

ATRIBUTOS EDÁFICOS COMO INDICADORES DE QUALIDADE EM ÁREAS COM PROCESSOS EROSIVOS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

FRANCISCO X. X. ALVES¹, CRISTIANE F. DA SILVA², LUIZ A. DA S. R. PINTO³,
LENNON DE O. SALES⁴, ANDERSON G. COSTA⁵, MARCOS G. PEREIRA⁶

¹Eng. Agrícola e Ambiental, Mestrando em Engenharia Agrícola e Ambiental (Sistemas Agrícolas), Depto. de Tecnologia, IT/UFRRJ, Seropédica/RJ, alvesxavier11@gmail.br

²Enga Florestal, Dra. Produção Vegetal, Depto. de Agronomia, IA/UFRRJ, Seropédica/RJ

³Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Agronomia, IA/UFRRJ, Seropédica/RJ

⁴Graduando em Engenharia Florestal, Depto. de Floresta, IF/UFRRJ, Seropédica/RJ

⁵Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Depto. de Tecnologia, IT/UFRRJ, Seropédica/RJ

⁶Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Agronomia, IA/UFRRJ, Seropédica/RJ.

Apresentado no

LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Voçorocas são processos erosivos em estágios avançados provenientes, principalmente do manejo inadequado do solo, representando uma das principais causas da erosão hídrica nos ambientes tropicais. Este estudo objetivou avaliar o grau de degradação do solo em áreas de voçorocas com o emprego de atributos físicos do solo. O estudo foi realizado no município de Seropédica (RJ, sudeste do Brasil). Foram avaliadas voçorocas com diferentes tempos de formação e estabilização: inicial (IN), intermediária (INT), madura (MA), e senil (SE). Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, 0-10 cm de profundidade, nas faces externas e internas das voçorocas. A argila natural (ArgN) variou entre as faces apenas nas voçorocas em estágio IN e INT. Mesmo padrão foi observado para o grau de floculação (GF), percentual entre 30% e 70%, respectivamente para a IN, e 39% e 86%, respectivamente para INT. As variáveis que mais influenciaram na formação do eixo 1, na análise de componentes principais (ACP), foram a ArgN, GF, silte (Silt) e densidade das partículas (Dp); e na formação do eixo 2 foram a argila total (ArgT) e areia grossa (AreiaG). A ACP, separou as faces externas e internas das voçorocas, possibilitando a formação de dois grandes grupos. Os atributos ArgN, ArgT, GF, Silt, AreiaG e Dp se destacaram, sendo que o padrão observado para estes atributos, contribuiu para uma maior compreensão da dinâmica dos processos erosivos.

PALAVRAS-CHAVE: Física do solo, Manejo e conservação do solo; bioma Mata Atlântica.

EDAPHIC ATTRIBUTES AS QUALITY INDICATORS IN AREAS WITH EROSION PROCESSES IN THE SOUTHEAST REGION OF BRAZIL

ABSTRACT: Gullies are erosive processes in advanced stages, resulting mainly from inadequate soil management, representing one of the main causes of water erosion in tropical environments. This study aimed to evaluate the degree of soil degradation in areas of gullies using soil physical attributes. The study was carried out in the municipality of Seropédica (RJ, southeastern Brazil). We evaluated gullies with different times of formation and stabilization: initial (IN), intermediate (INT), mature (MA), and senile (SE). Deformed and undeformed samples, 0-10 cm deep, were collected from the outer and inner faces of the gullies. The natural clay (NC) varied among the faces only in the IN and INT stage gullies. The same

pattern was observed for the degree of flocculation (DF), percentage between 30% and 70% for IN, and 39% and 86% for INT. The variables that most influenced the formation of the axes were NC, DF, silt (Silt) and particle density (Pd), which contributed most to the formation of axis 1 and the variables total clay (TC) and coarse sand (CS) with axis 2. The Principal Component Analysis (PCA), separated the external and internal faces of the gullies, allowing the formation of two large groups. The attributes NC, TC, DF, Silt, CS and Pd stood out, and the pattern observed in these attributes contributed to a greater understanding of the dynamics of erosive processes.

KEYWORDS: Soil physics, soil management and conservation; Atlantic Forest biome.

INTRODUÇÃO: Uma das principais causas da erosão hídrica é o manejo inadequado do solo, por exemplo, a remoção da cobertura vegetal. Esta pode modificar propriedades físicas do solo como densidade, estrutura e porosidade do solo (CARNEIRO et al., 2009). Estudos que abordem sobre os atributos físicos em voçorocas no Brasil ainda são poucos. Autores como (SANCHEZ et al., 2009; MACHADO et al., 2010; GOMIDE et al., 2011; TEDESCO et al., 2014; GAIA-GOMES et al., 2020) reforçam a importância desses estudos com base para compreensão dos processos de degradação do solo, desenvolvimento de ações que visem contribuir para o manejo e a conservação do solo. Dentre os processos de degradação mais comuns observados na região sudeste do Brasil, destacam-se as voçorocas (GAIA – GOMES et al., 2016). De acordo com PEREIRA et al., (2011) e SOUSA NETO et al., (2014) a qualidade física do solo está relacionada com a sustentabilidade de sistemas agropecuários e sua avaliação deve ser realizada por indicadores que reflitam seu comportamento. Entre os principais indicadores físicos destacam-se a textura, a densidade do solo, a porosidade total, a resistência à penetração, a estabilidade de agregados, a capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica (ARAÚJO et al., 2012). Estudos Com base no exposto e diante da necessidade de fornecer subsídios para o entendimento e monitoramento dos processos de degradação, esse estudo teve como objetivo avaliar o grau de degradação do solo em voçorocas, por meio da análise dos atributos físicos no município de Seropédica-RJ.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado no município de Seropédica (RJ), localizado nas coordenadas 22° 44' 38" de latitude sul, 43° 42' 28" de longitude oeste (Figura 1), na região oeste da Baixada Fluminense (Figura 1). O clima é tropical subúmido classificado como Aw, de acordo com ALVARES et., al (2014).

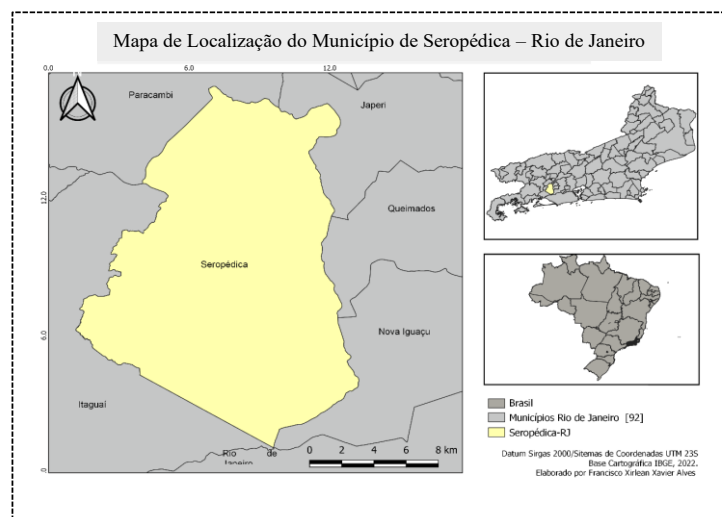


FIGURA 1. Mapa de Localização do município de Seropédica-RJ.

Na região de estudo foram selecionadas, em uma mesma encosta, quatro voçorocas (Figura 2), previamente classificadas com base no estágio de formação (inicial, IN; intermediária, INT; madura, MA; e senil, SE) segundo DOBEK et al. (2011), a partir de imagens do Google Earth 2022, e validado por meio de idas ao campo.

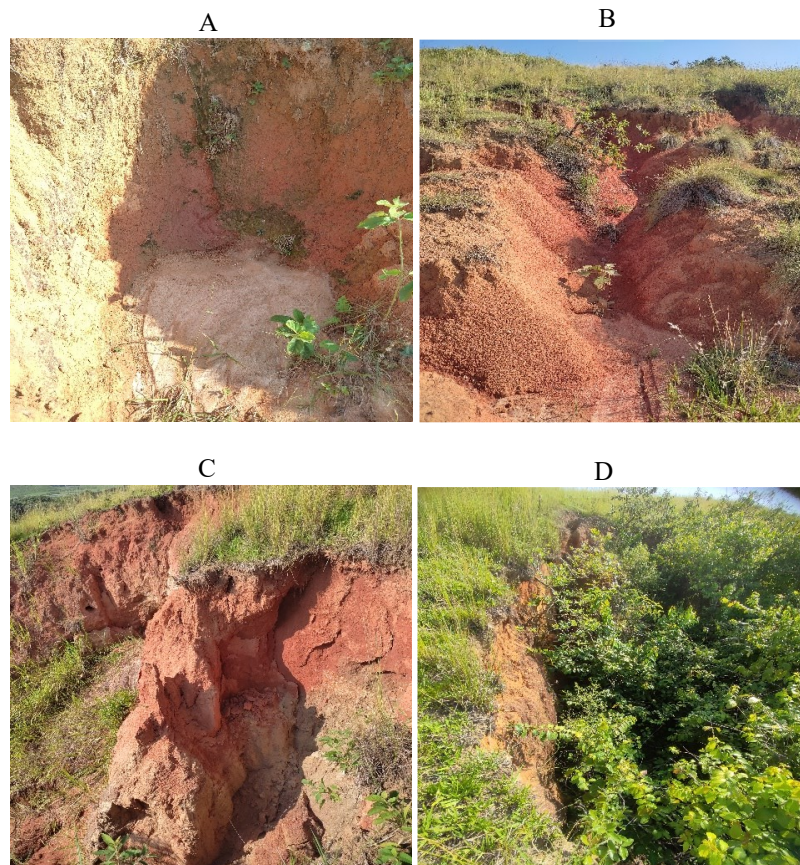


FIGURA 2. Imagens das voçorocas nos diferentes estágios de formação e estabilização no município de Seropédica-RJ. Estágio inicial (2A); Estágio intermediário (2B); Estágio madura (2C) e Estágio senil (2D).

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na camada de 0–10 cm nas faces externa e interna das quatro voçorocas. No pré-tratamento, as amostras deformadas foram secas, descarregadas e passadas por uma peneira de 2 mm para obter uma amostra de terra fina seca ao ar, de acordo com o descrito por SANTOS et al., (2015). Nas amostras deformadas determinou-se os teores de areia (fina, grossa e total), silte e argila naturalmente dispersa (ArgN) e totalmente dispersa (ArgT), sendo calculado o grau de flocação (GF). Também determinou-se a densidade das partículas (D_p) pelo método do balão volumétrico. Nas amostras indeformadas quantificou-se a densidade do solo (D_s) pelo método do anel volumétrico. A partir dos dados de D_s e D_p foi calculada a porosidade total do solo (P). Todas as análises foram realizadas segundo TEIXEIRA et al., (2017). Os dados foram analisados quanto aos pressupostos da análise de variância (testes de Shapiro Wilk e Bartlett). Posteriormente, os resultados foram analisados como delineamento inteiramente casualizado, sendo submetidos à ANOVA (teste F) e os valores médios comparados entre si pelo Teste T de Bonferroni ($p < 0,05$). Nos casos em que a transformação dos dados foi ineficiente, o teste de Kruskal-Wallis seguido pelo critério de diferença mínima significativa de Fisher foram utilizados para a avaliação das voçorocas e o teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar variáveis entre as faces. Todos os testes foram realizados à 5% de significância pelo Software

R (R Core Team, 2020), assim como a análise de componentes principais (ACP) com base na análise de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A argila natural variou entre as faces externa e interna apenas nas voçorocas em estágio IN e INT, cujos maiores teores foram observados na face externa. Não foram verificadas diferenças entre os estágios de formação das voçorocas, na face externa. Na face interna, os maiores teores de ArgN foram observados nas voçorocas MA e SE. Para a argila total, não foram observadas variações significativas entre os estágios de formação, assim como entre as faces das voçorocas. Quanto ao grau de floculação, verificaram-se diferenças entre as faces externas e internas, nos estágios IN (30% e 70%) e INT (39% e 86%). Para os estágios MA e SE não observou-se diferença significativa, porém verificou-se padrão similar entre todos os estágios, com tendência de menores valores de GF nas faces externas (17% e 29%) e maiores nas faces internas (39% e 25%). Segundo GAIA-GOMES (2021), isso pode estar associado à remoção de partículas de argila, que são dispersas naturalmente e progressivamente removidas pela erosão, enquanto as partículas floculadas permanecem, aumentando o grau de floculação. Nas faces internas, o padrão foi decrescente do estágio inicial para o estágio mais avançado.

TABELA 1. Atributos físicos do solo de voçorocas em diferentes estágios de formação da camada superficial, nas faces externa e interna, em Seropédica, RJ.

Estágios	Argila natural		Argila Total		Grau de Floculação	
	-----(g kg^{-1})-----				-----(%)-----	
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
IN	524,33 a*	113,66 c	744,67 a	565,00 a	29,98 a*	70,06 ab
INT	319,33 a*	77,66 bc	535,67 a	456,67 a	39,03 a*	87,59 a
MA	475,17 a	343,58 ab	585,42 a	585,33 a	17,52 a	39,16 b
SE	362,42 a	373,50 a	519,67 a	499,17 a	28,74 a	24,71 b
CV.%	31,05		28,88		25,31	
Estágios	Areia Grossa		Areia Total		Silte Total	
	-----(g kg^{-1})-----				-----(%)-----	
	Externa	Interna	Externa	Interna	Externa	Interna
IN	105,00 a	252,33 a	224,00 a	288,00 a	31,33 a*	147,00 a
INT	267,33 a	317,33 a	373,67 a	375,33 a	90,67 a	185,33 a
MA	263,50 a	227,08 a	369,42 a	358,50 a	45,17 a	56,17 a
SE	312,67 a	292,00 a	420,50 a	441,25 a	64,08 a	59,58 a
CV.%	41,15		34,03		15,04	
Estágios	Densidade do Solo		Densidade das partículas		Porosidade	
	-----(Mg m^{-3})-----				-----(%)-----	
	Externa	Externa	Externa	Interna	Externa	Interna
IN	1,59 a*	0,94 b	2,20 b	2,04 a	27,74 a*	53,36 a
INT	1,84 a*	1,19 a	2,41 a	1,71 a	23,51 a*	40,17 a
MA	1,74 a*	0,98 ab	2,28 ab	2,23 a	23,37 a*	55,68 a
SE	1,85 a*	0,93 b	2,37 ab	2,23 a	22,11 a*	57,95 a
CV.%	8,38		10,41		15,43	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste T de Bonferroni a 5%. *Indica diferença significativa entre as faces externa e interna da voçoroca pelo Teste T de Bonferroni a 5%.

Inicial, IN; intermediária, INT; madura, MA; e senil, SE.

Para a areia total não houve diferença entre as voçorocas e suas faces. O silte variou entre as faces apenas na voçoroca em estágio IN, com maiores valores na face interna, devido essa fração ser muito suscetível à desagregação e transporte (ALBUQUERQUE et al., 2013). A densidade do solo (DS), na face externa, não variou entre as voçorocas, enquanto na face interna, o menor valor ocorreu na voçoroca SE, o que pode estar relacionado, ao processo de estabilização devido à ação da vegetação. Quando comparadas as faces de cada um dos estágios, observa-se diferença significativa, e maiores valores nas faces externas. Analisando a Figura 2A, foi possível observar que alguns atributos apresentaram correlação inversa: areia grossa e argila total; porosidade total e densidade do solo; e grau de flocculação e argila naturalmente dispersa. O padrão verificado para as variáveis AreiaG e ArgT, pode ser explicado devido ao tamanho das partículas constituintes do sistema solo e a capacidade de agregação, sendo a argila mais facilmente transportável em comparação com a areia. Para os atributos Ds e P verificou-se padrão inverso, sendo que maiores valores de P favorecem o fluxo e os processos erosivos. Quanto a ArgN e o GF, também observou-se padrão inverso, sendo que a ArgN a mais facilmente transportada.

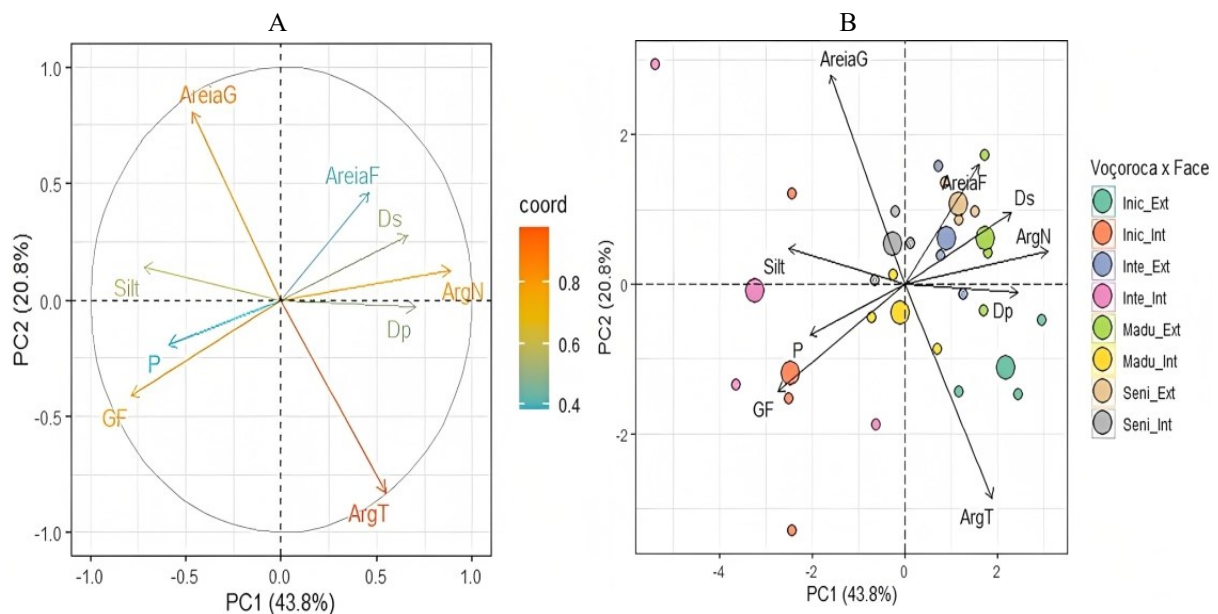


FIGURA 3. Análises de correlação de Pearson (A) e componentes principais (B) integrando os atributos físicos do solo, na camada de 0 – 10 cm, das voçorocas em seus respectivos estágios de formação e estabilização nas faces externas e internas em Seropédica-RJ.

ArgN – argila natural; ArgT – argila total; GF – grau de flocculação; AreiaT – areia total; AreiaF – areia fina; Silt – silte; Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas e P – porosidade total.

No que tange a análise de componentes principais (ACP), os componentes 1 e 2 explicaram 65% da variabilidade total dos dados (Figura 3B). A correlação de Person (Figura 3A), demonstrou as variáveis que mais influenciaram na formação dos eixos, sendo a ArgN (0.89), GF (-0.79), Silt (-0.72) e a Dp (0.70) as variáveis que mais contribuíram com a formação do eixo 1 e, as variáveis ArgT (-0.83) e AreiaG (0.81) as que mais contribuíram com a formação do eixo 2. A ACP (Figura 3B), por meio dos eixos 1 (principal) e 2, separou as faces externas e internas das voçorocas, de modo que possibilitou a formação de dois grandes grupos. Observou-se que mesmo separadas pelos eixos, as faces internas das voçorocas MA e SE ficaram próximas das faces externas das voçorocas. Essa distribuição pode ter ocorrido devido ao processo mais avançado de estabilização da erosão nesses estágios de formação das voçorocas.

CONCLUSÕES: O padrão observado para os atributos físicos do solo, demonstram a dinâmica dos processos erosivos em estágios avançados que ocorrem nessas áreas. A argila natural, argila total, grau de floculação, areia grossa e densidade das partículas se destacaram, funcionando como indicadores da qualidade do solo, possibilitando entender em quais estágios está ocorrendo maior perda da fração argila, bem como a maior suscetibilidade de erosão devido a areia grossa e a estabilização da agregação do solo através do grau de floculação e a estrutura do solo. Assim, os atributos avaliados são adequados para utilização como indicadores de qualidade do solo, podendo auxiliar no monitoramento dos processos de degradação e base para recuperação dessas áreas.

AGRADECIMENTOS: Associação Pró-gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do sul - AGEVAP

REFERÊNCIAS:

ALBUQUERQUE, A. R. C.; CHATEAUBRIAND, A. D.; PEREIRA, M. C. M.; Da ROCHA, J. C. F.; , L. D'A. NOGUEIRA.; E. F. CARTAXO. **Análise das condições do risco erosivo no entorno do reservatório de Balbina-AM.** In: Safety, Health And Environment World Congress, 13., 09-12 Jul. 2013, Vila Real, Portugal. Copec, 2013.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen Mapa de classificação climática para o Brasil. **Revista Meteorológica**, v. 22, n. 6 p. 711–728, 2014.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5, n.1, p.187-206, 2012.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147–157, jan. 2009.

DOBEK, K., DEMCZUK, P.; RODZIK, J., HOLUB, B. Types of gullies and conditions of their development in silvicultural loess catchment (Szczebrzeszyn Roztocze region, SE Poland). **Landform Analysis**, v. 17, p. 39-42, 2011.

GAIA – GOMES, J. H.; CEDIA, M. C.; PEREIRA, M. G. Variabilidade Espacial da Argila Total, Argila Natural e do Grau de Floculação em Pedoforma Côncava e Convexa na Sub - Bacia de Ribeirão Cachimbal, Pinheiral – RJ. **XI Fórum da Pós Graduação da Universidade**, 2016.

GAIA-GOMES, J. H.; PEREIRA, M. G.; FRANCELINO, M. R.; LARAGEIRA, J. P. B. Atributos físicos e químicos do solo na erosão de voçorocas no bioma Mata Atlântica. **Ambiente e Água - Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, v. 15, n. 5, 2020.

GAIA – GOMES, J. H.; PEREIRA, M. G.; BARROS, F. DA C.; DA SILVA, C. F.; FREÓ, V. A.; MEDEIROS, A. DOS S. Edaphic attributes in pedoforms of gullies, in the Southeast region of Brazil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR), v. 14 n. 4, out./dez, 2021.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. F. S. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em ambientes de voçorocas no município de Lavras – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 567-577, 2011.

MACHADO, R.L.; RESENDE, A.S. de; CAMPELLO, E.F.C.; OLIVEIRA, J.A.; FRANCO, A.A. Soil and nutrient losses in erosion gullies at different degrees of restoration. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.945-954, 2010.

PEREIRA, F. DE S. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de manejo avaliados pelo Índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 87–95, jan. 2011.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C. de, SANTOS, H. G. dos.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2015. 343p.

SANCHEZ, R.B.; JÚNIOR, J.M.; SOUZA, Z.M. de; PEREIRA, G.T.; FILHO, M.V.M. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1095-1103, 2009.

SOUSA NETO, E. L. DE. et al. Physical quality of an Oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 608–618, mar. 2014.

TEDESCO, A.; ANTUNES, A. F. B.; OLIANI, L. O. Detecção de erosão em barrancos por meio de classificação hierárquica e árvore de decisão. **Boletim Ciências Geodésicas**. v. 20, n. 4, 2014.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017. 264 p.