

Os solos e a evolução de paisagens na Serra do Espinhaço Meridional, Brasil

Soils and landscape evolution of the Serra do Espinhaço Meridional, Brazil

Filho, Aparecido de Penafort Abreu; Costa, Camila Rodrigues; Gomes, Izadora Rodrigues; Barral, Uidemar Moraes; Viana, Abraão José Silva; Tassinari, Diego; Vidal-Torrado, Pablo; Silva, Alexandre Christofaro

Aparecido de Penafort Abreu Filho

cidinhoagronomia@gmail.com

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Camila Rodrigues Costa

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Izadora Rodrigues Gomes

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Uidemar Moraes Barral

Universidade de Brasília, Brasil

Abraão José Silva Viana

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Diego Tassinari

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Pablo Vidal-Torrado

Universidade de São Paulo, Brasil

Alexandre Christofaro Silva

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

Revista Espinhaço

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

ISSN-e: 2317-0611

Periodicidade: Semestral

vol. 10, núm. 1, 2021

revista.espinhaco@gmail.com

Recepção: 24 Março 2021

Aprovação: 13 Abril 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/485/4852255001/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5083372>

Resumo: A Serra do Espinhaço Meridional (SdEM) é uma cadeia de montanhas da faixa orogênica do Éon Proterozoico, cuja litologia é formada principalmente por quartzitos e filitos, que originam solos rasos e ácidos. Seu relevo compreende uma sucessão de superfícies de aplainamento, como o Chapadão do Couto, separadas por áreas dissecadas. O objetivo deste trabalho foi compreender a distribuição e caracterizar os solos de uma topossequência, para contribuir com o entendimento da evolução da paisagem do Chapadão do Couto e da SdEM. Foram encontradas evidências de que a superfície de aplainamento do Chapadão do Couto foi formada no Paleoceno/Eoceno e dissecada intermitentemente desde então, sendo os solos dos topos e encostas de suas colinas formados e erodidos ciclicamente. As depressões foram preenchidas também de maneira intermitente por sedimentos minerais. A instalação da rede de drenagem e a formação das colinas teria início no Terciário, enquanto a gênese dos solos atuais foi iniciada no Pleistoceno Tardio e no Holoceno.

Palavras-chave: superfícies de aplainamento, topossequência de solos, evolução da paisagem, solos, Serra do Espinhaço.

Abstract: The Serra do Espinhaço Meridional (SdEM) is a mountain range in the orogenic belt range of the Proterozoic Eon, whose lithology is formed mainly by quartzites and phyllites, which originate shallow and acidic soils. Its relief comprises a succession of planing surfaces, such as Chapadão do Couto, separated by dissected areas. The objective of this work was to understand the distribution and characterize the soils of a topossequence, to contribute to the understanding of the evolution of the landscape of Chapadão do Couto and SdEM. Evidence has been found that the Chapadão do Couto planing surface was formed in the Paleocene/ Eocene and dissected intermittently since then, with the soils of the tops and slopes of its hills being formed and eroded cyclically. The depressions were also intermittently filled by mineral and organic sediments. The installation of the drainage network and the formation of the hills began in the Tertiary, while the genesis of current soils began in the Late Pleistocene and the Holocene.



1. Introdução

Estima-se que os solos mais antigos da Terra sejam do período Terciário (Silva et al., 1999). Desta forma, os solos estão sendo continuamente formados e erodidos, na medida em que as paisagens vão evoluindo, em função de eventos geológicos ou climáticos. Os solos fazem parte do relevo, que é esculpido por eventos de diferentes magnitudes e escalas de tempo. As formas resultantes voltam a exercer, por sua vez, nova influência sobre os solos.

A paisagem é a combinação de todos os componentes que estão acima e abaixo da superfície, resultado de milhões de anos de mudanças, despertando o interesse de pesquisadores em compreender todas as relações que governam essa evolução e o papel dos solos neste contexto (Pennock e Veldkamp, 2006; Espindola, 2010; Campos et al., 2011; Campos et al., 2012).

A Serra do Espinhaço foi formada por meio de diversos eventos geológicos (tectonismo, rifteamento, sedimentação, dentre outros) entre 1,75 e 1,3 bilhões de anos atrás (Abreu, 2005). Desde então, suas paisagens passaram por várias mudanças até chegar ao atual conjunto de planaltos e serras de relevos heterogêneos, com largura que varia de 50 a 100 km, se estendendo por 1200 km na direção norte-sul, desde a região central do estado de Minas Gerais (MG), até o norte do estado da Bahia (BA). É considerada a faixa orogênica Proterozoica mais extensa do Brasil (Mendonça Filho, 2005; Chaves et al., 2010; Silva, 2012; Camêlo, 2017). Sua maior porção em Minas Gerais (MG), a Serra do Espinhaço Meridional (SdEM), agrupa o Planalto de Diamantina, a Depressão de Gouveia e a Serra do Cipó (Varajão et al., 2020), ocupando uma área de 3,5 milhões de hectares (Silva et al., 2013). Sua morfologia faz com que esta formação rochosa seja um grande divisor de águas, separando importantes bacias como a do Jequitinhonha, do São Francisco e do Doce (Saadi, 1995; Silva, 2011).

A litologia da SdEM é composta principalmente por quartzitos e filitos, material de origem de solos predominantemente rasos, ácidos e distróficos, que sustentam uma vegetação campestre. Os processos de evolução da paisagem, com o passar do tempo, configuraram o relevo da SdEM como uma sucessão de superfícies de aplainamento, escalonadas por altitude e separadas por áreas dissecadas (Silva, 2005). A formação de superfícies aplainadas, seguidas de formações de depressões parece um caminho sem volta caso nenhum evento geológico significativo volte a modelar e elevar a superfície (Schrage, 2015; Chaves et al., 2010).

Como estas superfícies de aplainamento foram formadas? Como elas evoluíram? Existem evidências desta evolução na paisagem atual? Vários estudos relacionam os solos com a evolução de paisagens em diversas regiões do Brasil (Silva et al., 1999; Motta et al., 2002; Cardoso et al., 2016). Estudos conduzidos por Varajão et al. (2020) utilizaram atributos dos solos para estudar a evolução de paisagens da SdEM e encontraram evidências da ação de

mudanças paleoclimáticas nesta evolução. Entretanto, para complementar dados estratigráficos, mineralógicos, físicos e químicos, datações absolutas de eventos são de fundamental importância para ampliar o conhecimento sobre a evolução destas paisagens.

Situado no Planalto de Diamantina, o Chapadão do Couto corresponde à mais elevada das grandes superfícies de aplainamento da SdEM, onde o relevo varia de plano a ondulado. Possui cerca de 160 km² e altitude média em torno de 1600 m. É formado por um conjunto de colinas de topos aplainados e encostas onduladas, separadas por depressões, onde são encontradas turfeiras (Bispo et al., 2016). O Chapadão do Couto se reveste de grande importância local/regional, uma vez que nestas turfeiras estão situadas as nascentes (cabeceiras) dos principais formadores da bacia do rio Jequitinhonha: o rio Araçuaí, o Rio Preto, o Rio Soberbo (Rio Jequitinhonha Preto) e o Córrego Pindaíbas (Barral, 2018).

No Chapadão do Couto são encontradas várias evidências paleogeográficas como petroplintitas, stone lines, paleossolos, sedimentos minerais e turfeiras, que são testemunhos dos paleoprocessos que moldaram a paisagem (Espindola, 2010) e podem ser datados de forma absoluta. O objetivo deste trabalho foi compreender a distribuição e caracterizar física, química e morfologicamente os solos de uma topossequência da área de recarga hídrica de duas turfeiras, para contribuir com o entendimento da evolução da paisagem do Chapadão do Couto e da SdEM.

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização do local do estudo

O estudo foi conduzido na superfície de aplainamento mais elevada da SdEM, o Chapadão do Couto, que apresenta altitude média de 1600 metros, área estimada em 160 km² e dois morros testemunhos: Morro Redondo (1660 m) e o Morro Dois Irmãos (1814 m). Sua área faz parte de três municípios: São Gonçalo do Rio Preto, Felício dos Santos e Couto de Magalhães de Minas (MG) e suas coordenadas geográficas centrais são 18°13'45" S e 43°20'49" O (Figura 1).

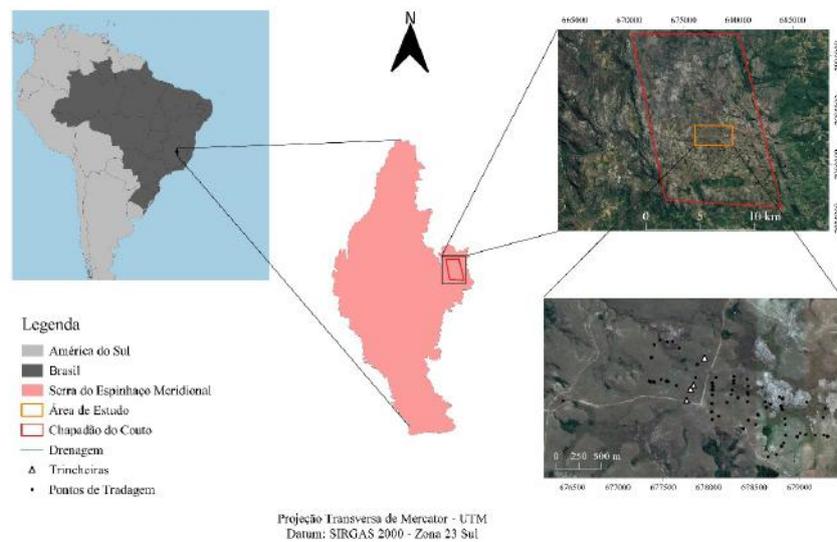


Figura 1: Localização da área de estudo

Fonte: Elaboração própria

O Chapadão do Couto é embasado por litologias do Supergrupo Espinhaço, com predomínio de quartzitos e secundariamente de filitos das Formações Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel. Está inserido no Planalto Diamantina, que constitui um dos principais domínios orográficos da porção meridional da Cadeia do Espinhaço, caracterizado por um relevo formado por superfícies de aplainamento escalonadas por altitude e separadas por vales dissecados (Saadi e Valadão, 1987; Silva et al., 2013; Silva, 2005; Silva et al., 2017). Os solos predominantes são jovens ou pouco desenvolvidos (Cambissolos e Neossolos). Nas depressões das superfícies de aplainamento, onde há maior acúmulo de água ao longo do ano, normalmente são encontrados Organossolos, que formam as turfeiras. A cobertura vegetal predominante é a campestre (fitofisionomias Campo Rupestre e Campo Limpo Seco), mas as turfeiras são colonizadas pelas fitofisionomias Campo Limpo Úmido e, em menor proporção, pela Floresta Estacional Semidecidual, todas do Bioma Cerrado (Silva et al., 2013; Campos et al., 2010).

O clima é do tipo Cwb (mesotérmico), de acordo com a classificação de Köppen, ocorrendo duas estações, chuvosa e seca, bem definidas. O período chuvoso vai de novembro a março e o período seco ocorre de maio a setembro. Os registros climáticos obtidos no local de estudo (2016 a 2019) mostraram valores médios anuais de precipitação de 1.068 mm; temperatura média anual de 16,6 °C; umidade relativa média anual de 85,5 %; radiação solar média anual de 205,7 W m⁻²; velocidade média anual do vento de 1,5 m s⁻¹; e velocidade média anual de rajada de vento de 4,7 m s⁻¹ (Barral, 2018).

O Chapadão do Couto faz parte da bacia do Rio Jequitinhonha e abrange 4 sub-bacias hidrográficas: Rio Araçuaí, Rio Preto, Rio Soberbo (Jequitinhonha Preto) e Córrego Pindaíbas. O Rio Preto desagua no Rio Araçuaí, a 100 km do local dos estudos. Este rio, por sua vez, desagua no Rio Jequitinhonha a 300 km

do Chapadão do Couto. O Rio Soberbo e o Córrego Pindaíbas desaguam no Rio Jequitinhonha, a cerca de 15 km do local dos estudos.

Os solos são formados pela ação do clima e dos organismos sobre o material de origem, com o decorrer do tempo e com controle do relevo, que governa a hidrologia (Breemen e Buurman, 2002). Participam ativamente do ciclo global do carbono e são responsáveis pela recarga hídrica dos mananciais e seus ciclos de formação e erosão estão intimamente relacionado com a evolução das paisagens.

2.2 Trabalhos de campo

Foram realizadas 3 campanhas de campo entre setembro de 2017 e janeiro de 2018, para descrição dos solos. Os solos foram descritos sucintamente em 72 pontos distribuídos por nove transectos, sendo três na área de recarga hídrica da turfeira do Rio Preto (RP) e seis na área de recarga hídrica da turfeira do Rio Araçuai (AR) (Figura 2). Os 72 pontos foram amostrados com trado, determinando-se a cor e a textura de cada horizonte, para a proceder a identificação preliminar do solo. As tradagens foram realizadas até 1 m ou até que fosse encontrada uma camada de impedimento. Após a análise da classificação preliminar dos solos destes 72 pontos, foi definido o local mais representativo para a topossequência de solos, onde foram abertas quatro trincheiras (Figura 2) para a descrição de perfis de solo e coleta de amostras de cada horizonte (Tabela 1).

As trincheiras foram abertas com dimensões de 2 m de comprimento, 1 m de largura e 1,5 m de profundidade e os perfis de solo foram descritos morfológicamente de acordo com os critérios preconizados por Santos et al. (2015). Foram coletadas 9, 5, 8 e 6 amostras nos perfis 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

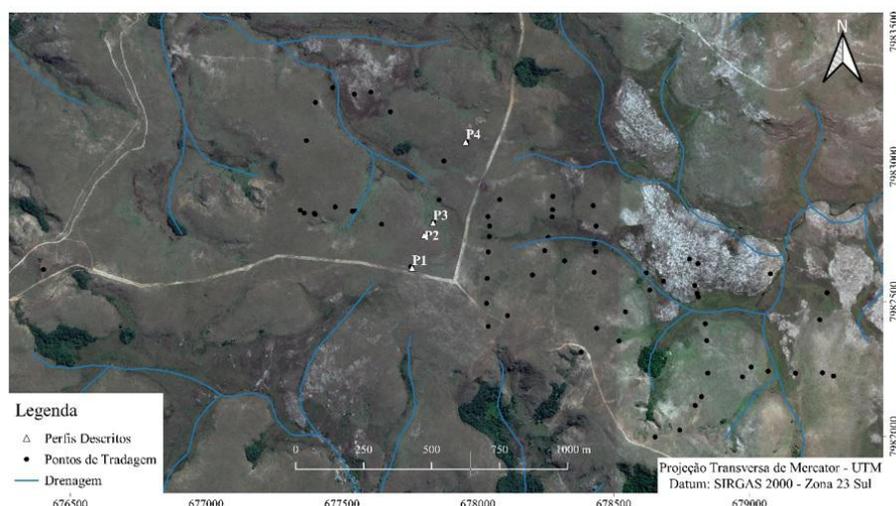


Figura 2. Distribuição espacial de pontos de solos descritos com a amostragem a trado (em preto) e dos perfis de solos descritos em trincheiras (em branco)

Fonte: Elaboração própria

Tabela 1. Locais utilizados para abertura das trincheiras e descrição dos perfis de solo

Perfil	Coordenadas Mercator		Posição na encosta	Altitude (m)	Classificação de campo
	E	N			
P1	677757	7982627	Topo 1	1629	Cambissolo
P2	677798	7982747	Meia encosta	1623	Cambissolo
P3	677834	7982792	Depressão	1610	Neossolo Flúvico
P4	677958	7983092	Topo 2	1630	Cambissolo

Elaboração própria

2.3 Trabalhos de laboratório

2.3.1 Análises físicas

As amostras de solo foram destorroadas, secas ao ar e tamisadas na peneira de 2 mm para separação da fração terra fina (TFSA). As análises granulométricas foram realizadas pelo método da pipeta, de acordo com os procedimentos preconizados por Donagemma et al. (2017), quantificando-se as frações areia, silte e argila. A partir destes resultados foi calculada a razão silte/argila.

A separação das frações de areia (areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina) foi realizada por tamisamento a seco. O método de Lier e Albuquerque (1997) foi utilizado para o cálculo do Diâmetro Médio Geométrico (DMG), conforme Equação 1:

$$DMG = e^{\frac{\sum m_i \ln(D_i)}{m}}$$

onde, Σ = somatório das classes de areia avaliadas;

m_i = massa da classe i ;

m = massa total

D_i = média aritmética dos limites inferior e superior da classe.

Também foram coletadas amostras indeformadas de alguns horizontes, para determinação da densidade do solo pelo método do anel volumétrico, utilizando o amostrador de Uhland (Almeida et al., 2017a). Nas mesmas amostras foi determinada a densidade de partículas e calculado o volume total de poros (VTP) pela fórmula (Almeida et al., 2017b):

$$VTP = 1 - (D_s/D_p) \times 100, (2)$$

Onde, D_s = Densidade do solo;

D_p = Densidade de partículas.

2.3.2 Análises químicas

Em todos os horizontes e subhorizontes dos perfis foram avaliados, segundo Embrapa (Teixeira et al., 2017), os seguintes parâmetros: o pH determinado em extrato de água destilada na proporção 1:2,5; matéria orgânica (M.O.) por colorimetria no visível, potássio (K^+) por fotometria de chama, após extração com HCl $0,005 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$ (Mehlich-1). Por titulometria foram determinados os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis extraídos por KCl 1 mol L^{-1} . A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) foi avaliada por extração com acetato de cálcio $Ca(OAc)_2$ $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 e titulado com $NaOH$ $0,005 \text{ mol L}^{-1}$. O fósforo (P) disponível foi determinado por colorimetria, usando ácido ascórbico como redutor, após a extração com solução Mehlich-1. A partir dos resultados obtidos pela análise do complexo sortivo, foram calculadas a soma de bases – S ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$), a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 – T ($S + (H^+ + Al^{3+})$), a saturação por alumínio – m ($Al^{3+} * 100/t$), a saturação por bases - V ($S * 100/T$).

2.3.3 Datações radiocarbônicas e por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE)

Duas amostras do perfil 1, situado no topo 1, foram selecionadas para datação por radiocarbono no Laboratório ^{14}C do CENA/USP. As amostras foram submetidas a tratamentos físico-químicos para obtenção de CO_2 purificado, conforme metodologia de Pessenda et al. (2009). O CO_2 obtido foi enviado para o Center for Applied Isotope Studies (CAIS) da Universidade da Geórgia, EUA, onde as idades foram determinadas por meio da Espectrometria de Massa do Acelerador (AMS). Os resultados foram corrigidos por fracionamento isotópico natural (-25%) e apresentados na idade convencional ^{14}C em anos antes do presente (AP) e na idade calibrada (cal.) em anos civis, em intervalos com erro de 2δ (Pessenda et al., 2009).

Um testemunho de turfeira sob capão de floresta estacional situado a 150 m do perfil 3 foi coletado. Uma amostra de sedimento da base deste testemunho, situada entre 361 e 365 cm de profundidade foi encaminhada para o laboratório Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda, situado em São Paulo – SP, para datação por LOE, a partir das concentrações dos isótopos radioativos Th^{232} , $U^{238} + U^{235}$, K^{40} , determinadas em 5 subamostras (repetições).

3. Resultados

3.1 Distribuição dos solos pela área de recarga das turfeiras RP e AR

Dos 72 pontos onde os solos foram descritos sucintamente com auxílio do trado, 22 foram obtidos na área de recarga da turfeira do Rio Preto - ARTRP (Figura 3) e 50 na área de recarga da turfeira do Rio Araçuaí – ARTRA (Figura 4). Esses

pontos foram utilizados para definir os locais de abertura dos perfis, de forma que a topossequência apresentasse maior representatividade de solos.

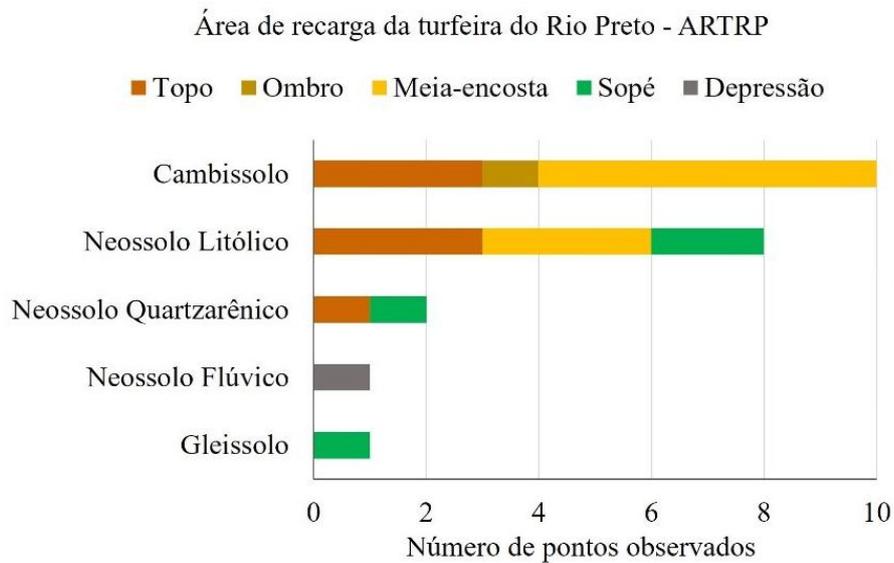


Figura 3. Posição na encosta e classificação expedita do solo dos pontos onde os solos foram descritos na área de recarga da turfeira do Rio Preto – ARTRP
 Fonte: Elaboração própria

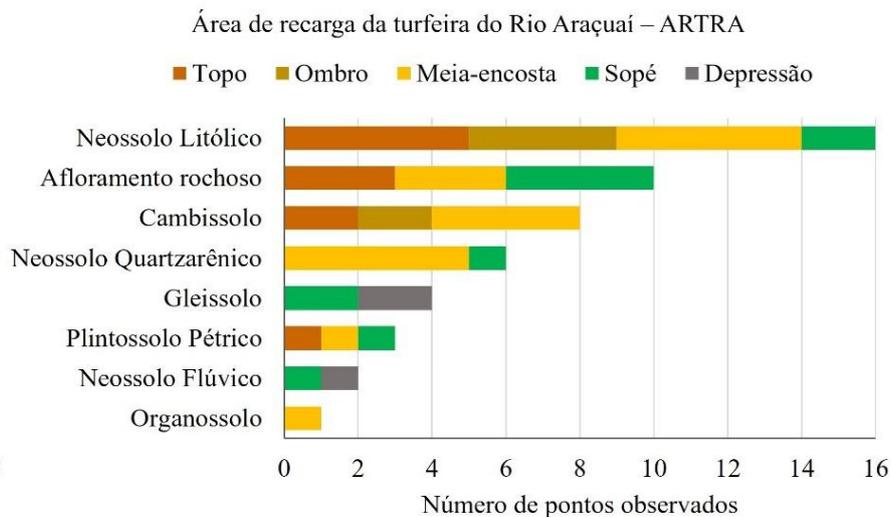


Figura 4. Posição na encosta e classificação expedita do solo dos pontos onde os solos foram descritos na área de recarga da turfeira do Rio Araçuaí – ARTRA
 Fonte: Elaboração própria

Os solos encontrados foram os Neossolos (solo predominante da SdEM), Gleissolos, Cambissolos e Plintossolos (Figura 3 e Figura 4). Os Organossolos formam as turfeiras situadas na depressão, mas este solo também foi identificado na meia encosta em um ponto (Figura 4).

Os Neossolos representam 34 dos 72 pontos amostrados (Figuras 3 e 4), identificados em várias posições na encosta, a maioria no terço superior e alguns no sopé. Os Neossolos Litólicos, que predominam na área dos estudos (23 pontos amostrados), possuem matriz mineral, solum muito raso (menos de 20

cm em geral), com pouca alteração em relação ao material de origem, devido à resistência do quartzito ao intemperismo. Seus perfis apresentam horizontes A e R. Os Neossolos Quartzarênico Litólico e Flúvico são mais profundos e possuem horizontes A, C e R. Material resistente e grande quantidade de afloramentos de rochas favorecem o aparecimento dos Neossolos nas partes mais altas do relevo. Além disso, a convexidade da superfície nessas áreas permite maior escoamento de água, podendo agravar processos erosivos e dificultando a pedogênese (Silva et al., 2013).

Ao mapear os solos dos 12.185 ha do Parque Estadual do Rio Preto - PERP (unidade de conservação na SdEM que abrange parte da área estudada), Silva (2004) observou amplo predomínio de Neossolos (64,5% da área estudada), com ocorrência de Neossolo Litólico Psamítico típico (26,36% da área); Neossolo Litólico Distrófico típico (13,74% da área); Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (19,22% da área); Neossolo Quartzarênico Órtico (1,71% da área); e Neossolo Flúvico Psamítico típico (3,45% da área).

Os Cambissolos apresentam horizonte B incipiente (Bi) abaixo do horizonte superficial, podendo apresentar plintita ou gleização de forma que o solo não apresente atributos suficientes para classificá-lo como Plintossolo ou Gleissolo, respectivamente. Apresentam grande variação morfológica, alternando muito quanto a sua drenagem, cor, profundidade e composição química (Silva, 2005; Santos et al., 2018). Depois dos Neossolos, os Cambissolos são a principal classe de solos encontrada, totalizando 18 dos 72 pontos amostrados (Figuras 3 e 4), posicionados principalmente na meia encosta, mas alguns foram encontrados no topo, onde há condições para sua evolução vertical (ausência de petroplintita e afloramentos de rocha), e nenhum foi identificado nas depressões ou sopés. Relevos muito acidentados e declivosos, comumente encontrados na SdEM, têm influência direta na formação e características dos solos, com ocorrência de solos rasos ou medianamente profundos (Dortzbach et al., 2016). Estes autores, estudando solos de regiões altimontanas de Santa Catarina, encontram forte predominância dos Cambissolos. Silva (2004) cita que os Cambissolos constituem 15,09% da área de do PERP, ocorrendo de forma abrangente em todo o parque. Carvalho Filho et al. (2010) ao estudar os solos da região do Quadrilátero Ferrífero-MG, que faz parte da SdEM, encontraram grande predominância de Cambissolos, geralmente associados a Neossolos, atribuindo tal distribuição ao relevo íngreme e grande ocorrência de afloramentos de rochas, favorecendo o aparecimento de solos rasos e pouco evoluídos.

Todos os Plintossolos encontrados apresentam mais de 50% de nódulos e concreções de Fe no horizonte F e estão associados a áreas com ocorrência petroplintita, independentemente da posição na encosta. Desta forma, foram identificados, de acordo com Santos et al. (2018), como Plintossolos Pétricos.

Nas cabeceiras das depressões foram encontrados Gleissolos e Neossolos Flúvicos. Os Gleissolos estão associados a locais saturados em água, apresentam forte gleização em função do ambiente ser redutor, manifestada por meio de cores acinzentadas, devido à redução e solubilização do Fe. Em anaerobiose, o Fe (III) é reduzido a Fe (II) tornando solúvel na água, levando a sua mobilização e posterior segregação dos óxidos, formando zonas distintas dentro do perfil, as mais claras (baixa quantidade de Fe) e as mais avermelhadas (concentração do Fe), que são conhecidas como mosqueados (Santos et al., 2018; Juhász et al., 2006). Os

Neossolos Flúvicos são solos caracterizados pela deposição colúvio-aluvionar de sedimentos com diferentes granulometrias e teores de matéria orgânica (Santos et al., 2018).

Diversos afloramentos de petroplintitas, filitos e quartzitos foram encontrados em diferentes posições na encosta. Silva (2004) cita que cerca de 20,28% da área do PERP é formada por afloramentos de rochas, e grande parte destes afloramentos foram encontrados no Chapadão do Couto.

De posse dos resultados da distribuição dos solos nas áreas de recarga hídrica das turfeiras RP e AR (Figuras 3 e 4) escolheu-se o local da topossequência (Transecto 2 da área de recarga da turfeira AR (RPT2), onde foram abertas quatro trincheiras para a descrição morfológica, caracterização física e química e classificação dos solos (Figura 5). Não foram abertas trincheiras nos Neossolos Litólicos da meia encosta, pois estes são solos muito rasos (< 20 cm de profundidade) e muito arenosos, onde a ação dos processos de formação do solo é pouco significativa.

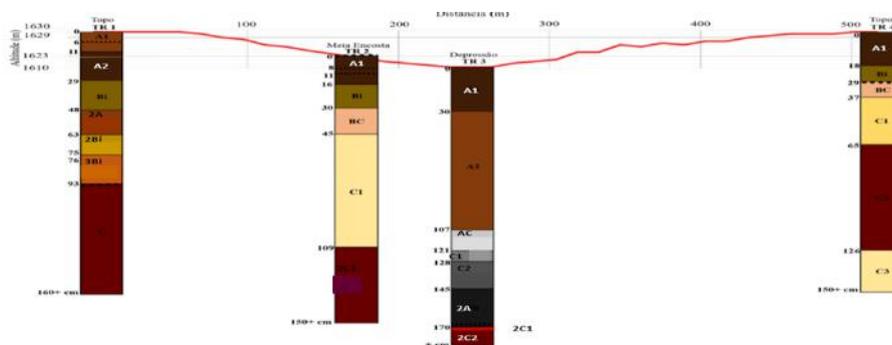


Figura 5. Distribuição espacial dos perfis descritos em topossequência
 Fonte: Elaboração própria

3.2 Caracterização morfológica dos solos

A Tabela 2 e a Figura 6 apresentam os atributos morfológicos dos solos estudados. Todos os perfis apresentam textura mais argilosa no horizonte A e drenagem boa ou moderada. Os Cambissolos apresentaram semelhanças em relação à maioria dos atributos morfológicos, com exceção do perfil 1, situado no topo 1 (declividade de 1 a 3%), com solum (horizontes A +B) mais profundo e horizontes A e B de textura menos arenosa, com estrutura moderada e consistência firme. Este perfil, de profundidade moderada (solum com 93 cm de espessura) é caracterizado como bissequim (Santos et al., 2018), ou seja, apresenta um Cambissolo sotoposto a outro Cambissolo. Os demais Cambissolos, situados no topo 2 e na meia encosta, são rasos, com solum de 37 e de 45 cm de espessura, respectivamente.

Tabela 2. Caracterização morfológica dos perfis de solos descritos na toposequência

Hz.	Prof. cm	Cor (úmida) Munsell ¹	Textura	Estrutura ²	Consistência ³		Porosidade ⁴	Transição		
					Úmida	Molhada		Topografia	Nitidez	
Perfil 1 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – Topo 1										
A1	0 - 11	10YR 3/3	Franco Argilo Arenosa	Mo, M e G, BSA	Fi	P e Pe	Mu; P, M e G	Ondulada	Clara	
A2	11 - 29	10YR 2/2	Franco Argilo Arenosa	Mista: Mo, M e G, BSA; Mo, P e M, Gr	Fi	P e Pe	Mu; P, M e G	Ondulada	Clara	
Bi	29 - 48	10YR 3/4	Franco Argilo Arenosa	Mo, G, BSA e PR	Fi	P e Pe	Mu; P M e G	Ondulada	Clara	
2A	48 - 63	10YR 2/2	Franco Arenosa	Mo, G e MG, BSA e PR	Fi	P e Pe	Mu; P M e G	Ondulada	Clara	
2Bi	63 - 75	10YR 4/3	Franco Argilo Arenosa com cascalho	Mo, G, BSA e PR	Fi	P e Pe	Mu; P M e G	Ondulada	Abrupta	
Linha de pedras	75 - 76	Formada por fragmentos de quartzo anguloso, leitosos ou fumês, de diâmetros entre 2mm e 3 cm (a maioria maior que 1 cm)								
3Bi	76 - 93	Variagado 2,5YR 4/8 7,5YR 5/6	Franco Arenosa com cascalho	Mo, G e MG, PR	Fi	LP e LPe	Mu; P M e G	Ondulada	Clara	
C*	93 - 160+	Variagado 10YR 5/4, 6/4 e 8/1	Franco Arenosa/arenosa*	Maciça/grãos simples, com linhas horizontais de oxidação de Mn	So	NP e NPe	Po e P: filito Mu e G: quartzito			
Perfil 2 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – Meia encosta										
A	0 - 16	10YR 2/2	Franco Argilo Arenosa muito cascalhenta	Mo, P, Gr	LFi	LP e LPe	Co; P M e G	Ondulada	Clara	
Bi	16 - 30	10YR 6/6	Franco Arenosa	Mo, M e G, BSA e PR	LFi	LP e LPe	Mu; P M e G	Irregular	Gradual	
BC	30 - 45	Variagado 10YR 6/6 e 7/4 5YR 5/8	Franco Arenosa	Mo, M e G, BSA e PR	LFi	LP e LPe	Mu; P M e G	Irregular	Gradual	
C1	45 - 109	Variagado 10YR 6/4 e 8/1 5YR 5/8; 2,5YR 6/8	Franco Arenosa	Maciça	Fr	NP e NPe	Po; P	Irregular	Clara	
2C1	109 - 150+	Variagado 10YR 8/1 e 6/4 5YR 5/8	Arenosa	Grãos simples	So	NP e NPe	Po; G			
Perfil 3 – Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico - Depressão										
A1	0 - 30	10YR 2/2	Franco Arenosa	Mista: Fr, M e G, BSA; Mo, P, GR	Fr	P e Pe	Mu; P, M e G	Ondulada	Clara	
A2	30 - 107	10YR 3/2	Franco Argilo Arenosa	Fr, G, BSA	Fr	P e Pe	Mu; P, M e G	Ondulada	Gradual	
AC	107 - 121	10YR 4/2	Franco Arenosa	Fr, M, BSA	Fr	P e Pe	Mu; G	Plana	Difusa	
C1	121 - 128	Variagado 10YR 6/3 e 8/1	Areia Franca	Grãos simples	So	NP e NPe	Mu; G	Irregular	Clara	
C2	128 - 145	10YR 4/3	Areia Franca com cascalho	Grãos simples	So	NP e NPe	Mu; P M e G	Irregular	Gradual	
2A	145 - 170	10YR 3/2	Areia franca	Grãos simples	So	P e Pe	Mu; P M e G	Irregular	Abrupta	
2C1	170 - 171	2,5YR 4/8	Franco Arenosa	Fr, P, BSA	Fr	P e Pe	Co; P e M	Irregular	Abrupta	
2C2	171+	Variagado 5YR 6/8 e 6/4	Arenosa	Grãos simples	So	NP e NPe	Co; G			
Perfil 4 - Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – Topo 2										
A	0 - 18	10YR 2/2	Franco Argilo Arenosa	Mista: Mo, M, GR; Mo, G, BSA	Fr	P e Pe	Mu; P M e G	Ondulada	Clara	
Bi	18 - 29	10YR 5/4	Franco Arenosa cascalhenta	Mista: Mo, M, GR; Mo, M, BSA	Fr	P e Pe	Mu; P M e G	Irregular	Gradual	
BC	29 - 37	Variagado 7,5YR 6/8; 2,5YR 4/8	Franca	Mo, M, BSA	Fr	P e Pe	Co; P	Irregular	Gradual	
C1	37 - 65	Variagado 2,5YR 4/8, 8/1, 6/3	Franco Arenosa	Maciça	LFi	NPe NPe	Co; P	Ondulada	Clara	
C2	65 - 126	Variagado 2,5YR 4/8, 8/1 e 6/3	Franco Siltosa	Maciça	LFi	NPe NPe	Po; P	Ondulada	Clara	
C3	126 - 150+	2,5YR 7/2	Franco Siltosa	Maciça	Fi	NPe NPe	Po; P			

Fonte: Elaboração própria

¹Cor úmida: 10YR 3/3 – bruno escuro, 10YR 2/2 – bruno muito escuro, 10YR 3/4 – bruno amarelado claro, 10YR 4/3 – bruno, 2,5YR 4/8 -vermelho, 10 YR 6/4 – Bruno amarelado claro, 7,5 YR 5/6 – bruno forte, 10 YR 5/4 – Bruno amarelado, 10 YR 8/1 -branco, 10YR 6/6 – amarelo brunado, 10YR 7/4 -bruno muito pálido, 5YR 5/8 – vermelho amarelado, 2,5YR 6/8 – vermelho claro, 10YR 3/2 – bruno, 10YR 4/2 – bruno acinzentado escuro, 10YR 6/3 – bruno pálido, 10YR 4/3 – bruno, 5YR 6/8 – amarelo avermelhado, 5YR 6/4 – bruno avermelhado claro, 7,5YR 6/8 – amarelo avermelhado, 2,5 YR 8/1 -branco, 2,5YR 6/3 – bruno avermelhado claro, 2,5YR 7/6 - vermelho claro, 2,5YR 7/2 - vermelho pálido. ²Estrutura: Grau: Fraco (Fr), Moderado (Mo); Classe: Pequeno (P), Médio (M) e Grande (G),Muito Grande (MG) Tipo: Blocos Subangulares (BSA), Granular (Gr), Prismática (PR); ³Consistência: úmida – Solto (So), Friável (Fr), Ligeiramente firme (LFi) e Firme (Fi); molhada – Não Plástica (NP), Ligeiramente Plástica (LP) e plástica (P), Não Pegajosa (NPe) ligeiramente Pegajosa (LPe) e pegajosa (Pe); ⁴Porosidade: quantidade - Poucos (Po), Comuns (Co) e Muitos (Mu); Tamanho - Pequenos (P), Médios (M) e Grandes (G). * Horizonte formado por material oriundo de filito (Cf: textura franco arenosa) e de quartzito (Cq: textura arenosa).

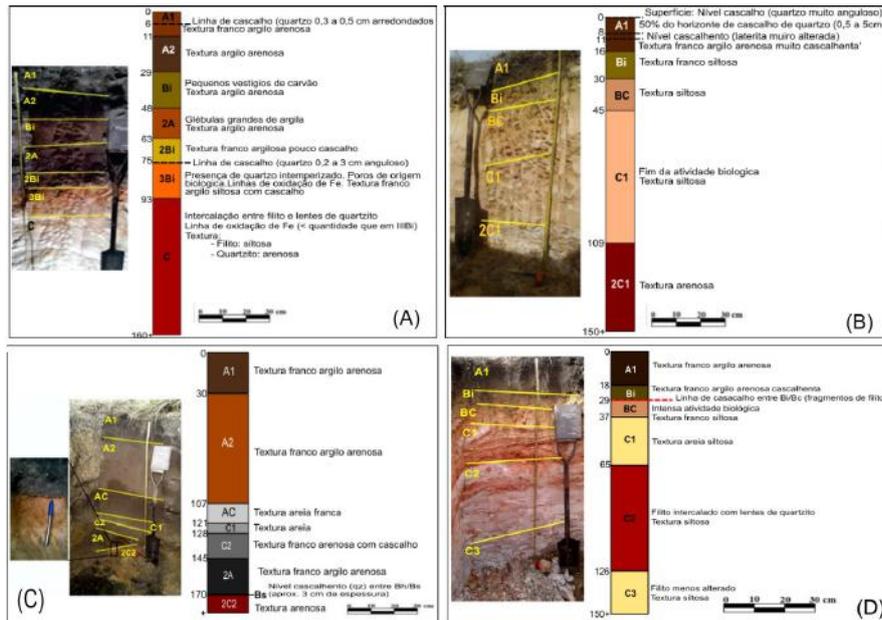


Figura 6. Perfis descritos na topossequência representativa dos solos do Chapadão do Couto (SdEM): (A) Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico; (B) Perfil 2 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico; (C) Perfil 3 – Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico; (D) Perfil 4 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico

Fonte: Elaboração própria

O Neossolo Flúvico, situado na depressão (Declividade de 1%), apresenta textura mais arenosa em relação aos Cambissolos. Suas cores são mais escuras no horizonte A e 2A e mais pálidas nos demais horizontes, apresentando evidências morfológicas de colúviação (AC, C1, 2A, 2C1 e 2C2) e sua estrutura é fraca ou em grãos simples. O horizonte 2A, de cores mais escuras e o horizonte 2C1, de cor vermelha, apresentam teores diferenciados de matéria orgânica e de óxidos de Fe, respectivamente, em relação aos horizontes adjacentes.

Atributos morfológicos semelhantes foram encontrados por Silva (2005), em Cambissolos de unidades de conservação da SdEM, por Varajão et al. (2020) em Cambissolos da SdEM e por Araújo (2015) em Cambissolos e Neossolos do Parque Nacional das Sempre Vivas, também situado na SdEM, a cerca de 70 km do local deste estudo, em linha reta.

Os atributos morfológicos sugerem que o Cambissolo do perfil 1, situado no topo 1, e o Neossolo Flúvico, situado na depressão, são mais desenvolvidos e apresentam grande contribuição de material colúvico, enquanto que os Cambissolos dos perfis 2 (meia encosta – Declividade entre 8 e 16%) e 4 (topo 2 – Declividade entre 1 e 3%) teriam sido formados in situ.

3.3 Caracterização física dos solos

Os Cambissolos apresentam textura média nos horizontes A e B e textura arenosa ou siltoosa no horizonte C (Tabela 3), dependendo do material de origem, respectivamente maior contribuição de quartzito ou de filito.

Tabela 3. Atributos físicos dos solos da toposequência

Hz	Prof cm	Areia	Silte	Argila	Razão silte/argila	% da Fração Areia					DMG mm	VTP %
						Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina		
Perfil 1 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico – Topo 1												
A1	0 - 11	594	166	240	0,69	21,43	28,04	27,59	18,93	4,01	0,51	49
A2	11 - 29	623	132	245	0,54	13,20	31,53	30,84	20,62	3,81	0,46	
Bi	29 - 48	648	142	210	0,68	12,08	32,42	31,66	19,87	3,97	0,46	51
2A	48 - 63	630	180	190	0,95	25,58	31,85	21,98	15,66	4,93	0,56	52
2Bi	63 - 75	524	221	255	0,86	16,21	34,11	25,93	18,25	5,50	0,49	
Linha de pedras	75 - 76	634	171	195	0,87	46,50	33,09	14,13	4,50	1,78	0,85	
3Bi	76 - 93	546	404	50	8,08	19,11	22,21	15,58	18,86	24,24	0,36	
Cf*	93 - 160+	688	292	20	14,60	2,73	4,42	17,67	52,37	22,81	0,20	
Cq**	93 - 160+	965	30	5	6,00	50,44	31,60	11,78	5,32	0,86	0,89	
Perfil 2 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico – Meia encosta												
A	0 - 16	695	180	215	0,84	7,30	25,22	25,62	31,54	10,31	0,34	52
Bi	16 - 30	547	343	110	3,11	21,23	15,78	10,30	32,07	20,62	0,34	55
BC	30 - 45	619	341	40	8,53	3,02	4,92	22,36	56,69	13,01	0,23	
C1	45 - 109	681	299	20	14,95	0,41	1,90	27,80	60,55	9,34	0,22	48
2C1	109 - 150+	865	134	1	134,00	28,67	36,94	15,89	12,76	5,73	0,61	
Perfil 3 – Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico - Depressão												
A1	0 - 30	766	133	100	1,30	3,62	13,71	47,82	30,19	4,67	0,33	
A2	30 - 107	640	125	235	0,53	2,91	9,59	45,77	36,03	5,70	0,30	
AC	107 - 121	726	94	180	0,52	3,91	6,89	33,64	49,84	5,72	0,27	
C1	121 - 128	922	38	40	0,95	2,94	5,54	26,42	54,84	10,26	0,24	
C2	128 - 145	861	59	80	0,74	1,83	4,31	25,83	58,41	9,62	0,23	
2A	145 - 170	819	71	110	0,65	3,34	7,96	31,03	47,42	10,25	0,26	
2C1	170 - 171	765	95	140	0,68	0,25	3,15	44,05	46,17	6,37	0,26	
2C2	171+	934	46	20	2,30	2,48	4,51	34,01	51,29	7,71	0,25	
Perfil 4 – Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico – Topo 2												
A	0 - 18	567	153	280	0,55	15,41	32,73	29,59	19,30	2,96	0,62	60
Bi	18 - 29	663	177	160	1,10	26,57	36,68	21,49	13,12	2,14	0,49	52
2BC	29 - 37	356	499	145	3,44	17,43	35,15	24,18	15,54	7,71	0,36	
2C1	37 - 65	579	371	50	7,42	11,31	28,39	18,22	28,16	13,92	0,31	
2C2	65 - 126	415	545	40	13,62	11,70	25,31	11,13	29,85	22,01	0,15	
2C3	126 - 150+	244	556	200	2,78	1,93	3,39	4,68	35,92	54,08	0,62	

Fonte: Elaboração própria

*Parte do horizonte C derivado de filito; **Parte do horizonte C derivado de quartzito; DMG: Diâmetro médio geométrico; VTP: volume total de poros.

O Neossolo Flúvico apresenta elevado teor de areia e baixo teor de silte em todo o perfil e seus horizontes superficiais apresentam textura média, enquanto que os subsuperficiais possuem textura arenosa, com exceção do horizonte 2C1, de textura média (Tabela 3).

A razão silte/argila é maior que 0,5 em todos os horizontes de todos os perfis, alcançando valores acima de 10 nos horizontes C dos Cambissolos. No Neossolo Flúvico a razão silte/argila é maior no horizonte A (excetuando-se o horizonte C), enquanto que em todos os perfis de Cambissolo esta razão é maior no horizonte Bi, em relação ao horizonte A (Tabela 3). Granulometrias semelhantes foram encontradas por Silva (2005), em Cambissolos de unidades de conservação da SDEM e por Araújo (2015) em Cambissolos e Neossolos do Parque Nacional das Sempre Vivas (SDEM).

O DMG da fração areia oscila de 0,33 a 0,23 mm no Neossolo Flúvico e os valores mais elevados são encontrados nos horizontes A. Nos Cambissolos, a amplitude de variação do DMG é bem maior, entre 0,20 e 0,89 mm. O Cambissolo do perfil 1 apresenta maior oscilação do DMG, mas os demais (perfis 2 e 4) possuem valores mais elevados de DMG no horizonte A, em relação ao

horizonte B. O volume total de poros dos Cambissolos oscilou entre 48 e 60% (Tabela 3).

As variações entre e dentro dos perfis na granulometria, na razão silte/argila e no DMG sugerem coluvionamento diferenciado, notadamente nos horizontes superficiais e descontinuidade litológica em subsuperfície.

3.4 Caracterização química dos solos

O pH dos solos varia de 3,67 a 5,37 e em todos os perfis é mais baixo no horizonte A e mais elevado no horizonte C. Os Teores de MOS também são mais elevados no horizonte A, influenciando o pH mais baixo e a CTC mais elevada. Os teores de nutrientes são muito baixos em todos os solos, reflexo do material de origem (filitos e quartzitos). Como a S é muito baixa, a V também é muito baixa em todos os solos, não ultrapassando 6,5%. A saturação por Al é muito elevada nos horizontes A (acima de 95%), devido ao elevado teor de Al e da baixa S nestes horizontes. A maioria dos horizontes C não apresenta Al trocável, evidenciando que suas etapas intempéricas são iniciais (Kampf et al., 2019), já que os filitos apresentam aluminossilicatos em sua composição mineralógica (Fettes e Desmons, 2007) e o pH desses horizontes (~5,0) é suficientemente baixo para solubilização do Al^{3+} (Mello e Perez, 2019). Os teores de Fe disponível alcançam valores acima de 400 $mg\ kg^{-1}$ de solo e estão relacionados com a contribuição dos filitos hematíticos como material de origem dos solos do Chapadão do Couto (Tabela 4).

Tabela 4. Atributos químicos dos solos da toposequência

Horizonte	Profundidade cm	pH H ₂ O	MOS dag kg ⁻¹	P ---mg kg ⁻¹ ---	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	CTC	S	V --%--	m	Fe mg kg ⁻¹
Perfil 1 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – Topo 1														
A	0 - 11	3,67	2,63	5,93	12,66	0,05	0,04	2,99	21,95	25,06	0,12	0,48	96,14	184,89
A2	11 - 29	3,89	2,63	4,42	2,62	0,04	0,02	3,17	18,42	22,66	0,07	0,31	97,84	67,56
Bi	29 - 48	4,07	1,63	1,14	1,31	0,04	0,02	1,99	12,96	15,02	0,07	0,47	96,60	131,56
2A	48 - 63	4,46	1,99	1,14	1,31	0,04	0,01	2,03	16,44	18,53	0,06	0,32	97,13	46,22
2Bi	63 - 75	4,48	1,63	1,39	2,18	0,03	0,02	2,52	12,60	15,18	0,06	0,40	97,67	49,78
Linha de pedras	75 - 76	4,55	0,80	1,14	1,75	0,04	0,02	2,42	17,68	19,17	0,07	0,37	97,19	106,67
3Bi	76 - 93	4,97	1,37	0,38	1,75	0,04	0,01	0,49	4,48	5,03	0,06	1,19	89,09	160,00
Cf*	93 - 160+	5,09	0,22	0,38	0,87	0,03	0,01	0,00	2,23	2,28	0,05	2,19	0,00	99,56
Cq**	93 - 160+	5,23	0,04	0,63	0,87	0,05	0,04	0,00	1,50	1,60	0,10	6,25	0,00	42,67
Perfil 2 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – Meia encosta														
A	0 - 16	4,07	4,68	9,09	6,55	0,06	0,05	2,65	16,24	19,02	0,13	0,68	95,32	142,22
Bi	16 - 30	4,41	1,22	3,53	2,18	0,01	0,02	1,07	5,94	6,05	0,04	0,66	96,40	113,78
BC	30 - 45	4,88	0,19	1,26	1,31	0,04	0,02	0,25	2,06	2,38	0,07	2,94	78,13	88,89
C1	45 - 109	4,69	0,01	0,76	1,31	0,04	0,01	0,00	1,53	1,59	0,05	3,14	0,00	74,67
2C1	109 - 150+	5,05	0,04	0,88	0,87	0,03	0,01	0,00	1,24	1,29	0,04	3,10	0,00	17,78
Perfil 3 – Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico - Depressão														
A1	0 - 30	4,57	3,78	14,01	4,80	0,09	0,05	3,41	24,16	27,72	0,15	0,54	95,79	81,78
A2	30 - 107	4,63	1,42	3,15	1,75	0,04	0,02	1,81	10,16	12,04	0,07	0,58	96,28	92,44
AC	107 - 121	4,72	0,30	2,78	1,31	0,04	0,01	0,69	3,52	4,27	0,06	1,41	92,00	78,22
C1	121 - 128	4,79	0,17	3,15	0,87	0,04	0,01	0,28	2,08	2,42	0,06	2,48	82,35	88,89
C2	128 - 145	4,75	0,24	1,39	0,87	0,04	0,01	0,95	4,99	6,00	0,06	1,00	94,06	163,56
2A	145 - 170	4,93	0,63	1,51	0,87	0,05	0,02	1,09	6,84	8,01	0,08	1,00	93,16	74,67
2C1	170 - 171	5,06	0,09	1,51	0,44	0,03	0,01	0,00	2,33	2,38	0,05	2,10	0,00	373,33
2C2	171+	5,10	0,01	1,77	0,44	0,03	0,01	0,00	1,73	1,78	0,05	2,81	0,00	181,33
Perfil 4 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico – Topo 2														
A	0 - 18	4,58	3,91	6,94	3,06	0,05	0,03	2,20	17,55	19,84	0,10	0,50	95,65	106,67
Bi	18 - 29	5,03	1,63	2,15	1,31	0,04	0,02	0,78	4,54	5,39	0,07	1,30	91,76	408,89
2BC	29 - 37	5,02	0,83	0,88	0,87	0,03	0,02	0,00	2,67	2,73	0,05	1,83	0,00	266,67
2C1	37 - 65	5,07	0,30	0,63	0,44	0,03	0,01	0,00	1,83	1,88	0,05	2,66	0,00	128,00
2C2	65 - 126	5,24	0,07	0,50	0,87	0,03	0,01	0,09	1,42	1,56	0,05	3,21	64,29	7,11
2C3	126 - 150+	5,37	0,12	0,38	1,31	0,04	0,01	0,06	1,71	1,83	0,06	3,28	50,00	7,11

Fonte: Elaboração própria

*Parte do horizonte C derivado de filito; **Parte do horizonte C derivado de quartzito; MOS: matéria orgânica do solo; CTC: capacidade de troca de cátions; S: soma de bases; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Os três perfis de Cambissolo apresentam atributos químicos semelhantes, mas o Cambissolo do topo 2 apresenta os maiores teores de Fe, possivelmente pela maior contribuição do filito hematítico como material de origem. No Cambissolo do topo 1 o teor de MOS do horizonte 2A é mais uma evidência de seu caráter bissequum (Tabela 4).

O Neossolo Flúvico apresenta atributos químicos que demonstram o colúvionamento. O horizonte C1 apresenta os menores teores de MOS e baixos teores de Al trocável, enquanto que no horizonte 2A os teores de MOS e Al trocável se elevam sensivelmente. Já o horizonte C1 apresenta o maior teor de Fe trocável do perfil (Tabela 4).

Atributos químicos semelhantes foram encontradas por Silva (2005), em Cambissolos de unidades de conservação da SdEM, por Araújo (2015) em Cambissolos e Neossolos do Parque Nacional das Sempre Vivas (SdEM).

Os atributos químicos dos perfis evidenciam o colúvionamento como processo de formação do Neossolo Flúvico da depressão (ambiente de deposição) e que o cambissolo do topo 1 apresenta perfil bissequum.

3.5 Datações radiocarbônicas e LOE

O Cambissolo do topo 1 apresenta perfil é bissequum, ou seja, apresenta um solo sotoposto ao outro (Figura 6 e Figura 7).



Figura 7. Parte superior do Cambissolo do topo 1. I: Horizonte A1; II: horizonte 2A

Fonte: Elaboração própria

As datações radiocarbônicas nos horizontes A1 e 2A mostram média de 11.544 anos antes do presente (A.P.) para a matéria orgânica do solo (MOS) do horizonte 2A e idade média de 792 anos A.P. para a matéria orgânica do solo do horizonte A1 (Tabela 5).

Tabela 5. Datações radiocarbônicas da MOS dos horizontes A e II A do Cambissolo Háplico Tb Distrofico típico do topo 1

Horizonte	Profundidade da camada datada (cm)	Idade (anos A.P.)	Idade calibrada (anos cal. A.P.)	Idade média (anos cal. A.P.)
Hz A	5-6	883 ± 30	730 – 883	792
Hz II A	55-56	10.000 ± 130	11.206 – 11.997	11.544

Fonte: Elaboração própria

De acordo com as idades radiocarbônicas da MOS (Tabela 5), o horizonte A é do Holoceno Superior (Meghalaiano) e o horizonte II A é da Transição Pleistoceno/Holoceno.

A amostra de sedimento da base do testemunho de turfeira coletado a 150 m do perfil de Neossolo Flúvico e situada entre 361 e 375 cm de profundidade, apresentou 7.350 ± 830 anos A.P, ou seja, idade média de 7.775 anos A.P (Holoceno Médio -Norte Gripiano).

4. Discussão

O Chapadão do Couto é uma superfície de aplainamento com relevo plano a ondulado, com diversas colinas separadas por depressões (Costa, 2018), nas quais se acumulam materiais orgânicos e minerais (colúvios). A litologia da área é composta principalmente por rochas quartzíticas, conhecidamente resistentes aos processos do intemperismo, mas ocorrem também afloramentos de filitos e filitos hematíticos e petroplintitas, estas na forma de couraças (Bispo et al., 2016; Barral, 2018). Seus pontos mais elevados, o Morro Redondo (1660 m) e o Morro Dois Irmãos (1830 m) são formados, respectivamente, por afloramentos de couraças de petroplintita e de quartzitos da Formação Galho do Miguel.

As colinas do Chapadão do Couto apresentam relevo plano a suave ondulado nos topos, ondulado nas encostas e plano a suave ondulado nas depressões. Nos topos arredondados e nas encostas com declividade entre 8 e 16% ocorrem Neossolos Litólicos e Quartzarênicos originados de quartzitos, além de Cambissolos originados de filitos e quartzitos, afloramentos de rocha (quartzitos) e couraças ferruginosas (Figuras 3 e 4). Nas depressões predominam amplamente as turfeiras, formadas por Organossolos, mas também ocorrem Gleissolos e Neossolos Flúvicos (Figuras 3 e 4).

A paisagem do Chapadão do Couto tem registros diversos de erosão e deposição, com evidente retrabalhamento de material e, portanto, ocorrência comum de depósitos coluviais em diferentes posições do relevo.

Os Cambissolos dos topos e encostas são formados a partir de quartzitos e filitos com contribuição variável de colúvios e são solos pouco desenvolvidos, com espessura do solum menor que 50 cm. A exceção é o Cambissolo do topo 1, um perfil bissequim, o com a parte superior derivado de um colúvio com 48 cm e a parte enterrada com 45 cm de solum. Todos apresentam elevados teores de silte + areia (Tabela 3), seus horizontes possuem textura franco argilo arenosa ou franco arenosa e os teores de argila dos horizontes A são comparativamente mais elevados do que os dos horizontes Bi.

Todos os perfis de solo estudados apresentam níveis de cascalho de quartzo anguloso (leitoso e fumê), com diâmetro entre 0,2 e 3 cm e predomínio de fragmentos maiores que 1cm. Silva (2005), Araújo (2015) e Varajão et al. (2020) também encontraram, na SdEM, Cambissolos com horizontes A e, ou Bi cascalhentos e Schaefer (2008) relatou a presença de linhas de pedra em Cambissolos rasos situados no topo de platôs quartzíticos da Serra do Cipó (SdEM). O Cambissolo do topo 1 apresenta uma linha de pedras no horizonte A, entre 6 e 7 cm de profundidade e outra entre os horizontes 2Bi e 3Bi, entre 75 e 76 cm de profundidade e ambos os horizontes Bi possuem pouco cascalho em sua constituição. O Cambissolo do topo 2 apresenta uma linha de pedras entre 28 e 29 cm de profundidade, entre os horizontes Bi e BC e a textura do horizonte Bi é franco arenosa cascalhenta. O Cambissolo da meia encosta possui uma linha de pedras entre 8 e 11 cm no horizonte A, que é muito cascalhento. O Neossolo Flúvico apresenta o horizonte 2A, situado entre 128 e 140 cm de profundidade, com textura areia franca cascalhenta (Tabela 3).

O Cambissolo do topo 2 está próximo ao divisor de águas (130 m) e o desnível entre o local do perfil e o divisor de águas é de cerca de 0,6 m. O Cambissolo do topo 1 está a cerca de 400 m do divisor de águas e o desnível entre o local do perfil e o divisor de águas é de cerca de 10 m. O Cambissolo que está enterrando o Cambissolo sotoposto (perfil 1: bissequim) tem o perfil com 48 cm de espessura (Tabela 4 e Figura 4). Se descontarmos esta espessura, a linha de pedras do Cambissolo do topo 1, que está entre 75 e 76 cm de profundidade, estaria entre 27 e 28 cm de profundidade, concordando com a linha de pedras do Cambissolo do topo 2, que está entre 28 e 29 cm de profundidade.

O Neossolo Flúvico apresenta claras evidências de que foi formado a partir de material coluvial. Ele é o solo mais arenoso da topossequência (Tabela 3) e também apresenta horizontes enterrados, o que é evidenciado pela distribuição errática da granulometria e dos teores de MOS e Fe (Tabelas 3 e 4) e pela transição e cor do horizonte 2A, que é similar a cor do horizonte 2A do Cambissolo do Topo 1 (Tabela 2). O teor de MOS do horizonte 2A está de acordo com a cor mais escura e a presença de feições redoximórficas na base do 2A, na forma de uma estreita faixa de 1cm de precipitados de Fe (Horizonte 2C1), indica a oscilação das condições de saturação nessa posição da paisagem (depressão). A presença de diferentes evidências de coluvionamento do topo ao sopé da encosta, bem como na depressão, reforçam a ideia de uma ampla superfície de grande erodibilidade, devido ao material predominantemente quartzoso e vegetação aberta, bastante submetida a pulsos de erosão e coluvionamento em encostas de baixa e moderada declividade. Os conteúdos de argila e silte são variáveis, em função da contribuição dos níveis de filitos entremeados aos quartzitos da Formação Galho do Miguel.

Para Varajão et al. (2020), a superfície de aplainamento do Chapadão do Couto foi formada no Paleoceno/Eoceno (55 milhões de anos A.P.), ao final de um período de clima predominantemente quente e árido denominado por Almeida et al. (2012) de “Megadesertificação Mesozóica”. No Mioceno (5,5 milhões de anos), quando o clima era quente e úmido (Zachos, 2001), Paleossolos foram formados nesta superfície. No Plioceno (2,5 milhões de anos), em uma condição climática quente e seca, os Paleossolos foram erodidos e sotopostos por uma camada de paleopavimento quartzosa (Varajão et al., 2020). Assim, pode-se

inferir que, por este modelo, o material litológico embasante teria sido coberto pelo paleopavimento quartzoso, que seria o material de origem do horizonte A dos Cambissolos atuais.

Como se trata de período cronologicamente muito longo até o presente, pode-se inferir que a paisagem foi lentamente dissecada até chegar à conformação do relevo atual, colinas de topo aplainado e encostas onduladas, separadas por depressões também aplainadas.

Os dados deste trabalho sugerem que o Cambissolo do topo 1 é mais desenvolvido e que este solo, juntamente com o Neossolo Flúvico, apresenta maior contribuição de material coluvial em relação aos Cambissolos meia encosta e do topo 2. As variações na granulometria, na razão silte/argila e no DMG sugerem coluvionamento diferenciado, notadamente nos horizontes superficiais e descontinuidade litológica em subsuperfície. Os atributos químicos encontrados dentro e entre os perfis evidenciam a sedimentação (coluviação) como processo de formação do Neossolo Flúvico da depressão e que o Cambissolo do topo 1 apresenta perfil bissequim.

Eventos denudacionais que teriam ocorrido na transição entre as épocas Pleistoceno e Holoceno do Período Quaternário (cerca de 11.500 anos A.P.) teriam transportado a curta distância o material originado a partir do paleopavimento quartzoso, já bastante intemperizado, cobrindo o horizonte 2A do Cambissolo do topo 1 com uma camada de pelo menos 48 cm de espessura. A MOS deste horizonte 2A foi datada de 11.544 anos A.P., coincidindo com a transição Pleistoceno/Holoceno. Estudos conduzidos por Silva et al. (2020) na SdEM demonstram que o clima era úmido no final do Pleistoceno e no início do Holoceno. Precipitações intensas aliadas a baixa taxa de cobertura vegetal teriam transportado o material originado do paleopavimento quartzoso alterado de partes mais elevadas da paisagem até o topo 1.

Este paleopavimento quartzoso alterado deu origem a um Cambissolo, que está sobreposto a outro Cambissolo. A caracterização morfológica e a análise granulométrica evidenciam coluvionamento de sedimentos, soterrando o solo preexistente. As cores dos horizontes A1 e 2A são diferentes (Tabela 2 e Figura 6) e o que está sotoposto possui menor teor de argila (Tabela 3). A granulometria das areias (Tabela 3) demonstra claras diferenças na composição dos horizontes: o A1 possui mais areias fina e média (+8,8%) e menos areias grossa e muito grossa (-8,1%). Os teores de matéria orgânica e os teores de Fe disponível são, respectivamente, mais elevados e bem menores no horizonte 2A, em relação ao horizonte Bi (Tabela 4). Este solo é o único que apresenta duas linhas de pedra, uma no horizonte A e outra na transição entre os horizontes 2Bi e 3Bi. Descontando-se a espessura da camada coluvial, a linha de pedras deste solo se situa na mesma profundidade daquela encontrada no Cambissolo do topo 2, que teria sido bem menos afetado pelo transporte do pavimento quartzoso a curta distância, uma vez que está muito próximo do divisor de águas.

A diferença de idade entre a MOS do horizonte A1 e do horizonte 2A é de 10.752 anos (Tabela 5) tempo que seria o suficiente para a pedogênese formar, a partir do paleopavimento quartzoso alterado, um perfil de Cambissolo com horizontes A1, A2 e Bi acima do Cambissolo sotoposto. Os Cambissolos de meia encosta e do topo 2 apresentam maiores teores de silte que de argila no horizonte Bi, enquanto o Cambissolo do topo 1 tem relação silte argila igual

a 0,68 no Bi, indicando maior grau de evolução. Nesse sentido, a deposição de material coluvial previamente intemperizado no Cambissolo do topo 1 contribuiu para o maior desenvolvimento pedogenético, enquanto nos demais Cambissolos o menor desenvolvimento pedogenético deve-se principalmente à denudação contínua pelo processo erosivo aliada à elevada resistência do material de origem ao intemperismo.

O Neossolo Flúvico situado na depressão apresenta descontinuidade granulométrica entre os horizontes A2 e C1, demonstrada pela diferença entre os teores de argila e entre a granulometria das areias (Tabela 3). Seu horizonte C2, entre 128 e 140 cm de profundidade, apresenta textura areia franca cascalhenta (Tabela 3). Este horizonte seria o resquício do antigo paleopavimento quartzoso, enterrado por 120 cm de materiais oriundos de cotas mais elevadas? Esse solo apresenta baixos teores de silte ao longo de todo o perfil, assim como os horizontes do Cambissolo de topo 1 localizados acima da linha de pedras. Esses horizontes parecem guardar maior relação com os sedimentos do paleopavimento quartzoso alterado, com ligeiro enriquecimento em areia mais fina no Neossolo Flúvico em relação ao Cambissolo de topo 1, devido ao transporte diferencial de partículas.

Um testemunho de turfeira coletado a 150 m do Neossolo Flúvico apresentou uma camada orgânica de 204 cm de espessura, cobrindo uma camada de sedimentos de 170 cm de espessura. A idade basal da camada orgânica (202 cm) é de 5.400 anos cal A.P. (dados não publicados) e a idade basal da camada de sedimento (365 cm) é de 7.775 anos A.P. Estas idades sugerem que o Neossolo Flúvico é Holocênico.

5. Considerações Finais

A superfície de aplainamento do Chapadão do Couto teria sido formada no Paleoceno/Eoceno e o pavimento quartzoso teria sua gênese no Plioceno (Varajão et al., 2020). Esta superfície teria sido dissecada intermitentemente, com períodos mais intensos intercalados com períodos estáveis (frio) e os solos formados nos topos e encostas das colinas teriam sido formados e erodidos ciclicamente desde então. O pavimento quartzoso teria sofrido intemperismo e transporte a curta distância. As depressões teriam sido preenchidas também de maneira intermitente por sedimentos minerais, acima dos quais se formaram Organossolos, que compõe os ecossistemas de turfeiras.

Na área de recarga da turfeira RP, onde se situa a topossequência estudada, lentes de quartzo leitoso atravessam o nível de base local, a 700 m a jusante e em uma cota 25 m mais baixa em relação ao perfil de Neossolo Flúvico, barrando parcialmente a drenagem e elevando o nível freático, proporcionando a anaerobiose necessária para a lenta decomposição da matéria orgânica e consequente formação da turfeira com o passar dos milênios.

Um testemunho coletado na turfeira RP por Costa (2018), 350 m a jusante e em uma cota 15 m mais baixa em relação ao perfil de Neossolo Flúvico, apresenta uma camada orgânica de 230 cm acima de uma camada mineral de 130 cm, abaixo da qual foi encontrada uma turfeira enterrada de 23.037 anos cal A.P (360 cm de profundidade). Costa (2018) atribuiu o soterramento da turfeira enterrada à mudança climática do último máximo glacial (23.000 a 18.000 anos A.P.), quando o clima teria sido muito mais frio e mais úmido,

provocando a morte da vegetação de cobertura da área de recarga hídrica da turfeira RP e a intensificação dos processos erosivos. A camada orgânica situada acima da camada mineral, teria sua formação iniciada na Transição Pleistoceno/Holoceno, quando as temperaturas estariam em elevação.

O testemunho de turfeira coletado a 150 m a jusante e em uma cota 15 m mais baixa em relação ao perfil de Neossolo Flúvico apresentou idade basal da camada orgânica (202 cm de profundidade) de 5.400 anos cal A.P. (dados não publicados) e idade basal da camada de sedimento (365 cm de profundidade) de 7.775 anos A.P. Estas idades, profundidades e posições topográficas mostram uma sedimentação cíclica, iniciada nas partes baixas da depressão, governada por mudanças climáticas.

A minoração dos processos denudacionais favoreceu a estabilização do Neossolo Flúvico, de idade holocênica. No Cambissolo de topo 1, a pedogênese também é predominantemente holocênica, sendo que a datação por radiocarbono do Cambissolo sotoposto indica justamente idade relativa ao período de transição Pleistoceno/Holoceno. Os demais Cambissolos, também afetados por diversos ciclos deposicionais e denudacionais durante a evolução da paisagem regional, são, provavelmente, continuamente rejuvenescidos pela erosão, já que exibem características de solos autóctones, formados a partir do produto da alteração dos filitos e quartzitos.

Em síntese, a instalação da rede de drenagem e a formação das colinas na superfície de aplainamento do Chapadão do Couto teria início no Período Terciário, enquanto que os solos das colinas e depressões são do Pleistoceno e do Holoceno.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do CNPq (processos 408162/2018-0 e 441335/2020-9) e da Fapemig (processos PPM 00568-16 e APQ 01000-18).

Referências Bibliográficas

- Abreu, P.A.A., Fraga, L.M.S., Neves, S.C. (2005). Geologia. In: Silva, A.C.; Pedreira, L.C.V.S.F. e Almeida Abreu, P.A. Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes. O Lutador, Belo Horizonte, p. 19 – 43.
- Almeida, F.F.M., Assine, M.L., Carneiro C. D. R. In: Hasui, Y., Celso D.R.C., Almeida F.F.M., Bartorelli, A. (2012). A megadesertificação Mesozóica. São Paulo: Beca.
- Almeida B. G., Viana J. H. M., Teixeira W. G., Donagemma G. K. (2017a). Densidade do solo. In: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. Embrapa, Brasília, DF. p. 65–75.
- Almeida B. G., Pedro Luiz de Freitas P. L., Teixeira W. G., Viana J. H. M., Donagemma G. K. (2017b). Porosidade. In: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. Embrapa, Brasília, DF. P. 82-94.

- Araújo R. W. (2015). Geoambientes e relação solo-vegetação no Parque Nacional das Sempre Vivas, Minas Gerais, Brasil. Viçosa – MG. D, Universidade Federal de Viçosa.
- Barral U. M. (2018). Hidrologia e fluxo de carbono em turfeiras tropicais de montanha. T, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 86p.
- Bispo, D. F. A., Silva, A. C., Christofaro, C., Silva, M. L. N., Barbosa, M. S., Silva, B. P. C., Barral, U. M., Fabris, J. D. (2016). Hydrology and carbon dynamics of tropical peatlands from Southeast Brazil. *Catena* 143, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.040>
- Breemen, N. V., Buurman, P. (2002). Soil Formation. 2. ed. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Camêlo, D. L. (2017). Duricrusts ferruginosos da Serra do Espinhaço Meridional (MG) e suas relações com a evolução da paisagem. T, Universidade de São Paulo.
- Campos J. R. R., Silva A. C., Vasconcellos L. L., Silva D. V., Romão, R. V., Silva, E. B., Graziotti, P.H. (2010). Pedochronology and development of peat bog in the environmental protection area Pau-de-Fruta Diamantina, *Brazil. R. Bras. Ci. Solo*, 34:1965-1975. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000600021>
- Campos J. R., Silva A. C., Fernandes J. S. C., Ferreira M. M., Silva D. V. (2011). Water retention in a peatland with organic matter in different decomposition stages. *Rev Bras Ciência Do Solo*, 35:1217-27. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832011000400015>
- Campos M. C. C., Ribeiro M. R. V., Souza Júnior V. S., Ribeiro Filho M. R. V., Almeida M. C. (2012). Levantamento e classificação do solo Relações Solo-Superfície Geomórfica em uma Toposequência Várzea-Terra Firme na Região de Humaitá (AM). *Rev Bras Ciência Do Solo*, 36:325-336. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000200002>.
- Cardoso, E.L., Santos, S.A., Urbanetz, C., Carvalho filho, A., Naime, U. J., Silva, M. L. M., Curi, N. (2016). Relação entre solos e unidades da paisagem no ecossistema Pantanal. *Pesq. agropec. bras.*, 51, p. 1231-1240.
- Carvalho Filho A. D., Curi, N., Shinzato E. (2010). Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(8), 903-916. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800017>
- Chaves M. L. S. C., Brandão P. R. G, Buhn B. (2010). Monazita em veios de quartzo da Serra do Espinhaço Meridional (MG): mineralogia, idades LA-ICP-MS e implicações geológicas. *Rev Bras Geociências*, 40:506-15. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2010404506515>
- Costa C. R. (2018). Reconstituição paleoambiental utilizando uma abordagem multi-proxy em um registro de turfeira tropical de montanha, Minas Gerais, Brasil. D,2018. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.
- Donagemma, G. K., Viana, J. H. M., Almeida, B. G. De, Ruiz, H. A., Klein, V. A., Dechen, S. C. F., Fernandes, R. B. A. (2017). Análise granulométrica, In: Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G. (Ed.). Manual de métodos de análise de solo. Embrapa, Brasília, DF, 2017. p. 95–116.
- Dortzbach D., Pereira M. G., Vianna L. F. N., González A. P. (2016). Horizontes diagnósticos superficiais de Cambissolos e uso de $\delta^{13}C$ como atributo complementar na classificação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9), 1339-1348. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900033>
- Espindola C. R. (2010). A pedologia e a evolução das paisagens. *Ver. Do Inst. Geológico*. 31:67-92. <https://doi.org/10.5935/0100-929x.20100005>

- Fettes, D.; Desmons, J. (2007). *Metamorphic rocks: A classification and glossary of terms*. New York: Cambridge University Press. 244 p.
- Juhász C. E. P., Cursi P. R., Cooper M., Oliveira T. C., Rodrigues, R. R. (2006). Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob savana florestada (cerradão) em Assis, SP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(3), 401-412. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000300002>
- Kämpf, N.; Curi, N.; Marques, J. J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, R. F. (Ed.). *Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 333-380.
- Lier, Q. J., Albuquerque, J. A. (1997). Novo método para calcular o diâmetro médio geométrico de agregados de solos. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 21:699-705. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831997000400022>
- Mello, J. W. V.; Perez, D. V. (2019). Equilíbrio químico das reações no solo. In: Melo, V. F.; Alleoni, R. F. (Ed.). *Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 151-250.
- Mendonça Filho, C. V. (2005). Vegetação. In: Silva, A.C.; Pedreira, L.C.V.S.F. e Almeida Abreu, P.A. *Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e ambientes*. O Lutador, Belo Horizonte, 272 p.
- Motta, P. E.F., Carvalho filho, A., Ker, J.C., Pereira, N. R., Carvalho Júnior, W., Blancaneaux, P. (2002). Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesq. agropec. bras.*, 37, 869-878. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600017>
- Pennock D. J, Veldkamp A. (2006). Advances in landscape-scale soil research. *Geoderma*,133:1-5. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.03.032>
- Pessenda L. C., De Oliveira P.E., Mofatto, M., Medeiros, V.B., Francischetti G. R. J., Aravena R., Bendassoli J. A., Zuniga Leite, A., Saad, A.R., Lincoln Etchebehere M., (2009). The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records. *Quat. Res.* 71, 437–452. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.01.008>
- Saadi A., Valadão, R. C. (1987). Evolução Geomorfológica Quaternária da Região de Gouveia, Serra do Espinhaço. In: SIMP. GEOL. MG, 4, Belo Horizonte - MG, 1987. Anais... Belo Horizonte: p. 434 - 448.
- Saadi, A. A. (1995). Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas Margens. *Geonomos*, v. 3, n.1, p.41-75, 1995. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v3i1.215>
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- Santos, R. D., Ker J. C., Anjos L. H. C., Shimizu, S. H. (2015). *Manual de descrição e coleta de amostra de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Schaefer, C. E. (2008). Diagnóstico do Meio Físico da APA Morro da Pedreira e Serra do Cipó: Subsídios ao Plano de Manejo. In: *Relatório do Levantamento Pedológico, Geológico e Geomorfológico*. Universidade Federal de Viçosa, pp. 1–80.
- Schrage, T. J. (2015). Evolução da paisagem e relação solo-relevo: caracterização, gênese e desenvolvimento de depressões na bacia do alto Rio Preto (GO, DF, MG). D, Universidade de Brasília. Brasília.
- Silva, A.C., Vidal-Torrado, P. (1999) Gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a Evolução da paisagem numa área cratônica do Sul de Minas Gerais.

- Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23, p.329-341. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000200017>
- Silva, A.C. Mapeamento de solos e de risco de erosão. In: SEMAD/STCP/IEF/PRODETUR. Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Preto. Curitiba, 2004. 57p.
- Silva, A. C. (2005). Solos. In: Silva, A.C.; Pedreira, L.C.V.S.F. e Almeida Abreu, P.A. Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes. O Lutador, Belo Horizonte, p. 50 – 78.
- Silva, M. L. (2012). Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional: mapeamento e estoque de matéria orgânica. D, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 139p.
- Silva, M. L. D., Silva, A. C., Silva, B. P. C., Barral, U. M., Souza Soares, P. G., Vidal-Torrado, P. (2013). Mapeamento, estoque de matéria orgânica e de água das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional–MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(5), 1149-1157. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500004>.
- Silva A. C., Souza S. D., Fabris J. D., Barbosa M. S., Barral U. M., Costa, R. V. (2017). Chemical-mineralogical characterization of magnetic materials from magnetic soils of the southern Espinhaço mountain chain and of the upper Jequitinhonha valley, state of Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20160274>
- Silva A.C., Horák-Terra, I., Barral U.M., Costa C.R., Gonçalves S.T., Pinto T., Christófaro Silva, B.P., Cunha Fernandes, J.S., Mendonça Filho, C.V., Vidal-Torrado, P. (2020). Altitude, vegetation, paleoclimate, and radiocarbon age of the basal layer of peatlands of the Serra do Espinhaço Meridional, *Brazil. J. South Am. Earth Sci.* 103. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102728>
- Varajão C. A. C, Varajão A. F. D. C., Oliveira F. S., Barreto H. N., Salgado A. A. R. (2020). Solos e superfícies de erosão: uma contextualização da evolução da paisagem na Serra do Espinhaço Meridional (SdEM), Minas Gerais. *Revista Espinhaço*, 9:17-42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3937475>
- Zachos J., Pagani M., Sloan L., Thomas E., Billups, K. (2001). Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292(5517), p. 686-693. DOI: 10.1126/science.1059412
- Silva, R.R. (2011). O sistema de cavalgamentos do tipo duplex neoproterozoico da Serra do Espinhaço, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 41, n. 2, p. 157-169. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2011412157169>

Autor notes

cidinhoagronomia@gmail.com