



ORIGEM E CONSERVAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS ALUVIAIS DO CÓRREGO DA CONTAGEM, SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL: UMA ANÁLISE PRELIMINAR

Ana Clara Rodrigues da Silva Santos ¹

Tiago Vinicius Coelho Vieira ²

Jornelli da Silva Salit ³

Lucas Henrique Lacerda ⁴

Mayke Santos de Oliveira ⁵

Alex de Carvalho ⁶

Caroline Delpupo Souza ⁷

RESUMO

Este trabalho investiga a gênese e evolução da matéria orgânica nos solos de fundo de vale do Córrego da Contagem, na Serra do Espinhaço Meridional — paisagem montanhosa, com relevo acidentado sobre substrato quartzítico, tipicamente exportadora de sedimentos. A pesquisa foi realizada em dois perfis de solos desenvolvidos em terraços fluviais (P1 – 996 m; P5 – 1160 m), visando compreender a presença de elevados teores de matéria orgânica em solos arenosos e sob condições edáficas atuais adversas. A coleta e descrição dos perfis seguiram Santos et al. (2012), e os teores de carbono orgânico total (COT) foram determinados por oxidação úmida (Yeomans & Bremner, 1988). Os resultados indicaram teores elevados de COT: 38,00 dag/kg em P5 (H3, 50–180 cm) e 35,00 dag/kg em P1 (C9, 210–230+ cm). A elevada humificação e o acúmulo de carbono em profundidade sugerem que a área pode ter abrigado, no passado, um ambiente úmido e mal drenado, com predomínio de processos anaeróbios, como brejos ou áreas lacustres. Posteriormente, a transição climática para condições mais secas teria promovido a erosão seletiva das frações minerais finas, expondo horizontes orgânicos preservados. A pesquisa evidencia a importância de fatores paleoambientais na formação da matéria orgânica em solos tropicais e reforça o papel estratégico desses ambientes como reservatórios naturais de carbono, com implicações relevantes para a conservação de serviços ecossistêmicos e a mitigação das mudanças climáticas.

¹ Graduanda do Curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, ana.clararodrigues20303@gmail.com;

² Graduando do Curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, ana.clararodrigues20303@gmail.com, tiagovieirageo@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, jornellisalit@hotmail.com;

⁴ Graduando do Curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, lucaslacerda.edu@gmail.com;

⁵ Mestrado pelo curso de Geografia Física da Universidade de São Paulo - SP, maykesantos@usp.br;

⁶ Docente do curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - *campus* Ouro Preto, alex.carvalho@ifmg.edu.br.

⁷ Docente do curso de Geografia do Instituto Federal de Minas Gerais - *campus* Ouro Preto caroline.delpupo@ifmg.edu.br;



Palavras-chave: Matéria orgânica; Fundos de vale; Depósitos fluviais; Solos; Serra do Espinhaço Meridional.

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica presente nos solos e em sedimentos fluviais desempenha um papel fundamental nos processos geomorfológicos, hidrossedimentológicos e biogeoquímicos que moldam as paisagens (Rodrigues *et al.*, 2013). Composta por restos vegetais, microrganismos mortos e substâncias húmicas, essa matéria orgânica contribui para a estrutura física do solo, para a estabilidade das margens dos cursos d'água, e com a regulação do regime hidrológico em bacias hidrográficas (Medeiros *et al.*, 2012).

Em ambientes aluviais, a matéria orgânica tem sua gênese e acúmulo influenciados por fatores como a cobertura vegetal, o relevo, a dinâmica hidrológica e a natureza do substrato geológico (Mello *et al.*, 2016). Mesmo em áreas com substrato quartzítico, onde predominam solos arenosos pouco desenvolvidos e processos erosivos intensos, é possível identificar depósitos orgânicos preservados nos fundos de vale, levantando hipóteses acerca de paleoambientes com condições distintas das atuais (Santos *et al.*, 2013).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo compreender os processos envolvidos na formação e conservação da matéria orgânica em solos aluviais do médio curso do Córrego da Contagem, situado na Serra do Espinhaço Meridional (SdEM), região que se destaca por apresentar relevo serrano com altitude média de 1.250 metros, vertentes íngremes e litologia predominantemente quartzítico (Fraga *et al.*, 2005).

Em busca de alcançar seus objetivos a pesquisa parte da análise de dois perfis de solo desenvolvidos sobre terraços fluviais, localizados em altitudes distintas (996 m e 1.160 m), os quais, apesar das condições ambientais desfavoráveis à estabilidade da matéria orgânica, apresentam teores elevados de carbono orgânico total (COT). As coletas e descrições de campo seguiram a metodologia proposta por Santos *et al.* (2012), e os teores de COT foram determinados por oxidação úmida, conforme o método de Yeomans e Bremner (1988), adaptado por Matos *et al.*, (2017). Assim, a pesquisa buscou esclarecer essa aparente contradição por meio da caracterização morfológica dos solos e da análise quantitativa do carbono orgânico presente principalmente nos horizontes profundos.



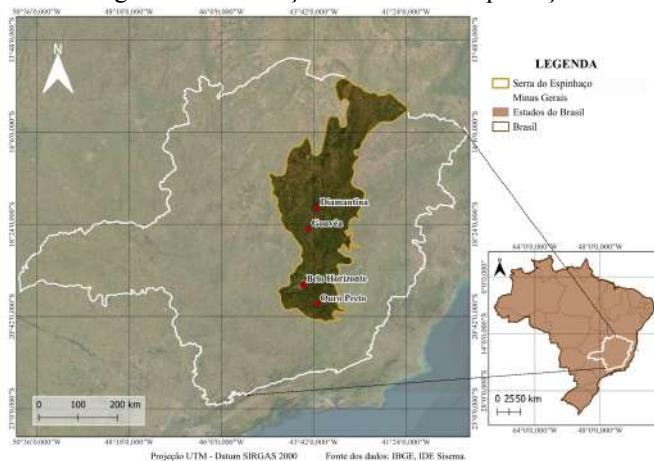
A pesquisa contribui para o entendimento da gênese e conservação de solos ricos em carbono orgânico em ambientes tropicais, ressaltando a importância dos fatores paleoambientais na formação de horizontes orgânicos em áreas de substrato quartzítico. Além disso, destaca-se a relevância da preservação desses depósitos como reservatórios estratégicos de carbono, especialmente diante do atual cenário de mudanças climáticas globais, em que os solos representam um componente chave na mitigação das emissões de gases de efeito estufa e na manutenção de serviços ecossistêmicos associados ao equilíbrio climático e hidrológico regional.

METODOLOGIA

Área de estudo

A Cadeia do Espinhaço é um importante divisor de águas do Sudeste brasileiro, separando as bacias dos rios São Francisco, Doce e Jequitinhonha (Fraga *et al.*, 2005). Essa cadeia divide-se em duas porções principais: ao norte, a Chapada Diamantina (BA), e ao sul, a Serra do Espinhaço em Minas Gerais (Abreu, 1995), que por sua vez compreende a Serra do Espinhaço Meridional e a Setentrional (Knauer, 2007). A SdEM (Figura 1) está localizada na região central de Minas Gerais e constitui uma faixa orogênica formada há cerca de 580 milhões de anos durante o Evento Brasiliano (Augustin *et al.*, 2011). Ela se encontra entre as coordenadas $-18^{\circ}43'23''\text{S}$, $-44^{\circ}14'42''\text{W}$ e $17^{\circ}21'22''\text{S}$, $-43^{\circ}10'25''\text{W}$ (Abreu, 1995).

Figura 1: Localização da Serra do Espinhaço.



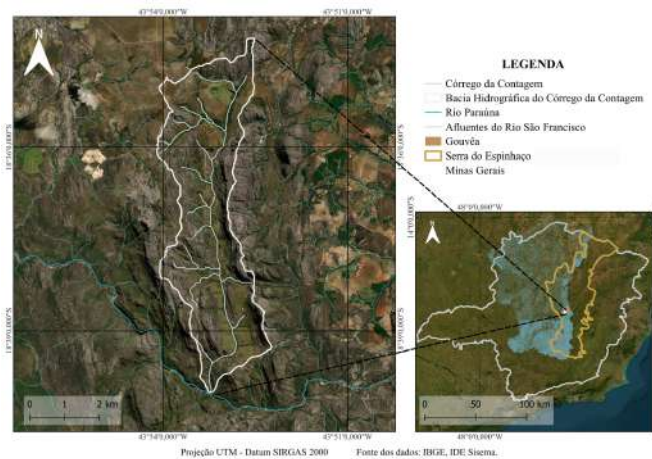
Fonte: Elaboração própria.

A litologia da SdEM pertence ao Supergrupo Espinhaço, composto principalmente por quartzitos, que conferem ao relevo seu íngreme e de alta elevação

(Alkmim *et al.*, 2007). Os solos da região são predominantemente arenosos, rasos e com muitos afloramentos rochosos (Benites *et al.*, 2007). Como exemplo, encontram-se: Neossolos Litólicos, Quartzarênicos e Organossolos (em áreas deprimidas e/ou úmidas) (Silva, 2005).

A área de estudo insere-se na sub-bacia do Córrego da Contagem (Figura 2), porção oeste da bacia do Rio Paraúna, afluente do Rio das Velhas, que pertence à bacia do São Francisco (Pedreira, 2005). Localiza-se no município de Gouvêa (MG), a cerca de 1.160 metros de altitude.

Figura 2: Localização do Córrego da Contagem.



Fonte: Elaboração própria.

Etapas metodológicas

A pesquisa no Córrego da Contagem foi dividida em três etapas metodológicas: 1) Caracterização em campo; 2) Coleta de amostras de solo; 3) Análise dos teores de COT em horizontes de dois perfis de solo.

As etapas 1 e 2 que foram as de coletas e descrições de campo seguiram a metodologia proposta por Santos *et al.* (2013).

Foram selecionados dois perfis de solo do Córrego da Contagem para análise laboratorial de Carbono Orgânico Total (COT). O Perfil 1 (Figura 3) foi coletado em um barranco localizado na borda de um terraço aluvial, no fundo do vale do médio curso do córrego. Este ponto situa-se a 996 metros de altitude, nas coordenadas 18°36'35,0" S e 43°53'16,6" O. Já o Perfil 5 (Figura 4) foi amostrado em um terraço alto, menos sujeito a inundações recentes, a 1160 metros de altitude, nas coordenadas 18°35'38" S e 43°53'24" O.

Figura 3: Perfil 1 de analisado



Fonte: Os autores.

Figura 4: Perfil 5 de analisado



Fonte: Os autores.

Posteriormente, em laboratório, foi realizada a análise de Carbono Orgânico Total do solo, conforme metodologia descrita por Matos *et al.* (2017), no livro *Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises*, de Mendonça e Matos (2017). A quantificação da matéria orgânica do solo foi realizada por meio da determinação do carbono orgânico total (COT), utilizando-se o método de oxidação via úmida com dicromato de potássio. A técnica consiste na adição de uma solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e ácido sulfúrico concentrado à amostra de solo previamente seca e peneirada (fração $< 2 \text{ mm}$). A mistura foi então submetida ao aquecimento em bloco digestor a 170°C por 30 minutos, com o objetivo de promover a oxidação do carbono orgânico presente na amostra. Após o resfriamento, a quantidade de dicromato remanescente foi titulada com uma solução de sulfato ferroso amoniacal $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, utilizando-se o indicador *ferroin*.

Para o cálculo da concentração de carbono orgânico, considerou-se a diferença entre os volumes de titulante consumidos nos brancos (aquecidos e não aquecidos) e nas amostras. A equação utilizada permitiu estimar a quantidade de carbono oxidado na reação e, a partir do teor de carbono, a estimativa do teor de matéria orgânica foi feita pela multiplicação do valor por um fator de conversão (1,72), conhecido como *fator de Van Bemmelen*, assumindo-se que a matéria orgânica do solo contém, em média, 58% de carbono. Ademais, todas as soluções utilizadas foram preparadas conforme indicado na literatura, respeitando os padrões analíticos de concentração e estabilidade, e os



procedimentos foram conduzidos com controle de qualidade por meio de análises em branco e replicatas. A escolha desse método se justifica pela sua robustez, reprodutibilidade e pela sua ampla aceitação em estudos de caracterização de solos com teores significativos de matéria orgânica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Perfil 1 coletado em um barranco localizado na borda de um terraço aluvial, no fundo do vale do médio curso do Córrego da Contagem. Os teores de carbono orgânico total (COT), obtidos por oxidação úmida e expressos em g/kg, revelam uma significativa variabilidade ao longo do perfil (Tabela 1). Os menores valores de COT concentram-se nos horizontes superficiais e intermediários, com destaque para os 2,16 g/kg no horizonte P1 AC2 (40–60 cm). Em contrapartida, os maiores teores estão localizados nos horizontes mais profundos: 87,48 g/kg no P1 C6, que é entre 140 e 160 cm e 125,58 g/kg no P1 C9 (210–230+ cm), além de outros valores expressivos como 68,27 g/kg entre 180–210 cm e 52,68 g/kg entre 100–130 cm. Essa concentração em profundidade indica acúmulos significativos de matéria orgânica abaixo da zona superficial de desenvolvimento pedogenético.

Tabela 1: Resultados da quantificação de COT por perfil.

Perfil 1		Perfil 5	
Amostra	Resultado (g/kg)	Amostra	Resultado (g/kg)
P1 A 0-10	45,99	P5 A1 0-15	135,36
P1 AC1 15-40	10,92	P5 A2 15-20/25	44,19
P1 AC2 40-60	2,16	P5 H1 20/25-60	130,00
P1 2C1 60-70	12,98	P5 H2 60-130	128,19
P1 C2 70-90	2,33	P5 2C1 130-150	9,16
P1 3C3 90-100	13,81	P5 H3 150-180	91,58
P1 C4 100-130	52,68	P5 H4 180-205	136,9
P1 4C5 130-140	16,14	P5 H5 205-280	207,13
P1 C6 140-155/160	87,48	P5 HG 280-320	200,10
P1 5C7 155/160-180	11,57	P5 3C2 320-330	10,70
P1 C8 180-210	68,27		

P1 C9 210-230+	125,58	
----------------	--------	--

Fonte: Elaboração própria.

O Perfil 5 foi coletado em um terraço alto, menos sujeito a inundações recentes. Diferentemente do Perfil 1, este perfil apresenta teores elevados de COT desde os horizontes superficiais, com 135,36 g/kg no horizonte P1 A1 (0–15 cm). Os valores se mantêm altos até grandes profundidades: 130,00 g/kg em 20/25–60 cm (P1 H1), 136,90 g/kg em 180–205 cm (P1 H4), 207,13 g/kg entre 205–280 cm (P1 H5) e 200,10 g/kg entre 280–320 cm (P1 HG). Apenas dois horizontes, localizados em profundidades intermediárias (130–150 cm e 320–330 cm), apresentaram queda nos teores, com 9,16 g/kg e 10,70 g/kg, respectivamente. O restante do perfil mostra grande estabilidade na concentração de matéria orgânica em profundidade, o que sugere uma dinâmica de preservação distinta daquela observada no Perfil 1. A distribuição vertical do carbono orgânico difere significativamente entre os dois perfis. Visto que, o Perfil 1 apresenta baixos teores superficiais e picos abruptos em profundidade, enquanto o Perfil 5 mantém teores consistentemente elevados ao longo da maior parte do perfil.

A presença de altos teores de carbono orgânico em profundidade nos dois perfis analisados indica que o vale do Córrego da Contagem pode ter abrigado, no passado, condições paleoambientais distintas das atuais, marcadas por drenagem deficiente e ambientes com saturação hídrica prolongada. De acordo com Silva (2018), esse cenário favorece a formação de ambientes anóxicos e, conseqüentemente, a redução da atividade microbiana aeróbia, principal agente na decomposição da matéria orgânica.

O Perfil 5, em especial, aponta para a existência de um antigo ambiente lacustre ou mesmo uma turfeira intermontana, dada a continuidade e profundidade dos horizontes húmicos. Já no Perfil 1, os picos isolados de COT em profundidade podem estar relacionados à deposição em antigos canais abandonados ou zonas encharcadas temporárias, posteriormente soterradas por pulsos de sedimentos minerais. A elevada humificação dos horizontes orgânicos, observada em ambos os perfis, sugere um grau avançado de decomposição e polimerização das substâncias húmicas, compatível com a atuação de microrganismos anaeróbios em ambientes úmidos de longa duração (Mello *et al.*, 2016). Tais características reforçam a hipótese de que o acúmulo de carbono não se deu apenas por deposição recente, mas como resultado de processos paleoambientais bem estabelecidos ao longo do tempo.



A detecção de estoques significativos de carbono orgânico em solos desenvolvidos sobre substrato quartzítico, caracteristicamente pobre em minerais de intemperismo e em solos arenosos, desafia a expectativa de baixa retenção de matéria orgânica nesse tipo de ambiente (Costa *et al.*, 2008). Os resultados sugerem que a geomorfologia local, especialmente a configuração dos terraços fluviais e a posição relativa dos perfis no relevo, exerceu papel determinante nos processos de acúmulo e conservação do carbono (Vasques *et al.*, 2017). Além disso, em tempos de mudanças climáticas globais, solos que armazenam carbono em profundidade representam uma importante reserva estratégica para o sequestro de CO₂ atmosférico (Reis, 2012). Como afirma Vasques *et al.*, (2017), a conservação dos solos ricos em carbono orgânico contribui para mitigar a emissão de gases de efeito estufa e para manter serviços ecossistêmicos associados à regulação hidrológica.

A partir da integração dos dados analíticos com a análise da geomorfologia local, nota-se que o vale do Córrego da Contagem pode ter funcionado, no passado, como um ambiente pantanoso, cuja drenagem deficiente favoreceu o acúmulo e a conservação da matéria orgânica, posteriormente exposta por processos erosivos seletivos. No entanto, os perfis analisados evidenciam a variabilidade espacial da matéria orgânica em ambientes fluviais e desafiam as expectativas sobre a capacidade de armazenamento de carbono em áreas tropicais montanhosas com solos pouco desenvolvidos (Costa *et al.*, 2008). A identificação de expressivos teores de carbono orgânico em profundidade, muitas vezes sob camadas superficiais pouco espessas ou aparentemente pouco desenvolvidas, evidencia a complexidade da dinâmica pedogenética em ambientes fluviais tropicais (Reis, 2012). Esses casos indicam que mesmo áreas restritas e pouco visíveis na paisagem atual podem atuar como importantes zonas de acúmulo de matéria orgânica ao longo do tempo, contribuindo significativamente para o entendimento da história ambiental local e dos processos de estabilização do carbono em solos (Vasques *et al.*, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que, mesmo sob condições geoambientais pouco favoráveis, os solos aluviais do Córrego da Contagem apresentam elevados teores de carbono orgânico, especialmente em horizontes profundos. Esses valores sugerem que a área já apresentou condições ambientais mais úmidas e saturadas, capazes de favorecer



o acúmulo e a conservação da matéria orgânica, que hoje se encontra preservada mesmo em solos arenosos e bem drenados.

Diante do atual cenário de mudanças climáticas, a identificação desses estoques profundos de carbono assume grande relevância. Os solos atuam como importantes acumuladores de carbono, e sua preservação contribui diretamente para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, fundos de vale e terraços fluviais configuram-se como compartimentos estratégicos para o sequestro de carbono e a conservação de serviços ecossistêmicos associados ao solo.

AGRADECIMENTOS

A FAPEMIG pelo financiamento do projeto APQ-01556-24 e pela bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. A. A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o rifte, a bacia e o orógeno. Geonomos, 1995.

ALKMIM F. F., PEDROSA-SOARES A.C., NOCE C.M., CRUZ S.C.P. Sobre a evolução tectônica do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. Geonomos, 15(1):25-45. 2007.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M; ROCHA, L. C. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. Geonomos, 2011

BENITES, V. M., SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B., SANTOS, H.G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. Rev. Bras. Botânica 30, 569–577. 2007.

COSTA, F. S. S. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 32, n.1, p. 323-332, 2008.

FRAGA, L.M.S., ALMEIDA-ABREU, P.A., NEVES S. C. Hidrologia e Hidrografia, in: Silva, A.C., Pedreira, L.C.V.S.F., Almeida-Abreu, P.A. (Eds.), Serra Do Espinhaço Meridional: Paisagens E Ambientes. O Lutador, Belo Horizonte, pp. 81–93. 2005.

KNAUER, L.G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. Geonomos 15, 81 - 90. 2007.

MATOS, S. M.; MENDONÇA, E. S.; MORALES, M. M.; SILVA, B. R. Carbono Total e Frações Químicas de Carbono do Solo. In: MENDONÇA, E. S.; MATOS, S. M. Matéria Orgânica do solo: Métodos de análises. 2. ed. Viçosa, MG: UFV-Gefert, 2017. cap. 1, p. 9-15.



MEDEIROS, P. C.; CANALI, N. E. Relações de Poder e Resistências na Gestão Territorial das Bacias Hidrográficas no Estado do Paraná. GEOUSP Espaços e Tempo 16.1, 04-17. 2012.

MELLO, C. R. Caracterização físico-química e gênese de solos em diferentes unidades geomorfológicas de bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 17, n. 1, p. 125–137, 2016.

PEDREIRA, M. M. Limnologia, in: SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F., ALMEIDA-ABREU, P. A. (Eds.), Serra Do Espinhaço Meridional: Paisagens E Ambientes. o Lutador, Belo Horizonte, pp. 97–117. 2005.

REIS, C. E. S. Estoque e qualidade da matéria orgânica e retenção de carbono em perfis de dois latossolos subtropicais sob diferentes manejos. 2012. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RODRIGUES, S. C.; SOUZA, A. L. T.; SIQUEIRA, T. Interações entre a vegetação ripária e a estabilidade de margens em rios do Cerrado. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 14, n. 2, p. 75–88, 2013.

SANTOS, H. G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

SILVA, A. C. Solos, in: SILVA, A.C., PEDREIRA, L.C.V.S.F., ALMEIDA-ABREU, P.A. (Eds.), Serra Do Espinhaço Meridional: Paisagens E Ambientes. o Lutador, Belo Horizonte, pp. 61–77. 2005.

SILVA, N. B. Geoquímica do carbono orgânico dissolvido em Plintossolos submetidos à saturação prolongada por irrigação em áreas úmidas do Cerrado. 2018. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

VASQUES, G. M.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E. de F. M.; LIMA, E. S. de; OLIVEIRA, L. B. de. Mapa de estoque de carbono orgânico do solo (COS) a 0–30 cm do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.