

COMUNICAÇÃO

RELAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE PASTAGEM EM SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE LAVRAS-MG¹

Relationship of soil physical attributes and pasture production on hydrographyc sub-basins in Lavras-MG

Giovana Alcantara Maciel², Mozart Martins Ferreira³, Antônio Ricardo Evangelista⁴, Geraldo César de Oliveira⁵

RESUMO

O trabalho foi realizado em propriedades rurais, localizadas nas sub-bacias hidrográficas dos Ribeirões Santa Cruz e Água Limpa, as quais pertencem à bacia do Rio Grande, Lavras, MG, com o objetivo de avaliar e relacionar os atributos físicos do solo com a produtividade das pastagens. Não houve diferenças significativas entre os valores de densidade do solo, porosidade total, micro e macroporosidade nos solos sob os diferentes tipos de pastagens, assim como entre as diferentes profundidades coletadas. O pisoteio animal nestas pastagens, na lotação observada e em sistema de pastejo contínuo, não levou, na camada de 0-10 cm, à obtenção de maiores valores para densidade do solo em relação a subsuperfície. Pela correlação canônica, verificou-se que as produtividades das pastagens mostram associação na sua sensibilidade relacionada aos atributos físicos do solo avaliados.

Termos para indexação: Densidade do solo, volume total de poros, produção de matéria seca, manejo do solo.

ABSTRACT

The work was performed in agricultural properties, located on the hydrographic sub-basins of Santa Cruz and Água Limpa streams, belonging to the Rio Grande basin, Lavras, MG, with the aim of evaluating and relating soil physical attributes with pastures productivity. No differences were observed among bulk density, total porosity, micro and macro-porosity values in soils under different pastures, as well as under different soil samples depths. The animal trampling on these pastures, considering the amount of animals observed in the area and the continuous system of pasture management, did not translate to higher values of bulk density, at 0-10cm depth, and at the subsurface. Through canonical correlation one verified that pastures productivity showed association in its sensibility related to soils physical attributes.

Index terms: Bulk density, total volume of pores, dry matter production, soil management.

(Recebido em 5 de setembro de 2006 e aprovado em 16 de janeiro de 2008)

Dentre as formas de uso e ocupação do solo, as pastagens constituem um componente essencial da paisagem, sendo que, em Minas Gerais, elas representam cerca de 65% do espaço rural. A degradação de pastagens tem conseqüências abrangentes, vindo a ocasionar impactos negativos no solo, nos recursos hídricos, na fauna e flora de diversos ecossistemas, e interferindo na condição sócio-econômica de comunidades rurais e urbanas.

As bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela

atividade antrópica que pode acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e da qualidade da água, uma vez que esta variável está relacionada ao uso do solo.

Avaliando-se os atributos físicos e o manejo das pastagens de propriedades localizadas em duas sub-bacias hidrográficas da região de Lavras, MG., Albernaz (2005) constatou que o manejo adotado nas duas sub-bacias é semelhante, porém a substituição de gramíneas nativas por cultivadas, notadamente do gênero *Brachiaria*, em muitos casos, foi inadequada, levando a degradação do solo e a ineficiência produtiva das pastagens.

¹Parte da dissertação apresentada pela primeira autora à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas

²Pesquisadora da Embrapa Meio-Norte – Av. Duque de Caxias, 5650 – Bairro Buenos Aires – Cx. P. 001 – 64006-220 – Teresina, PI – giovana@cpamn.embrapa.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – mozartmf@ufla.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto – Departamento de Zootecnia/DZO – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – aricardo@ufla.br

⁵Engenheiro Agrícola, Doutor, Professor – Departamento de Ciência do Solo/DCS – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – geraldooliveira@ufla.br

As pastagens cultivadas nas regiões tropicais, normalmente, apresentam queda na produtividade após alguns anos de sua implantação. Via de regra este fato é atribuído ao manejo do solo, e, normalmente, é associado à diminuição da fertilidade do mesmo, além da ocorrência de pragas e doenças, a invasão de plantas daninhas e em muitos casos a utilização de sistemas de pastejo inadequados que não respeitam o desenvolvimento das plantas forrageiras. Por outro lado, a redução na produtividade das pastagens, também pode estar relacionada à degradação física do solo ocasionada pelo pisoteio animal, mesmo sob boas condições de fertilidade, o que pode inviabilizar a produtividade e persistência da pastagem (LUZ & HERLING, 2004).

De acordo com Cantarutti et al. (2001), geralmente as pastagens são estabelecidas em solos com propriedades físicas adequadas, mas de baixa fertilidade natural. No entanto, com o passar do tempo, as propriedades físicas do solo tendem a piorar, ocorrendo um aumento da densidade do solo, decorrente de sua compressão. Ainda segundo estes autores, como componente móvel no sistema, o animal altera as propriedades físicas e químicas do solo, que se refletem no crescimento das plantas forrageiras.

Diante do exposto, busca-se com o presente trabalho avaliar a produtividade de pastagens e sua relação com atributos físicos do solo em sub-bacias hidrográficas do município de Lavras, MG.

O estudo foi conduzido nas sub-bacias hidrográficas dos Ribeirões Santa Cruz e Água Limpa, as quais pertencem à bacia do Rio Grande e são responsáveis por 56% do abastecimento de água da cidade de Lavras, MG. A sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz com área estimada em 2.465 ha situa-se entre as coordenadas UTM 23K, 7.640.000 m e 7.650.000 m N de latitude e 498.000 m e 508.000 m E de longitude, no meridiano central 45° WGr, entre as cotas altimétricas 900 m e 1.240 m. A sub-bacia Água Limpa, apresentando 1.445 ha, encontra-se entre as coordenadas UTM 23K, 7.641.000 m e

7.650.000 m N de latitude e 495.500 m e 501.500 m E de longitude, tendo como meridiano central 45° WGr, entre as cotas altimétricas 900 m e 1.260 m (CURADO, 2003).

Tendo como base o estudo de Albernaz (2005), foram selecionadas oito propriedades rurais, sendo quatro em cada uma das sub-bacias. Em cada propriedade rural foram escolhidas duas áreas de pastagens que, de acordo com o critério do proprietário entrevistado, foram identificadas como pastagem “boa” e pastagem “ruim”. Nessas áreas escolhidas, foram feitas amostragens de forragem e solo no período de agosto a outubro de 2005 (época seca) e apenas de forragem, nos meses de janeiro e fevereiro de 2006 (época das águas).

Embora exista pequena variação nas classes de relevo (suave ondulado a ondulado), predomina em ambas sub-bacias Latossolo Vermelho-Amarelo típico textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999), cuja caracterização química se encontra na Tabela 1. Exceção feita aos teores de matéria orgânica (MO), verifica-se em ambas as sub-bacias que a fertilidade do solo encontra-se em níveis baixos. Todavia, o solo da sub-bacia Santa Cruz apresenta condições de fertilidade ligeiramente superior ao da Água Limpa, reflexo da relativamente maior utilização de insumos na implantação das pastagens daquela sub-bacia, conforme constatado por Albernaz & Lima (2007).

Para amostragem da forragem utilizou-se um quadrado de madeira de 0,5 x 0,5 m, conforme recomendação de Rodrigues (1986). Foram feitas cinco tomadas de medição por pasto, sendo a forragem cortada manualmente rente ao solo. Para quantificação da produção da pastagem a massa verde foi colocada em sacos plásticos e pesada no próprio local. A produtividade das pastagens expressa em matéria seca ha⁻¹ (PMS), foi calculada a partir da forragem verde, seguindo o método descrito pela AOAC (1990).

Nos mesmos locais onde se amostrou a forragem, foram avaliados os atributos físicos do solo nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. A densidade do solo (Ds)

Tabela 1 – Caracterização química da camada de 0-20 cm do Latossolo Vermelho-Amarelo das sub-bacias Santa Cruz e Água Limpa.

pH H ₂ O	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO
	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%	dag kg ⁻¹	
Santa Cruz												
5,7	3,3	56	1,9	0,8	0,2	2,5	2,9	3,1	5,4	51,0	11	3,4
Água Limpa												
5,5	1,3	40,5	1,4	0,5	0,5	4,4	1,8	2,2	6,1	30,2	23	3,0

foi determinada por meio do método do anel volumétrico de acordo com Blake & Hartge (1986a). A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (BLAKE & HARTGE, 1986b). Na determinação da porosidade total (VTP) foi seguido o método definido por Danielson & Sutherland (1986). Macroporosidade (MACRO) e microporosidade (MICRO) foram determinadas, utilizando-se funil de placa porosa, em unidade de sucção a 60 cm de coluna d'água. O volume de água retida no solo após o equilíbrio foi considerado correspondente à microporosidade. Por diferença entre VTP e MICRO determinou-se a macroporosidade (GROHMANN, 1960).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para a produção de forragem utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, constituindo os fatores os tipos de pastagens (boa e ruim) e épocas de corte (seca e águas), com cinco repetições. Com relação aos atributos físicos do solo utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos dispostos em esquema de parcela subdividida com tipo de pastagem na parcela e profundidade de coleta na subparcela. As análises estatísticas foram realizadas independentemente para cada propriedade rural.

No sentido de se avaliar a relação entre a produtividade de pastagem e os respectivos atributos físicos do solo, foi realizada análise de variância multivariada, aplicando-se ao conjunto de informações obtidas a função discriminante ou variável canônica. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando-se o programa SAS, versão 8.2 (SAS INSTITUTE, 2001).

Pela Tabela 2 constata-se que a produtividade média das pastagens (PMS), na maioria das propriedades rurais,

foi estatisticamente diferente apenas quando se comparam as épocas de corte. Este fato pode ser explicado pelo efeito da sazonalidade climática na produção das pastagens. De modo geral o rendimento das pastagens apresentou valores muito baixos, refletindo pastagens degradadas e, ou mal manejadas. Observa-se, que as pastagens identificadas como boas apresentaram maiores rendimentos por unidade de área em relação às pastagens ruins, corroborando com a avaliação sensorial dos proprietários. Observa-se, de um modo geral, maior rendimento das pastagens na sub-bacia Santa Cruz em relação à Água Limpa, conseqüência, provavelmente, de um melhor nível tecnológico de manejo adotado pelos produtores rurais daquela área conforme comentado anteriormente, quando da avaliação das condições de fertilidade do solo.

O rendimento das pastagens (PMS) na época seca foi estatisticamente superior ao observado na época das águas. Uma provável explicação está no fato de que na época seca as plantas atingem um maior grau de maturação, entrando em estágio de senescência e, conseqüentemente, há um aumento da conversão dos carboidratos não estruturais em estruturais, ou seja, a planta perde água e os teores de fibras aumentam. Esses resultados podem ser atribuídos também ao sistema de manejo adotado em algumas propriedades rurais, que não realizam diferimento das pastagens, nem melhoria da fertilidade do solo. Esses aspectos influenciam negativamente na rebrota e desenvolvimento das forragens, conferindo-lhes menor teor de matéria seca, principalmente no início da época das águas.

Na Tabela 3 encontram-se os valores dos atributos físicos do solo dos locais onde se procederam as amostragens das forragens.

Tabela 2 – Produtividade média das pastagens - PMS ($t\ ha^{-1}$), em função do tipo de pastagem e época de corte nas sub-bacias hidrográficas.

Pastagem	Época de corte	Sub-bacias hidrográficas							
		Santa Cruz				Água Limpa			
		Propriedades							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Boa	Seca	5,2aA	5,4aA	9,6aA	5,1aA	1,9aA	6,2aA	3,1aA	3,6aA
	Águas	5,7aA	6,2aA	5,6aB	1,9bB	0,9bB	2,4aB	1,2bB	1,8aB
Ruim	Seca	2,4aB	6,0aA	2,4bB	3,2aA	1,5aA	3,2aB	4,5aA	1,9aA
	Águas	2,3aB	6,5aA	4,6aB	1,4bB	0,8bB	2,1bB	2,2bB	0,8bB

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, na mesma época de corte, comparando tipos de pastagens e médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, comparando as épocas de corte são estatisticamente iguais pelo teste F, com um nível de significância de 5%.

Tabela 3 – Valores médios de densidade do solo (Ds), porosidade total (VTP), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO) em função do tipo de pastagem e profundidades de coleta nas sub-bacias hidrográficas.

Pastagem	Profundidade (cm)	Sub-bacias hidrográficas							
		Santa Cruz				Água Limpa			
		Propriedades							
		1	2	3	4	1	2	3	4
		Densidade do Solo (Ds) – Mg m ⁻³							
Boa	0-10	1,23aA	1,08bA	1,20aB	1,08bA	1,17aA	1,35aA	1,25bA	1,31aB
	10-20	1,30aA	1,15aA	1,26aA	1,16aA	1,15aB	1,32aA	1,35aA	1,34aA
Ruim	0-10	1,28aA	1,16aA	1,10bB	1,20aA	1,22aA	1,32aA	1,23aA	1,39aA
	10-20	1,31aA	1,14aA	1,26aA	1,13aA	1,19aA	1,36aA	1,25aA	1,36aA
		Porosidade Total (VTP) – cm ³ cm ⁻³							
Boa	0-10	0,53 aA	0,57aA	0,52aA	0,56aA	0,51aA	0,46aA	0,48aA	0,47aA
	10-20	0,51aA	0,54aA	0,50aA	0,53aA	0,53aA	0,47aA	0,50aA	0,46aA
Ruim	0-10	0,49aA	0,55aA	0,57aA	0,51bA	0,50aA	0,47aA	0,50aA	0,46aA
	10-20	0,49aA	0,55aA	0,50bA	0,55aA	0,52aA	0,46aA	0,49aA	0,46aA
		Microporosidade (MICRO) – cm ³ cm ⁻³							
Boa	0-10	0,37aA	0,35aA	0,39aA	0,32aA	0,32aA	0,30aA	0,33aA	0,35aA
	10-20	0,37aA	0,34aA	0,35aA	0,33aA	0,32aA	0,29bA	0,29bA	0,28bA
Ruim	0-10	0,33aB	0,35aA	0,39aA	0,31aA	0,34aA	0,31aA	0,30aA	0,31aA
	10-20	0,33aB	0,34aA	0,38aA	0,20bB	0,33aA	0,31aA	0,29bA	0,31aA
		Macroporosidade (MACRO) - cm ³ cm ⁻³							
Boa	0-10	0,17aA	0,22aA	0,14aB	0,24aA	0,21aA	0,16aA	0,15bA	0,14bA
	10-20	0,13bA	0,20aA	0,15aA	0,20aA	0,22aA	0,18aA	0,21aA	0,18aA
Ruim	0-10	0,18aA	0,22aA	0,18aA	0,20bA	0,17aA	0,15aA	0,19aA	0,16aA
	10-20	0,16aA	0,21aA	0,13bB	0,25aA	0,19aA	0,15aA	0,20aA	0,15aA

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna, na mesma profundidade, comparando tipos de pastagens e médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, comparando as profundidades são estatisticamente iguais pelo teste F, com um nível de significância de 5%.

Com relação à densidade do solo (Ds) verifica-se na Tabela 3 que, de modo geral, seus valores não se apresentaram significativamente diferentes, seja quando se comparam os tipos de pastagens ou quando se comparam às profundidades de coleta, nas diversas propriedades rurais das duas sub-bacias. Não obstante a esses resultados, verifica-se uma relativa elevada amplitude de valores para esse atributo, com Ds variando de 1,08 a 1,39 Mg m⁻³. Esses valores observados se encontram dentro da faixa 1,00 a 1,40 Mg m⁻³, que segundo Prevedello (1996) são referenciais para solos argilosos, mas se aproximam do valor 1,40 Mg m⁻³, que, segundo Arshad et al. (1996) se mostra restritivo ao crescimento radicular das

plantas. Pode-se afirmar, portanto, que, existe algum grau de degradação física do solo em propriedades rurais das sub-bacias. Por outro lado, os resultados das análises estatísticas revelam homogeneidade nos valores de Ds, podendo-se inferir que o manejo adotado pelos proprietários nas sub-bacias é bastante semelhante. O pisoteio dos animais nestas pastagens, nas lotações observadas, não levou, principalmente na camada de 0-10 cm, à obtenção de valores mais elevados de Ds. Ao contrário, houve uma tendência de ocorrência de maiores valores para Ds na camada de 10 – 20 cm. De acordo com Albuquerque et al. (2001), em sistemas de integração lavoura-pecuária, a presença de raízes de gramíneas melhora

a estrutura do solo, minimizando assim o impacto negativo do pisoteio.

Reflexo do comportamento da Ds, observa-se na Tabela 3, que os valores médios de porosidade total (VTP) também não apresentaram diferenças significativas quando se comparam às pastagens e as profundidades coletadas. De acordo com Prevedello (1996) para solos argilosos são esperados valores de VTP variando de 0,40 a 0,65 cm³ cm⁻³, tendo-se como referência o valor 0,50 cm³ cm⁻³ como uma condição satisfatória. Os valores observados na sub-bacia Santa Cruz superam o valor referencial, enquanto que na sub-bacia Água Limpa predominam valores de VTP inferiores a 0,50 cm³ cm⁻³.

Com relação à distribuição de poros por tamanho, não houve diferenças significativas tanto para microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO), em ambas as sub-bacias, quando se comparam pastagens e profundidades de coleta. Observa-se predomínio da classe dos microporos em relação aos macroporos, o que assegura uma satisfatória retenção de água para as plantas (Tabela 3). Por outro lado, quando a preocupação é com a degradação do solo, deve-se analisar o comportamento da macroporosidade. A macroporosidade, também conhecida por porosidade de aeração, é responsável pela aeração do solo e são os poros afetados negativamente pelo pisoteio dos animais. De acordo com Kiehl (1979) a porosidade de aeração ideal está entre 0,20 a 0,30 cm³ cm⁻³, sendo o valor 0,10 cm³ cm⁻³ restritivo ao satisfatório desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Observa-se, portanto que, em todas as propriedades rurais das sub-bacias os teores de macroporos se encontram dentro da faixa considerada adequada ao desenvolvimento das pastagens, o que demonstra que o pisoteio animal nas lotações observadas, não promoveu alterações restritivas neste atributo do solo.

As informações apresentadas nas Tabelas 2 e 3 referem-se aos comportamentos da produtividade das pastagens e dos atributos físicos dos solos de maneira independente. As análises de correlações apresentaram valores significativos somente para a associação entre produtividade de pastagem e densidade do solo para as profundidades de 0 – 10 cm e 10 – 20 cm, sendo coeficientes respectivamente 0,9227 e 0,9652, Tabela 4.

Por meio de correlações entre as variáveis originais e as canônicas chegou-se aos coeficientes da matriz estrutural, cujos resultados se encontram na Tabela 5.

Tabela 4 – Coeficientes padronizados, correlação canônica (r) e correlação canônica ao quadrado (r²) entre produtividade de pastagem e densidade do solo das profundidades de 0 a 10 cm e 10-20 cm.

PMS versus Ds	Profundidade	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm
Coeficientes padronizados	-2,5177	0,8144
r	0,9227	0,9652
F	6,91*	15,90 *
r ²	0,8514	0,9317

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Coeficientes da matriz estrutural entre os fatores canônicos produção de pastagem e densidade do solo das profundidades de 0 a 10 cm e 10-20 cm.

Fator canônico	Profundidade	
	0 - 10 cm	10 - 20 cm
PMS	0,3942	-0,4290
Ds	-0,7975	0,9626

A produtividade de pastagem se associa negativamente com a Ds em ambas as profundidades. Considerando que os valores de produção de pastagem correlacionados foram os mesmos, os comportamentos dos coeficientes da matriz estrutural refletem apenas que os menores valores de Ds foram encontrados na profundidade de 0–10 cm e os maiores valores na profundidade de 10-20 cm (Tabela 5).

As pastagens das propriedades rurais das sub-bacias hidrográficas Santa Cruz e Água Limpa apresentam baixas produtividades refletindo sinais de degradação e, ou manejo inadequado.

Parte da degradação observada está associada à alteração da Ds dos solos causada pelo pisoteio animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERNAZ, W. M.; LIMA, J.M.de. Caracterização da cobertura vegetal de pastagens em duas sub-bacias hidrográficas da região de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.290-297, mar./abr., 2007.

- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 717-723, 2001.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Eds.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA Special Publicatio, 49).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Virginia, 1990. v. 1.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a. part 1, p. 363-376. (Agronomy, 9).
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986b. part 1, p. 377-382. (Agronomy, 9).
- CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; COSTA, O. V. Impacto do animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. São Paulo: FEALQ, 2001. p. 826-837.
- CURADO, R. F. **Mapeamento cadastral e análise do uso e ocupação do solo em duas sub-bacias hidrográficas no município de Lavras, MG**. 2003. 95 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: part 1: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 443-461.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 312 p.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 9, n. 21, p. 319-329, abr. 1960.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264 p.
- LUZ, P. H. de C.; HERLING, V. R. Impactos do pastejo sobre as propriedades físicas do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004.
- PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: SAEAFS, 1996. 446 p.
- RODRIGUES, L. R. A. Espécies forrageiras para pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 375-387.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 8.2. Cary, 2001. 943 p.