

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO SOB PASTAGEM E MATA

Silvano Alves Pereira¹, Geraldo César de Oliveira², Eduardo da Costa Severiano³, Luiz Carlos Balbino⁴, Jaison Pereira de Oliveira⁵

Resumo: Foi caracterizado um Latossolo Vermelho distrófico típico sob dois sistemas de pastejo e comparado a outro sob vegetação nativa. Foram avaliados dois piquetes, sendo o primeiro sob sistema de pastejo contínuo e o segundo sob pastejo rotacionado, nas posições touceira e entre as touceiras. No primeiro, com a forrageira *Cynodon dactylum* cv. Tifton 85, foram retiradas 36 amostras. No segundo, com *Panicum maximum* cv. Tanzânia, foram retiradas 72 amostras (36 na posição touceira e 36 entre as touceiras). Outras 36 amostras foram retiradas do solo sob mata. Utilizou-se uma malha regular de 5 x 20 m para coletá-las nas profundidades de 0-2, 2-7 e 30-35 cm. Foi avaliada a disponibilidade de água; a porosidade do solo e a dispersão e agregação do solo. Foi utilizada a análise de componentes principais. A implantação de pastagens na área estudada provocou alterações nos atributos físicos do solo, principalmente na camada superficial. A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta dos atributos do solo, sendo aqueles relacionados à porosidade os que mais sofreram variação nos sistemas de uso e manejo. No segundo piquete houve uma tendência de melhor qualidade estrutural na profundidade de 0-2 cm em relação aos demais ambientes sob pastagem.

Palavras-chave: pastejo rotacionado, degradação de pastagens, qualidade física do solo.

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF PHYSICAL ATTRIBUTES OF A TYPICAL DISTROFIC RED LATOSOL UNDER GRASS PASTURE AND FOREST

Abstract: This work aimed to characterize a typical dystrofic red latosol under two grazing systems compared to a soil under native vegetation. Two grazing areas were evaluated, the first under continuous and the second under rotational grazing, at clumps and among clumps. Thirty-six samples were collected at first area grown with *Cynodon dactylum* cv. Tifton 85. Seventy-two samples were collected at second area with *Panicum maximum* cv. Tanzânia, 36 in the clumps and 36 between clumps. Other 36 samples were collected in the area under native forest (Cerrado). A regular pattern 5 x 20 m was used to collect samples at the 0-2, 2-7 and 30-35 cm depth. Water availability to plants, soil porosity, dispersion and aggregation were evaluated. The principal component analysis was used. The introduction of grass pastures in the studied area caused changes in the soil physical attributes, mainly at superficial layer. This statistical analysis enabled the combined visualization of soil attributes where those related to porosity changed more in the use and management systems. In the second area, a tendency of better structural quality at 0-2 cm depth compared to other areas under grass pasture was verified.

Keywords: rotational grazing, pasture reclamation, soil physics quality

¹Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, CEP 74000-00

²Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo (DCS), *Campus* Universitário. Caixa Postal 3037, Lavras (MG)- CEP 37200-000.

³Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, CP 66, , Rio Verde (GO) CEP.: 75901-970. *E-mail: severianoec@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

⁴Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Transferência de Tecnologia. Parque Estação Biológica - PqEB s/n°. Brasília (DF) - CEP 70770-901.

⁵Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Arroz e Feijão. Rodovia GO-462, km 12, Zona Rural, Santo Antonio de Goias, (GO) – CEP.: 75375-000.

Recebido em: 25/05/2010. Aprovado em: 11/08/2010.

INTRODUÇÃO

A utilização intensiva das pastagens com adoção de técnicas como adubação, irrigação e outras práticas de manejo têm sido adotadas visando ao aumento da produtividade das gramíneas sob pastejo rotacionado. Entretanto, a adoção de um manejo inadequado destas pastagens, pode implicar em perdas na qualidade física do solo (GIAROLA et al., 2007) e na produtividade das pastagens (MAGALHÃES et al., 2009). A degradação de uma pastagem ocorre com a sua perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural, tornando-a incapaz de sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais (MACEDO, 1995).

A qualidade física do solo é um importante fator para a manutenção da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas (IMHOFF et al., 2000) pelo fato das plantas exigirem uma boa estruturação do solo, o que permite o melhor desenvolvimento das raízes (RESENDE et al., 2007). As alterações físicas podem influenciar na maioria dos fenômenos importantes que ocorrem no solo, incluindo a quantidade de calor, água e gases transportados, e sua resistência mecânica (LARSON et al., 1980). Dentre os atributos físicos do solo sujeitos a alteração pelo manejo, o diâmetro de poros e o estado de agregação têm sido utilizados por vários autores como indicadores de qualidade do solo (CAMPOS et al., 1995; BALBINO et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2003).

As alterações do solo pelo manejo se processam em cadeia e alteram uma série dos componentes do ambiente. Apesar disto, as avaliações das alterações dos atributos físicos do solo pelo uso, geralmente são feitas separadamente, dificultando sua interpretação. Quando as características físicas são analisadas em conjunto, a visualização e ordem de influência dessas variáveis tornam-se mais claras (ALVARENGA & DAVIDE, 1999; GOMES et al., 2004).

Nesse contexto, a análise de componentes principais (ACP) é uma técnica

estatística multivariada que transforma linearmente um conjunto de dados de diversas variáveis. Os componentes principais representam um novo conjunto de variáveis artificiais que são funções lineares daquelas originais e que tem variância máxima (ANDERSON, 1958). Assim, são ordenadas as características físicas do solo, sintetizando a variação multidimensional dos dados analisados em diagramas, ordenando-os nos eixos de acordo com suas similaridades, em termos de variáveis utilizadas (ALVARENGA & DAVIDE, 1999).

Nesse contexto, este trabalho objetivou relacionar as alterações estruturais ocorridas em um Latossolo Vermelho distrófico típico após quatro anos de pastejo rotacionado com *Panicum maximum* cv. Tanzânia e o pastejo contínuo com *Cynodon dactylum* cv. "Tifton 85", tendo como referência o solo sob cobertura natural de mata/floresta estacional semidecidual.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na fazenda modelo da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, localizada em Goiânia, GO, nas coordenadas geográficas 16°35'12'' de latitude Sul e 49°21'14'' de longitude Oeste, a uma altitude de 730 m, datum Córrego Alegre. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo tropical semi-úmido (Aw). A precipitação pluviométrica anual média é de 1.578 mm, sendo de novembro a março os meses mais chuvosos. A temperatura média anual é de 23 °C, com médias mínimas e máximas de 17,9 e 28,9 °C, respectivamente (MAGNANO et al., 1983).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006). A análise granulométrica do solo foi realizada conforme Day (1965). A dispersão física seguiu metodologia proposta por Jucksch (1995) com alterações propostas por Oliveira et al. (2002), substituindo a areia por esferas de chumbo com diâmetro entre 2 e 1 mm. Para os conteúdos de óxidos (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃) através do ataque sulfúrico, na terra fina, foram citados os teores

encontrados por Lopes et al. (1997) que Os resultados destas análises são seguidos metodologia da Embrapa (1997). apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e física do Latossolo Vermelho distrófico do município de Goiânia, GO.

Profundidade (cm)	Granulometria			Ataque Sulfúrico ⁽¹⁾					
	Argila	Silte	Areia	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Kr	Ki
	----- kg ⁻¹ -----								
0-2	542	136	322	-	-	-	-	-	-
2-7	559	137	304	-	-	-	-	-	-
30-35	520	180	300	140	300	154	32,7	0,60	0,79

⁽¹⁾Lopes et al. (1997).

Foram avaliados dois sistemas de manejo em três ambientes de pastagens: pastejo rotacionado com capim-Tanzânia nas posições touceira (T) e entre as touceiras (E) e pastejo contínuo com capim-Tifton 85 (C). Como referência, foi utilizada uma área de mata/floresta estacional subcaducifólia (M). Antes da implantação das atuais forrageiras as áreas eram formadas por *Brachiaria decumbens*.

As pastagens foram implantadas em fevereiro de 2000. Para o preparo do solo, inicialmente realizou-se uma gradagem pesada, após aração com arado de aivecas, atingindo a profundidade de 30 cm e duas gradagens leves. A calagem ocorreu após a aração e a adubação no plantio, foi de acordo com a análise química do solo. O piquete sob pastejo rotacionado recebeu uma taxa de lotação média de 5-6 Unidade Animal (U.A.) ha⁻¹ no período chuvoso, e 2-3 U.A. ha⁻¹ no período seco (1 U.A.= 450 kg de peso vivo), enquanto que o piquete sob pastejo contínuo (C), uma taxa de lotação de 2 U.A. ha⁻¹.

Coletaram-se amostras indeformadas em janeiro de 2004, para avaliação da porosidade e agregação do solo e amostras deformadas para análise granulométrica. Utilizou-se uma malha regular de 5 x 20 m em sentido perpendicular à declividade do terreno, sendo 36 amostras por ambiente, em 12 pontos de coleta, nas profundidades de 0-2, 2-7 e 30-35 cm, por refletirem a distribuição da carga aplicada pelo pisoteio animal. As camadas superficiais foram selecionadas por serem as mais afetadas pelo

manejo, já que as alterações estruturais do solo nas camadas mais profundas são inferiores, com a última profundidade localizada abaixo da camada arável (OLIVEIRA et al., 2007).

Para avaliação da porosidade, foram utilizados cilindros com volume de 39,27 cm³ para coleta das amostras na profundidade de 0-2 cm e cilindros de 98,17 cm³ para as outras profundidades. Os cilindros com as amostras de solo foram retirados e embalados com plástico PVC. No laboratório, os cilindros com solo foram saturados, levados à coluna de areia (REINERT & REICHERT, 2006) e submetidos à tensão de 6 kPa para determinação da microporosidade (poros com diâmetro inferior a 50 µm) (BOUMA, 1991) e capacidade de campo (SANTOS, 1997; OLIVEIRA et al., 2003).

A densidade do solo, o volume total de poros e a macroporosidade foram determinados segundo Embrapa (1997). Para determinação do ponto de murcha permanente, utilizou-se a câmara de pressão de Richards à tensão de 1.500 kPa. Nesta metodologia, amostras de solo passadas em peneira de 2 mm de diâmetro, após saturadas, foram dispostas em anéis de borracha sobre placas de cerâmicas, até o seu equilíbrio. Em seguida, foram secadas em estufa a 105-110 °C por 48 horas para determinação da umidade gravimétrica. Seguindo sugestões de Santos (1997), a água disponível total foi calculada segundo expressão: ADT = $\theta_6 - \theta_{1500}$, sendo: ADT = água disponível total (m³ m⁻³); θ_6 = umidade volumétrica equivalente a

tensão matricial de 6 kPa e; θ_{1500} = umidade volumétrica equivalente a tensão matricial de 1500 kPa.

As amostras indeformadas, utilizadas para avaliação da agregação do solo, foram passadas em peneira de 8 mm de malha. Os agregados com diâmetro menor do que 8 mm (25 g), foram pré-umedecidos por capilaridade em uma bandeja com areia úmida e submetidos ao peneiramento úmido (YODER, 1936). Para isto, utilizou-se um conjunto de cinco peneiras com as seguintes classes de diâmetros: 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm. O diâmetro médio geométrico (DMG) foi calculado a partir das frações dos agregados e utilizado como índice de agregação, seguindo o método descrito por Kemper e Rosenau (1986).

Para as comparações das alterações nas propriedades físicas utilizou-se a ACP. Esta análise foi realizada para diferentes grupos de variáveis e baseada na matriz de correlação dessas variáveis. As amostras e as variáveis foram transformadas em coordenadas, que correspondem à sua projeção nos eixos de ordenação ou autovetores, representando o peso de cada parcela ou variável sobre o eixo, as quais podem ser vistas como equivalentes ao grau de correlação destas com o eixo em questão. O autovalor, que é a soma do quadrado das coordenadas de cada eixo, representando o maior grau de correlação possível de todas as parcelas ou variáveis com o eixo, dá uma indicação direta da contribuição relativa de cada eixo para a explicação da variância total dos dados (ANDERSON, 1958). Todos os cálculos estatísticos foram realizados no software SAS

(*Statistical Analysis System*), por meio do procedimento GLM (SAS INSTITUTE, 2002).

A partir de cada matriz (0-2, 2-7 e 30-35 cm), foram produzidos diagramas de ordenação dos ambientes. Nos diagramas, a distribuição dos ambientes foi representada por pontos, que indicam sua correlação com os eixos. Manualmente, foram confeccionadas elipses para melhor visualização do conjunto de dados. Utilizaram-se diagramas que pudessem explicar através de dois eixos 80% da variância total, pela facilidade de interpretação de um gráfico em duas dimensões (ANDERSON, 1958).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradação da qualidade do solo pode ser demonstrada por meio da avaliação das mudanças ocorridas nos atributos físicos do solo com a introdução do manejo. As Figuras 1a, 1c, 1e, 2a, 2c e 2e mostram a ordenação dos atributos físicos relacionados com a porosidade e a agregação do solo. As Figuras 1b, 1d, 1f, 2b, 2d e 2f mostram a ordenação dos ambientes geradas através da ACP. A intercorrelação entre os atributos do solo é demonstrada pelos ângulos entre as setas e a importância destes atributos pelo comprimento das setas. O grau com que o atributo se correlaciona com o eixo é determinado pelo ângulo formado entre determinada seta e o eixo de ordenadas (ANDERSON, 1958; MELÉM JÚNIOR et al., 2008).

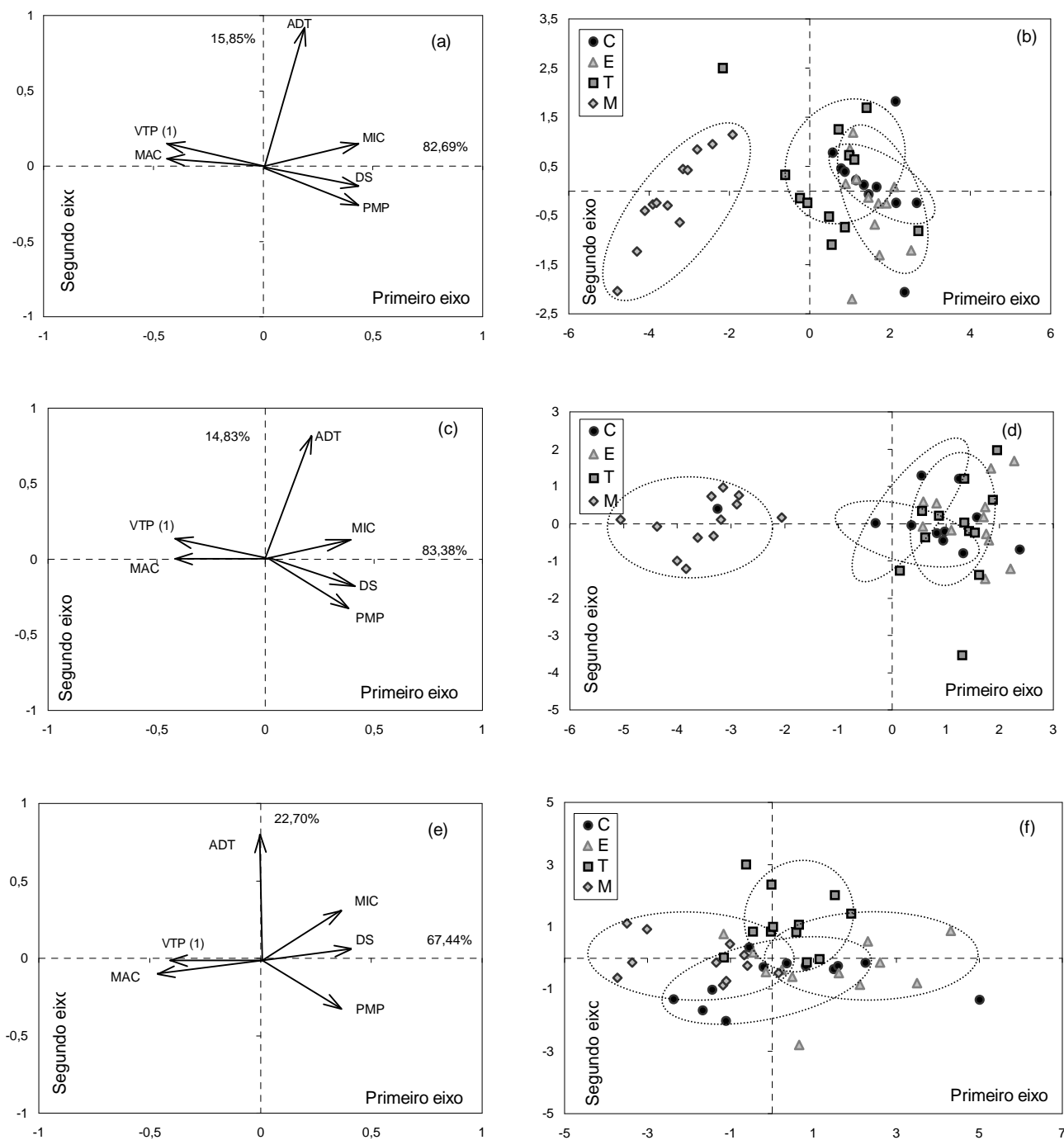


Figura 1. Autovalores e autovetores (“a”, “c” e “e”) e diagramas de ordenação das variáveis relacionadas com porosidade do solo (“b”, “d” e “f”) de um Latossolo Vermelho distrófico típico, nas profundidades de 0-2 cm (“a” e “b”), 2-7 cm (“c” e “d”) e 30-35 cm (“e” e “f”) sob: pastejo contínuo (C); pastejo rotacionado na posição entre as touceiras (E); pastejo rotacionado na posição touceira (T); Mata/Floresta Estacional Semidecidual (M).

⁽¹⁾ADT: água disponível total; MIC: volume de microporos; DS: densidade do solo; PMP: ponto de murcha permanente; MAC: volume de macroporos; VTP: volume total de poros.

Analisando os autovetores e autovalores das variáveis relacionadas com a porosidade (Figuras 1a, 1c e 1e), as ACP para as profundidades de 0-2, 2-7 e 30-35 cm apresentaram maiores autovalores na primeira componente (82,7, 83,4 e 67,4%, respectivamente) e a variância acumulada nas duas primeiras componentes foi de 98,3, 98,2 e 90,4%, respectivamente.

O pequeno ângulo formado entre as setas representativas dos atributos volume de macroporos (MAC) e volume total de poros (VTP) (Figuras 1a, 1c e 1e) demonstra a forte correlação positiva de 0,98, 0,98 e 0,96 entre estas variáveis nas profundidades de 0-2, 2-7 e 30-35 cm, respectivamente. Isto é justificado pelo fato dos macroporos serem os primeiros atingidos pela compactação do solo (MAGALHÃES et al., 2009), apresentando forte correlação negativa de -0,98, -0,98 e -0,91 nas camadas estudadas.

Os atributos físicos relacionados com a porosidade apresentaram maior correlação com o primeiro eixo, nas três camadas estudadas. Exceto a variável água disponível total (ADT) com forte correlação com o segundo eixo, que foi considerada como de pequeno significado, já que o segundo eixo respondeu por apenas 15,85, 14,83 e 22,70% da variância (Figuras 1a, 1c e 1e). Estes resultados corroboram os de Severiano et al. (2009) que ressaltaram que o manejo do solo exerce pouca influência na quantidade de água disponível determinada pela metodologia do presente trabalho.

Os maiores valores do volume total de poros (VTP) e volume de macroporos (MAC) apresentados pelo ambiente de mata em relação aos demais sob pastagem (Figuras 1a e 1c), nas profundidades de 0-2 e 2-7 cm, foram demonstrados através da nítida tendência de agrupamento das amostras de vegetação natural à esquerda do diagrama (negativo) e dos ambientes pastejados no centro e à direita (positivo) (Figuras 1b e 1d).

Foi observada grande dispersão das amostras do solo nas profundidades de 0-2 e 2-7 cm sob pastejo rotacionado de capim-Tanzânia (Figuras 1b e 1d), demonstrando a variabilidade dos atributos físicos do solo.

Esse comportamento se deve à elevada taxa de lotação dos piquetes resultantes da intensificação dos processos de produção animal, associados também ao hábito de crescimento cespitoso dessa forrageira, o que confere regiões preferenciais ao pisoteio excessivo e desuniforme na área de pastagem (OLIVEIRA et al., 2007).

Por outro lado, a menor dispersão observada nas amostras do solo sob pastejo contínuo (Figura 1b), reflete a menor variabilidade dos atributos do solo nessa área, o que é função, provavelmente, do crescimento prostrado (estolonífero) do capim-Tifton 85, que promove melhor cobertura vegetal. Ressalta-se também o potencial de recuperação estrutural do solo pelo sistema radicular dessa espécie (MAGALHÃES et al., 2009), o que condicionaria uma melhor distribuição das cargas aplicadas pelos animais na camada superficial, uniformizando o solo da área em termos de alterações estruturais.

Pela análise do diagrama de ordenação relacionado à profundidade de 2-7 cm (Figura 1d), verifica-se que o comportamento das amostras do solo na posição touceira é diferente da posição entre as touceiras. Nesse último caso, o maior número de amostras concentrou-se à direita (positivo) do diagrama, influenciado, principalmente, pelo menor volume total de poros e macroporosidade; maior densidade do solo e microporosidade. O posicionamento destas amostras indica a maior degradação estrutural do solo entre as touceiras nesta camada (Figura 1c), decorrentes da concentração do pisoteio animal já discutido.

Na profundidade de 30-35 cm, percebe-se que a implantação de pastagens tem pouca influência sobre a variância das variáveis, já que os ambientes não apresentaram uma separação nítida (Figura 1f), concordando com Carvalho Júnior et al. (1998). Esses resultados demonstram a concentração dos impactos do pisoteio animal nas camadas superficiais do solo. A pouca influência do manejo também é verificada na redução da porcentagem da variância explicada pelas duas componentes principais

90,14% (Figura 1e) e pelo aumento da proporção da variância explicada pela segunda componente principal 22,70%, indicando que outras variáveis podem influenciar o comportamento das amostras.

Analisando o DMG e a classificação dos agregados nos vários diâmetros pela ACP (Figura 2), verifica-se que o diagrama bidimensional é suficiente para explicar valores superiores a 80% da variância acumulada nos dois eixos (Figuras 2a, 2c e 2e).

O posicionamento das amostras do solo sob mata na camada superficial (Figura 2b) foi influenciado principalmente pela maior quantidade dos agregados entre 2-0,25 mm (Figura 2a), indicando que estes agregados sofreram maior alteração com a introdução da pastagem. Já o pastejo rotacionado na posição touceira foi influenciado principalmente pela maior quantidade de agregados entre 8-2 mm

e maior DMG (Figura 2a), localizando-se à esquerda negativa do diagrama (Figura 2b).

A concentração de agregados nas classes de maior diâmetro no pastejo rotacionado posição touceira na profundidade de 0-2 cm, evidencia ser este um ambiente condicionador de melhor estrutura em relação aos outros ambientes de pastejo, em concordância com o que foi visualizado através da análise das variáveis relacionadas com a porosidade (Figura 1b). A capacidade de agregação demonstrada pelo capim-Tanzânia na camada superficial (Figura 2b), concorda com o relatado por Paladini e Mielniczuk (1991) e Silva e Mielniczuk (1997) sobre o efeito agregante das gramíneas perenes. Estes mesmos autores sugerem que esse efeito pode estar relacionado com o tipo e a ação de seu sistema radicular.

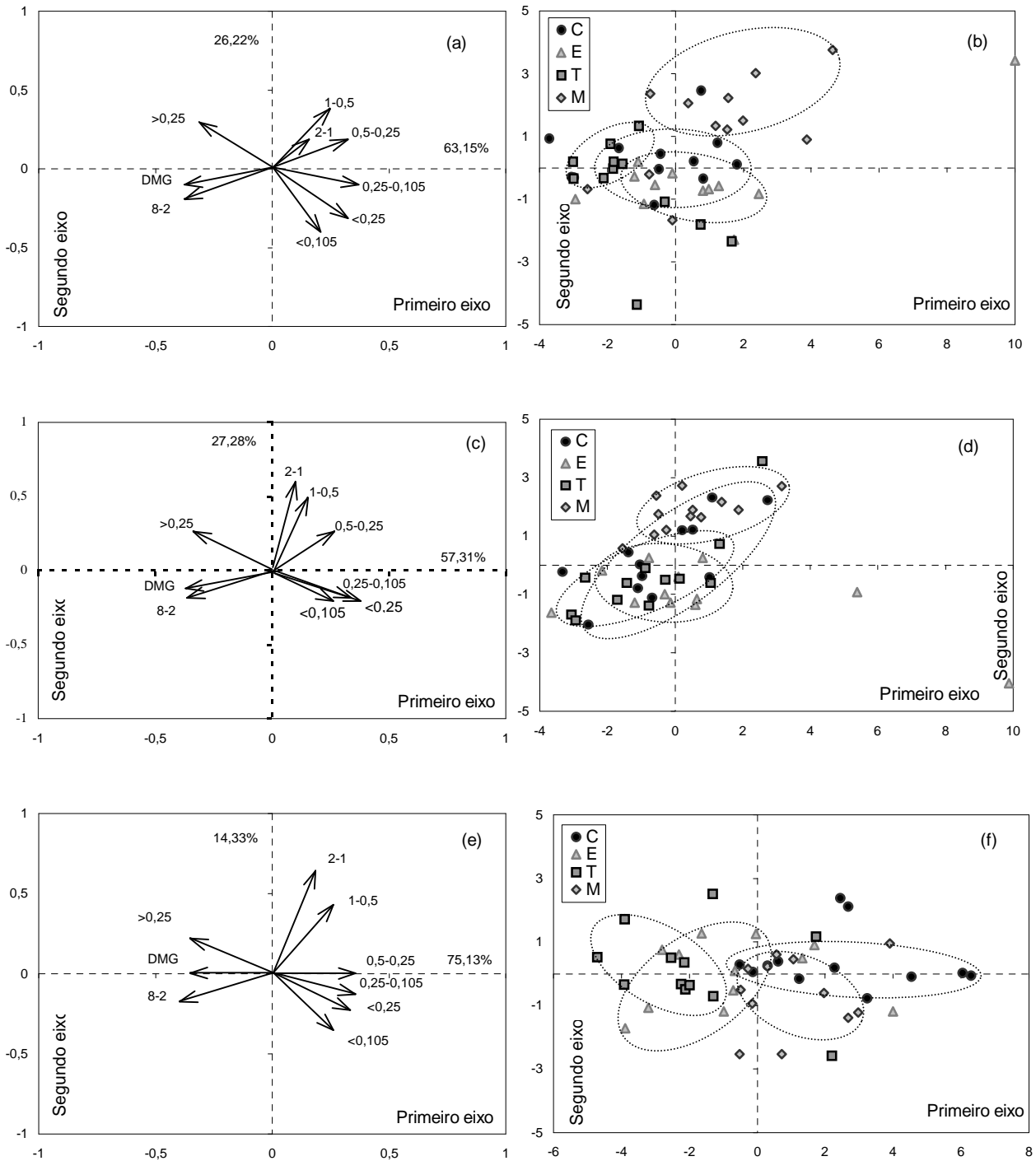


Figura 2. Autovalores e autovetores (“a”, “c” e “e”) diagrama de ordenação dos diâmetros dos agregados (mm) (“b”, “d” e “f”) de um Latossolo Vermelho distrófico típico, nas profundidades de 0-2 cm (“a” e “b”), 2-7 cm (“c” e “d”) e 30-35 cm (“e” e “f”) sob: pastejo contínuo (C); pastejo rotacionado na posição entre touceira (E); pastejo rotacionado na posição touceira (T); Mata/Floresta Estacional Semidecidual (M). Classes dos agregados (mm): 8-2, 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25, <0,105, >0,25 e <0,25mm. DMG: diâmetro médio geométrico.

Entretanto, entre as touceiras do capim-Tanzânia foi notado sinais de selamento na superfície do solo, indicando a ação de forças de compressão das partículas e maior contato

entre os agregados. Esse fato leva ao rompimento e à formação de uma estrutura maciça do solo (OLIVEIRA et al., 2004), sendo este material, portanto, constituído não por agregados, mas por torrões de solo compactos onde predominam microporos. O selamento superficial, aliado à baixa cobertura do solo entre as touceiras do capim-Tanzânia, tem predisposto o solo a aumentos no escoamento superficial das águas da chuva, deixando o solo muito susceptível aos processos erosivos com consequentes perdas da camada superficial e de qualidade ambiental pelos assoreamentos de cursos de água (KRÜMMELBEIN et al., 2008).

Observa-se pelos ângulos formados entre as setas do DMG e os agregados entre 8-2 mm, a forte correlação entre as variáveis nas camadas estudadas (Figuras 2a, 2c, 2e). A correlação do DMG com os agregados entre 8-2 mm foi de 0,95, 0,95 e 0,97 nas profundidades de 0-2, 2-7 e 30-35 cm, respectivamente. A grande quantidade de agregados retidos nas peneiras com malhas de diâmetros maiores, principalmente na peneira de 2 mm, explica a correlação entre o DMG com os macroagregados e os agregados entre 8-2 mm, concordando com Angulo et al. (1984) que encontraram coeficiente de correlação de 0,97.

No que se refere à agregação das partículas, a diferenciação entre os ambientes foi reduzida na profundidade de 2-7 cm (Figura 2d), considerando-se o comportamento semelhante das amostras de solo em áreas de pastejo contínuo e pastejo rotacionado posição touceira, com o ambiente de mata. No entanto, na profundidade de 30-35 cm, foi verificada uma nítida separação dos ambientes sob pastejo rotacionado em relação aos ambientes de mata e de pastejo contínuo, o que provavelmente está relacionado à efetividade do sistema radicular do capim-Tanzânia nesta camada do solo (Figura 2f).

CONCLUSÕES

A implantação de pastagens na área estudada provocou alterações nos atributos

físicos do solo, em relação à vegetação nativa, principalmente nas camadas superficiais.

A análise de componentes principais possibilitou a visualização conjunta dos atributos físicos do solo, sendo aqueles relacionados com a porosidade os que mais sofreram variação nos sistemas de uso e manejo.

O sistema de pastejo rotacionado na posição touceira apresentou uma tendência de melhor qualidade estrutural na profundidade de 0-2 cm em relação aos demais ambientes sob pastagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, v. 23, p. 933-942, 1999.

ANDERSON, T. W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: J. Wiley & Sons, 1958. 374p.

ANGULO, R. J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M. L. P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 7-12, 1984.

BALBINO, L. C.; BRUAND, A.; BROSSARD, M.; GRIMALDI, M.; HAJNOS, M.; GUIMARÃES, M. F. Changes in porosity and microaggregation in clayey ferralsols of the brazilian cerrado on clearing for pasture. **European Journal of Soil Science**, v. 53, p. 219-230, 2002.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. **Advances in Agronomy**, v. 46, p. 1-37, 1991.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um latossolo

- vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 121-126, 1995.
- CARVALHO JÚNIOR, I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um latossolo vermelho-escuro textura média, na região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 505-514, 1998.
- DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. **Methods of soil analysis**. v.1. Madison, ASA, 1965. p. 545-266.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; DUTRA, A. C. Degradação física de um Latossolo Vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 863-873, 2007.
- GOMES, J. B. V.; CURTI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCULZE, D. G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solo do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 37-153, 2004.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p.1493-1500, 2000.
- JUCKSCH, I. **Meios mecânicos e concentrações de NaOH na dispersão e estabilidade de suspensões de argila**. Viçosa, 1995. 50f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p. 425-442. (ASA Agronomy, 9).
- KRÜMMELBEIN, J.; PETH, S.; HORN, R. Determination of pre-compression stress of a variously grazed steppe soil under static and cyclic loading. **Soil and Tillage Research**, v. 99, p. 139-148, 2008.
- LARSON, W. E.; GUPTA, S. C.; USECHE, R. A. Compression of agricultural soils from eight soil orders. **Soil Science Society of American Journal**, v. 44, p. 450-457, 1980.
- LOPES, L. M.; OLIVEIRA, G. C.; LEANDRO, W. M. Reconhecimento Geopedológico do Campus II e entorno de Goiânia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p. 363.
- MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, Brasília, 1995. **Anais...** Brasília, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 28-62.
- MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B. Recuperação estrutural e produção do capim-Tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, p. 68-76, 2009.
- MAGNANO, H.; SILVA, M. T. M. da; FONZAR, B. C. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos

- econômicos. In: MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Levantamento de recursos naturais: folha SE.22, Goiânia. Rio de Janeiro, Projeto RADAMBRASIL, 1983. p. 577-636.
- MELÉM JÚNIOR, N. J.; FONSECA, I. C. B.; BRITO, O. R.; DECAËNS, T.; CARNEIRO, M. M.; MATOS, M. F. A.; GUEDES, M. C.; QUEIROZ, J. A. L.; BARROSO, K. O. Análise de componentes principais para avaliação de resultados analíticos da fertilidade de solos do Amapá. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, p. 499-506, 2008.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SÁ, M. A. C. de; LIMA, J. M. Agitador horizontal de movimento helicoidal na dispersão mecânica de amostras de três Latossolos do sul e campos das vertentes de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 881-887, 2002.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um latossolo vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 291-299, 2003.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 327-336, 2004.
- OLIVEIRA G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 265-270, 2007.
- PALADINI, F. L.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 135-140, 1991.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e teste. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1931-1935, 2006.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras: UFLA, 2007. 322p.
- SAS Institute. 2002. **SAS/STAT: Software: changes and enhancements through release 9.1**. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SANTOS, M. N. **Influência de diferentes sistemas de manejo nos teores de carbono orgânico e nutrientes e no tamanho e distribuição de poros em um Latossolo Vermelho Escuro Argiloso na Região dos Cerrados**. Brasília, 1997, 133f. Dissertação (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília.
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; CURTI, N.; DIAS JÚNIOR, M. S. Potencial de uso e qualidade estrutural de dois solos cultivados com cana-de-açúcar em Goianésia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 159-168, 2009.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 113-117, 1997.
- YODER, R. E. A direct method of soil aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of American Society of Agriculture**, v. 28, p. 337-351, 1936.