



## **CORRELAÇÃO LINEAR E ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DE FORRAGEM COM ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE UM ARGISSOLO EM AQUIDAUANA-MS**

**Elizeu de Souza Lima<sup>1</sup>; Rafael Montanari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudante do curso de Engenharia Florestal da UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana; E-mail: elizeu.florestal@gmail.com; **Bolsista CNPq – AAF.**

<sup>2</sup>Professor Doutor dos cursos de Agronomia e Engenharia Florestal da UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana; E-mail: rafamontana@uems.br

### **Resumo**

A sustentabilidade ambiental está sendo cada vez mais sendo buscada dentro dos sistemas pastoris, perseguindo um aumento na produtividade e a conservação do meio ambiente. Portanto, objetivou-se neste estudo avaliar a variabilidade espacial das propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Aquidauana, MS, sendo que as propriedades estudadas foram: densidade do solo (**DS**), umidade gravimétrica (**UG**), umidade volumétrica (**UV**), resistência mecânica à penetração (**RP**), fósforo (**P**), matéria orgânica (**MO**), potencial hidrogênico (**pH**), potássio (**K**), cálcio (**Ca**) e magnésio (**Mg**) nas profundidades de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m. Esse estudo foi realizado visando selecionar um indicador da qualidade física e/ou química do solo de boa representatividade para um incremento na produtividade. O estudo foi desenvolvido em uma área sob pastagem, no qual foram coletadas as amostras de solo nos meses de setembro a novembro de 2010. Pôde-se avaliar que as condições do solo, não estão adequadas do ponto de vista físico e químico, encontrando-se compactado e com baixos teores de nutrientes necessários para um bom desenvolvimento da pastagem, visto que foram encontrados altos valores de resistência à penetração e densidade do solo e, baixo valor de P (Fósforo), valores médios de pH, K e Ca de baixo a médio os teores de Mg, no que implica em grandes variações e problemas para fins de uma boa produtividade de forragem.

**Palavras-chave:** manejo do solo; qualidade física e química do solo; ciências agrárias de precisão.

### **Introdução**

Um dos grandes desafios nas regiões de Cerrado é manter a produção vegetal e animal de modo que tenham uma alta produtividade de carne bovina e a sustentabilidade ambiental. Em geral, nessas regiões há predominância de solos degradados, que necessitam de recuperação por meio de técnicas adequadas de manejo e uso de ferramentas específicas como, por exemplo, a

geoestatística, cuja implementação depende do melhor entendimento dos mecanismos envolvidos e dos limites a serem respeitados no seu uso sustentável.

O solo quando se apresenta em bom estado de conservação e exprime certa qualidade, contribui muito para a sustentabilidade dos sistemas pastoris e produção animal. (PIGNATARO NETTO, 2009).

Em sistemas pastoris, o solo pode ser considerado como um elemento determinante para o crescimento das gramíneas, pois os seus atributos físicos e químicos atuam diretamente no processo de estabelecimento e desenvolvimento destas plantas. O pisoteio animal pode afetar diretamente os atributos físicos que também podem contribuir a uma menor disponibilidade dos nutrientes do solo.

Para Casalinho et al., (2007) a estrutura física e os atributos químicos são fatores importantes envolvidos na formação e no estabelecimento das pastagens. As mudanças evidenciadas nesses atributos afetam a movimentação de água, ar e nutrientes no perfil do solo.

A pecuária de corte brasileira é caracterizada pela exploração extensiva das pastagens, com baixa produtividade e insatisfatórios índices zootécnicos, comparando-se aos outros países que exportam carne (FERREIRA et al., 2007). Segundo Peron e Evangelista (2004) estima-se que cerca de 80% das pastagens cultivadas no Centro-Oeste do Brasil, encontra-se em degradação.

O estudo da variabilidade espacial dos atributos do solo é uma fase importante para o estabelecimento da agricultura de precisão. Nesta etapa, a utilização dos semivariogramas permite planejar desenhos ótimos de amostragem do solo, no intuito de capturar a variabilidade em escalas espaciais. A variabilidade espacial pode não ser igual entre si, ou seja, alguns nutrientes necessitam de números maiores de amostras que outros, para que se possa conhecer seus comportamentos em relação a uma determinada área. Uma maneira de solucionar estes problemas seria a adoção de métodos geoestatísticos para avaliar a variabilidade espacial da fertilidade do solo (DEUTSCH & JOURNAL, 1998).

Devido aos problemas técnicos e econômicos causados pela degradação das pastagens é recomendado que se faça uma reforma ou recuperação das áreas que se tornam improdutivas pelo incorreto manejo, quando possível, evitando que a área se degrade totalmente e inviabilize a produção pecuária. Para isso é necessário tomadas de decisões de uso e manejo adequado. E, a geoestatística aliada à pecuária de precisão pode contribuir de forma positiva na recuperação das pastagens em nosso país.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade espacial das propriedades físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo no município de Aquidauana, MS.

## Material e Métodos

O projeto foi desenvolvido nos anos agrícolas 2010/2011, na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Aquidauana-MS, na latitude 20°26'27"S e na longitude 55°39'56"W. O solo no qual a malha experimental foi instalada, está classificado segundo a Embrapa, (2006), como um Argissolo Vermelho-Amarelo.

Os atributos foram coletados e analisados a partir de uma malha experimental instalada na pastagem de braquiária (*Brachiaria decumbens*). A qual teve sua última reforma no ano de 1995 recebendo gradagem e adubação de fósforo sendo utilizada extensivamente para criação de bovinos da raça Nelore.

Foram definidas as direções  $x$  e  $y$  do sistema de coordenadas cartesianas efetuando-se o estaqueamento global da malha experimental. Sendo que a mesma foi constituída de onze transeções de 200 m x 200 m. Cada ponto experimental foi georeferenciado com o Sistema de Posicionamento Global (GPS). As transeções foram espaçadas de 20,00 m, com pontos amostrais esquadrejados em 20,00 m x 20,00 m, contendo 121 pontos amostrais no total.

Os atributos do solo e da planta foram individualmente coletados no entorno de cada ponto amostral. Os atributos do solo obtidos no entorno de cada ponto amostral foram: densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV) e resistência mecânica à penetração (RP), coletados nas profundidades de 0,0–0,10 e 0,10–0,20 m.

A metodologia empregada para determinação dos atributos físicos do solo foi àquela determinada pela Embrapa (1997). Para determinação da UG foram retiradas diretamente nas trincheiras abertas para coleta; da DS, determinada pelo método do anel volumétrico. A RP foi obtida com o penetrômetro de impacto. A expressão utilizada para o cálculo foi a de Stolf; já a UV foi calculada segundo a expressão:  $UV = UG \times DS$ .

O atributo da planta coletado foi a produtividade de massa verde da forragem, transformando em produtividade de massa seca da forragem (MSF), pela secagem em estufa, a 65 °C até massa constante. A área útil da coleta deste atributo, foi de 1 m<sup>2</sup> com auxílio de um quadrado de metal, e altura de corte de 0,15 m e os resultados extrapolados para kg ha<sup>-1</sup>. Onde foi determinada a percentagem de matéria seca expressa por (%MS).

Para os atributos químicos foram coletados solos aleatoriamente em 10 pontos na área do experimento, nas profundidades de 0,0–0,10 e 0,10–0,20 m e, posteriormente enviadas para o departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos - Laboratório de fertilidade do solo, na UNESP campus de Ilha Solteira para as devidas análises.

## Resultados e Discussão

A produtividade de massa seca da forragem (MSF) apresentou alta variabilidade (70,86%) (Quadro 1) devido as falhas existentes no desenvolvimento da pastagem que se deu pelo alto grau de compactação do solo e a falta de manejo regular da área.

QUADRO 1: Análise descritiva inicial da produtividade da matéria seca da forragem e de alguns atributos físicos de um Argissolo, em Aquidauana, MS

Atributo (a)	Medidas estatísticas descritivas									
	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente			Probabilidade do teste <sup>(b)</sup>	
			Mínimo	Máximo		Variação (%)	Curtose	Assimetria	Pr<w	DF
MSF (Kg ha <sup>-1</sup> )	2963,7	2832,5	461,25	9000	2100,1	70,86	-	-	-	ND
RP1 (MPa)	5,342	5,279	2,373	8,524	1,171	21,92	0,372	0,345	0,1860	NO
RP2 (MPa)	4,180	4,140	2,543	6,79	0,765	18,314	0,445	0,530	0,1007	NO
DS1(Kg dm <sup>-3</sup> )	1,621	1,627	1,406	1,784	0,065	4,061	0,589	-0,446	0,2299	NO
DS2(Kg dm <sup>-3</sup> )	1,623	1,623	1,475	1,780	0,057	3,555	-0,159	0,187	0,7287	NO
UG1 (kg kg <sup>-1</sup> )	0,080	0,080	0,049	0,111	0,011	13,794	0,098	0,048	0,7680	NO
UG2 (kg kg <sup>-1</sup> )	0,095	0,095	0,064	0,130	0,010	10,957	0,626	0,004	0,5148	NO
UV1 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,129	0,129	0,076	0,197	0,019	15,110	1,091	0,321	0,1884	NO
UV2 (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,153	0,154	0,084	0,211	0,019	12,640	1,202	-0,223	0,2154	NO

<sup>(a)</sup> MSF = Matéria seca da forragem; RP, DS, UG, UV, de 1 a 2, são respectivamente a resistência à penetração, densidade do solo, umidade gravimétrica e a umidade volumétrica, coletados nas camadas do solo; <sup>(b)</sup> DF = distribuição de frequência, sendo NO, e ND respectivamente do tipo normal e não determinado.

A resistência a penetração apresentou média variabilidade, com coeficientes de variação de 21,92 e 18,31% (Quadro 1), concordando com os de Pariz et al., (2011), que estudaram a resistência a penetração de uma pastagem de braquiária num Latossolo, observaram valores de coeficiente de variação de 12 e 17% para as profundidades de 0,00-0,10 e 0,10-0,20m, respectivamente. E, apresentaram distribuição de frequência do tipo normal (Quadro 1).

Em relação à densidade do solo (DS), a umidade gravimétrica (UG) e a umidade volumétrica (UV), todos apresentaram baixa a média variabilidade com coeficientes de variação entre 3,5% e 15%, sendo que esses valores ocorreram devido à alta compactação do solo, pois normalmente a mesma varia entre 0,90 a 1,5 Kg dm<sup>-3</sup> quando em um solo em bom estado de manejo e conservação. Estes resultados concordam com Pariz et al., (2011), que encontraram para os mesmos atributos mencionados de baixa a média variabilidade.

Quando uma variável possuir distribuição de frequência do tipo normal, a medida de tendência central mais adequada para representá-la deve ser a média. Portanto para todos os atributos estudados deverão ser representados pelos valores médios, com exceção da matéria seca da forragem que teve sua distribuição de frequência não determinada. Isso porque todos eles apresentaram distribuição de frequência do tipo normal com coeficientes de assimetria positiva entre 0,004 e 0,530 assim como negativa entre -0,223 e -0,446. Pode-se dizer que o solo está compactado pelos altos valores médios encontrados para a resistência a penetração (RP1 = 5,342 e RP2 = 4,180 MPa) e para a densidade do solo (DS1 = 1,621 e DS2 = 1,623 Kg dm<sup>-3</sup>)

que, de acordo com Montanari et al., (2010), valores acima de 2 MPa para a resistência a penetração, já prejudicam o desenvolvimento das raízes.

Para os atributos químicos pode-se observar que, o P apresentou baixa disponibilidade de nutrientes no solo devido a falta de correção e adubação do solo; Na Tabela 2 os dados referentes ao pH não apresentaram diferenças estatísticas entre os profundidades dentro do experimento. De modo geral constatou-se uma acidificação para todas as profundidades analisadas, sendo que os valores encontrados para as regiões de cerrado são aceitáveis como próximo a neutralidade. Devido a não realização de calagem na área de pastagem, a elevação dos teores de Ca é sugerida pela decomposição dos resíduos vegetais da forragem pré-existente. Dessa forma os níveis de Mg do solo (Quadro 2) encontrados variaram de baixo a médio seus teores, isso ocorre devido ao pH encontrar-se próximo a neutralidade. No geral as elevações dos teores de K ocorre devido que o mesmo é um elemento que se lixívia com facilidade, mas como o solo apresenta-se compactado, faz com que o K se encontre em maior concentração no solo.

**QUADRO 2: Análise descritiva de alguns atributos químicos de um Argissolo em Aquidauana-MS**

Profundidade de 0,00 – 0,10 m						Profundidade de 0,00 – 0,20 m					
P (mg/dm <sup>3</sup> )	MO (g/dm <sup>3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )	P (mg/dm <sup>3</sup> )	MO (g/dm <sup>3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> )	Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )
9	17	5.0	5.5	14	4	8	15	5.0	4.1	16	5
5	13	5.3	4.9	12	4	5	14	5.3	5.2	12	5
5	15	5.0	4.1	19	6	5	14	4.7	2.5	16	6
4	12	5.1	2.2	11	4	4	17	5.1	2.7	12	4
6	14	5.4	3.1	21	7	5	12	5.3	2.4	22	7
5	13	4.7	4.1	7	3	4	20	4.3	4.2	6	2
15	20	5.9	4.7	43	9	28	14	5.9	0.3	49	8
7	14	5.2	3.7	18	5	5	15	5.1	1.6	19	4
19	13	5.7	3.1	26	6	17	17	5.7	2.8	24	5
9	14	5.1	2.1	16	6	5	13	4.9	1.4	19	5

P – Fósforo, MO – Matéria Orgânica, pH – potencial Hidrogiônico, K – Potássio, Ca – Cálcio e Mg – Magnésio.

Em relação à matéria orgânica, observou-se que, visualmente, ocorreram diferenças entre as camadas das áreas, ocorrendo os maiores valores na camada de 0,00–0,10 m. Justifica-se tal diferença entre as camadas pela presença de grande quantidade de raízes das gramíneas que se acumulam próximo da superfície. A semelhança no teor de matéria orgânica entre as áreas de pastagens e o Cerrado nativo é devida ao comportamento das gramíneas que são excelentes incorporadoras de matéria orgânica no solo.

### Conclusões

1. A umidade gravimétrica, a resistência à penetração e a densidade do solo nas camadas superficiais e subsuperficiais não variaram aleatoriamente. Seguiram padrões espaciais bem definidos, com semivariogramas do tipo exponencial;
2. Houve correlação linear da matéria seca da forragem com os atributos do solo da camada subsuperficial;

3. De modo geral os atributos químicos demonstraram estarem em carência devido à falta de correção e adubação do solo.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica nas Ações afirmativas (PIBIC/UEMS/CNPq/AAF) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul pelo auxílio financeiro concedido ao primeiro autor.

### **Referências Bibliográficas**

CASALINHO, H. D., MARTINS, S. R. SILVA, J. B. & LOPES A. S. 2007. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade em agroecossistemas: avaliações integrando os conhecimentos acadêmicos e não-acadêmicos. **R. Bras. Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 195-203.

DEUTSCH, C.V. & JOURNEL, A.G. 1998. GSLIB: geostatistical software library and user's guide, New York: **Oxford University**, 369p. (CD-ROM).

PIGNATARO NETTO, I. T., Kato, E. & GOEDERT, W. J. 2009. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de Uso. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 33, p. 1441-1448.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. 2006. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro. 2.ed, 306 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. 1997. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. Rio de Janeiro: CNPS. 2.ed, 212p.

FERREIRA, D. J. et.al. 2007. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 8 nº5. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507/050704.pdf> (último acesso em 09/07/2011)

MONTANARI, R. 2010. Variabilidade espacial da produtividade da forragem de braquiária e atributos físicos de um latossolo do cerrado brasileiro. In.: **Congresso de Iniciação Científica da UNESP**, p. 108-112.

PARIZ, C. M.; CARVALHO, M. P.; CHIODEROLI, C.; NAKAYAMA, F. T.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. 2011. Variabilidade espacial da produtividade de forragem e atributos físicos do solo de uma pastagem de *Brachiaria decumbens* no Cerrado Brasileiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, supl. p.143-146.

PERON, A. J. & EVANGELISTA, A. R. 2004. Degradação de Pastagens em Regiões de Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, volume 28 nº3. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542004000300023&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542004000300023&script=sci_arttext). (último acesso em 12/07/2011)