

## Determinação e espacialização do Índice de Qualidade do Solo na sub-bacia das Posses, Extrema (MG) <sup>(1)</sup>.

Gabriela Camargos Lima <sup>(2)</sup>; Marx Leandro N. Silva <sup>(3)</sup> Marcelo Silva de Oliveira <sup>(4)</sup>;  
Mozart Martins Ferreira <sup>(5)</sup>; Diego Antonio F. de Freitas <sup>(6)</sup>; Pedro Velloso G. Batista <sup>(7)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da FAPEMIG (CAG-APQ-01423-11) e do CNPq.

<sup>(2)</sup> Eng. Flor., Doutoranda em Ciência do Solo do Departamento de Ciência do Solo (DCS), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, [gabslima@yahoo.com.br](mailto:gabslima@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup> Eng. Agron., Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Associado IV, UFLA/DCS, [marx@dcs.ufla.br](mailto:marx@dcs.ufla.br); <sup>(4)</sup> Eng. Agr., Doutor em Engenharia de Produção, Professor Associado IV do Departamento de Ciências Exatas, UFLA, [marcelo.oliveira@dex.ufla.br](mailto:marcelo.oliveira@dex.ufla.br); <sup>(5)</sup> Eng. Agron., Doutor em Ciência do Solo, Professor Titular, UFLA/DCS, [mozartmf@dcs.ufla.br](mailto:mozartmf@dcs.ufla.br); <sup>(6)</sup> Eng. Agron., Doutorando em Ciência do Solo, UFLA/DCS, [diego\\_ufla@yahoo.com.br](mailto:diego_ufla@yahoo.com.br);

<sup>(7)</sup> Graduando em Eng. Agron., bolsista de Iniciação Científica CNPq, UFLA/DCS, [pedro\\_vgb@hotmail.com](mailto:pedro_vgb@hotmail.com).

**RESUMO:** A qualidade do solo é definida como sendo a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites do ecossistema, manejado ou natural, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e a saúde das plantas e animais. Objetivou-se neste estudo, determinar o índice de qualidade do solo (IQS) em relação aos seus atributos químicos e físicos, verificar a sua dependência espacial, além de relacioná-lo ao uso atual do solo na sub-bacia das Posses, município de Extrema (MG). A espacialização dos índices de qualidade solo na sub-bacia das Posses possibilitou a identificação de menores valores nos solos sob pastagens. O modelo pelo qual o IQS se ajustou foi o exponencial possibilitando a krigagem ordinária. Valores de IQS iguais ou superiores a 0,800 predominam na parte alta da sub-bacia, consideradas as áreas mais preservadas em relação às áreas de produção animal e vegetal.

**Termos de indexação:** conservação, sustentabilidade, mata atlântica.

### INTRODUÇÃO

A qualidade do solo foi definida por Doran & Parkin (1994) como sendo a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites do ecossistema, manejado ou natural, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e a saúde das plantas e animais. Segundo D'Andréa et al. (2002), a qualidade do solo é um importante instrumento para medir ou monitorar a conservação do solo ou qualquer processo de degradação em curso, pois é útil na avaliação de interferências antrópicas sobre o ambiente, uma vez que consideram a relação entre o solo e os demais componentes do agroecossistema.

Segundo Islam & Weil (2000), a qualidade do solo pode também ser avaliada através do índice de deterioração, no qual os desvios das propriedades químicas e físicas de uma área sob ação antrópica

são comparados à linha base de uma área natural adjacente ou que apresente condições de solo e clima similares. Cardoso (2008) avaliando os índices de qualidade do solo calculados com base nos desvios das propriedades do solo e a partir de um modelo aditivo constatou eficiência dos índices em refletir a variação da qualidade do solo nos diferentes ambientes. Segundo estudos de Freitas et al. (2012) áreas de florestas plantadas sofreram reduções do índice de qualidade quando comparadas aos sistemas com florestas nativas.

Ao se estabelecer um índice de qualidade em pontos geograficamente referenciados, é possível espacializar os índices determinados utilizando-se a geoestatística. A geoestatística permite descrever a continuidade espacial, característica essencial de muitos fenômenos naturais. A espacialização de atributos do solo possibilita conhecer melhor a variação e o comportamento destes no ambiente.

Portanto, os objetivos deste estudo foram determinar o índice de qualidade do solo utilizando atributos químicos e físicos do solo conforme o modelo estabelecido por Islam & Weil (2000), verificar a sua dependência espacial e relacioná-lo ao uso atual do solo na sub-bacia das Posses, município de Extrema (MG).

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a Sub-bacia Hidrográfica das Posses, possui 1.196,70 ha e está localizada no município de Extrema, no Sul do Estado de Minas Gerais. Está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari e encontra-se dentro do bioma da Mata Atlântica.

As classes de solo predominantes na sub-bacia são: Cambissolo Háplico ocupa 351,95 ha (29% da área), Cambissolo Húmico ocupa 108,85 ha (10%), Argissolo Vermelho-Amarelo ocupa 478,61 ha (40%), Neossolo Flúvico ocupa 108,85 ha (10%) e Neossolo Litólico ocupa 135,98 ha (11%). As fases

de relevo predominantes são ondulado e forte ondulado. Atualmente o principal uso do solo é pastagem, sendo que grande parte encontra-se mal manejada. Há também povoamentos de eucalipto, culturas anuais (batata e milho) e mata nativa, sendo grande parte área ocupada por mata de araucária (Lima, 2010).

Anteriormente à coleta das amostras de solo, foi gerada uma malha regular contendo 150 pontos, espaçados em até 350 m e distribuídos em toda a área da sub-bacia. Para o processo de marcação dos pontos foi utilizado o sistema de posicionamento global (GPS). O solo foi coletado em cada ponto de amostragem na profundidade de 0 - 0,20 m. As análises dos atributos químicos e físicos foram realizadas de acordo com EMBRAPA (1997).

A avaliação do índice da qualidade do solo (IQS) foi realizada a partir do desenvolvimento de um modelo conforme sugerido por Islam & Weil (2000). Os atributos químicos considerados na determinação foram: Ca, Mg, Al, P, K, pH, matéria orgânica do solo, soma de bases e saturação por alumínio. No caso dos atributos físicos, foram considerados: permeabilidade do solo à água, volume total de poros, microporosidade, macroporosidade, densidade do solo e diâmetro médio geométrico (Lima 2013).

O cálculo do IQS processou-se em duas etapas:

$$Q_A = \left( \frac{\left( \frac{w1-k1}{k1} \right) + \left( \frac{w2-k2}{k2} \right) + \left( \frac{w3-k3}{k3} \right) + \left( \frac{wn-kn}{kn} \right)}{n} \right)$$

$$IQS = 1 - \left( \frac{Qaq + Qaf}{2} \right)$$

Onde,  $Q_A$ : média dos desvios dos indicadores de cada atributo em relação à referência;  $w$ : valor do indicador medido nos sistemas em estudo;  $k$ : valor do indicador medido no sistema referência;  $n$ : número de indicadores que compõem cada conjunto de atributos;  $Qaq$ : média dos desvios dos atributos químicos do solo;  $Qaf$ : média dos desvios dos atributos físicos do solo. Após ser gerado um IQS por ponto amostrado, determinou-se os índices de deterioração dos atributos químicos e físicos e o IQS correspondente em relação a cada classe de solo e principais usos correspondentes.

Os parâmetros de ajuste do semivariograma experimental para o IQS, bem como as análises geoestatísticas foram desenvolvidas com o programa R, no pacote GeoR (R Development Core Team, 2006), sendo realizado pela análise de

semivariogramas com base nas pressuposições da hipótese intrínseca, que diz que a relação de dependência espacial é a mesma em qualquer posição de "h" dentro de um determinado alcance da continuidade espacial. O semivariograma foi estimado pela equação abaixo:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{\sum_{i=1}^{n(h)} [z(xi) - z(xi+h)]^2}{2n(h)}$$

Onde,  $n(h)$ : número de pares experimentais de dados separados por uma distância  $h$ ;  $Z(xi)$ : valor determinado em cada ponto amostrado e  $Z(xi+h)$ : valor medido num ponto mais distância  $h$ .

Para cada atributo do solo foram realizados os cálculos das semivariâncias  $\gamma(h)$ , em todas as direções atendendo à hipótese de isotropia. Após o ajuste de um modelo matemático realizado foram definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), valor de  $\gamma$  quando  $h$  é zero; alcance ( $a$ ), valor de  $h$  quando a semivariância ( $\gamma$ ) se estabiliza próximo a um valor constante; ( $C_1$ ), variância estrutural; e patamar ( $C_1-C_0$ ), valor da semivariância ( $\gamma$ ) quando se obtém um valor constante próximo à variância dos dados.

A razão de dependência espacial entre amostras foi determinada conforme Cambardella et al. (1994):

$$RD = \frac{(C_0)}{(C_0 + C_1)} * 100$$

Onde, RD: razão de dependência espacial;  $C_0$ : efeito pepita; ( $C_0 + C_1$ ): patamar (Tabela 1). De posse dos dados necessários para originar a krigagem, os mapas foram construídos utilizando-se também o software R (R Development Core Team, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de ajuste do semivariograma são apresentados na **Tabela 1**. Observa-se que IQS foi ajustado ao modelo exponencial. Os modelos exponenciais, juntamente com o esférico, apresentam-se como modelos mais comuns atribuídos ao comportamento do solo e da planta, segundo Cambardella et al. (1994).

Os resultados da análise geoestatística mostraram que o IQS apresentou dependência espacial. A partir da razão de dependência espacial (RD) proposta por Cambardella et al., (1994) classificou-se o IQS com moderada dependência espacial. Os resultados da deterioração e valores do

IQS calculados a partir dos desvios dos atributos do solo dos sistemas de reflorestamento, culturas anuais e pastagens, em relação ao sistema de referência (mata nativa), foram influenciados tanto pela substituição da mata nativa por povoamento de eucalipto, quanto por pastagens e culturas anuais refletindo na redução da qualidade do solo.

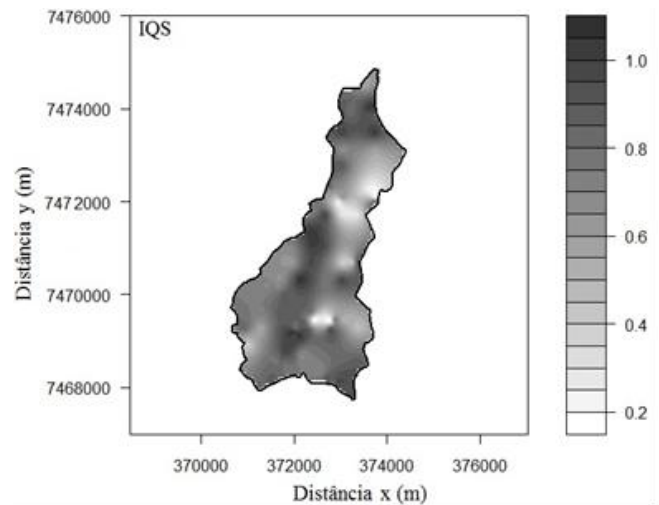
O alcance da auto correlação espacial, ou seja, a distância máxima na qual os atributos estão espacialmente correlacionados foi de 870,84 m, o qual corresponde ao raio da área da sub-bacia considerada homogênea para o índice de qualidade do solo.

**Tabela 1** - Parâmetros de ajuste do semivariograma experimental para índice de qualidade do solo (IQS) para a sub-bacia das Posses, Extrema (MG).

Variável	Modelo	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub> + C <sub>1</sub>	a	RD
	exponencia					
IQS	I	0,02	0,03	0,05	870,84	40,00

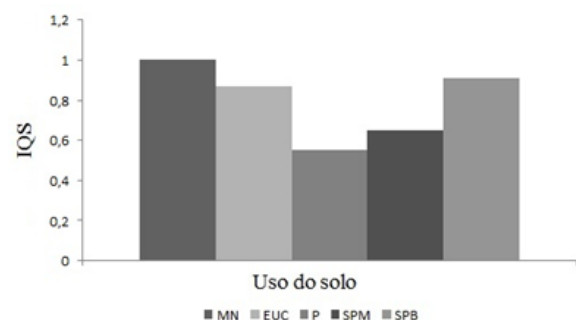
Por ter sido verificada dependência espacial para o índice de qualidade do solo, foi possível realizar a interpolação de valores em qualquer posição no campo em estudo, elaborando-se os mapas através do processo da krigagem ordinária. No mapa gerado, pode-se visualizar na área amostrada a distribuição espacial dos IQS (**Figura 1**). A distribuição do IQS na sub-bacia das Posses ocorreu de maneira que, predominaram índices variando de 0,400 a 0,800, ocorrendo algumas áreas pontuais com elevados índices e algumas com índices superiores a 1,00 (mata nativa).

Foi verificado que grande parte dos índices gerados com valores próximos a 0,800, encontra-se na parte alta da sub-bacia das Posses, onde predominam as classes Cambissolo e Argissolo. Já os menores valores dos índices de qualidade estão relacionados ao uso do solo por pastagem (**Figura 2**).



**Figura 1** - Mapa de distribuição do índice de qualidade do solo na sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

O mapa de distribuição apontou áreas na sub-bacia das Posses as quais, devido principalmente ao manejo, apresentam baixo índice de qualidade do solo quando comparadas com a mata nativa (referência). A **Figura 2** apresenta as médias dos índices de qualidade do solo em cada uso predominante da sub-bacia. Nota-se nas **Figuras 1** e **2**, que, por apresentar mais de 70 % da área ocupada por pastagem, na sub-bacia das Posses predominam índices medianos de qualidade do solo. Este comportamento está relacionado a menores valores obtidos após análise dos atributos físicos e químicos do solo e consequentes deteriorações.



**Figura 2** - Relação entre índice de qualidade do solo (IQS) e uso na sub-bacia das Posses, Extrema (MG). MN: Mata Nativa; EUC: Eucalipto; P: Pastagem plantada; SPM: Sistema produção de milho; SPB: Sistema de produção de batata.

A avaliação do IQS levando-se em consideração principalmente as funções: receber, armazenar e suprir água; promover o crescimento de raízes; armazenar, suprir e ciclar nutrientes e promover a conservação do solo (Cardoso, 2008) se constitui

numa importante ferramenta para indicar usos corretos para o solo, bem como enfatizar a importância de práticas conservacionistas na sub-bacia estudada.

### CONCLUSÕES

A espacialização dos índices de qualidade solo na sub-bacia das Posses possibilitou a identificação de menores valores nos solos sob pastagens. O modelo pelo qual o IQS se ajustou foi o exponencial possibilitando a krigagem ordinária. Valores de IQS iguais ou superiores a 0,800 predominam na parte alta da sub-bacia, consideradas as áreas mais preservadas em relação às áreas de produção animal e vegetal.

**Tabela 2** - Solos, uso, descrição, deterioração dos atributos químicos e físicos em relação ao sistema de referência e índice de qualidade do solo (IQS), na sub-bacia das Posses, Extrema (MG).

Solo	Uso	Deterioração		IQS
		Físicos	Químicos	
PVA	MN	-	-	1,000
	EUC	-0,759	-0,387	0,697
	P	-0,880	-0,568	0,276
	SPM	0,248	-0,406	0,821
CH	MN	-	-	1,000
	EUC	-0,065	-0,519	0,708
	P	-0,201	-0,424	0,688
CX	MN	-	-	1,000
	EUC	0,150	-0,012	1,069
	P	-0,109	-0,543	0,674
	SPB	-0,017	0,001	0,992
RL	MN	-	-	1,000
	P	-0,298	-0,125	0,888
RY	MN	-	-	1,000
	EUC	-0,151	0,339	1,094
	P	-0,309	-0,123	0,784

MN: Mata Nativa; EUC: Eucalipto; P: Pastagem plantada; SPM: Sistema produção de milho; SPB: Sistema de produção de batata. PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háplico; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico.

### REFERÊNCIAS

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J.M. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1501–1511, 1994.

CARDOSO, E.L. Qualidade do solo em sistemas de pastagens cultivada e nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal Sul Mato-Grossense. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2008. 155p. (Tese Doutorado)

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N. et al. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1047-1054, 2002.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. et al. (Ed.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (SSSA Special Publication, 35).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p.

FREITAS, D.A.F.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L. et al. Índice de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. *R. Ci. Agron.*, 43:417-428, 2012.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *J. Soil and Water Conserv.*, 55:69-79, 2000.

LIMA, G.C. Avaliação de atributos indicadores da qualidade do solo em relação à recarga de água na sub-bacia das Posses, Extrema (MG). Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2010. 99 p. (Tese de Mestrado).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2006. ISBN 3-900051-07-0.