

## Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

### Qualidade do Solo em Sistema Integração Lavoura-Pecuária, no Cerrado<sup>1</sup>

Janne Louize Sousa Santos<sup>2</sup>, Beáta Emöke Madari<sup>3</sup>, Adriana Rodolfo da Costa<sup>2</sup>, Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado<sup>3</sup>, Eliana Paula Fernandes<sup>4</sup>, Roberta Aparecida Carnevalli<sup>5</sup>

1Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor e do projeto SEG 03060529. **Resumo submetido e apresentado na forma oral no XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, agosto 2009.**

2Estagiária da Embrapa Arroz e Feijão. e-mail: [agroize@gmail.com](mailto:agroize@gmail.com), [adrianarodolfo@gmail.com](mailto:adrianarodolfo@gmail.com)

3Pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão. e-mail: [madari@cpaf.embrapa.br](mailto:madari@cpaf.embrapa.br), [pmachado@cpaf.embrapa.br](mailto:pmachado@cpaf.embrapa.br)

4Professora da Escola de Agronomia-UFG. e-mail: [elianafernandes@agro.ufg.br](mailto:elianafernandes@agro.ufg.br)

5Pesquisadora da Embrapa Gado de Leite. e-mail: [racarnev@cnpaf.embrapa.br](mailto:racarnev@cnpaf.embrapa.br)

**Resumo:** O índice de qualidade do solo (IQS) é uma ferramenta para monitorar os efeitos dos diferentes usos e manejos do solo. Dessa forma o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do sistema integração lavoura-pecuária depois de implantado em pasto degradado através de índices de qualidade do solo. O estudo foi realizado, em condições de campo, na Embrapa Arroz e Feijão, e tiveram como tratamentos: área de floresta, pasto degradado e integração lavoura-pecuária (recém implantado em pasto degradado). Os dados foram coletados nas profundidades 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m em duas épocas de amostragem (seca e úmida). O IQS físico foi o mais afetado pela mudança de uso e manejo do solo, seguido pelo IQS biológico, que foi influenciado pelo IQS físico. O IQS químico foi melhorado apresentando valores próximos à floresta. As diferentes épocas de amostragem influenciaram nos resultados das diferentes áreas de estudo.

**Palavras-chave:** Índice de qualidade do solo, Cerrado, uso e manejo do solo.

### Soil quality in integrated crop-livestock system, in the Brazilian Savanna<sup>1</sup>

**Abstract:** Soil quality index (SQI) is a tool to monitor the effect of different soil use and management practices. The aim of this study was to evaluate an integrated crop-livestock management system established in degraded pasture through soil quality index. The study was carried out at the experimental farm of Embrapa Rice and Beans. The treatments were native forest as reference, degraded pasture and integrated crop-livestock system after the introduction in degraded pasture. Data were collected for two depths, 0.0-0.05 and 0.05-0.10 m, in two seasons, dry and rainy. The SQI for physical parameters was most affected by the change in soil use and management, followed by the SQI for biological properties, which was influenced by the physical SQI. SQI for chemical parameters was improved and presented values next to the forest (reference area). The effect of the soil conditions in the different seasons were reflected in the study.

**Keywords:** Soil quality index, Brazilian Savana, soil use and management

## Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

### Introdução

Por razões econômicas ou ambientais, a exploração isolada da lavoura ou da pecuária tem apresentado sinais de insustentabilidade, principalmente em regiões com chuvas de elevada erosividade e cobertas por solos pobres (Goedert & Oliveira, 2007), como na região do Cerrado. A integração lavoura-pecuária é uma boa opção de manejo do solo que busca pastagens com suporte adequado para animais e a manutenção da atividade agrícola no solo, com maior sustentabilidade, permitindo manter a qualidade do solo (QS).

De acordo com Doran & Parkin (1994), a QS pode ser definida como sua capacidade de funcionar dentro dos limites do ecossistema, para sustentar a produção biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde vegetal e animal. Quantificar a qualidade do solo não é tarefa fácil; a dificuldade advém do fato de que a qualidade do solo depende de suas propriedades intrínsecas, de suas interações com o ecossistema e, ainda, de prioridades de uso, influenciadas inclusive, por aspectos socioeconômicos e políticos (Costa et al., 2006).

Com base na definição das funções e dos atributos da QS, tem-se sugerido a utilização de índices de qualidade do solo. Estes podem ser úteis para monitoramento do estado geral do solo e para identificação de práticas de manejo mais adequadas, constituindo uma ferramenta útil para buscar soluções técnicas que atuem diretamente nos atributos do solo que estão pesando negativamente no índice de qualidade. (Tótola & Chaer, 2002; Araújo et al., 2007; Melloni et al., 2008). Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a o efeito do sistema integração lavoura-pecuária depois de implantado em pasto degradado através de índices de qualidade do solo.

### Material e Métodos

O estudo foi realizado, em condições de campo, em Latossolo, na Embrapa Arroz e Feijão, e tiveram como tratamentos, áreas sob três tipos de uso ou manejo do solo: floresta nativa (floresta, 1 área), pasto degradado (Pasto, com seis anos, 2 áreas) e integração lavoura-pecuária (Lavoura, recém implantado em pasto degradado, 3 áreas). Os dados foram coletados nas profundidades 0,0-0,05 m (A) e 0,05-0,10 m (B) em duas épocas de amostragem (seca – setembro/outubro de 2007, e úmida – março de 2008).

Foram consideradas 40 variáveis, sendo realizadas as seguintes análises para os atributos físicos do solo: resistência a penetração (Stolf et al., 1991), diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico (Kemper & Rosenau, 1986), índice de estabilidade de agregados (Castro Filho et al., 1998), massa de solo de diferentes classes de agregados (>8; 8-4; 4-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,106; 0,106-0,053 mm), densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, conteúdo de água disponível (Embrapa, 1997). Para os atributos químicos do solo foram considerados: pH em água, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, acidez potencial, soma de bases e capacidade de troca de cátions (Embrapa, 1997). Para os atributos biológicos do solo foram considerados: matéria orgânica do solo (Embrapa, 1997), estoque de carbono no solo (Sisti et al., 2004), ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, humina (Benites et al., 2003), total das substâncias húmicas, razão entre frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, e razão entre frações ácidos húmicos mais ácidos fúlvicos com a humina; carbono da biomassa microbiana (Vance et al., 1987), nitrogênio da biomassa microbiana (Brookes et al., 1985), respiração basal (Alef & Nannipieri, 1995), quociente metabólico (Anderson & Domosch, 1993), quociente microbiano (Sparling, 1992), relação carbono com nitrogênio da biomassa microbiana.

Para a determinação do índice de qualidade do solo (IQS) fez-se o procedimento:

- Calculou-se o quociente entre o valor obtido do atributo (variável) do solo e o valor referencial (floresta), de acordo com Nunes (2003), com modificações;
- Classificaram-se as variáveis em dois tipos de dados, que sofreram efeitos nesses manejos no solo: dados 1 que, quanto maior foi seu valor, melhor foi seu efeito no solo, com melhor resultado na

## Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

- qualidade do solo; e dados 2 que, quanto maior foi seu valor, pior foi seu efeito no solo, com resultado ruim na qualidade do solo. Para os dados 2 foram selecionados: microporosidade, densidade do solo, resistência a penetração, massa de solo em algumas classes de agregados (4-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,106; 0,106-0,053 mm), acidez potencial, quociente metabólico, relação ácidos fúlvicos mais ácidos húmicos com a humina, e relação ácidos fúlvicos com ácidos húmicos, sendo as demais variáveis classificadas como dados 1;
- c) Nos dados 2 foram feitas transformações, invertendo-se o valor para que esse fosse menor, pela fórmula:  $V = 1 - (ae/ar)$ , sendo  $V$  o valor modificado,  $ae$  o valor na área de estudo e  $ar$  o valor na área de referência. Assim, quando os valores eram maiores, e possuíam efeito ruim no solo, estes foram transformados em menores valores, sendo os menores valores (desses ruins) transformados em valores maiores ou mais próximos à área de referência;
- d) Determinou-se os IQS, pela média correspondente à seleção dos atributos físicos para o IQS físico, os atributos químicos para o IQS químico, os atributos biológicos para o IQS biológico. Para o IQS médio fez-se a média de todos os atributos;
- e) Os resultados foram representados graficamente, com três eixos, um para cada IQS, conforme foi representado também por Araújo et al. (2007), de maneira que fosse possível comparar o uso e manejo do solo nas diferentes áreas de estudo e em relação à área de referência;
- f) O IQS que se apresentou com valor mais próximo de 1,0, mostrou-se com melhor índice de qualidade, pois está mais próximo do solo tomado como referência (floresta).

### Resultados

Com relação à avaliação dos índices de qualidade do solo, observam-se os índices na Tabela 1, na época seca e úmida de amostragem, nas profundidades A e B para as áreas de lavoura e pasto e para a floresta (referência).

Na Figura 1, quando se considera a profundidade A, na época seca, o índice de qualidade físico do solo (IQS físico) foi o que apresentou menores valores, quando se avalia as áreas de lavoura e de pasto em relação à área de referência (floresta). Observa-se que o índice físico (IQS físico) foi o mais afetado (-0,54 para lavoura e 0,09 para pasto), seguidos pelo índice de qualidade biológico do solo (IQS biológico) (0,32 para lavoura e 0,60 para pasto). O índice de qualidade químico do solo (IQS químico) apresentou-se mais próximos da área de referência (0,99 para lavoura e 0,85 para pasto). A mudança de pastagem para lavoura comprometeu muito a estrutura física e a atividade biológica do solo. O valor do índice de qualidade do solo médio (IQS médio) da área de lavoura foi de 0,11, o que indica redução da qualidade do solo quando comparada à área de pasto com índice de 0,44, e à área de referência.

Com relação à profundidade B (Figura 2), na época seca, observa-se que a IQS físico foi mais alterado nos solos em relação à área de referência, seguido pelos IQS biológico. Quando se avalia a mudança de uso do solo de pasto para lavoura, observa-se que o IQS biológico passou de 0,60 no pasto para 0,33 na lavoura sendo impactante no solo assim como o IQS físico que passou de 0,45 na lavoura para 0,33 no pasto. A estrutura física do solo quando alterada provoca distúrbios nas propriedades biológicas do solo. O IQS químico da lavoura (1,12) superou os valores da área de referência, sendo o seu principal efeito ocasionado pela adubação do solo. Ainda observa-se que mudança de manejo do solo mudou o IQS médio de 0,59 no pasto para 0,51 na lavoura.

Na Figura 3, que é correspondente à profundidade A, na amostragem de época úmida, observou-se que o IQS físico e o IQS biológico foram os mais afetados em relação à área de referência. Nos IQS físico quase não se observou diferenças na introdução de lavoura em pasto (0,37 para pasto e 0,35 para lavoura). O IQS biológico se tornou menor com a mudança de pasto (0,62) para lavoura (0,51). O IQS químico no pasto observou-se valor de 0,92 e na

## Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

lavoura valor de 1,20, devido à adubação e correção química do solo, sendo o valor na lavoura superior ao encontrado na área de referência. Avaliando-se o IQS médio de pasto para lavoura, observou-se que a lavoura apresentou valor de 0,61, superior ao do pasto de 0,58, sendo considerado o IQS químico como o principal responsável pela elevação desse valor.

Na profundidade B (Figura 4), na época úmida, observou-se que o IQS físico e o IQS biológico sofreram maiores efeitos no solo em relação à área de referência. O IQS físico aumentou seu valor, quando se avaliou a mudança de pasto (0,51) para lavoura (0,64). Em relação ao IQS biológico esse diminuiu o valor da área de pasto com 0,62, para lavoura com 0,53. Quando se consideram os valores o IQS químico, esse aumentou de 0,92 no pasto para 1,27 na lavoura. É importante considerar que nessa profundidade (0,10 m) é depositado o adubo no plantio das culturas, o que pode justificar o valor elevado do IQS químico. Dessa forma, o valor do IQS médio foi superior na área de lavoura (0,75) com relação à área de pasto (0,64), devido ao efeito da camada adubada no IQS químico.

### Discussão

Avaliando todos os resultados, observou-se que os maiores efeitos da qualidade do solo após introdução de lavoura em pasto foram mais pronunciados na profundidade A (0,0 a 0,05 m), sendo o IQS físico o que mais se afastou da área de referência e o que mais foi afetado com a mudança do uso e manejo do solo. Araújo et al. (2007), também observaram que os efeitos na qualidade foram mais pronunciados na camada de 0,0 a 0,05 m e que os atributos físicos de qualidade do solo foram os mais afetados pelos tipos de usos avaliados, como reflexo, principalmente, da compactação do solo e da diminuição da taxa de infiltração de água. Esses mesmos autores observaram que entre os atributos físicos estudados, a resistência mecânica à penetração vertical refletiu com nitidez as diferenças de IQS entre as áreas avaliadas, sendo uma propriedade de fácil e rápida quantificação em campo.

O IQS físico foi o mais distante da área de referência devido ao intenso pastejo nas áreas de pasto, o que aumentou a densidade do solo e a resistência a penetração; e essas áreas após introdução de lavoura, apesar de perderem a camada compactada na superfície, diminuíram a agregação, o que causou grandes efeitos no IQS biológico. E o efeito positivo dos IQS químicos estava relacionado à adução e correção química nas lavouras, aumentando o seu valor nas camadas do solo avaliadas. De acordo com Melloni et al. (2008), em ambientes que não receberam constante aporte de nutrientes no solo, estes apresentaram propriedades químicas desfavoráveis em relação ao ecossistema original.

É importante ainda considerar as épocas de amostragem de solo. Observa-se que na época seca os IQS apresentam-se bem distintos entre as áreas de lavoura e pasto, no entanto alguns índices não modificaram seu valor, com relação à diferença de uso e manejo do solo, quando a coleta foi realizada na época úmida. Observa-se que a umidade no solo promove a maior uniformidade entre alguns fatores no solo, provocando diminuição da variabilidade de dados, dificultando a avaliação entre áreas diferentes.

Observa-se assim que os IQS promoveram uma avaliação mais abrangente dos diferentes uso e manejos do solo em relação à área de referência. Conforme destaca Araújo et al. (2007), os IQS consideram a contribuição interativa de todos os atributos, fornecendo uma avaliação abrangente da qualidade do solo. Assim como a maioria dos atributos individuais, o IQS reflete uma relação estreita entre a qualidade do solo e a intensidade de uso.

Tabela 1. Valores dos índices de qualidade do solo (IQS) analisados nas diferentes áreas de

## Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

estudo e profundidades, na época seca, em relação à área de referência.

Índices	Áreas de estudo								
	F	L AS	P AS	L BS	P BS	L AU	P AU	L BU	P BU
IQS físico	1,00	-0,54	0,09	0,33	0,45	0,37	0,35	0,64	0,51
IQS químico	1,00	0,99	0,85	1,12	0,84	1,20	0,92	1,27	0,92
IQS biológico	1,00	0,32	0,60	0,33	0,60	0,51	0,62	0,53	0,62
IQS médio	1,00	0,11	0,44	0,51	0,59	0,61	0,58	0,75	0,64

F (área de referência, floresta), L (lavoura), P (pasto), A (profundidade A, 0,0-0,05 m), B (profundidade B, 0,05-0,10 m), S (época seca), U (época úmida)

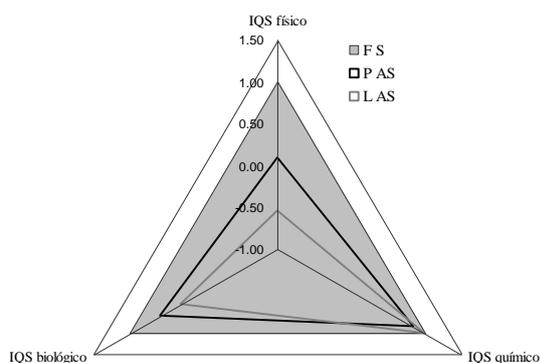


Figura 1. Representação gráfica comparativa da qualidade do solo nas áreas de pasto degradado (PAS) integração lavoura-pecuária (LAS), e floresta (FS), na época de seca de amostragem, na profundidade A.

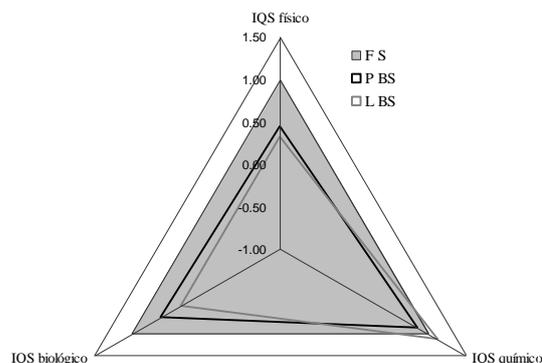


Figura 2. Representação gráfica comparativa da qualidade do solo nas áreas de pasto degradado (PBS) integração lavoura-pecuária (LBS), e floresta (FS), na época de seca de amostragem, na profundidade B.

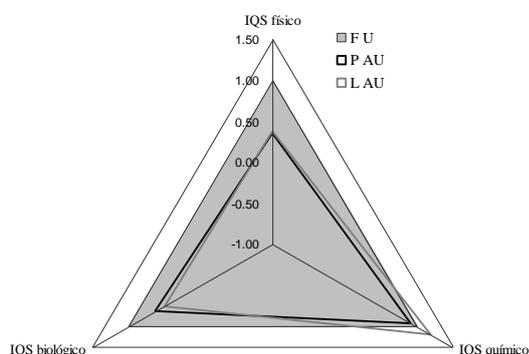


Figura 3. Representação gráfica comparativa da qualidade do solo nas áreas de pasto degradado (PAU) integração lavoura-pecuária (LAU), e floresta (FU), na época de úmida de amostragem, na profundidade A.

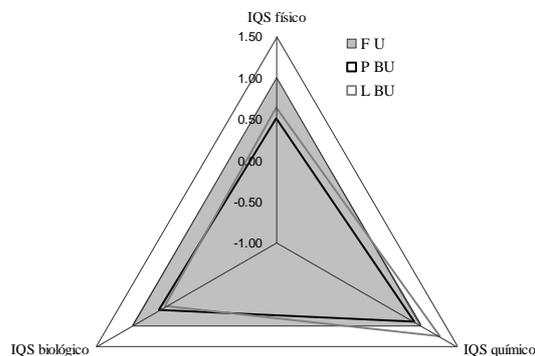


Figura 4. Representação gráfica comparativa da qualidade do solo nas áreas de pasto degradado (PBU) integração lavoura-pecuária (LBU), e floresta (FU), na época de úmida de amostragem, na profundidade B.

### Conclusões

## Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

O IQS físico foi o mais afetado pela mudança de uso e manejo do solo, seguido pelos IQS biológico, que foi influenciado pela diminuição do IQS físico. O IQS químico esteve próximo, ou superior ao da área de referência, sendo melhorado, quando se avalia a mudança de uso e manejo do solo. As diferentes épocas de amostragem influenciaram na avaliação entre as diferentes áreas de estudo, sendo que na época seca, os valores apresentaram-se mais distintos entre as áreas.

### Literatura citada

- ALEF, K. & NANNIPIERE, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London:Academic Press,576 p. 1995.
- ALVARENGA, M.I.N. & DAVIDE, A.C. **Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23: 933-942. 1999.
- ANDERSON, T.H. & DOMOSCH, K.H. **The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils**. Soil Biology and Biochemistry, 25: 393-395. 1993.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J. & LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31: 1099-1108. 2007.
- BENITES, V.M.; MADARI, B. & MACHADO, P.L.O.A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: Um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003.7p. (Comunicado Técnico, 16).
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. **Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil**. Soil Biology and Biochemistry, 17: 837-842. 1985.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. & PODANOSCHI, A.L. **Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo roxo distroférrico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22: 527-538. 1998.
- COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J. & SOUSA, D.M.G. **Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41:1185-1191. 2006.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed). **Defining soil quality for a sustainable environment**. SSSAJ: Madison, p. 3-22. 1994. (Publication Number 35)
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p. 1997.
- GOEDERT, W.; OLIVEIRA, S.A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.991-1017. 2007.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods**. Madison, WI: Soil Science Society of America, p. 425-442. 1986. (Agronomy Monograph N. 9).



DPD-Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento



## **Workshop Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa**

Brasília, 11 a 13 de agosto 2009

- MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P; ALVARENGA, M.I.N. & VIEIRA, F.B.M. **Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de minas gerais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 2461-2470. 2008.
- NUNES, L. A. P. L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa-MG.** Tese de Doutorado, Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R.M. **Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil.** Soil & Tillage Research, 76: 39-58. 2004.
- SPARLING, G.P. **Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter.** Australian Journal of Soil Research, 30: 195-207. 1992.
- STOLF, R. **Teoria de testes experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 15: 229-235. 1991.
- TÓTOLA, M.R. & CHAER, G.M. **Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos.** In: Tópicos e ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, p. 195-276. 2002.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. **An extraction method for measuring soil microbial biomass C.** Soil Biology and Biochemistry, 19: 703-707. 1987.