

## Variabilidade espacial dos atributos químicos em área de Argissolo cultivada com pastagem.

**Sammy Sidney Rocha Matias<sup>1</sup>; Roberto Lustosa Silva<sup>2</sup>; Fabrício Ribeiro Andrade<sup>2</sup>, Júlio Cesar Azevedo Nóbrega<sup>1</sup>; Faubth Cunha Amorim<sup>3</sup>; Euvaldo de Sousa Costa Júnior<sup>3</sup>.**

<sup>(1)</sup> Prof. Dr Universidade Federal do Piauí/UFPI/Bom Jesus-PI, Campus Prof<sup>a</sup> Cinobelina Elvas – BR 135, Km 03, Planalto Horizonte, CEP: 64900 - 000 - Bom Jesus-PI; Email: ymmsa2001@yahoo.com.br; juliocnobrega@gmail.com. <sup>(2)</sup> Alunos do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Universidade Federal do Piauí/UFPI/Campus Prof<sup>a</sup> Cinobelina Elvas – BR 135, Km 03, Planalto Horizonte, CEP: 64900 - 000 - Bom Jesus-PI. E-mail: robertofolha2010@hotmail.com; fabricioandradaegro@gmail.com. <sup>(3)</sup> Aluno de graduação do curso de Agronomia da Universidade Estadual do Piauí/UESPI/Corrente-PI, Rua Prof.<sup>a</sup> Joaquina Nogueira de Oliveira, s/n, Aeroporto, CEP:64980-000 - Corrente-PI. E-mail: fabimamorim1@hotmail.com; euvaldodesousacosta@hotmail.com.

**RESUMO:** A variabilidade espacial dos atributos do solo influencia no manejo do mesmo e no desenvolvimento das culturas. Neste estudo, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos de um Argissolo sob vegetação natural em regeneração e pastagem no município de Corrente-PI. O trabalho foi realizado no município de Corrente-PI, na fazenda Caxingo, em uma área de vegetação natural em regeneração e adjacente a esta uma área de pastagem. As amostras de solo foram retiradas de uma profundidade de 0,20 - 0,40 m em uma malha, com intervalo regular de 10 m, totalizando 100 pontos. Em cada ponto, foi analisado atributos pH (H<sub>2</sub>O), K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> e calculadas a SB, CTC e V. Os atributos químicos indicaram dependência espacial permitindo o seu mapeamento.

**Termos de indexação:** solo, vegetação, uso e ocupação.

### INTRODUÇÃO

A falta do adequado conhecimento nos diferentes ecossistemas, com conseqüente utilização de técnicas inadequadas na área agrícola e pecuária, tem contribuído para a perda de competitividade econômica nesses setores (Machado et al., 2007). Assim, é necessária a adoção de um desenvolvimento sustentável, que utilize técnicas avançadas, com o objetivo de diminuir as diferenças entre a produtividade em um mesmo ambiente de produção.

Avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se medir a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos (Carvalho et al., 2003).

As técnicas e conceitos utilizados na agricultura de precisão, tem-se levado em consideração, entre outros requisitos, a distância entre as amostras no estudo da variabilidade espacial e temporal dos

atributos químicos, físicos do solo e os relativos às plantas, em várias formas de ocupação do solo, de maneira a representar com maior precisão e otimizar recursos e diminuir custos (Lima et al., 2010).

A variabilidade espacial poderá mostrar, ao produtor, a localização exata das áreas de maior e menor produção, a concentração dos nutrientes no solo e o teor nas plantas, tornando possível, com isto, fazer a adubação e as correções devidas nos locais corretos, diminuindo consideravelmente o custo da produção e trazendo também uma enorme contribuição ao meio ambiente introduzindo, assim, a agricultura de precisão utilizada nos centros mais desenvolvidos do País (Farias et al., 2003).

A geoestatística, ferramenta estatística utilizada para estudar a variabilidade espacial, possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem (Silva et al., 2003).

A variabilidade espacial dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, influencia a eficiência do manejo das culturas e seu desenvolvimento (Mello et al., 2006). A caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo, associada a outras técnicas de tomada de decisão e a experiência do agropecuarista são importantes para o refinamento das práticas de manejo e a avaliação dos efeitos da agropecuária sobre a qualidade ambiental (Lima et al., 2009).

Neste sentido o presente estudo objetivou-se avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos de um Argissolo sob vegetação natural em regeneração e pastagem no município de Corrente-PI.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Caxingo, localizada no município de Corrente-PI, cujas coordenadas geográficas são 10°26' de latitude sul e 45°09' de longitude oeste, com altitude média de

438 m (IBGE, 2011), com uma variação de declividade de 1 a 10%. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW', caracterizado por ser quente e semi-úmido e com temperatura média de 27°C. A precipitação média anual fica em torno de 900 mm, com chuvas concentradas no período de novembro a abril.

O experimento localizou-se em uma área ocupada há 10 anos com pastagem, cuja espécie cultivada pertencia ao gênero *Brachiaria* e adjacente a este encontrava a área com vegetação natural em regeneração constituída basicamente de jurema-preta (*Mimosa hostilis* Benth.) típica da região da caatinga. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo abrupto (EMBRAPA, 2006). As amostras de solo foram coletadas manualmente com auxílio de um trado de caneco, na profundidade de 0,20-0,40 m, obedecendo uma malha regular interna de 10 x 10 m em uma área de 1 ha<sup>-1</sup>, totalizando 100 amostras simples. Cada ponto foi georreferenciado com GPS como forma de demarcar a área.

As análises dos atributos químicos do solo foram realizadas no Centro de Análises de Solo e Planta da Universidade Estadual do Piauí, sendo as amostras secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm, sendo determinadas o valor de pH em H<sub>2</sub>O, os teores de P e K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> e a matéria orgânica de acordo com as recomendações da EMBRAPA (1997). Com os valores obtidos nas análises do solo, calculou-se a capacidade de trocas de cátions (CTC) a pH 7,0 e percentagem de saturação por bases (V).

Os semivariogramas de cada atributo foram obtidos mediante o programa GS+ (Robertson, 2008). Foram ajustados aos dados os seguintes modelos: (a) esférico, (b) exponencial, (c) gaussiano. Por meio destes modelos, foi feita a predição de cada atributo em zonas não amostradas mediante krigagem, representados em mapas de contorno, utilizando o programa Surfer (2000). A escolha dos modelos teóricos foi realizada, observando-se a soma do quadrado dos resíduos (SQR), o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e, posteriormente, o coeficiente de correlação obtido pela técnica da validação cruzada. A classificação do grau da dependência espacial (GDE) foi feita com base na razão entre o efeito pepita e o patamar (C<sub>0</sub>/C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub>), sendo considerada forte, superior de 75%, moderada entre 25% e 75% e fraca inferior de 25% (Cambardella et al., 1994).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos dos semivariogramas (**Tabela 1**) demonstraram que todos os atributos analisados

apresentam distribuição espacial e dependência entre os pontos analisados (Cruz et al., 2010) corroborando com os resultados obtidos por Silva Neto et al. (2011).

Os dados dos atributos pH (H<sub>2</sub>O) na área de pastagem e CTC e V na área de vegetação natural em regeneração ajustaram ao modelo esférico, já a CTC e V na área na área pastagem ajustaram ao modelo exponencial e o pH (H<sub>2</sub>O) na área de vegetação natural em regeneração se ajustaram ao modelo esférico. Esse resultado indica que mesmo áreas próximas, o tipo de manejo pode influenciar os atributos químicos do solo.

O efeito pepita (C<sub>0</sub>) indica a variabilidade ao acaso ou não, considerando a distância de amostragem utilizada. De acordo com a **tabela 1** o maior valor do efeito pepita (C<sub>0</sub>) foi encontrado na área sob cultivo de pastagem para a V, sendo que os demais atributos apresentaram valores inferiores a 0,66. Segundo Cambardella et al. (1994), esses resultados indicam que a distância de amostragem preconizada nesta estudo foi suficiente para indicar e identificar a variabilidade dos atributos químicos do solo.

Em relação ao patamar (C<sub>0</sub> + C<sub>1</sub>), observa-se que os atributos na área sob cultivo de pastagem apresentam uma variância com amplitude de 0,20 para pH e 87,18 para V, já na área de vegetação natural em regeneração a amplitude esteve entre 0,34 para pH e 224,9 para V evidenciando que entre esses valores a estacionariedade é real e contribui para a definição da variabilidade espacial dos pontos amostrados.

Em relação ao grau de dependência espacial (GDE), verifica-se que com exceção do pH e V na vegetação natural, os demais atributos obtiveram GDE moderado. Mello et al. (2006) observou que, em geral, as variáveis químicas apresentaram moderado grau de dependência espacial.

O V na pastagem foi o atributo que apresentou melhor ajuste (R<sup>2</sup> = 0,97), seguido do V da vegetação natural (R<sup>2</sup> = 0,94). Observa-se ainda que os maiores valores de R<sup>2</sup>, também obtiveram os melhores ajustes na validação cruzada, com coeficientes de regressão (CRVC) próximos de um (b) e zero (a) (**Tabela 1**). O menor alcance foi de 16,30 m para o pH em área vegetação natural em regeneração e o maior foi de 48,80 m para o CTC na pastagem. Este resultado confirma a teoria das variáveis regionalizadas, o qual corresponde a 90 % da distância máxima de amostragem (Robertson, 1998).

O alcance fornece informações importantes para planejamento e avaliação experimental, além de subsidiar informações sobre a gênese e evolução



dos solos na paisagem e, limites entre classes taxonômicas de solos (Silva et al., 2011).

Em termos gerais, o comportamento do GDE dos atributos pode ser decorrente da intervenção antrópica, pela inserção da pastagem. De acordo com Cambardella et al. (1994), uma dependência espacial fraca dos atributos do solo é atribuída a fatores extrínsecos (adubação, calagem, preparo do solo, tráfego de maquinaria agrícola, dentre outros).

Na **figura 1**, verifica-se que área com maior teor de pH na pastagem também indicam o maior valor de CTC e V. este mesmo resultado foi observado na vegetação natural em regeneração. salientamos que as linhas confeccionadas nos mapas identificam o grau de variabilidade dos atributos, sendo as linhas próximas e distantes, a de maior e menor variabilidade respectivamente, esse resultados indicam que os mapas gerados pelas krigagem podem ser usados como ferramenta a identificação de área específicas de manejo.

## CONCLUSÕES

Os atributos químicos indicaram dependência espacial permitindo o seu mapeamento.

## AGRADECIMENTOS

Ao proprietário da Fazenda Caxingo por ter cedido à área para o estudo.

## REFERÊNCIAS

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 soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society American Journal*, 58:1501-1511, 1994.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M. & VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1151-1159, 2002.

CRUZ, J. S.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MATIAS, S. S. R.; CAMACHO-TAMAYO, J. H. & TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Ciência e Agrotecnologia*, 34: 271-278, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de

Classificação de Solos. 2 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA-CNPq. 2006. 412p.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C. & PERECIN, D. Agricultura de precisão: Mapeamento da produtividade em pomares de cítricos usando geoestatística. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25: 235-241, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2008/tab4.pdf>>. Acesso em: 29 março. 2012.

LIMA, J. S. S.; SATTler, M. A.; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA II, P. C. & SOUZA, G. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem em vegetação secundária em regeneração natural. *Engenharia Agrícola*, 29: 185-195, 2009.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S. & SILVA, S. A. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. *Revista Árvore*, 34: 127-136, 2010.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C. & FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31: 591-599, 2007.

MELLO, G.; BUENO, C. R. P. & PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10: 294-305, 2006.

ROBERTSON, G. P. GS+: geostatistics for the environmental sciences (version 9 for windows). Gamma Design Software, 2008. 179p.

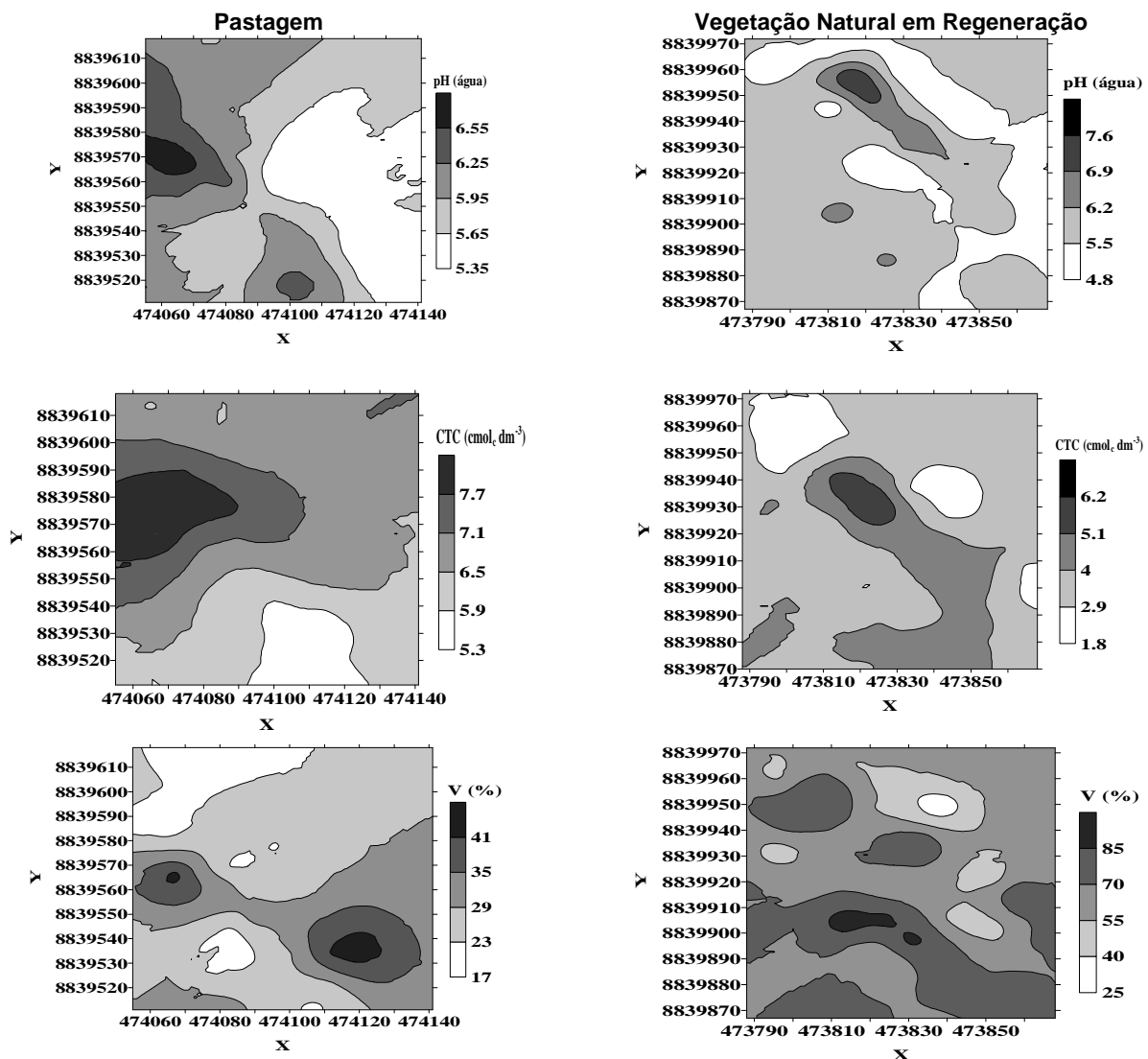
SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L. & FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-amarelo distrófico arênico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:1013-1020, 2003.

SILVA NETO, S. P.; SANTOS, A. C.; LEITE, R. L. L.; DIM, V.P.; CRUZ, R. S.; PEDRICO, A. & NEVES NETO, D. N. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciências Agrárias*, 32:541-552, 2011.

**Tabela 1.** Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para os atributos pH (H<sub>2</sub>O), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) de um Argissolo sob pastagem e vegetação natural em regeneração na profundidade de 0,20 a 0,40 m.

Atributos	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub>	Alcance (m)	R <sup>2</sup>	SQR	--- GDE ---		---- CRVC ----		
							%	Classe	a	b	r
<b>Pastagem</b>											
pH (H <sub>2</sub> O)	Esférico	0,054	0,20	38,70	0,87	1,480 <sup>-3</sup>	27,27	Moderado	-0,011,00	0,40	
CTC	Exponencial	0,760	1,52	48,80	0,58	0,19	49,97	Moderado	0,55	0,91	0,23
V	Exponencial	33,00	87,18	30,60	0,97	23,40	37,85	Moderado	0,01	0,99	0,26
<b>Vegetação Natural em Regeneração</b>											
pH (H <sub>2</sub> O)	Esférico	0,001	0,34	16,30	0,69	7,861 <sup>e-3</sup>	0,29	Fraca	0,10	0,97	0,09
CTC	Esférico	0,409	1,50	22,90	0,40	0,355	27,36	Moderado	0,21	0,92	0,17
V	Esférico	7,500	224,9	16,80	0,94	337	3,33	Franca	0,49	0,98	0,17

C<sub>0</sub> = efeito pepita; C<sub>0</sub>+C<sub>1</sub> = patamar; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação do modelo; SQR = soma do quadrado médio do resíduo; GDE (C<sub>0</sub>/(C<sub>0</sub> + C)<sup>\*</sup>100) = grau de dependência espacial; CRVC = coeficiente de regressão da validação cruzada; b = Coeficiente angular; a = Intercepto; pH em água; CTC = capacidade de troca catiônica e V = saturação por bases.



**Figura 1.** Mapas da distribuição espacial pH (H<sub>2</sub>O), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) de um Argissolo sob pastagem e vegetação natural em regeneração na profundidade de 0,20-0,40 m.