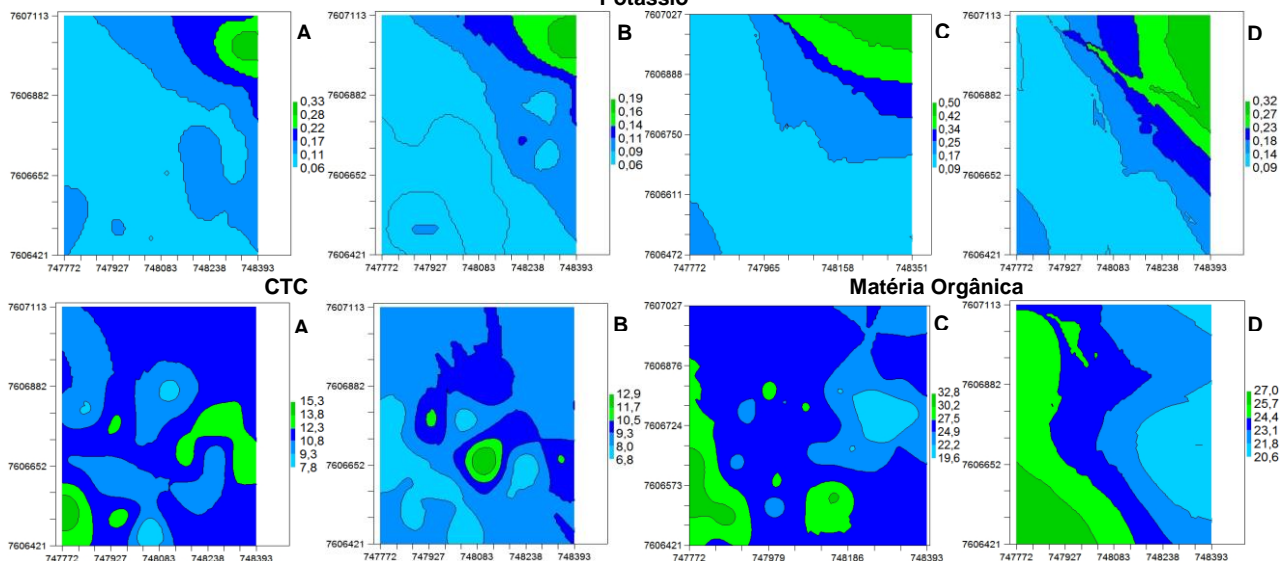


Figura 4. Mapas de distribuição espacial para os atributos potássio, CTC e matéria orgânica para (A) 2012 – camada 0 – 0,2 m; (B) 2012 – camada 0,2 – 0,4 m; (C) 2014 – camada 0 – 0,2 m; e (D) 2014 – camada 0,2 – 0,4 m.