

Variabilidade espacial e temporal de carbono e fósforo em sistemas de integração lavoura-pecuária em Mato Grosso**

Julio Cezar Franchini^{1*}, Flavio Jesus Wruck^{2*}, Henrique Debiasi¹, Fabio Álvares de Oliveira¹

¹ Pesquisador da Embrapa Soja, CP 231, CEP 86001-970, Londrina, PR, Brasil

² Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, CP 179, CEP 75375-000, Santo Antonio de Goiás, GO, Brasil

*e-mail: franchin@cnpso.embrapa.br; fjwruck@cnpaf.embrapa.br

**Projeto financiado parcialmente com recursos da FINEP e CNPq

Resumo: A variabilidade espacial e temporal do C e do P no solo foi avaliada em sistemas de integração lavoura-pecuária (SILP) no Mato Grosso, usando conceitos de geoestatística. As avaliações foram realizadas em uma área total de 110 ha por meio do uso de grades de amostragem de 2 e 1 ha, nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. Semivariogramas foram ajustados e utilizados para a krigagem dos mapas de contorno da área. As áreas de pastagem permanente contribuíram para o aumento do C e redução do P no solo. A rotação entre as áreas de pastagem permanente e de lavoura permitiu elevar o C nas áreas anteriormente ocupadas por lavoura e o P nas áreas anteriormente ocupadas por pastagem permanente. Em sistemas de integração lavoura-pecuária o P pode ser mantido dentro de níveis adequados, enquanto o C pode ser aumentado com a evolução dos sistemas no tempo. A análise geoestatística dos dados foi eficiente em detectar os efeitos dos SILPs sobre a variabilidade espacial dos teores de C e P no solo.

Palavras-chave: geoestatística, fertilidade do solo, matéria orgânica do solo, agricultura de precisão.

Spatial and temporal variability of soil organic carbon and phosphorus in crop-livestock integration system in Mato Grosso

Abstract: The spatial and temporal variability of C and P in the soil was evaluated in crop-livestock integration systems in Mato Grosso state, Brazil, using concepts of geostatistics. The evaluations were conducted in a total area of 110 ha through using sampling grids of 2 and 1 ha in the years 2009 and 2010, respectively. Semivariograms were fitted and used for the kriging of contour maps of the area. The areas of permanent pasture contributed to increase C and decrease P contents in soil. The rotation between permanent pasture and crops allowed to raise the C in the areas previously occupied by crops and P in areas previously occupied by permanent pasture. In crop-livestock integration systems P can be maintained within appropriate levels, while C can be increased along systems development in time.

Keywords: geostatistic, soil fertility, soil organic matter, precision agriculture.



1. Introdução

A intensificação do uso da terra, por meio da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária (SILPs), tem se mostrado uma opção viável para aumentar a sustentabilidade da produção agropecuária em diversas regiões brasileiras, particularmente em Mato Grosso (FRANCHINI et al., 2010). Esses sistemas viabilizam a diversificação das atividades, permitindo assim a rotação de culturas com soja, arroz, milho, milheto, sorgo e forrageiras tropicais perenes. Com isso, há aumento do aporte de fitomassa da parte aérea e raízes, o que pode contribuir para o aumento do teor de carbono do solo. O conhecimento do potencial dos SILPs em promover o acúmulo de C orgânico no solo pode subsidiar políticas públicas de incentivo à adoção de práticas de manejo do solo e/ou sistemas de produção ambientalmente sustentáveis. Por outro lado, a fertilidade do solo, particularmente o P, também é alterada nos SILPs devido à alternância das fases de lavoura e pecuária, uma vez que a adubação dos sistemas é promovida pelas culturas anuais e a pastagem permanece durante dois no sistema sem receber adubação. Desta forma, é importante conhecer a dinâmica espacial e temporal do C e do P no solo para melhor entendimento do funcionamento de SILPs. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a contribuição de SILPs para a dinâmica espacial

e temporal do C e do P no solo por meio do uso de conceitos de geoestatística.

2. Material e métodos

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos em uma unidade de referência tecnológica (URT) de 110 ha, conduzida na Fazenda Certeza, localizada em Querência (12° 35' 48" S e 52° 11' 48" O), região nordeste do Mato Grosso, sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo (300 g/kg de argila). Essa área, com declividade média de 1,5%, foi incorporada à agricultura em 1996, com a derrubada da vegetação nativa e cultivo, no primeiro ano, de arroz de sequeiro. De 1997 a 2006, a área foi manejada sob um sistema de preparo mínimo composto pela semeadura direta da soja sobre palhada de milheto, cuja implantação e manejo dos resíduos eram feitos com grade niveladora. No verão de 2007, a área foi dividida em cinco módulos de 22 ha, de modo a abranger todas as fases de um SILP de cinco anos (Tabela 1). Na estação chuvosa, 60% da área é ocupada por agricultura e 40% por pecuária. Durante a estação seca, são empregados consórcios de milho, milheto, sorgo forrageiro e de girassol com *Brachiaria* spp. nos três módulos ocupados no verão por lavouras. Após a colheita das culturas de grãos na segunda safra, 100% da área é ocupada por pecuária. Vem

Tabela 1. Sequência de culturas nos módulos da Unidade de Referência Tecnológica em Integração Lavoura-pecuária na Fazenda Certeza em Querência, Mato Grosso.

Safras	Módulos				
	A	B	C	D	E
2007/2008	Sj	Sj	Sj	Ar (plantio direto)	Mi + Bb m Mi + Bb p
2008	Gs + Br	ML + Br	Mi + Br	Sg + Bb m Sg + Bb p	Bb m Bb p
2008/2009	Ar (Preparo convencional)	Sj	Sj	Bb m Bb p	Bb m Bb p
2009	Mi + Bb p	ML + Br	Mi + Br	Bb m Bb p	Bb m Bb p
2009/2010	Bb p	Sj	Ar (Plantio direto)	Bb m Bb p	Sj
2010	Bb p	ML + Bb p	Mi + Br	Bb m Bb p	Mi + Br
2010/2011	Bb p	Bb p	Sj	Sj	Ar (Plantio direto)

Sj: soja; Ar: arroz; Mi: milheto; ML: milho; Gs: girassol; Bb m: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu; Bb p: *Brachiaria brizantha* cv. Piatã; Br: *Brachiaria ruziziensis*; Sg: sorgo forrageiro.

sendo utilizada uma lotação média de 2 e 6 UA/ha durante a estação seca e chuvosa, respectivamente. As determinações dos teores de C orgânico e de P disponível pelo extrator Melich-1 na camada de 0,0-0,2 m foram realizadas em amostras coletadas em agosto de 2009 e 2010. Em ambas as épocas, a amostragem foi realizada seguindo os conceitos de geoestatística, utilizando uma grade amostral de 2 ha em 2009 (100 m × 200 m) e de 1 ha em 2010 (100 m × 100 m), com 6 subamostras coletadas aleatoriamente dentro de cada quadricula da grade. As culturas de soja, milho e arroz, desde o início do estudo, tem recebido uma adubação equivalente a 60 kg de P_2O_5 e K_2O /ha; a 40 kg de N, 40 kg de P_2O_5 e K_2O /ha; 40 kg de N e 40 kg de P_2O_5 e K_2O /ha, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise geoestatística (VIEIRA et al., 2002), sendo os mapas de variabilidade espacial elaborados por meio do programa Surfer. Para

seleção do modelo melhor ajustado, foi utilizado o procedimento de validação cruzada. Para análise temporal, foi utilizado o teste *t* de Student para dados não pareados ($P < 0,05$).

3. Resultados e discussão

Os teores de C e P no solo apresentaram coeficiente de variação de 12 e 52%, em 2009 e de 10 e 42% em 2010, respectivamente. Os semivariogramas ajustados para os teores de C e P no solo nas coletas realizadas em 2009 e 2010, são apresentados na Figura 1. O aumento na intensidade de amostragem de 50 pontos em 2009 para 100 pontos em 2010 alterou os parâmetros das equações ajustadas. Para ambos os atributos, o aumento da intensidade de amostragem reduziu o parâmetro C_0 (Efeito pepita), o que indica redução da variabilidade não explicada pelo modelo ajustado. Por outro

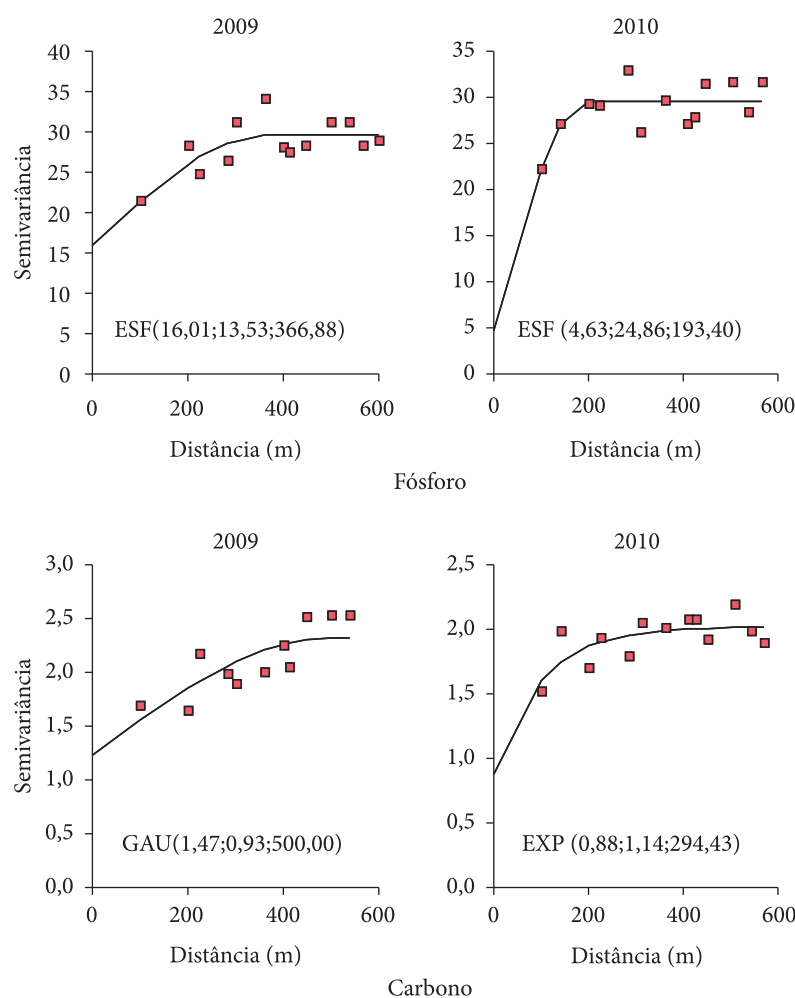


Figura 1. Semivariogramas ajustados para os teores de P e C nas coletas de 2009 e 2010. ESF: esférico; GAU: gaussiano e EXP: exponencial. Valores entre parênteses representam os parâmetros C_0 (efeito pepita), C_1 (variância estrutural) e *a* (alcance), respectivamente.

lado, o aumento da intensidade de amostragem reduziu o alcance do semivariogramas. Para 50 pontos o alcance para os teores de C e P foi de 500 e 367 m, respectivamente, enquanto com 100 pontos esses valores foram reduzidos para 294 e 193 m, respectivamente. Apesar da variação com o número de pontos, os alcances indicam que a intensidade de amostragem foi suficiente para representar a variabilidade espacial de C e P na área. Na Figura 2, são apresentados os mapas de variabilidade espacial para o P nas amostragens de 2009 e 2010. Observa-se, na amostragem de 2009, que após um (módulo D) ou dois (módulo E) anos de pastagem permanente nas áreas de pecuária, houve diminuição no teor no solo em relação às áreas de lavoura (módulos A, B e C). Este comportamento está relacionado com a ausência de adubação na pastagem e a extração de P nos produtos da fase de pecuária. Por outro lado, na amostragem de 2010, observa-se que houve aumento do P no solo no módulo E, onde a fase de pecuária foi substituída pela fase de lavoura com o cultivo da soja. Isso demonstra que a adubação aplicada na cultura da soja foi suficiente para atender as necessidades da cultura e ainda repor

o nutriente utilizado pela pastagem durante o período de dois anos em que a mesma permaneceu na área. O módulo C também apresentou aumento no teor de P no solo em relação à amostragem de 2009, indicando aumento progressivo do elemento no solo com o cultivo de soja e milho por dois anos e arroz e milho por um ano.

Na Figura 3 são apresentados os mapas de variabilidade espacial para o C nas amostragens de 2009 e 2010. Observa-se na amostragem de 2009 que após um (módulo D) ou dois (módulo E) anos de pastagem permanente nas áreas de pecuária, houve aumento no teor no solo em relação às áreas de lavoura. Este comportamento está relacionado com o aumento na produção de fitomassa da parte aérea e de raízes pela pastagem. Na amostragem de 2010, observa-se que houve aumento do C no solo no módulo A, onde a fase de lavoura foi substituída pela fase de pecuária com o cultivo de *Brachiaria brizantha*. O módulo B também apresentou aumento no teor de C no solo em relação à amostragem de 2009, indicando aumento progressivo do elemento no solo com o cultivo do consórcio milho+*Brachiaria ruziziensis*, por três anos consecutivos.

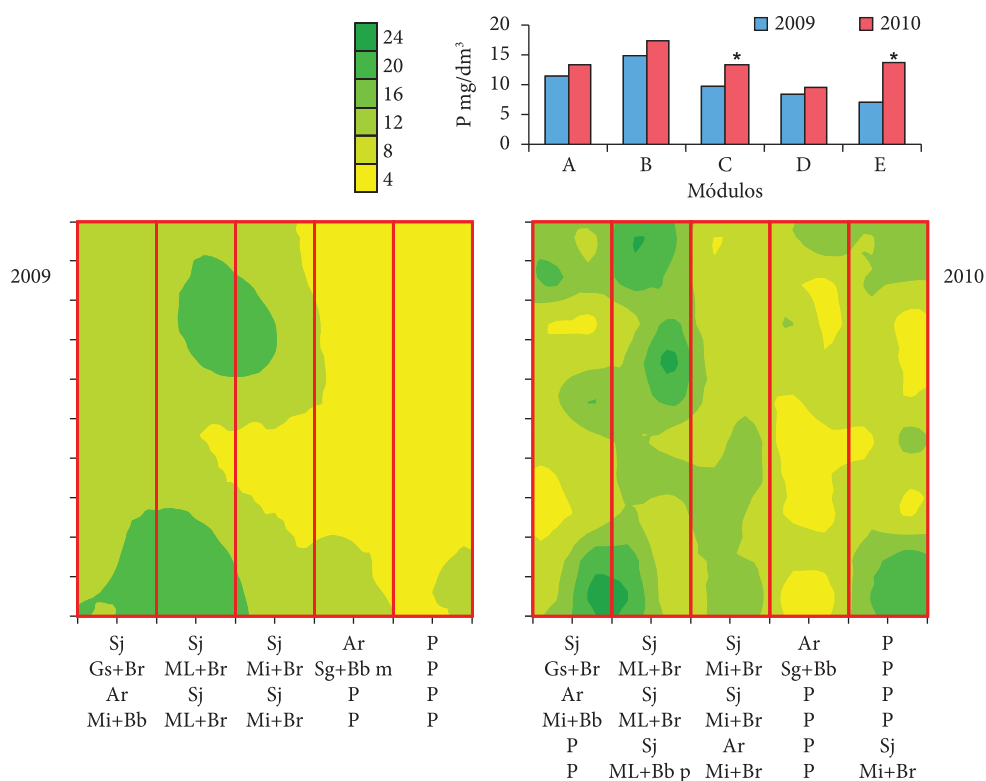


Figura 2. Mapas krigados do teor de P no solo nas coletas de 2009 e 2010. O * indica diferença significativa entre anos no teor de P pelo teste-t de Student.

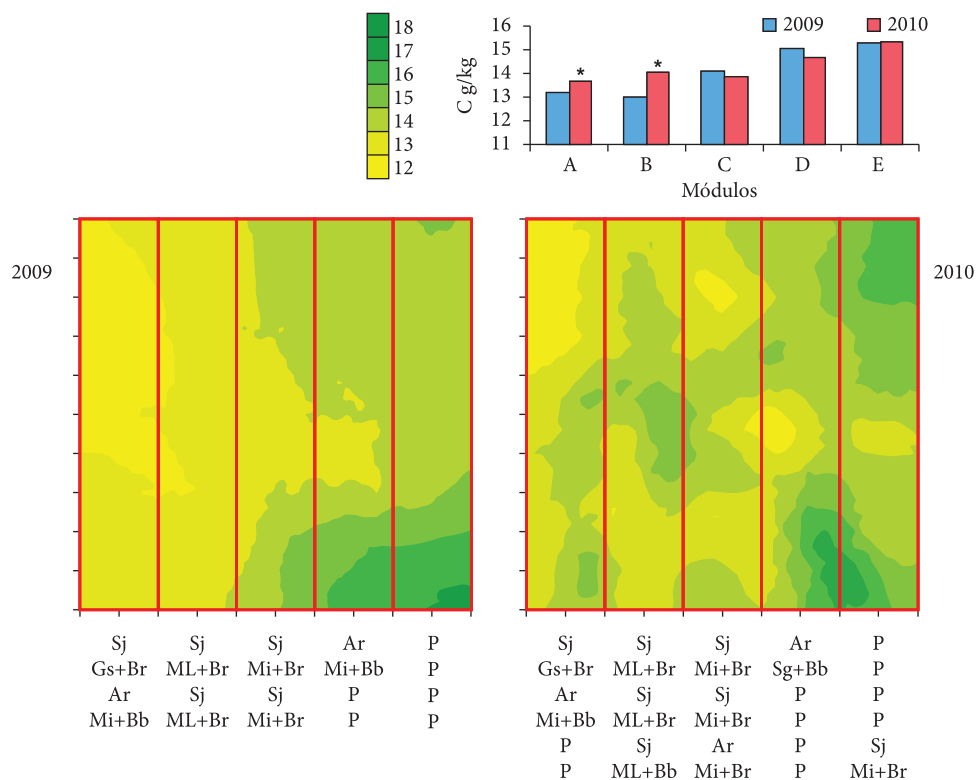


Figura 3. Mapas krigados do teor de C no solo nas coletas de 2009 e 2010. O * indica diferença significativa entre anos no teor de C pelo teste t de Student.

4. Conclusões

A rotação entre as áreas de pastagem permanente e de lavoura permitiu elevar os teores de C nas áreas anteriormente ocupadas por lavoura e os teores de P nas áreas anteriormente ocupadas por pastagem permanente. A análise geoestatística dos dados foi eficiente em detectar os efeitos dos SILPs sobre a variabilidade espacial dos teores de C e P no solo.

Agradecimentos

À Neuri Norberto Wink, proprietário da Fazenda Certeza e Plantagro Assessoria Agrônômica pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Referências

- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; WRUCK, F. J.; SKORUPA, L. A.; WINK, N. N.; GUISSOLPHI, I. J.; CAUMO, A. L.; HATORI, T. **Integração lavoura-pecuária**: alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu. Embrapa Soja: Londrina, 2010. 20 p. (Embrapa Soja, Circular Técnica, n. 77).
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 2, p. 1-45, 2002.