

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Geociências

Programa de Pós-graduação em Geografia

Brunno Cesar Pereira

**A MORFOGÊNESE E AS TRANSFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS, EM PARTE DOS
CÓRREGOS DO SEPULTURA E DO CONTAGEM, REGIÃO DE GOUVEIA-MG,
COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM**

Belo Horizonte

2024

Brunno Cesar Pereira

**A MORFOGÊNESE E AS TRANSFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS, EM PARTE DOS
CÓRREGOS DO SEPULTURA E DO CONTAGEM, REGIÃO DE GOUVEIA-MG,
COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira
Coorientadora: Alessandra Mendes Carvalho Vasconcelos

Belo Horizonte

2024

P436m
2024

Pereira, Brunno Cesar.

A morfogênese e as transformações pedológicas, em parte dos córregos do Sepultura e do Contagem, região de Gouveia-MG como subsídio para o entendimento da evolução da paisagem [manuscrito] / Brunno Cesar Pereira. – 2024.

154 f., enc. il. (principalmente color.)

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira.

Co-orientadora: Alessandra Mendes Carvalho Vasconcelos.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Inclui bibliografias.

1. Ciência do solo – Minas Gerais – Teses. 2. Geomorfologia – Minas Gerais – Teses. 3. Intemperismo – Minas Gerais – Teses. 4. Morfogênese – Teses. I. Oliveira, Cristiane Valéria de. II. Vasconcelos, Alessandra Mendes Carvalho. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 551.4(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

A MORFOGÊNESE E AS TRANSFORMAÇÕES PEDOLÓGICAS, EM PARTE DOS CÓRREGOS DO SEPULTURA E DO CONTAGEM, REGIÃO DE GOUVEIA-MG, COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM

BRUNNO CÉSAR PEREIRA

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **04 de dezembro de 2024**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Patrícia Mara Lage Simões

CPRM

Alessandra Mendes Carvalho Vasconcelos

UFVJM

Roberto Célio Valadão

IGC/UFMG

Fábio Soares de Oliveira

IGC/UFMG

Cristiane Valéria de Oliveira - Orientadora

IGC/UFMG

Belo Horizonte, 04 de dezembro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Mara Lage Simões, Usuária Externa**, em 07/04/2025, às 16:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Celio Valadao, Professor do Magistério Superior**, em 07/04/2025, às 21:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Valeria de Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 08/04/2025, às 08:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Soares de Oliveira, Professor(a)**, em 22/04/2025, às 07:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Mendes Carvalho Vasconcelos, Usuário Externo**, em 22/04/2025, às 18:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4114401** e o código CRC **9964F71B**.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me ajudaram ao longo do meu caminho como pessoa, contribuindo para a minha construção intelectual, profissional e por ter me tornado um ser humano ainda melhor, em especial ao meu pai, de onde estiver sempre estará torcendo por mim. Saibam que este trabalho tem um pedaço de cada um, ganhando ainda mais importância na minha formação. A todas essas pessoas deixo o meu muito OBRIGADO!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que me deu paciência e perseverança para prosseguir no caminho certo, por ter me dado amigos maravilhosos e uma família linda, meu alicerce para chegar até aqui.

Aqui deixo meus sinceros agradecimentos às pessoas que foram essenciais para a construção deste trabalho, em todos os processos, desde a escolha definitiva do tema e da área de estudo até na revisão dos dados e finalização das discussões. Começando pela minha família, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e pelo incentivo, pois sem ela talvez não estaria neste momento contribuindo para a Ciência. Um carinho especial para o meu pai, que sempre falava com orgulho das minhas conquistas e feliz por me tornar doutor. Pai, onde estiver, sempre estará no meu coração!

Agradeço aos amigos que me ajudaram (e ainda ajudam) a tornar uma pessoa mais focada. Aos meus novos amigos que conheci durante o doutorado, participando de papos construtivos e/ou jogando conversa fora para descontraír, principalmente nos momentos mais turbulentos.

Agradeço a minha orientadora Cristiane Valéria de Oliveira, que, além de auxiliar em todo o processo de construção do trabalho, dividiu momentos de descontração durante o primeiro campo, tanto na hora das descrições quanto dentro do carro percorrendo a área de estudo, além dos comentários acerca dos materiais produzidos. À minha coorientadora Alessandra Mendes Carvalho Vasconcelos, que me auxiliou em ambos os campos, sendo bastante prestativa e animada, permitindo um campo leve e divertido (com direito a fruta no pé colhida na hora), além de discussões a respeito da estrutura da tese, observações em campo e ideias em um bate-papo descontraído dentro do carro ao longo dos percursos escolhidos para análises. À banca da defesa da tese, que contribuíram consideravelmente na construção final. À UFMG, ao Programa de Pós-graduação em Geografia e aos professores do IGC que fizeram parte da minha formação dentro da instituição.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo compreender a evolução da paisagem e as possíveis causas para as transformações do relevo, como a formação das vertentes devido ao encaixe do curso hídrico, e a conseqüente transformação dos solos, provenientes da mudança de nível de base local. O acúmulo de material orgânico em locais em que não há indícios de hidromorfismo despertou questões norteadoras para compreender o processo evolutivo da paisagem: a perda da hidromorfia e a conseqüente transformação de solos orgânicos em outras classes de solos é um resultado da evolução da paisagem local e regional? A evolução da paisagem e as alterações do relevo é proveniente da mudança de nível de base local? As respostas para as questões norteadoras se basearam nas seguintes hipóteses: a área de hidromorfismo está sendo alterada pela abertura do vale causada pelo encaixe da drenagem e isso está resultando em mudanças pedológicas; a perda de hidromorfia, a morfologia das vertentes e os próprios mecanismos de pedogênese podem ser indicativos de que a cobertura hidromórfica está em desequilíbrio com as condições pedobioclimáticas atuais e, ocupava outrora, uma maior extensão; a perda da hidromorfia está fazendo com que muitos dos solos que apresentam registros de características hidromórficas se transformem em outras classes de solos, sem características hidromórficas; as alterações do relevo e da paisagem são resultantes da mudança de nível de base. Para a execução da pesquisa foram coletadas e analisadas, em laboratório, amostras de solos de alguns perfis da área de estudo, localizada na região da Comunidade do Camilinho, no município de Gouveia-MG, ao longo dos córregos Contagem e Sepultra. Foram realizadas análises químicas, granulometria, mineralogia e micromorfologia das amostras coletadas, para averiguar a evolução destes solos e suas transformações, associando à paisagem em que os mesmos estão inseridos. Além disso, foram coletadas base de dados a partir de imagens de satélite para confecção do modelo digital de elevação, bem como da elaboração de perfis topográficos dos córregos, com o intuito de analisar as quedas altimétricas ao longo dos córregos e os possíveis *knickpoints* e *knickzones* decorrentes da mudança de nível de base local. Os solos próximos ao topo apresentaram uma certa homogeneidade entre os seus constituintes, além de não apresentar descontinuidades litológicas ao longo dos perfis, sendo constatado pela ausência da variação da relação AF/AG e pela composição mineralógica mais homogênea. O material gráfico confeccionado permitiu averiguar variações na altimetria, principalmente quedas altimétricas no percurso dos dois córregos, denominados *knickpoints*, que indicaram mudanças de nível de base local, o que acarretou nas alterações da paisagem, como a formação das vertentes a partir do encaixe dos córregos e o rebaixamento do relevo para atingir o nível de base, e nos solos presentes.

PALAVRAS-CHAVE: pedologia; geomorfologia; intemperismo.

ABSTRACT

This research aims to understand the evolution of the landscape and the possible causes of relief transformations, such as the formation of slopes due to the embedding of the watercourse, and the consequent transformation of the soils, resulting from the change in the local base level. The accumulation of organic material in places where there is no evidence of hydromorphism raised guiding questions to understand the evolutionary process of the landscape: is the loss of hydromorphism and the consequent transformation of organic soils into other classes of soils a result of the evolution of the local and regional landscape? Are the evolution of the landscape and the changes in relief resulting from the change in the local base level? The answers to the guiding questions were based on the following hypotheses: the area of hydromorphism is being altered by the opening of the valley caused by the embedding of the drainage and this is resulting in pedological changes; The loss of hydromorphism, the morphology of the slopes and the mechanisms of pedogenesis themselves may indicate that the hydromorphic cover is out of balance with the current pedobioclimatic conditions and that it once occupied a larger area; the loss of hydromorphism is causing many of the soils that present records of hydromorphic characteristics to transform into other classes of soils, without hydromorphic characteristics; the changes in the relief and landscape are the result of the change in the base level. To carry out the research, soil samples were collected and analyzed in the laboratory from some profiles of the study area, located in the region of the Camilinho Community, in the municipality of Gouveia-MG, along the Contagem and Sepultra streams. Chemical, granulometry, mineralogy and micromorphology analyses of the collected samples were carried out to investigate the evolution of these soils and their transformations, associating them with the landscape in which they are inserted. In addition, a database was collected from satellite images to create a digital elevation model, as well as from the creation of topographic profiles of the streams, with the aim of analyzing the altimetric drops along the streams and the possible knickpoints and knickzones resulting from the change in local base level. The soils near the top presented a certain homogeneity among their constituents, in addition to not presenting lithological discontinuities along the profiles, as confirmed by the absence of variation in the AF/AG ratio and by the more homogeneous mineralogical composition. The graphic material produced allowed the verification of variations in the altimetry, mainly altimetric drops along the course of the two streams, called knickpoints, which indicated changes in the local base level, which resulted in changes in the landscape, such as the formation of slopes from the fitting of the streams and the lowering of the relief to reach the base level, and in the soils present.

KEYWORDS: pedology; geomorphology; weathering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo na região do Camilinho	19
Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo	59
Figura 3 – Paisagem com destaque ao vale formado pelo curso hídrico.....	60
Figura 4 – Mapa geológico da área de estudo da folha Presidente Kubitschek-MG.....	61
Figura 5 – Mapa de declividade da área de estudo.....	64
Figura 6 – Mapa hipsométrico da área de estudo	66
Figura 7 – Mapa hipsométrico em 3D da área de estudo	68
Figura 8 – Mapa de solos da área de estudo de escala de mapeamento 1:650.000	70
Figura 9 – Climograma do município de Diamantina-MG	72
Figura 10 – Mapa de formações vegetacionais da área de estudo.....	74
Figura 11 – Amostras indeformadas coletadas e caixeta de papelão	79
Figura 12 – Modelo digital de elevação da área de estudo, com os córregos Contagem e Sepultura em destaque, gerado a partir de dados do programa <i>Copernicus</i> (2014).....	82
Figura 13 – Modelo Digital de Elevação do córrego Contagem e as cotas altimétricas em destaque	83
Figura 14 – Perfil topográfico transversal ao leito do córrego Contagem destacando o seu encaixe no vale com escarpas acidentadas de material quartzítico	84
Figura 15 – Visão de parte do córrego Contagem destacando uma parcela da escarpa com afloramento quartzítico.....	84
Figura 16 – Modelo Digital de Elevação do córrego Sepultura e as cotas altimétricas em destaque	85

Figura 17 – Perfil topográfico transversal ao leito do córrego Sepultura destacando o seu encaixe no vale com escarpa acidentada de material quartzítico a esquerda e relevo ondulado a direita.....	86
Figura 18 - Visão de parte do córrego Sepultura destacando o rebaixamento do seu leito devido ao processo erosivo do seu canal.....	86
Figura 19 – Perfil 1 da área de estudo localizado no córrego Sepultura	91
Figura 20 – Perfil Gleissolo, com características organossólicas, da área de estudo localizado no córrego Sepultura.....	93
Figura 21 – Grande presença de mosqueados no perfil 2.....	93
Figura 22 – Perfil 3 da área de estudo localizado às margens do córrego Sepultura	94
Figura 23 – Perfil 4 da área de estudo próximo à Comunidade do Camilinho.....	95
Figura 24 – Ocorrência de mosqueados (oxidação) em porções no horizonte E	96
Figura 25 – Perfil 5 da área de estudo localizado às margens do córrego Contagem	97
Figura 26 – Perfil 6 da área de estudo localizado próximo ao córrego Contagem.....	98
Figura 27 – Perfil 7 da área de estudo localizado no córrego Contagem	99
Figura 28 – Cupinzeiros próximo ao perfil 7 da área de estudo.....	100
Figura 29 – Perfil 8 da área de estudo localizado próximo ao córrego Contagem.....	101
Figura 30 – Perfil do ponto 1 localizado próximo ao córrego Contagem, semelhante ao perfil 7 da área de estudo.....	101
Figura 31 – Perfil com laterização (a seta indica a presença de petroplintita)	102
Figura 32 – Corte com acúmulo de material orgânico	103
Figura 33 – Visão da lâmina do horizonte 2C ₂ sob nicóis cruzados, destacando a distribuição do material grosso na trama (aumento de 2,5x)	120

Figura 34 – Visão da lâmina do horizonte 3Ab em nicóis cruzados destacando os minerais presentes com grau de arredondamento angular a subangular (aumento de 2,5x).....	121
Figura 35 – Fotomicrografia com a representação da trama do horizonte Cg (glei) do perfil 2 destacando os microagregados, nódulos e poros (aumento de 2,5x).....	122
Figura 36 – Fotomicrografia com a representação da trama do horizonte 2Ab do perfil 2 destacando os microagregados, a micromassa mais escurecida devido ao acúmulo de material orgânico e poros (aumento de 2,5x)	122
Figura 37 – Fotomicrografia do horizonte 3C ₁ destacando a trama enáulica com maior frequência de material grosso em relação à micromassa (aumento de 2,5x)	123
Figura 38 – Fotomicrografia em nicóis cruzados com presença de minerais angulares a subangulares fragmentados de diferentes frações (aumento de 10x)	124
Figura 39 – Fotomicrografia do horizonte A ₂ do perfil 4 destacando grande presença de material grosso angular a subangular na trama (aumento de 2,5x)	125
Figura 40 – Fotomicrografia do horizonte 2E em nicóis cruzados com destaque ao mosqueado (aumento de 2,5x).....	126
Figura 41 – Fotomicrografia do horizonte 2Bh destacando uma micromassa muito escurecida devido ao acúmulo de material orgânico proveniente do processo de iluviação (aumento de 2,5x).....	127
Figura 42 – Fotomicrografia do horizonte 3C ₁ destacando sua trama enáulica com muita frequência de material grosso em relação à micromassa (aumento de 2,5x)	128
Figura 43 – Fotomicrografia do horizonte 3C ₁ em nicóis cruzados apresentando material grosso composto por minerais angulares a subangulares fragmentados distribuídos aleatoriamente (aumento de 10x).....	128
Figura 44 – Fotomicrografia do horizonte 5C ₁ destacando a trama escurecida composta por maior frequência de material grosso em relação à micromassa (aumento de 2,5x)	129
Figura 45 – Fotomicrografia do horizonte A ₂ do perfil 6 destacando sua trama enáulica (aumento de 2,5x).....	130

Figura 46 – Fotomicrografia do horizonte C ₂ do perfil 6 com trama escurecida devido ao grande acúmulo de material orgânico e menor presença de material grosso em relação à micromassa escurecida em destaque (aumento 2,5x).....	130
Figura 47 – Fotomicrografia do material grosso do horizonte A ₂ analisada em nicóis cruzados com destaque à distribuição dos minerais de diferentes frações numa trama enáulica, sendo muitos fragmentados ou cariados (aumento de 2,5x).....	131
Figura 48 – Fotomicrografia do horizonte A ₂ do perfil 8 com trama mais escurecida devido ao grande acúmulo de material orgânico (aumento 2,5x).....	132
Figura 49 – Fotomicrografias dos perfis 1 e 4 destacando as diferenças na micromassa em profundidade.....	134
Figura 50 – Fotomicrografias em nicóis cruzados dos perfis 1 e 4 destacando as diferenças no material grosso em profundidade	135
Figura 51 – Fotomicrografias de luz paralela e em nicóis cruzados do perfil 7 destacando a homogeneidade da micromassa e do material grosso em profundidade	136
Figura 52 – Bloco diagrama representativo do esquema evolutivo da mudança da paisagem no córrego Sepultura.....	139
Figura 53 – Perfil longitudinal da evolução da paisagem no córrego Sepultura, com a presença de diferentes materiais litológicos	141
Figura 54 – Perfil longitudinal do córrego Sepultura destacando a variação das cotas altimétricas ao longo do seu curso.....	142
Figura 55 – Perfil longitudinal do córrego Contagem destacando a variação das cotas altimétricas ao longo do seu curso.....	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise morfológica dos perfis da área de estudo	88
Tabela 2 – Composição granulométrica dos perfis da área de estudo.....	104
Tabela 3 – Condutividade elétrica em água, Carbono Orgânico, pH em água e KCl e Δ pH para os horizontes dos perfis da área de estudo.....	110
Tabela 4 – Composição mineralógica da fração argila dos horizontes dos perfis de solos da área de estudo.....	114
Tabela 5 – Características micromorfológicas dos perfis de solos da área de estudo	117
Tabela 6 – Descrição dos resultados das análises de solos em laboratório apontando discontinuidades litológicas e evolução.....	138

LISTA DE ABREVIATURAS

CE – Condutividade Elétrica

CO – Carbono Orgânico

CPMTC – Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa

Ct – Caulinita

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

Gb – Gibbsita

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGC-UFMG – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

Ma – Milhões de anos

MG – Minas Gerais

MO – Matéria Orgânica

PVC – Policloreto de vinila

TFSA – Terra Fina Seca ao Ar

TFSE – Terra Fina Seca em Estufa

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 OS SOLOS, A RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E A SUA APLICABILIDADE COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DA CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM.	20
2.1 Introdução	22
2.2 Relação solo-paisagem e a sua aplicabilidade	25
2.3 Catena e transformação pedológica	36
2.4 Laterização.....	38
2.5 Considerações finais	42
REFERÊNCIAS	44
3 A RELAÇÃO MORFOGÊNESE-SOLO-PAISAGEM PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DOS CÓRREGOS CONTAGEM E SEPULTURA NA REGIÃO DO CAMILINHO, GOUVEIA-MG	51
3.1 Introdução	53
3.2 Caracterização da área de estudo	56
3.2.1 Localização da área de estudo	56
3.2.2 Arcabouço Geológico	60
3.2.3 Caracterização geomorfológica da área de estudo	62
3.2.4 Aspectos pedológicos	69
3.2.5 Aspectos Climáticos	71
3.2.6 Aspectos Vegetacionais.....	72
3.3 Materiais e métodos.....	75

3.3.1 Revisão bibliográfica.....	75
3.3.2 Elaboração de materiais gráficos e atividades de campo	75
3.3.3 Análises em laboratório	77
3.3.4 Análises em escritório	80
3.4 A morfogênese e estudos de catenas nos córregos Contagem e Sepultura para o entendimento de mudanças de nível de base e compreensão acerca da evolução da paisagem	81
3.4.1 Análise Geomorfológica.....	81
3.4.2 Análise Pedológica	87
3.4.2.1 Atributos Morfológicos.....	87
3.4.2.2 Atributos Físicos.....	103
3.4.2.3 Atributos Químicos	109
3.4.2.4 Atributos Mineralógicos	113
3.4.2.5 Atributos Micromorfológicos	116
3.5 A relação morfogênese-solo-paisagem para o entendimento da evolução da paisagem.....	139
3.6 Considerações finais	144
REFERÊNCIAS	148
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS	152
GLOSSÁRIO	154

1 INTRODUÇÃO GERAL

A análise dos solos é de fundamental importância para entender a evolução e formação do relevo, principalmente quando são avaliados os processos pedogenéticos e a morfogênese. Sendo um elemento que compõe a morfogênese, Tricart (1968) evidenciava a estreita relação entre os processos morfofenéticos e pedogenéticos, atuando em conjunto para compreender as especificidades da paisagem.

Considerado como um corpo tridimensional e dinâmico, os solos estão sujeitos a mudanças decorrentes das condições estabelecidas pelo local em que estão inseridos. Alterações no relevo, alternância hídrica, além da ação antrópica, são importantes condições que possibilitam alterações nos solos. Portanto, os solos são considerados um instrumento de grande relevância para investigar o comportamento da paisagem a partir da relação solo-paisagem.

A paisagem pode ser considerada como resultante da combinação entre as feições da superfície terrestre e os componentes de subsuperfície, incluindo os solos. A interação entre os solos e os componentes da paisagem, como o relevo e a vegetação, é um importante subsídio para investigar a evolução e cronologia relativa da paisagem. Para esse tipo de investigação é imprescindível coletar informações necessárias a respeito dos solos na paisagem focando em análises que permitam averiguar a própria evolução pedológica, com destaque nesta pesquisa para as análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas.

Estudos, como de Rossi & Queiroz Neto (2001), Cunha et al. (2005) e Campos (2012), buscam, através da relação entre os solos e a paisagem, respostas acerca das características do local em que estão inseridos, propriedades em comum a outras áreas semelhantes, além de entender a distribuição dos solos e o grau evolutivo das superfícies.

A relação solo-paisagem é representada pela ação em conjunto entre o solo e a paisagem definida no espaço e no tempo. Desta definição, a análise entre os solos, a paisagem e o relevo em conjunto, determina aspectos importantes vistos na paisagem, como o seu desenvolvimento, ao longo do tempo. A condição de mutualidade entre os solos e a paisagem é interpretada como padrão de distribuição espacial dos atributos de solo e suas interações com a disposição do relevo. Desta forma, a relação solo-paisagem passa a ser uma ferramenta importante em pesquisas que buscam compreender o comportamento dos solos e suas relações com a paisagem.

A determinação da sequência dos acontecimentos, sem a necessidade de precisar o tempo exato dos fatos, é obtida pela cronologia relativa, relativizando análises comparativas

entre objetos diferentes. Sem datação exata das superfícies, algumas pesquisas baseiam-se nos atributos dos solos, físicos, químicos e mineralógicos, com o auxílio da relação solo-paisagem, para analisar o grau evolutivo dos solos, já que os mesmos estão inseridos na paisagem e evoluem concomitantemente.

De acordo com Queiroz Neto (1984), a partir das características morfológicas e da morfometria do solo, pode-se reconhecer propriedades que permitem definir os processos responsáveis pela sua formação, comportamento e evolução. O relevo, um dos fatores de formação dos solos, juntamente com o material de origem, organismos, clima e tempo, é um componente da paisagem que a condiciona, com capacidade de determinar e auxiliar nos processos pedogenéticos (MEIRELES et al., 2012). Pennock & Veldkamp (2006) apontam a paisagem como o resultado da combinação entre as feições da superfície da terra e os componentes subsuperficiais, incluindo os solos.

Além dos aspectos pedológicos, a dinâmica de vertentes possui um papel importante no comportamento do relevo, com destaque, dentre outros fatores, a atividade hídrica superficial e subsuperficial, além da orientação do transporte e acúmulo de sedimentos. A perspectiva lateral da cobertura pedológica é um método muito importante para análises dos solos no contexto em que há variabilidade pedológica, principalmente em se tratando de vertentes. Para isso, os conceitos e estudos acerca de sistemas de transformação são fundamentais para analisar os solos presentes nesse contexto.

A modificação do relevo, bem como da paisagem, é comumente acompanhada pela alteração da dinâmica hídrica local, que exerce um papel modelador importante. Os mecanismos de evolução dos sistemas fluviais e das encostas estão diretamente relacionados à dinâmica de atuação dos processos erosivos, principais agentes modeladores da paisagem. Um dos fenômenos que exerce influência no comportamento hídrico é a mudança de nível de base.

A mudança de nível de base acarreta alterações da dinâmica hídrica, provocando aumento do processo erosivo, além de formação das vertentes, modificando a paisagem, além da ocorrência de sistemas de transformação dos solos presentes nas superfícies. Dentre alguns parâmetros para investigar alterações no relevo, formação de vertentes e abertura de vales, destaca-se a análise de *knickpoints*, que são pontos de quebra altimétrica devido à resistência litológica frente à alteração do nível de base. Os *knickpoints* são comumente observados ou inferidos como provenientes de um processo de recuo rio acima, ao longo do tempo.

Visando analisar a evolução da paisagem de áreas próximas à comunidade do Camilinho, questionamentos foram levantados e investigados para as condições atuais encontradas. A perda da hidromorfia e a consequente transformação dos

Organossolos/Gleissolos em outras classes de solos é um resultado da evolução da paisagem local e regional? A evolução da paisagem é decorrente de mudança de nível de base?

Diante da questão levantada e investigada na construção desta pesquisa, algumas hipóteses orientaram as análises na área de estudo, o que delinearão os processos e etapas da pesquisa, como: a área de hidromorfismo está sendo alterada pela abertura do vale causada pelo encaixe da drenagem e isso está resultando em mudanças pedológicas. A consequente perda de hidromorfia, a morfologia das vertentes e os próprios mecanismos de pedogênese podem ser indicativos de que a cobertura hidromórfica está em desequilíbrio com as condições pedobioclimáticas atuais e, ocupava outrora, uma maior extensão. A alteração da dinâmica hídrica local pode estar relacionada com a mudança de nível de base. Além disso, a perda da hidromorfia está fazendo com que muitos dos solos que apresentam registros de características hidromórficas se transformem em outras classes de solos, sem essas características. Estas transformações dos horizontes de solo na área de estudo podem refletir a dinâmica evolutiva espacial e temporal do sistema.

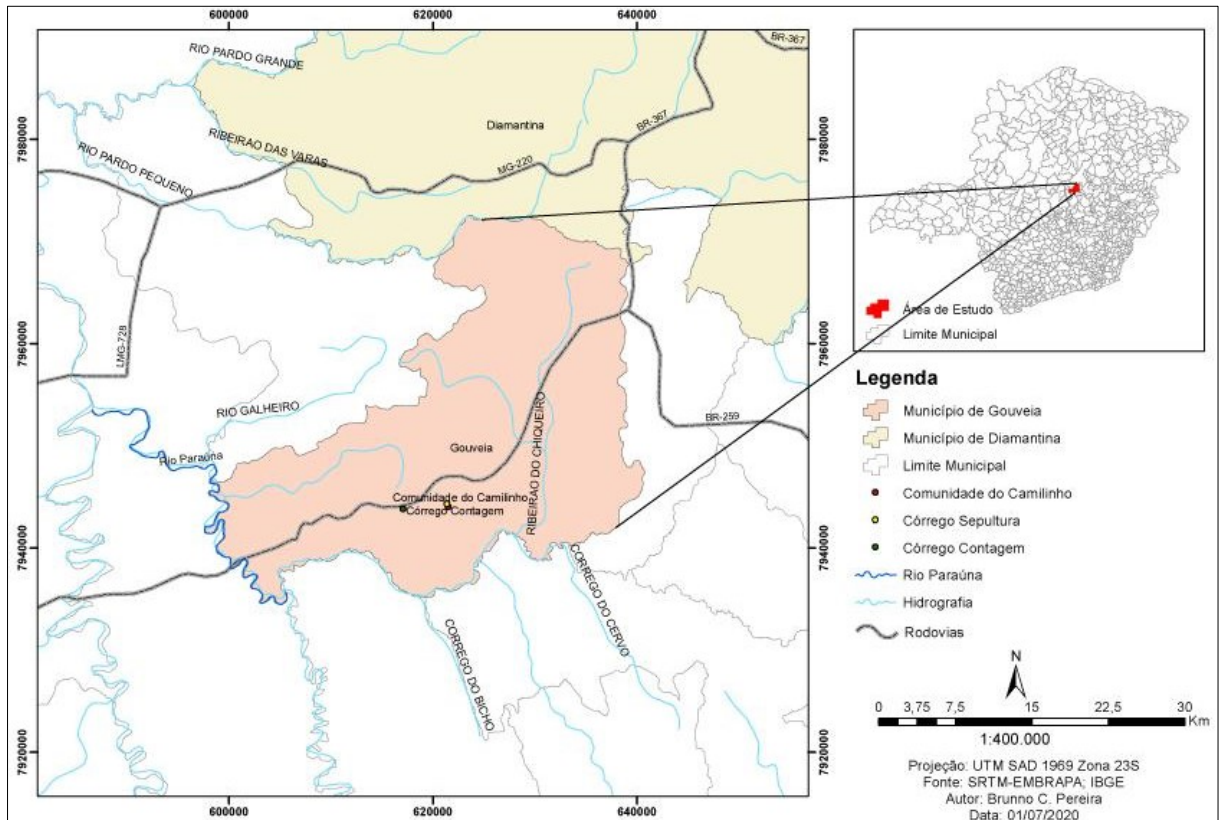
Quanto à relevância da pesquisa, ao observar o entorno, a área é semelhante a outras na escala regional, indicando a ocorrência do mesmo fenômeno analisado na área de estudo. Com isso, os estudos realizados poderão servir como modelo para outras áreas com características semelhantes.

Ao tratar sobre estudos que levantam questionamentos sobre a interação entre os solos e a paisagem, bem como dos processos pedológicos que englobam a transformação dos solos, além da evolução destes últimos e da paisagem, não há um acervo elevado de pesquisas na região que compreende a área de estudo com essas temáticas envolvidas diretamente.

As práticas que permitam apresentar as características, transformação e evolução das superfícies são importantes, visando identificar não somente as condições atuais, mas o seu desenvolvimento ao longo do tempo.

As discussões consideraram a relação solo-paisagem em uma área na região do Camilinho em Gouveia-MG, mesorregião do Vale do Jequitinhonha (Figura 1). Este trabalho tem como objetivo principal apresentar o diálogo entre a pedologia, com os atributos dos solos, e os aspectos geomorfológicos como indicadores para o entendimento do processo de evolução da paisagem de parte significativa da região do Espinhaço.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo na região do Camilinho



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para isso, procurou-se identificar e caracterizar as classes de solos quanto aos atributos morfológicos, físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos ao longo da área de estudo; a análise da relação solo-paisagem, considerando a localização das classes de solos nas diferentes posições da paisagem; o entendimento do processo de laterização existente no sistema de transformação; a elaboração de um modelo digital de elevação para determinar as quedas altimétricas existentes ao longo dos córregos Contagem e Sepultura.

2 OS SOLOS, A RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E A SUA APLICABILIDADE COMO SUBSÍDIO PARA O ENTENDIMENTO DA CARACTERIZAÇÃO DA PAISAGEM

Resumo

Um dos parâmetros para análise da evolução da paisagem são os solos e seus atributos, que contribuem com informações presentes em suas características, principalmente por se tratarem de elementos que evoluem concomitantemente com a paisagem. Para tanto, os solos podem ser descritos como traço das características da paisagem em diferentes tempos. Uma das análises da paisagem com a atribuição dos solos é a relação solo-paisagem, que apresenta características que contribuem para o entendimento de sua evolução. Diversos são os estudos da relação solo-paisagem usando diferentes metodologias, permitindo conhecer variadas formas de pesquisas como intuito em levantar informações acerca a evolução da paisagem. Neste artigo, foram levantados estudos e conceitos sobre as temáticas solos e paisagem, bem como a evolução desta última e o processo de formação de lateritas, presente na região do Camilinho, em Gouveia-MG. Esse levantamento bibliográfico contribuiu para agregar informações da região, entender a importância dos solos e seus atributos para os estudos de evolução da paisagem, além das transformações pedológicas decorrentes dessa evolução e suas mudanças.

Palavras-chave: pedologia; evolução da paisagem; atributos do solo.

Abstract

One of the parameters for analyzing the evolution of the landscape are the soils and their attributes, which contribute information present in their characteristics, mainly because they are elements that evolve concomitantly with the landscape. To this end, soils can be described as a trace of the landscape's characteristics at different times. One of the landscape analyzes with soil attribution is the soil-landscape relationship, which presents characteristics that contribute to the understanding of its evolution. There are several studies of the soil-landscape relationship using different methodologies, allowing us to understand different forms of research with the aim of gathering information about the evolution of the landscape. In this article, studies and concepts were raised on the themes of soil and landscape, as well as the evolution of the latter and the laterite formation process, present in the Camilinho region, in Gouveia-MG. This bibliographical survey contributed to gathering information about the region, understanding the importance of soils and their attributes for studies of landscape evolution, in addition to the pedological transformations resulting from this evolution and its changes.

Keywords: pedology; landscape evolution; soil attributes.

2.1 Introdução

Os solos são componentes da paisagem, evoluindo concomitantemente, permitindo analisar características dessa última no presente e ao longo do tempo, devido aos registros presentes em seus atributos. As características dos solos e seus atributos são ferramentas importantes para estudos que buscam relacionar os mesmos com a superfície em que estão inseridos.

Considerado como corpo tridimensional e dinâmico, a variação ao longo do tempo dos solos é acompanhada pelas mudanças na paisagem, apontando a relação mútua entre eles. Portanto, os solos estão sujeitos às mudanças decorrentes das condições estabelecidas pelo local em que estão inseridos. Destas mudanças, pode-se destacar as alterações no relevo; alternância hídrica superficial e subsuperficial; não descartando as alterações impostas pela ação antrópica, já que o solo é o componente fundamental para o desenvolvimento econômico, social, político e cultural (PEREIRA, 2020).

Segundo Lepsch et al. (1991), os solos, ocupando a porção superior da crosta terrestre, podem ser considerados como o conjunto de corpos tridimensionais capazes de sustentar vegetação, com atributos internos próprios, fazendo com que se diferenciem. Por ser um corpo tridimensional e dinâmico, o solo exibe grande variedade na superfície da Terra, reflexo da atuação dos fatores de formação (LEPSCH, 2002).

Os solos possuem propriedades que permitem definir os processos e mecanismos responsáveis pela sua formação e evolução, tendo as características morfológicas, morfometria do solo e a caracterização dos agentes causais como as principais (QUEIROZ NETO, 1984). Essas análises auxiliam nos estudos de superfície com a paisagem em conjunto, tendo o solo como componente fundamental.

A definição de paisagem apresenta certa complexidade, mas de modo geral, é definida como a combinação entre as feições superficiais terrestres, com destaque para o relevo, e os componentes de subsuperfície, aos quais incluem os solos, atividade hídrica etc. (PEREIRA, 2020). Por sua vez, Santos (1997) destaca que a paisagem é o resultado do legado de sucessivas relações entre o homem e a natureza, sendo sua existência fundamentada no conjunto de formas e objetos concretos.

Segundo Bertrand (1972), a paisagem é o resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, ao reagirem, fazem dessa porção do espaço um conjunto único e intrínseco, em constante evolução.

Vários autores destacaram que o processo de formação e desenvolvimento dos solos apresenta uma correlação com a paisagem ou a geomorfologia de uma área, destacando a importância dos estudos de solos para essa finalidade (MULLA & MC BRATNEY, 1999; PENNOCK & VELDKAMP, 2006; SIRTOLI et al., 2008).

Considerada um instrumento importante para caracterizar a paisagem, a relação solo-paisagem permite analisar o comportamento da mesma no presente, além de levantar registros do passado e realizar prospecção futura. Muitos estudos utilizam essa relação mútua para entender a evolução da superfície, o comportamento do relevo e do espaço que está inserido, dinâmica hídrica de percolação e escoamento superficial e subsuperficial, dentre outras funções.

Muitas são as discussões de que os estudos da relação solo-paisagem se iniciaram com o próprio surgimento da definição de solo, destacando o russo Vasilli V. Dokouchaev, no final do século XIX, com seus primeiros registros acerca da definição deste material. Essa discussão baseia-se no fato de que o relevo é um fator de formação (PEREIRA, 2020). Campos (2012) afirma que Milne, em 1935, é um dos precursores dessa ideia, relacionando o desenvolvimento do perfil e comportamento dos atributos do solo com as características do relevo, estudo esse realizado no oeste da África. Em 1936, Milne sugere o conceito de catena, afirmando que as mudanças na paisagem interferem diretamente na distribuição e comportamento dos solos (CAMPOS, 2012).

Os estudos da relação solo-paisagem, no Brasil, iniciaram-se na década de 1960. Na década de 1970, os estudos ganharam mais força, com a análise de desenvolvimento dos solos em diferentes posições na paisagem, realizada por Klamt & Beatty (1972); e o estudo da variabilidade dos solos e seus atributos provenientes de pequenas variações do relevo, desenvolvido por Lepsch et al. (1977); e Rodrigues & Klamt (1978), que encontraram relações do comportamento das propriedades do solo com a disposição do relevo (CAMPOS, 2012).

Dantas (2013) buscou, com as análises de solos, identificar a ocorrência de solos coesos e estudar suas relações com a paisagem, por meio da determinação dos componentes da cor do solo utilizando a espectroscopia de reflectância difusa. O autor cita que a distribuição dos solos na vertente foi condicionada, primordialmente, pelas variações topográficas e litológicas. As diferenciações topográficas auxiliam na distinção dos solos, bem como a geologia como material de origem.

Levando em consideração aos estudos de solos, as análises destes materiais são fundamentais para coletar informações sobre a paisagem e, com isso, se faz necessário o conhecimento de alguns procedimentos para sustentar argumentos gerados pela observação do objeto de estudo.

Existem alguns procedimentos metodológicos que auxiliam na análise do solo e, conseqüentemente, na caracterização da paisagem, seja para determinar a sua evolução por cronologia relativa, suas propriedades, seu desenvolvimento no passado e presente, além de permitir uma prospecção a partir dessas análises.

Informações a respeito dos estudos pedológicos, como análise textural, relação silte/argila, ΔpH , mineralogia, micromorfologia, condutividade elétrica no solo, dentre outros, permitem extrapolação para a escala da paisagem (PEREIRA, 2020). Esses procedimentos não necessariamente são analisados separadamente, mas sim realizando estudos comparativos entre ambos para construir uma análise descritiva e crítica sobre o objeto de estudo.

Ebeling et al. (2008) buscaram analisar a relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica em doze perfis, onze Organossolos e um Cambissolo, de diferentes estados brasileiros, coletados de 2000 a 2002. Os perfis foram separados em ambientes de várzeas e planícies litorâneas e solos de ambiente altimontano e planalto. Em linhas gerais, o trabalho desenvolvido pelos autores constatou que, além da influência da matéria orgânica como agente da acidez potencial nos Organossolos, o ambiente de formação desses solos contribuiu para determinar as diferenciações entre eles.

O solo pode fornecer informações importantes a respeito da formação da paisagem na qual se insere, sendo que a sua presença pode ser a única indicação de que houve períodos de estabilidade dentro dos ciclos de erosão e deposição (SÁ MACHADO, 1995). A mesma autora afirma, também, que a natureza dos solos pode indicar as condições ambientais durante o período de sua formação.

A paisagem pode dizer muito sobre o comportamento dos solos nela inseridos, principalmente pela morfologia do relevo. Dantas et al. (2014) mencionam que a posição da paisagem foi determinante para a diferenciação dos solos. Segundo os autores, os solos de maior expressão do caráter coeso estão localizados em pedofoma côncava, apresentando maior índice de fertilidade e matéria orgânica, e, conseqüentemente, vegetação mais exuberante.

Entender o relevo e suas formas é importante para analisar as características dos solos e seus atributos, que por sua vez refletem na composição da paisagem. Rossi & Queiroz Neto (2001) concluíram que, com os estudos da relação solo-paisagem, as paisagens atuais fazem parte de uma intrínseca rede de trocas, com o relevo condicionando diretamente no comportamento hídrico de superfície e subsuperfície. A percolação hídrica interfere no processo de formação do solo, sendo responsável pela evolução das formas do relevo, através da alteração dos solos.

Existem estudos que buscam da relação solo-paisagem, a compreensão sobre a evolução de superfícies, partindo do pressuposto que os solos são constituintes da própria paisagem. Sendo assim, os solos apresentam uma correlação com a paisagem, evoluindo concomitantemente.

Em se tratando de evolução da paisagem, Daniels et al. (1971) consideraram a idade dos solos como sendo correspondente com a mesma da respectiva superfície geomórfica em que estão inseridos. O mesmo foi observado por Cunha et al. (2005), no estudo em uma sequência Arenítico-Basáltica da região de Jaboticabal (SP), em que constataram a relação entre os solos e a paisagem, devido à idade do solo correspondente a das superfícies.

Ainda sobre evolução de superfícies e da paisagem, Meireles et al. (2012), que estudaram as relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica, observaram que os teores da fração de argila dos solos diminuíram com o aumento do grau de rejuvenescimento das superfícies geomórficas. Para este estudo, quanto mais evoluído é o solo, maior é seu teor de argila, sendo explicado pelo intemperismo, em que a tendência é a redução do tamanho dos grãos que constituem o material de solo, acarretando em um aumento da quantidade de argila.

Para tanto, compreende-se que a relação mútua entre os solos e a paisagem permite auxiliar na caracterização dessa última, determinando as feições que se comportam de acordo com o tipo de solo e seus atributos presentes e, por consequência, os grupos vegetacionais, que por sua vez interfere na dinâmica ecológica e na aplicação de atividades antrópicas. Pensando nisso, este capítulo tem como objetivo discutir a relação solo-paisagem e a sua aplicabilidade, além de entender a importância dos estudos de solos e seus atributos com o intuito de compreender a dinâmica da paisagem e sua evolução, tendo como auxílio o levantamento bibliográfico dos temas abordados.

2.2 Relação solo-paisagem e a sua aplicabilidade

A relação mútua entre os solos e a paisagem é um instrumento de grande importância para levantamento de informações que permitam identificar o comportamento dos solos, além da dinâmica geomorfológica, a partir das coletas de dados pedológicos em análises macro e micromorfológicas e ponderações referentes às superfícies. Segundo Motta et al. (2002), a relação solo-paisagem propicia a extrapolação de informações disponibilizadas em mapas de solos em qualquer escala, para análises mais locais, acarretando na redução de tempo e de custos.

A relação solo-paisagem é descrita por Campos et al. (2011) como padrão de distribuição espacial dos atributos de solo e suas interações de dependência com a distribuição do relevo, sem descartar as condições climáticas, a geologia e a hidrologia.

Demattê et al. (1994) analisaram uma sequência pedológica Latossolo Amarelo – Argissolo Amarelo – Neossolo Quartzarênico com o auxílio da relação solo-paisagem. Os autores concluíram que o hidromorfismo exerceu papel preponderante na diferenciação da sequência estudada, dando como exemplo o comportamento dos óxidos de ferro, em que a cristalinidade decresceu à medida que o hidromorfismo se intensificou.

Sobre os estudos dos solos e superfícies, Campos et al. (2007) relacionaram os solos com as superfícies geomórficas em uma litossequência de transição arenito-basalto, identificando áreas específicas mais homogêneas, além de auxiliar levantamentos pedológicos. Com isso, foi possível identificar a correlação entre os solos e as superfícies, através dos dados coletados pelos atributos pedológicos, com destaque da relação silte/argila, que coincidiu com a idade relativa das superfícies. Em relação às análises realizadas pelos autores, a relação silte/argila apresentou tendência coincidente com a idade relativa das superfícies geomórficas, com valores crescentes no sentido da superfície geomórfica menos evoluída. Sobre resultados dos atributos físicos, Campos et al. (2011) perceberam que a relação silte/argila apresentou valores baixos para esse parâmetro, entre 0,10 e 0,40, o que corrobora com Camargo et al. (1987), citados pelos autores, que afirmaram que valores inferiores a 0,50 indicam solos muito intemperizados. Para Rodolfo Junior et al. (2015), os solos e seus atributos permitiram identificar a idade relativa das superfícies geomórficas, com dados que fornecem informações quanto ao grau de intemperismo (teores de argila e relação silte/argila). Os solos que apresentaram maior grau de intemperismo ocorreram naturalmente no topo e terço superior da topossequência.

Simões (2016) utilizou da relação solo-paisagem para abordar a geomorfogênese de trecho da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional, em Minas Gerais. Os estudos foram executados em quatro unidades geomórficas, aplicando algumas análises que visam caracterizar os solos das superfícies e, posteriormente, extrapolar as informações para investigar o comportamento das unidades. Os resultados confirmaram a hipótese de que as formações superficiais do patamar menos elevado apresentam um menor grau de intemperismo.

Ainda sobre evolução da paisagem, Pereira (2019) analisou duas superfícies morfológicas de altimetrias diferentes com o intuito de realizar a cronologia relativa entre elas, tendo como auxílio a análise de Latossolos. O autor utilizou para realizar essa distinção, a relação silte/argila, textura, ΔpH , condutividade elétrica, ataque sulfúrico, mineralogia e

micromorfologia. Maiores valores da relação silte/argila foram relacionados com a superfície menos evoluída, onde se encontra solos menos evoluídos em comparação aos da superfície mais elevada. Consequentemente, a textura dos solos da superfície superior é muito argilosa, diferente dos solos menos evoluídos, que apresentaram textura argilosa. A micromorfologia permitiu auxiliar na quantificação textural, sendo os solos mais evoluídos apresentando maior distribuição relativa de material fino (argila), coincidindo com o maior teor de argila na análise física em laboratório.

Assim como Pereira (2019), Cunha et al. (2005), Campos et al. (2007) e Meireles et al. (2012) também analisaram a fração argila dos solos das suas respectivas áreas de estudo. Todos constataram que os conteúdos de argila foram crescentes dos solos das superfícies mais rejuvenescidas para os da superfície mais evoluída, o que corrobora com a correlação entre os solos e a paisagem. É possível observar que a análise textural dos solos é uma ferramenta importante para levantar as características evolutivas dos solos e, consequentemente, das superfícies em que os mesmos estão inseridos. Machini (2012) aplicou algumas metodologias de análise dos solos para a compreensão de suas relações genéticas e cronológicas na evolução das paisagens da área. Dentre as análises executadas, destacam-se o coeficiente de intemperismo e difratometria de raios-X para análises mineralógicas. As análises permitiram verificar o grau de intemperismo dos solos estudados e sua fertilidade, o que implica no manejo desses solos e o uso da terra dessas paisagens. Além disso, algumas observações foram levantadas quanto à aproximação dos solos com a paisagem, como os materiais encontrados de textura variável, de coloração cinzenta clara a escura, combinando com o relevo que condiciona a uma permeabilidade média/alta. O autor observou que a paisagem é resultado do desenvolvimento da ação paleofluvial, registrado na paisagem atual, sendo esses registros encontrados bem definidos nos volumes dos solos, preservando as mudanças ambientais pelas quais passou ou passa esta área.

Para o estudo das correlações e interações entre os solos e o relevo, Calegari & Marcolin (2014) buscaram, dentre outras análises, caracterizar morfologicamente os solos da área de estudo, sendo comparados com a sua posição na paisagem. As características dos solos encontrados correspondem à morfologia do relevo, em que solos mais aprofundados são correlacionados ao relevo mais aplainado, ou solos menos profundos em relevo acidentado.

Ainda a respeito dos estudos desenvolvidos por Calegari & Marcolin (2014), a observação em campo, em conjunto com a identificação da natureza dos solos a partir das análises físicas e químicas, constataram que a distribuição dos solos na paisagem varia conforme às alterações do relevo, concordando com o contexto regional. Os autores concluíram

que o controle da distribuição pedológica está condicionado principalmente à evolução morfogenética da região, como, por exemplo, solos localizados nos topos amplos e alongados, locais mais estáveis, também apresentam estabilidade e são mais aprofundados.

Em se tratando de sistema de evolução da paisagem, este se define por uma série de agentes que são mais ou menos hierarquizados. Os agentes naturais (climáticos, biológicos, etc.) determinam processos naturais (ravinamentos, pedogênese, dinâmica ecofisiológica...), já os agentes antrópicos (sociedades agropastoris, florestais...) dependem da ação humana (desmatamento, incêndio, reflorestamento) (BERTRAND, 1972).

A relação solo-paisagem também é utilizada como subsídio para sustentabilidade ambiental, tornando uma ferramenta importante para esse tipo de estudo. Calderano Filho (2012) analisou geoambientes de paisagens rurais montanhosas, visando a sustentabilidade de ecossistemas frágeis que estão sob interferência antrópica. Buscando criar um modelo econômico-ambiental de intervenção, com o intuito em permitir o uso produtivo sustentável de recursos naturais, o autor utilizou de diagnóstico geoambiental, aspectos socioeconômicos e aplicação de Redes Neurais Artificiais, com o uso de Sistema de Informação Geográfica, para realizar uma predição de classes de solos de paisagens rurais montanhosas. Essas classes auxiliariam na compreensão das unidades geoambientais, levantando as suas potencialidades, limitações e fragilidades, além de sugerir formas de usos alternativos em função, segundo o autor, das vocações agroecológicas apresentadas em cada unidade delimitada.

Ainda em se tratando de ambientes serranos, Mendes (2020) se apropria da relação solo-paisagem para associá-la com as áreas de potencialidade e susceptibilidade ambiental, buscando entender a relação entre o solo e a paisagem com os elementos naturais e sociais envolvidos nessa relação. Na pesquisa, a relação mútua entre os solos e a paisagem permitiu identificar classes de solos que possuem um bom desempenho agrícola, como os Argissolos Vermelho-Amarelos, sendo conservados e manejados com práticas sustentáveis, já que o seu principal uso é para a cultura de subsistência, que contribui para manutenção da potencialidade da área de estudo. Além dessas análises levantadas, a pesquisa permitiu propor algumas práticas conservacionistas para áreas que se encontram em processo de degradação, essas que apresentam vulnerabilidade quanto ao desequilíbrio ambiental. Os estudos da relação solo-paisagem para o auxílio do uso sustentável da terra e da avaliação ambiental foram fundamentais para os objetivos propostos.

Para avaliar o uso da terra de maneira sustentável, visando o seu aproveitamento, de modo a preservar suas características naturais, as análises dos solos e seus atributos se tornam fundamentais, principalmente em se tratando dos solos como componentes da paisagem,

englobando informações importantes dessa última, tanto no passado e presente, quanto prospecção de uso local.

Quanto ao planejamento de uso da terra, a relação solo-paisagem permite realizar tal interpretação e caracterização, visando melhor aproveitamento do solo. Calegari & Marcolin (2014) citam que os estudos dessa relação mútua, entre seus fatores e processos de formação, são importantes para a compreensão da organização e distribuição dos solos na paisagem. Desta forma, constituem importante ferramenta para mapeamentos, planejamentos do uso da terra e o entendimento da dinâmica dos processos socioambientais.

A avaliação do uso da terra é cada vez mais aplicada, principalmente com o uso da relação solo-paisagem. Alguns desses estudos avaliam o uso da terra em diferentes temporalidades, para buscar entender as características da paisagem a partir dos variados usos, no decorrer do tempo. Soares et al. (2015) buscaram caracterizar os componentes da paisagem e de suas relações numa estação experimental de silvicultura, monitorando a variação temporal solo-paisagem em 22 anos (1987 a 2009). Os autores concluíram que houve um caráter transitório dos componentes da paisagem, com uma redução das características naturais, expansão da silvicultura e, em alguns locais, expansão da floresta nativa. Além disso, concluíram que o relevo e a gênese dos solos foram condicionantes para o desenvolvimento fitofisionômico.

Por serem componentes da paisagem, o solo e seus atributos físicos e químicos são influenciados pelo uso agrícola, além da sua posição na paisagem, sendo assim sensíveis em diferentes ambientes. Pensando nisso, Cavalcante (2016) buscou detectar quais atributos de um solo foram os mais sensíveis na distinção dos ambientes, além da sua classificação em relação à paisagem e aos usos agrícolas. A autora constatou que ambientes agrícolas com alta reposição de material orgânico no solo favoreceu a maior agregação e estabilidade de agregados no solo, o que implica em um ambiente favorável para manutenção da sustentabilidade agrícola. Ainda, as análises químicas dos solos foram fundamentais como indicadores da separação dos ambientes, pois determina a quantidade de elementos químicos, tanto pela posição desses solos na paisagem quanto pelas características estruturais desses materiais.

Para planejamento de uso da terra percebe-se a necessidade do conhecimento pedológico da paisagem, identificando as suas potencialidades e fragilidades, sem subestimar ou superestimar as suas características, com a finalidade de melhor aproveitamento desse recurso. Permitindo associar os solos com o contexto da paisagem e auxiliar na predição das melhores formas de uso, até mesmo auxiliar nas atividades a serem desenvolvidas no espaço, a relação solo-paisagem é uma das ferramentas mais utilizadas, se não a mais importante.

Por tanto, os resultados das análises dos solos corroboram com a correlação existente entre estes e a paisagem e, além disso, essa mutualidade possibilita realizar estudos sobre o uso correto da terra, correção dos solos para aplicação agrícola quando há necessidade, prospecção de ocorrências a partir da susceptibilidade quanto aos processos erosivos, o que modifica a paisagem, além de levantamentos para estudos sobre preservação ambiental e proteção de áreas naturais.

Para investigar o comportamento dos solos, bem como a caracterização da paisagem, a relação solo-paisagem é considerada um instrumento de extrema importância. Os estudos da relação mútua entre os solos e a paisagem perpassam por métodos de análises fundamentais para a construção crítica e investigativa dos solos e seus atributos e da paisagem, tais como as análises químicas, físicas, mineralógicas, micromorfológicas e outras, quando houver necessidade a partir dos objetivos propostos pelas pesquisas.

Para compreender a evolução da paisagem, tendo como auxílio a relação solo-paisagem, muitas são as análises aplicadas nos materiais pedológicos, visando confrontar com os objetivos propostos pelas pesquisas. Pensando nisso, muitos pesquisadores utilizam análises pedológicas para abordar a paisagem, sua evolução e a participação dos solos nesse processo, tais como análises químicas, físicas, mineralogia, micromorfologia, fitólitos, dentre outras.

Em relação ao teor de carbono orgânico, obtido pelas análises químicas do solo, Parreira (2018), ao estudar um sistema de transformação de solos hidromórficos-cambissolos na superfície de cimeira do Planalto do Espinhaço Meridional, observou um acúmulo da massa vegetal morta em condições de excessiva umidade. Além disso, também observou baixo pH e escassez de oxigênio, fazendo com que a massa vegetal morta passasse por processos de mineralização lenta e de humificação. Outra constatação com o levantamento do teor de carbono orgânico foi que os solos que se apresentaram com maior desenvolvimento estrutural também apresentam maiores teores de CO.

Outras análises químicas também apresentam informações que auxiliam na análise dos solos, destacando o balanço de cargas (ΔpH) e a condutividade elétrica em água. Campos et al. (2012) associaram os maiores valores de ΔpH negativos às superfícies geomórficas menos evoluídas, mesma observação relatada por Campos et al. (2011), Meireles et al. (2012) e Pereira (2019).

Ávila (2009), analisando a cobertura pedológica em uma topossequência na bacia do córrego dos Pereiras, localizado na depressão de Gouveia/MG, observou um relativo aumento do pH nas camadas mais profundas nos perfis, provocada, provavelmente, por decréscimo gradativo da matéria orgânica dos horizontes superiores para os inferiores.

Em relação à condutividade elétrica que corresponde à capacidade que um material possui em conduzir corrente elétrica, os solos apresentam diferentes níveis de condutividade elétrica em função da variedade na sua composição físico-química (MOLIN & RABELLO, 2005).

A aplicação da condutividade elétrica em água é uma ferramenta importante para levantar informações quanto à disponibilidade de elementos condutores no solo, como os íons, que podem ser retirados do sistema através da entrada e percolação de água no perfil do solo. Solos mais evoluídos, com mais tempo em exposição na paisagem e propícios aos efeitos da lixiviação, tendem a perder sais pela percolação da água, apresentando valores inferiores de condutividade. Isto é explicado pelo prejuízo da capacidade de conduzir corrente elétrica com a redução de elementos condutores. Ao contrário, solos menos evoluídos tendem a apresentar valores superiores para condutividade elétrica no solo, devido à menor perda dos elementos condutores.

Além dos métodos de análise química, os procedimentos físicos são fundamentais para avaliar as características dos solos. Um dos parâmetros presentes nas análises físicas que auxiliam na discussão sobre as características dos solos e de seu comportamento na paisagem são a análise textural e a relação silte/argila. A primeira, em se tratando de materiais provenientes do mesmo material de origem, permite identificar o grau evolutivo dos solos, além da distribuição granulométrica, avaliação quanto ao grau de desenvolvimento e aplicação sobre os solos, dentre outros de interesse. Já a relação silte/argila pode indicar o grau de evolução de um solo, uma vez que, no processo de intemperismo, o silte tende a ser destruído, aumentando consequentemente o teor de argila.

Sobre o grau de desenvolvimento dos solos, Nunes (2013), estudando a região do Planalto do Espinhaço Meridional, observou, nas análises dos solos realizadas em campo e em laboratório, que os solos mais desenvolvidos se encontram nas superfícies geomorfológicas mais elevadas. Esta observação foi constatada pelos parâmetros relação silte/argila e grau de floculação, que se destacaram na avaliação do grau de evolução da cobertura pedológica. O primeiro perfil analisado é considerado o mais evoluído, apresentando relação silte/argila inferior em relação aos demais perfis, justamente na unidade mais elevada da área de estudo.

Parreira (2018) constatou um ligeiro aumento do teor de silte e argila, e redução do teor de areia, em profundidade nos perfis analisados. Além disso, foi observada uma variação lateral com o aumento ligeiro do teor de argila (média) e silte (nos horizontes mais superficiais) entre as posições estudadas no sentido base para topo. Desta forma, as análises permitiram extrapolar algumas observações, em que o maior teor de argila e silte nos horizontes superficiais evidencia

um material mais evoluído do ponto de vista pedogenético, com maior presença de minerais secundários. Além disso, a explicação para o aumento das frações silte e argila em profundidade se dá pela proximidade da alterita, predominando o material do filito.

A textura e os teores granulométricos não só são influenciados pelo relevo, mas também pelo material de origem dos solos. Ávila (2009) observou verticalmente, nos quatro perfis de solos estudados, um aumento no teor de argila em profundidade. Este aumento se dá de forma gradual, sem nenhuma discrepância nos valores, sugerindo um contínuo processo pedogenético. Mas quando analisados horizontalmente (lateralmente) pela topossequência, os quatro perfis de Latossolos apresentaram discrepâncias nos teores de argila e areia. Os perfis situados na média vertente (P2 e P3) são os que possuíam os maiores teores de argila, devido à influência da rocha metabásica na formação dos solos destes perfis. Já o perfil 1, situado na alta vertente, tendo xisto como material de origem, obteve menores teores de argila e os maiores de areia, explicado pela maior resistência da rocha matriz. Situado em baixa vertente, o perfil 4 também foi considerado como derivado do xisto, tendo o teor de argila alto em comparação a do perfil 1, ficando próximo dos teores dos perfis 2 e 3, que têm influência da metabásica em suas formações.

Os estudos que utilizam a mineralogia como ferramenta para análise da evolução e comportamento da paisagem, além dos solos presentes, se apropriam da difração de raios-X (DRX) para levantar informações acerca da composição mineralógica dos materiais analisados. Constituindo-se em área básica e fundamental para o entendimento e desenvolvimento da Ciência do Solo, a mineralogia do solo auxilia na identificação de compostos cristalinos no solo (SAMPAIO, 2006). Estes compostos permitem avaliar várias informações, como grau evolutivo dos solos ou mesmo levantar a composição mineralógica do material e contrapor aos dados de geologia local.

Para a identificação de compostos cristalinos, a difratometria é considerada a principal técnica, sobretudo quando há mais de uma fase cristalina, situação comum nos solos (RESENDE et al., 2011). Por tanto, a difratometria de raios-X é uma ferramenta muito importante para estudo de minerais do solo, particularmente aqueles na fração argila.

Nunes et al. (2015) obtiveram respostas muito interessantes quanto à mineralogia. Os autores fizeram uma análise micropedológica da evolução do relevo no Planalto do Espinhaço Meridional. O uso da mineralogia como mais um método de análise para estudos micropedológicos para evolução do relevo foi importante, pois agregou na avaliação do grau de intemperismo, relatando a presença de minerais gibbsíticos como indicadores do alto grau de intemperismo das coberturas.

O uso da mineralogia também foi aplicado como um dos parâmetros para avaliar o estágio de intemperismo dos solos na paisagem por Dantas et al. (2014). Os autores relataram um avanço do processo de intemperismo através da observação realizada nos horizontes dos três perfis de Argissolos, constatado pelo predomínio de caulinita, um mineral muito observado em estudos sobre processo de intemperismo.

Nos estudos da fração argila dos solos, realizados por Campos et al. (2011), a caulinita se faz presente em todos os segmentos da topossequência, justamente por se tratarem de solos com estágio evolutivo avançado. O intemperismo dos minerais em regiões tropicais pode ser explicado pelo processo de remoção da sílica, fazendo com o que os minerais primários e os do tipo 2:1 percam estabilidade, iniciando, assim, a formação da caulinita (MONIZ, 1972 apud AVILA, 2009). Com a ocorrência constante do intemperismo, a perda de sílica persiste, levando à formação da gibbsita a partir de silicatos de alumínio, que passam por intermediários de minerais de argila, como a caulinita (SOARES, 2010).

Quando ao grau evolutivo dos solos, Campos et al. (2011), por estudarem solos mais evoluídos dentro de uma topossequência, citaram que a presença de gibbsita foi marcante na fração argila, sendo que, mesmo na fração areia, o mineral foi dominante, nos Latossolos de topo. Por tanto, os solos de topo com presença de gibbsita foram considerados mais evoluídos. Os minerais de mica estavam presentes nos solos dentro da topossequência, com exceção do Latossolo localizado no topo mais elevado, este com maior caráter evolutivo.

Pereira (2019) também observou a presença de minerais gibbsíticos nos solos localizados nas posições mais elevadas da área de estudo com o auxílio da difratometria de raios-X. A presença de gibbsita na fração argila foi observada nos perfis do patamar superior, caracterizando-os como mais evoluídos em relação aos demais. Quando se observa os solos mais rejuvenescidos, esses contam com a presença de mica. Esta mesma observação foi encontrada por Campos et al. (2011), que relataram a presença de micas para os segmentos na topossequência considerados menos estáveis, ou seja, locais em que a ação do intemperismo é menos intensa em relação ao topo mais elevado.

Com o uso da difratometria de raios-X, Nunes et al. (2001) relataram predomínio de caulinita nos Latossolos investigados, onde as condições do relevo mais movimentado favorecem o rejuvenescimento relativo de alguns solos, contribuindo para a estabilidade da caulinita em relação à gibbsita. Nesse caso, a mineralogia constatou e contribuiu na comprovação da hipótese de que relevo mais movimentado favorece o rejuvenescimento dos solos.

Lima (2015) observou que solos com maior grau de intemperismo apresentaram mineralogia composta por argilominerais e por minerais primários residuais, com destaque ao quartzo. Por sua vez, solos pouco intemperizados apresentaram, predominantemente em sua composição, argilominerais neoformados e minerais em processo de alteração química para argilominerais, o que demonstra seu menor grau de evolução.

Em relação aos constituintes e a morfologia em escala micro, alguns estudos se baseiam na metodologia micromorfológica para analisar a distribuição dos materiais presentes nos solos, além de associar as observações levantadas em microscópio com as condições presentes na paisagem. Pensando nisso, a observação na escala micro dos solos é um método muito importante para entender a distribuição dos componentes pedológicos.

A micromorfologia dos solos é um método que possibilita observar as formas, a quantificação e a distribuição dos constituintes do solo, permitindo auxiliar na constatação a respeito do grau de intemperismo, evolução da cobertura pedológica, processos de alteração pedológica, dentre outras finalidades. Segundo Castro et al. (2003), a técnica destina-se ao estudo das organizações microscópicas ou microrganizações pedológicas e microestruturas. Esta observação objetiva trabalhar com constituintes e organizações na ordem de medida dos mm e, especialmente, dos μm .

A micromorfologia permite o estudo de detalhe dos constituintes dos componentes dos horizontes de solo a serem estudados e de suas relações, além do seu grau de preservação frente às adições ou perdas. Os principais objetivos da micromorfologia de solos são identificar os constituintes dos solos nas diferentes frações, além de definir as relações existentes entre eles, como tipos, hierarquia e cronologia das organizações. A técnica possibilita estabelecer hipóteses acerca da dinâmica genética e evolutiva dos solos, além do comportamento pedológico na paisagem (CASTRO et al., 2003).

A observação morfológica em escala micrométrica para análise microscópica dos solos é ressaltada por Castro (2008), observando, ainda, que a micromorfologia não é capaz de responder a todas as questões levantadas provenientes dos estudos do solo, mas é uma técnica que auxilia na observação das transformações pedológicas, permitindo construir ideias acerca da evolução do solo. Para tanto, a técnica necessita das demais análises para auxiliar nos debates e conclusões sobre o comportamento do solo. Completando esse raciocínio, Castro (2008) ressalta que a técnica permite caracterizar as organizações dos constituintes pedológicos com a finalidade de separar e classificar horizontes ou perfis de solo, avaliar seu grau de evolução e equilíbrio.

Stoops et al. (2010) relataram alguns pontos interessantes em relação aos estudos micromorfológicos, como o desenvolvimento de microestrutura granular, importante quando analisa solos desenvolvidos. Esses relatos foram levantados através de interpretações das características micromorfológicas dos solos e regolitos de vários locais do mundo. Segundo os autores, a microestrutura granular e a estrutura interna dos agregados granulares tem um papel importante na retenção de água do solo, auxiliando no manejo do solo. Para essa observação é fundamental o uso de técnicas micromorfológicas, pois a escala micro possibilita identificar estruturação interna dos solos, principalmente em microagregados.

Em se tratando de estudos da micromorfologia de solos e o uso da técnica para análise, Figueiredo et al. (2004) estudaram alguns aspectos dos processos de alteração superficial e seus reflexos na pedogeomorfologia Quaternária. Os autores identificaram que os solos latossólicos da área estudada, são restritos aos segmentos de meia vertente, tendo como desenvolvimento materiais coluvionares de perfis a montante. Ainda no Quadrilátero Ferrífero, Varajão et al. (2009) estudaram a evolução da paisagem da região por meio da análise integrada dos dados quantitativos das taxas de erosão (^{10}Be) e dos tipos de perfis de solos desenvolvidos a partir dos principais litotipos da região, com o uso da micromorfologia.

Sant'ana et al. (2014) analisaram lâminas coletadas em uma sequência de origem sedimentar. Os autores buscaram identificar se há soterramento de Paleossolo Quaternário no local estudado, através dos estudos micromorfológicos. As lâminas apontaram para evidências de que houve o soterramento do paleossolo por lente coluvial quaternária. Além disso, identificaram, nas amostras, elementos que sofreram as mesmas influências climáticas.

Na pesquisa desenvolvida por Lima (2001), as análises micromorfológicas foram importantes para avaliar a microestrutura de solos. A identificação de pedoturbações nas lâminas delgadas confeccionadas a partir do horizonte Bw da Terra Preta permitiram aferir que essas feições auxiliaram para o enriquecimento do solo. As pedoturbações são formadas principalmente por ação biológica, que possibilita o revolvimento de material pedológico dentro do perfil.

Ibraimo et al. (2004), com o uso dos estudos micromorfológicos, abordaram a caracterização de alguns solos representativos das unidades de paisagem analisadas, construindo um modelo interpretativo da evolução da paisagem, além do auxílio dos atributos químicos, físicos e mineralógicos. Como conclusão, os autores constataram que os Latossolos eutróficos, localizados nas partes mais elevadas da área de estudo, são herdados de período de intemperismo mais úmido. Outro fato observado foi o caráter latossólico e caulínico dos perfis

mais elevados dos dois transectos estudados, corroborando com a estrutura granular, maturidade dos grãos, dados micromorfológicos, dentre outros.

Quanto à região do Planalto do Espinhaço Meridional, Nunes (2013), com o auxílio dos estudos micromorfológicos, caracterizou as organizações microestruturais de solos em distintas unidades geomorfológicas. O intuito da pesquisa foi identificar se as superfícies pedológicas do planalto apresentariam características distintas daquelas já observadas na área deprimida. Constatou-se que o perfil situado no topo da vertente é o mais evoluído, observando microagregação e indícios de latossolização, processo de maior desenvolvimento pedogenético. As análises micromorfológicas da pesquisa supracitada contribuíram para o levantamento de indicadores microestruturais capazes de evidenciar as diferenças entre os horizontes.

Analisando Latossolos na região de Gouveia-MG, Ramos (2008) utilizou como um dos métodos de análise dos solos, os estudos micromorfológicos, além da granulometria e análises químicas. O principal objetivo da autora se baseou na caracterização micromorfológica de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos que ocorrem na bacia do córrego do Rio Grande. Para a autora, esse processo permitiu contribuir na elucidação quanto à gênese dos solos da região. Com isso, constatou-se que os dados apurados para os solos atenderam aos critérios definidos para classificá-los como Latossolos, considerados solos bastante evoluídos, decorrente do maior grau de intemperismo, a partir das suas descrições morfológicas, assim como das análises físicas, químicas e micromorfológicas.

Parreira (2018) constatou algumas evidências da ocorrência de transformação pedológica, como relatos de desagregação e fragmentação de quartizitos, o que ocasionou esvaziamento geoquímico. Além disso, foi possível propor alguns indicadores, baseados em microestruturas identificadas, como a pedalidade, características dos constituintes e sua organização e feições pedológicas. Esses indicadores podem ser utilizados para a compreensão evolutiva dos solos em si, além de auxiliar nos estudos dos processos que traduzem o sistema de transformação pedológica.

Pensando no desenvolvimento de pesquisas que apresentam como tema principal a relação solo-paisagem, com as aplicações de análises em campo e laboratório, citados anteriormente, muitos estudos utilizam como objeto de estudo sistemas de transformação pedológica, com o objetivo de entender como essa transformação ocorre a partir do comportamento dos solos inseridos no relevo, dentre outras observações que julgar necessárias.

2.3 Catena e transformação pedológica

Assim como foi citado anteriormente, no final do século XIX iniciaram-se os estudos acerca da cobertura pedológica, tendo como precursor o russo Vasilli V. Dokouchaev, que avaliou o comportamento das coberturas em relação à variabilidade latitudinal climática de seu território (ESPÍNDOLA, 2010). Dokouchaev contribuiu imensamente para os estudos pedológicos que se estabeleceram posteriormente quando elaborou os conceitos de solo, perfil, horizontes e formação do solo. Estes conceitos, segundo Dokouchaev, estão diretamente relacionados com os fenômenos naturais, o que culminou nas postulações sobre os fatores de formação do solo (VIDAL-TORRADO et al., 2005).

Introduzindo a abordagem e análise de solos no contexto de paisagem, Milne (1935), citado por Queiroz Neto (2002), elaborou o conceito de catena, que se figura nas distribuições ordenadas ligadas à superfície topográfica. O conceito de catena contribuiu para a lógica dos estudos pedológicas de maneira ampla e sob uma visão latitudinal dos perfis de solos sobre a superfície, compreendendo a distribuição dos solos nas vertentes e nas paisagens em sucessões contínuas, o que contribui para conceituar e interpretar os processos responsáveis por essa distribuição (QUEIROZ NETO, 2002).

No final da década de 1970, e início da década de 1980, surgiram novas interpretações acerca da cobertura pedológica, através da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (BOULET, 1978; QUEIROZ NETO, 1988; BOULET et al., 1990). A Análise da Cobertura Pedológica contribuiu para novas interpretações acerca da formação dos solos e da sua distribuição ao longo do relevo. Com isso, reforçou a ideia de que a cobertura pedológica é considerada um corpo contínuo que recobre as vertentes.

Lucas et al. (1984), ao analisarem uma vertente na formação Barreiras, constataram que o sistema de transformação identificado é proveniente da atuação de processos geoquímicos. Na área estudada, Latossolos estão transformando-se em Podzólicos, correspondente aos Argissolos (SANTOS et al., 2018) e, por fim, em Podzol, classificado atualmente como Espodossolos (SANTOS et al., 2018). A denudação geoquímica foi preponderante para a ocorrência das perdas de argila e pela estruturação da encosta. Os autores constataram que há uma relação estreita entre os processos da transformação pedológica e de morfogênese no ambiente estudado.

Rosolen & Herpin (2008) utilizaram os sistemas de transformação pedológica para analisar a cobertura presente na área de estudo, com o intuito em apresentar como a expansão da hidromorfia e a perda de matéria em uma depressão topográfica se relacionam com a evolução da vertente e da mudança futura da paisagem. Os autores concluíram que há uma estreita relação entre a distribuição dos principais horizontes dos solos, a topografia e a variação

da vegetação. Além disso, as transformações dos horizontes de solo na topossequência refletem a dinâmica evolutiva no espaço e no tempo. O principal fator envolvido neste processo de transformação é, segundo Rosolen & Herpin (2008, p. 483), “a expansão remontante da hidromorfia, a partir das depressões topográficas desenvolvidas nas superfícies dos platôs”. Em se tratando dos sistemas de transformação pedológica como agente da evolução do relevo, Mafra et al. (2002), ao estudarem a pedogênese de planícies, buscaram explicitar a existência de relação pedogenética num sistema Latossolo-Espodossolo, analisando o possível desenvolvimento dos solos arenosos a partir da transformação dos Latossolos. Os autores observaram que a transformação dos solos teria papel relevante na evolução do relevo, associado a um aplainamento geral da superfície topográfica.

Parreira (2018) constatou que os solos presentes na área analisada foram capazes de comprovar que o sistema de transformação apresenta dois registros reliquiais, um do ponto de vista morfológico e outro pedológico. Além disso, o desequilíbrio com as condições pedobioclimáticas atuais, promovido pela perda de hidromorfia da área de estudo, propicia a formação do sistema de transformação pedológica.

2.4 Laterização

As lateritas podem ser consideradas como a expressão máxima do intemperismo. Durante muito tempo, principalmente para pesquisadores da área de geomorfologia, os termos laterização e latossolozação (ou latolização) foram usados como sinônimos, diferente das definições atuais, em que o termo laterização está restrito à formação de lateritas (petroplintitas). Muitas são as definições acerca das lateritas, mas sempre associadas à acumulação de ferro (Fe) e alumínio (Al). Espindola & Daniel (2008, p. 21) consideram os materiais lateríticos como “depósitos residuais de crosta originados de acúmulos relativos, além de absolutos, de constituintes resistentes à intemperização”.

Buchanan (1807), citado por vários autores como Pedro & Melfi (1982), Ollier & Galloway (1990), Tardy (1992), Espindola & Daniel (2008), Augustin et al. (2013), dentre outros, publicava as suas impressões sobre os materiais encontrados na região de Malabar, Estado de Kerala, no sudoeste da Índia, até então desconhecidos pela ciência geológica por não haver registros. Esses materiais descobertos por Buchanan foram denominados por Laterito, em que a expressão “later” significa lato, tijolo; e a nomenclatura “ito” se refere à pedra, rocha. Este material descoberto era muito utilizado em construções, já que apresentavam aspectos mais coesos. Desde então, as lateritas têm sido sempre objeto de intensas investigações.

No Brasil, a ocorrência de lateritas é bastante generalizada nas suas diversas regiões bioclimáticas, sendo bastantes expressivas em solos das classes dos Plintossolos, um dos objetos de estudo desta pesquisa.

São materiais formados pela acumulação de ferro (Fe) e alumínio (Al), ou ambos independentemente da fonte de origem de acumulação do material e dos seus processos de precipitação. A acumulação relativa se refere aos enriquecimentos em constituintes que apresentam pouca mobilidade pela saída daqueles mais móveis, caracterizando um processo *in situ*. Já a acumulação absoluta é o enriquecimento em constituintes em uma determinação posição a partir do que foi transportado de outra (AUGUSTIN et al., 2013).

Existem alguns modelos que explicam a formação e transformação das lateritas por acumulação relativa, sendo eles Modelo do Residuum, Modelo de Oscilação do Nível Freático e Modelo Pedogênico. No primeiro, os solos de caráter latossólico são formados pela acumulação residual de oxi-hidróxidos de Fe e Al, juntamente com a lixiviação de cátions metálicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) e de sílica em solução (H_4SiO_4), por variados mecanismos (AUGUSTIN et al., 2013).

O Modelo de Oscilação do Nível Freático consiste na acumulação e precipitação do ferro no perfil pela variação sazonal da zona de saturação, que modifica o potencial redox do solo (Eh), tendo o ferro reduzido com a presença hídrica e ferro oxidado com ausência de água no sistema. Além desses, existe o Modelo Pedogênico, destacando dois movimentos por capilaridade, descensum e ascensum. No primeiro movimento, as soluções de minerais lixiviados do solo descenderiam aos níveis mais baixos do perfil nos períodos mais quentes e chuvosos. Já o segundo movimento é responsável pelo deslocamento da solução rica em Fe e Al acumulada nas porções inferiores do solo, ou porção superior da rocha, para as porções superiores do perfil do solo (AUGUSTIN et al., 2013).

Há outros modelos que se caracterizam por acumulação absoluta, sendo eles o Modelo Fluvial e o Modelo Detrítico. O primeiro modelo é subdividido por “deposição de material ou de precipitados nos fundos de vales ou sopés de vertentes”; e “deposição ou alteração de material pela ação periódica da água na forma de fluxos em lençol ou nos terraços” (AUGUSTIN et al., 2013, p. 247).

O Modelo Detrítico consiste em fragmentos de couraças (ou cangas) pré-existentes que seriam parcialmente dissolvidos e transportados, tendo seus grãos cimentados posteriormente, levando a sua reconsolidação, caracterizando um processo policíclico (McFARLANE, 1976, apud AUGUSTIN et al., 2013).

Existem alguns fatores que afetam e interferem no processo de laterização, capazes de acelerar ou tardar a formação das lateritas. A composição mineralógica das rochas influencia fortemente a composição das lateritas, podendo associar a outros fatores, como o clima regional e o regime hidrográfico, os quais podem determinar os produtos do intemperismo. Minerais com Fe e Al são fundamentais no processo de formação das lateritas, pois são os principais elementos da composição laterítica, sendo de fácil precipitação associada à ausência de água, permitindo a formação de mosqueados, nódulos e concreções, além de apresentar mobilidade com a presença de água (THOMAS, 1994). Schellmann (1981), ao analisar os principais estudos realizados com lateritos no mundo, além da própria pesquisa, constatou que os principais minerais de ocorrência presentes nos materiais são a caulinita, gibbsita, hematita, goethita, quartzo e anatásio.

Os intemperismos físicos e químicos auxiliam no processo de formação das lateritas, na medida em que os elementos importantes para sua formação, como minerais que apresentam em sua composição Fe e Al, são provenientes da alteração das rochas. O intemperismo físico altera as rochas por desagregação, auxiliando na transformação do material maciço e coeso para um mais friável e de frações menores. Já o intemperismo químico altera as rochas por decomposição, desequilibrando os minerais, através de uma série de reações químicas, transformando em outros minerais mais estáveis. Vale ainda destacar que a hidrólise, um dos processos de intemperismo químico, retém o Al e Fe, favorece a retirada da sílica, o que possibilita a formação das lateritas (THOMAS, 1994).

Para Costa (1991), o termo laterito é usado para designar rochas formadas ou em processo de formação por meio de intenso intemperismo químico de rochas preexistentes. Este último gera uma nova mineralogia que, na maioria das vezes, envolve hidratação. Outro fator citado pelo autor envolve processo de oxidação, que é acompanhado de lixiviação de outros elementos químicos. Segundo Schellmann (1980), citado por Costa (1991), laterito é o produto de intenso intemperismo de rochas subaéreas, tendo teores de Fe e /ou Al mais elevados e os de Si mais baixos.

Siqueira et al. (2014), em sua pesquisa que avalia o comportamento geoquímico de mantos lateríticos, citam que os lateritos são produtos geológicos decorrentes dos processos de laterização, provenientes do intemperismo a partir da rocha exposta na superfície. Segundo os mesmos autores, a laterização é um processo de alteração por intemperismo que ocorre a partir de intensa lixiviação e precipitação, tendo como produto o laterito.

Segundo Schellmann (1981), os lateritos são produtos de intenso intemperismo químico de rochas superficiais, com alto conteúdos de Fe e/ou Al, além de conteúdos inferiores de Si

em relação à rocha matriz meramente caulinizada. Para essa definição, o autor comparou características semelhantes dos principais estudos realizados na época sobre o material, incluindo a sua pesquisa.

Thomas (1994), ao abordar a influência climática como fator do processo de formação das lateritas, cita que o clima tropical úmido propicia uma acelerada formação das lateritas, através de um longo período de seca, o que permite sucessivas redistribuições de ferro em pequena escala, por lixiviação. Ainda, segundo o mesmo autor, em se tratando de clima tropical úmido, a alta precipitação propicia a formação de lateritas, principalmente de ferricretes, que se formam sob chuvas mais intensas, podendo se tornar mais aluminosas onde a precipitação exceda 1200mm. Siqueira et al. (2014), ao relatarem a participação do intemperismo no processo de formação das lateritas, também citam a necessidade que as condições climáticas sejam favoráveis e a precipitação atmosférica seja maior que a evapotranspiração na maior parte do ano.

Os fatores hidrológicos são importantes no processo, pois se combinam para criar uma variedade de ambientes com condições contrastantes de mobilização ou precipitação de Fe e Al, além da perda de Si. Se o ambiente apresenta condições de hidromorfia, propicia a mobilização do Fe na forma reduzida, mas se há a retirada de água no sistema, o Fe passa para a forma oxidada, permitindo a precipitação e acúmulo no perfil do solo, formando mosqueados, nódulos endurecidos ou plintitas, ou mesmo uma melhor redistribuição do Fe ao longo do perfil (THOMAS, 1994). Siqueira et al. (2014) destacam que os teores de óxidos de ferro e alumínio são superiores nos materiais analisados em sua pesquisa, além dos teores de sílica sendo inferiores aos da rocha matriz, sendo uma característica típica da presença de laterização com enriquecimento de metais.

Ainda sobre os fatores hidrológicos, Assis (2018) cita que a formação das lateritas está associada por processo de intemperismo hidrológico, que acumula oxi-hidróxidos de ferro e alumínio decorrentes do processo de hidrólise, possibilitando a formação de horizontes endurecidos. Outro fator que interfere no processo de formação das lateritas, que tem uma ligação com os fatores hidrológicos, é a drenagem livre. A drenagem propicia condições oxidantes, retendo o Fe e Al, além de permitir a transformação direta da rocha abaixo de qualquer manto ferralítico, a uma bauxita. Segundo Thomas (1994), a drenagem livre auxilia nas condições dos potenciais de oxidação-redução (Eh) e hidrogeniônico (pH), outros fatores que afetam no processo laterítico. Os potenciais de oxidação-redução e hidrogeniônico afetam imediatamente a mobilidade do alumínio e do ferro.

A alta atividade biológica auxilia na retenção do Al, pois mantém uma leve acidez (pH 4,5-6) em locais de solos bem drenados, o que também favorece a lixiviação de SiO₂. A atividade biológica exerce papéis significativos na decomposição de minerais aluminosilicatados, propiciando na dissolução e na aceleração de certas reações, formando complexos com Fe (THOMAS, 1994). Coelho (1998), ao estudar a gênese dos ferricretes e avaliar as suas características e ocorrência, cita que a atividade biológica foi bastante significativa, pois com a presença de pedotúbulos formados pela ação biológica propiciou uma origem cíclica e ordenada na gênese dos ferricretes. O autor destaca que os canais biológicos influenciaram na formação dos nódulos, pois foram preenchidos com ferriargilãs ou hematãs e ferruginados durante a formação da glóbula.

A mudança ambiental é um fator que altera as condições pretéritas para outras características que se comportam de acordo com as conjunturas atuais. Muitas flutuações na quantidade e distribuição de chuvas, bem como na cobertura vegetal, afetaram a maioria das áreas durante os últimos 100 mil anos (M.a.) em que muitas lateritas se formaram. Pensando nisso, esse fator altera os processos lateríticos, podendo catalisar ou retardar a formação desses materiais (THOMAS, 1994). Devido às mudanças ambientais, as lateritas podem ser consideradas indicadores paleoclimáticos, afirmativa reforçada por Tardy et al. (1991), que citam esses materiais como componentes de reconstituição paleogeográficos da disposição dos continentes e uma possível organização das zonas climáticas da Terra desde a separação da Pangea, com a abertura do oceano Atlântico, há mais de 100 M.a..

2.5 Considerações finais

O levantamento bibliográfico realizado foi fundamental para compreensão acerca da temática relação solo-paisagem e sobre a importância dos estudos pedológicos, principalmente na aplicabilidade no contexto da percepção da paisagem e sua evolução.

Os vários artigos consultados demonstram que o estudo dos solos leva a informações sobre a evolução da paisagem e que isso pode ser comprovado através de análises químicas (pH em água e KCl, Δ pH, condutividade elétrica em solo e carbono orgânico, que comprovam a evolução da paisagem através do maior teor de Δ pH negativo associado aos solos mais rejuvenescido; maior presença de elementos condutores, como os cátions, em posições do solo com maior teor de condutividade elétrica; maior ocorrência de carbono orgânico em posições no solo com ausência de condições que inibem a atividade de decompositores), mineralógicas (difração de raios-x, com levantamento qualitativo e quantitativo dos constituintes

mineralógicos, que permitem averiguar a variação dos minerais em profundidade ao longo dos perfis de solo, possibilitando compreender possíveis descontinuidades litológicas, além de associar o estágio evolutivo dos minerais com o próprio solo) e micromorfológicas (análise de lâminas delgadas em microscópio para observar os constituintes presentes no fundo matricial, como a micromassa, material grosso, poros e pedofeições, sendo a distribuição dos mesmos indicando a evolução dos solos ou mesmo descontinuidades litológicas presentes nos perfis).

A mineralogia indicou grau de evolução dos solos, com destaque da presença de caulinita e gibbsita em solos mais evoluídos, relatados nos trabalhos de Soares (2010); Campos et al. (2011); Pereira (2019).

A construção de modelo interpretativo da evolução da paisagem é também retratada em estudos micromorfológicos, com a observação dos constituintes dos solos em escala micro. Autores como Ibraimo et al. (2004); Ramos (2008); Nunes (2013) utilizaram a micromorfologia para levantar informações quanto à evolução da paisagem, apresentando resultados satisfatórios, destacando Nunes (2013), que constatou microagregação e indícios de latossolização em amostra coletada em uma superfície mais evoluída.

Os materiais lateríticos são comumente encontrados em regiões de ocorrência de oscilação hidrológica e entender a sua formação torna-se importante, como os estudos de Thomas (1994), que destacou as sucessivas redistribuições de ferro ocasionadas pela variação hídrica. Assis (2018) também associou a formação das lateritas ao processo de intemperismo hidrológico, além de pesquisas como de Schellmann (1981); Siqueira et al. (2014).

Para tanto, os solos, a relação solo-paisagem e sua aplicabilidade agregam ainda mais relevância nas análises de superfícies, o que os tornam um valioso dado como subsídio para diferentes contextos.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, D. A.. **Tipologia das coureças do morro do Cruzeiro, Quadrilátero Ferrífero, MG. Um estudo macromorfológico, mineralógico, micromorfológico e geoquímico.** Monografia apresentada ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018, 83 p.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; LOPES, M. R. C. & SILVA, S. M. Lateritas: um conceito ainda em construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.3, 2013, p.241-257.
- ÁVILA, F. F. **Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na bacia do Córrego dos Pereiras – Depressão de Gouveia/MG.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009, 134 p. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-7YRMKK>. Acesso em 28 de abril de 2021.
- BARRETO, W. O.; PAULA, J. L. & DUARTE, M. N. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** EMBRAPA. 2ª edição. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global.** Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra, Instituto de Geografia da Universidade Federal de São Paulo, n. 13, 1972. Traduzido por: Olga Cruz, publicado em: R. RA'É GA, Editora UFPR. Curitiba, n. 8, 2004, p. 141-152.
- BOULET, R. G. L. Existence de systèmes a forte différenciation laterale em milieu ferrallitique guyannais: un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibres. **Science du Soil**, 2, 1978, p. 75-92.
- BOULET, R. G. L.; CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. M. Os sistemas de transformação em pedologia. **Boletim de Geografia Teorética: Rio Claro (SP)**, 20 (39), 1990, p. 45-63.
- CALDERANO FILHO, B. **Análise geoambiental de paisagens rurais montanhosas da Serra do Mar utilizando redes neurais artificiais. Subsídios a sustentabilidade ambiental de ecossistemas frágeis e fragmentados sob interferência antrópica.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFRJ, Rio de Janeiro, 2012, 322 p.
- CALEGARI, M. R. & MARCOLIN L. Relação solo-paisagem na bacia da Sanga Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon (PR). **Bol. Geogr.**, Maringá, v. 32, n. 3, 2014, p. 110-121.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R. & CAMARGO, L. A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **R. Bras. Ci. Solo**, edição 31, 2007, p. 519-529.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, S.; RIBEIRO FILHO, M. R. & SOUZA, R. V. C. C. Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, edição 35, 2011, p. 13-23.
- CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.8 n.3, 2012, p. 963-982.

CASTRO, S. S. **Micromorfologia**: Bases para descrição de lâminas delgadas. 2ª edição, Campinas/Goiânia: UNICAMP/UFG, 2008, 142 p.

CASTRO, S. S.; COOPER, M. & VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia do solo: Bases e aplicações. **Tópicos Ci. Solo**, v. 3, 2003, p. 107-164.

CAVALCANTE, J. S. J. **Relações solo-paisagem associadas aos usos agrícolas no município de Martins – RN**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, UFERSA, 2016, 75 p.

COELHO, M. R.. **Caracterização e gênese de ferricretes desenvolvidos do arenito bauru, formação Adamantina (Ka), no município de Pindorama (SP)**. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998, 255 p.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. Belém, **Revista Brasileira de Geociências**, 21(2), 1991, p. 146-160.

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; PEREIRA, G. T. & LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **R. Bras. Ci. Solo**, 29, 2005, p. 81-90.

DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. E. & CADY, J. G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Adv. Agron.**, 23, 1971, p. 51-87.

DANTAS, J. S. **Relação solo-paisagem e erodibilidade de solos no leste do Estado do Maranhão**. Tese do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 2013, 96 p.

DANTAS, J. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; RESENDE, J. M. A.; CAMARGO, L. A. & BARBOSA, R. S. Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem. **R. Bras. Ci. Solo**, 38, 2014, p. 1039-1050.

DEMATTÊ, J. A. M.; ALOISI, R. R. & DEMATTÊ, J. L. I. Sequência Latossolo Amarelo – Podzólico Amarelo – Areias Quartzosas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. **Scientia Agricola**, v.51, n.2, 1994, p.345-356.

DIAS, R. R.. **Reconstituição paleoambiental da bacia hidrográfica do rio Paraúna, MG, relacionada a processos fluviais e geomorfológicos, através de biomineralizações de sílica**. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra da Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2020, 266 p.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G. & VALLADARES, G. S.. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Solos e Nutrição de Plantas**. Bragantia, Campinas, v.67, n.2, 2008, p.429-439.

ESPINDOLA, C. R. & DANIEL, L. A. Laterita e solos lateríticos no Brasil. **Boletim Técnico da FATEC-SP - BT/24**, 2008, p. 21 a 24.

ESPÍNDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **R. Inst. Geol.** 2010, 31. p. 67-92.

FIGUEIREDO, M. A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; FABRIS, J. D.; LOUTFI, I. S. & CARVALHO, A. P. Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do Complexo Baçõ – Quadrilátero Ferrífero (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, 28, 2004, p. 713-729.

IBRAIMO, M. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LANI, J. L.; ROLIM-NETO, F. C.; ALBUQUERQUE, M. A. & MIRANDA, V. J. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ). **R. Bras. Ci. Solo**, 28, 2004, p. 695-712.

KLAMT, N.; BEATTY, M. T. Gênese duma sequência de solos da região do Planalto médio Riograndense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.7, 1972, p.99-109.

LEPSCH, I. F.; BUOL, S. W.; DANIELS, R. B. Soil-landscape relationships in the Occidental Plateau of São Paulo State, Brazil. II. Soil morphology, genesis, and classification. **Soil Science Society of America Journal**, 41, 1977, p. 109-115.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D. & ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991, 170 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina do texto, 2002, 178 p.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Tese do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, 2001, 176 p.

LIMA, V. C. **Caracterização dos solos através da rede de drenagem e sua relação com índice de intemperismo (Ki) em uma topossequência no SE do Brasil**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, 2015, 58 p.

LUCAS, Y. M.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G.; SCATOLINI, F. Transição Latossolos-Podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, 8, 1984, p. 325-335.

LUMBRERAS, J. F. **Relações solo-paisagem no noroeste do estado do Rio de Janeiro: subsídios ao planejamento de uso sustentável em áreas de relevo acidentado do bioma Mata Atlântica**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ, Rio de Janeiro, 2008, 306 p.

MACHINI, P. L. F. **Relação solo-paisagem em um transecto da depressão periférica e do planalto ocidental, região de Rio Claro (SP)**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012, 81 p.

- MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOLKOFF, B. & MELFI, A. J.. Pedogênese numa sequência Latossolo-Espodossolo na região do Alto rio Negro, Amazonas. **R. Bras. Ci. Solo**, 26, 2002, p. 381-394.
- MEIRELES, H. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C. & PEREIRA, G. T. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 2, 2012, p. 129-136.
- MENDES, M. V. R. **Relação solo/paisagem da serra da Meruoca/Ceará: potencialidade e susceptibilidade ambiental**. Dissertação apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Sobral-CE, 2020, 108 p.
- MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U; & HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.2, 2005, p.420-426. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n2/26504.pdf>. Acesso em 29 de abril de 2021.
- MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W. & BLANCANEAUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 37, n. 6, 2002, p. 869-878.
- MULLA, D. J. & MCBRATNEY, A. B. **Soil Spatial Variability**. In: SUMMER, M. E. Handbook of Soil Science. New York: CRC Press, 1999, p. A321-A351.
- NUNES, M. S. **Caracterização micromorfológica de solos na borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional – MG**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, 2013, 92 p.
- NUNES, M. S.; CARVALHO, V. L. M.; OLIVEIRA, F. S.; SIMÕES, P. L. & VALADÃO, R. C. Indicadores micropedológicos da evolução do relevo no Planalto do Espinhaço Meridional, MG. **R. Bras. Geomorfologia**, v. 16, nº 2, 2015, p. 201-218. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/290670264_INDICADORES_MICROPEDOLOGICOS_DA_EVOLUCAO_DO_RELEVO_NO_PLANALTO_DO_ESPINHACO_MERIDIONAL_MG. Acesso em 28 de abril de 2021.
- NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I. & GOMES, F. H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do “mar de morros”, Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, ed. 25, 2001, p. 341-354.
- OLLIER, C. D. & GALLOWAY, R. W. The laterite profile, ferricrete and unconformity. **Catena**, v. 17, n. 2, 1990, p. 97-109.
- PARREIRA, R. B. **Sistema de transformação de solos hidromórficos-Cambissolos na superfície de cimeira do Planalto do Espinhaço Meridional-Diamantina/MG**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, 2018, 120 p.
- PAVELHÃO, T. R.; PINESE, J. P. P.; SILVA, F. C. M. & SACHS, L. G. Evolução pedológica de uma sequência de solos em Londrina – PR. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 34, n. 2,

2016, p. 23- 35. Disponível em:

<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/29349/pdf>. Acesso em 29 de abril de 2021.

PEDRO, G. & MELFI, A. J. **The superficial alteration in tropical region and the lateritisation phenomena**. II International Seminar on Lateritisation Processes, São Paulo, 1982, p. 03-13.

PENNOCK, D.J. & VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**, 133, 2006, p. 1-5.

PEREIRA, B. C. **Caracterização de Latossolos de Mares de Morros Florestados- MG como subsídio para o entendimento da evolução dos compartimentos geomorfológicos**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFMG, 2019, 110 p.

PEREIRA, B. C. **RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E SUA APLICABILIDADE: Uma ferramenta fundamental para o entendimento da caracterização da paisagem**. **Cadernos do Leste**, v.20, n.20, 2020, 14 p. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/caderleste/article/download/34644/27372/100501>. Acesso em 15 de mar. de 2022.

QUEIROZ NETO, J. P. Pedologia: Conceito, Método e Aplicações. **RDG – Revista do Departamento de Geografia**, USP, v. 3, 1984, p. 95-102. Disponível em: revistas.usp.br/rdg/article/download/47088/50809. Acesso em 12 de jan. de 2021.

QUEIROZ NETO, J. P. **Análise estrutural da cobertura pedológica no Brasil**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. In: Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Campinas (SP), 1988, p. 415-430.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, 15, 2002, p. 77-90. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47299/51035>. Acesso em 10 de jan. 2022.

QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Rev. Bras. Geomorfol.**, 12 (3), 2011, p. 15-24. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v12i0.255>. Acesso em 10 de jan. 2022.

RAMOS, A. L. L. S. **Características micromorfológicas de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos da porção norte da bacia do Córrego do Rio Grande, em Gouveia (MG)**. Dissertação do Departamento de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008, 139 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C. & REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações**. 2ª ed., revista ampliada, Editora UFLA, 2011, 206 p.

RODOLFO JUNIOR, F.; ARAÚJO, L. G.; SOUZA, R. Q.; BATISTA, F. P. S.; OLIVEIRA, D. N. S. & LACERDA, M. P. C. Relações solo-paisagem em topossequências na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 01, 2015, p. 27-35.

RODRIGUES, T. E.; KLAMT, E. Mineralogia e gênese de uma sequência de solos do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, 1978, p.132-139.

ROSOLEN, V. & HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, vol. 38(3), 2008, p. 483-490.

ROSSI, M. & QUEIROZ NETO, J. P. Relações Solo/Paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, 14, 2001, p. 11-23.

SÁ MACHADO, M. F. **Influência do material de origem, superfícies geomórficas e posição na vertente nos atributos de solos da região dos Campos Gerais, PR**. Dissertação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Paraná, 1995. 203 p.

SAMPAIO, E. P. M. **Mineralogia do solo**. Universidade de Évora, Departamento de Geociências, 2006, 22 p. Disponível em: <http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-03.pdf>. Acesso em 03 de maio de 2021.

SANT'ANA, W. O.; OLIVEIRA, M. A. C.; LIMA, G. L.; FERREIRA, G. M. S. S. & PAULINO, R. B. **Aplicação da micromorfologia de solos na identificação de soterramento de Paleossolo Quaternário**. Santa Catarina, 2014, 06 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267556734_APLICACAO_DA_MICROMORFOLOGIA_DE_SOLOS_NA_IDENTIFICACAO_DE_SOTERRAMENTO_DE_PALEOSSOLO_QUATERNARIO. Acesso em 03 de maio de 2021.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço. **Técnica e Tempo**. Razão e Emoção. 2º Edição. São Paulo: Hucitec, 1997, 258 p.

SCHELLMANN, W. **Considerations on the definition and classification of laterites**. In: International Seminar on Lateritization Processes, 1. Trivandrum, Proceedings..., 1981, p. 1-10.

SIMÕES, P. M. L. **Geomorfogênese de trecho da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional/MG: uma contribuição baseada no possível diálogo entre os atributos pedológicos de formações superficiais e a organização geomorfológica regional**. Tese do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016, 152 p.

SIQUEIRA, A. C. A.; MAGINI, C.; DANTAS, EL. L.; FUCK, R. A. & SASAKI, J. M. Lateritas do Domínio Médio Coreaú – Comportamento geoquímico de mantos lateríticos do Noroeste do Estado do Ceará. **Brazilian Journal of Geology**, 44(2), 2014, p. 249-264.

SIRTOLI A. E.; SILVEIRA, C. T.; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A. & OKAFIORI, C. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 3, 2008, p. 317-329.

SOARES, L. C. **Estudo da retenção de cromo em alumina, gibbsita e aluminossilicatos e avaliação dos processos de lixiviação**. Dissertação do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010, 75 p.

SOARES, J. C. W.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; MINELLA, J. P. G.; GONÇALVES, A. D. M. A.; SILVA, T. A.; NETTO, T. A. & BRESSAN, V. C. Relação solo/paisagem e sua variação temporal em uma estação experimental de silvicultura. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, 2015, p. 477-489.

STOOPS, G.; MARCELINO, V. & MEES, F. **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. Ed. Elsevier, Oxford, 1ª edição, 2010, 720p.

TARDY, Y.; KOBILSHEK, B. & PAQUET, H.. Mineralogical composition and geographical distribution of Africa and Brazilian periatlantic laterites. The influence of continental drift and tropical paleoclimates during the past 150 million years and implications for India and Australia. **J. Afr. Earth Sci.**, 12, 1991, p. 283-295.

TARDY, Y. Diversity and terminology of lateritic profiles. **Weathering, Soils & Paleosols**, Developments in Earth Surface Processes, v. 2, cap. 15, 1992, p. 379-405. Disponível em: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_33-34/37559.pdf. Acesso em 13 de jan. de 2021.

THOMAS, M. F. Laterites, Bauxites and Duricrusts. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**, cap. 4, 1994, p. 88-128.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977, 97 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em 10 de jan. de 2022.

VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F. & NILINI JÚNIOR, H. A. Estudo da evolução da paisagem do quadrilátero ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (^{10}Be) e da pedogênese. **R. Bras. Ci. Solo**, 33, 2009, p. 1409-1425.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. & CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos Ci. Solo**, 4, 2005, p. 145-192.

3 A RELAÇÃO MORFOGÊNESE-SOLO-PAISAGEM PARA O ENTENDIMENTO DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DOS CÓRREGOS CONTAGEM E SEPULTURA NA REGIÃO DO CAMILINHO, GOUVEIA-MG

Resumo

O relevo e seus componentes apresentam registros do seu comportamento ao longo do tempo. A mudança na paisagem, bem como as alterações do relevo, pode estar associada a um único fenômeno, o nível de base. O nível de base seria o limite mais baixo em que um curso hídrico não pode mais erodir dentro do sistema, atingindo o nível do mar. Para exercer o papel modelador das superfícies, um dos fatores que transformam a paisagem é a mudança de nível de base. A mudança de nível de base acarreta alterações da dinâmica hídrica, o que provoca aumento do processo erosivo, auxiliando na formação das vertentes, levando à ocorrência de sistemas de transformação dos solos presentes nas superfícies. Com o objetivo de investigar a evolução e as alterações da paisagem presente nos córregos Contagem e Sepultura, foram realizados dois campos de análise da paisagem e descrição de solos dentro da área de estudo, fornecendo informações acerca da evolução da paisagem e das transformações dos solos decorrentes da alteração do relevo provenientes da mudança de nível de base local. Para analisar a mudança de nível de base, o uso de material gráfico, como mapas e imagens de satélite, se torna importante. Além dos materiais gráficos, as análises de granulometria, químicas, mineralógicas e micromorfológicas foram fundamentais para averiguar a evolução dos solos, decorrentes das suas alterações devido à mudança na paisagem. Sobre os materiais gráficos, nesta pesquisa utilizou-se modelos digitais de elevação, perfis topográficos e perfis longitudinais dos córregos, gerados a partir de imagens de satélite, com o intuito de observar as variações altimétricas ao longo dos córregos Contagem e Sepultura, próximos à comunidade do Camilinho, no município de Gouveia-MG. O material gráfico confeccionado permitiu averiguar variações na altimetria, principalmente quedas altimétricas no percurso dos dois córregos, denominados *knickpoints* e *knickzones*, que indicaram mudanças de nível de base local, o que acarretou nas alterações da paisagem e nos solos presentes. O córrego Contagem apresenta maior variação de altimetria, observando dois momentos de queda altimétrica da sua cabeceira à foz. O córrego Sepultura apresenta queda altimétrica abrupta na porção próxima à sua cabeceira, suavizando a partir do *knickzone* de referência no sentido a jusante. Quanto às análises de solos, no córrego Sepultura observa-se transformações das classes de Cambissolos e Gleissolos. Os solos próximos ao topo apresentaram uma certa homogeneidade entre os seus constituintes, além de não apresentarem descontinuidades litológicas ao longo dos perfis, sendo constatado pela ausência da variação da relação AF/AG e pela composição mineralógica mais homogênea. Quanto às análises micromorfológicas, os solos localizados à jusante das vertentes exibiram frequência maior de material grosso de variadas frações e, em alguns perfis, a distribuição da micromassa é menor. Os resultados das análises confirmaram a hipótese da ocorrência de transformações dos solos na área de estudo. As classes de solos pretéritas das atuais eram classificadas como orgânicos, com acúmulo de matéria orgânica proveniente das condições hidromórficas vigentes, sendo observadas na concentração desse material em condições atuais que não permitem tais acúmulos em grande escala.

Palavras-chave: geomorfologia; pedologia; alterações.

Abstract

The relief and its components present records of their behavior over time. Changes in the landscape, as well as changes in the relief, can be associated with a single phenomenon, the base level. The base level would be the lowest limit at which a watercourse can no longer erode within the system, reaching sea level. In order to play the role of modeling surfaces, one of the factors that transform the landscape is the change in base level. The change in base level causes changes in water dynamics, which causes an increase in the erosion process, helping in the formation of slopes, leading to the occurrence of soil transformation systems present on the surfaces. In order to investigate the evolution and changes in the landscape present in the Contagem and Sepultura streams, two fields of landscape analysis and soil description were carried out within the study area, providing information about the evolution of the landscape and soil transformations resulting from the change in relief resulting from the change in local base level. To analyze the change in base level, the use of graphic material, such as maps and satellite images, becomes important. In addition to the graphic materials, the analyses of granulometry, chemistry, mineralogy and micromorphology were essential to verify the evolution of the soils, resulting from their changes due to the change in the landscape. Regarding the graphic materials, this research used digital elevation models, topographic profiles and longitudinal profiles of the streams, generated from satellite images, with the aim of observing the altimetric variations along the Contagem and Sepultura streams, close to the Camilinho community, in the municipality of Gouveia-MG. The graphic material produced allowed the verification of variations in the altimetry, mainly altimetric drops in the course of the two streams, called knickpoints and knickzones, which indicated changes in the local base level, which resulted in changes in the landscape and in the soils present. The Contagem stream presents a greater variation in altitude, with two moments of altimetric drop from its headwaters to its mouth. The Sepultura stream presents an abrupt altimetric drop in the portion close to its headwaters, smoothing out from the reference knickzone in the downstream direction. Regarding soil analyses, transformations of the Cambisols and Gleysols classes were observed in the Sepultura stream. The soils close to the top presented a certain homogeneity among their constituents, in addition to not presenting lithological discontinuities along the profiles, as confirmed by the absence of variation in the AF/AG ratio and by the more homogeneous mineralogical composition. Regarding micromorphological analyses, the soils located downstream of the slopes exhibited a higher frequency of coarse material of varied fractions and, in some profiles, the distribution of micromass is smaller. The results of the analyses confirmed the hypothesis of the occurrence of soil transformations in the study area. The classes of soils that existed in the past and today were classified as organic, with an accumulation of organic matter originating from the current hydromorphic conditions, and the concentration of this material is observed in current conditions that do not allow such accumulations on a large scale.

Keywords: geomorphology; pedology; changes.

3.1 Introdução

A observação do relevo e de seu comportamento auxilia na avaliação da evolução da paisagem, bem como na definição de parâmetros indicativos da cronologia relativa de superfícies, além de estudos acerca das transformações pedológicas. Os estudos geomorfológicos são ferramentas importantes para análise da paisagem, principalmente em se tratando de alterações no relevo ao longo do tempo. Segundo Gallen et al. (2013), o relevo é amplamente controlado pela resistência litológica variável ao intemperismo. Com isso, segundo os mesmos autores, o relevo topográfico exerce um controle essencial sobre as taxas e processos envolvidos na desnudação da paisagem. Além disso, a forma moderna imposta pelo relevo persiste por muito tempo, em um equilíbrio dinâmico.

Os sistemas fluviais exercem um importante papel modelador do relevo, o que implica nas alterações da paisagem e, conseqüentemente, nas transformações de seus componentes, com destaque os solos. Segundo Silva & Santos (2010), o estudo dos mecanismos modeladores das formas de relevo tem dado ênfase ao papel exercido pelos canais fluviais. Ainda sobre os mesmos autores, os mecanismos de evolução dos sistemas fluviais e das encostas estão diretamente relacionados à dinâmica de atuação dos processos erosivos, principais agentes modeladores da paisagem.

Small (1978), citado por Silva & Santos (2010), afirma que a morfologia de um vale depende de três mecanismos da evolução fluvial: aprofundamento de vale; erosão lateral e alargamento dos vales. O aprofundamento do vale ocorre quando um rio adquire mais velocidade, erodindo mais em relação à deposição; a erosão lateral (ou alargamento de vale) decorre quando o rio alcança o seu nível de base, não erodindo mais o seu leito; já o alargamento dos vales pode ocorrer de duas formas, sendo elas por erosão de cabeceira, quando o processo erosivo atinge essa porção do curso hídrico, além da formação de foz em delta, levando ao aumento da extensão do rio através da deposição de sedimentos. Castanheira & Freitas (2005) citam que a água é, certamente, um dos mais importantes agentes modeladores do relevo, exercendo o seu papel desde o intemperismo. Ainda, segundo os mesmos autores, estudos sobre a evolução do relevo são de grande importância para o entendimento hidrológico e geomorfológico.

Para exercer o papel modelador das superfícies, um dos fatores do poder transformador da paisagem é a mudança de nível de base, que acarreta alterações da dinâmica hídrica, provocando aumento do processo erosivo e formações das vertentes, modificando a paisagem, e causando sistemas de transformação dos solos presentes nas superfícies.

Segundo Christofolletti (1981), a busca pelo equilíbrio hídrico propaga-se de maneira progressiva a partir do nível de base, ou seja, as alterações na paisagem ocorrem de jusante a montante. Ainda sobre o mesmo autor, citado por Silva & Santos (2010), os setores localizados a jusante dos rios são os primeiros a alcançarem o perfil de equilíbrio, enquanto os próximos à montante serão os últimos. Powell (1875), citado por Silva & Santos (2010), afirma que o nível de base seria o limite mais baixo do qual o curso hídrico não pode mais erodir, no caso o nível do mar. Lana & Castro (2012), ao analisar diversos conceitos de diferentes autores acerca do nível de base, concluíram que o nível de base seria associado ao nível do qual os fenômenos fluviais de erosão e transporte dão lugar aos deposicionais.

O relevo, um dos fatores de formação dos solos, se destaca quando se observa as influências da altitude e declividade na paisagem. Em se tratando dos estudos pedológicos, os solos e seus atributos são instrumentos de grande importância para análises a respeito da paisagem e suas características, levando em consideração que os mesmos são componentes da paisagem e evoluem concomitantemente.

Os primeiros trabalhos que se apoiavam na relação solo-relevo eram frequentemente baseados no contexto da catena de Milne (1935), onde o solo é entendido como uma cadeia, com suas características ligadas como os elos de uma corrente, sendo estudado de forma contínua. Campos (2012), em seu artigo que aborda os conceitos, evolução e aplicações da relação solo-paisagem, destaca que esta permite vincular atributos topográficos e tipos de solos, auxiliando no prognóstico de ocorrência dos tipos de solos presentes na paisagem, contribuindo no estudo detalhado dos mesmos. O mesmo pode ser dito para estudos que buscam compreender a distribuição das características da paisagem em relação às condições pedológicas locais.

Segundo Tricart (1977), os sistemas pedológicos em equilíbrio dinâmico são caracterizados pela estabilidade do modelado, em uma lenta e constante evolução, resultante da permanência do tempo com a ação combinada de fatores. Além disso, a evolução dos processos mecânicos é pequena e sempre lenta, o que implica na maior estabilidade, ocorrendo em relevos de menor declividade e colinas amplas.

Dentre alguns fatores que são capazes de alterar o relevo, destaca-se a mudança de nível de base. Ao tratar sobre o nível de base e sua mudança, Powell (1875 apud Silva & Santos, 2010) relata que, além do nível de base global, proveniente do nível do mar, ocorrem os níveis de base locais e temporários que podem ser representados genericamente por um afloramento rochoso mais resistente ao longo do leito de um rio, impedindo a dissecação do relevo à montante.

Dentre alguns parâmetros para investigar alterações no relevo ou a formação de vertentes e abertura de vales, destaca-se a análise de *knickpoints* e *knickzones*, pontos de quebra altimétrica devido à resistência litológica frente à alteração do nível de base. Segundo Gallen & Wegmann (2015), os *knickpoints* são interpretados como limites móveis que separam a topografia relíquia de terras altas da topografia “ativa” que se ajustou ou está se ajustando às condições de nível de base recém-impostas. Gallen et al. (2013), que investigaram o rejuvenescimento do relevo topográfico nas montanhas Apalaches no leste da América do Norte, evidenciaram, dentro da bacia, um conjunto de *knickpoints* recuados que delineiam uma paisagem acidentada e ativamente incisiva da topografia relíquia de baixo relevo.

Segundo Whittaker et al. (2007) e Berlim & Anderson (2007), citados por Whittaker & Boulton (2012), o *knickpoint* separa uma parte incisiva a jusante da bacia que se ajustou a uma perturbação como uma taxa de escorregamento aumentada em uma falha, do resto da bacia que ainda não respondeu à mudança da condição de contorno. Para tanto, os *knickpoints* são comumente observados ou inferidos como provenientes de um processo de recuo rio acima ao longo do tempo. Segundo Whittaker & Boulton (2012), a migração a montante de um *knickpoint* dá origem a uma onda de incisão que transmite progressivamente o sinal de mudança de condição de contorno para toda a área de captação. Gallen & Wegmann (2015), analisando as origens do relevo topográfico moderno no sul dos Apalaches, na bacia do rio Cullasaja, presumiram que, onde não são fixados por algum leito rochoso particularmente resistente, os *knickpoints* tenham sido causados por uma queda instável e possivelmente rápida do nível de base e, desde então, migraram para montante. A existência de *knickpoints* e convexidades ao longo dos perfis longitudinais dos rios que drenam para leste e oeste da área de pesquisa realizada pelos autores sugere que um mecanismo de força externa para a queda do nível de base é responsável por sua geração.

Segundo Loget & Driessche (2009), a taxa de migração de *knickpoint* pode ser usada como parâmetro do tempo necessário para retornar ao equilíbrio após uma queda do nível de base ou evento tectônico.

Pensando nas abordagens citadas, o capítulo tem como objetivo relacionar as alterações na paisagem ao longo do tempo com as possíveis mudanças de nível de base, com o auxílio da investigação de *knickpoints* e *knickzones* ao longo do curso dos córregos Contagem e Sepultura, localizados na proximidade da comunidade do Camilinho, no município de Gouveia-MG, através de quebras altimétricas no percurso. Tal objetivo se baseia na hipótese de que as mudanças na paisagem e no relevo são provenientes da mudança de nível de base, alterando o comportamento hídrico e conseqüentemente alterando os solos presentes, através da observação

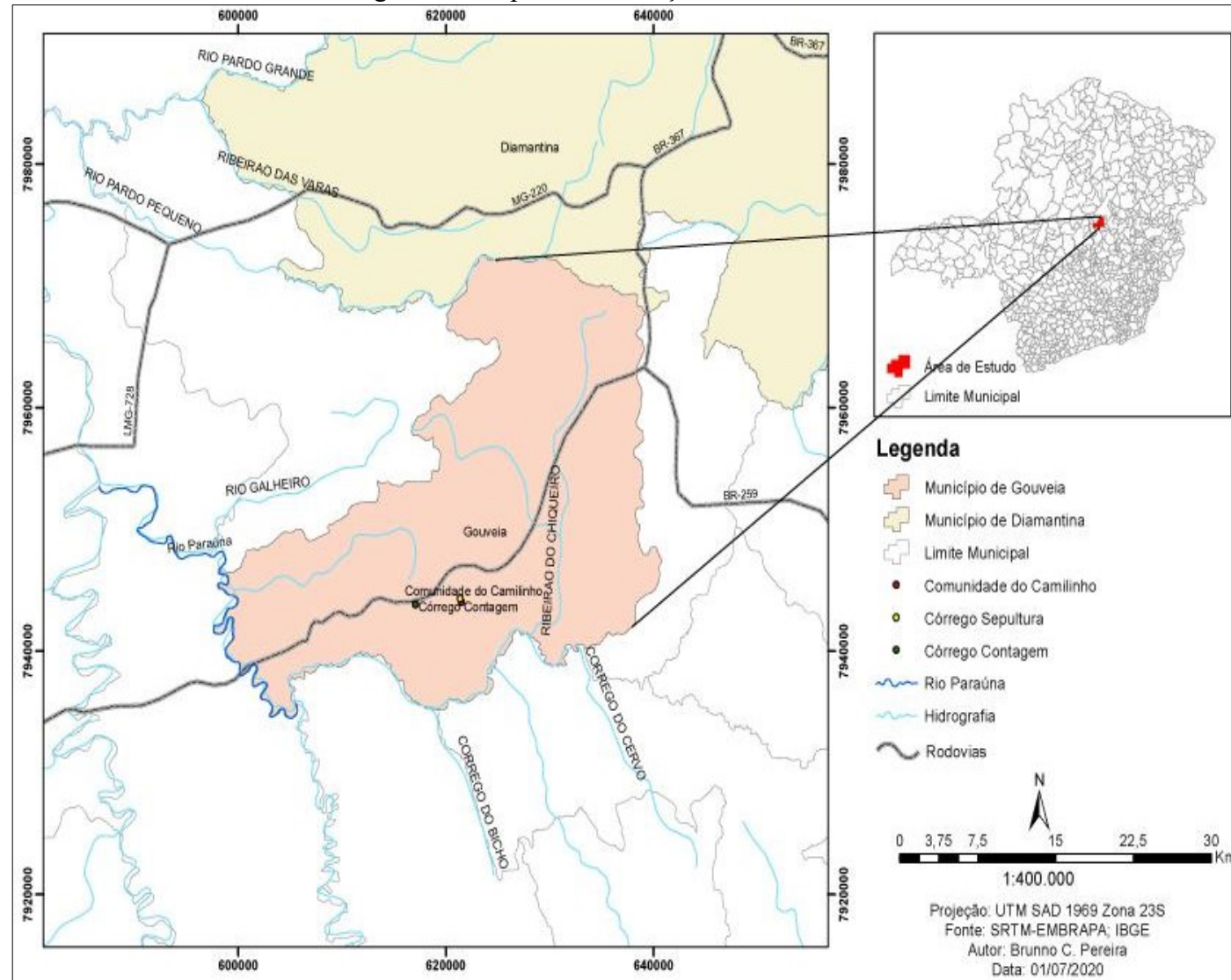
de catenas ao longo dos cursos hídricos, que alteram os processos de formação dos solos existentes na área.

3.2 Caracterização da área de estudo

3.2.1 Localização da área de estudo

A área de pesquisa situa-se dentro do planalto do Espinhaço Meridional, na região de Gouveia-MG, próximo à Comunidade do Camilinho, distrito do município em questão (Figura 2). Próximo à área, encontra-se a rodovia BR-259, importante via de acesso entre os planaltos Meridional e Setentrional da Serra do Espinhaço.

Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborada pelo autor.

A região que compreende a área de estudo está inserida na bacia do Rio Paraúna com área de 4.497 km². Na bacia verifica-se uma grande riqueza de cursos d'água com uma alta densidade de drenagens de tributários (CBH RIO DAS VELHAS, 2016).

A figura 3 apresenta a paisagem referente à área correspondente ao córrego Contagem, destacando a formação do vale que segue o curso hídrico a jusante.

Figura 3 – Paisagem com destaque ao vale formado pelo curso hídrico



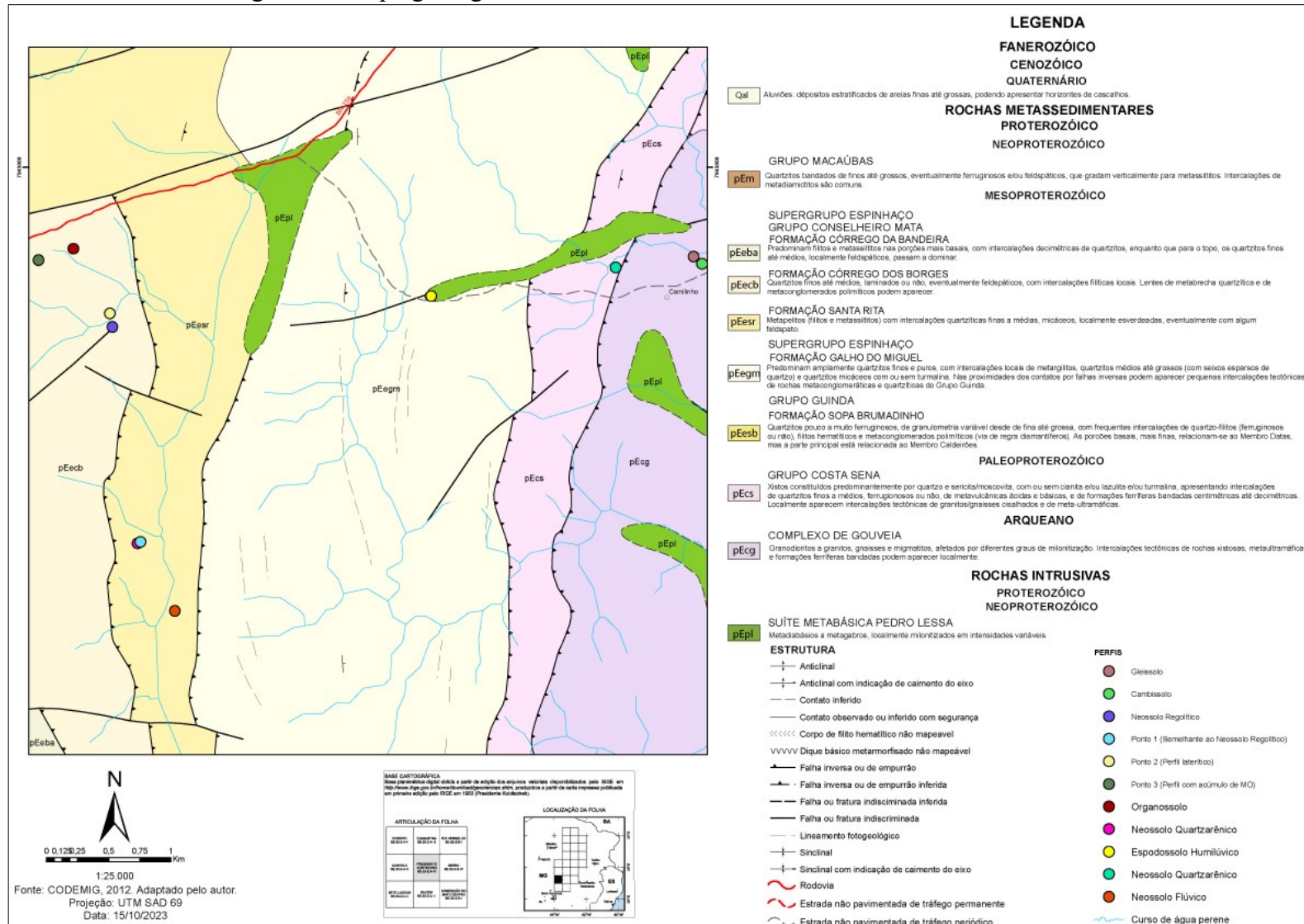
Fonte: Arquivo pessoal.

3.2.2 Arcabouço Geológico

A comunidade do Camilinho e o córrego do Sepultura, encontram-se sobre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, Grupo Guinda, do Complexo de Gouveia provenientes do Arqueano. As rochas são classificadas como granitos, gnaisses e migmatitos, afetadas por diferentes graus de milonitização (recristalização dinâmica pelo metamorfismo mais energético da rocha) (Figura 3).

O córrego Contagem também se encontra sobre rochas metassedimentares do Supergrupo Espinhaço, porém do Grupo Conselheiro Mata, da Formação Córrego dos Borges, provenientes do Mesoproterozóico. No local há o predomínio de quartzitos finos até médios, eventualmente feldspáticos. Os perfis estão representados em tamanhos diferentes apenas para diferenciação entre eles dentro do mapa geológico, pois, em alguns casos, estão muito próximos na representação referente à escala (Figura 4).

Figura 4 – Mapa geológico da área de estudo da folha Presidente Kubitschek-MG



Fonte: Elaborado pelo autor.

A geologia da Serra do Espinhaço é complexa, o que dificulta a sua interpretação. Três conjuntos litoestratigráficos são tidos como os principais na região, são eles o complexo granito-gnaiss-migmatito basal (Complexo Gouveia), sequência metavulcano-sedimentar pré-Espinhaço (Supergrupo Rio Paraúna) e sequência metassedimentar correspondente ao Supergrupo Espinhaço (ARANHA et al., 2010).

A evolução geológica do Supergrupo Espinhaço é ainda controversa, segundo alguns pesquisadores. A maioria defende um início de desenvolvimento via processos de rifteamento no Estateriano, mas sobre a sua continuidade durante os tempos mesoproterozóicos ainda não há um total entendimento (ARANHA et al., 2010).

Por estar inserida no Setor Meridional da Serra do Espinhaço, a área de estudo é reconhecida por sequências rochosas com idades entre o Arqueano e o Neoproterozóico, com predominância do Paleoproterozóico a Mesoproterozóico relacionados ao chamado Supergrupo Espinhaço (KNAUER, 2007).

No Arqueano, estão incluídos os complexos granito-gnáissico-migmatíticos englobados sob as denominações de Complexo Gouveia. No Setor Meridional do Supergrupo Espinhaço são reconhecidos três conjuntos maiores, sendo eles a Formação Galho do Miguel, o Grupo Guinda e o Grupo Conselheiro Mata, sendo esses últimos de interesse para a área de estudo.

O Grupo Guinda engloba tanto as formações São João da Chapada e Sopa-Brumadinho, como a Formação Itapanhoacanga e a Suíte Metaígneia Conceição do Mato Dentro. O arranjo relativo entre as unidades, muitas vezes é pouco claro devido ao forte tectonismo da região (KNAUER, 2007). Este grupo agrega uma espessa sequência de sedimentos de origem continental, agregando metavulcanitos intercalados, estes relacionados à fase rifte da Bacia Espinhaço (ALMEIDA ABREU, 1995).

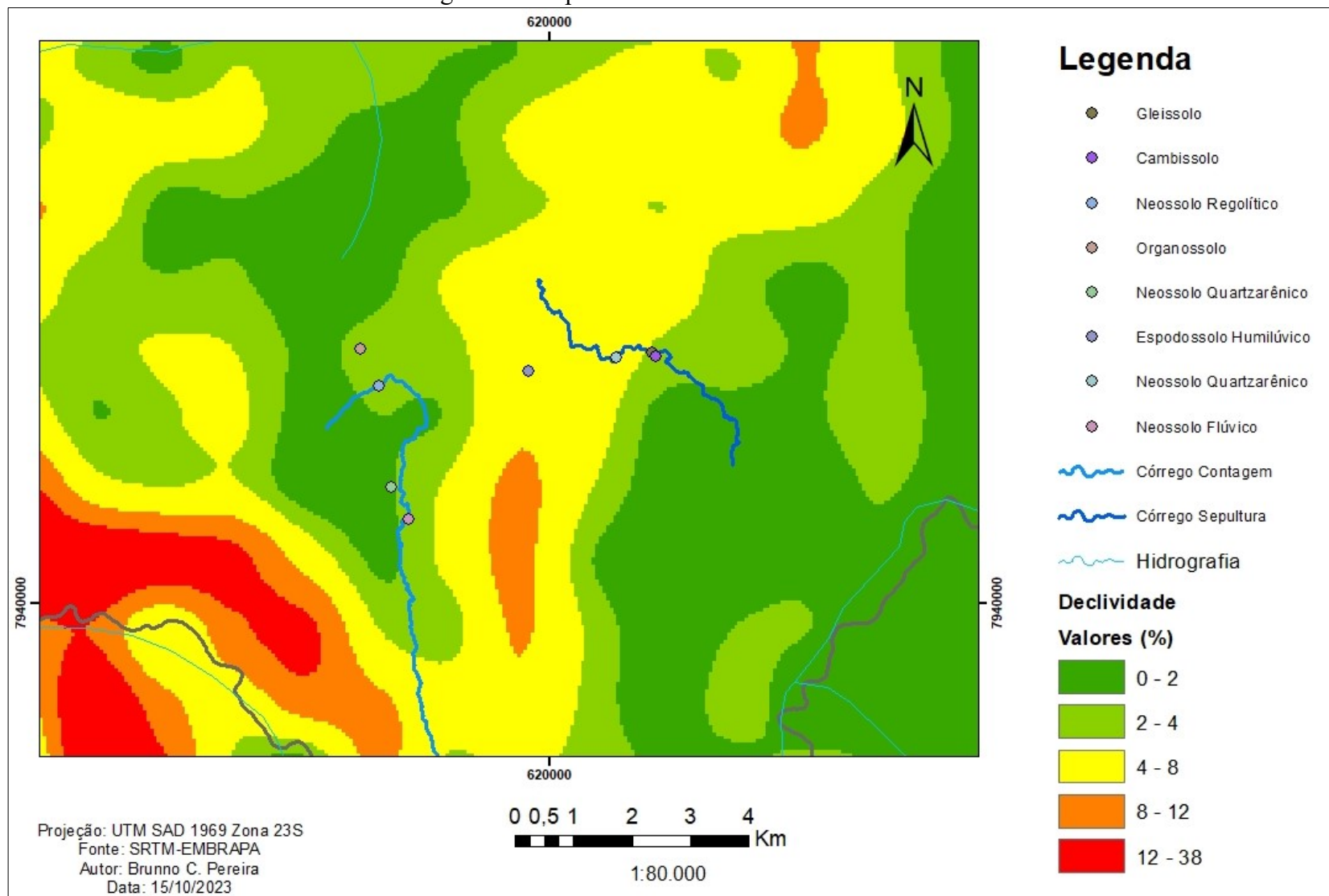
O Grupo Conselheiro Mata é constituído por quartzitos, filitos e restritos metaconglomerados da Formação Santa Rita, que gradeiam verticalmente para os quartzitos da Formação Córrego dos Borges (KNAUER, 2007). Este grupo representa uma espessa pilha de sedimentos de origem marinha costeira com alguma contribuição de sedimentos de origem continental (ALMEIDA ABREU, 1995).

3.2.3 Caracterização geomorfológica da área de estudo

O conhecimento do tipo de relevo, da evolução das vertentes e da dinâmica fluvial possibilita uma análise integrada do ambiente, focando na avaliação do relevo ou avaliação morfodinâmica da paisagem. Esta avaliação identifica categorias de relevo, que são interações

do relevo com as outras variáveis ambientais ligadas à geologia, pedologia, vegetação, clima e hidrologia, o que permite avaliar os sistemas de modelados. Alguns parâmetros são fundamentais, tais como as características das formações superficiais, processos morfogenéticos atuantes, formas do relevo, além do confronto e compatibilização das manifestações morfodinâmicas em campo com dados de erosão dos solos, resultando na classificação morfodinâmica. A classificação definiu os meios em estáveis, intergrades (ou em transição) e instáveis (IBGE, 2009). A área de estudo situa-se na porção com baixa declividade, menor que 4% (relevo suave ondulado), correspondendo às classes de avaliação morfodinâmica muito fraca a fraca. A classe de avaliação morfodinâmica muito fraca corresponde aos relevos planos (0 a 3%), predominando a pedogênese sobre a morfogênese, correspondendo aos meios estáveis. Já a classe de avaliação morfodinâmica fraca geralmente é caracterizada por relevos com declividade entre 3% e 8%, com densidade de drenagem grosseira e fraco aprofundamento. Nestes locais, a ação do escoamento subsuperficial provoca a perda de materiais finos em superfície. Com a redução da intensidade erosiva, nestas áreas também predomina a pedogênese em relação à morfogênese e integram os meios intergrades ou em transição (IBGE, 2009). A figura 5 apresenta a declividade da área de estudo com as catenas de solos destacadas próximas aos córregos Contagem e Sepultura.

Figura 5 – Mapa de declividade da área de estudo

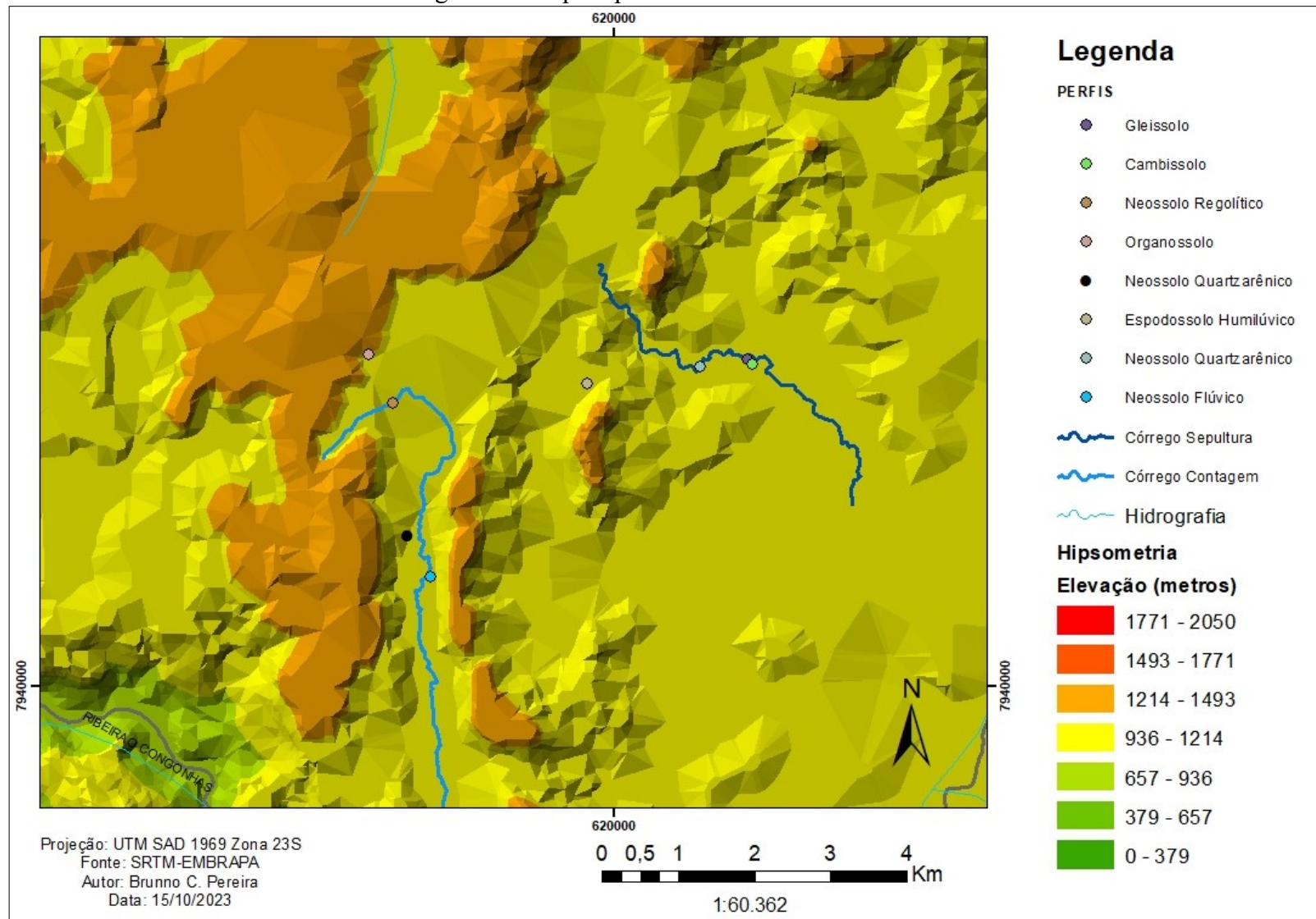


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os perfis 1 e 2 analisados, com características reliquiares organossólicas, Cambissolo e Gleissolo, respectivamente, pertencentes à bacia do córrego Sepultura, estão em cotas altimétricas abaixo de 1.000 metros, 990 metros e 962 metros, respectivamente. Os perfis 7 e 8 (Neossolo Regolítico e Organossolo) estão em altitude acima de 1.200 metros, próximos a outras posições mais elevadas. Já os perfis 3 ao 6 (Neossolo Quartzarênico, Espodossolo Humilúvico, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico, respectivamente) estão em cotas intermediárias (Figura 6).

O córrego Contagem está localizado na posição de elevação superior em relação ao córrego Sepultura e à Comunidade do Camilinho, com altitude próxima a 1.400 metros. A diferença de altitude entre os córregos Sepultura e Contagem é observada pela proximidade deste último de áreas mais elevadas a oeste da área de estudo acima de 1.400 metros (Figura 6).

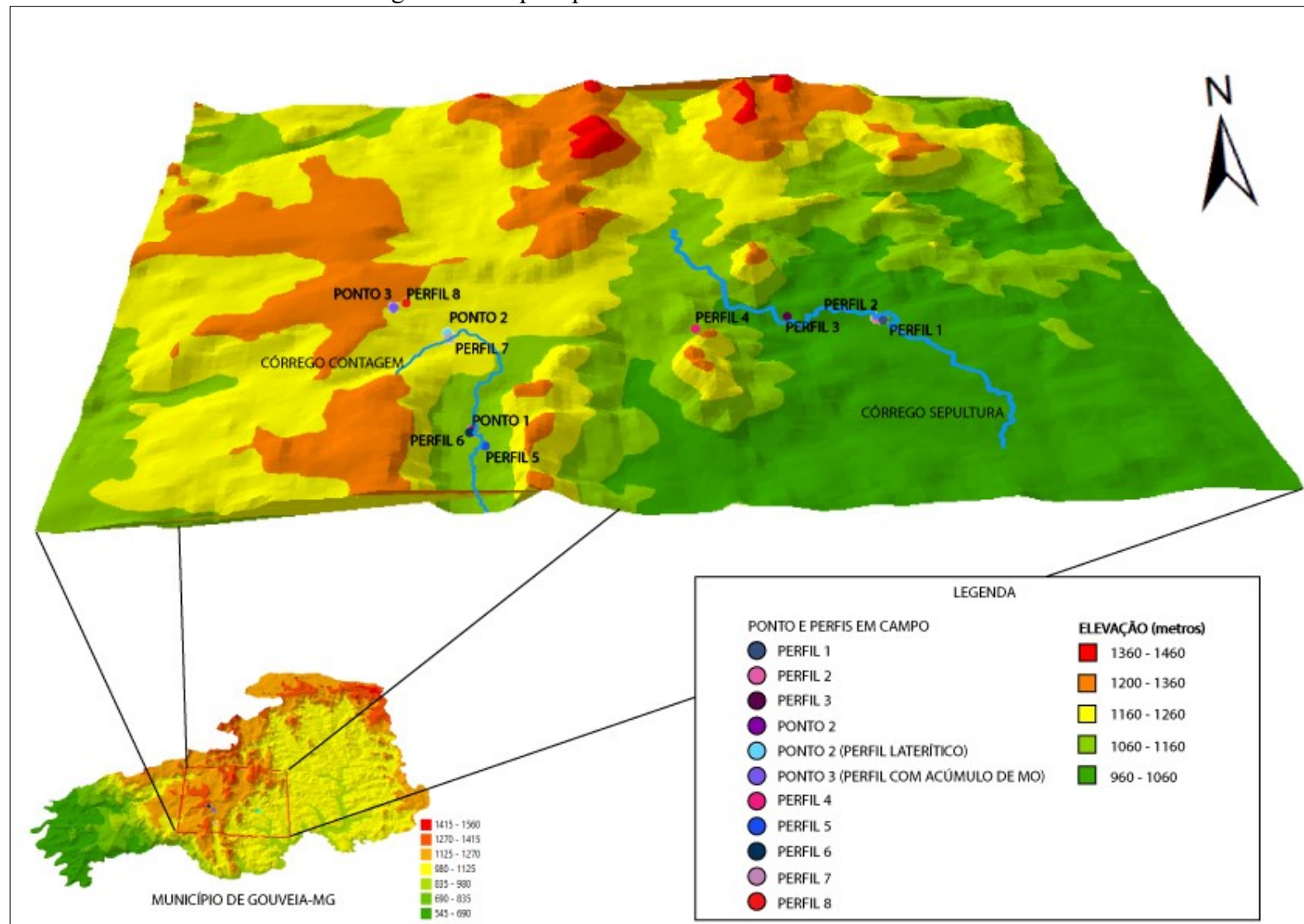
Figura 6 – Mapa hipsométrico da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para ilustrar as cotas altimétricas e visualizar a área de estudo de maneira interativa, confeccionou-se um mapa hipsométrico em três dimensões, permitindo uma maior compreensão quanto às posições dos perfis estudados na paisagem e no relevo. Percebe-se que os perfis de Gleissolo organossólico e de Cambissolo organossólico estão localizados nas menores cotas altimétricas no mapa, que está localizado no encaixe das duas vertentes onde encontra-se o córrego Contagem (Figura 7).

Figura 7 – Mapa hipsométrico em 3D da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

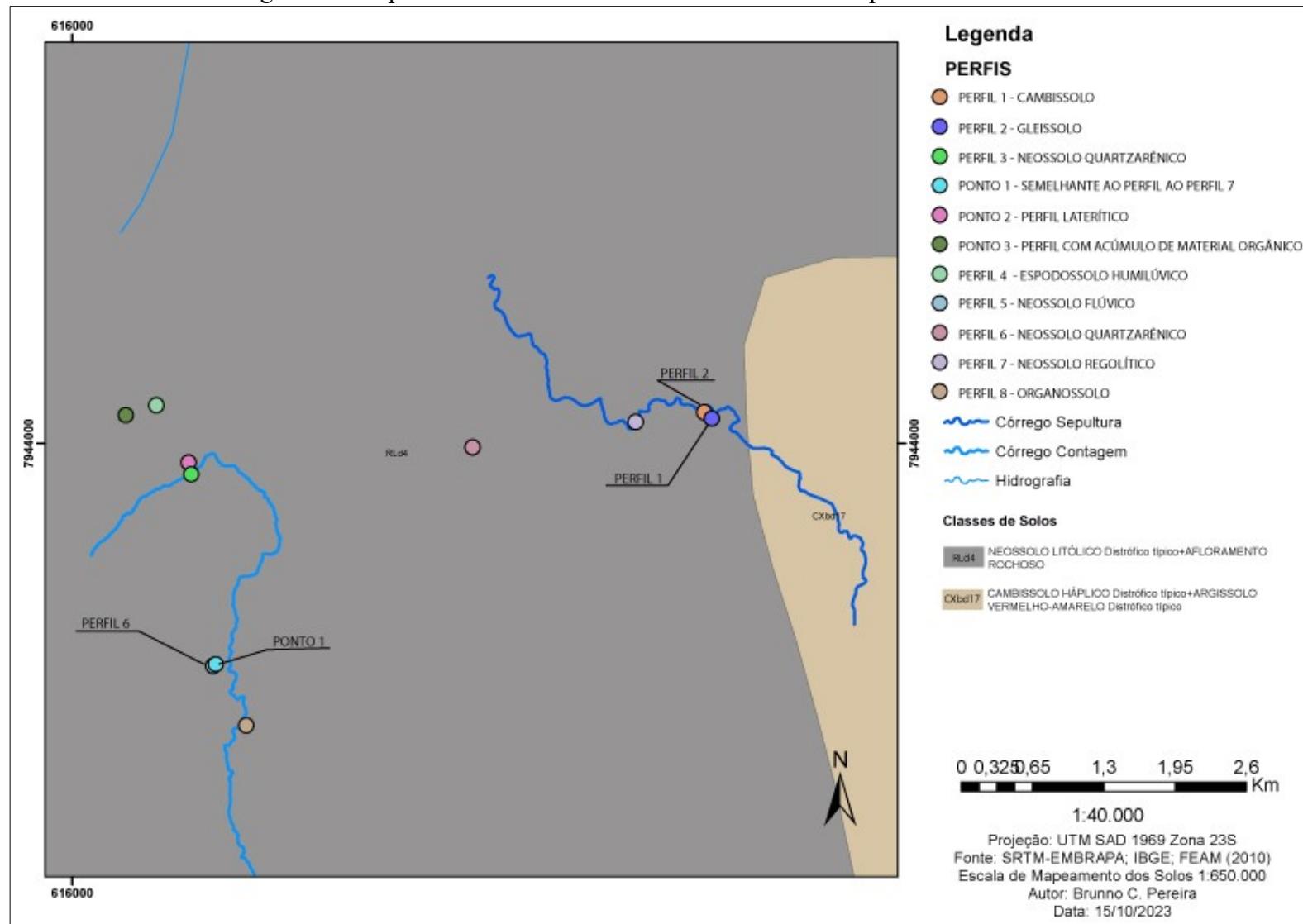
Em se tratando da caracterização da região, as formas de relevo são resultantes da esculturação litológica dos quartzitos, causadas pela dissecação fluvial, e são representadas por cristas, escarpas e vales profundos. Dentro deste cenário alojam-se uma série de áreas deprimidas denominadas por Saadi (1995) de um arranjo “en échelon” (falhas escalonadas), entre Gouveia e Conceição do Mato Dentro.

3.2.4 Aspectos pedológicos

Para análise dos solos da área de estudo foi realizado um levantamento prévio em escritório com a coleta de informações pedológicas a partir do mapa de solos da FEAM (2010) de escala 1:650.000. No município de Gouveia-MG, os solos observados são Neossolos Litólicos, Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Amarelos, com predominância de Neossolos e Cambissolos.

De acordo com a escala do mapa de solos analisado, na Comunidade do Camilinho e nas bacias dos córregos Contagem e Sepultura, onde foram analisados os perfis em campo, ocorrem os Neossolos Litólicos (Figura 8). Estas classes de solo estão relacionadas com a resistência do material de origem, bem como da sua posição no relevo. Percebe-se uma generalização das classes de solos no mapa, a partir da escala de mapeamento, o que impediria uma análise pontual e detalhada da área de estudo, a partir do uso somente do mapa pedológico (Figura 8).

Figura 8 – Mapa de solos da área de estudo de escala de mapeamento 1:650.000



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Dias (2020), observa-se, na região do Camilinho, um extenso vale encaixado entre os maciços rochosos quartzíticos, uma rocha cuja resistência ao intemperismo, promove a impermeabilização de grande parte das superfícies na região. Esse processo promove a formação de porções de áreas hidromórficas, que, ao longo do tempo, ocasiona acúmulo de material orgânico.

Ainda, segundo a autora, e também considerando as observações realizadas em campo, na região do Camilinho, apesar do grande desnível topográfico, no sentido do vale (Norte-Sul), desde o topo superior das vertentes até as margens dos rios é possível observar a ocorrência do Organossolos. Um dos aspectos associados a essa ocorrência está no fato que esse vale outrora tenha sido uma das áreas de ambiente “fechado”, ou “semifechado”, apresentando uma grande superfície hidromórfica ou mesmo várias superfícies hidromórficas que, a partir dos processos de denudação, coalesceram. Esses processos formaram o grande vale que, recentemente (durante o Quaternário), está sendo aberto por incisão vertical da drenagem, não mais levando a condições que favoreçam o acúmulo de matéria orgânica e favorecendo assim, o desaparecimento de Organossolos na área.

Historicamente, a geomorfologia da região do Espinhaço revela que existiam várias bacias aprisionadas entre as rochas, desenvolvendo rios linearmente entre elas que causam a incisão vertical neste local, abrindo vales.

3.2.5 Aspectos Climáticos

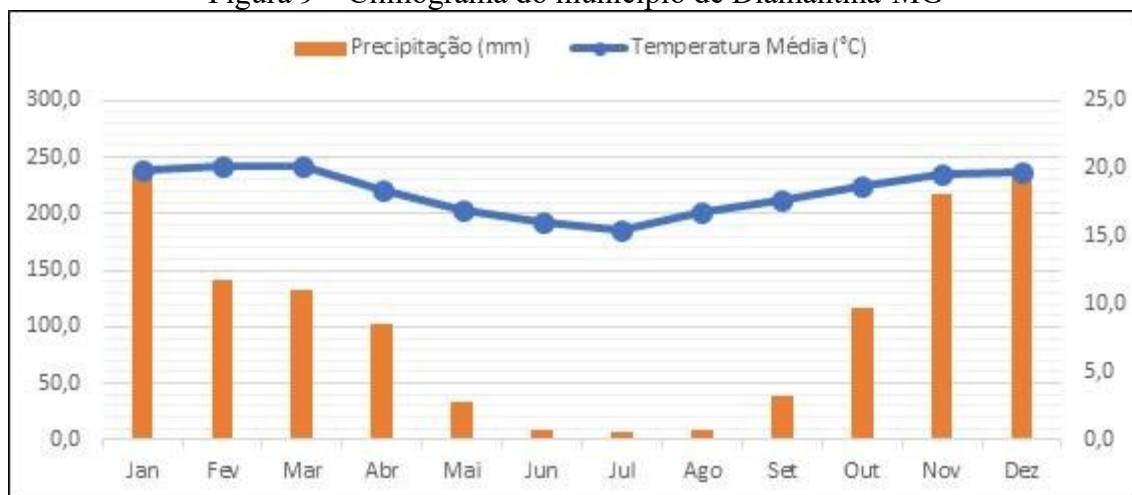
Para classificar o clima da área de estudo buscou-se informações de precipitação acumulada e temperatura média compensada do município de Diamantina, próximo à área de estudo, que possui dados coletados em estação meteorológica.

Para classificação foram utilizados dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo que, para o município de Diamantina, as informações datam entre 1961 a 1990. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região de Diamantina pode ser classificado como Cwb, clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado. Esta classificação corresponde ao verão moderadamente quente e chuvas concentradas (janeiro / 238,5 mm e dezembro / 235,5 mm), com temperatura média entre -3°C e 18 °C no mês mais frio (julho / 15,5 °C) e verão quente, em que o mês mais quente tem temperatura média inferior a 22 °C (fevereiro e março / 20,1 °C) (AYOADE, 2010).

A temperatura média do município de Diamantina varia entre 15,5 e 20,1 °C durante o ano. Nos meses de maior precipitação ocorrem médias mensais acima de 235 mm que, nos

meses mais secos, não passam dos 10 mm (Figura 9). A média anual do volume precipitado acumulado é de 1284,7 mm (INMET, 1961-1990).

Figura 9 – Climograma do município de Diamantina-MG



Fonte: INMET (1961-1990)

O regime transicional para a região do município de Diamantina se inclina mais para o clima tropical, com duas estações muito bem marcadas, uma seca e uma chuvosa. Além disso, a região apresenta uma grande variabilidade térmica ao longo do ano.

3.2.6 Aspectos Vegetacionais

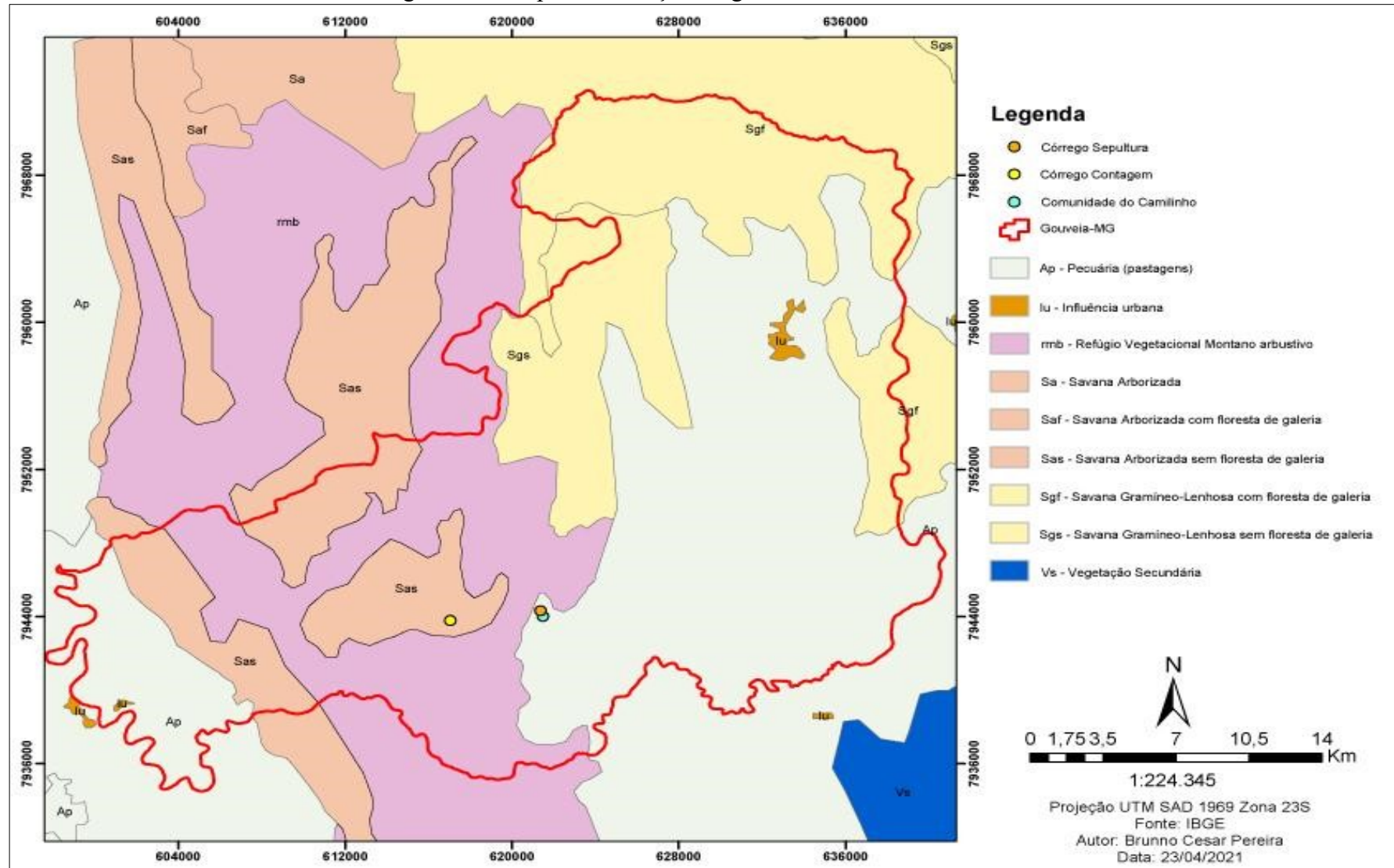
Segundo Augustin (1995), citada por Augustin et al. (2011), a cobertura vegetal é caracterizada pelo predomínio, nos domínios quartzíticos, de espécies típicas de altitude e rupestre, e nas porções mais rebaixadas predomina o cerrado, além de matas ciliares ao longo dos cursos hídricos.

Por apresentar áreas dissecadas entremeadas a superfícies de aplainamento, a Serra do Espinhaço Meridional apresenta, nas depressões, a ocorrência de vários tipos de turfeiras, sendo grandes reservatórios de carbono. Esse tipo de ambiente é colonizado por vegetação de campo rupestre, sendo relacionado com a biodiversidade, com o volume e com a qualidade das águas (SILVA et al., 2009b). As turfeiras são definidas como um ecossistema úmido, composto basicamente por plantas higrófilas que acumulam grande quantidade de matéria orgânica, sendo consideradas como arquivos ambientais e cronológicos da evolução das paisagens, de mudanças climáticas e da deposição atmosférica de metais pesados em escala regional ou mesmo global (SILVA et al., 2009a).

Segundo Silva & Silva (2016), além das turfeiras serem importantes reservatórios de água e carbono, se destacam como testemunho de mudanças paleoambientais, além de considerarem a matéria orgânica como um importante testemunho de possíveis variações no clima e na vegetação.

Em se tratando de formação vegetacional, a savana arborizada e a pastagem são predominantes no município de Gouveia-MG, com porção de refúgio vegetacional montano arbustivo, além de pequena parcela de influência urbana. O córrego Contagem está sob vegetação do tipo savana arborizada, enquanto o córrego Sepultura e a Comunidade do Camilinho se encontram na borda delimitada por pastagem, muito próximos ao refúgio vegetacional montano arbustivo (Figura 10).

Figura 10 – Mapa de formações vegetacionais da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Materiais e métodos

A elaboração deste capítulo compreendeu 4 etapas. A primeira baseou-se na leitura bibliográfica sobre as temáticas que envolvem a hipótese e os objetivos da pesquisa; a segunda dedicou-se no levantamento de base de dados para gerar os materiais gráficos básicos necessários, além dos campos de coleta e descrição de solos; a terceira incluiu a execução e criação dos materiais gráficos, tais como mapas e perfis topográficos, e as análises em laboratório dos solos coletados em campo; a quarta etapa referiu-se à discussão dos resultados a partir das análises obtidas pelos materiais gráficos e leitura bibliográfica.

3.3.1 Revisão bibliográfica

O referencial teórico baseou-se nas principais temáticas que abordam questões geomorfológicas e o uso de seus conceitos para compreender a evolução da paisagem, bem como metodologias para investigar mudanças de nível de base e alterações no relevo e estudos pedológicos. Além disso, foram levantadas referências com informações sobre a área de estudo, pesquisas que foram executadas na região e às que utilizaram as metodologias aplicadas neste estudo. O referencial bibliográfico auxiliou no conhecimento acerca da relação solo-paisagem, este principal tema da pesquisa e na observação das características da área de estudo pela visão de demais autores, com seus objetivos próprios.

As referências coletadas permitiram analisar os resultados obtidos em campo e nas atividades laboratoriais com as pesquisas levantadas, o que contribuiu para realizar análises comparativas e associativas entre ambos os dados. Por tanto, o levantamento bibliográfico contribuiu para as discussões realizadas na última etapa da pesquisa.

3.3.2 Elaboração de materiais gráficos e atividades de campo

Para realizar a caracterização geomorfológica, bem como investigar possíveis respostas acerca da hipótese levantada na pesquisa, foram coletadas bases de dados gerados por imagens de satélite para construir materiais gráficos, tais como mapas hipsométricos e de declividade e perfis topográficos, associando aos perfis de solos analisados em campo e laboratório. Além desses materiais, com o intuito de estabelecer uma análise das características da área da pesquisa, foram realizados levantamentos de informações cartográficas e de estudos na região, que permitiram conhecer o ambiente ao qual a pesquisa está sendo realizada. Com destaque, os

mapas de localização, solos, geologia e de formações vegetais. Além dos mapas supracitados, foi elaborado um climograma referente ao município de Diamantina para auxiliar na classificação climatológica da região.

As bases de dados foram coletadas em órgãos de distribuição de dados topográficos, como o CPRM e *Open Topography*, este último com coleta de base de dados obtida do programa *Copernicus* (2014) de resolução de 30 metros. Os materiais gráficos foram executados no software *ArcGis* 10.1 (ESRI, 2013), produzindo mapas de declividade e modelo digital de elevação (MDE). Foram criados dois modelos digitais de elevação de diferentes espaçamentos de curvas de nível, sendo o primeiro gerado a partir de dados do CPRM com curvas de nível de espaçamento 5 metros, para caracterização da área; e o último com dados coletados do programa *Copernicus* (2014), a partir de curvas de nível de espaçamento de 1 metro, obtendo mais detalhe para as análises da variação altimétrica.

No modelo digital de elevação foram destacados os córregos para ilustrar a posição dentro da paisagem e as cotas altimétricas que os compreendem. Com os córregos presentes no modelo digital de elevação, foi gerado perfil topográfico de ambos, primeiramente, no software *ArcGis* 10.1 (ESRI, 2013), com o recurso de geração de perfil de elevação, e trabalhado graficamente no software *Illustrator* (ADOBE, 2015), com vetorização, suavização dos traços do perfil e cor.

Nos mapas de localização, solos, geologia e de formações vegetacionais foram destacados os pontos de análise em campo e locais de referência da pesquisa, como a Comunidade do Camilinho, pertencente ao município de Gouveia-MG. Foi utilizado o software *ArcGis* 10.1 para a confecção dos mapas.

Para a confecção do mapa de localização foram utilizados bases de dados gerados por SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já para o levantamento geológico foi elaborado mapa temático da geologia a partir da folha Presidente Kubitschek, que abrange a área de estudo, fornecido pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG).

As informações pedológicas foram adaptadas do mapa de solos de escala de mapeamento 1:650.000, fornecido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), com as informações das classes de solos que abrange a área de estudo.

Quanto aos aspectos climatológicos, a análise em escritório se baseou nos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com o levantamento de informações sobre precipitação e temperatura do município de Diamantina-MG, no qual está

presente a única estação meteorológica que permite coletar informações sobre clima da região na área de estudo. Estas coletas de dados permitiram classificar, segundo Köppen, o clima da região, compreendendo o regime de chuva e a temperatura média da área no período de um ano.

Os trabalhos de campo consistiram numa etapa de reconhecimento da área, com posterior escolha dos locais onde foram feitas as descrições e coletas de amostras de solos, com intuito em realizar as análises laboratoriais, além das primeiras investigações locais com base nos objetivos propostos na pesquisa. Permitiram identificar solos pertencentes a classes intermediárias ou intergrades, o que mostra atuação de diferentes processos de formação dos solos, fato que auxilia na comprovação de que a paisagem está em processo de mudança e os solos se encontram em transformação.

Os campos de reconhecimento e de primeira coleta foram realizados simultaneamente entre os dias 15 e 17 de setembro de 2022. Já o segundo campo de coleta de amostras ocorreu entre os dias 21 e 23 de setembro de 2023. No momento da coleta, realizou-se análises morfológicas de oito perfis de solo, sendo os perfis 1, 2, 3 e 4 próximos ao córrego Sepultura e os perfis 5, 6, 7 e 8 ao córrego Contagem, observando os horizontes presentes, a cor, textura, estrutura, consistência e demais dados necessários para caracterizá-los (SANTOS et al., 2015), utilizando uma ficha de campo de descrição de perfis de solo, esta com indicativos para levantamento descritivo do solo. Foram coletadas amostras deformadas, para análises de granulometria, química e mineralogia; além de amostras indeformadas, para confecção de lâminas delgadas para análise micromorfológica. As amostras indeformadas foram devidamente identificadas e embaladas, visando preservar as suas estruturas para confecção de lâminas delgadas.

3.3.3 Análises em laboratório

As análises em laboratório foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos do IGC-UFMG, com as análises de pH, condutividade elétrica em água, densidade de partícula, granulometria e carbono orgânico, além da separação da fração argila para difratometria de raios-X (DRX). As lâminas delgadas para as análises de micromorfologia do solo foram confeccionadas no Centro de Pesquisas Professor Manoel Teixeira da Costa (CPMTC), em Belo Horizonte.

As amostras deformadas foram deixadas para secar no período de uma semana em local arejado, sendo, em seguida, destorroadas e peneiradas (peneira com malha de 2 milímetros)

para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), utilizada principalmente nas análises granulométricas, mineralogia e carbono orgânico.

Para a aferição do pH foi utilizado o método da Embrapa (DONAGEMMA et al., 2011). A medição de pH em água e em solução de KCl 1 mol.L⁻¹ foi obtida pelo método potenciométrico em suspensão solo:solução igual a 1:2,5.

A condutividade elétrica (CE) do solo pode associar-se a vários fatores, como os teores de água e de argila do solo, permitindo auxiliar na investigação quanto à quantificação de sais presentes nos solos (NADLER & FRENKEL, 1980). Para a execução da análise foi utilizado método adaptado da Embrapa (DONAGEMMA et al., 2011).

A densidade de partícula auxilia, principalmente, na determinação do tempo de decantação do silte e da argila no processo granulométrico. Foram utilizadas técnicas por Viana et al. (2017). Para a granulometria foi executado o método da pipeta, com a separação das frações areia, silte e argila (DONAGEMMA et al., 2011).

Foram realizadas análises de carbono orgânico (CO) (FONTANA & CAMPOS, 2017), também no laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos, através do método via úmida. Na determinação do carbono orgânico (CO) em solo via úmida, através da oxidação com o dicromato de potássio, apenas é quantificado aquele proveniente de materiais orgânicos facilmente oxidáveis ou decomponíveis (FONTANA & CAMPOS, 2017).

Dando prosseguimento às etapas em laboratório, foram realizadas as análises de mineralogia. Nesta etapa foi coletada a argila das amostras dos horizontes e, posteriormente, encaminhadas, já pulverizadas, ao laboratório de Difractometria de Raios-X do CPMTc.

A separação da fração argila foi realizada a partir do procedimento da granulometria, lavando as amostras após mistura da TFSA, água deionizada e dispersante, posteriormente com a agitação, ficando em repouso para o tempo de decantação do silte. Após o tempo de decantação, pipetou-se aproximadamente 125 ml do sobrenadante para coleta de somente a fração argila, levando à estufa a 60 °C. Após o período de secagem em estufa, o material passou por processo de trituração, pulverizando a amostra, passando em seguida em peneira de 200 mesh.

Com o uso da difratometria de raios-X pelo método do pó, as amostras são analisadas com o uso de difratômetro modelo X'Pert-PRO, operando a uma tensão de 40 kv, com corrente de 45 mA. A técnica tem como principal objetivo na identificação de fases cristalinas presentes nas amostras coletadas, com o percentual de cada mineral composto, além de gerar difratogramas com as informações dos picos, sendo em cada um deles correspondendo a um

mineral específico. Este processo é de fundamental importância para levantar a composição mineralógica dos horizontes em que as amostras de solos foram coletadas.

A identificação dos minerais é obtida pelo método Rietveld, sendo baseado na simulação de um espectro digital de difração de raio-X a partir dos dados cristalquímicos presentes nas amostras.

Para a micromorfologia (DONAGEMMA et al., 2011), as amostras indeformadas coletadas em campo, com o auxílio e acomodação de caixetas de papelão, foram embaladas com envolvimento de película de Policloreto de vinila (PVC) transparente e devidamente sinalizadas para armazenamento e transporte ao laboratório (Figura 11).

Figura 11 – Amostras indeformadas coletadas e caixeta de papelão



Fonte: Arquivo pessoal.

Seguindo o método de Castro (2008) e Filizola & Gomes (2006), as amostras, após secagem, passam por impregnação com o uso de resina de poliéster pré-acelerada não expansível, evitando que a mesma possa interferir na estrutura das amostras no processo de secagem e endurecimento. Este processo de endurecimento faz com que o material antes friável se tornasse suficientemente endurecido para, posteriormente, realizar a laminação, confeccionando lâminas delgadas para observação em microscópio óptico polarizante.

As observações e interpretações obtidas pelas análises das lâminas em microscópio obedecem a critérios hierárquicos para melhor aplicação dos conceitos inerentes aos estudos micromorfológicos, sendo subdivididos em atributos, unidades de organização e componentes. Esta ação, obedecendo uma análise hierárquica, permite observar organizações por etapas, o

que auxilia nas interpretações quanto ao processo de formação do solo, das atividades biológicas, dentre outras.

As análises compreendem no contexto geral de cada lâmina, com observação mais ampla da distribuição dos atributos, até as feições menores, o que permite detalhar na caracterização das lâminas e suas especificidades, utilizando o material elaborado por Castro (2008).

As unidades de organização micromorfológica contendo um arranjo próprio são classificadas em três tipos: agregados (terciários, secundários e primários ou elementares, obedecendo a ordem hierárquica entre elas), fundo matricial (poros, material grosso e micromassa) e feição pedológica (cutãs, pedotúbulos, glébulas, cristalárias e excrementos) (CASTRO, 2008).

As observações das lâminas em microscópio são executadas com o auxílio de uma ficha de descrição micromorfológica, o que auxilia na organização das interpretações e dos dados coletados, além de orientação para observar os componentes relatados obedecendo uma ordem hierárquica.

As lâminas são analisadas em conjunto, com a finalidade de realizar algumas interpretações de semelhança entre elas a partir do conteúdo presente no fundo matricial, e separadas, para observar sequências quanto ao conteúdo da pedalidade e do fundo matricial.

As observações das lâminas são realizadas em dois aumentos, 2,5x (gerando imagens amplas e escalas menores) e 10x (para nível de detalhe, buscando analisar feições e escalas maiores), conforme o objetivo da análise. Após às análises, são tiradas fotomicrografias das áreas selecionadas, sendo utilizadas para consulta posteriores e ilustração da pesquisa.

Este processo possibilita estudar detalhadamente as organizações pedológicas, destacados os constituintes dos agregados, seu grau de preservação diante às adições ou perdas, o que permite realizar deduções importantes quanto aos processos geomorfológicos e pedológicos envolvidos nas amostras e nos ambientes coletados.

3.3.4 Análises em escritório

Os resultados das análises em laboratório foram organizados e discutidos tendo como base a bibliografia levantada sobre a temática abordada, procurando comparar os resultados obtidos nesta pesquisa com os encontrados por outros autores.

As observações levantadas neste processo são aplicadas na concepção de evolução da paisagem e do relevo, bem como dos solos presentes nas superfícies abordadas, tendo como

principal auxílio os conceitos de relação solo-paisagem e geomorfológicos. Este processo auxilia na definição de resultados que corroboram com as hipóteses levantadas previamente à execução das atividades.

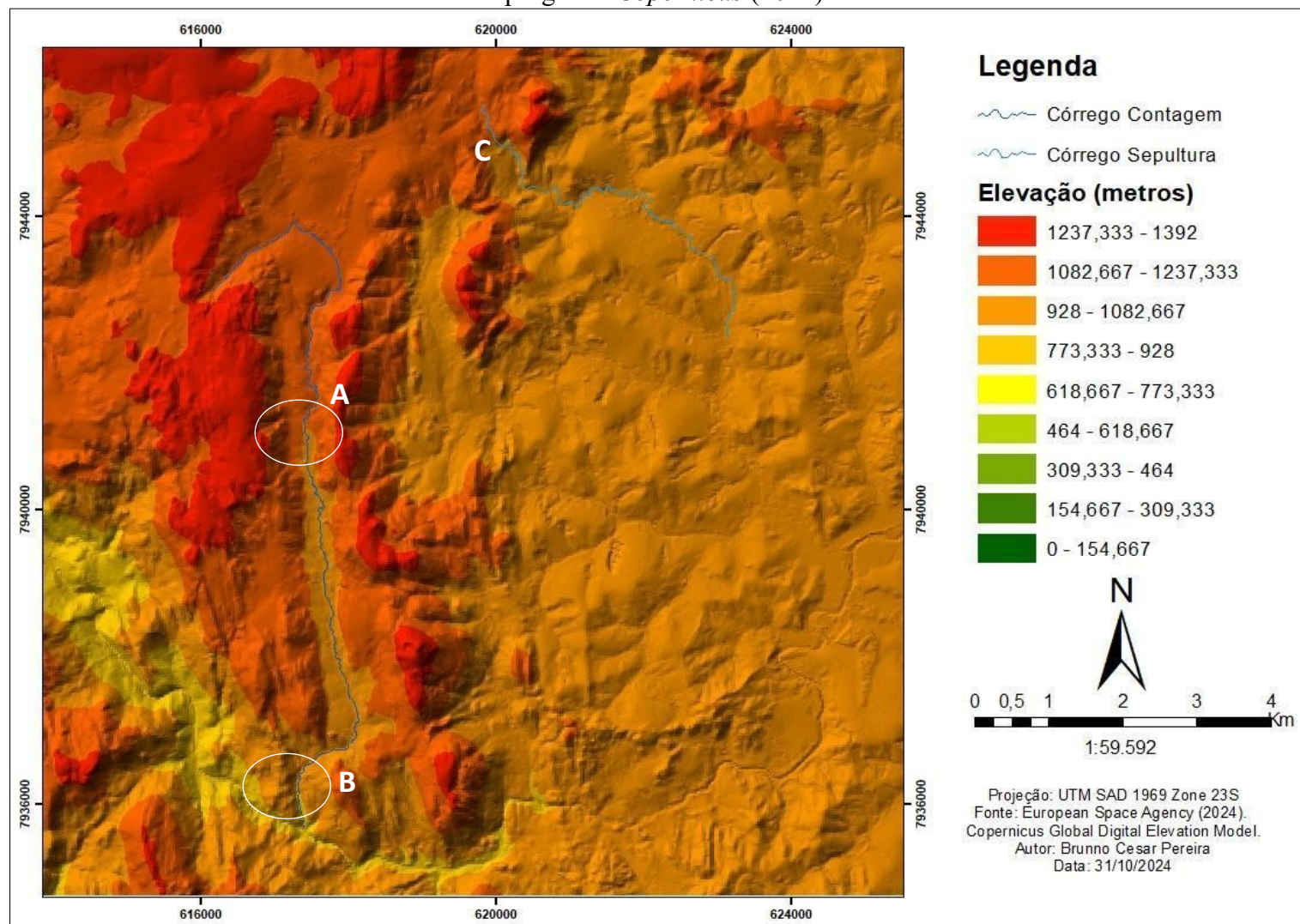
3.4 A morfogênese e estudos de catenas nos córregos Contagem e Sepultura para o entendimento de mudanças de nível de base e compreensão acerca da evolução da paisagem

3.4.1 Análise Geomorfológica

O relevo topográfico exerce um papel controlador importante e essencial sobre as taxas e processos envolvidos na desnudação da paisagem (AHNERT, 1970; MONTGOMERY & BRANDON, 2002 apud GALLEN et al., 2013).

O córrego Contagem, observando as suas cotas altimétricas, apresenta maior variação ao longo do seu curso, sendo mais elevadas próximo à nascente, passando por uma queda altimétrica considerável (A) e outra abrupta próximo ao encontro do rio Paraúna (B) (Figura 12). Em ambas posições encontram-se afloramentos rochosos de origem quartzítica, sugerindo locais de resistência litológica frente às alterações do relevo devido à mudança de nível de base.

Figura 12 – Modelo digital de elevação da área de estudo, com os córregos Contagem e Sepultura em destaque, gerado a partir de dados do programa Copernicus (2014)

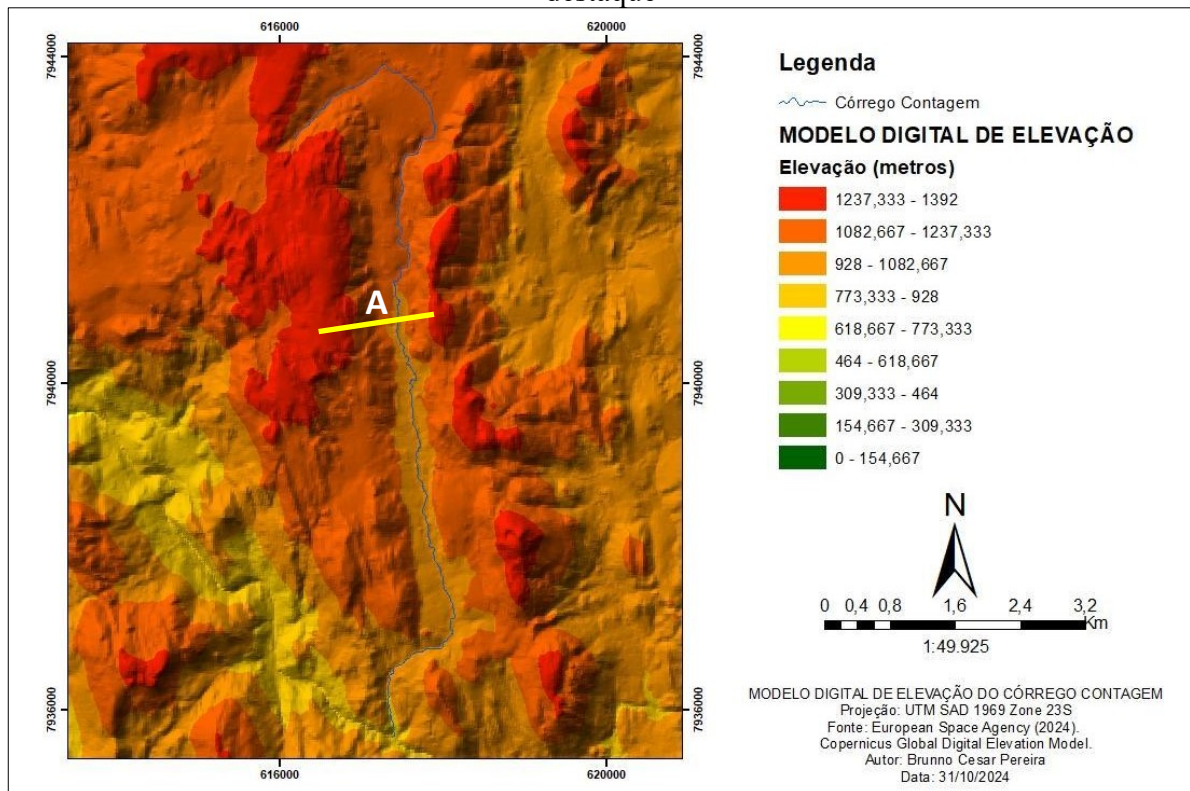


Fonte: Elaborado pelo autor.

O córrego Sepultura apresenta uma queda altimétrica de forte a abrupta próxima a sua cabeceira (C), mantendo cotas aproximadas ao longo de seu curso. Em ambos os córregos há variação altimétrica que define a diferenciação quanto à evolução das superfícies, sendo as posições com cotas altimétricas inferiores, dentro do curso hídrico, consideradas menos evoluídas, pois estão sendo alteradas devido à mudança de nível de base, e as de cotas altimétricas superiores, consideradas mais evoluídas.

A figura 13 apresenta o modelo digital de elevação do córrego Contagem mostrando a diversidade altimétrica.

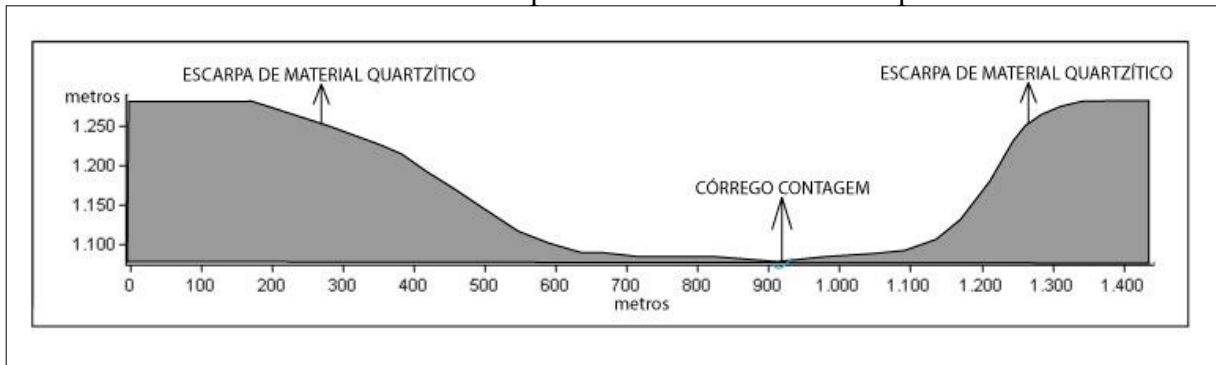
Figura 13 – Modelo Digital de Elevação do córrego Contagem e as cotas altimétricas em destaque



A: Linha tracejada para confecção do perfil topográfico transversal ao leito do córrego Contagem. Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se que o córrego Contagem está encaixado em um vale acidentado, com escarpas em ambos os lados do seu leito. O perfil topográfico gerado transversalmente ao seu leito mostra o encaixe do córrego no vale com escarpas acidentadas (Figura 14).

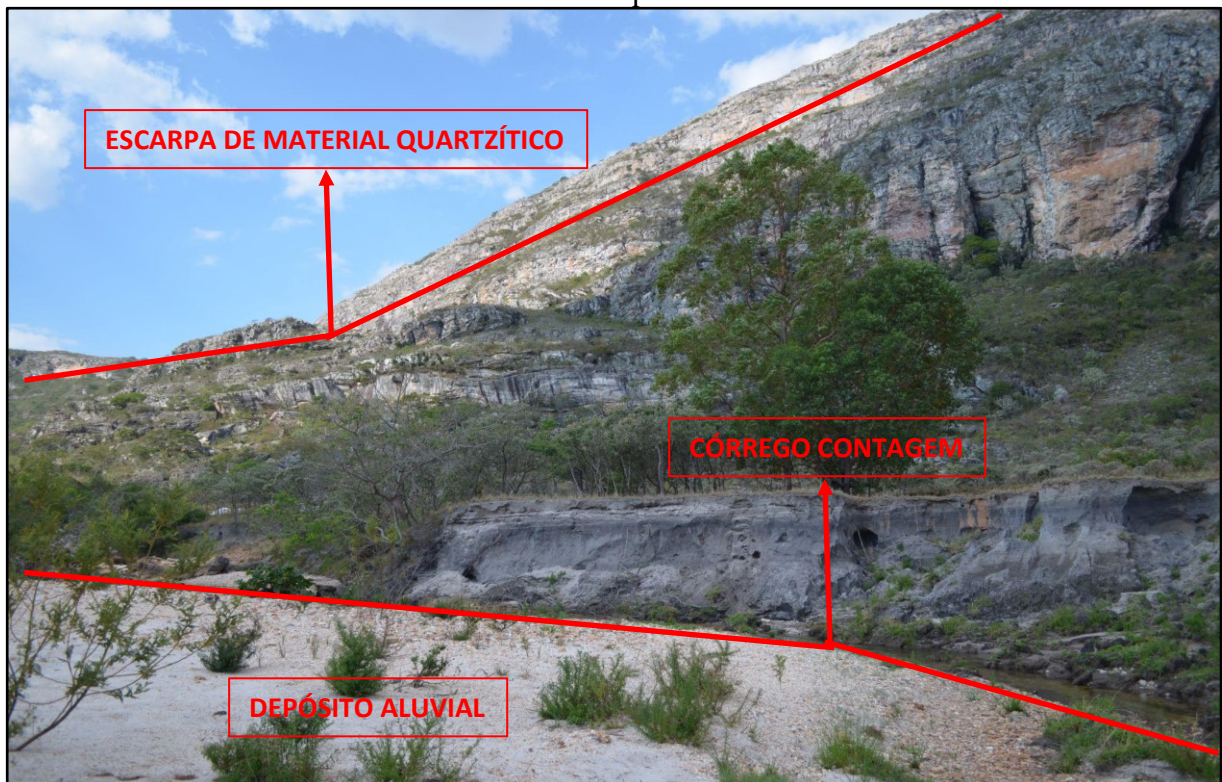
Figura 14 – Perfil topográfico transversal ao leito do córrego Contagem destacando o seu encaixe no vale com escarpas acidentadas de material quartzítico



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas escarpas, encontram-se afloramentos quartzíticos, principalmente nos divisores de água, o que mostra a resistência desse material litológico frente ao intemperismo e ao processo erosivo. Em algumas posições ao longo do córrego Contagem, em relevo menos acidentado, ocorre acúmulo de material deposicional, formando algumas ilhas ou porções nas laterais de sua borda, por apresentar processo de deposição maior que o de erosão (Figura 15).

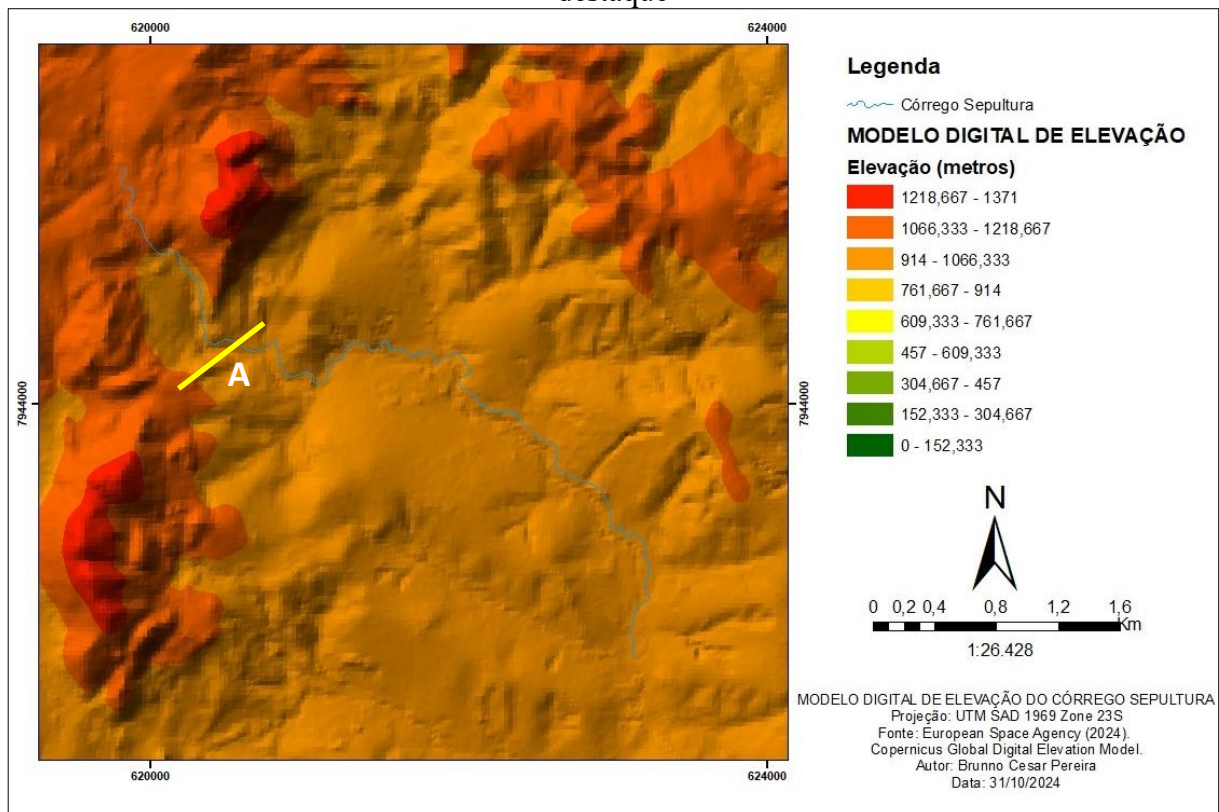
Figura 15 – Visão de parte do córrego Contagem destacando uma parcela da escarpa com afloramento quartzítico



Fonte: Arquivo pessoal.

O córrego Sepultura encontra-se encaixado em um relevo menos acidentado, tendo em algumas porções ao longo do seu curso um relevo mais plano, porém o poder erosivo do sistema fluvial está estratificando, aprofundando o seu leito (Figura 16).

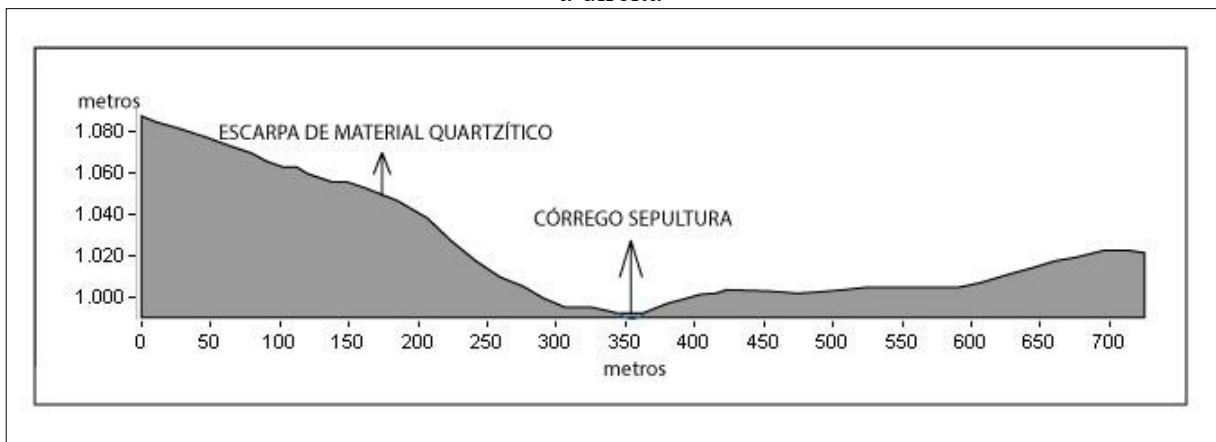
Figura 16 – Modelo Digital de Elevação do córrego Sepultura e as cotas altimétricas em destaque



A: Linha tracejada para confecção do perfil topográfico transversal ao leito do córrego Sepultura. Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 17 apresenta o perfil topográfico gerado transversalmente ao leito do córrego Sepultura, mostrando como se encontra o seu encaixe no relevo atual.

Figura 17 – Perfil topográfico transversal ao leito do córrego Sepultura destacando o seu encaixe no vale com escarpa acidentada de material quartzítico a esquerda e relevo ondulado a direita



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além das observações citadas anteriormente a respeito do córrego Sepultura, como visto no córrego Contagem, há deposição de material sedimentar nas porções do relevo menos acidentado (Figura 18).

Figura 18 - Visão de parte do córrego Sepultura destacando o rebaixamento do seu leito devido ao processo erosivo do seu canal



Fonte: Acervo pessoal.

Em relação aos solos localizados nos córregos Contagem e Sepultura, foram analisadas catenas correspondentes, com coleta e descrição dos solos, para corroborar com as concepções geomorfológicas descritas, em que as superfícies à jusante estão em processo evolutivo e superior em relação às superfícies localizadas à montante dos córregos.

3.4.2 Análise Pedológica

3.4.2.1 Atributos Morfológicos

Em campo, foram realizadas análises morfológicas dos perfis coletados (Tabela 1), que auxiliaram nas primeiras observações pedológicas.

Tabela 1 – Análise morfológica dos perfis da área de estudo

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Cor Munsell		Textura	Estrutura ⁽¹⁾	Consistência ⁽²⁾	Mosqueado ⁽³⁾	Transição
			Úmida	Seca					
Gleissolo (com registros de características organossólicas) / Relevo plano (4)									
1	B	4-31	7,5YR 4/4	10YR 6/6	Franco	mod. a fo. peq. bl. sub.	lig.dr., mfri., mplás. e lig.peg.	-	clara e plana
	2C ₁	31-48	2,5YR 3/2	2,5Y 4/1	Franco	maciç. e fr. méd. gr. bl. sub.	dr., mfri., plás. e lig.peg.	-	gradual e plana
	2C ₂	48-79	2,5Y 5/2	2,5Y 5/2	Franco	maciç. e fr. méd. gr. bl. sub.	ext.dr., mfri., plás. e lig.peg.	-	abrupta e plana
	3Ab	79-106	5Y 2,5/1	5Y 3/1	Franco arenosa	maciç. e fr. méd. gr. bl. sub.	lig.dr., mfri., plás. e lig.peg.	-	abrupta e plana
	3C ₁	106-118 ⁺	2,5Y 6/3	2,5Y 6/2	Franco arenosa	maciç. e fr. méd. gr. bl. sub.	ext.dr., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	-
	3C ₂					NÃO DESCRITO E NÃO COLETADO			
Cambissolo (com registros de características organossólicas) / Relevo plano (5)									
2	A	0-46	2,5Y 2,5/1	2,5Y 4/2	Franco siltosa	mod. méd. gr. gran.	mac., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e plana
	Cg	46-77	2,5Y 4/4	2,5Y 3/3	Franco argilosa	maciç. e fr. gr. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	dist. peq. e abu. Cor: 7,5YR 5/6	gradual e plana
	C ₂	77-91			NÃO DESCRITO E NÃO COLETADO				gradual e plana
	2Ab	91-153 ⁺	2,5Y 2,5/1	2,5Y 2,5/1	Franco siltosa	mod. gr. bl. sub.	mac., mfri., plás. e lig.peg.	-	-
Neossolo Quartzarênico / Relevo plano (6)									
3	A	0-2			NÃO DESCRITO E NÃO COLETADO				gradual e plana
	C ₁	2-10	10YR 3/3	10YR 5/3	Areia	fr. mpeq. bl. sub.	mac., mfri., nplás. e lig.peg.	-	gradual e plana
	C ₂	10-36	10YR 3/3	10YR 6/2	Areia franca	fr. peq. a mpeq. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e plana
	2C ₁	36-70	10YR 3/3	10YR 6/2	Areia franca	fr. mpeq. bl. sub.	mac., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	clara e plana
	2C ₂	70-102	10YR 4/6	10YR 6/4	Areia franca	fr. mpeq. bl. sub.	mac., fir., plás. e lig.peg.	-	abrupta e plana
	3C ₁	102-162	10YR 2/2	10YR 4/2	Franco arenoso	maciç. que se desfaz em fo. gr. bl. sub.	dr., fir., plás. e lig.peg.	-	clara e plana
	3C ₂	162-190 ⁺	10YR 2/2	10YR 5/2	Areia franca	mod. méd. bl. sub.	mac., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	-

(1) maciç.: maciça, fr.: fraca, mod.: moderada, fo.:forte; mpeq.: muito pequena, peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande, mgr.: muito grande; gran.: granular, bl. ang.: blocos angulares, bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática. (2) so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso. (3) dist.: distinta, peq.: pequena, abu.: abundante. (4) Foi observado presença de horizonte A com espessura de 4 cm, não descrito e não coletado, acima do horizonte B. (5) Horizonte C₂ não foi descrito e coletado. Foi observado presença de um horizonte 3C₂ logo abaixo do horizonte 3C₁, com coloração variegada vermelho-amarelo e vermelho, não descrito e não coletado. (6) não coletado o horizonte A devido à pequena expressão.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Continua ...

...continuação

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Cor Munsell		Textura	Estrutura ⁽¹⁾	Consistência ⁽²⁾ seco, úmido, molhado	Mosqueado ⁽³⁾	Transição
			Úmida	Seca					
Espodossolo Humilúvico / Relevo ondulado									
4	A ₁	0-9	5Y 2,5/1	2,5Y 4/1	Areia franca	fr. mpeq. bl. sub.	mac., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	clara e plana
	A ₂	9-26	5Y 2,5/1	5Y 2,5/1	Areia franca	mod. méd. a gr. bl. sub.	lig.dr., fri., mplás. e lig.peg.	-	clara e plana
	2E	26-75	5Y 2,5/1	5Y 8/1	Areia	fr. peq. bl. sub.	mac., fir., nplás. e lig.peg.	dist. peq. e abu. Cor: 7,5YR 5/8	clara e plana
	2Bh	75-150 ⁺	2,5Y 4/1	5Y 2,5/1	Franca	maciç. que se desfaz em fo. mgr. bl. sub.	- , fir., mplás e peg. (4)	-	-
Neossolo Flúvico / Relevo plano									
5	A	0-10	5Y 2,5/1	2,5Y 4/1	Areia franca	mod. peq. bl. sub.	dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	difusa e plana
	C ₁	10-36	2,5YR 3/2	2,5Y 5/1	Areia franca	fr. mpeq. Bl. sub.	mac., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	clara e plana
	C ₂	36-48	2,5YR 3/2	5Y 6/1	Areia franca	mod. peq. bl. sub.	lig.dr., fri., plás. e lig.peg.	-	clara e plana
	2C ₁	48-55	2,5YR 3/2	5Y 6/1	Areia	gra.sim. torr. méd. bl. sub.	so., so., nplás. E npeg.	-	clara e plana
	3C ₁	55-73	5Y 2,5/1	5Y 5/1	Areia franca	fr. peq. bl. sub.	mac., mfri., plás. e lig.peg.	-	difusa e plana
	4C ₁	73-83	5Y 2,5/1	5Y 4/1	Areia	mod. méd. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás. a nplás. e npeg.	-	clara e plana
	5C ₁	83-110	5Y 2,5/1	5Y 3/1	Areia franca	mod. méd. bl. sub.	lig.dr., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	clara e plana
	6C ₁	110-174	5Y 2,5/1	2,5YR 3/2	Areia franca	mod. a fo. gr. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e plana
6C ₂	174-272 ⁺	5Y 2,5/1	2,5YR 3/2	Franco arenoso	fo. gr. a mgr. Bl. sub.	dr., fir., lig.plás. e lig.peg.	-	-	

(1) maciç.: maciça, fr.: fraca, mod.: moderada, fo.:forte; mpeq.: muito pequena, peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande, mgr.: muito grande; gran.: granular, bl. ang.: blocos angulares, bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática. (2) so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso. (3) dist.: distinta, peq.: pequena, abu.: abundante. (4) não foi analisado consistência seco por conta do horizonte estar em ambiente encharcado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Continua ...

...continuação

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Cor Munsell		Textura	Estrutura ⁽¹⁾	Consistência ⁽²⁾		Mosqueado	Transição
			Úmida	Seca			seco, úmido, molhado			
Neossolo Quartzarênico / Relevo plano										
6	A ₁	0-10	5Y 2,5/1	2,5Y 2,5/1	Franco arenoso	fr. mpeq. bl. sub.	mac., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e ondulada	
	A ₂	10-24	10YR 2/1	2,5Y 2,5/1	Franco arenoso	fr. peq. bl. sub.	lig.dr., fir., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e ondulada	
	A ₃	24-46	10YR 2/1	2,5Y 2,5/1	Franco arenoso	fr. a mod. peq. bl. sub.	lig.dr. a dr., fir., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e ondulada	
	CA	46-60	10YR 2/1	10YR 3/1	Franco arenoso	fr. mpeq. bl. sub.	mac. a lig.dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e ondulada	
	C ₁	60-88	10YR 2/2	10YR 4/1	Franco arenoso	fr. peq. bl. sub.	lig.dr. a dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e ondulada	
	C ₂	88-108 ⁺	10YR 2/2	10YR 5/1	Franco arenoso	fr. peq. bl. sub.	lig.dr. a dr., mfri., lig.plás. e lig.peg.	-	-	
Neossolo Regolítico / Relevo plano										
7	A	0-12	2,5Y 2,1/1	2,5Y 2,1/1	Franco	fo. a mod. méd. gran.	mac., mfri., plás. e lig.peg.	-	gradual e plana	
	AC	12-84	2,5Y 2,5/1	2,5Y 4/1	Franco siltosa	maciç. que se desfaz em fr. méd. gr. bl. sub.	dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	gradual e plana	
	C	84-210 ⁺	2,5Y 2,5/1	2,5Y 3/1	Franco	maciç. que se desfaz em fr. méd. gr. bl. sub.	dr., fri., plás. e lig.peg.	-	-	
Organossolo / Relevo declive										
8	A ₁	0-40	10YR 2/1	5Y 2,5/1	Franco arenosa	mod. a fo. méd. bl. ang.	dr., mfir., plás. e lig.peg.	-	difusa e ondulada	
	A ₂	40-63	10YR 2/1	5Y 2,5/1	Franco argilo arenosa	fr. a mod. méd. bl. ang.	dr., mfir., plás. e lig.peg.	-	difusa e ondulada	
	AC	63-118	10YR 2/1	2,5Y 3/1	Franco	fr. a mod. peq. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	difusa e ondulada	
	C	118-143 ⁺	5Y 2,5/1	2,5Y 4/1	Areia franca	fr. a mod. peq. bl. sub.	lig.dr., fri., lig.plás. e lig.peg.	-	-	

(1) maciç.: maciça, fr.: fraca, mod.: moderada, fo.:forte; mpeq.: muito pequena, peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande, mgr.: muito grande; gran.: granular, bl. ang.: blocos angulares, bl. sub.: blocos subangulares, prism.:prismática. (2) so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.:muito pegajoso.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Além dos perfis analisados, foram observados três pontos, alguns muito semelhantes aos demais perfis, sendo eles o ponto 1, com características semelhantes ao perfil 7; ponto 2, perfil laterítico, com grande presença de plintitas em posição elevada no relevo; e o ponto 3, com grande acúmulo de material orgânico no topo da vertente.

No perfil 1, Cambissolo, com características organossólicas, localizado no córrego Sepultura (18°35'21.18"S e 43°50'43.29"O), a 990 metros de altitude, foram coletados e descritos cinco horizontes (B, 2C₁, 2C₂, 3Ab e 3C₁), com exceção do horizonte A, que tem uma espessura de aproximadamente 4 cm, dificultando a coleta e análise do mesmo, além do horizonte 3C₂, devido à dificuldade de acesso nessa posição do perfil (Figura 19).

Figura 19 – Perfil 1 da área de estudo localizado no córrego Sepultura



Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil apresenta um horizonte B com características bem diferentes dos demais horizontes, o que sugere um possível soterramento dos horizontes inferiores, que apresentam coloração, textura, estrutura e consistência bem distintas.

Quanto à transição, entre os horizontes 2C₂ e 3Ab é classificada como abrupta, marcando bem a separação entre eles. Do horizonte B ao 2C₁ é bem visível a sua transição, sendo classificada como clara.

Todos os horizontes apresentam plasticidade considerável, com destaque ao horizonte B, tendo como classificação muito plástico, o que é justificado pela textura mais argilosa. Ocorre uma redução da plasticidade em profundidade no perfil, destacando o horizonte 3C₁, que foi classificado como ligeiramente plástico.

Os Cambissolos são solos que apresentam grande variação em termos de profundidade, ocorrendo desde solos mais rasos a aprofundados, além de apresentarem variabilidade em relação às demais características pedológicas. Podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre um horizonte B incipiente (Bi), diferenciando, também, nas suas cores. Ocorrem disseminados em todas as regiões do Brasil, se destacando em áreas serranas e montanhosas (IBGE, 2015).

O perfil 2, classificado como Gleissolo, também com características organossólicas, localizado no córrego Sepultura (18°35'19.37"S e 43°50'45.57"O), a 962 metros de altitude, apresenta uma coloração escura proveniente do acúmulo de material orgânico (Figura 20), com processo de gleização e mosqueamento abundante ao longo do perfil. A transição entre os horizontes é gradual e plana, além de apresentar textura franco siltosa. Esse acúmulo de material orgânico, bem como de carbono orgânico levantado em laboratório, leva à classificação como organossólico, indicando transformação desse solo nesta posição da paisagem.

A presença de mosqueados no perfil é proveniente da constante oscilação do nível freático. Em ambientes redutores, com excesso de água, o ferro se encontra na forma reduzida. A retirada desse excesso ou a flutuação do nível freático, torna o ambiente oxidante, levando à precipitação do ferro, na forma oxidada, em posições preferenciais e pontuais no perfil do solo, que se apresenta com coloração amarela ou vermelha, caracterizando os mosqueados (Figura 21). Segundo Augustin et al. (2013), a variação hídrica, associada ao ferro, no perfil de solo, pode ser classificada como o Modelo de Oscilação do Nível Freático, que consiste na acumulação e precipitação do ferro no perfil pela variação sazonal da zona de saturação, tendo o ferro reduzido com a presença de água e ferro oxidado com ausência da mesma no sistema.

Figura 20 – Perfil Gleissolo, com características organossólicas, da área de estudo localizado no córrego Sepultura



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 21 – Grande presença de mosqueados no perfil 2



Fonte: Arquivo pessoal.

Foram descritos e coletadas amostras de três horizontes no perfil 2 (A, Cg e 2Ab), com exceção de um dos horizontes (C₂), por apresentar uma espessura pequena e características muito semelhantes ao horizonte superior, Cg.

Os Gleissolos são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento (margens de rios, ilhas, grandes planícies, etc.). Apresentam cores acinzentadas, azuladas ou

esverdeadas, dentro de 50cm da superfície (IBGE, 2015). Esta classe foi encontrada na área e estudo sob influência do córrego Sepultura, apresentando cor acinzentado na posição do perfil onde a ação hídrica é mais atuante.

O perfil 3 (18°35'22.31"S e 43°51'6.92"O), Neossolo Quartzarênico, com horizontes A, C₁, C₂, 2C₁, 2C₂, 3C₁, 3C₂, (Figura 22) localiza-se mais a montante do perfil 2, a 1020 metros de altitude, inserida na mata as margens do córrego Sepultura. Nas proximidades há predominância de solos mais arenosos, sendo que o perfil 3 se destaca no local devido à presença de material orgânico acumulado em profundidade. Apresenta estrutura em blocos subangulares, porém com consistência variando em profundidade, principalmente o horizonte 3C₁, com grande plasticidade.

Figura 22 – Perfil 3 da área de estudo localizado às margens do córrego Sepultura



Fonte: Arquivo pessoal.

Os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, além de apresentarem, em sua maioria, ausência de horizontes glei, vértico, plíntico e A chernozêmico. Ocorrem em praticamente todas as regiões do país, não possuindo

uma representatividade espacial expressiva, ou seja, ocorrem de forma dispersa em ambientes específicos, como em planícies à margem de rios e córregos (Neossolos Flúvicos) e nos relevos muito acidentados (Neossolos Litólicos) (IBGE, 2015). Os Neossolos Quartzarênicos, classificados devido à textura areia ou areia franca em todos os horizontes, suas posições no relevo permitem maior acúmulo desta fração (IBGE, 2015).

O perfil 4 (horizontes A1, A2, 2E e 2Bh) (Figura 23), Espodossolo Humilúvico, localizado próximo à estrada de terra que dá acesso à Comunidade do Camilinho, sentido ao córrego Sepultura, em uma altitude de 1083 metros, está em um ambiente úmido, sofrendo grande influência das condições de excesso de água em profundidade. Devido à influência hídrica e do acúmulo de material orgânico, o horizonte B apresenta uma estrutura maciça, mas que se desfaz em blocos subangulares muito grande e forte.

Figura 23 – Perfil 4 da área de estudo próximo à Comunidade do Camilinho



Fonte: Arquivo pessoal.

No horizonte 2E há presença de mosqueados, o que mostra a ocorrência de oxidação onde se concentra porções de ferro dentro desse horizonte (Figura 24). Com a alteração do relevo e na paisagem devido à ocorrência da mudança de nível de base, reduzindo a influência hídrica no local, futuramente os mosqueados poderão passar pela ação de endurecimento, caracterizando um processo de plintização e/ou laterização.

Figura 24 – Ocorrência de mosqueados (oxidação) em porções no horizonte E



Fonte: Arquivo pessoal.

Os Espodossolos são solos bastante característicos em razão de sua gênese. Apresentam diferenciação significativa entre os horizontes e, na maioria das vezes, têm um horizonte espódico (Bh) de cores escurecidas ou avermelhadas/amareladas, precedido de um horizonte eluvial (E) (IBGE, 2015). Por apresentar caráter espódico, com acúmulo iluvial de complexos organometálicos, além de ser um solo localizado em ambiente de encharcamento e relevo suave ondulado, o perfil estudado se enquadra na classe dos Espodossolos, principalmente por se tratar de solo com materiais arenoquartzosos.

Já o perfil 5 (A, C₁, C₂, 2C₁, 3C₁, 4C₁, 5C₁, 6C₁ e 6C₂) (18°36'52.95"S e 43°53'7.38"O), Neossolo Flúvico, localizado a 1088 metros de altitude em um vale por onde permeia o córrego Contagem, apresenta diferenciações entre os horizontes. Há acúmulo de material orgânico em profundidade, dando uma característica escurecida nesta posição, muito diferente em relação ao entorno do local de coleta, com solos mais avermelhados sendo exibidos no corte da estrada.

No perfil, há uma camada arenosa de grãos soltos não plástica e não pegajosa, levando à hipótese de que houve uma deposição de material nesta posição (Figura 25).

Figura 25 – Perfil 5 da área de estudo localizado às margens do córrego Contagem



Fonte: Arquivo pessoal.

O Neossolo Flúvico é um solo derivado de sedimentos aluviais, apresentando caráter flúvico, sendo associado ao local de sua ocorrência, que permite o acúmulo de sedimentos (IBGE, 2015).

O perfil 6 ($18^{\circ}36'35.37''S$ e $43^{\circ}53'17.70''O$), Neossolo Quartzarênico, localizado próximo ao ponto 1, está a uma altitude de 1101 metros e apresenta cor acinzentada escura, com um tom mais claro no centro do perfil (Figura 26). Com os horizontes subdivididos em A₁, A₂, A₃, AC, C₁ e C₂, o perfil encontra-se no vale próximo ao córrego Contagem, estando a uma altitude inferior ao perfil 3 e 4. Sua estrutura em campo é composta por blocos subangulares, apresentando grau de desenvolvimento fraco nos horizontes mais profundos.

O perfil apresenta pequenas variações ao longo do perfil, o que demonstra processos de transformações desse solo, principalmente ao analisar a composição de areia fina e grossa em laboratório, que permitiu aferir uma possível descontinuidade litológica.

Figura 26 – Perfil 6 da área de estudo localizado próximo ao córrego Contagem



Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 7, Neossolo Regolítico, localizado no córrego Contagem ($18^{\circ}35'38.72''S$ e $43^{\circ}53'24.95''O$), a 1160 metros de altitude, apresentou três horizontes coletados e descritos (A, AC e C) (Figura 27).

Figura 27 – Perfil 7 da área de estudo localizado no córrego Contagem



Fonte: Arquivo pessoal.

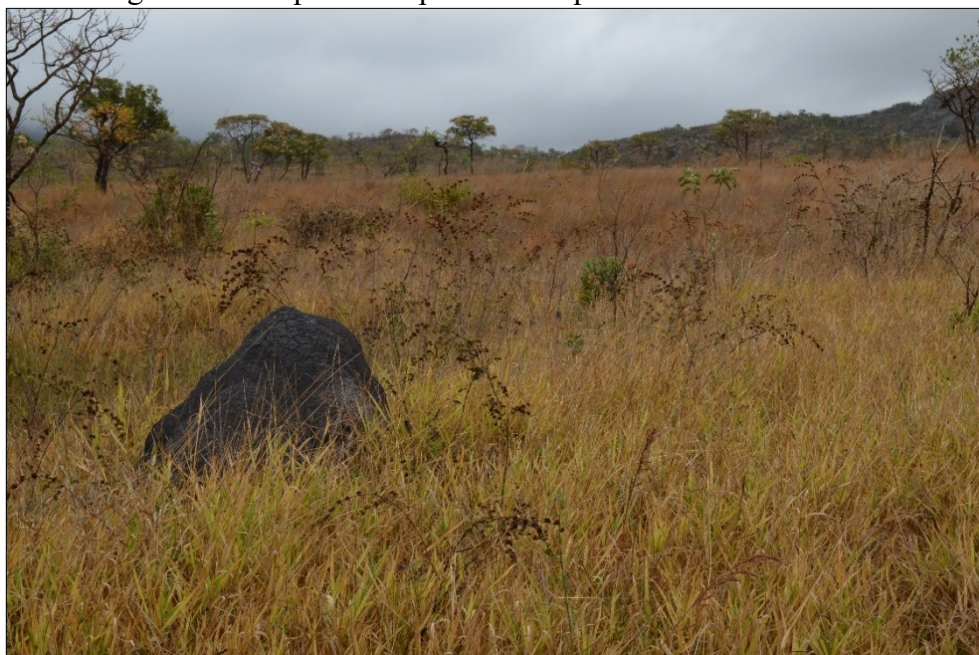
O perfil é bastante homogêneo, com transição gradual, o que dificulta a separação entre os horizontes, além de apresentar coloração semelhante, tanto úmida quanto seca.

O horizonte superficial A apresenta estrutura que se distingue em relação aos horizontes inferiores, principalmente por se tratar da influência da matéria orgânica, dificultando a coleta da amostra indeformada para a análise micromorfológica.

Como um dos perfis localizados mais próximos ao topo da vertente, o perfil 4 apresenta menores informações quanto à transformação pedológica, o que implica na menor ação dos agentes de transformação dos solos, principalmente pela sua posição na paisagem se tratar da baixa influência da mudança de nível de base.

Próximo ao perfil 7, é possível observar um grande número de cupinzeiros, que revela a composição do solo em subsuperfície, apresentando coloração escurecida proveniente do maior acúmulo de matéria orgânica (Figura 28).

Figura 28 – Cupinzeiros próximo ao perfil 7 da área de estudo



Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 8, Organossolo, localizado no córrego Contagem ($18^{\circ}35'18.31''S$ e $43^{\circ}53'35.86''O$), a 1159 metros de altitude, encontra-se sob vegetação de samambaias, com muito umidade devido à presença de um pequeno curso d'água na proximidade. Foram descritos e coletadas amostras de quatro horizontes (A_1 , A_2 , AC e C), com coloração escura por conta do grande acúmulo de material orgânico (Figura 29). Nota-se certa homogeneidade entre os horizontes, a mesma observada no perfil 3. Nesta posição da paisagem, as transformações decorrentes da mudança de nível de base são inferiores em relação aos demais perfis localizados a jusante dos córregos.

Figura 29 – Perfil 8 da área de estudo localizado próximo ao córrego Contagem



Fonte: Arquivo pessoal.

Os pontos observados em campo, nomeados como ponto 1, perfil laterítico (ponto 2) e ponto 3, não foram descritos e coletados, mas auxiliaram em alguns debates quanto à evolução da paisagem na região. O ponto 1, localizado nas coordenadas $18^{\circ}36'34.95''\text{S}$ e $43^{\circ}53'16.95''\text{O}$ (1101 metros de altitude), é muito semelhante ao perfil 7, Neossolo Regolítico, ambos localizados no córrego Contagem (Figura 30).

Figura 30 – Perfil do ponto 1 localizado próximo ao córrego Contagem, semelhante ao perfil 7 da área de estudo



Fonte: Arquivo pessoal.

Já o perfil laterítico (ponto 2) se localiza próximo ao perfil 7, com grande presença de lateritas, estando nas coordenadas $18^{\circ}35'35.19''\text{S}$ e $43^{\circ}53'25.74''\text{O}$, a 1166 metros de altitude, próximo ao topo da vertente (Figura 31). A presença de lateritas logo acima do perfil 7 confirma a transformação dos solos que está ocorrendo na área, podendo associar à hipótese de que houve mudança de nível de base, acarretando na retirada das condições hidromórficas, oxidando o ferro presente no perfil do solo.

Figura 31 – Perfil com laterização (a seta indica a presença de petroplintita)



Fonte: Arquivo pessoal.

O ponto 3, localizado no topo da vertente ($18^{\circ}35'21.33''\text{S}$ e $43^{\circ}53'45.38''\text{O}$), a 1249 metros de altitude, se destaca pelo seu acúmulo de material orgânico na parte superior da vertente, sendo exposto pelo corte ocasionado por sulcos erosivos. Algumas das hipóteses para esse acúmulo de material orgânico foram destacadas por Dias (2020), em que o quartzito assume o papel impermeabilizante (Figura 32), em função da sua resistência ao intemperismo, levando à formação de um piso mais aplainado que favorece o acúmulo de água e o consequente acúmulo de matéria orgânica.

Figura 32 – Corte com acúmulo de material orgânico



Fonte: Arquivo pessoal.

3.4.2.2 Atributos Físicos

Textura, Relações Silte/Argila e Areia Fina/Areia Grossa (AF/AG)

Quando se trata de evolução do solo e desenvolvimento pedológico, a análise granulométrica é de fundamental importância para avaliar o comportamento textural dos solos, permitindo associar às outras observações e análises realizadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição granulométrica dos perfis da área de estudo

Perfis	Horizontes	Composição Granulométrica				Classe Textural	Silte/Argila	AF/AG
		g.kg ⁻¹						
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
Perfil 1 Cambissolo	B	174	277	289	260	Franco	1,11	1,59
	2C ₁	44	468	299	189	Franco	1,57	10,71
	2C ₂	63	332	360	244	Franco	1,47	5,23
	3Ab	104	419	292	185	Franco arenosa	1,58	4,03
	3C ₁	165	498	228	108	Franco arenosa	2,10	3,01
Perfil 2 Gleissolo	A	37	168	561	235	Franco siltosa	2,38	4,57
	Cg	4	303	585	107	Franco argilosa	5,44	73,95
	2Ab	40	270	419	270	Franco siltosa	1,54	6,68
Perfil 3 Neossolo Quartzarênico	C ₁	281	586	103	29	Areia	3,57	2,09
	C ₂	197	648	131	24	Areia franca	5,49	3,29
	2C ₁	214	621	141	24	Areia franca	5,84	2,90
	2C ₂	5	714	261	20	Areia franca	13,35	137,35
	3C ₁	152	521	239	88	Franco arenoso	2,70	3,42
	3C ₂	179	655	108	58	Areia franca	1,86	3,66

Fonte: Elaborada pelo autor.

Continua...

...continuação

Perfis	Horizontes	Composição Granulométrica				Classe Textural	Silte/Argila	AF/AG
		g.kg ⁻¹						
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
Perfil 4 Espodossolo Humilúvico	A ₁	74	740	157	29	Areia franca	5,39	10,00
	A ₂	77	709	194	19	Areia franca	9,95	9,26
	2E	38	801	157	3	Areia	46,86	20,81
	2Bh	54	443	366	137	Franca	2,68	8,27
Perfil 5 Neossolo Flúvico	A	149	647	146	57	Areia franca	2,55	4,33
	C ₁	245	563	160	32	Areia franca	4,92	2,29
	C ₂	175	585	214	25	Areia franca	8,40	3,35
	2C ₁	713	243	19	25	Areia	0,76	0,34
	3C ₁	338	478	162	22	Areia franca	7,37	1,42
	4C ₁	593	290	82	35	Areia	2,37	0,49
	5C ₁	262	538	129	71	Areia franca	1,82	2,05
	6C ₁	139	618	179	64	Areia franca	2,81	4,43
6C ₂	136	605	176	82	Franco arenoso	2,14	4,45	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Continua...

...continuação

Perfis	Horizontes	Composição Granulométrica				Classe Textural	Silte/Argila	AF/AG
		g.kg ⁻¹						
		Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			
Perfil 6 Neossolo Quartzarênico	A1	301	354	190	155	Franco arenoso	1,23	1,18
	A2	273	311	288	128	Franco arenoso	2,25	1,14
	A3	340	234	274	152	Franco arenoso	1,81	0,69
	AC	443	320	118	119	Franco arenoso	0,99	0,72
	C1	412	320	166	102	Franco arenoso	1,62	0,78
	C2	404	286	205	105	Franco arenoso	1,96	0,71
Perfil 7 Neossolo Quartzarênico	A	95,8	226,2	477,8	200,1	Franco	2,38	2,36
	AC	52,9	124,9	581,6	240,7	Franco siltosa	2,41	2,36
	C	79,5	297,3	439,2	184,1	Franco	2,38	3,74
Perfil 8 Organossolo	A ₁	358	187	264	190	Franco arenoso	1,39	0,52
	A ₂	358	137	281	223	Franco argilo arenosa	1,26	0,38
	AC	284	197	340	179	Franco	1,90	0,69
	C	577	208	142	73	Areia franca	1,96	0,36

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na descrição dos horizontes estudados nos perfis de solos há indícios de descontinuidade litológica, o que foi corroborado com o auxílio das análises granulométricas. Segundo Novaes Filho et al. (2012), existem alguns indicadores que mostram possíveis descontinuidades litológicas no perfil do solo, sendo alguns deles a presença de linha de pedra, a relação K_i e K_r , além da relação areia fina/areia grossa (AF/AG).

No Cambissolo, com características organossólicas (perfil 1), o teor de areia total aumenta em profundidade, sendo que alguns horizontes apresentam valores acima de 550 g.kg^{-1} , passando de textura franco para franco arenosa, com exceção do horizonte $2C_2$, onde ocorre redução considerável de areia total com o aumento do silte e argila. Há um aumento da relação silte/argila entre os horizontes B e $2C_1$, em que este último apresenta redução do teor de argila e aumento do silte, se mantendo em profundidade até atingir o horizonte mais inferior $3C_1$, localizado no horizonte supostamente soterrado, que, com a redução considerável do teor de argila, apresentou relação silte/argila elevada comparando os demais horizontes do perfil 1. No perfil 1 ocorre um acréscimo na relação AF/AG entre os horizontes B e $2C_2$, decrescendo entre os horizontes $2C_2$ e $3Ab$. Essas diferenças texturais indicam descontinuidades litológicas.

Para o Gleissolo, também com características organossólicas (perfil 2), o teor de areia total aumenta com a profundidade, sendo o teor de areia fina apresentando um maior aumento, enquanto o teor de areia grossa reduz. A relação silte/argila do perfil 2 decresce do horizonte A ao C_g , o que demonstra processo evolutivo em profundidade. Entre os horizontes C_g e $2Ab$ do perfil 2 há uma grande variação na relação AF/AG, o que indica uma descontinuidade litológica. Novaes Filho et al. (2012) constataram que a relação AF/AG, além da relação Zr/Ti , foram mais eficientes na identificação de descontinuidades de material de origem, mas nunca descartando outros tipos de indicadores.

O perfil 3 (Neossolo Quartzarênico), localizado próximo ao perfil 2 na área de estudo, apresentou uma grande variação de AF/AG entre os horizontes $2C_1$ e o subjacente, tendo um valor muito superior em relação aos demais horizontes dos perfis, marcando bem a descontinuidade litológica nesta posição, com baixo teor de areia grossa.

Já o perfil 4 (Espodossolo Humilúvico), localizado próximo ao sopé do interflúvio das bacias dos córregos Contagem e Sepultura, apresenta características bem diferentes em relação aos demais perfis. O perfil apresenta um horizonte eluvial (2E), com perda de material orgânico proveniente da oscilação hidromórfica local, além de apresentar mosqueados distribuídos neste horizonte. Com a perda de material orgânico no horizonte eluvial, ocorre o acúmulo do mesmo no horizonte $2B_h$, constatado na análise de CO, em que predomina maior concentração deste elemento, dentre todos os horizontes do perfil. Considerando a relação AF/AG, o perfil

apresenta uma variação considerável entre os horizontes A₂ e 2E, este último apresentando uma alta concentração de areia fina.

No perfil 5, classificado como Neossolo Flúvico, tais discontinuidades litológicas são inerentes a essa classe de solo, principalmente por apresentar variedade granulométrica por depósitos aluviais. Essas discontinuidades litológicas presentes no perfil foram constatadas pela variedade granulométrica e, principalmente, pela relação AF/AG, com a queda brusca do horizonte C₂ ao 2C₁, e aumento considerável em profundidade a partir do horizonte 4C₁.

O perfil 6 apresentou uma pequena variação de AF/AG do horizonte A₂ para o subjacente, indicando uma possível discontinuidade litológica, apresentando um perfil mais homogêneo em relação aos perfis anteriores.

O perfil 3 (Neossolo Quartzarênico), perfil 4 (Espodossolo Humilúvico), perfil 5 (Neossolo Flúvico) e perfil 6 (Neossolo Quartzarênico) apresentam grande variação granulométrica, principalmente entre os horizontes que foram investigadas discontinuidades litológicas em campo e na relação AF/AG.

O Neossolo Regolítico (perfil 7) apresenta variação em sua granulometria. Do horizonte superficial A para o transicional AC ocorre um decréscimo brusco da fração areia, enquanto os teores silte e argila aumentam. Quando atinge o horizonte C esta relação se torna o inverso, o que mostra uma evolução na parte superior do perfil e o horizonte C influenciado pelo material de origem. A relação silte/argila para o perfil 7 tem valores muito semelhantes, pois a diferença entre os teores silte e argila dos horizontes é similar, aproximadamente 43%, apresentando um pequeno acréscimo no horizonte AC, devido ao maior teor de silte. A relação AF/AG não indica discontinuidade litológica, principalmente pelo fato de o perfil ser bem homogêneo e apresentar essa relação de maneira uniforme entre os horizontes. Silva et al. (2002) citam, em sua pesquisa, que a distribuição uniforme e similar nos perfis de solos estudados, a partir das relações areia média/areia total, areia fina/areia total e areia muito fina/areia total, descarta a possibilidade de identificação de discontinuidade por sedimentação de material litologicamente distinto.

Assim como presenciado no perfil 7, o perfil 8, também localizado próximo ao topo, apresenta uma distribuição da fração areia uniforme em profundidade. O perfil não apresentou grande variação de AF/AG entre os horizontes, deduzindo na ausência de discontinuidade litológica. Percebe-se que os solos localizados no topo, ou próximos dele, apresentam desenvolvimento *in situ*, com características provenientes da rocha matriz e que conservam grande quantidade de matéria orgânica, mesmo com ausência da hidromorfia. Esta análise pode indicar que a concentração de material orgânico é proveniente de outro momento da paisagem, onde o ambiente era caracterizado pela hidromorfia.

No geral, analisando todos os horizontes dos perfis da área de estudo, a maior quantidade do teor de areia fina é predominante entre os perfis analisados e o silte apresenta teores consideráveis em alguns horizontes.

3.4.2.3 Atributos Químicos

Condutividade Elétrica do Solo (CE), Carbono Orgânico (CO), pH em Água e KCl e Δ pH

A tabela 3 corresponde aos resultados das análises de CE, CO, pH em água e em KCl e Δ pH.

Tabela 3 – Condutividade elétrica em água, Carbono Orgânico, pH em água e KCl e Δ pH para os horizontes dos perfis da área de estudo

Perfis	Horizontes	CE	CO	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH
		μ S/cma	g.Kg ⁻¹			
Perfil 1 Cambissolo	B	58,15	10,6	5,31	4,33	-0,98
	2C ₁	36,67	12,7	5,32	4,33	-0,99
	2C ₂	30,77	12,3	5,20	4,34	-0,86
	3Ab	48,75	21,4	4,98	4,32	-0,66
	3C ₁	40,17	0,9	5,29	4,21	-1,08
Perfil 2 Gleissolo	A	74,15	14,1	4,98	4,14	-0,84
	Cg	29,81	16,3	4,74	4,36	-0,38
	2Ab	26,07	14,5	5,19	4,78	-0,41
Perfil 3 Neossolo Quartzarênico	C ₁	37,58	6,6	5,09	3,91	-1,18
	C ₂	33,57	6,2	4,91	4,02	-0,89
	2C ₁	31,27	4,7	4,74	4,08	-0,66
	2C ₂	28,12	3,8	4,81	4,12	-0,69
	3C ₁	32,73	9,4	4,96	4,03	-0,93
	3C ₂	28,05	5,3	5,22	4,17	-1,05
Perfil 4 Espodossolo Humilúvico	A ₁	86,47	19,3	5,47	4,12	-1,35
	A ₂	57,27	14,3	5,22	3,75	-1,47
	2E	38,1	4,4	5,12	4,27	-0,85
	2Bh	62,56	238,3	4,63	3,60	-1,03

Fonte: Elaborada pelo autor.

Continua...

...continuação

Perfis	Horizontes	CE	CO	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH
		μS/cma	g.Kg ⁻¹			
Perfil 5 Neossolo Flúvico	A	24,00	12,1	4,86	3,84	-1,02
	C ₁	30,00	5,9	4,04	4,02	-0,02
	C ₂	29,40	5,8	4,08	4,09	0,01
	2C ₁	29,50	2,4	4,44	4,33	-0,11
	3C ₁	29,60	5,1	4,12	4,11	-0,01
	4C ₁	29,30	5,4	3,98	3,95	-0,03
	5C ₁	29,30	17,0	3,69	3,64	-0,05
	6C ₁	29,50	11,1	4,10	4,14	0,04
	6C ₂	29,40	12,0	4,20	4,21	0,01
Perfil 6 Neossolo Quartzarênico	A ₁	64,42	38,3	4,04	3,52	-0,52
	A ₂	64,07	199,0	3,79	3,50	-0,29
	A ₃	47,79	31,2	4,17	3,49	-0,68
	AC	27,14	10,8	4,78	4,12	-0,66
	C ₁	28,70	6,2	4,90	4,14	-0,76
	C ₂	23,55	5,9	5,03	4,18	-0,85
Perfil 7 Neossolo Regolítico	A	93,05	19,1	4,58	3,63	-0,95
	AC	36,20	12,9	4,54	3,81	-0,73
	C	54,07	12,7	5,86	3,68	-2,18
Perfil 8 Organossolo	A ₁	119,80	515,1	4,01	3,39	-0,62
	A ₂	189,50	456,8	3,76	3,47	-0,29
	AC	75,29	12,6	4,16	3,69	-0,47
	C	42,69	11,1	4,67	3,90	-0,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os horizontes superficiais dos perfis estudados apresentam maiores valores de condutividade elétrica, o que permite aferir uma maior quantidade de sais e elementos condutores influenciados pela matéria orgânica, com exceção do perfil 8, que apresentou pouca variação de CE em profundidade. A matéria orgânica possui maior quantidade de carga negativa, o que implica no acúmulo maior de cátions nessa porção do solo, determinando na sua influência na CE. Segundo Ronquim (2010), substâncias húmicas, além de argilo-minerais e óxidos de ferro e alumínio, são capazes de adsorver cátions. Có Júnior (2011), ao analisar a matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo numa área da Fazenda de Ensino e Pesquisa na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, em Jaboticabal-SP, cita que a matéria orgânica é responsável por boa parte da capacidade de troca catiônica do solo, permitindo analisar a sua influência na disponibilização de cargas.

No perfil 1, ocorre um decréscimo dos valores de CE nas posições inferiores no perfil, porém, ao atingir o horizonte 3Ab, que apresenta o maior teor de CO do perfil, o valor de CE aumenta, confirmando a influência deste na capacidade de condução elétrica do solo. Segundo Cassiolato (2002), atualmente tem-se atribuído ao carbono orgânico a capacidade de complexação de íons presentes na solução do solo, permitindo mobilizar Ca, Mg e K em profundidade no solo, o que influencia a CE.

O horizonte A do perfil 2 apresenta maior valor de CE, diminuindo em direção aos horizontes inferiores. O horizonte Cg que apresenta quantidade um pouco maior de CO em relação aos demais, apresenta valor de CE levemente superior que o horizonte 2Ab.

Os perfis 3, 4, 7 e 8 apresentam maior valor de CE no horizonte A em relação aos demais. O horizonte A também apresentou maior teor de CO evidenciando, novamente, a influência da matéria orgânica na condutividade elétrica do solo. No perfil 6, a CE decresce em profundidade, porém há um pequeno aumento ao entrar em contato com o horizonte C₁.

Para o perfil 3, a concentração de CE reduz em profundidade acompanhando com diminuição de MO, porém aumenta no horizonte C₅, onde há acúmulo de MO. Por apresentar um horizonte eluvial, o perfil 4 exibe variação considerável de CE em profundidade. Ao atingir o horizonte eluvial (2E), a concentração de CE reduz com a perda de MO, mas eleva no horizonte 2Bh, em que se concentra MO com o transporte descendente deste material. Já para o perfil 5, a CE apresenta pouca variação, em muitos casos os valores são os semelhantes.

Os teores de Carbono Orgânico apresentam uma diferença pequena em relação aos horizontes do perfil 2, sendo o horizonte glei Cg apresentando maior ocorrência. Uma das hipóteses desse horizonte apresentar um pequeno aumento no valor de CO em relação ao horizonte A está no fato que nesta posição o nível freático é mais atuante. Segundo Santos et

al. (2018), o horizonte glei é fortemente influenciado pelo nível freático e por regime de umidade redutor. Essa condição ocasiona a redução do ferro e, principalmente, a limitação da ação de decompositores devido à ausência de oxigênio pelo excesso de água. A limitação da ação de decompositores ocasiona o acúmulo de material orgânico. Analisando os teores de matéria orgânica dos horizontes, existe uma relação com a estrutura desses solos. Os solos que apresentaram maior desenvolvimento estrutural, também apresentaram conteúdo superior de CO, o mesmo observado por Parreira (2018). Segundo Silva & Mielniczuk (1998) e Castro Filho et al. (1998), a matéria orgânica é um dos mais ativos agentes cimentantes na agregação de partículas do solo.

Analisando os valores de pH em água dos horizontes dos perfis estudados, onde há maior concentração de matéria orgânica, mais ácida é a amostra nesta posição do perfil, ou seja, menor o valor de pH. Esta observação corrobora com Ebeling et al. (2008), que constataram que o teor de matéria orgânica correlacionou positiva e significativamente com o teor de hidrogênio extraível e com acidez potencial, sendo que quanto maior o teor de matéria orgânica nos Organossolos estudados pelos autores, maior tendeu a ser sua acidez.

Por se tratar de solos com bastante areia e por ter influências de possíveis deposições de sedimentos e se caracterizar como um sistema de transformação, o Δ pH não permitiu nenhuma interpretação clara sobre o grau de evolução dos solos estudados.

3.4.2.4 Atributos Mineralógicos

Para a mineralogia, foram selecionadas amostras que pudessem auxiliar na análise da hipótese de que há, na região de estudo, transformações dos solos e possíveis discontinuidades. As amostras analisadas apresentaram resultados relevantes quanto ao aspecto evolutivo dos perfis estudados, com maior ocorrência de gibbsita, caulinita e illita (Tabela 4).

Tabela 4 – Composição mineralógica da fração argila dos horizontes dos perfis de solos da área de estudo

Perfis	Horizontes	Mineralogia Argila
Perfil 1 Cambissolo	B	Gb, Gt, Ct, Ilit, Hm
	2C ₁	Ct, Ilit, Vm, Gb, Gt, Cl
	2C ₂	Gb, Ct, Ilit, Vm, Gt, Cl
	3Ab	Ilit, Vm, Gb, Cl, Ct, Gt
	3C ₁	Ct, Gb, Dt, Mt, Ilit, Dp, Mv
Perfil 2 Gleissolo	A	At, Ct, Ilit, Gb, Gt
	Cg	Ct, Ilit, Gb, Gt, Cl
	2Ab	At, Ct, Ilit, Gb, Gt
Perfil 3 Neossolo Quartzarênico	2C ₂	Ct, Gt, Mv
	3C ₁	Ct, Ilit
Perfil 4 Espodossolo Humilúvico	A ₁	Ct, Qz
	2Bh	Ct, Qz, Alb
Perfil 5 Neossolo Flúvico	C ₂	Ct, Ilit, Gb, Gt
	6C ₁	Ct, Ilit, Gb, Qz
	6C ₂	Ct, Ilit, Qz
Perfil 6 Neossolo Quartzarênico	A ₂	Ct, Qz, Ilit, Gb, Mv
Perfil 7 Neossolo Regolítico	A	Ct, Qz, Ilit, Gb, Mt, Cl, Mv
	AC	Ct, Qz, Ilit, Gb, Mt, Cl, Mv
	C	Ct, Ilit, Gb, Mt, Vm, Gt
Perfil 8 Organossolo	C	Ct, Qz, Gb, Mv

At: anatásio; Ct: caulinita; Gb: gibbsita; Gt: goethita; Ilit: illita; Cl: Clorita; Hm: hematita; Vm: vermiculita; Dt: dolomita; Mt: montmorillonita; Dp: diásporo; Mv: muscovita; Alb: albita; Qz: quartzo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O Cambissolo (perfil 1), com características organossólicas, apresenta variação mineralógica entre os horizontes analisados. O horizonte B, localizado próximo à superfície, contém hematita em sua composição, determinante na coloração avermelhada dessa posição no perfil. A hematita pode formar uma solução completa (isomorfia) com ilmenita a altas temperaturas. O mineral hematita cristaliza de diversas formas, como em fontes quentes, fundos de lagos, intemperismo, dentre outras (MINMICRO, 2023c).

Os minerais de vermiculita e clorita marcam a descontinuidade litológica no perfil 1, diferenciando os horizontes B e 2C₁, mantendo presença constante desses minerais em profundidade, com exceção no horizonte 3C₁, que apresenta muscovita, montmorillonita, dolomita e diásporo em sua composição.

O mineral montmorillonita é o principal argilomineral do grupo das esmectitas, possuindo alta capacidade de troca catiônica, tornando excelente candidato como suporte para

adsorção de compostos orgânicos (TRIGUEIRO, 2018). O mineral dolomita é um dos principais minerais carbonáticos, sendo intermediário entre calcita e magnesita, reconhecida pelo seu hábito e clivagem romboédricos (GEOCIÊNCIAS-USP, 2023b). O mineral diásporo é um hidróxido comum e um dos principais componentes, associado à gibbsita e böhmita (MINMICRO, 2023b).

No Gleissolo (perfil 2), com características organossólicas, há semelhanças entre os horizontes, com exceção da presença de anatásio para o horizonte A, e clorita no horizonte Cg. A presença de clorita nesse horizonte indica o estágio de menor evolução, pois corresponde ao extenso grupo de minerais de alteração, gerados pela transformação de silicatos ferro-magnesianos, sendo uma mica característica do metamorfismo, observando clivagem a depender do seu tamanho (GEOCIÊNCIAS-USP, 2023a). O anatásio, por sua vez, é considerado um dos minerais de titânio, o nono elemento mais abundante da Terra, e apresenta importância econômica (BALTAR et al., 2008). Considerado um mineral bastante resistente, o anatásio é encontrado em depósitos aluviais, onde pode formar cristais euédricos em areias pesadas contendo ilmenita, sendo um mineral acessório comum em rochas magmáticas e metamórficas, ocorrendo também em pegmatitos (MINMICRO, 2023a). As análises mineralógicas para os horizontes descritos do perfil 2 não foram suficientes para comprovar as discontinuidades litológicas identificadas em campo e indicadas nas análises granulométricas.

A caulinita está presente em todos os perfis, um argilomineral comumente encontrado nas frações finas de solos tropicais, além dos subtropicais no sul do Brasil (BORTOLUZZI et al., 2008). Dentre os perfis analisados, a presença de caulinita no Espodossolo Humilúvico (perfil 4), mais precisamente no horizonte 2Bh, é mais frequente, devido à maior concentração de argila comparando com os demais horizontes. Além da caulinita, no horizonte 2Bh ocorre o mineral albita, um dos constituintes naturais da argila (CHRISTOFOLETTI & MORENO, 2013).

A muscovita é um filosilicato comum do grupo das micas, ocorrendo em muitos tipos de rochas ígneas e metamórficas de composição pelítica e grau metamórfico de baixo a médio, como na ardósia, filito, xisto, gnaiss, corubianito e quartzito (MINMICRO, 2023d). Por apresentar, em sua maioria, gênese ligada à foliação do quartzito, a muscovita foi encontrada em teores mais elevados nos perfis mais rebaixados analisados na área de estudo.

A goethita é o resultado do intemperismo de minerais de ferro em condições oxidantes. A presença desse mineral é constatada em horizontes próximos à influência hídrica, geralmente acima dos horizontes em que a condição de hidromorfia é presente. O mineral goethita está

presente nos perfis 1, 2, 3, 5 e 7, pelas análises de difração de raios-X, justamente perfis em que estão localizados nas proximidades dos córregos Sepultura e Contagem.

O Neossolo Regolítico (perfil 7) apresenta grande homogeneidade na composição mineralógica entre os horizontes em profundidade, com pequena diferença no horizonte C, que apresenta vermiculita e goethita. O mineral quartzo, ocorrência comum em rochas quartzíticas, apresenta grande ocorrência nesse perfil, o que permite aferir a proximidade com o material de origem mais comum na área de estudo. O Organossolo (perfil 8) é semelhante em termos mineralógicos quando compara-se ao perfil 7, apresentando mesma composição, o que pode ser justificado pela sua localização próxima ao topo da vertente, sendo perfis que sofreram menos alteração e que mostram claramente a influência do material de origem mais comum na região.

3.4.2.5 Atributos Micromorfológicos

As análises se iniciaram com a observação da trama, que exprime o tipo e o grau de organização dos componentes do material, auxiliando na interpretação dos aspectos genéticos e funcionais do solo; além disso, também foram observados o fundo matricial, que compreende o material que se encontra dentro dos agregados elementares, constituindo-se de poros, material grosso (e micromassa; e das feições pedológicas ou pedofeições, unidades resultantes dos processos pedogenéticos, passados ou presentes (CASTRO, 2008).

Os dados citados a seguir, referentes às descrições das lâminas dos perfis 1 ao 8 da área de estudo estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Características micromorfológicas dos perfis de solos da área de estudo

Característica avaliada	Perfil 1 – Cambissolo	Perfil 2 – Gleissolo	Perfil 3 – Neossolo Quartzarênico	Perfil 4 – Espodosolo Humilúvico
Composição da matriz do solo	(Hz 2C ₂) Material grosso (50%), micromassa (40%), poros (10%) (Hz 3Hb) Material grosso (35%), micromassa (55%), poros (10%)	(Hz Cg) Material grosso (35%), micromassa (45%), poros (20%) (Hz 2Ab) Material grosso (40%), micromassa (50%), poros (10%)	(Hz C ₄) Material grosso (50%), micromassa (40%), poros (10%) (Hz C ₅) Material grosso (50%), micromassa (40%), poros (10%)	(Hz A ₂) Material grosso (50%), micromassa (40%), poros (10%) (Hz 2E) Material grosso (50%), micromassa (30%), poros (20%) (Hz 2Bh) Material grosso (35%), micromassa (45%), poros (20%)
Microestrutura e pedalidade	Moderadamente desenvolvido, pobremente selecionado, classe equidimensional, blocos e grumos, soltos, enáulica	Moderadamente desenvolvido, pobremente selecionado, classe equidimensional, blocos e grumos, soltos, enáulica	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado, classe equidimensional, blocos e grumos, soltos, enáulica	Fortemente desenvolvido, mal selecionado, classe equidimensional, blocos e grumos, soltos, enáulica
Composição do Material Grosso	Pobremente selecionado, dimensão areia média a grossa, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos, pequenos e cristais de mica), grau de arredondamento subangular a angular, frequência (frequente)	Moderadamente selecionado, dimensão areia fina a média, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos, presença de cristal fragmentado), grau de arredondamento subangular a angular, frequência (frequente)	Moderadamente selecionado, dimensão areia média a grossa, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos e cristais de mica), grau de arredondamento subangular a angular, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia fina a média, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos e cristais de mica), grau de arredondamento subangular a angular, frequência (frequente)
Tipo, forma e distribuição dos poros	Intergranulares complexos e cavidades orto, metaporos, distribuição bandada com predomínio aleatória	Cavidades meta, planares rachaduras, metaporos, distribuição bandada e aleatória	Cavidades meta, metaporos, distribuição aleatória, pedoporos	Cavidades orto e oblíquos, metaporos, distribuição aleatória e bandada, bioporos
Orientação de base da micromassa	Grau de orientação moderada, natureza da orientação contínua e orientação relativa sépica, do tipo omni-sépica	Grau de orientação fraca, natureza da orientação estriada e orientação relativa sépica, do tipo trimassépica	Grau de orientação fraca, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo insépica	Grau de orientação moderada, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo insépica
Pedofeições	Glóbula reniforme do tipo nódulo típico, pedotúbulo câmara, preenchimento solto descontínuo agrotúbulo	Glóbula esférica do tipo nódulo típico, pedotúbulo elíptica e câmara, preenchimento solto descontínuo agrotúbulo	Glóbula reniforme do tipo nódulo típico	Glóbula esférica do tipo nódulo típico

Fonte: Elaborada pelo autor.

Continua...

...continuação

Característica avaliada	Perfil 5 – Neossolo Flúvico	Perfil 6 – Neossolo Quartzarênico	Perfil 7 – Neossolo Regolítico	Perfil 8 – Organossolo
Composição da matriz do solo	(Hz C ₄) Material grosso (50%), micromassa (40%), poros (10%) (Hz C ₈) Material grosso (40%), micromassa (50%), poros (10%)	(Hz A ₂) Material grosso (35%), micromassa (60%), poros (5%) (Hz C ₂) Material grosso (60%), micromassa (30%), poros (5%)	(Hz A) Material grosso (40%), micromassa (45%), poros (15%) (Hz AC) Material grosso (40%), micromassa (50%), poros (10%) (Hz C) Material grosso (45%), micromassa (45%), poros (10%)	(Hz A ₂) Material grosso (35%), micromassa (60%), poros (5%)
Microestrutura e pedalidade	Fracamente desenvolvido, pobremente selecionado, classe equidimensional, blocos e grumos, soltos, enáulica	Fracamente desenvolvido, mal selecionado, classe placóide, placas, subarredondados, enáulica	Moderadamente desenvolvido, pobremente selecionado, classe equidimensional, blocos e grumos, soltos, enáulica	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado, classe triaxial, primas subarredondado, enáulica
Composição do Material Grosso	Mal selecionado, dimensão areia média a grossa, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos e cristais de mica frequentes), grau de arredondamento subangular a angular, frequência (frequente)	Bem selecionado, dimensão areia grossa a média, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos, presença de cristal fragmentado), grau de arredondamento subangular a angular, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia muito fina a fina, mineralogia (quartzo subangular, nódulos ferruginosos, pequenos), grau de arredondamento subarredondado a subangular, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia fina, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos, cristais de mica frequentes), grau de arredondamento subangular, frequência (frequente)
Tipo, forma e distribuição dos poros	Cavidades meta, metaporos, distribuição aleatória, pedoporos	Cavidades orto, ortoporos, distribuição aleatória, pedoporos	Cavidades orto, pedoporos, distribuição aleatória	Cavidades meta e canais, metaporos, distribuição bandada e aleatória
Orientação de base da micromassa	Grau de orientação não resolvível, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo insépica	Grau de orientação moderada, natureza da orientação manchada e orientação relativa assépica, do tipo argilassépica	Grau de orientação fraca, natureza da orientação contínua e orientação relativa assépica, do tipo argilossépica	Grau de orientação forte, natureza da orientação contínua e orientação relativa assépica, do tipo argilossépica
Pedofeições	Glóbula esférica do tipo nódulo típico	Glóbula irregular do tipo nódulo típico	Glóbula reniforme do tipo nódulo típico	Glóbula reniforme do tipo nódulo, pedotúbulo elíptica e câmara, preenchimento solto contínuo agrotúbulo

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os solos localizados a jusante dos córregos apresentam orientação relativa de base da micromassa do tipo sépica, possuindo separação plasmática e padrão de extinção estriado, enquanto os perfis a montante apresentam orientação relativa do tipo assépica, esta, diferentemente da anterior, não apresenta separação plasmática e o padrão de extinção é pontuado, possuindo, ou não, domínios orientados.

Segundo Castro (2008), a distribuição relativa considera a posição de indivíduos semelhantes em relação a indivíduos diferentes, como a micromassa em relação ao material grosso. A distribuição relativa da microestrutura e pedalidade dos perfis de ambos os córregos são do tipo enáulica, onde os agregados da micromassa apresentam-se dissociados do material grosso, dispersos nos poros, mas sem preenchimento dos mesmos.

Por ser um diferencial entre os perfis de solo estudados, o Espodossolo Humilúvico (perfil 4) apresenta algumas curiosidades em relação à porosidade e à distribuição do material grosso. Ocorre o aumento da porosidade no horizonte 2E do perfil, justificada pela perda de material orgânico em profundidade pelo processo de eluviação. Além disso, nesta posição do perfil a distribuição relativa do material grosso é superior.

O perfil 1, Cambissolo, apresenta variedade mineral, com diferentes frações compoendo o material grosso, o que demonstra maior rejuvenescimento deste perfil em relação aos demais localizados próximos ao topo da vertente. As diferentes tonalidades são bem representadas ao observar o fundo matricial das lâminas em diferentes posições dentro do perfil.

A distribuição entre o material grosso e micromassa é mais desigual, apresentando maior ocorrência de material grosso (Figura 33).

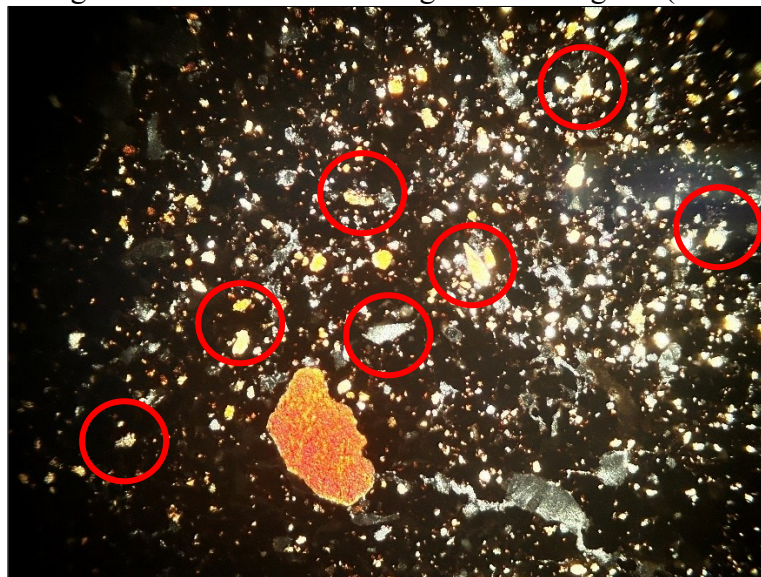
Figura 33 – Visão da lâmina do horizonte 2C₂ sob nicóis cruzados, destacando a distribuição do material grosso na trama (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

A trama é do tipo enáulica, o que mostra uma distribuição mais heterogênea entre os elementos que compõem o fundo matricial. Em ambos horizontes coletados, a distribuição do material grosso é marcante, com ocorrência de quartzo e micas. O material grosso é composto por minerais com grau de arredondamento angular e subangular, apresentando grau de seleção mal selecionado para o horizonte 2C₂ e pobremente selecionado para o 3Ab. Minerais com grau de arredondamento angulares permite aferir uma menor ação de desgaste dos mesmos ou uma degradação mais abrupta, podendo ser associado aos solos em processo de transformação (Figura 34).

Figura 34 – Visão da lâmina do horizonte 3Ab em nicóis cruzados destacando os minerais presentes com grau de arredondamento angular a subangular (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

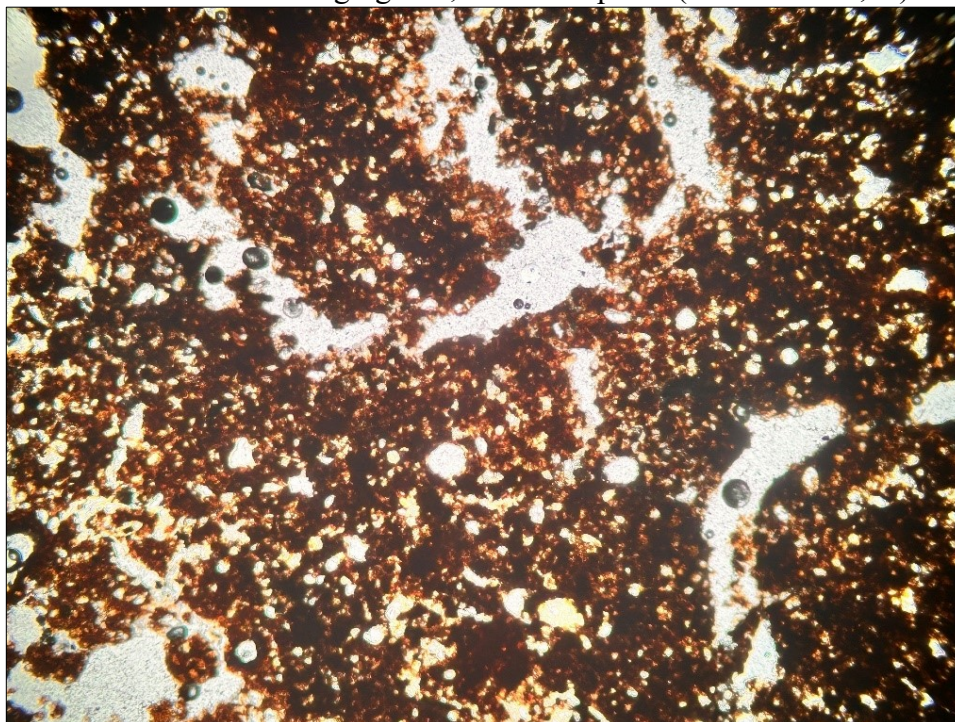
A micromassa apresenta separações plasmáticas e padrão de extinção estriado, com orientação relativa do tipo sépica, possuindo, para o horizonte 2C₂, separações plasmáticas associadas a zonas do fundo matricial, subparalelas ou não orientadas umas em relação às outras, além de separações plasmáticas com estrias complexas e emaranhadas, dispostas em várias direções, presentes no horizonte 3Ab (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008).

O perfil 2, Gleissolo, apresenta trama do tipo enáulica, em que os agregados de material fino se apresentam parcialmente ligadas entre si por pontes de material bem mais fino. A micromassa apresenta cor bruno-avermelhado, com separações plasmáticas e, portanto, com orientação relativa do tipo sépica, possuindo separações plasmáticas isoladas em “ilhas” (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008).

Mesmo apresentando um fundo matricial composto por um desequilíbrio entre a distribuição da micromassa e material grosso, a amostra em questão apresenta tendência a um equilíbrio entre esses materiais, mesmo que muito baixo. Maior presença de mica de frações menores, além do quartzo. O material grosso é composto por minerais com grau de arredondamento angular e subangular. Presença marcante de pedotúbulos formados por raízes no horizonte C_g.

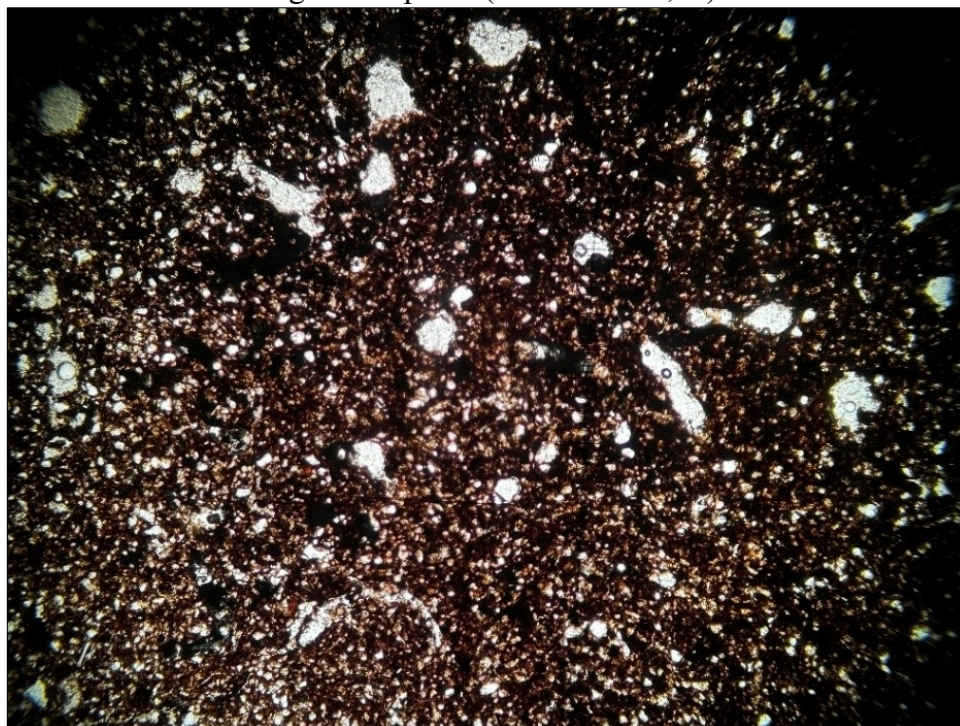
O perfil apresenta coloração escurecida na posição mais próxima à superfície, proveniente do acúmulo de material orgânico, além do horizonte 2Ab abaixo do glei (C_g), marcando descontinuidade litológica (Figuras 35 e 36).

Figura 35 – Fotomicrografia com a representação da trama do horizonte Cg (glei) do perfil 2 destacando os microagregados, nódulos e poros (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 36 – Fotomicrografia com a representação da trama do horizonte 2Ab do perfil 2 destacando os microagregados, a micromassa mais escurecida devido ao acúmulo de material orgânico e poros (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 3 apresenta trama do tipo enáulica, com micromassa de cor cinzento-avermelhado, com separações plasmáticas e, portanto, com orientação relativa do tipo sépica, possuindo separações plasmáticas isoladas em “ilhas” (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008) (Figura 37).

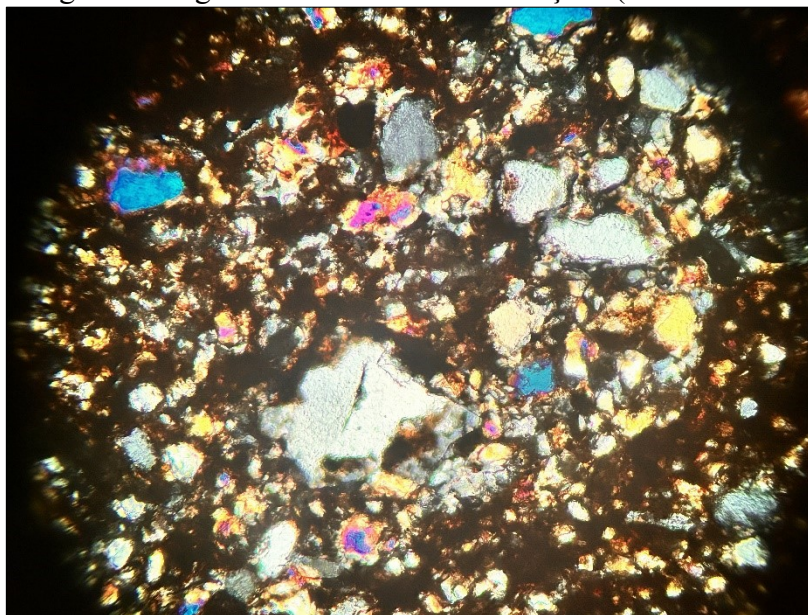
Figura 37 – Fotomicrografia do horizonte 3C₁ destacando a trama enáulica com maior frequência de material grosso em relação à micromassa (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Apresenta material grosso, composta por quartzo e mica, grau de arredondamento é classificado como subangular a angular, de exoscopia fragmentado, com dimensão areia média e grossa (Figura 38).

Figura 38 – Fotomicrografia em nicóis cruzados com presença de minerais angulares a subangulares fragmentados de diferentes frações (aumento de 10x)

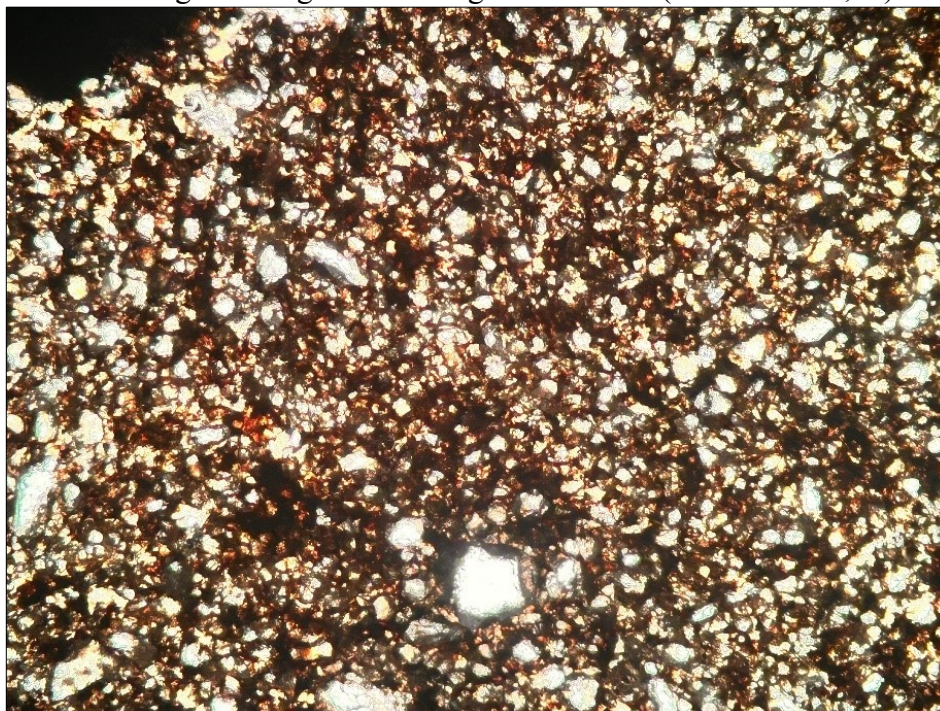


Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 4 apresenta uma trama do tipo enáulica, com micromassa de cor brunavermelhado, apresentando separação plasmática e padrão de extinção estriado (sépico) (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008), com separações plasmáticas isoladas em “ilhas”.

O horizonte A₂, que se encontra acima do horizonte eluvial, apresenta presença de material grosso de frações diferentes, composta por areia fina a média de minerais de quartzo e micas, além do grau de arredondamento subangular a angular. Sua exoscopia é do tipo fragmentado, em que os minerais apresentam descontinuidade abrupta de forma, associada à erosão e transporte ou a esforços e tensões (CASTRO, 2008), com distribuição aleatória dentro da trama, do tipo enáulica (Figura 39).

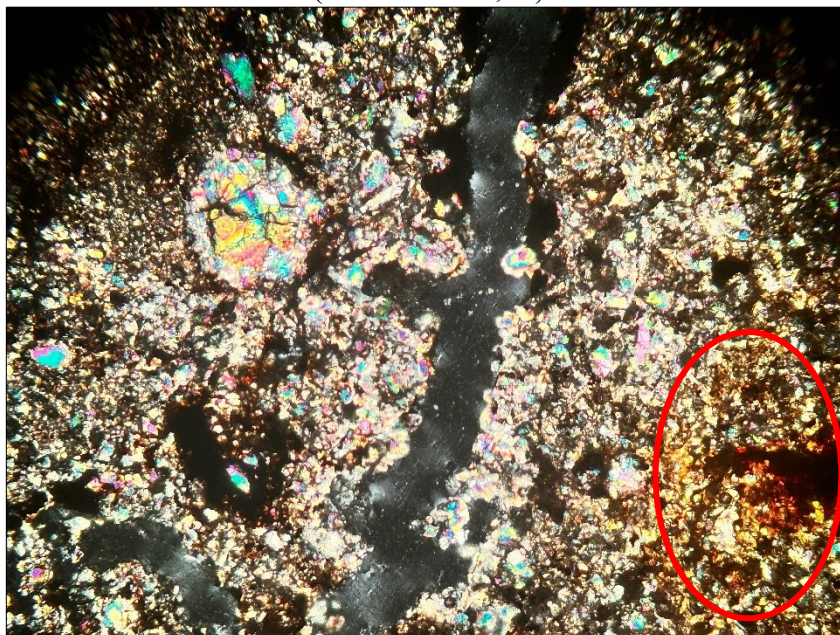
Figura 39 – Fotomicrografia do horizonte A₂ do perfil 4 destacando grande presença de material grosso angular a subangular na trama (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Para a lâmina referente ao horizonte eluvial (2E), a ocorrência de material grosso é muito marcante, devido a perda relativa de material fino e orgânico pelo processo de eluviação. A composição do material grosso apresenta dimensão areia muito fina a fina, de frequência comum e mineralogia formada por quartzo e mica. Sua exoscopia é do tipo fragmentado, não orientado, de distribuição de base aleatória, além de concêntrica e distribuição relativa enáulica. Além disso, observa-se a presença de mosqueados, influenciados pela alternância hídrica presente neste perfil, principalmente pelo processo de umedecimento e secagem, acarretando no processo de oxidação do ferro concentrado nestas porções (Figura 40).

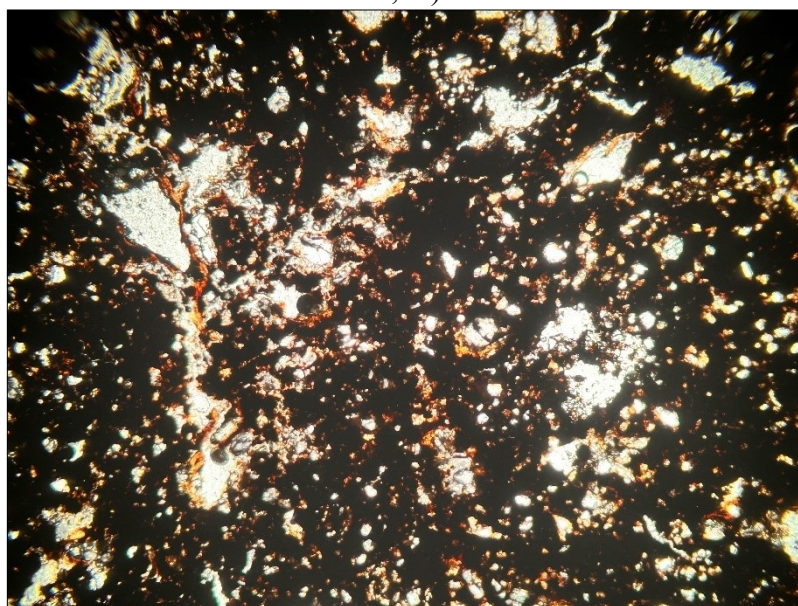
Figura 40 – Fotomicrografia do horizonte 2E em nicóis cruzados com destaque ao mosqueado (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

No horizonte 2Bh, que está localizado abaixo do eluvial (2E), predomina micromassa sobre o material grosso, devido ao acúmulo por iluviação. Os poros nesta posição apresentam classificação morfológica por cavidades orto e oblíquos, distribuição aleatória e bandada, de origem biológica. Nesta posição do perfil não há ocorrência de pedotúbulos e glébulas. Além disso, a cor nesta posição do perfil é escura, decorrente do acúmulo de material orgânico (Figura 41).

Figura 41 – Fotomicrografia do horizonte 2Bh destacando uma micromassa muito escurecida devido ao acúmulo de material orgânico proveniente do processo de iluviação (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

O material grosso é composto por minerais de quartzo e mica, de dimensão areia fina a média, exoscopia fragmentado, distribuição de base aleatória e a relativa como enáulica e grau de arredondamento subangular.

O perfil 5 apresenta trama do tipo enáulica, com micromassa cinzento-avermelhado, com separação plasmática (sépico) e padrão de extinção estriado, apresentando separações plasmáticas isoladas em “ilhas” (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008) (Figura 42).

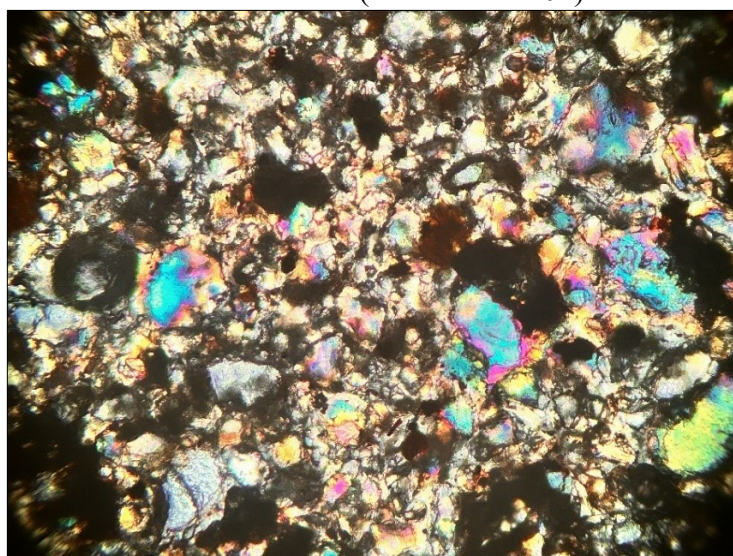
Figura 42 – Fotomicrografia do horizonte 3C₁ destacando sua trama enáulica com muita frequência de material grosso em relação à micromassa (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

O horizonte 3C₁ apresenta material grosso com maior ocorrência em relação à micromassa, sendo esta última com coloração mais avermelhada. O material grosso apresenta grau de seleção mal selecionado, de dimensão areia média e grossa, composta por quartzo e mica. O grau de arredondamento é subangular a angular, exoscopia fragmentado e distribuição de base aleatória (Figura 43).

Figura 43 – Fotomicrografia do horizonte 3C₁ em nicóis cruzados apresentando material grosso composto por minerais angulares a subangulares fragmentados distribuídos aleatoriamente (aumento de 10x)

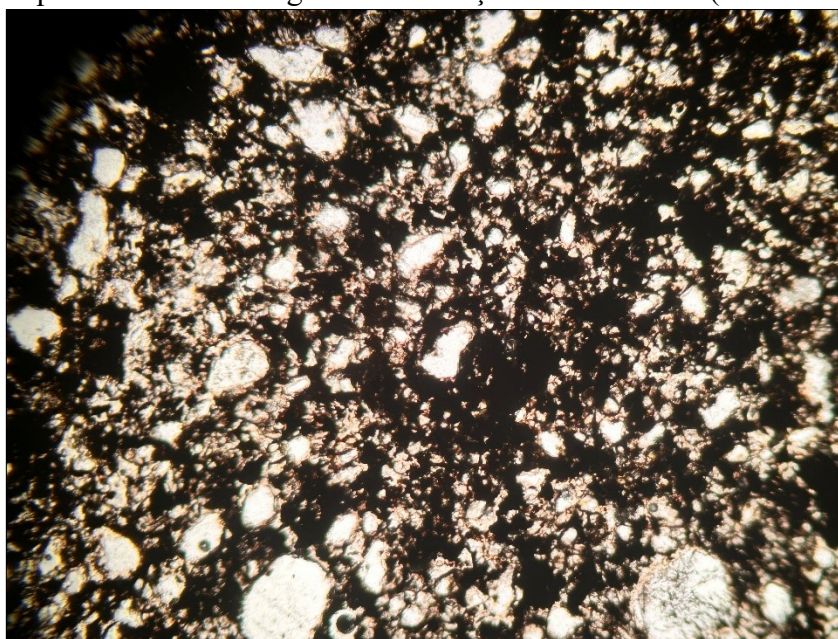


Fonte: Arquivo pessoal.

A micromassa apresenta grau de orientação não resolvível, com agregados plasmáticos muito pequenos, de natureza manchada, correspondendo a agregados plasmáticos visíveis, mas dispostos em domínios.

Diferente do horizonte $3C_1$, o horizonte $5C_1$ apresenta o inverso na distribuição de material grosso e micromassa, tendo maior ocorrência de material grosso sobre a micromassa. Esta observação associa-se a uma possível descontinuidade litológica já aferida pela relação AF/AG, tendo uma variação considerável do horizonte $3C_1$ ao $5C_1$. Essa diferença pode ser associada à deposição aluvial visualizada em campo que ocorre neste perfil. A micromassa apresenta coloração escura, principalmente devido ao acúmulo de material orgânico nesta posição do perfil, apresentando um horizonte escurecido observado em campo (Figura 44).

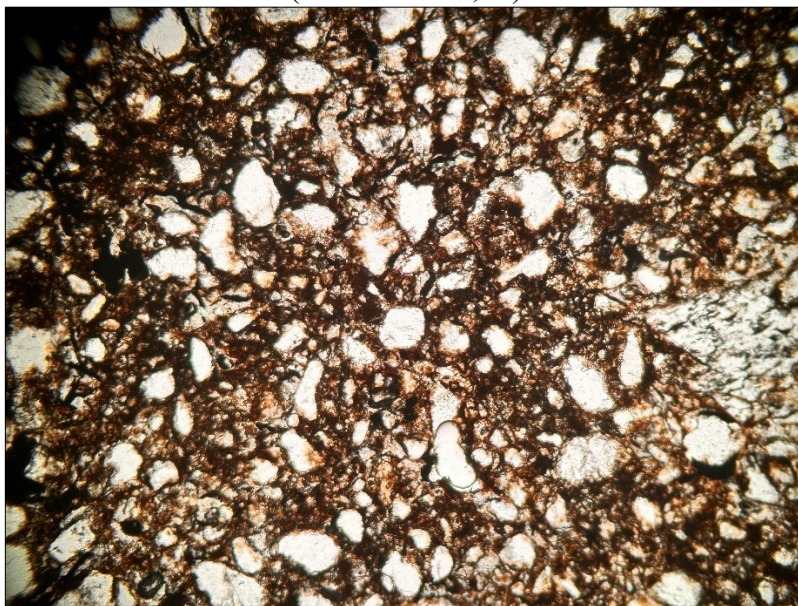
Figura 44 – Fotomicrografia do horizonte $5C_1$ destacando a trama escurecida composta por maior frequência de material grosso em relação à micromassa (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 6 apresenta trama do tipo enáulica, fracamente desenvolvido, com micromassa de cor bruno escuro, sem separações plasmáticas com orientação relativa do tipo asséptica (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008), possuindo domínios não orientados entre si (Figura 45).

Figura 45 – Fotomicrografia do horizonte A₂ do perfil 6 destacando sua trama enáulica (aumento de 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Em relação ao horizonte C₂, a micromassa está associada ao grande acúmulo de material orgânico, com pouca presença de material grosso, sendo este composto por minerais de diferentes frações de areia (Figura 46).

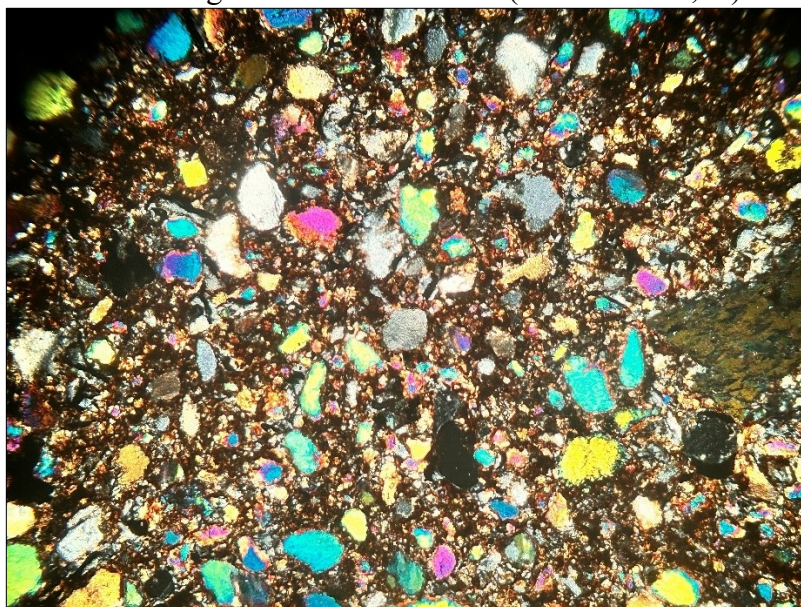
Figura 46 – Fotomicrografia do horizonte C₂ do perfil 6 com trama escurecida devido ao grande acúmulo de material orgânico e menor presença de material grosso em relação à micromassa escurecida em destaque (aumento 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Em relação ao material grosso, observa-se maior ocorrência no horizonte A₂, reduzindo em profundidade, principalmente analisando a relação material grosso/micromassa, sendo o mesmo de diferentes frações. Sua exoscopia é composta por material fragmentado e cariado, com distribuição relativa do tipo enáulica e grau de arredondamento subangular a angular (Figura 47).

Figura 47 – Fotomicrografia do material grosso do horizonte A₂ analisada em nicóis cruzados com destaque à distribuição dos minerais de diferentes frações numa trama enáulica, sendo muitos fragmentados ou cariados (aumento de 2,5x)



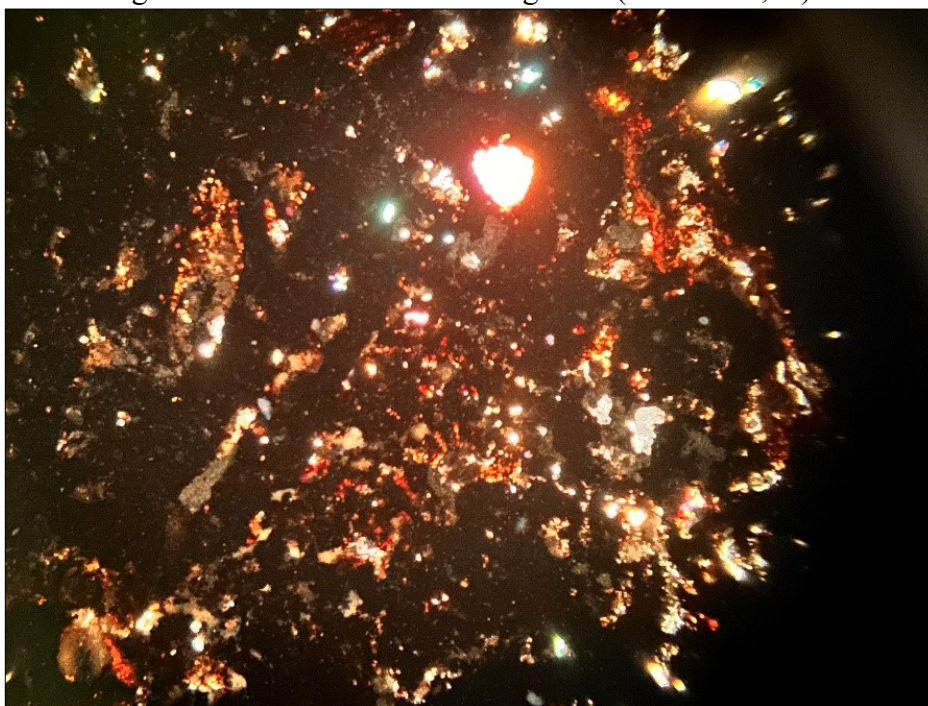
Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 7, localizado próximo ao topo da vertente, apresenta trama do tipo enáulica, com micromassa de cor bruno escuro, principalmente devido ao acúmulo de material orgânico, sem separações plasmática e, portanto, com orientação relativa do tipo asséptica (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008), possuindo domínios não orientados entre si. Desta forma, pode-se levantar a ideia do maior desenvolvimento deste perfil através da observação da micromassa, corroborando com Simões (2010), com destaque à organização da micromassa e uma melhor distribuição relativa entre os constituintes.

Em relação ao material grosso, em ambos os horizontes ocorre com frequência minerais de mica, porém muito pequenos, além de presença de quartzos fragmentados. O grau de arredondamento dos minerais que compõem o material grosso são subangulares, apresentando em alguns pontos do perfil grau subarredondado. O grau subarredondado foi encontrado neste perfil por se tratar de um solo mais evoluído em relação aos demais estudados na área de estudo, além desta posição na paisagem a ação do processo de transformação dos solos é inferior.

O perfil 8 se assemelha ao perfil 7, porém com maior observação do acúmulo do material orgânico, com destaque à posição superficial, que o classifica como um Organossolo (Figura 48).

Figura 48 – Fotomicrografia do horizonte A₂ do perfil 8 com trama mais escurecida devido ao grande acúmulo de material orgânico (aumento 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

A trama é classificada como do tipo enáulica, apresentando grau de arredondamento subarredondado.

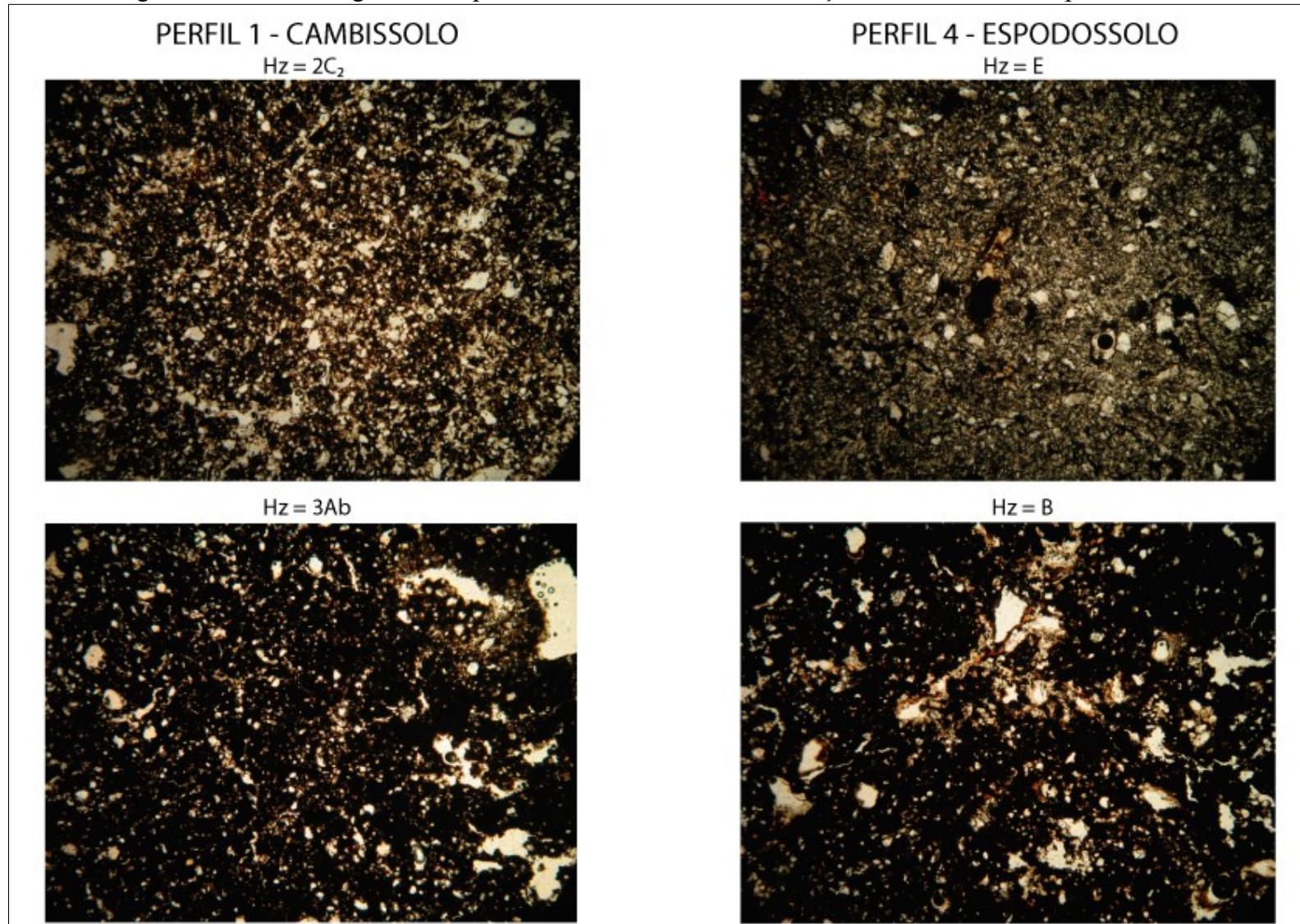
O material grosso, composto por basicamente quartzo e mica, é bastante fragmentado e de mesmas dimensões, com exoscopia polida, principalmente por ação hídrica. Apresenta grau de seleção pobremente selecionado, composta por areia fina. O grau de arredondamento é subangular distribuídos aleatoriamente.

Portanto, as lâminas de solos apresentaram variações em sua trama quando analisa as suas posições na paisagem. Os solos mais a jusante sofrem mais alterações devido à influência hídrica mais atuante, o que também acarreta no acúmulo aluvial, apresentando maior distribuição de material grosso observada nas suas lâminas.

As figuras 49, 50 e 51 destacam as discontinuidades presentes nos perfis 1 e 4, além da ausência das mesmas no perfil 7. A figura 49 ilustra fotomicrografias em luz paralela dos perfis 1 e 4 (Cambissolo e Espodossolo, respectivamente), demonstrando as diferenças de distribuição

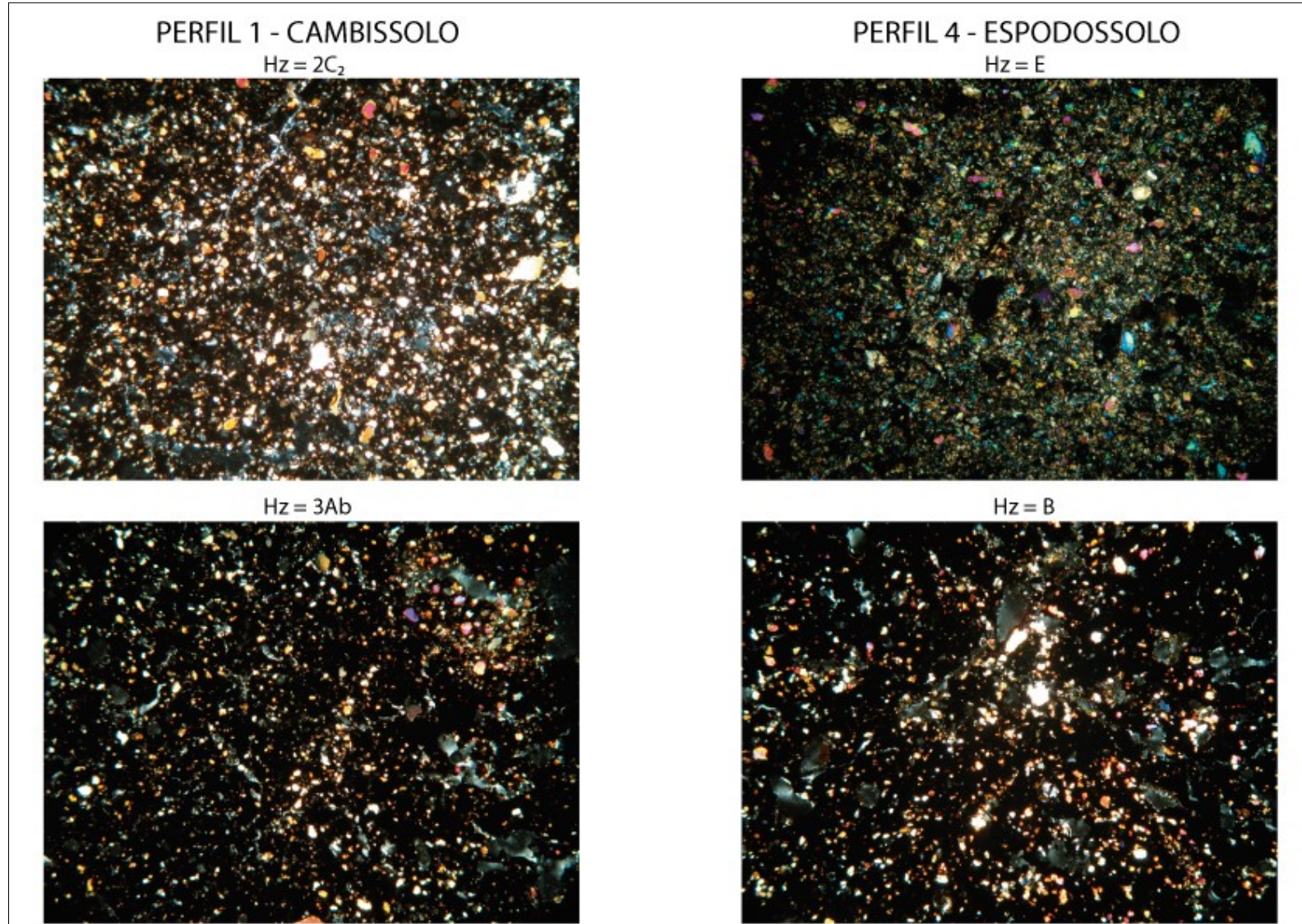
da micromassa em profundidade. Já a figura 50 destaca-se os mesmos perfis citados anteriormente, porém em nicóis cruzados, observando um material grosso de diferente distribuição em profundidade, remetendo a presença de descontinuidade pela variação dos minerais. A figura 51 ilustra o perfil 7 (Neossolo Regolítico), destacando a ausência de descontinuidade litológica pela homogeneidade em profundidade, tanto observada na distribuição da micromassa, através da observação das lâminas em luz paralela, quanto do material grosso, observando em nicóis cruzados, com certa regularidade em quantidade e tamanho dos minerais, quando comparado aos demais perfis estudados.

Figura 49 – Fotomicrografias dos perfis 1 e 4 destacando as diferenças na micromassa em profundidade



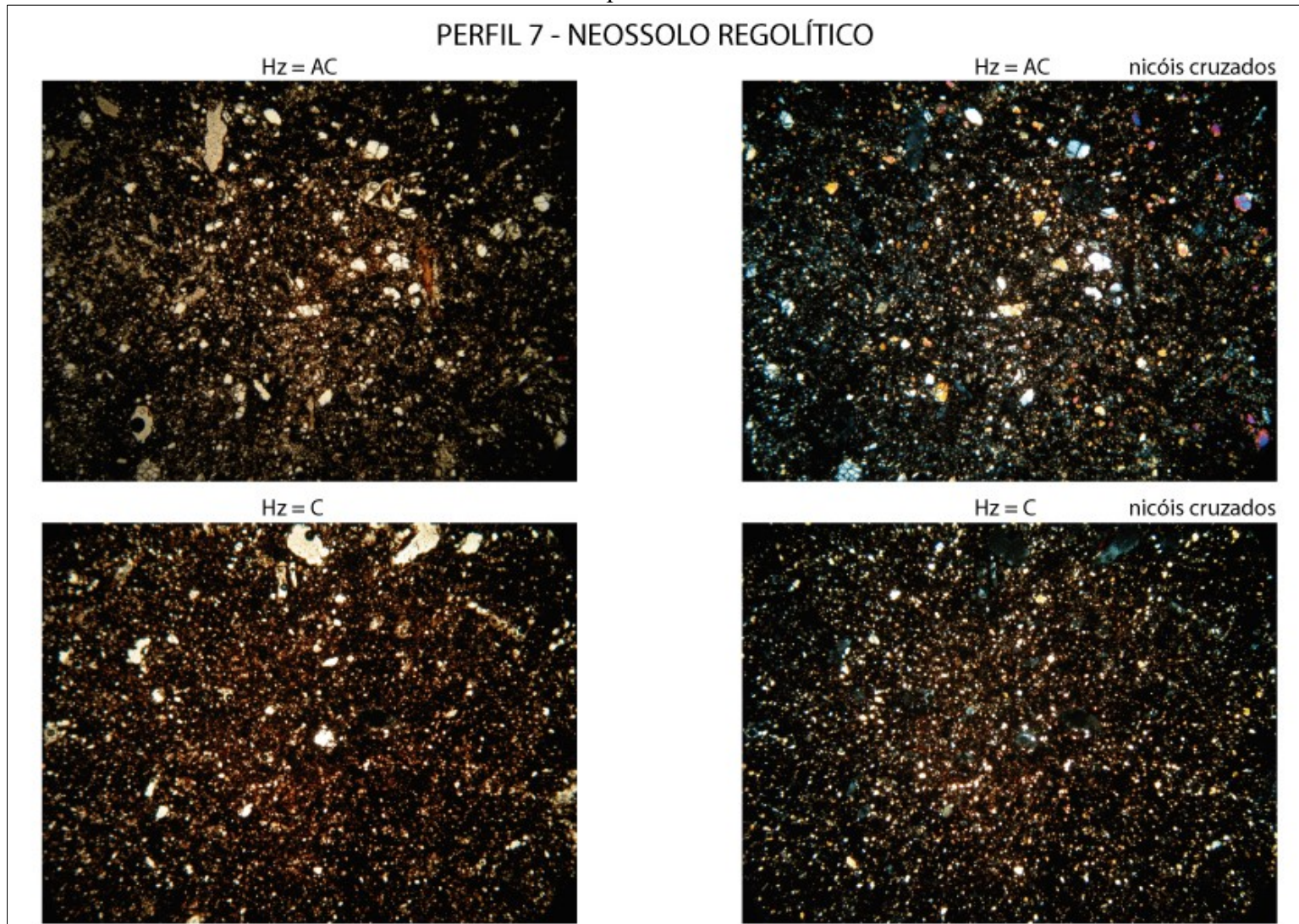
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 50 – Fotomicrografias em nicóis cruzados dos perfis 1 e 4 destacando as diferenças no material grosso em profundidade



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 51 – Fotomicrografias de luz paralela e em nicóis cruzados do perfil 7 destacando a homogeneidade da micromassa e do material grosso em profundidade



Fonte: Arquivo pessoal.

Abaixo, segue a tabela 6 com a síntese dos resultados que correlacionam com o processo evolutivo da paisagem e descontinuidade litológica presente.

Tabela 6 – Descrição dos resultados das análises de solos em laboratório apontando discontinuidades litológicas e evolução

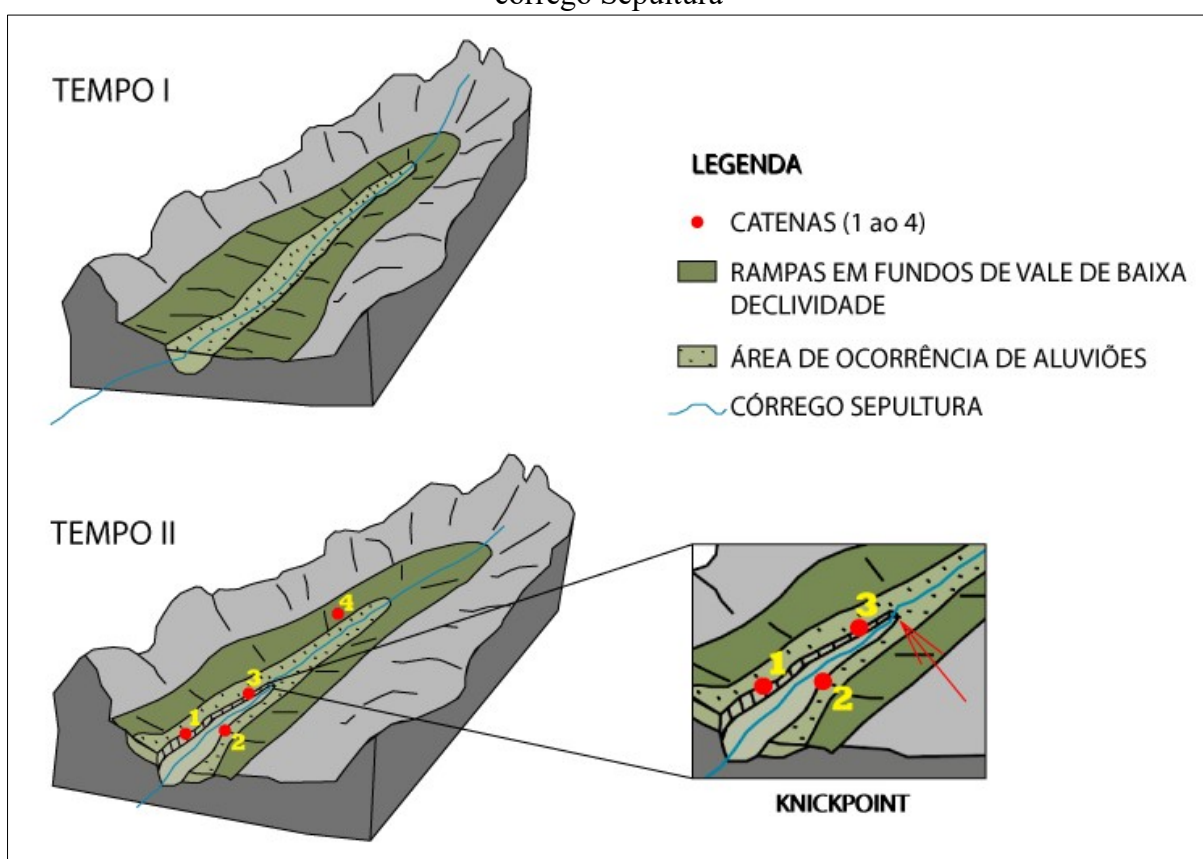
Perfis	AF/AG	Mineralogia	Micromorfologia
Cambissolo	Acréscimo na relação AF/AG entre os horizontes B e 2C ₂ , decrescendo entre os horizontes 2C ₂ e 3Ab	Perda da hematita em profundidade e acréscimo da composição mineralógica em profundidade, com vermiculita, clorita, dolomita, quartzo e muscovita	Maior distribuição de material grosso em relação à micromassa e variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Gleissolo	Grande variação na relação AF/AG entre os horizontes Cg e 2Ab	Alternância entre clorita e anatásio entre os horizontes A e Cg	Maior distribuição de material grosso em relação à micromassa e variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Neossolo Quartzarênico	Grande variação de AF/AG entre os horizontes 2C ₁ e 2C ₂	Perda de muscovita e goethita em profundidade, além do ganho de ilita	Maior distribuição de material grosso em relação à micromassa e variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Espodossolo Humilúvico	Variação considerável entre os horizontes A ₂ e 2E	Acréscimo de albita, goethita e muscovita em profundidade	Maior distribuição de material grosso em relação à micromassa do horizonte 2E com o A ₂ e variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Neossolo Flúvico	Queda brusca da AF/AG do horizonte C ₂ ao 2C ₁ e aumento considerável em profundidade a partir do horizonte 4C ₁	Ganho de quartzo em profundidade e perda de goethita, além da gibbsita não aparecer nos horizontes mais profundo	Maior distribuição de material grosso de tamanhos variados em relação à micromassa e grande variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Neossolo quartzarênico	Variação de AF/AG do horizonte A ₂ para o A ₃	Variedade mineralógica	Maior distribuição de material grosso de variadas frações em relação à micromassa e variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Neossolo Regolítico	Ausência de significativa variação da relação AF/AG	Pouca alternância, apresentando homogeneidade mineralógica	Maior distribuição de micromassa em relação ao material grosso e pouca variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes
Organossolo	Ausência de significativa variação da relação AF/AG	Homogeneidade mineralógica	Maior distribuição de micromassa em relação ao material grosso e pouca variação da distribuição dos elementos do fundo matricial entre os horizontes

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 A relação morfogênese-solo-paisagem para o entendimento da evolução da paisagem

Para entender a evolução da paisagem e do relevo foram construídos blocos diagramas ilustrativos, demonstrando o processo evolutivo em dois tempos distintos, com o auxílio de estudos geomorfológicos de transformação do relevo, as análises do relevo em campo, bem como de mudança de nível de base com a investigação de *knickpoints* e *knickzones*, além das observações dos perfis de solos em campo e suas características. Os blocos retratam, de maneira ilustrativa, a evolução do córrego Sepultura, sendo a ideia ampliada para o córrego Contagem e demais locais de ocorrência semelhante na região (Figura 52).

Figura 52 – Bloco diagrama representativo do esquema evolutivo da mudança da paisagem no córrego Sepultura



Fonte: Elaborado pelo autor.

A jusante do córrego Sepultura, ilustrado no bloco diagrama, devido à mudança de nível de base, ocorrem alterações hidrológicas, ocasionando a perda das condições de hidromorfia dos solos localizados nesta posição da paisagem. Na paisagem descrita no bloco diagrama encontram-se rampas em fundos de vale de baixa declividade, que fornecem condições para a

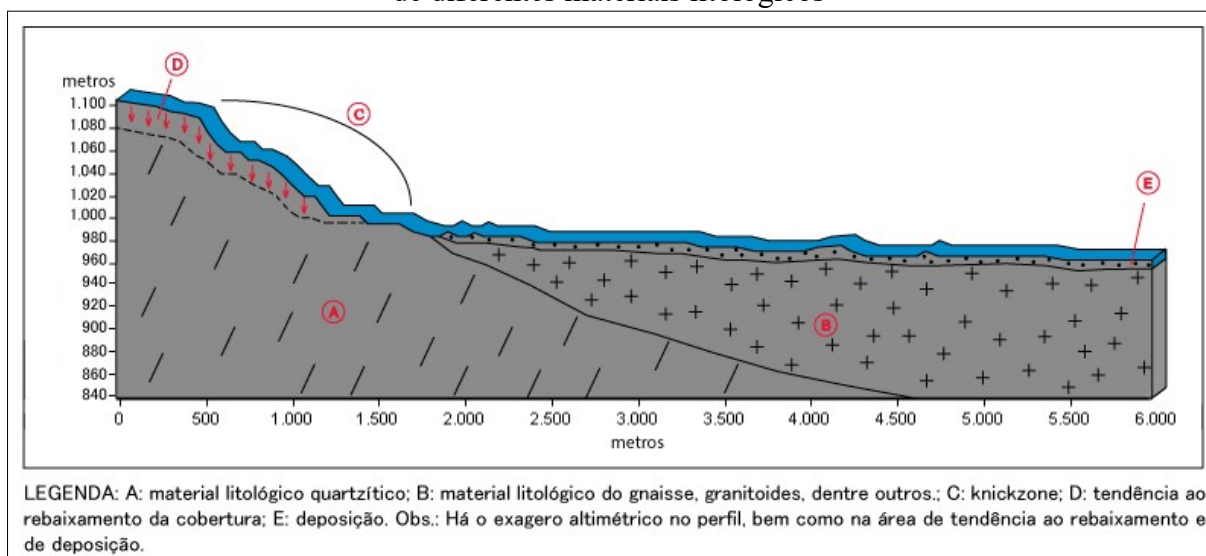
formação de áreas de ocorrência de aluviões, estes representados por depósitos de sedimentos (areia, cascalho, dentre outros), depositados por águas correntes.

Nestas áreas citadas anteriormente, segundo as observações em campo, ocorrem solos aluviais ou solos com deposição de material, observando horizontes deposicionais, ou mesmo perfis antigos recobertos por material de deposição. A exemplo de solos aluviais que ocorrem nessas áreas, está o perfil 5 (Neossolo Flúvico), localizado no córrego Contagem, com deposição de materiais de partes mais elevadas ao local estudado e diferenciação granulométrica em profundidade, além dos outros perfis com descontinuidades litológicas (Cambissolo, Gleissolo, Neossolo Quartzarênico e Espodossolo Humilúvico).

Com a mudança de nível de base ocorre a abertura e aprofundamento do leito do córrego, formando ilhas de deposição e concentração aluvial na parte interna dos meandros. Essa abertura amplia a área de ocorrência de aluviões. Além disso, o processo de erosão e deposição, provenientes da mudança de nível de base, é controlado pela resistência litológica, o que permite a ocorrência de *knickpoints*. Segundo Gallen & Wegmann (2015), o surgimento e migração de *knickpoints* são provenientes de uma queda instável e possivelmente rápida do nível de base. Ainda, segundo autores supracitados, a existência de *knickpoints* e convexidades ao longo dos perfis longitudinais dos rios sugere que um mecanismo de força externa para a queda de nível de base é responsável por sua geração.

O perfil longitudinal evolutivo do córrego Sepultura abaixo ilustra a evolução da paisagem associada ao curso hídrico, demonstrando que o papel modelador do relevo também depende da resistência litológica, formando *knickzones* e *knickpoints* (Figura 53). A ilustração do perfil longitudinal do córrego Sepultura demonstra o processo de evolução também para demais áreas de ocorrência na região, incluindo no córrego Contagem, ampliando a ideia para ambos.

Figura 53 – Perfil longitudinal da evolução da paisagem no córrego Sepultura, com a presença de diferentes materiais litológicos



Fonte: Elaborado pelo autor.

No perfil longitudinal do córrego Sepultura observa-se a diferença litológica ao longo do curso hídrico, constatada através nas análises dos perfis de solo (Neossolo Quartzarênico, Espodosolo Humilúvico, Cambissolo e Gleissolo), que apresentaram deposição e diferenciação granulométrica em profundidade, o que interfere no processo de evolução da paisagem, sendo que no relevo sobre o material quartzítico a alteração é mais lenta em relação à superfície sobre outros materiais litológicos menos resistentes. Com isso, formam-se quebras altimétricas, variando ao longo do córrego, sendo mais alongadas, denominadas *knickzones*, ou abruptas, os *knickpoints*. Esta diferença litológica interferindo no processo de evolução da paisagem e dos solos é muito marcada quando se observa ausência de descontinuidade litológica dos perfis 7 e 8 (Neossolo Regolítico e Organossolo, respectivamente), estes localizados sobre material quartzítico, com maior resistência aos processos de intemperismo.

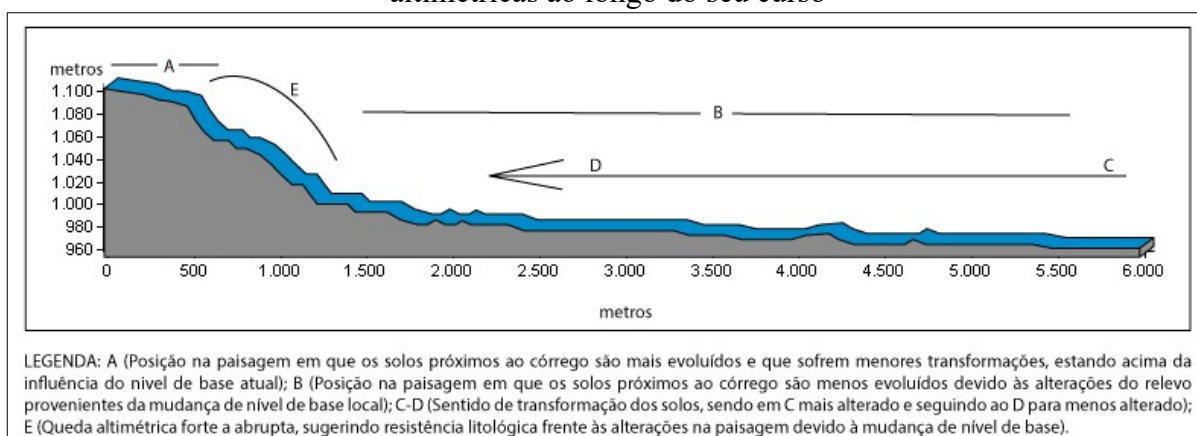
A tendência é que áreas a montante do córrego se alterem, perdendo material para as áreas mais rebaixadas por processos erosivos, ocorrendo áreas de deposição no sentido à jusante do córrego, locais de ocorrência de solos aluviais e perfis com horizontes deposicionais.

Com a confecção do modelo digital de elevação, foram elaborados perfis longitudinais dos córregos Sepultura e Contagem, os quais permitiram averiguar possíveis quebras altimétricas ao longo dos córregos, denominados por *knickpoints*, metodologia utilizada nas abordagens por Loget & Driessche (2009); Whittaker & Boulton (2012); Gallen et al. (2013); e Gallen & Wegmann (2015).

As quebras altimétricas ao longo dos dois córregos podem associar-se com a resistência litológica, principalmente por se tratar de material quartzítico, frente às alterações do relevo provenientes da mudança de nível de base local. Segundo Gallen et al. (2013), o relevo é amplamente controlado pela resistência litológica variável ao intemperismo. Ainda sobre os mesmos autores, na bacia hidrológica localizada em seus estudos encontra-se um conjunto de *knickpoints* recuados que delineiam uma paisagem acidentada relativamente incisiva, o que permite aferir na alteração da paisagem até atingir o equilíbrio dinâmico.

O córrego Sepultura, referente ao perfil longitudinal apresentado na figura 54, exhibe queda altimétrica forte (E), com ocorrência de um *knickzone*, formando duas superfícies de altimetrias distintas (A e B), sendo a porção inferior (B) passando pelo processo mais acelerado de alteração do relevo e dos solos, estes considerados mais rejuvenescidos.

Figura 54 – Perfil longitudinal do córrego Sepultura destacando a variação das cotas altimétricas ao longo do seu curso



Fonte: Elaborado pelo autor.

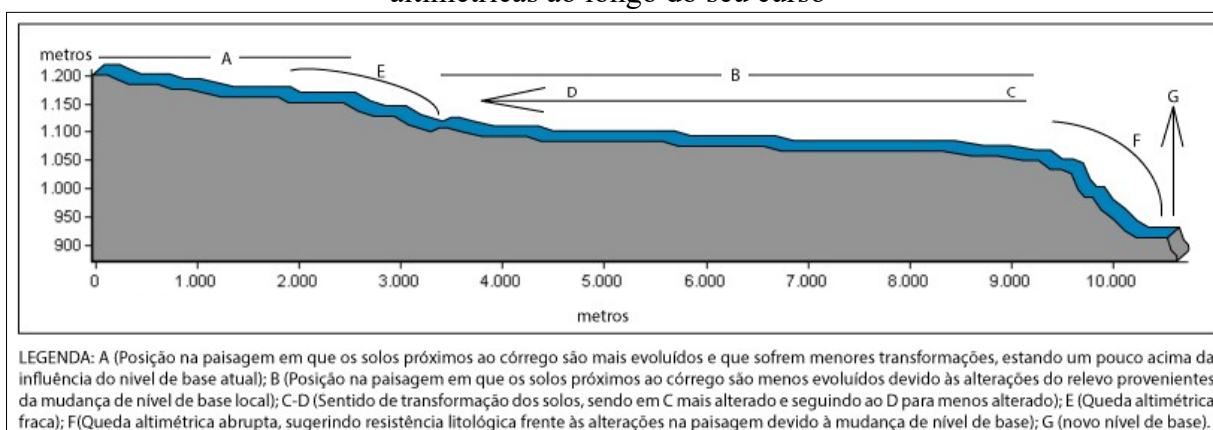
Os solos correspondentes à posição de ocorrência de processo acelerado de alteração do relevo são Cambissolo e Gleissolo, ambos com características organossólicas. São solos que apresentam discontinuidades litológicas levantadas a partir da variação da relação AF/AG, assim como na variação da mineralogia, entre os horizontes, o que demonstra o processo de rejuvenescimento. Segundo Gallen & Wegmann (2015), a reconstrução dos perfis de paleo-rio na região dos Apalaches mostra que o nível de base caiu e o relevo foi rejuvenescido desde a época da formação do *knickpoint*.

O comportamento do córrego acompanha o relevo, apresentando maior velocidade na queda altimétrica e redução a jusante, na porção mais plana da bacia. A velocidade das águas do sistema fluvial permite a frequência do processo erosivo, acarretando na formação das vertentes e no seu modelado. Com isso, altera-se os componentes da paisagem, a exemplo os

solos, implicando nos sistemas de transformação dos solos. Nesse córrego, além dos solos já citados anteriormente, encontra-se um perfil estudado classificado por Espodosolo Humilúvico, localizado em meia vertente e que sofre grande influência hídrica.

No córrego Contagem, referente ao perfil longitudinal apresentado na figura 55, ocorrem duas situações de queda altimétrica ao longo do seu percurso (E e F), sendo fraca na porção mais próxima de sua nascente (E) (*knickzone* se desfazendo), além de abrupta a jusante, próximo à sua foz no rio Paraúna (F) (*knickpoint*). Percebe-se três momentos em que há níveis de base diferenciados (A, B e G) que determinam a formação do relevo e transformações dos solos.

Figura 55 – Perfil longitudinal do córrego Contagem destacando a variação das cotas altimétricas ao longo do seu curso



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se a diferenciação entre os solos estudados localizados no córrego Contagem em termos de transformação. Mesmo apresentando mesma classificação no primeiro nível categórico, há diferenças em suas características, apresentando um Neossolo Flúvico na posição altimétrica inferior em relação aos demais perfis de solos estudados, passando por Neossolo Quartzarênico (entre a baixa e alta vertente) e Neossolo Regolítico, além da presença de Organossolo na posição mais elevada entre os perfis analisados nesse córrego.

A tendência é que ocorra o acompanhamento do córrego frente às mudanças de nível de base local atual, o que implicaria em processos erosivos, conseqüentemente na transformação da paisagem. Essa transformação ocorre de jusante à montante do córrego (C-D), resultando no maior rejuvenescimento dos solos localizados no sentido de sua foz. O Neossolo Flúvico, por apresentar variedade granulométrica por depósitos aluviais, possui descontinuidades litológicas inerentes a essa classe de solo, e que são comprovadas pela relação AF/AG, apresentando queda brusca nos valores entre horizontes, dando o caráter mais rejuvenescido para esse solo. Assim

como para o perfil de solo anterior, o Neossolo Quartzarênico, localizado na média vertente, apresentou uma pequena variação de AF/AG, indicando uma possível descontinuidade litológica, apresentando um perfil mais heterogêneo. Nesta posição, os solos sofrem mais influência da alteração do relevo em relação aos demais localizados próximos ao topo da vertente.

Segundo Gallen et al. (2013), o rebaixamento do nível de base é causado pela propagação de um *knickpoint*. Para buscar atingir o nível de base local, a tendência é a ocorrência de migração dos *knickpoints* presentes nos córregos, até atingir o equilíbrio. Com isso, a paisagem e os seus componentes passarão por mudanças e alterações, sendo influenciadas pela dinâmica hídrica e pelo processo erosivo. Sobre a migração dos *knickpoints*, segundo Whittaker & Boulton (2012), os mesmos são comumente observados ou inferidos como tendo recuado rio acima ao longo do tempo. Além disso, a migração a montante de um *knickpoint* dá origem a uma onda de incisão que transmite progressivamente o sinal de mudança de condição de contorno para toda a área de captação.

Segundo Loget & Driessche (2009), a taxa de migração de *knickpoint* pode ser usada como um método para determinar o tempo necessário para retornar ao equilíbrio após a mudança do nível de base. A taxa de migração é basicamente controlada pela área de drenagem a montante, sendo interferida pelo clima, contexto geológico e natureza aluvial ou rochosa dos rios. Pensando nisso, a taxa de migração de *knickpoint* apresenta grandeza maior em rios aluviais do que em rios de leito rochoso, principalmente em se tratando de resistência.

Resumindo, a partir das observações coletadas nas análises geomorfológicas e pedológicas, observa-se a tendência de que áreas a montante dos córregos se alterem, perdendo material por processos erosivos para as áreas mais rebaixadas, acarretando em processos deposicionais à jusante dos córregos, locais de ocorrência de solos aluviais e perfis com horizontes deposicionais. Essas alterações no relevo e na paisagem são provenientes da mudança de nível de base local, decorrendo em processos erosivos devido à ação hídrica do próprio córrego.

3.6 Considerações finais

A confecção dos modelos digitais de elevação, bem como dos perfis longitudinais dos córregos Contagem e Sepultura, permitiu analisar os *knickpoints* e *knickzones*, ou variações altimétricas, presentes ao percorrer o curso hídrico, reforçando a hipótese levantada a respeito da mudança de nível de base local. As quedas altimétricas existentes dentro do curso dos dois

córregos, constatadas a partir da construção do modelo digital de elevação e os perfis longitudinais, sugerem a existência da mudança de nível de base local. A mudança de nível de base, por alterar o relevo e a paisagem, transforma os solos presentes nessas superfícies. Percebe-se que no córrego Sepultura ocorrem alterações nos solos, Gleissolos se transformando em Cambissolos, ou possivelmente para Espodossolos, quando a textura do solo é muito arenosa. Além disso, os solos com características organossólicas (perfis 1 e 2) estão perdendo esta característica. No córrego Contagem, a partir dos perfis estudados, há indícios de que esteja ocorrendo uma incisão na paisagem que ainda não influenciou de forma marcante os solos, apesar de indicativos associados à presença de descontinuidade e de sedimentação.

O córrego Contagem apresenta maior variação de altimetria, observando dois locais com queda altimétrica de montante a jusante. O córrego Sepultura apresenta queda altimétrica abrupta na porção próxima à sua cabeceira, com certa uniformidade a partir do *knickzone* de referência no sentido a jusante. Essas variações estão associadas às mudanças de nível de base, que alteram a dinâmica hídrica, ocasionando modificações no relevo e na paisagem, bem como das migrações de *knickpoints* e *knickzones*.

Os perfis topográficos transversais ao leito dos córregos Contagem e Sepultura permitiram observar o encaixe dos mesmos devido à mudança de nível de base, destacando a resistência litológica que formam escarpas acidentadas, principalmente no córrego Contagem, onde as escarpas quartzíticas delineiam boa parte do seu curso.

Observa-se a tendência migratória dos *knickpoints* presentes nos córregos, pois ainda há ocorrência de aprofundamento do leito devido à mudança de nível de base, principalmente analisando a deposição de sedimentos nos perfis de solos. Nesse sentido, percebe-se que a paisagem se transforma devido ao aprofundamento do leito dos córregos, o que permite aferir uma constante evolução da paisagem até o nível de base atingir seu equilíbrio. Nas análises levantadas é notório a influência da mudança de nível de base para com a paisagem e o relevo, alterando estes através do aprofundamento do leito dos córregos Contagem e Sepultura, modelando, abrindo vales e formando as vertentes.

As análises de solos da área de estudo foram fundamentais para avaliar a cronologia relativa dos mesmos em posições diferentes na paisagem, a evolução dessas superfícies frente às alterações provenientes da mudança de nível de base local, bem como a presença de catenas provenientes da mudança na paisagem.

Observou-se, em campo, que os solos a montante dos córregos Sepultura e Contagem, próximos ao topo das vertentes, apresentam tonalidade escurecida, principalmente por conta do acúmulo de material orgânico, mesmo com a ausência da atividade hídrica ao longo do perfil,

com a hipótese de um processo no tempo pretérito ao atual. Os solos a jusante apresentam grandes variações ao longo do perfil, sendo que em muitos deles, as cores vermelho-amarelas e bruno-avermelhadas são marcantes. Em relação aos teores de carbono orgânico (CO) e condutividade elétrica (CE), os horizontes mais escurecidos, além dos superficiais, dos perfis estudados apresentaram maiores teores. Isto é explicado pela relação direta entre o CO e CE, pois a matéria orgânica é eletronegativa, adsorvendo elementos carregados positivamente. Essa evidência é constatada explicitamente no perfil 4, onde o horizonte eluvial (2E) acima de horizonte espódico diagnóstico (2Bh), apresenta CE baixa que aumenta abruptamente no 2Bh, este último com acúmulo de matéria orgânica.

O acúmulo de material orgânico em condições de ausência de hidromorfia, pode ser indicativo de transformações desses solos, principalmente quando se considerada a classificação dos perfis 1 e 2 como intermediários para Organossolos. Resumindo, pode-se afirmar que as condições ambientais que prevalecem atualmente, não seriam capazes de levar ao acúmulo de material orgânico, conforme observado em alguns perfis estudados, indicando processos de alterações desses solos.

A relação areia fina/areia grossa (AF/AG) foi um dos importantes parâmetros para aferir a presença de descontinuidades litológicas, que mostram mudanças nos solos devido à alteração de algum fator de formação, como alteração no relevo. Os solos localizados no topo das vertentes não apresentaram variação considerável da relação AF/AG, que indica a ausência de descontinuidades litológicas, mas que foram evidenciadas nos perfis localizados a jusante dos córregos, em que a variação considerável da relação AF/AG expressou descontinuidades.

Em termos mineralógicos, os solos localizados em posições mais rebaixadas no relevo evidenciaram variações na sua mineralogia em profundidade, em alguns casos as diferenças entre os horizontes são bem marcantes, comprovando a presença de descontinuidades litológicas. Os perfis próximos ao topo apresentaram composição mineralógica semelhante, ou pouca variação, em profundidade, apresentando uma certa homogeneidade entre os horizontes. A muscovita, mineral geralmente encontrado em solos menos evoluídos, foi encontrada com maior frequência nos perfis mais rebaixados da paisagem, com destaque para os perfis 1 e 3, estes últimos não apresentando quartzo em sua composição mineralógica, o mesmo observado para o perfil 2.

Em se tratando de análises micromorfológicas, a relação material grosso/micromassa se destacou ao analisar o grau evolutivo dos solos estudados. Os solos próximos ao topo apresentaram micromassa com maior frequência, diferentemente dos solos localizados a jusante das vertentes, apresentando material grosso frequente de variadas frações e, em alguns perfis, a

distribuição da micromassa é inferior. Assim como analisado por Pereira (2019), solos com maior distribuição relativa de micromassa em relação ao material grosso apresentam maior estágio evolutivo. Sobre as mudanças em profundidade dos perfis estudados, a micromorfologia permitiu inferir possíveis descontinuidades litológicas. Em perfis com indicativos de descontinuidades levantados por outras análises pedológicas, a distribuição de material grosso se altera em diferentes posições. A exemplo, ocorrem horizontes com menor frequência de material grosso em relação à micromassa e no horizonte sequencial torna-se o inverso, como explicitado no perfil 5, com menor frequência de material grosso no horizonte 3C₁ e maior no 5C₁.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA ABREU, P. A.. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional Minas Gerais: o rifte, a bacia e o orógeno. **Geonomos** 3 (1), 1995, p. 1-18.
- ARANHA, P. R. A. PENA, R. M. & KNAUER, L. G.. Mapeamento geológico da região de Gouveia/MG com auxílio de métodos geofísicos. **Geonomos** 18 (2), 2010, p. 01-12.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M. & ROCHA, L. C.. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. **Geonomos**, 19 (2), 2011, p. 50-69. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11761>. Acesso em 22 de abril de 2021.
- AYOADE, J. O.. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010, 332 p.
- BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C. & CARVALHO PINTO, D.. **Minerais de Titânio**, Capítulo 37, Rochas e Minerais Industriais – CETEM, 2ª Edição, 2008, p. 841-863. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1141/1/37._Minerais_de_Tit%C3%A2nio_revisado.pdf. Acesso em 04 de maio de 2023.
- BORTOLUZZI, E. C.; PERNES, M. & TESSIER, D.. Interestratificado caulinita-esmectita em um argissolo desenvolvido a partir de rocha sedimentar do Sul do Brasil. *Química e mineralogia do solo*, **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 31 (6), 2007, p. 1291-1300.
- BOULET, R. G. L.; CHAUVEL, A.; LUCAS, Y. M.. Os sistemas de transformação em pedologia. **Boletim de Geografia Teórica**: Rio Claro (SP), 20 (39), 1990, p. 45-63.
- CAMPOS, M. C. C.. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v. 8, n. 3, 2012, p. 963-982.
- CASTANHEIRA, M. V. S. & FREITAS, M. M.. Evolução da paisagem geomorfológica e a influência da pressão urbana no maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro-RJ. **Anais do X Encontro de Geógrafos de América Latina**, 2005, p. 3001-3122. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Hidrologia/05.pdf>. Acesso em 21 de novembro de 2024.
- CASTRO, S. S.. **Micromorfologia**: Bases para descrição de lâminas delgadas. 2ª edição, Campinas/Goiânia: UNICAMP/UFG, 2008, 142 p.
- CHRISTOFOLETTI, A.. Perfil longitudinal de cursos de água. **Geomorfologia fluvial**, Vol. 1, Edgar Blücher, São Paulo, 1981, p. 93-144.
- CHRISTOFOLETTI, S. R. & MORENO, M. M. T.. Análise Quantitativa de Albita e sua Distribuição em Perfis de Argilas da Formação Corumbataí na Região do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes-SP, Brasil. **Cerâmica Industrial**, 18 (2), 2013, p. 17-22.

CÓ JUNIOR, C.. **Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar**. 2011. ix, Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011, 134 p.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA RIO DAS VELHAS.. **Contratação de consultoria especializada para desenvolvimento e elaboração de termos de referências para contratações de projetos hidroambientais na bacia hidrográfica do Rio das Velhas**. Termo de Referência, Unidade Territorial Estratégica Rio Paraúna, Consominas Engenharia, 2016, 132 p.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G. & VIANA, J. H. M. Análise granulométrica. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. & TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2011, 573 p.

FONTANA, A. & CAMPOS, D. V. B. Carbono Orgânico. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. & TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2017, 573 p.

GALLEN, S. F & WEGMANN, K. W.. Exploring the origins of modern topographic relief in the southern Appalachians: An excursion through the transient landscape of the Cullasaja River basin, North Carolina. In: Holmes, A.E., ed., **Diverse Excursions in the Southeast: Paleozoic to Present: Geological Society of America Field Guide 39**, 2015, p. 145-167. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/273451003>. Acesso em 20 de dezembro de 2022.

GALLEN, S. F.; WEGMANN, K. W. & BOHNENSTIEHL, W. R.. **Miocene rejuvenation of topographic relief in the southern Appalachians**. Dept. of Marine, Earth, and Atmospheric Sciences, North Carolina State University, 2800 Faucette Drive, Raleigh, North Carolina 27695, USA, 2012, p. 04-10.

GEOCIÊNCIAS-USP. **Clorita**, São Paulo. Universidade de São Paulo, 2023a. Disponível em: <https://didatico.igc.usp.br/minerais/silicatos/filossilicatos/clorita/>. Acesso em 04 de maio de 2023.

GEOCIÊNCIAS-USP. **Dolomita**, São Paulo. Universidade de São Paulo, 2023b. Disponível em: <https://didatico.igc.usp.br/minerais/carbonatos/dolomita/>. Acesso em 04 de maio de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Manuais Técnicos em Geociências, nº 5, 2ª edição, Rio de Janeiro, 2009, 175 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª edição, Manuais Técnicos em Geociências, nº. 4, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2015, 425 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf>. Acesso em 19 de abril de 2021.

KNAUER, L. G.. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos** 15 (1), 2007, p. 81-90.

LANA, C. E. & CASTRO, P. T. A.. Evolução histórica e filosófica do conceito de nível de base fluvial. **TERRÆ DIDÁTICA**, 8(1), 2012, p. 51-57.

LOGET, N. & DRIESSCHEC, J. V. D.. Wave train model for knickpoint migration. **Elsevier B.V.**, *Geomorphology*, Volume 106, Issues 3-4, 2009, p 376-382.

MILNE, G.. Some suggested units os classification and mapping, particular for East African soils. **Supplements to the Proceedings of the International Society of Soils Science**, v. 4, n. 3, 1935, p. 183-198.

MinMicro. **ANATÁSIO-TiO₂**, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023a. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Anat%C3%A1sio.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2023.

MinMicro. **DIÁSPORO-AIO(OH)**, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023b. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Diásporo.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2023.

MinMicro. **HEMATITA-Fe₂O₃**, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023c. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Hematita.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2023.

MinMicro. **MUSCOVITA-KAl₃Si₃O₁₀(OH)₂**, Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2023d. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/minmicro/Muscovita.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2023.

NADLER, A. & FRENKEL, H. Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four electrode method. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, n, 5, 1980, p. 1216-1221.

NOVAES FILHO, J. P.; COUTO, E. G.; RODRIGUES, L. M.; CHIG, L. A. & JOHNSON, M. S.. Indicativos de descontinuidade litológica de regolitos derivados de granitos em uma microbacia sob Floresta Amazônica, em Juruena – MT. **R. Bras. Ci. Solo**, 36, 2012, p. 317-324.

QUEIROZ NETO, J. P.. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Rev. Bras. Geomorfol.**, 12 (3), 2011, p. 15-24. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v12i0.255>. Acesso em 10 de jan. 2022.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. & SHIMIZU, S. H.. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 7ª edição, Viçosa-MG, 2015, 102 p.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de & CUNHA, T. J. F.. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 5ª edição, Brasília-DF, 2018, 355 p.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; CORTIZAS, A. M.; VIDAL-TORRADO, P.; RACEDO, J. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SILVA, E. B. & FERREIRA, C. A.. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG. I – Caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33, 2009a, p. 1385-1398. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a30.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2021.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; VIDAL-TORRADO, P.; CORTIZAS, A. M.; RACEDO, J. R. & CAMPOS, J. R. R.. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG. II – Influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33, 2009b, p. 1399-1408. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a31.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2021.

SILVA, T. M. & SANTOS, B. P.. Sistemas de drenagem e evolução da paisagem. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 4, n. 1, 2010, p. 05-19.

SILVA, M. L. & SILVA, A. C.. Gênese de turfeiras e mudanças ambientais quaternárias na Serra do Espinhaço Meridional – MG. **Revista Geociências**, v. 35, n. 3, UNESP, 2016, p. 393-404. Disponível em: <http://pgegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9521>. Acesso em 22 de abril de 2021.

SIMÕES, P. M. L.. **Geomorfogênese de trecho da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional/MG: uma contribuição baseada no possível diálogo entre os atributos pedológicos de formações superficiais e a organização geomorfológica regional**. Tese do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010, 152 p.

TRICART, J.. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977, 97 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em 10 de jan. de 2022.

TRIGUEIRO, P. A.. **Montmorilonita como suporte para remoção de proteínas no processo de clarificação/estabilização dos vinhos e para obtenção de pigmentos híbridos**. Tese do Departamento de Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018, 157 p.

VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G. & DONAGEMMA, G. K.. Densidade de Partículas. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A. & TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2017, 573 p.

WHITTAKER, A. C. & BOULTON, S. J.. Tectonic and climatic controls on knickpoint retreat rates and landscape response times. **Journal of Geophysical Research**, vol. 117, 2012, 19 p.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

As reflexões levantadas pelo levantamento bibliográfico acerca das temáticas abordadas na pesquisa, os estudos pedológicos como investigação para o entendimento da evolução da paisagem e os sistemas de transformação dos solos, bem como as análises geomorfológicas, foram fundamentais para compreender as transformações da paisagem e do relevo provenientes da alteração da dinâmica hídrica local.

As análises de solos da área de estudo permitiram avaliar a cronologia relativa dos mesmos em posições diferentes na paisagem, a evolução dessas superfícies frente às alterações determinadas mudança de nível de base local, bem como a presença de sistemas de transformação de solo decorrentes da mudança na paisagem.

Os solos a montante dos córregos Sepultura e Contagem, próximos à cabeceira, apresentam tonalidade escurecida, proveniente do acúmulo de material orgânico, mesmo com a ausência de hidromorfia ao longo do perfil, com a hipótese de um processo no tempo pretérito ao atual. Quanto aos teores de carbono orgânico (CO) e condutividade elétrica (CE) dos solos, os horizontes mais escurecidos, além dos superficiais, apresentaram maiores teores. Esta observação é explicada pela relação direta entre o CO e CE, pois a matéria orgânica é eletronegativa, adsorvendo elementos carregados positivamente. O acúmulo de material orgânico em condições de ausência de hidromorfia, pode ser indicativo de sistemas de transformação desses solos.

A relação areia fina/areia grossa (AF/AG) se destacou como um importante parâmetro para aferir a presença de discontinuidades litológicas, que mostram mudanças nos solos devido à alteração de algum fator de formação, como alteração no relevo. Os solos localizados próximos ao topo das vertentes não apresentaram variação considerável da relação AF/AG, indicando ausência de discontinuidades litológicas, mas que foram evidenciadas nos perfis localizados a jusante dos córregos, em que a variação considerável da relação AF/AG expressou discontinuidades.

Os estudos micromorfológicos permitiram inferir possíveis discontinuidades litológicas, sendo que em perfis com esses indicativos levantados por outras análises pedológicas, a distribuição de material grosso se altera em diferentes posições. A variação mineralógica entre horizontes corrobora com as possíveis discontinuidades litológicas presentes nos solos mais a jusante dos córregos, o que demonstra a ocorrência de sistemas de transformação dos solos. Em se tratando de alterações na paisagem provenientes de mudanças do nível de base, a confecção dos modelos digitais de elevação, bem como dos perfis

topográficos dos córregos, permitiu analisar os *knickpoints*, ou variações altimétricas, presentes ao percorrer o curso hídrico, contribuindo na hipótese levantada a respeito da mudança de nível de base local. O córrego Contagem apresenta maior variação de altimetria, destacando dois momentos de queda altimétrica de montante a jusante. Já o córrego Sepultura apresenta queda altimétrica abrupta na porção próxima à sua cabeceira, com certa uniformidade a partir do *knickpoint* de referência no sentido a jusante. A confecção dos perfis topográficos transversais ao leito dos córregos permitiu observar o encaixe dos cursos hídricos devido à mudança de nível de base, destacando a resistência litológica que formam escarpas acidentadas.

Com a observação da paisagem vigente, há indícios que os córregos continuem esculpando a paisagem e o relevo, formando vales ainda mais encaixados, permitindo a ocorrência de demais sistemas de transformação dos solos, alterando as classes de solos, ou mesmo suas características, modificando a classificação nos demais níveis categóricos.

GLOSSÁRIO

Knickpoint – Termo referente à queda altimétrica que determina mudança de nível de base

Köppen – Considerado precursor da ciência meteorológica moderna, suas descobertas influenciaram profundamente os rumos das ciências da atmosfera

In situ – Uma expressão latina que significa “no lugar”

Munsell – Pintor americano, professor de arte e inventor do sistema de cores Munsell