

**Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia**

Malena Silva Nunes

**CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DE SOLOS NA BORDA OESTE
DO PLANALTO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL - MG**

**Belo Horizonte
2013**

Malena Silva Nunes

**CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DE SOLOS NA BORDA OESTE
DO PLANALTO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL - MG**

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

Área de concentração: Análise Ambiental

Linha de Pesquisa: Geomorfologia e Análise Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vilma Lúcia Macagnan Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Soares de Oliveira

**Belo Horizonte
2013**

N972c
2013

Nunes, Malena Silva.
Caracterização micromorfológica de solos na borda oeste do
Planalto Meridional do Espinhaço - MG [manuscrito] / Malena Silva
Nunes – 2013.
iv, 85 f.: il. (algumas color.)

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais,
Instituto de Geociências, 2013.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Linha de Pesquisa: Geomorfologia e Análise Ambiental.

Orientadora: Vilma Lúcia Macagnan Carvalho.

Co-orientador: Fábio Soares de Oliveira.

Bibliografia: f. 69-74.

Inclui anexos.

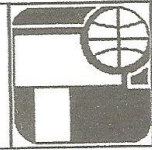
1. Solos – Teses. 2. Solos – Formação – Teses. 3. Solos –
Classificação – Teses. I. Carvalho, Vilma Lúcia Macagnan. II. Oliveira,
Fábio Soares de. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de
Geociências. IV. Título.

CDU: 631.4.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA




FOLHA DE APROVAÇÃO


CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DE SOLOS NA BORDA OESTE DO PLANALTO DO ESPINHAÇO MERIDIONAL - MG

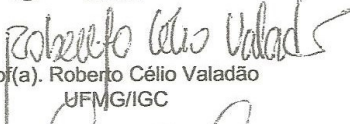
MALENA SILVA NUNES

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 23 de agosto de 2013, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Vilma Lucia Macagnan Carvalho - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). Fabio Soares de Oliveira
UFMG


Prof(a). Roberto Célio Valadão
UFMG/IGC


Prof(a). Leonardo Cristian Rocha
UFSJ

Belo Horizonte, 23 de agosto de 2013.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Prof.^a Vilma e ao Prof.^o Fábio. À Vilma, por aceitar, prontamente, me acompanhar nessa pesquisa e por me apresentar à Micromorfologia. Ao Fábio, pelo apoio dado em campo, pelas conversas, sugestões e contribuições. Enfim, agradeço aos dois pela paciência, ajuda, orientação e pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho.

À Prof.^a Cristiane e ao Prof.^o Valadão, presentes ao longo da pesquisa. Agradeço-os por todas as contribuições, pelo auxílio desde a definição da área de estudo até a interpretação dos resultados obtidos.

Agradeço muitíssimo à Patrícia, pela ajuda em campo e, especialmente, nas atividades exercidas nos laboratórios do IGC. Obrigada pelo apoio na realização das análises granulométricas, nas leituras de pH, descrições das lâminas... Definitivamente, teria sido bem mais difícil "sair do lugar" sem sua ajuda!

Também não posso deixar de citar Elizêne e Wallace pelo apoio dado nas disciplinas cursadas juntos e na coleta das amostras em campo. Ao motorista Valdir, que tanto ajudou na abertura e, principalmente, no fechamento das trincheiras; e ao Hέλvio, pela disponibilidade e ajuda especialmente na confecção das fotomicrografias.

Agradeço ao Paulinho, pela ajuda, apoio e incentivo que vão além da confecção do material cartográfico dessa pesquisa. Pela paciência, atenção e carinho que teve comigo ao longo desse período de tanta correria.

E àqueles que estiveram presentes nesse momento tão importante da minha formação, que tiveram de conviver com os lapsos de memória, minutos de estresse, nervosismo e ansiedade. Aos colegas do CEFET-MG, da PBH, aos meu pais e aos meus irmãos. Obrigada por fazerem parte dessa conquista!

RESUMO

A análise pedológica deve contemplar diferentes escalas, cabendo à Micromorfologia de Solos o estudo das organizações microestruturais. Este trabalho visou caracterizar tais organizações em solos localizados na borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional/MG. Estudos dessa natureza na já foram realizados na Depressão de Gouveia, sendo escassos na área planáltica. Foram selecionados quatro perfis em diferentes compartimentos geomorfológicos e em rochas do Grupo Costa Sena. Neles, foram coletadas amostras para a confecção de seções delgadas e também análise textural. A descrição micromorfológica seguiu os preceitos de Bullock et al. (1985), Brewer (1976) e Stoops & Jongerius (1975). Foi constatada a origem *in situ* do Perfil 1 (Latosolo), evidenciada pela presença de nodulações em distintos estágios de formação e degradação. Diferenças entre os perfis 2 e 3 (Cambissolos) foram evidenciadas, apesar de estarem localizados na mesma vertente. No Perfil 2, em alta vertente, foi notada a diminuição da concentração do esqueleto com o aumento da profundidade do solo, sugerindo uma lavagem de finos. No Perfil 3, em média vertente, foram constatados mosqueados, cuja ocorrência foi atribuída às variações da declividade e circulação hídrica. O Perfil 4 (Argissolo) apresentou nodulações mais densas e manchas avermelhas distribuídas pelo plasma, além de nodulações que sugerem processos de oxi-redução em ambiente hidromórfico, a partir de acumulação absoluta de ferro. No geral, praticamente todos os perfis foram reconhecidos como elúvios, exceto o perfil 4. Além disso, foram descritas microestruturas nos perfis que permitem estabelecer indicadores de processos associados não só a sua evolução pedogenética, mas também à própria evolução geomorfológica de seu contexto. Dentre eles, destacam-se: i) presença, tipo e distribuição de nódulos; ii) grau de desenvolvimento da pedalidade considerando o material de origem dos solos; iii) gradiente textural sem feições pedológicas de iluviação; iv) diferenças de cor do plasma; etc.

Palavras-chave: solos, indicadores, micromorfologia.

ABSTRACT

Pedological analysis should cover different scales, while the Soil Micromorphology study the microstructural organizations. This work describes such organizations in soils located on the western edge of the Espinhaço Mountain Range/MG. Such studies have been conducted in the area in Gouveia Depression, being scarce in this plateau zone. Were selected four profiles in different geomorphological compartments and rocks from Costa Sena Group. There, samples were collected for the preparation of thin sections and also textural analysis. The micromorphological description followed the precepts of Bullock et al. (1985), Brewer (1976) and Stoops & Jongerius (1975). It has been found the origin *in situ* of the Profile 1 (Oxisol), evidenced by the presence of nodules in different stages of formation and degradation. Differences between profiles 2 and 3 (Cambisols) were observed, although they are located on the same strand. In the profile 2, high slope, were found to decrease the concentration of the coarse material with increasing depth of soil, suggesting a wash of the thinner material. In the Profile 3, on medium slope, were found mottled, whose occurrence was used to variations in slope and hydric circulation. The profile 4 (Argisol) showed nodules denser and reddish stains distributed by the plasma, and nodules suggest that redox processes in the hydromorphic environment by the absolute accumulation of iron. Overall, almost all profiles were recognized as *in situ* profiles except profile 4. Furthermore, microstructures were described in the profiles which allow associated indicators processes not only their pedogenetic evolution, but also the geomorphological evolution of their own context. Among them are: i) the presence, type and distribution of nodules, ii) degree of development of pedality considering the source material of soils; iii) texture gradient without pedofeatures of illuvial iv) differences in color of fine material, etc.

Keywords: soils, indicators, micromorphology.

SUMÁRIO

Índice de Figuras	ii
Índice de Quadros e Tabelas	iv
1. Introdução	5
2. Revisão de Literatura	7
2.1. Solos: origem e fatores de formação	7
2.2. Classificação dos solos	11
2.3. A Micromorfologia de Solos	14
3. Caracterização da Área	19
3.1. Geologia	21
3.2. Geomorfologia	22
3.3. Clima	26
3.4. Cobertura vegetal	28
3.5. Solos	28
4. Procedimentos Metodológicos	30
5. Resultados	35
5.1 Aspectos gerais dos solos descritos e classificação preliminar	35
5.2 Textura e indicadores texturais	40
5.3 Caracterização micromorfológica	44
5.4 Indicadores micromorfológicos aplicados ao estudo da evolução geomorfológica do contexto onde se inserem os perfis	61
6. Considerações Finais	67
7. Referências	69
Anexo I – Modelo da Ficha de descrição morfológica	75
Anexo II – Modelo da ficha de descrição micromorfológica	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pedon e perfil pedológico	8
Figura 2: Influencia da topografia na distribuição dos tipos de solos	11
Figura 3: Níveis de organização pedológica	16
Figura 4: Tipos de tramas	16
Figura 5: Mapa de localização da área de estudo	20
Figura 6: Mapa de declividade da área de estudo.....	24
Figura 7: Unidades geomorfológicas I, II e III	25
Figura 8: Precipitação de acordo com as Normais Climatológicas para Diamantina	27
Figura 9: Balanços Hídricos para os períodos 1931 à 1960 e 1961 à 1990	27
Figura 10: Vegetação predominante da área de estudo	28
Figura 11: Mapa de localização dos perfis no contexto litológico	31
Figura 12: Representação dos procedimentos de obtenção das seções delgadas	33
Figura 13: P1 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO	35
Figura 14: P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO	37
Figura 15: P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO	38
Figura 16: P4 – ARGISSOLO VERMELHO AMARELO	39
Figura 17: Gráficos representativos da textura dos perfis	43
Figura 18: Fotomicrografias dos horizontes pertencentes ao P1(aumento - 2,5x)	48
Figura 19: Presença de raiz no horizonte A do P1 (aumento - 5x)	49
Figura 20: Microagregados de origem biológica preenchendo poros do horizonte A do P1 (aumento - 10x).....	49
Figura 21: Nodulações em diferentes estágios de formação no P1 (aumento - 5x)	50
Figura 22: Fotomicrografias dos horizontes pertencentes ao P2 (aumento - 2,5x)	51
Figura 23: Pedotúbulo preenchido por matéria orgânica no horizonte A do P2 (aumento - 10x)	52
Figura 24: Micaxisto no horizonte Bi (aumento - 10x)	52
Figura 25: Fotomicrografias dos horizontes do P3 (aumento - 2,5x)	53
Figura 26: Nodulação presente no horizonte C do P3 (aumento - 10x)	54
Figura 27: Fotomicrografias das porções superior (A-s) e inferior (A),	

com coloração mais amarelada, do horizonte A do P4 (aumento - 2,5x)	55
Figura 28: Fotomicrografias dos horizontes do P4 (aumento - 2,5x)	55
Figura 29: Nodulações, horizontes A (Figura 29.a) e AB (Figura 29.b) do P4 (aumento - 10x)	56
Figura 30: Muscovita presente no horizonte A (Figura 30.a) e no horizonte AB (Figura 30.b) do P4 (aumento - 10x, 50x, respectivamente)	57
Figura 31: Concentração plásmica apresentando birrefringência (aumento - 10x)	57
Figura 32: Concentração plásmica com coloração mais clara, indicativo de perda de material (aumento - 10x)	58
Figura 33: Manchas avermelhadas no plasma e mineral, horizonte Bt1 do P4 (aumento - 10x)	58
Figura 34: Diferença na trama do horizonte Bt1 (aumento - 2,5x): mais aberta, enáulica (Figura 34.a), passando para uma mais fechada, porfírica (Figura 34.b)	59
Figura 35: Diferenças no revestimento e no intemperismo ao redor de um nódulo e de um mineral (aumento - 10x)	59
Figura 36: Nodulações nos horizontes Bt2 (Figura 36.a) e Bt3 (Figura 36.b) do P4 (aumento - 10x)	60
Figura 37: Nodulação no horizonte BC do P4 (aumento - 2,5x)	60
Figura 38: Mineral alterado no horizonte A do P4 (aumento - 10x)	63
Figura 39: Diferenças na coloração do plasma do horizonte C do P3 (aumento - 2,5x)	65
Figura 40: Nodulações presentes no horizonte Bw1 do P1 (Figura 40.a) e no horizonte BC do P4 (Figura 40.b) (aumento - 2,5x)	66

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Níveis de organização pedológica	15
Quadro 2: Síntese geológica da área de estudo	21
Quadro 3: Síntese da descrição morfológica dos perfis analisados	36
Quadro 4: Descrição das características micromorfológicas	46
Tabela 1: Textura e indicadores texturais dos solos estudados	41
Tabela 2: Porcentagem do fundo matricial nos horizontes de cada perfil	44

1. INTRODUÇÃO

O estudo do solo é de fundamental importância para o entendimento da formação e evolução do relevo, especialmente quando estabelecida a relação entre os processos pedogenéticos e morfogenéticos. Tricart (1968) aponta que a geomorfologia de uma área interfere diretamente na pedologia local, sendo esta um elemento de formação e evolução das coberturas superficiais. O autor destaca, porém, que a geomorfologia revela apenas parte dos dados relativos à análise pedológica, não atuando de maneira exclusiva na definição de determinado tipo de solo. Da mesma maneira, a evolução do relevo está diretamente associada aos processos e materiais nas vertentes e vales, fazendo com que a morfologia e os aspectos pedológicos (ou estratigráficos, se for o caso) revelem características importantes da paisagem de uma região. Nesse sentido, diversos trabalhos têm sido elaborados com o intuito de evidenciar tais relações, caracterizando uma área de conhecimento de interface, comumente chamada de Pedogeomorfologia.

Considerando que a análise das coberturas pedológicas deve ser realizada em diferentes escalas, indo das seqüências de horizontes nas vertentes em distintos compartimentos morfopedológicos da paisagem até escalas nanométricas (uma partícula de argila), a Micromorfologia de Solos se destaca como a área do saber que estuda as organizações microestruturais dos constituintes do solo, quais sejam os minerais primários e secundários, os materiais orgânicos e os espaços porosos. Por isso, a Micromorfologia envolve o uso de técnicas sofisticadas, como a microscopia óptica (OMP), de varredura (MEV) e de transmissão (MET), incluindo, além de análise de imagens, a interpretação de propriedades ópticas e cristal químicas dos constituintes e obtenção de dados a partir de microsondagens geoquímicas. A partir desse instrumental, a Micromorfologia torna possível analisar perfis pedológicos em nível de microescala como forma de identificar processos ocorrentes e seus efeitos sobre a organização do solo na paisagem.

Mesmo que a Micromorfologia de Solos tenha se difundido bastante desde sua criação na década de 30 do século XX (KUBIENA, 1938), a caracterização das microestruturas em diferentes tipos de solos, bem como a relação dessas com o contexto em que esses solos estão inseridos, com destaque para o relevo, é um exercício a ser praticado em muitos perfis e em diversas áreas. Algumas áreas que durante muitos anos tiveram suas paisagens e os processos nelas contidos pesquisadas em escala regional a local, carecem de estudos de detalhe que se correlacionem aos conhecimentos e

observações já obtidos. Neste contexto se insere o Espinhaço Meridional, no Estado de Minas Gerais.

Alguns trabalhos realizados na região da Depressão de Gouveia obtiveram resultados importantes a partir do uso de técnicas associadas à análise microscópica de solos, destacando-se os estudos de Rocha (2004), Menezes (2006), Ramos (2008) e Ávila (2009). Ainda que pesquisas no Espinhaço Meridional estejam avançando, é interessante que elas sejam acompanhadas por estudos de detalhe, tais como a caracterização em nível microscópico dos materiais nas vertentes. Assim, neste trabalho, optou-se por realizar as coletas de amostras pedológicas na borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional, área planáltica em que os trabalhos micromorfológicos ainda são escassos.

Neste contexto, o objetivo geral dessa pesquisa foi caracterizar as organizações microestruturais de solos em distintas unidades geomorfológicas da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional, partindo da hipótese de que as superfícies pedológicas do planalto apresentariam características distintas daquelas já observadas na área deprimida. Dentre os objetivos específicos destacam-se o levantamento de indicadores microestruturais que diferenciam e determinam as características de cada perfil e oferecer subsídios à utilização destes solos para estudos de evolução da paisagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Solos: origem e fatores de formação

A análise e o estudo dos solos podem ser feitos de diferentes maneiras, a depender dos objetivos e do enfoque estabelecidos. A própria definição de solo pode variar, já que abrange distintos campos e ciências. Agricultores, por exemplo, entendem o solo como meio para crescimento das plantas, enquanto geólogos e engenheiros possuem interesses específicos e podem estudar o solo enquanto recurso natural (LEPSCH, 2002). A Pedologia é a ciência que estuda a constituição, origem, morfologia e classificação dos solos, objetivando formar as bases para indicações de melhor uso respeitando as limitações ambientais.

Destaca-se que a origem da Pedologia como Ciência do Solo remonta à década de 80 do século XIX, quando o naturalista russo Dokouchaiev reconheceu o solo “como um corpo dinâmico e naturalmente organizado que pode ser estudado por si só, tal como as rochas, as plantas e os animais” (LEPSCH, 2002, p. 7), representando-o por meio de um perfil na capa de sua tese apresentada em 1883.

Para o pedólogo, portanto, o solo é algo dinâmico, cuja formação se dá a partir de uma rocha que se desagrega mecanicamente e se decompõe quimicamente, formando um material que, com o tempo, ganha espessura, estrutura e se individualiza (LEPSCH, 2002, p. 8).

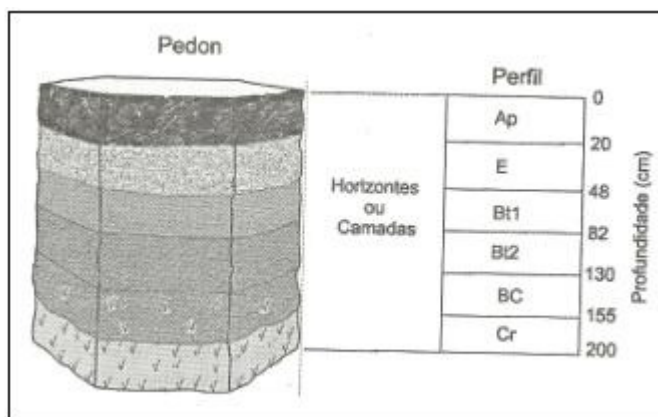
De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o solo pode ser definido como

uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2006, p. 31).

Lemos et al. (2005) também caracterizam os solos como corpos naturais, independentes e constituídos por materiais minerais e orgânicos que se encontram organizados em horizontes ou camadas. Assim, quando se analisa o solo a partir do conjunto de horizontes e das relações estabelecidas entre eles em virtude da ação de distintos fatores e processos pedogenéticos, o objeto de estudo passa a ser o *solum*. Ainda

segundo os autores, é possível representar o solo por meio de um corpo tridimensional, denominado pedon (Figura 1), e realizar exames, descrições e coletas de materiais na face deste, indo da superfície ao material de origem. Esta seria a unidade básica para o estudo dos solos, o perfil.

Figura 1: Pedon e perfil pedológico



Fonte: LEMOS et al., 2005, p. 2.

A identificação e as análises pedológicas são fundamentais para que se possa entender a formação e a evolução geomorfológica, especialmente quando se leva em consideração a associação entre os processos de pedogênese e morfogênese. Desse modo, diversos trabalhos têm sido produzidos objetivando evidenciar esta influência e explicar / justificar a evolução do relevo.

Salienta-se, entretanto, que, conforme apontado por Espindola (2010), a Geomorfologia e a Pedologia não surgiram na mesma época e nem no mesmo lugar, e cada uma buscava compreender a dinâmica das formações superficiais de acordo com seus objetos de estudo, sendo o relevo (morfogênese) e os solos (pedogênese), respectivamente. Porém, apesar das diferenças, quando tentam entender tal dinâmica, ambas visam o entendimento da evolução da paisagem.

Assim, as formas de relevo e os solos estão intimamente relacionados, de modo que interagem na paisagem a partir de uma série de associações espaciais e temporais (KILIAN & ROSSELI, 1978 *apud* FURQUIM, 2002). Ehrhart, em 1956, discutiu a antinomia entre os processos de pedogênese e morfogênese propondo a teoria da Biostasia e Resistasia. Porém, segundo Queiroz Neto (2008), naquele momento as contribuições repercutiram de forma considerável na Geomorfologia, mas de forma reduzida nos estudos pedológicos.

O francês Jean Tricart é apontado, então, como um precursor dos estudos envolvendo as relações entre pedogênese e morfogênese, considerando, inclusive, que a Pedologia seria uma ciência subordinada à Geomorfologia. Para ele, a geomorfologia de uma área interfere diretamente na pedologia local, sendo um elemento que compõe a morfogênese (TRICART, 1968). O autor destaca, porém, que a geomorfologia revela apenas uma parte dos dados relativos à análise pedológica, ou seja, ela não atua de maneira exclusiva na definição de determinado tipo de solo: “Pode-se falar de um verdadeiro balanço da morfogênese-pedogênese, cujo resultado muda de sentido conforme o lugar e as circunstâncias” (TRICART, 1968, p. 9).

Nesse sentido, a relação estabelecida entre o solo e a paisagem pode ser entendida a partir da análise dos atributos do solo e de seu posicionamento no relevo (BUI et al., 1999). Os aspectos topográficos interferem de maneira marcante nas características pedológicas, já que condicionam os fluxos da água e orientam a erosão e a deposição de materiais (BARTHOLD et al., 2008). Outros aspectos, como o clima, a geologia e a hidrografia, também são fundamentais para o entendimento dessas relações.

Lepsch (2002) aponta que, de acordo com vários estudos realizados em diferentes regiões do planeta, é possível constatar a influência dos cinco fatores relatados por Dokouchaiev como responsáveis pela formação dos solos, sendo que a variação da intensidade e do grau de influência de cada um deles determina a diferenciação entre os tipos de solo. Dessa forma, afirma que

O clima e os organismos são os ‘fatores ativos’ porque, durante determinado tempo e em certas condições de relevo, agem diretamente sobre o material de origem que, portanto, é fator de resistência ou ‘passivo’. Em certos casos, um desses fatores tem maior influência sobre a formação do solo do que os outros. A idéia de que os solos são resultantes de ações combinadas dos fatores clima, organismos, material de origem e idade foi inicialmente elaborada por Dokouchaiev. Em 1941, o suíço radicado nos EUA, Hans Jenny, ressaltou o relevo como fator adicional (LEPSCH, 2002, p. 50).

A interferência do clima na formação dos solos se dá, basicamente, em função das características dos seus elementos principais, a temperatura e a umidade, já que eles influem diretamente na intensidade do intemperismo das rochas. Além disso, também podem determinar o crescimento dos organismos e a própria distinção entre os horizontes do solo. Primavesi (1981) destaca que além da temperatura, responsável por animar a microvida e tornar muitas enzimas mais ativas, a água, que infiltra e percola no perfil do solo, seria um dos fatores mais poderosos na formação do mesmo.

O material de origem pode ser caracterizado como fator controlador da formação do solo, já que também pode influenciar na intensidade do intemperismo da rocha e, conseqüentemente, a profundidade e as características físicas e químicas deste. Lepsch (2002) agrupa os materiais de origem mais comuns em quatro categorias: materiais derivados de rochas que se formaram pela consolidação de material vulcânico, pelo metamorfismo deste ou de rochas sedimentares; materiais derivados de rochas sedimentares consolidadas, como arenitos e argilitos; sedimentos inconsolidados de idade quaternária, como os aluviões; e sedimentos inconsolidados mais antigos. Além disso, o autor associa algumas características dos solos com o material de origem, como no caso de solos que apresentam textura média ou arenosa em virtude da presença de arenitos como material de origem.

Em relação ao relevo enquanto fator de formação dos solos, Resende et al. (2007) salientam a estreita relação existente, destacando que no território brasileiro, em termos gerais, os compartimentos mais antigos e que, portanto, estão sujeitas ao intemperismo há mais tempo, correspondem as grandes e altas chapadas. Nestes locais, os solos tendem a ser mais velhos e lixiviados. Em contrapartida, os autores apontam que as áreas rejuvenescidas, mais baixas e mais acidentadas, tendem a apresentar solos mais novos.

Estudos específicos sobre as regiões intertropicais destacam, ainda, outras características importantes sobre as inter-relações existentes entre os solos e o relevo, como salienta Ruellan (1988):

No meio intertropical, a importância dos fenômenos de alteração química, de subtrações de matéria e de concentrações minerais residuais permitiu mostrar que, na elaboração dos relevos, o papel dos mecanismos geoquímicos e dos mecanismos de diferenciação da cobertura pedológica não se reduz à simples preparação de um material mais fácil de ser erodido. Há também uma retificação dos relevos pelas transformações mineralógicas, por subtrações geoquímicas e por modificações da circulação da água no interior e no topo dos solos (RUELLAN, 1988, p. 409).

Lepsch (2002) aponta também que o relevo é responsável pela existência de diferenças perceptíveis no solo, já que influencia a distribuição da água da chuva no terreno, da luz, do calor do sol e da erosão. A água provinda das chuvas, por exemplo, não atinge toda a extensão de um terreno de forma homogênea. Parte da água escoar para locais mais rebaixados e côncavos, que acabam recebendo mais água que as partes mais elevadas. Dessa forma, o encharcamento afeta os processos intempéricos químicos e determina a

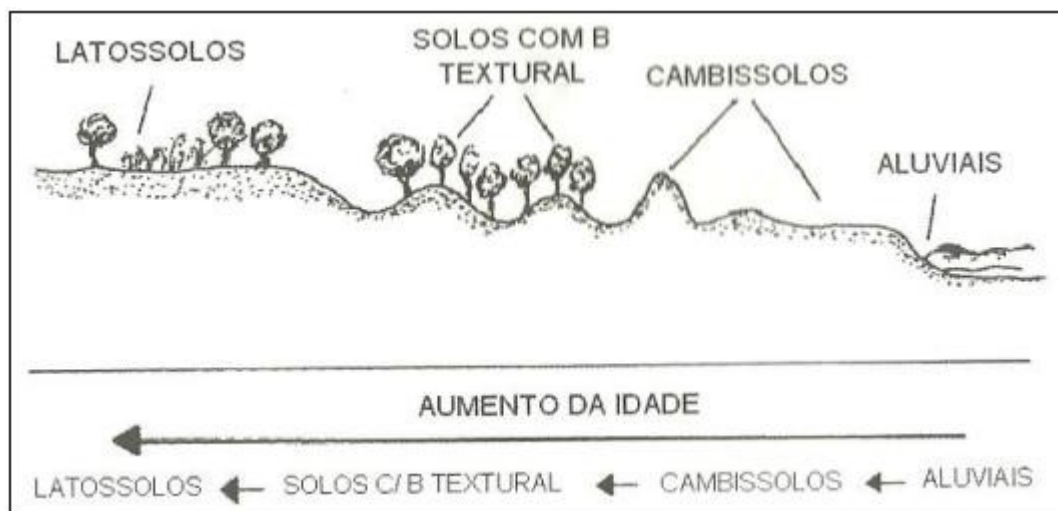
formação de solos com características diferentes daqueles formados nas áreas menos úmidas.

Se o lugar for mal drenado, a evolução do solo ficará sujeita a condições especiais de solubilização dos óxidos de ferro e do acúmulo de matéria orgânica, devido ao excesso de água nos poros e conseqüente escassez de ar. Em razão disso, a cor do horizonte superficial será escura e, no mais profundo, cinzenta, com pequenas manchas cor de ferrugem.

Uma rápida infiltração (ou boa drenagem) favorece o intemperismo químico, principalmente no que diz respeito ao grau de oxidação, e promove cores avermelhadas. A infiltração lenta da água (ou má drenagem) altera as reações do intemperismo e imprime cores claras aos solos (LEPSCH, 2002, p. 61).

A distribuição de diferentes tipos de solo em uma região pode estar condicionada por diferenças topográficas, como apontam Resende et al. (2007) (Figura 2). Nota-se que os Latossolos estão localizados nas elevações cuja superfície é suave e sem discontinuidades, enquanto os solos com horizonte B textural encontram-se em elevações cuja superfície é irregular, com discontinuidades e rupturas de declive.

Figura 2: Influencia da topografia na distribuição dos tipos de solos



Fonte: RESENDE et al., 2007, p. 144.

2.2. Classificação dos solos

A determinação dos tipos de solos no Brasil é feita com base na caracterização de diferentes atributos diagnósticos, sendo que a classificação atual foi elaborada a partir do sistema americano, formulado, segundo EMBRAPA (2006), por Baldwin et al. (1938) e

modificado por Thorp & Smith (1949). Destaca-se que, ao longo da evolução da classificação brasileira foram feitas alterações de conceitos, modificações de critérios, além da criação de novas classes quando comparado ao sistema americano. Tais alterações se deram, sobretudo, com o intuito de se alcançar uma adequação em relação às carências que, aos poucos, se revelavam especialmente com a realização de levantamentos e mapeamentos em escalas médias e pequenas (EMBRAPA, 2006).

Dessa forma, o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) estabelece a existência de treze classes que se diferenciam em função da presença ou ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que podem ser identificadas em campo e que demonstram variações quanto ao tipo e grau de desenvolvimento dos processos atuantes na formação do solo (EMBRAPA, 2006). Salienta-se que trabalhos recentes na Bacia do Rio Pardo Pequeno e entorno, como os de Diniz (2002), Rocha (2004), Menezes (2006), Ramos (2008), Ávila (2009) e Santos (2012), apontaram especialmente a presença de NEOSSOLOS, GLEISSOLOS, CAMBISSOLOS E LATOSSOLOS. Neste trabalho, foram caracterizados dois CAMBISSOLOS HÁPLICOS, um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO.

→ Cambissolos

Os Cambissolos são solos de constituição mineral que apresentam horizonte B incipiente (Bi) abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial que não defina as classes dos Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos ou Organossolos. Possuem, como sequência, horizonte A ou hístico, Bi, C, com ou sem R. Conforme apresentado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o horizonte B incipiente nesta classe de solo não coincide com horizonte glei dentro de 50 cm da superfície, nem com horizonte plíntico, nem com vértico dentro de 100 cm da superfície do solo e não apresenta horizonte A chernozêmico com horizonte B incipiente com alta saturação por bases e argila de alta atividade (Ta).

→ Argissolos

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, cuja característica determinante é a presença de horizonte B textural de argila de baixa atividade (Tb) ou alta (Ta) quando conjugada com saturação por base ou caráter alítico (EMBRAPA, 2006). O

horizonte B textural encontra-se imediatamente abaixo de horizontes superficiais, à exceção do hístico.

Grande parte dos Argissolos se destaca pelo aumento da argila do horizonte superficial para o horizonte B, sendo que a transição entre estes ocorre de forma clara, abrupta ou gradual. Salienta-se que a maior concentração de argila no horizonte B pode causar diminuição da infiltração, contribuindo para ocorrência de processos erosivos e movimentos de massa.

→ Latossolos

Os Latossolos são considerados solos bem desenvolvidos, evoluídos e que apresentam, necessariamente, horizonte B latossólico (Bw) abaixo do horizonte A. São solos em avançado estágio de intemperização, normalmente muito profundos e homogêneos, de modo que a diferenciação de subhorizontes não é considerada nítida e as transições são geralmente difusas ou graduais. De forma geral, são solos ácidos, em virtude do próprio processo de evolução do solo (que é um processo de acidificação progressiva), com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos.

Este tipo de solo pode ser subdividido em Latossolos Brunos, Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos. De acordo com a escala Munsell de cores¹, os Latossolos Brunos apresentam matizes 4YR ou mais amarelos no horizonte BA ou em todo o horizonte B e possui valor úmido igual ou menor a 4 e croma menor que 6, com horizonte A húmico ou A proeminente. Geralmente estão associados à presença de basalto como material de origem, sendo que as principais áreas de ocorrência são os planaltos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e em Minas Gerais, na região de Poços de Caldas.

Os Latossolos Amarelos são solos com matiz 7,5YR ou mais amarelo nos primeiros 100 cm do horizonte B. Não possuem material de origem pré-definido que influencie de forma direta e específica em sua formação.

Os Latossolos Vermelhos, por sua vez, apresentam matiz 2,5YR ou mais vermelho nos primeiros 100 cm do horizonte B. Critérios como teor de ferro e fertilidade são utilizados para a subdivisão dos Latossolos Vermelhos no terceiro nível categórico (EMBRAPA, 2006).

¹ Carta de Cores Munsell para Solos (“Munsell Soil Color Charts”).

Já os Latossolos Vermelho-Amarelos são solos cuja cor é mais vermelho-amarelo ou amarelo-vermelho, não se enquadrando nos critérios estabelecidos para a definição das classes anteriores. Segundo Ker (1997), os Latossolos Vermelho-Amarelos possuem fertilidade natural variável e são, dentre os tipos de Latossolos, os de maior distribuição geográfica no Brasil.

2.3. A Micromorfologia de Solos

A Micromorfologia de Solos, também chamada de Micropedologia, constitui a ciência cujo objetivo é a análise dos solos em nível de microestrutura. Resende et al. (2007, p. 245) a caracterizam como sendo o “estudo da organização do solo em escala microscópica, através de seções finas (aprox. 25µm de espessura)”. De acordo com os autores, esta técnica possui como aspecto positivo, dentre outros benefícios, trabalhar com amostras indeformadas e com limites de resolução que permitem alto grau de detalhamento dos materiais constituintes.

Castro (2008) destaca Kubiena como precursor do estudo de lâminas delgadas para fins pedológicos com a obra *Micropedology*, de 1938. Porém, salienta que a difusão da técnica se deu de forma expressiva na década de 1970, quando foi reeditada a obra *Fabric and mineral analysis of soils*, de Brewer (1976), originalmente publicada em 1964, seguida pelas obras de Fitzpatrick (1980) e Bullock et al. (1985), sendo os últimos responsáveis pela sistematização dos conceitos. Posteriormente, uma nova sistematização de nomenclaturas, inspirada no Handbook de Bullock et al. (1985), foi publicada por Stoops (2003), bem como uma obra com a interpretação da descrição de diversos materiais e feições, incluindo muitos exemplos e estudos de caso (STOOPS et al., 2010).

Os principais objetivos das análises micromorfológicas são identificar os diferentes constituintes do solo em distintas frações, bem como definir as possíveis inter-relações existentes entre eles. Ademais, a micromorfologia é utilizada como forma de “identificar com segurança os processos de seus efeitos sobre a organização microscópica do solo” (FEDOROFF *apud* RESENDE et al., 2007).

Como a micromorfologia consiste numa técnica de observação em escala micrométrica, Castro (2008) ressalta a necessidade de conexão com as escalas maiores, caracterizando os diferentes níveis de organização pedológica (Quadro 1).

Quadro 1: Níveis de organização pedológica

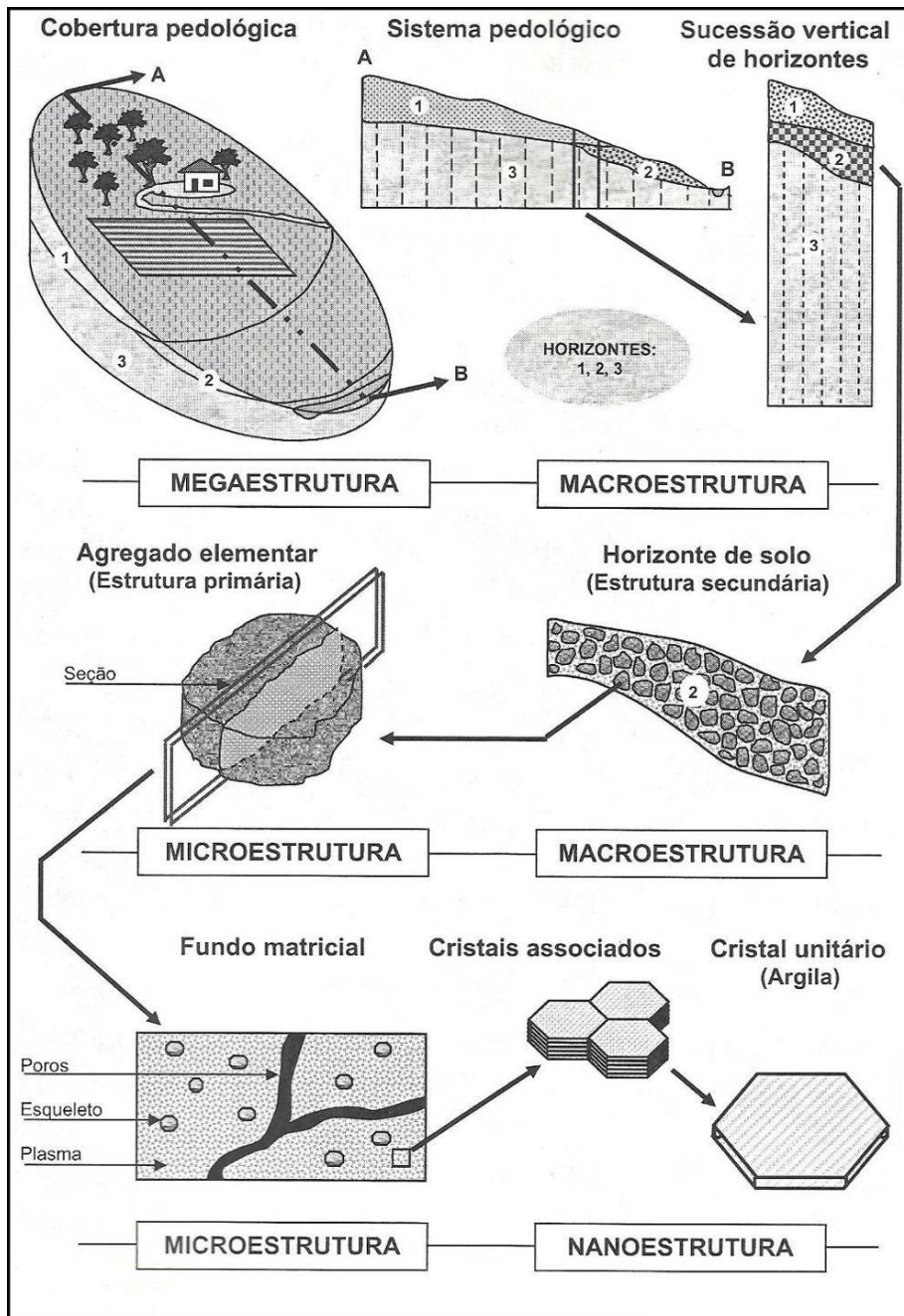
Nível de organização	Paisagem	Sistema pedológico em <i>continuum</i>	Sucessão vertical dos horizontes	Horizonte de solo	Agregado elementar	Constituintes do agregado elementar
Escala intrínseca do nível	Megascópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Microscópica	Nanoscópica
Ordem de grandeza aproximada do nível	km - hm	hm - dam	dam - m	m - cm	cm - μm	μm - nm
Unidade de organização do nível	Sistema pedológico em <i>continuum</i>	Sucessão vertical dos horizontes	Horizonte de solo	Agregado elementar	Constituintes do agregado elementar	Compostos químicos
Técnica de observação do nível	Direta a olho nu			Olho nu ou lupa	Microscopia óptica	Microscopia eletrônica

Fonte: Adaptado de CASTRO, 2008, p. 5.

A existência de diferentes níveis de organização pedológica proporciona distintas possibilidades de análises cada vez mais verticalizadas, específicas e com maior grau de detalhe (Figura 3). Desse modo, cada horizonte que compõe um perfil de solo é composto por uma série de agregados que quando observados em lâminas, com o auxílio de microscópios ópticos, permitem a identificação do arranjo de seus constituintes. Assim, Castro (2008) destaca que as frações areia e silte compõem o esqueleto ou estrutura básica, e a fração argila compõe o plasma. Os poros se manifestam sob diferentes tamanhos (estando na micromorfologia o estudo dos meso a microporos) e formas. Ao conjunto esqueleto, plasma e poros dá-se o nome de fundo matricial ou pedofábrica.

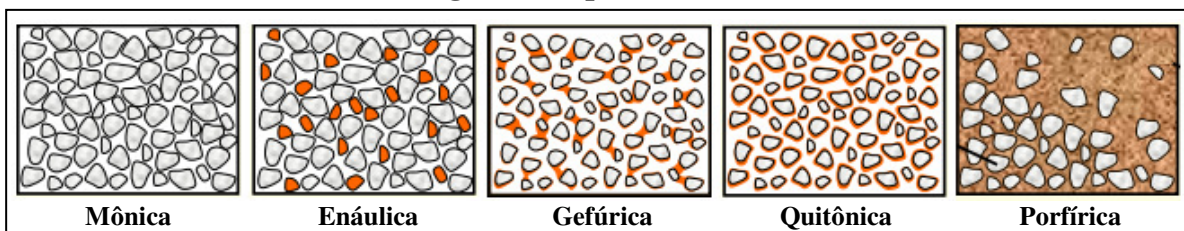
Stoops & Jongerius (1975) *apud* Castro (2008) estabelecem cinco tramas principais quanto à distribuição relativa entre grãos e plasma, quais sejam: mônica - em que as partículas em geral apresentam tamanho e tipo de material semelhantes, destacando-se grãos do esqueleto em detrimento do plasma; enáulica - onde agregados de material fino se dissociam do esqueleto, encontrando-se dispersos nos poros, sem que haja preenchimento; gefúrica - em que materiais maiores encontram-se parcialmente ligados por pontes de materiais mais finos; quitônica - em que partículas maiores são envolvidas por materiais mais finos; e porfírica - onde o esqueleto encontram-se distribuído em uma matriz de plasma (Figura 4).

Figura 3: Níveis de organização pedológica



Fonte: Adaptado de Castro, 2008.

Figura 4: Tipos de tramas



Fonte: Adaptado de Castro, 2008.

A forma como o plasma, o esqueleto e os poros estão distribuídos pode revelar indícios sobre a gênese e evolução do solo, o que justifica a importância do estudo destas características em análises micromorfológicas. A relação entre esqueleto/plasma ou, como também é conhecida, material grosseiro/material fino (relação C/F), contribui para a interpretação dos processos pedogenéticos e morfogenéticos ocorrentes em determinada superfície, uma vez que ela revela indícios de processos e fenômenos atuantes e que influenciam na gênese e evolução do solo local, contribuindo para o entendimento da própria evolução geomorfológica da área de estudo.

As avaliações micromorfológicas se tornam importantes quando associadas a outros aspectos, como a pedopaisagem, pedoforma, natureza do material de origem e morfologia do solo, já que o solo deve ser analisado como um componente do ambiente. Resende et al. (2007) salientam que, por meio da interpretação e da interdependência entre micro e macroavaliações, é possível realizar previsões mais eficientes. Assim, “a análise micromorfológica pode simultaneamente ser enriquecida e enriquecer de significado o estudo do solo” (RESENDE et al., 2007, p. 245).

Estudos recentes na área de estudo e entorno, como os de Rocha (2004), Menezes (2006), Ramos (2008) e Ávila (2009), são exemplos daqueles que investigaram e detalharam aspectos associados à origem e evolução pedológica fazendo uso de técnicas específicas como o levantamento de topossequências e as análises micromorfológicas. Rocha (2004), a partir de estudos micromorfológicos em topossequências na Depressão de Gouveia, verificou que as semelhanças mineralógicas e a homogeneidade entre os materiais analisados eram indicativos do caráter autóctone das formações superficiais. Para o autor, a micromorfologia foi fundamental para o estabelecimento das relações entre o material pedológico analisado e a rocha matriz.

Na continuidade da investigação acerca do caráter autóctone ou alóctone do material parental na região, Menezes (2006) analisou formações superficiais ao longo de uma voçoroca nas margens do Córrego do Quebra, na Depressão de Gouveia. Os resultados obtidos a partir das análises micromorfológicas, como características litológicas e texturais do saprolito distintas da rocha matriz, fragmentos de xistos em diferentes estágios de alteração e quartzos com variados graus de arredondamentos, revelaram indícios de coluvionamento na área de estudo.

Ramos (2008), em estudo comparativo entre quatro perfis de Latossolos, também diferenciou, por meio do uso da micromorfologia, solos compostos por material de origem

deposicional e solos cuja origem encontra-se associada ao caráter autóctone. Ávila (2009), que também realizou estudos na Depressão de Gouveia, apontou que apesar de o material analisado ser considerado *in situ*, a micromorfologia indicou a ocorrência de processos mecânicos que teriam remobilizado materiais vertente abaixo. Fragmentos de xistos e de muscovita, além da presença de feições pedológicas específicas, como glébulas², foram indícios apontados pelo autor de que há movimentação do material ao longo das vertentes estudadas.

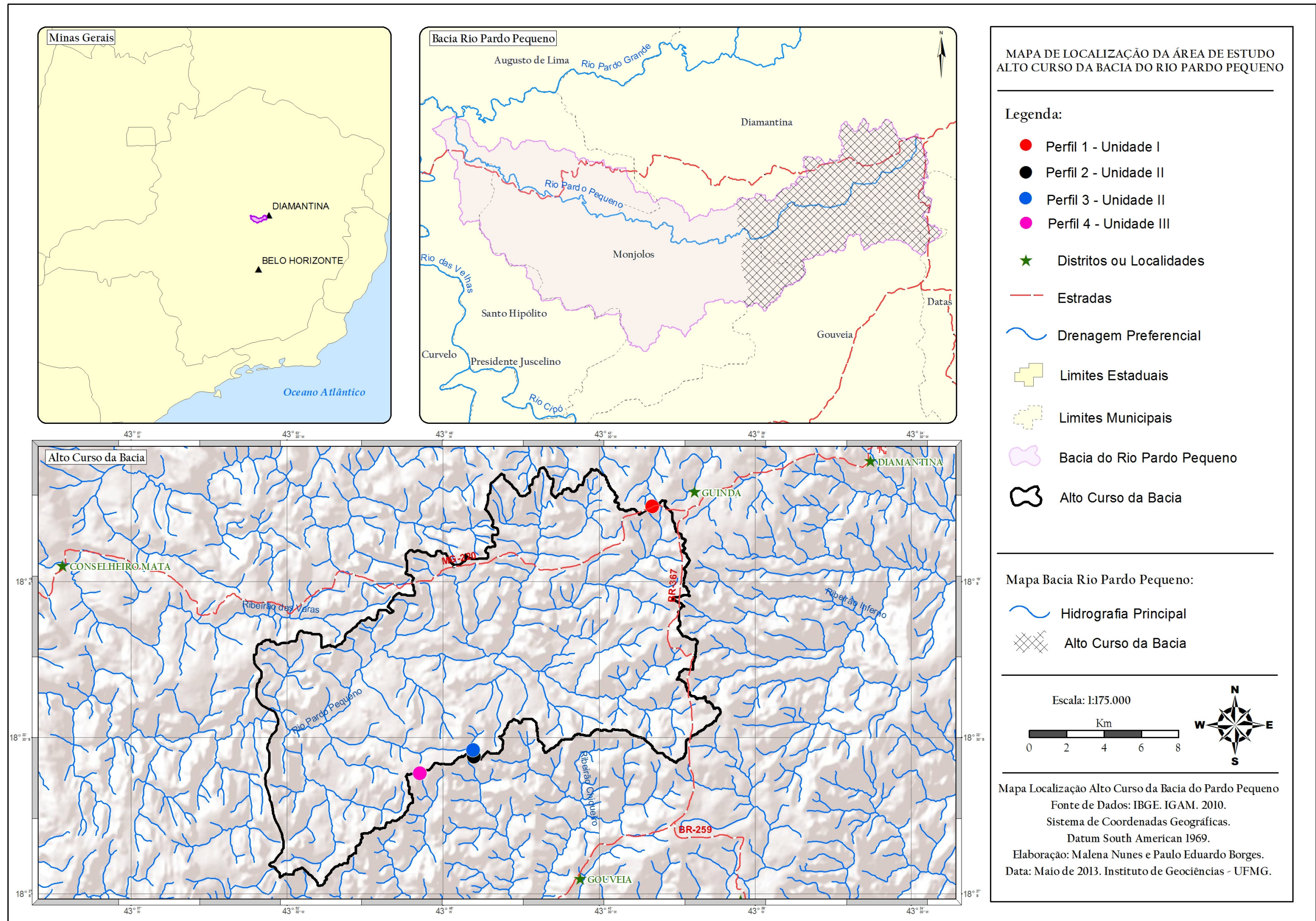
² Segundo Castro (2008), as feições pedológicas são caracterizadas pela acumulação relativa de determinados constituintes do plasma. Dentre os tipos de feições pedológicas se destacam as glébulas, que podem ser classificadas como nódulos, concreções, septárias, pédodos, halo glebular e pápula. Dentre estes se destacam os nódulos, cuja trama interna não apresenta direções preferenciais, e as concreções, caracterizadas pela presença de uma trama interna com camadas dotadas de orientação concêntrica.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está inserida no alto curso da Bacia do rio Pardo Pequeno, que drena parte dos municípios de Diamantina, Gouveia e Monjolos, no estado de Minas Gerais, e integra a porção meridional da Serra do Espinhaço, divisor hidrográfico entre a Bacia Centro-Leste Brasileira e a Bacia do Rio São Francisco. O Rio Pardo Pequeno é afluente do Rio Pardo Grande, que pertence à bacia do Rio das Velhas. O sentido de escoamento do Pardo Pequeno é L-W.

O município de Diamantina dista aproximadamente 300 km da capital, Belo Horizonte, sendo que o acesso é feito, basicamente, por meio das rodovias BR 040, BR 135, a partir de Paraopeba, e BR 259, após Curvelo (Figura 5). O acesso à área de estudo e pontos de amostragem pode ser feito a partir de estradas vicinais.

Figura 5: Mapa de localização da área de estudo



3.1. Geologia

A geologia do contexto em que se situa a área de estudo, segundo Almeida-Abreu (1995), é marcada pela presença dos metassedimentos proterozóicos do Supergrupo Espinhaço, rochas do Grupo Costa Sena e Complexo Gouveia, sendo que a maior parte da Bacia onde a área de estudo se insere encontra-se sobre a Formação Galho do Miguel, ocorrendo, também as Formações Sopa Brumadinho e São João da Chapada (Quadro 2). No contexto do Super Grupo Espinhaço, Knauer (2007) destaca que a Formação Galho do Miguel é composta por quartzitos puros e finos (cerca de 90% da formação), quartzitos finos micáceos e intercalações de metargilitos acinzentados ou esverdeados (entre 5 e 10%), ao passo que a Formação Sopa Brumadinho contém, conforme levantamento do Projeto Espinhaço (CPRM), um conjunto heterogêneo de rochas, com variações faciológicas laterais e verticais de filitos e quartzitos finos a médios (porção inferior), quartzitos médios a grosseiros, em parte ferruginosos e micáceos, filitos, lentes métricas de conglomerados mono e polimíticos diamantíferos (horizonte médio) e metassiltitos, metargilitos e metabrechas polimíticas (porção superior), com possibilidade, ainda, da ocorrência de filitos hematíticos nos níveis inferior e mediano. A Formação São João da Chapada, por fim, contém quartzitos médios, bimodais, com estratificação cruzada, com um nível basal de metaconglomerados polimíticos, superposto a horizontes sin-sedimentares de vulcânicas básicas (filitos hematíticos e subordinamente xistos verdes).

Quadro 2: Síntese geológica da área de estudo

Era Geológica	Complexo Basal e Supergrupos	Grupos	Formação
Proterozóica	Supergrupo Espinhaço	Conselheiro Mata	Rio Pardo Grande Córrego Pereira Córrego dos Borges Córrego da Bandeira Santa Rita
		Guinda	Galho do Miguel Sopa Brumadinho São João da Chapada
Arqueozóica	Complexo Gouveia	Costa Sena	Bandeirinha Barão de Guaicuí

Fonte: Adaptado de SANTOS, 2012.

No Grupo Costa Sena destacam-se quartzo-xistos, quartzo-mica xistos com quantidade variada de quartzo e frequentemente de cianita, além de formação ferrífera localmente e metavulcanitos ácidos. No Complexo Gouveia ocorre uma associação de rochas graníticas com migmatitos e anfíbolitos.

Saadi (1995) destaca que a Serra do Espinhaço Meridional é resultado da ocorrência de determinados eventos geotectônicos, sendo eles: rifteamento em torno de 1.752Ma. (final do Paleoproterozóico), originando uma bacia de acumulação de sedimentos areníticos do Supergrupo Espinhaço; fechamento da bacia, dando origem ao Orogênio Espinhaço, em torno de 1.250Ma (Mesoproterozóico); sedimentação do Grupo Macaúbas durante os 250Ma seguintes; em torno de 900Ma (Neoproterozóico), ocorrência de um evento distensivo e posterior subsidência do Cráton do São Francisco, permitindo a formação da bacia que recebeu sedimentos do Grupo Bambuí; amalgamento do Gondwana, no final do Neoproterozóico, resultando em empurrões de leste para oeste. Dessa maneira, tem-se, como resultado da evolução geotectônica descrita, um quadro lito-estrutural que influencia e define a evolução geomorfológica da área de estudo.

3.2. Geomorfologia

A Serra do Espinhaço constitui uma faixa orogênica antiga com extensão superior a 1.200 km (se estendendo desde o centro de Minas Gerais até o norte da Bahia), com convexidade orientada para o oeste, de modo que pode ser subdivida em planalto setentrional e planalto meridional, se diferenciando pela litoestrutura e pela morfologia (SAADI, 1995). A Bacia do Rio Pardo Pequeno localiza-se na porção meridional da Serra do Espinhaço, caracterizada geomorfologicamente pela presença de planaltos elevados interceptados por escarpas quartzíticas (GROSSI-SAD et al., 1997).

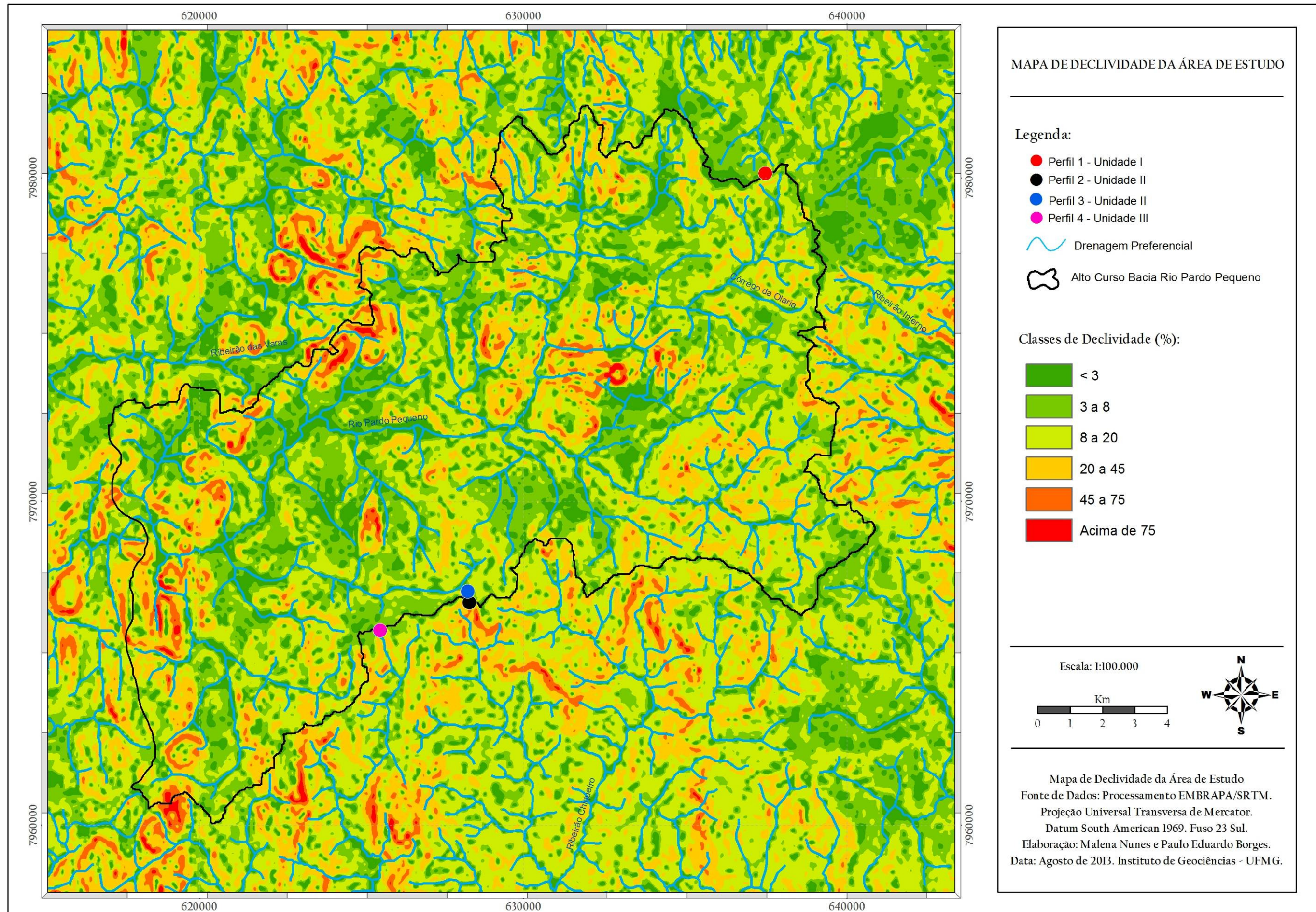
De acordo com Saadi (1995), a média altimétrica do Planalto Meridional é 1.200 m sendo este compartimento caracterizado, morfologicamente, pela presença de um plano suavemente convexo alinhado em um eixo com inclinação N-S. Processos de dissecação e esculturação fluvial nesta superfície originaram um relevo caracterizado pela presença de cristas, escarpas e vales profundos orientados seguindo as direções tectônicas e estruturais. Em meio ao compartimento planáltico, identificam-se áreas deprimidas onde rochas granitóides, metassedimentares e metavulcânicas sustentam morfologias ligeiramente suavizadas.

Augustin (1995) propõe uma discussão acerca da evolução do relevo da região de Gouveia e identifica quatro fases de encaixamento para os sistemas de drenagem e que podem ser extrapolados para toda a Serra do Espinhaço Meridional. Assim, tem-se uma primeira organização, onde ocorre o encaixamento fluvial ao longo dos eixos de sinclinais e anticlinais; uma segunda, onde a drenagem teria explorado os sistemas de falhamentos; uma terceira, caracterizada e definida pelo processo de intemperismo mais rápido das intrusões de metabásicas e básicas; e, por fim, a anexação ao sistema de drenagem de voçorocas, formadas tanto a partir de fatores naturais quanto de fatores antrópicos.

Com base nos estudos de Saadi (1995), Salgado (2002) propõe uma subdivisão do Espinhaço Meridional seguindo três compartimentos geomorfológicos. Um compartimento deprimido e moldado sobre embasamento cristalino, com presença de uma série de colinas convexas e policonvexas, compondo a Depressão de Gouveia, cujo interior é marcado pela ocorrência de intrusões de metabásicas proterozóicas aflorando no eixo NNW/SSE e produzindo solos vermelhos. Outro compartimento representado por uma superfície serrana aplainada, moldada sobre quartzitos do Supergrupo Espinhaço e com ocorrência de formas residuais. Também apresenta intrusões de rochas metabásicas no sentido NNW/SSE. A altitude geralmente supera 1.200 m, fazendo com que esse compartimento circunde toda a área deprimida (SALGADO, 2002). Os solos encontrados neste compartimento geralmente são arenosos e rasos, sendo comuns os NEOSSOLOS LITÓLICOS. O último compartimento é constituído por escarpas quartzíticas moldadas sobre rochas do Grupo Costa Sena e do próprio Supergrupo Espinhaço, marcando o contato entre os dois compartimentos anteriores. Possuem altitude muitas vezes superior a 1.000 m, estendendo-se geralmente da cota de 1.050 m até 1.250 m (VALADÃO, 1998).

Saadi (1995) aponta ainda que, em função da sua localização na borda oeste do Espinhaço, a Bacia do Pardo Pequeno apresenta *canyons* entalhados de maneira perpendicular à escarpa. Assim, observa-se uma área deprimida junto a drenagem principal e escarpas nas cabeceiras da Bacia e nos seus divisores. As áreas mais declivosas podem ser observadas na Figura 6.

Figura 6: Mapa de declividade da área de estudo



Valadão et al. (2012) destacam que o Planalto do Espinhaço Meridional desempenha uma importante função no sentido de organizar a rede hidrográfica, já que constitui o divisor entre a bacia do Rio São Francisco e as do leste do estado de Minas Gerais. No mesmo trabalho, os autores investigam a região drenada pelos rios Paraúna e Pardo Pequeno, cuja configuração geomorfológica revela aspectos da geomorfogênese do planalto. Na região em questão os autores mapearam e caracterizaram três unidades geomorfológicas principais que constituem, a rigor, uma primeira aproximação na compreensão da compartimentação geomorfológica regional.

A Unidade I corresponde a remanescentes de superfícies mais altas do planalto, com altitudes, comumente, superiores a 1.300 m (Figura 7 - I) . Na Unidade II, é comum a ocorrência de rampas de gradiente de declividade mais elevado que na Unidade I, convergindo para o vão central ocupado pela rede de drenagem (Figura 7 - II). As altitudes variam entre 1.100 a 1.300 m. As superfícies de morfologia aplanada estão presentes também em cotas mais baixas, entre 1.050 a 1.100 m, circunscritas à Unidade Geomorfológica III (Figura 7 - III). Essa terceira unidade, segundo os autores supracitados, "configura o piso de depressões que se estendem ao longo do médio e baixo vale dos principais canais fluviais da região" (VALADÃO et al., 2012, p. 3).

Figura 7: Unidades geomorfológicas I, II e III



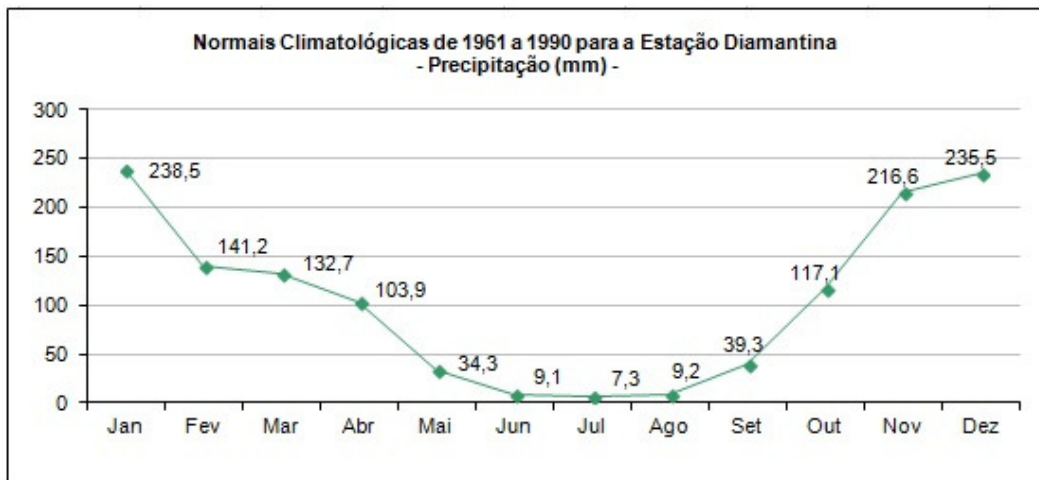


Fonte: Arquivo pessoal.

3.3. Clima

A área de estudo localiza-se em uma região de clima tropical de altitude, que, segundo a classificação de Köppen é denominado Cwb-mesotérmico (NIMER, 1989). Este tipo climático apresenta como características a presença considerável de chuvas e temperaturas moderadamente elevadas. Segundo Ayoade (1996), há uma estação seca no inverno e, no verão, mais chuvoso, o mês mais quente apresenta temperatura média abaixo de 22°C. A distribuição da precipitação na região, de acordo com as Normais Climatológicas de 1961 a 1990, evidencia as características típicas do clima tropical (Figura 8).

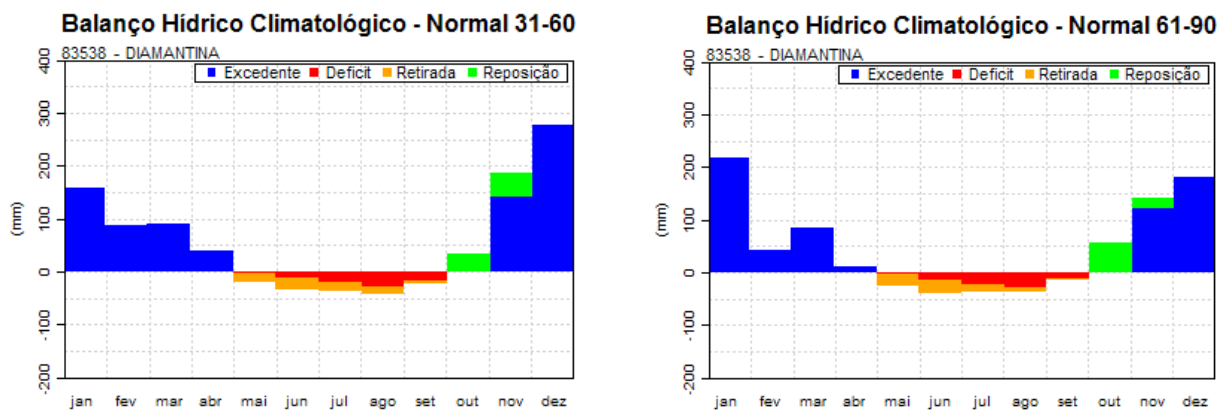
Figura 8: Precipitação de acordo com as Normais Climatológicas para Diamantina



Fonte: Adaptado de Ramos et al., 2009.

O balanço hídrico para a Estação Diamantina nos períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990 (Figura 9), revela que há excedente hídrico entre os meses de Novembro e Abril, enquanto os déficits são comuns entre Maio e Setembro, indicando clima tropical (chuvas concentradas no verão e inverno seco).

Figura 9: Balanços Hídricos para os períodos 1931 a 1960 e 1961 à 1990



Fonte: Dados da Rede do INMET, acesso em 16 de Julho de 2012.

3.4. Cobertura vegetal

A vegetação de Cerrado caracteriza a área de estudo. Também há ocorrência de campos de altitude e rupestres nos trechos mais escarpados e nas áreas de maiores altitudes (Figura 10). Nos fundos de vale há matas ciliares e galerias, destacando-se o porte arbóreo. O uso do solo se dá, basicamente, para pastagens, descaracterizando a vegetação original.

Figura 10: Vegetação predominante da área de estudo



Fonte: Arquivo pessoal.

Fonseca (2010) destaca que na porção oeste da bacia do Rio Pardo predomina Cerrado Típico, enquanto nas porções central e leste há Campo Rupestre e manchas de Cerrado e Campo. A leste, observam-se fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, cujo caráter semidecidual, segundo Veloso (1992), é condicionado pelas condições climáticas.

Os Campos Rupestres estão presentes em locais de altitude mais elevada, onde há ocorrência de substrato rochoso quartzítico. Fonseca (2010) aponta ainda que os Campos Rupestres coincidem com as áreas em que os solos são mais rasos, enquanto os Cerrados e as Florestas ocorrem nos locais em que os solos são mais profundos.

3.5. Solos

Conforme Santos (2012), encontram-se na área afloramentos rochosos, GLEISSOLOS, CAMBISSOLOS HÁPLICOS, NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e

associações de NEOSSOLOS LITÓLICOS com afloramentos e de CAMBISSOLOS HÁPLICOS com NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS.

Segundo a autora supracitada, os Neossolos, solos jovens, com ausência de horizonte B, podem ser observados principalmente associados a afloramentos ou em situações em que a rocha matriz encontra-se mais próxima à superfície. Os Gleissolos são observados em áreas específicas, próximas a cursos d'água, onde há alagamentos constantes. Os Cambissolos são pouco espessos e ocorrem em vertentes com declividade em torno de 20° ou associados a rochas menos resistentes que os quartzitos. No mesmo contexto se inserem as poucas manchas de Latossolos, ocorrendo geralmente associadas às áreas mais planas sob rochas menos resistentes, como intrusões metabásicas (SANTOS, 2012).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A realização deste trabalho se deu a partir de uma série de procedimentos metodológicos que envolveram, inicialmente, trabalhos de gabinete com levantamento bibliográfico e confecção do material cartográfico. Os mapeamentos realizados em gabinetes orientaram as atividades realizadas em campo, como a definição dos pontos de coleta.

Considerando as contribuições que a caracterização micromorfológica dos solos pode trazer à compreensão da evolução do relevo na área de estudo, a seleção dos solos a serem investigados baseou-se nas unidades propostas por Valadão et al. (2012). Foram selecionados 4 perfis, estando, assim, distribuídos: um na Unidade I (Perfil 1), dois na Unidade II (Perfil 2 em alta vertente e Perfil 3 em média) e um na Unidade III (Perfil 4). Na Unidade II foram selecionados dois perfis porque foram observadas diferenças macromorfológicas entre os solos ao longo da vertente.

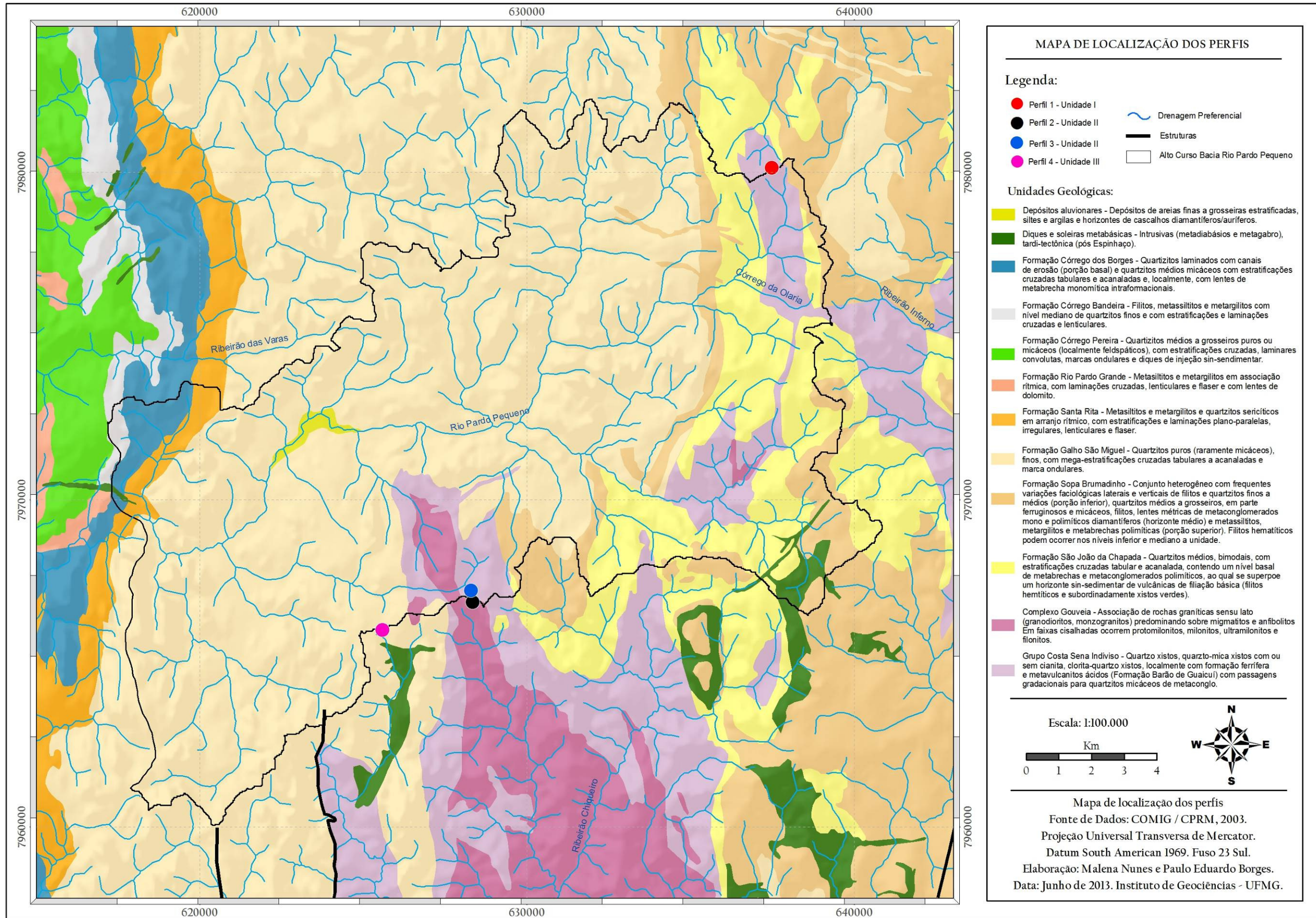
Para que os resultados da caracterização micromorfológica de cada perfil aqui proposta possam ser futuramente utilizados como indicadores pedológicos da evolução geomorfológica das distintas unidades, praticamente todos os solos foram coletados tendo como referência litológica uma mesma unidade, isto é, xistos do Grupo Costa Sena (Figura 11). Apenas o perfil 4 foi coletado em área que, de acordo com o mapeamento geológico regional, pertence à Formação Galho do Miguel, sobretudo porque é neste conjunto litológico que predomina a Unidade III.

É importante salientar que a escolha dos pontos de coleta foi feita com base em tradagens, visando definir locais representativos de cada Unidade Geomorfológica. Como bem aponta Castro (2008)

A concepção do plano de amostragem deriva dos objetivos da pesquisa e das observações de campo que permitiram caracterizar a morfologia do solo tal como ela se apresenta. O plano de amostragem reflete uma estratégia adotada para que a investigação possa responder às questões formuladas (...) (CASTRO, 2008, p. 21)

Destaca-se que os solos foram descritos conforme Lemos et al. (2005), a partir de uma ficha descritiva modelo (Anexo I), sendo as cores obtidas conforme Munsell (2000).

Figura 11: Mapa de localização dos perfis no contexto litológico



Foram coletadas, no total, 18 amostras dos horizontes de cada perfil. As amostras foram utilizadas para análises físicas, como textura, relação silte/argila e grau de floculação. Também foi realizada coleta de amostras indeformadas, as quais foram preparadas de acordo com o método proposto por Kubiena (1938) e utilizadas para a confecção de lâminas delgadas. A análise destas, em microscópio óptico, permite a visualização do comportamento de cada horizonte em nível de microestrutura, podendo evidenciar processos específicos atuantes a partir de seus efeitos sobre a organização do solo.

As análises físicas relativas à textura foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geociências da UFMG. Tais análises foram feitas visando identificar as características granulométricas dos perfis analisados, seguindo os procedimentos adotados pela EMBRAPA (1997), e, sobretudo, subsidiar a caracterização dos constituintes cujo arranjo foi descrito nas seções delgadas. Para a determinação das frações granulométricas as amostras foram, previamente, preparadas, sendo deixadas em local ventilado e seco para a dessecação. Em seguida, as amostras foram pesadas, sendo os pesos anotados. Foi feito o destorroamento das amostras, de modo a separar o material maior que 2mm de diâmetro. O método da pipeta foi utilizado, em seguida, para a separação das frações areia (muito grossa, grossa, média, fina e muito fina), silte e argila. A partir da determinação das frações, a relação silte / argila foi calculada objetivando a obtenção de indicativos do grau de intemperismo dos solos analisados (EMBRAPA, 2006). Também foram calculadas a argila dispersa em água e o grau de floculação, conforme Embrapa (1997).

Além da descrição dos perfis, foram coletadas, no total, 18 amostras indeformadas para a confecção de seções delgadas, conforme proposto, pioneiramente, por Kubiena (1938). Esse autor propôs um método de coleta baseado na utilização de caixas metálicas com fundo e tampa removíveis, sendo chamadas de Caixas de Kubiena. Atualmente, outros materiais são utilizados, como saboneteiras plásticas e caixas de papel cartão ou papelão. Independente do material utilizado, devem ser observados alguns cuidados para evitar que as amostras se deformem, fraturem ou desagreguem durante a coleta e o transporte até o laboratório.

Castro (2008) destaca a importância da coleta de amostras indeformadas de todos os horizontes visando “esclarecer descontinuidades litológicas ou filiação genética com a rocha ou com horizontes de solo pré-existent”, além de contribuir para o entendimento

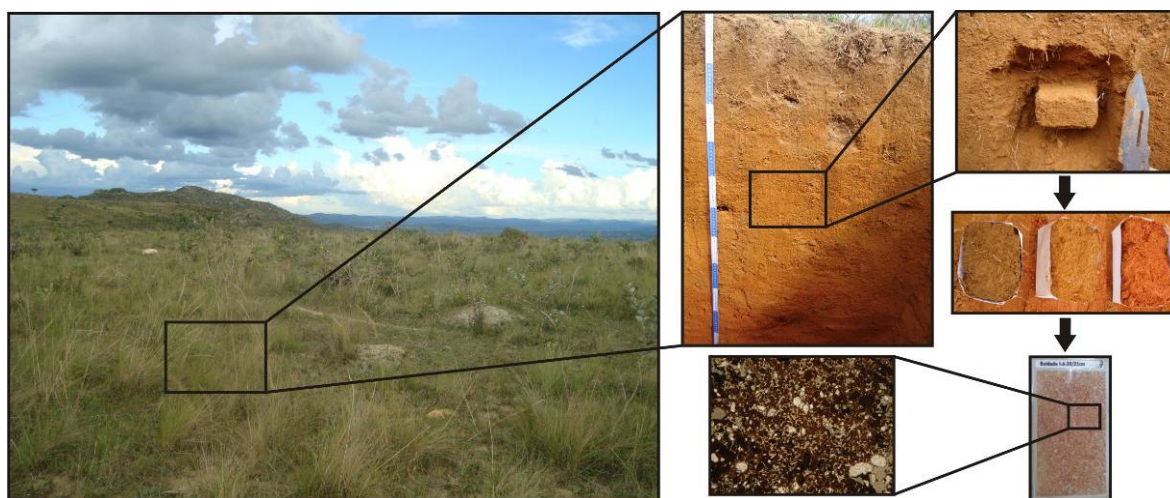
da seqüência da evolução pedológica. De acordo com Resende et al. (2007), a partir da confecção de uma caixa o bloco de amostra, monolito, pode ser esculpido com o auxílio de uma faca. Assim,

As raízes devem ser cortadas com tesoura, nunca arrancadas. Deve-se ajustar a caixa ao bloco esculpido na parede do perfil do solo de modo a acondicioná-lo o mais perfeitamente possível, tampar o lado externo, soltar o outro lado do bloco do perfil usando a faca, desbastar o excesso e fechar a caixa. (...) A identificação da amostra deve ser feita na própria caixa, com tinta não solúvel em água, anotando-se todos os dados relevantes como o número do perfil, horizonte e profundidade da amostragem. Indicar a orientação, por exemplo, com uma seta apontando para a superfície do solo. Envolver a caixa com fita adesiva, transportando-a em embalagem acolchoada (RESENDE et al., 2007, p. 236).

Dessa forma, o monolito foi esculpido nas dimensões 7 X 9cm , tamanho comumente utilizado para confecção das lâminas. Foi coletada uma amostra em cada horizonte dos perfis em caixas de cartolina (Figura 12). Destaca-se que cada amostra foi coletada e devidamente identificada com informações do horizonte, perfil e a Unidade Geomorfológica pertencente. Além disso, foi feita a orientação das amostras de acordo com a orientação no perfil. A orientação da amostra é importante nos estudos micromorfológicos, já que permite observar, por exemplo, possíveis acúmulos de materiais orgânicos e minerais resultantes de processos de migração, como iluviação.

Em laboratório, as amostras indeformadas foram secas ao ar e impregnadas a vácuo com resina de poliéster Polilyte (Reforplás T208) pré-acelerada (CASTRO, 1985; FILIZOLA & GOMES, 2004).

Figura 12: Representação dos procedimentos de obtenção das seções delgadas



Fonte: Arquivo pessoal.

Na análise micromorfológica foram descritas características relativas à pedalidade, ao fundo matricial, envolvendo a caracterização de seus constituintes (plasma, esqueleto e poros) e sua organização (trama ou distribuição relativa), além das estruturas plásmicas (tramas birrefringentes) e eventuais feições pedológicas presentes. As descrições foram feitas em fichas-modelo (Anexo II), tal como feito por Ávila (2009). Desse modo, semelhante aos trabalhos de Menezes (2006) e Ramos (2008), foram utilizadas as terminologias de Stoops & Jongerius (1975) para a distribuição relativa entre plasma, esqueleto e poros, de Brewer (1976) para as análises do esqueleto e da porosidade, e de Bullock et al. (1985) para a demais descrições, como pedalidade, separações plásmicas e feições pedológicas. Todas as traduções dos termos tiveram como referência o trabalho de Castro (2008). Tais escolhas terminológicas, semelhantes aos trabalhos já desenvolvidos, justificam-se pelo interesse de aproximar e correlacionar as descrições micromorfológicas já realizadas na região, culminando na montagem de um banco de dados.

Ainda sobre as descrições micromorfológicas, seguindo critérios gerais propostos por Castro (2008), foram consideradas a ordenação e orientação das lâminas, a observação de cada lâmina em microscópio seguindo aumentos progressivamente maiores sob luz natural e polarizada e a posterior seleção de campos representativos das organizações analisadas.

Todas as descrições micromorfológicas foram realizadas em microscópio óptico polarizante trinocular (modelo Axioskop 40, Zeiss). As principais microestruturas foram fotografadas em câmera digital, marca Canon, acoplada ao microscópio, produzindo fotomicrografias conforme sugerido por Castro (2008).

Com as descrições morfológicas e a caracterização micromorfológica de cada amostra foram confeccionadas tabelas e quadros síntese que pudessem apresentar os dados obtidos a fim de sistematizar as correlações e os resultados encontrados.

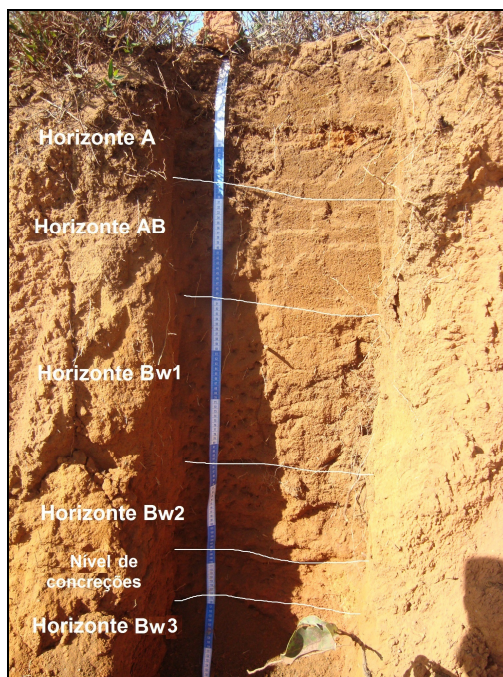
5. RESULTADOS

5.1 Aspectos gerais dos solos descritos e classificação preliminar

A partir da descrição morfológica realizada em campo (Anexo I), foram identificados os principais atributos macromorfológicos de cada perfil (Quadro 3).

O Perfil 1 (P1), coletado na Unidade I definida por Valadão et al. (2012), apresenta cinco horizontes: A, AB, Bw1, Bw2 e Bw3, mais um nível concrecionário (Figura 13). Encontra-se em um corte de estrada, em uma área com relevo caracterizado por vertentes de baixa declividade a plano, vegetação de campo sujo, uso para pastagens e é bem drenado no topo e moderadamente drenado na base. O solo foi classificado, em primeiro nível categórico, como LATOSSOLO. A classificação em segundo nível é controversa, pois considerando o horizonte Bw1 como diagnóstico, o solo seria classificado como LATOSSOLO VERMELHO AMARELO. Entretanto, considerando a cor do horizonte Bw2, tratar-se-ia de um LATOSSOLO VERMELHO. Tal situação se justifica pela ocorrência de um contraste nítido de cor entre os dois horizontes, reconhecidos como B latossólicos por suas propriedades macromorfológicas.

Figura 13: P1 – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO



Fonte: Arquivo pessoal.

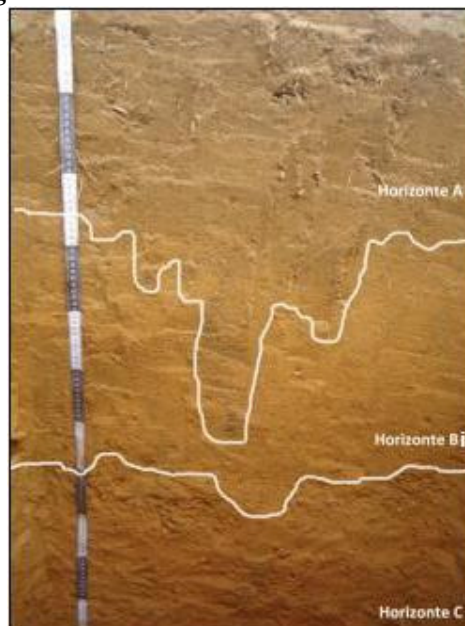
Quadro 3: Síntese da descrição morfológica dos perfis analisados

Horizontes	Prof. (cm)	Transição	Cor (úmida)	Estrutura	Consistência
P 1 - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO					
A	0 - 26	Gradual plana	Bruno-amarelado-escuro (10YR 3/6)	Blocos subarredondados pequenos a médios	Friável, não plástico e ligeiramente pegajoso
AB	26 - 49	Gradual plana	Bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6)	Blocos subangulares médios e subarredondados pequenos	Friável, não plástico e ligeiramente pegajoso
Bw1	49 - 85	Abrupta plana	Bruno-forte (7,5YR 5/6)	Blocos subangulares pequenos que se desfazem facilmente em grânulos	Friável, não plástico e ligeiramente pegajoso
Bw2	85 - 100	Abrupta plana	Vermelho (2,5YR 4/6)	Blocos subangulares pequenos	Friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
Concrecionário	100-109	Gradual plana	Vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3)	Concreções arredondas, não concêntricas	Duro, não plástico e não pegajoso
Bw3	109 - 125	Abrupta plana	Vermelho-amarelado (5YR 5/8)	Blocos subangulares médios numa matriz argilosa com placas duras de rocha em processo de alteração	Firme, ligeiramente plástico e pegajoso
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO					
A	0 - 35	Gradual irregular	Bruno-avermelhado (2,5YR 4/4)	Blocos subangulares à grumos médios à grandes	Friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
Bi	35 - 79	Clara ondulada	Amarelo-brunado (10YR 6/8)	Blocos subangulares pequenos e médios	Friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
C	79 - 120+	-	Bruno-forte (7,5YR 5/8)	Blocos subangulares pequenos	Firme, ligeiramente plástico e pegajoso
P3 - CAMBISSOLO HÁPLICO					
A	0 - 25	Difusa plana	Bruno-amarelado-escuro (10YR 3/6)	Blocos subangulares à grumos médios	Friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
Bi	25 - 90	Gradual plana	Amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8)	Blocos angulares subangulares médios	Friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
C	90 - 115+	-	Vermelho-amarelado (5YR 5/8)	Blocos angulares grandes	Firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso
P4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO					
A	0 - 17	Gradual ondulada	Bruno (10YR 4/3)	Blocos subarredondados médios	Firme, não plástico e ligeiramente pegajoso
AB	17 - 39	Gradual plana	Vermelho (2,5YR 5/6)	Blocos angulares médios a grandes	Firme, não plástico e não pegajoso
Bt1	39 - 64	Gradual plana	Bruno-amarelado (10YR 5/6)	Blocos subangulares médios	Firme, ligeiramente plástico e não pegajoso
Bt2	64 - 83	Gradual plana	Bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6)	Blocos subangulares pequenos à médios	Friável, muito plástico e ligeiramente pegajoso
Bt3	83 - 107	Difusa plana	Bruno-forte (7,5YR 4/6)	Blocos subangulares à prismáticos médios à grandes	Friável, muito plástica e pegajosa
BC	107 - 118+	-	Bruno-amarelado (10YR 5/6)	Blocos subangulares grandes	Ligeiramente dura, plástico e ligeiramente pegajoso

Do topo a base, os três primeiros horizontes possuem em comum o fato de apresentarem muitas raízes finas, sendo que nos horizontes A e Bw1 também são comuns raízes médias. O horizonte Bw2 possui poucas raízes finas e se destaca pela presença moderada de concreções pequenas e arredondadas, cuja cor é vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3). Entre os horizontes Bw2 e Bw3 há um nível com muitas concreções, igualmente de coloração 10R 3/3 com espessura de 9 cm. Essas concreções são pequenas (até 5cm) e arredondadas, com interior predominantemente avermelhado/arroxeadado e com manchas amarelas. No horizonte Bw3 imediatamente inferior, ocorrem placas compactas paralelas oxidadas e imersas numa matriz argilosa de coloração vermelho-amarelada (Quadro 3). Quando quebradas, essas placas exibem em seu interior uma matriz ferruginosa como córtex de alteração de uma rocha escura, de tons pretos/cinza escuro, com cristais de quartzo imersos. A matriz argilosa desse horizonte apresenta consistência dura quando seco.

Na Unidade II foram caracterizados dois perfis em uma vertente convexa que, em termos gerais, não apresenta erosão aparente e é recoberta por campo sujo. O uso do solo é basicamente para pastagens. O Perfil 2 (P2) encontra-se localizado na alta vertente, com topografia aplainada, e o Perfil 3 (P3) na média vertente, com declividade superior às vertentes da área onde localizava-se P1. P2 (Figura 14) apresenta três horizontes: A, Bi e C, sendo um CAMBISSOLO HÁPLICO. O horizonte A apresenta poucas raízes finas e Bi raízes raras e finas.

Figura 14: P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO

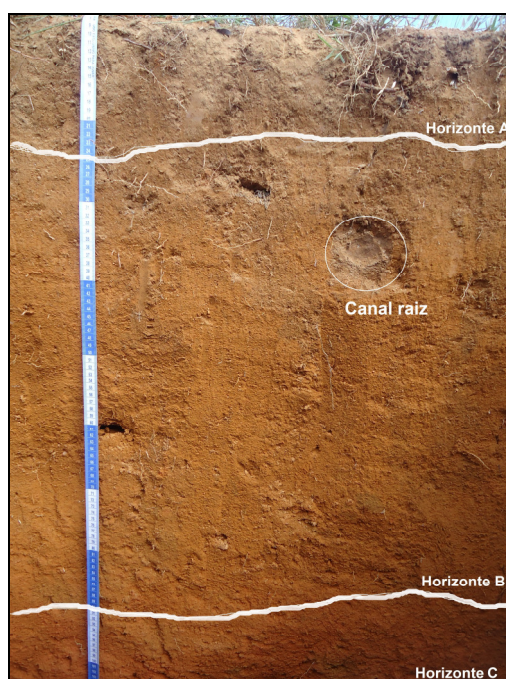


Fonte: Arquivo pessoal.

O P3 (Figura 15) possui 3 horizontes descritos: A, Bi e C e também foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO. Todos os horizontes apresentam poucas raízes finas. Em P3, além dos 115 cm abertos na trincheira, foi trado mais um metro objetivando encontrar evidências do contato do horizonte C com a rocha. No entanto, esse contato não foi atingido até a profundidade prospectada.

A estrutura do P3 se caracteriza pela presença de blocos angulares e subangulares de tamanho médio, enquanto em P2 predominam blocos subangulares médios e pequenos. A transição entre os horizontes também apresentou distinções, já que em P2 houve maior nitidez e forma mais irregular. Em relação à presença de raízes, observa-se maior ocorrência em P3. Quanto à consistência, tanto a plasticidade quanto a pegajosidade, apresentaram comportamentos semelhantes nos dois perfis. No solo em estado seco, ambos os perfis tornaram-se mais duros em direção a base; mesmo comportamento observado no P1.

Figura 15: P3 – CAMBISSOLO HÁPLICO



Fonte: Arquivo pessoal.

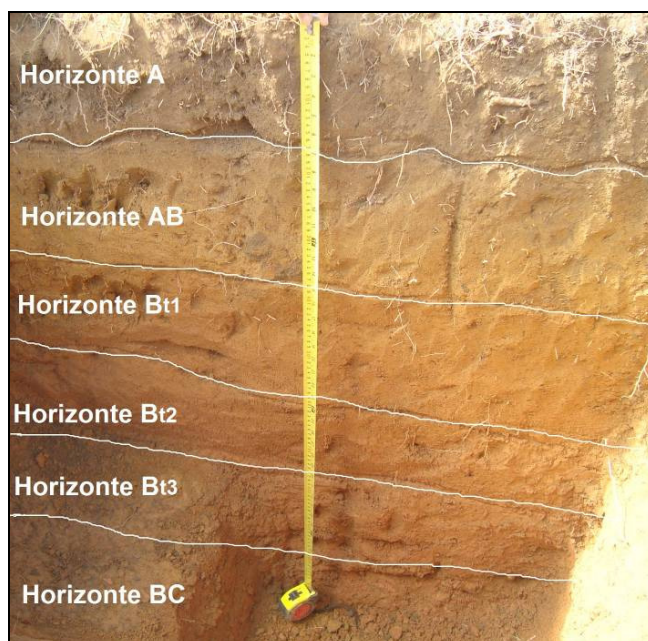
Ainda sobre as diferenças entre os perfis 2 e 3, despertam atenção a cor e espessura do horizonte Bi, que é mais avermelhado e espesso em P3. Além disso, foi detectada heterogeneidade de cores ocorrendo de maneira distinta no horizonte C dos dois perfis. Enquanto no P2 ela ocorre destacando estruturas lineares, muito sutis, no P3 as cores

mostram estruturas circulares, caracterizando a presença de mosqueados na cor bruno-amarelada (10YR 5/8), que constituem manchas amarelas arredondadas circundadas por uma matriz de fundo avermelhado.

O Perfil 4 (P4) foi descrito na Unidade III (Figura 16) em uma área cujo relevo é suavemente ondulado, sem erosão aparente, com vegetação de campo sujo intercalada com vegetação típica de áreas brejosas, com uso destinado à pastagem. Este solo apresenta seis horizontes: A, AB, Bt1, Bt2, Bt3 e BC e trata-se de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO.

O horizonte A apresenta muitas raízes finas, poucas médias e algumas grandes. Os horizontes AB, Bt1 e Bt2 apresentam muitas raízes finas. Destaca-se que o horizonte Bt1 possui pontos esparsos de mosqueados pequenos, com contraste proeminente e cor bruno-forte (7,5R 4/6). No horizonte Bt3 a ocorrência de raízes diminui, sendo poucas finas. Este horizonte apresenta-se manchado, com mosqueados de coloração vermelho-amarelado (5YR 5/6) circundados por uma matriz de fundo bruno-amarelada (10YR 5/6). O horizonte BC possui poucas a raras raízes finas e se destaca pela presença de concreções com cores vermelho-amarelado (5YR 5/6) e vermelho (2,5YR 4/6). Neste horizonte há presença de grãos de quartzo de tamanho variado (1 a 2 mm, até maiores que 1cm) e concreções grandes (predominantemente, 2 x 4 cm), subarredondadas.

Figura 16: P4 – ARGISSOLO VERMELHO AMARELO



Fonte: Arquivo pessoal.

5.2 Textura e indicadores texturais

Os resultados das análises texturais são apresentados na Tabela 1. Todos os horizontes analisados de P1 apresentaram maior porcentagem de argila em detrimento das outras frações da TFSA, sendo os valores superiores a 500g/kg, indicando texturas majoritariamente argilosas. Em relação às outras frações, apenas o horizonte C apresentou valores de silte que superam os de areia, de modo que nos horizontes A, AB e Bw1 a fração areia fina se destaca, enquanto nos horizontes Bw2 e Bw3 o predomínio é de areia muito fina.

No P2, semelhante ao que ocorre em P1, há maior presença de argila nos três horizontes, porém com valores menores e maior equilíbrio entre as frações silte e areia. Ainda assim, a textura de todos os horizontes permanece como argilosa. Sobre a fração mais grosseira, enquanto o horizonte A apresentou maior proporção de areia média, os horizontes Bi e C se destacaram por apresentar mais areia grossa.

O P3, em termos texturais, apresentou algumas diferenças em relação a P2. O horizonte A possui maior concentração de areia e nos horizontes Bi e C a fração argila se destaca. Por tais motivos, a textura da parte superior do perfil foi classificada como média enquanto nas demais como argilosas. No contexto da fração areia, nos horizontes A e C há predomínio de areia grossa e no horizonte B de areia média.

O P4, diferentemente dos demais, apresentou em todos os horizontes maiores teores de areia, predominando no horizonte A areia fina e nos outros areia muito fina. Todo o perfil apresentou textura média.

A relação silte/argila, conforme a EMBRAPA (2006), é utilizada com o intuito de avaliar o estágio de intemperismo de solos em regiões tropicais. Dessa forma, alto grau de intemperismo é verificado em solos com textura média que possuem valores para relação silte/argila menores que 0,7 na maior parte do horizonte B, e em solos com textura argilosa ou muito argilosa cujo valor seja inferior a 0,6. Considerando os resultados obtidos, P1, cuja textura é argilosa, apresentou relação silte/argila variando entre 0,21 a 0,35 (Tabela 1), evidenciando alto grau de intemperismo. Nos horizontes B dos Perfis 2, 3 e 4, cuja textura é média, os valores foram superiores a 0,7, evidenciando, aparentemente, menor grau de intemperismo. Apenas no horizonte B3 de P4 o valor é inferior a 0,7. Neste contexto, dentre os quatro perfis, P1 apresentou maior grau de intemperismo segundo o critério relação silte/argila.

Tabela 1: Textura e indicadores texturais dos solos estudados

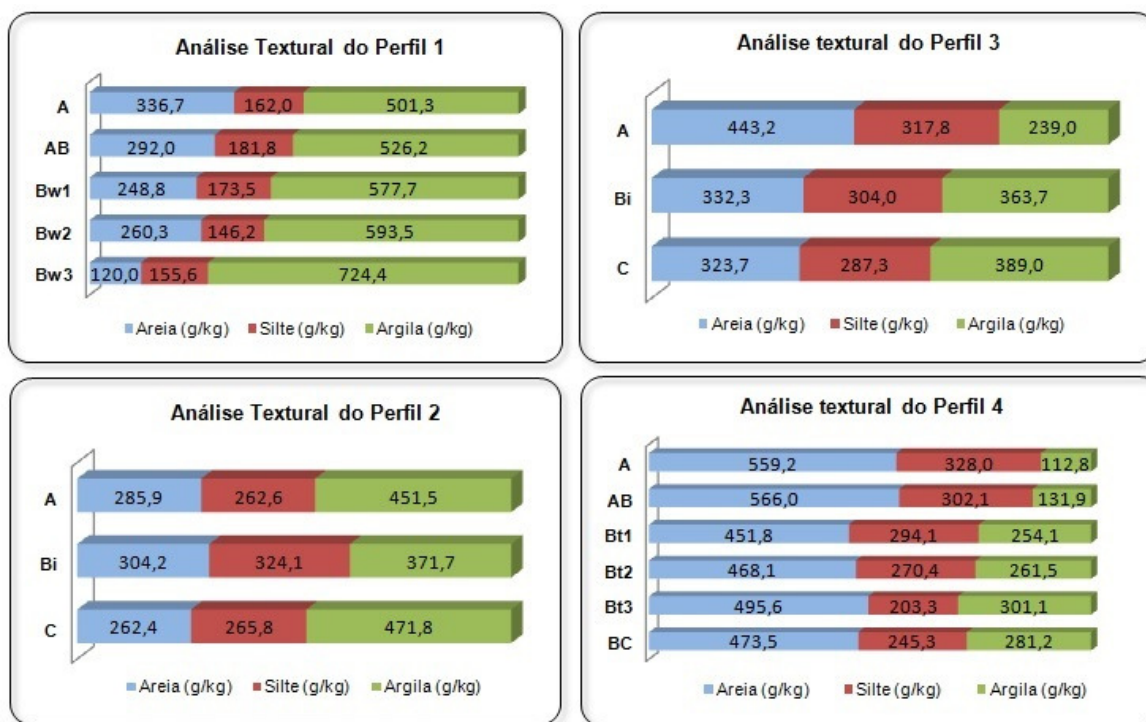
Horizontes		Areia (g/kg)						Silte	Argila	Classe	Silte /	Argila	Grau de
Símbolos	Prof. (cm)	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	Total	(g/kg)	(g/kg)	textural	Argila	dispersa em água (%)	Floculação (%)
P 1 -LATOSSOLO VERMELHO AMARELO / VERMELHO													
A	0 - 26	26,77	26,09	61,03	119,23	103,57	336,7	162	501,29	Argilosa	0,32	20,7	95,87
AB	26 - 49	15,64	27,14	50,26	110,86	88,09	292	181,81	526,17	Argilosa	0,35	27,6	94,75
Bw1	49 - 85	9,72	22,22	44,64	91,27	80,95	248,8	173,47	577,73	Argilosa	0,3	4,7	99,19
Bw2	85 - 100	27,05	22,15	32,55	82,10	96,45	260,3	146,18	593,5	Argilosa	0,25	0,2	99,97
Bw3	109 - 119+	5,38	10,17	20,48	36,13	47,84	120	155,63	724,42	Muito argilosa	0,21	0,5	99,93
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO													
A	0 - 35	47,83	70,10	72,02	60,44	35,51	285,9	262,56	451,47	Argilosa	0,58	26,1	94,22
Bi	35 - 79	51,22	89,92	72,34	56,50	34,23	304,2	324,06	371,72	Argilosa	0,87	0,9	99,76
C	79 - 120+	48,61	70,91	55,51	48,36	39,01	262,4	265,81	471,82	Argilosa	0,56	30,1	93,62
P3 - CAMBISSOLO HÁPLICO													
A	0 - 25	30,65	150,99	123,95	98,40	39,21	443,2	317,75	238,96	Média	1,33	21,1	91,17
Bi	25 - 90	19,00	80,98	99,09	77,06	56,16	332,3	304,01	363,65	Argilosa	0,84	0	100
C	90 - 115+	25,88	91,63	84,29	69,98	51,92	323,7	287,3	389,04	Argilosa	0,74	1,4	99,64
P4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO													
A	0 - 17	17,49	48,90	106,05	215,07	171,70	559,2	327,97	112,84	Média	2,91	8,7	92,29
AB	17 - 39	53,41	68,60	101,74	170,85	171,41	566	302,13	131,86	Média	2,29	0,4	99,7
Bt1	39 - 64	18,41	33,71	74,63	132,01	193,04	451,8	294,05	254,14	Média	1,16	1,1	99,57
Bt2	64 - 83	18,60	30,45	59,89	144,89	214,28	468,1	270,44	261,54	Média	1,03	18,9	92,77
Bt3	83 - 107	17,77	33,03	74,15	143,64	227,01	495,6	203,29	301,14	Média	0,68	15,4	94,89
BC	107 -118+	22,55	31,34	70,48	138,38	210,76	473,5	245,33	281,21	Média	0,87	23,3	91,71

Há que se considerar a relatividade do índice silte/argila em razão do tipo de material de origem dos solos. Para que seus valores reflitam corretamente o grau evolutivo de coberturas, deve-se levar em conta se os materiais geológicos que as deram origem possuem ou não uma mineralogia primária capaz de fornecer condições à formação de argilas numa paragênese secundária. Isto é, a comparação de solos derivados de rochas que tendem a produzir texturas arenosas/siltosas com aquelas cuja alteração favorece a formação de solos argilosos (pouco quartzo, por exemplo), coexistindo nas mesmas condições ambientais, deve ser feita com cautela, pois pode encaminhar a noção equivocada de que tais solos arenosos/siltosos são menos evoluídos, quando, em relação ao seu material de origem, eles já representam um grau bastante significativo de evolução. Como exemplo, considerando a área de estudo, solos derivados de quartzitos com textura média e valores de silte/argila ligeiramente superiores a 0,7, não podem ser vistos como menos evoluídos já que, considerando a rocha, representam um avanço significativo em termos intempéricos. Outra evidência que relativiza o índice é que os valores apresentados pelo horizonte C em solos quartzíticos, como em P2, são menores que em Bi. Nesse caso, como esperar que os horizontes saprolíticos sejam mais evoluídos que os horizontes pedoplasmados? Será que tais comportamentos não podem refletir sutis variações faciológicas no quartzito, com intercalações mais micácias entre fácies mais quartzosas?

Considerando o conteúdo de argila na comparação dos horizontes superficiais com os subsuperficiais, P4 apresentou gradiente textural, o que o definiu como Argissolo (Figura 17). Contudo, a concentração de argila em todos os seus horizontes foi menor quando comparada com os horizontes dos outros perfis. Além disso, mesmo havendo mudança textural, a porcentagem de areia é elevada em todos os horizontes. Nesse sentido, a maior concentração de areia no *topsoil* sugere muito mais a existência de descontinuidade litológica, tal como camadas de um pacote estratigráfico, relacionada às características geológicas do local em que o perfil se encontra. Enquanto os perfis 1, 2 e 3 sugerem, a partir da textura, produtos da alteração direta dos quartzos-xistos, P4 associa-se a um ambiente de transição entre sopé de vertente e fundo de vale e parece representar a pedogênese sobre camadas de sedimentos, mais argilosas na base e mais arenosas na parte superior, desvinculando-se, assim, estritamente da alteração de rochas da Formação Galho do Miguel, cuja característica central é a presença de quartzitos puros, raramente micáceos (Knauer, 2007). É possível que esse pacote de sedimentos esteja sobre a Formação Galho do Miguel, mas é igualmente possível que, dada a localização do perfil, ocorra uma

contribuição direta de sedimentos de rochas da Formação São João da Chapada, limítrofe e com maior potencial de oferecer material argiloso.

Figura 17: Gráficos representativos da textura dos perfis



A argila dispersa em água permite uma avaliação relativa sobre o grau de estruturação dos solos (ALMEIDA NETO et al., 2009), de modo que solos mais estruturados apresentam, comumente, argila floculada e de menor susceptibilidade à dispersão. Esse comportamento é, supostamente, presente em solos mais antigos, já que o tempo maior permitiria o desenvolvimento de uma estrutura mais forte.

Assim, foi observado que a argila dispersa em água dos horizontes diagnósticos (horizonte B) dos solos dos compartimentos I e II apresentou valores mais baixos (4,7 no horizonte Bw1 do P1; 0,9 no horizonte Bi do P2; 0,00 no horizonte Bi do P3), quando comparados aos valores obtidos nos horizontes Bt1, Bt2 e Bt3 do P4. Os valores relativos à argila dispersa em água definiram o grau de floculação, cujos valores foram superiores a 90% nos quatro perfis, sugerindo boa agregação das partículas e estruturação dos solos. Lepsch (2011) aponta que a floculação faz referência à formação de pequenos "flocos" a partir da coagulação de partículas de argila e/ou húmus. Segundo o autor a presença de

agregação se dá a partir da floculação de alguns colóides que se juntam a partículas de silte e areia.

Estes, por sua vez, vão se unindo, agora com a ajuda de partículas coloidais, que agem como agentes cimentantes e envolventes desses minúsculos microagregados. Várias substâncias podem contribuir para essa cimentação, tais como a matéria orgânica (...), minerais da argila, compostos de ferro, carbonatos, sílica coloidal etc. (LEPSCH, 2011, P. 124)

5.3 Caracterização micromorfológica

A distribuição relativa do esqueleto, do plasma e dos poros em termos de porcentagem da área da lâmina ocupada (Tabela 2) revela aspectos importantes do solo e, neste caso, apresenta comportamento distinto entre os horizontes apresentados. Enquanto em P1 e P3 a porcentagem de esqueleto aumenta com a profundidade, a mesma tendência não é observada em P2 e P4. No P2 a porcentagem de esqueleto diminui com o aumento da profundidade, ao passo que no P4 há uma diminuição do esqueleto do horizonte A (50%) para o Bt1 (30%), seguida de aumento em direção a BC (40%).

Tabela 2: Porcentagem do fundo matricial nos horizontes de cada perfil

Perfil	Horizonte	Fundo Matricial (%)		
		Esqueleto	Plasma	Poros
1	A	20	30	50
	AB	25	45	30
	Bw1	25	45	30
	Bw2	30	50	20
	Bw3	30	55	15
2*	A	40	30	30
	Transição AB	40	35	25
	Bi	35	45	40
	C	30	50	20
3	A	25	30	45
	Bi	25	50	25
	C	35	45	20
4	A	50	15	35
	AB	30	35	35
	Bt1	30	50	20
	Bt2	40	45	15
	Bt3	40	45	15
	BC	40	45	15

* Foi coletada uma amostra indeformada na transição entre os horizontes A e Bi, que, para efeitos de identificação, foi chamado de transição AB.

O comportamento do plasma e dos poros é semelhante nos quatro perfis. Isto é, quando comparados os horizontes superficiais com os subsuperficiais, observa-se um aumento da área da lâmina ocupada pelo plasma e redução da área ocupada pelos poros. Destaca-se que os perfis 3 e 4 apresentam singularidades em relação à distribuição do plasma, que tende a ocupar maior porcentagem da lâmina nos horizontes diagnósticos Bi e Bt1, respectivamente.

A descrição micromorfológica de cada horizonte é apresentada no Quadro 4 que, além da pedalidade, contém características como morfologia e mineralogia do esqueleto, características gerais do plasma, como cor, orientação e estrutura, e morfologia e gênese dos poros. Também são apresentadas características relativas à trama e ocorrência de feições pedológicas.

Quadro 4: Descrição das características micromorfológicas

Perfil	Horizonte	Pedalidade	Fundo Matricial					Feições Pedológicas
			Esqueleto	Plasma	Poros	Trama		
1	A	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média. Subarredondados e fragmentados. Presença de quartzo.	Bruno-avermelhado. Orientação relativa, estrutura plásmica asséptica, do tipo argilasséptica com tendência a masséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	Bioporo associado a raíz.	
	AB	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média. Subarredondado cariado. Presença de quartzo.	Bruno-avermelhado, marrom, manchado. Orientação relativa, estrutura plásmica asséptica, do tipo argilasséptica.	Macroporos intergranulares e planares. Pedoporos	Enáulica.	Presença de pedotúbulo e bioporos.	
	Bw1	Fortemente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média e fina. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Vermelho-alaranjado. Orientação relativa, estrutura plásmica asséptica, do tipo argilasséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura.	
	Bw2	Fortemente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média e fina. Subarredondados e fragmentados. Presença de quartzo.	Vermelho-alaranjado. Orientação relativa, estrutura plásmica séptica, do tipo masséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura.	
	Bw3	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média e fina. Subarredondados e fragmentados. Presença de quartzo e goethita.	Vermelho. Presença de acúmulo de ferro e transição goethita - hematita. Orientação relativa, estrutura plásmica séptica, do tipo bimasséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica tendendo a porfírica.	Nodulações.	
2	A	Fracamente desenvolvido, moderadamente selecionado.	Areia grossa. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo.	Bruno-amarelado. Orientação relativa asséptica, do tipo silasséptica tendendo a masséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica e porfírica na porção superior.	Pedotúbulo preenchido com matéria orgânica.	
	Transição AB	Fracamente desenvolvido, moderadamente selecionado.	Areia muito grossa / cascalho. Subangulosos, fragmentados e cariados. Presença de quartzo.	Amarelado. Acúmulo de argila. Orientação relativa, estrutura plásmica asséptica, do tipo silasséptica tendendo a masséptica..	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Porfírica.	-	
	Bi	Fracamente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia grossa a muito grossa. Subangulares e katamorfos, fragmentados e cariados. Presença de quartzo e muscovita.	Amarelado (mais escuro). Orientação relativa, estrutura plásmica asséptica, do tipo silasséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Porfírica, tendendo a enáulica.	-	
	C	Fracamente desenvolvido, moderadamente selecionado.	Areia média e grossa. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Amarelo-avermelhado. Acúmulo de argila. Orientação relativa asséptica, do tipo silasséptica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Porfírica, tendendo a enáulica.	-	

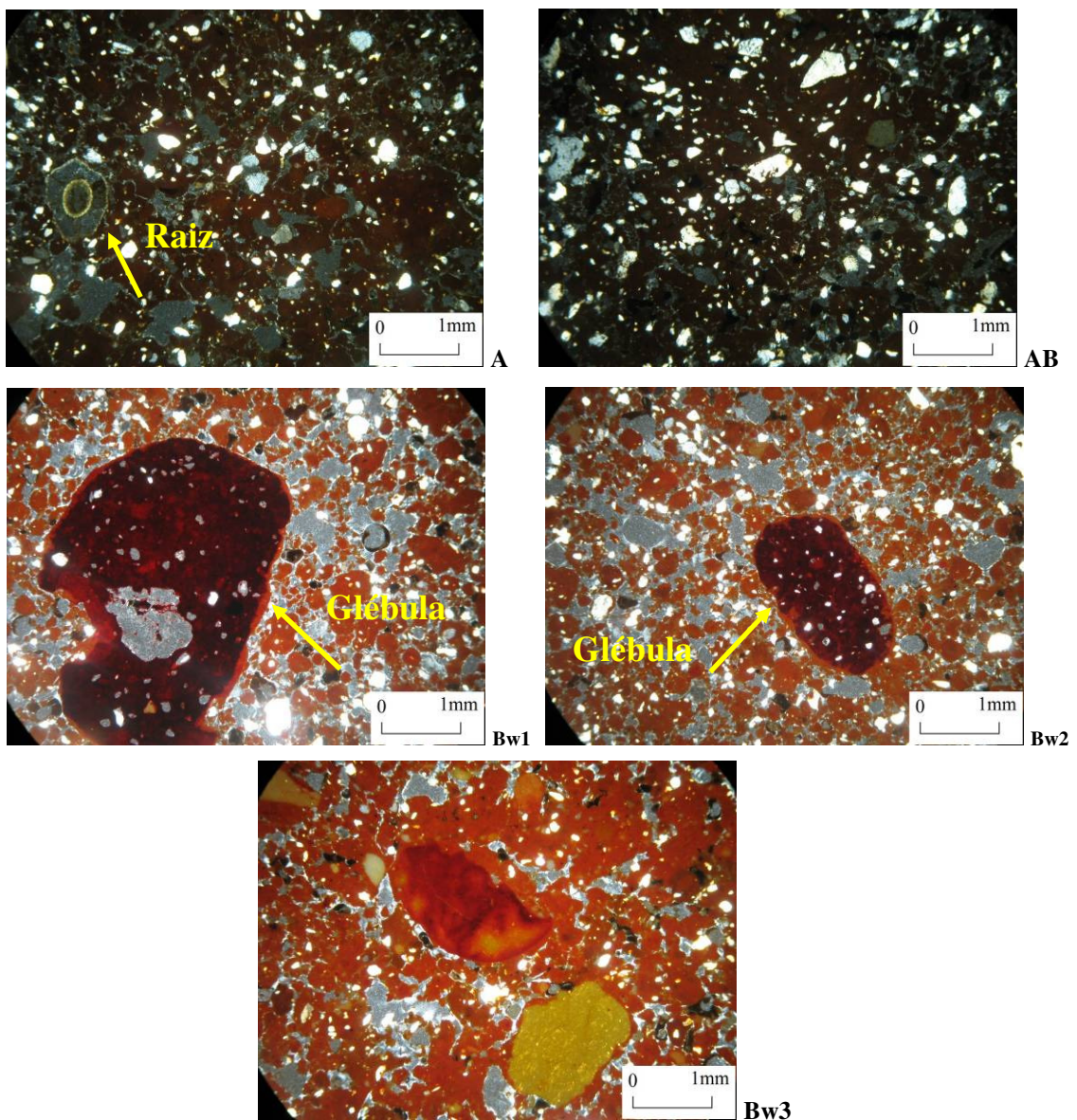
3	A	Moderado a fortemente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo.	Bruno-avermelhado. Orientação relativa sépica, do tipo massépica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	-
	Bi	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado.	Areia grossa. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Bruno-avermelhado (mais claro que o horizonte A). Orientação relativa assépica, do tipo argilassépica tendendo a massépica.	Mesoporos e macroporos intergranulares. Pedoporos.	Porfírica.	-
	C	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado.	Areia fina e média. Subarredondados e subangulares, fragmentados. Presença de quartzo.	Vermelho. Orientação relativa assépica, tendendo a massépica	Macroporos intergranulares e cavidades (ortoporos). Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura com bordas mais claras.
4	A*	Fortemente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Bruno avermelhado. Orientação relativa assépica, do tipo argilassépica.	Macroporos finos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura. Bioporos.
	AB	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados.	Areia média. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Vermelho-amarelo. Acúmulo de argila. Orientação relativa assépica, do tipo argilassépica.	Macroporos médios intergranulares e cavidades (ortoporos). Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura.
	Bt1	Pobrememente desenvolvido, moderadamente selecionado. Presença de microagregados (menor proporção que em A e AB).	Areia média. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Vermelho-amarelo, com presença de manchas avermelhadas. Orientação relativa assépica, do tipo argilassépica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica tendendo a porfírica.	Nodulação vermelha escura.
	Bt2	Moderadamente desenvolvido, pobrememente selecionado. Presença de microagregados (menor proporção que em A e AB).	Areia média e grossa. Subarredondados e fragmentados. Presença de quartzo e muscovita.	Vermelho-amarelo (mais escuro). Orientação relativa sépica, do tipo mossépica.	Macroporos intergranulares e cavidades (ortoporos). Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura.
	Bt3	Moderadamente desenvolvido, pobrememente selecionado.	Areia média e grossa. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo.	Vermelho. Orientação relativa sépica, do tipo mossépica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	Nodulação vermelha escura.
	BC	Moderadamente desenvolvido, pobrememente selecionado.	Areia média e grossa. Subangulares e fragmentados. Presença de quartzo.	Vermelho. Orientação relativa sépica, do tipo mossépica.	Macroporos intergranulares. Pedoporos.	Enáulica.	Nodulações amareladas e vermelha escura.

* No horizonte A do Perfil 4 foram identificadas diferenças entre a porção superior e inferior da lâmina especialmente quanto a coloração do esqueleto, que quanto mais afastado da superfície mais amarelado era. Dessa forma, também serão descritas algumas características para a porção inferior (denominada A) e superior (denominada A-s).

Algumas microestruturas podem ser evidenciadas por meio das fotomicrografias obtidas de cada perfil e horizontes analisados.

No P1 (Figura 18) é possível notar dois horizontes superficiais, A e AB, com aspecto visual semelhante no que diz respeito à coloração e distribuição do esqueleto e do plasma (bruno-avermelhado). Já os horizontes Bw1, Bw2 e Bw3 se destacam pela diferença na cor do plasma (de vermelho-alaranjado a vermelho), tal como observado macromorfologicamente.

Figura 18: Fotomicrografias dos horizontes pertencentes ao P1 (aumento - 2,5x)

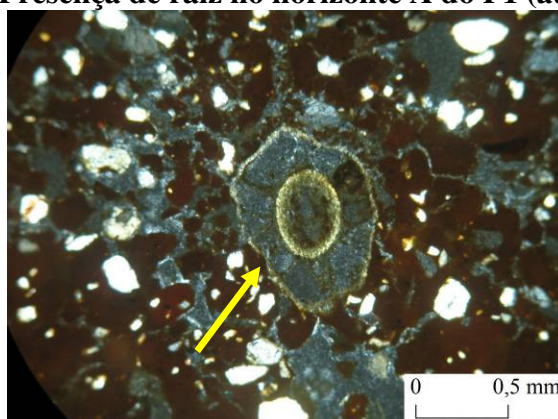


Fonte: Arquivo pessoal.

Em termos da pedalidade, observa-se em P1 um processo de agregação em diferentes estágios. Enquanto no horizonte Bw3 é possível constatar a formação de microagregados, em Bw2 e Bw1 esses microagregados, já formados, aglutinam-se constituindo uma segunda hierarquia de agregados, tendendo a blocos subangulares a subarredondados, conforme descrito macromorfologicamente. Destaca-se que os agregados presentes em Bw2 apresentam cor e tamanho diferentes.

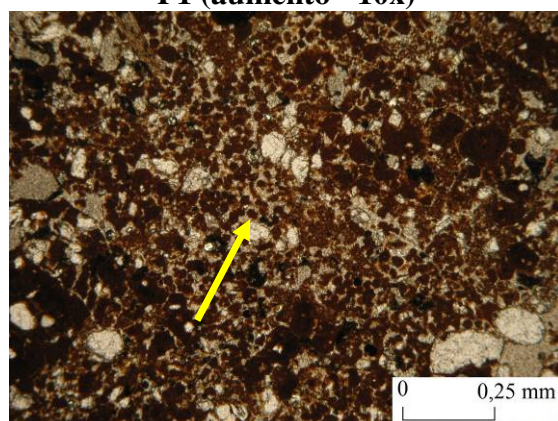
Os horizontes superiores são marcados pela influência da bioturbação. Além da presença de rizofeições e restos de raízes (Figura 19), as fotomicrografias evidenciam o preenchimento de poros e/ou canais biológicos por microagregados que podem ter sua origem influenciada por agentes biológicos, corroborando com Schaefer et al. (2001). Esses agregados bioconstruídos são produtos da fauna endopedônica, principalmente os cupins (Figura 20).

Figura 19: Presença de raiz no horizonte A do P1 (aumento - 5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 20: Microagregados de origem biológica preenchendo poros do horizonte A do P1 (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

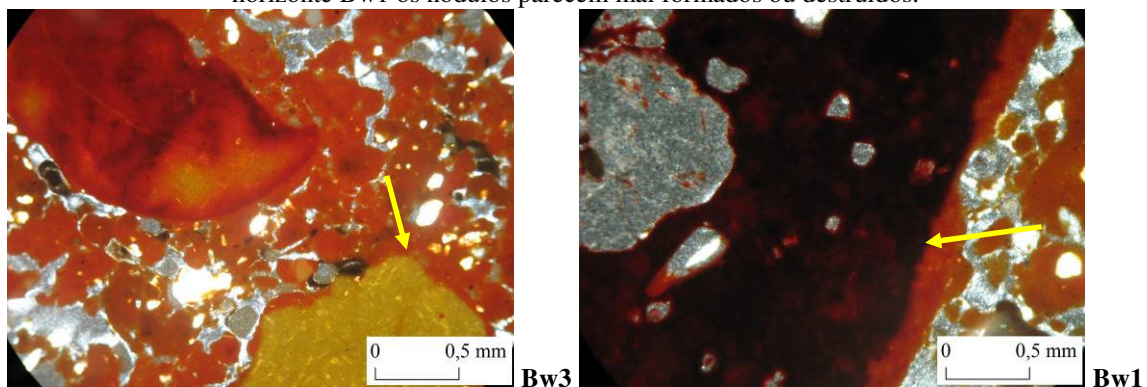
O mosqueado em nível macroscópico do horizonte Bw3 se reflete num plasma também com variações de tons amarelados a avermelhados. O plasma amarelado ocorre em concentrações arredondadas e sugere a presença de hidróxidos de ferro, principalmente goethita, influenciada pela maior proximidade com o nível freático. No topo deste horizonte, as concentrações arredondadas ficam mais avermelhadas, possivelmente pela transformação da goethita em hematita, por desidratação. Inicialmente, um plasma de tonalidade alaranjada vai avançando em direção ao centro, substituindo o plasma amarelado. Posteriormente, esse plasma torna-se avermelhado e adquire propriedades anisotrópicas (Figura 20). Assim, nota-se a formação da concreção desde um estágio inicial no horizonte Bw3, até um estágio mais avançado, consolidando-se no horizonte concrecionário. As concreções, ou glébulas, são do tipo nódulos e envolvem os cristais de quartzo do esqueleto (BULLOCK et al., 1985).

Acima do nível concrecionário, no horizonte Bw2, o que se observa é um plasma avermelhado com muitas glébulas. Em Bw1, contudo, esse plasma adquire tonalidades mais alaranjadas e as glébulas apresentam zonas cavernosas, com bordas digitadas (Figura 21), o que sugere sua desintegração.

Neste contexto, numa análise preliminar, P1, além de um nível de maior alteração, parece indicar um perfil laterítico clássico (TARDY, 1993), no qual uma zona mosqueada, proveniente da alteração da rocha com minerais quimicamente ferruginosos, dá origem a uma zona concrecionada, com glébulas nodulares não concêntricas. Posteriormente, a degradação de parte desse nível dá origem a uma zona *soft*, com plasma menos ferruginoso que o antecessor.

Figura 21: Nodulações em diferentes estágios de formação no P1 (aumento - 5x)

Enquanto no horizonte Bw3 a sequência de tonalidades do plasma sugere a formação das glébulas, no horizonte Bw1 os nódulos parecem mal formados ou destruídos.

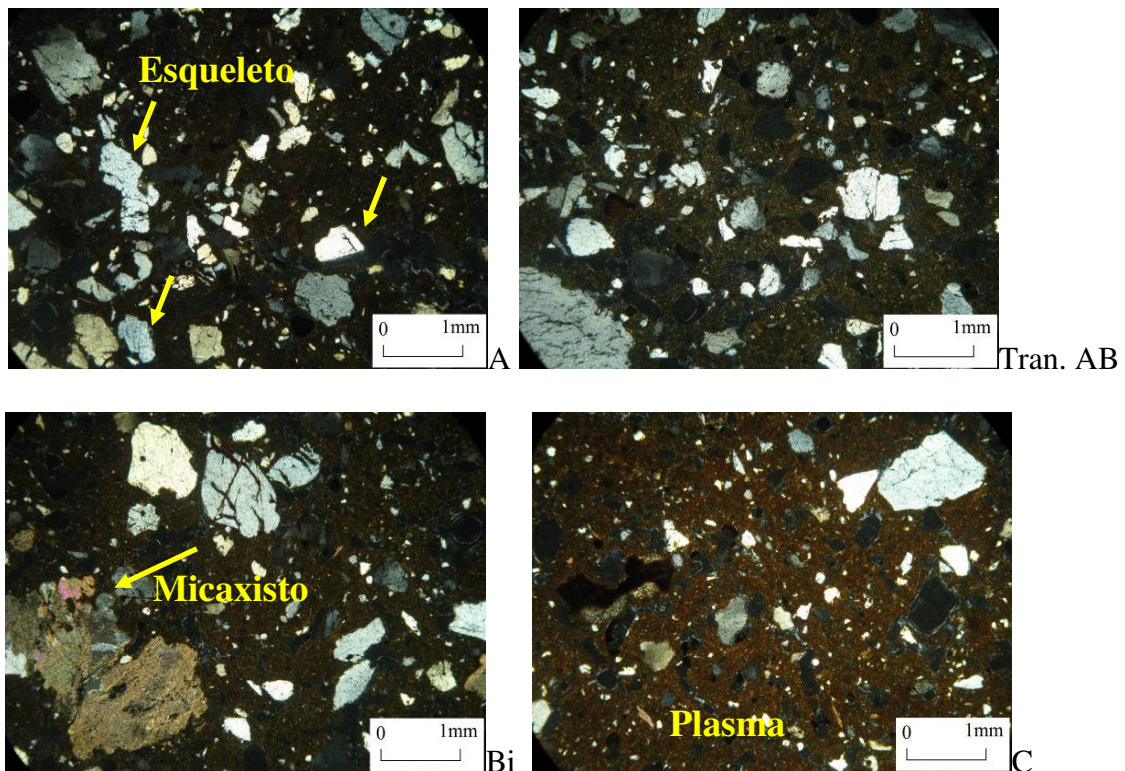


Fonte: Arquivo pessoal.

A análise das fotomicrografias dos horizontes do P2 também evidenciam as características apresentadas no Quadro 4 em relação à distribuição do fundo matricial (Figura 22). Nota-se, dentre outros aspectos, que a distribuição relativa do esqueleto tende a diminuir do horizonte A em direção ao C, contrariando a tendência observada no P1. Além disso, a coloração do plasma tende a ser mais avermelhada com o aumento da profundidade do perfil. Destaca-se, ainda, aspectos específicos observados, como a presença de pedotúbulo preenchido por matéria orgânica no horizonte A (Figura 23) e micaxistos no horizonte Bi (Figura 24).

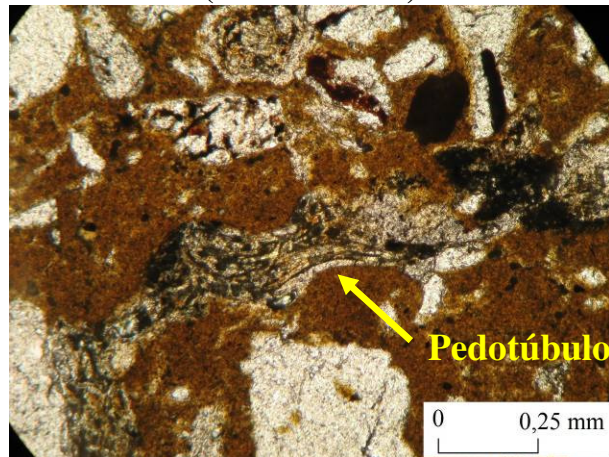
Figura 22: Fotomicrografias dos horizontes pertencentes ao P2 (aumento - 2,5x)

No horizonte A, nota-se maior concentração de esqueleto, evidenciada pelos minerais de quartzo, enquanto em C aumenta a proporção de plasma.



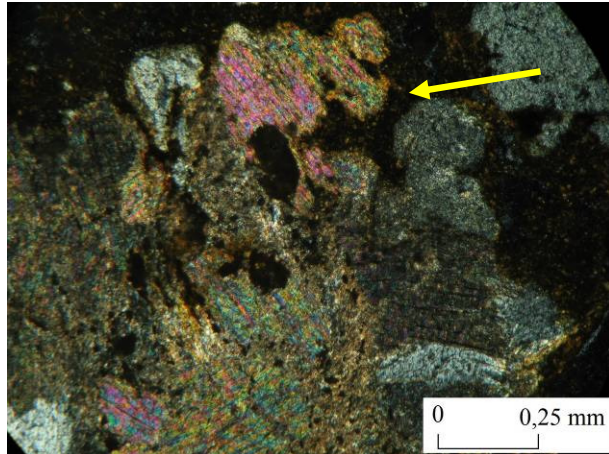
Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 23: Pedotúbulo preenchido por matéria orgânica no horizonte A do P2 (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 24: Micaxisto no horizonte Bi (aumento - 10x)



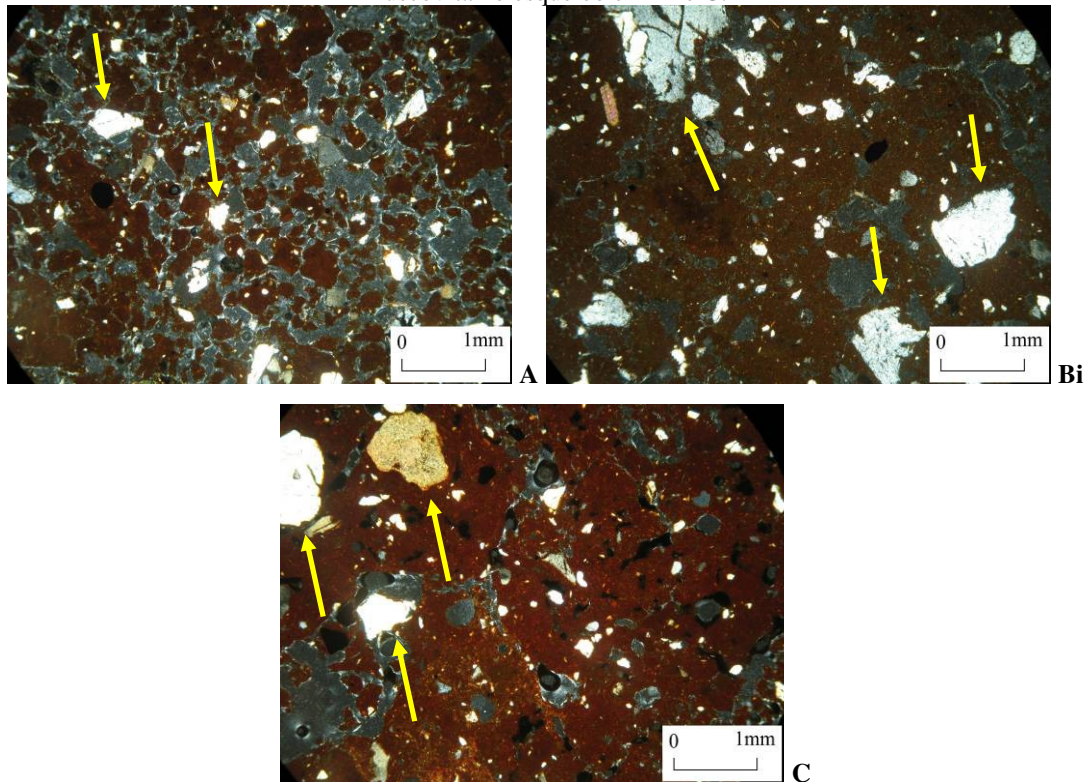
Fonte: Arquivo pessoal.

Ainda em P2, observa-se microagregação incipiente (no horizonte Bi) associada a bioturbação (pedotúbulos preenchidos por microagregados). O esqueleto apresentou características semelhantes em todos os horizontes, tanto mineralogicamente quanto em tamanho e forma. Destaca-se que as propriedades ópticas utilizadas para identificar o quartzo ainda estavam bem visíveis, o que aponta para um processo de transformação do mineral ainda não avançado.

Semelhante ao que ocorre no P2, no P3 também é possível observar a tendência de coloração mais avermelhada do plasma com o aumento da profundidade do perfil (Figura 25). Nota-se, semelhante ao P1, o aumento na distribuição relativa de esqueleto. Nesse caso, os cristais são tanto maiores quanto maior a profundidade no perfil, havendo a presença de quartzo, majoritariamente, e micaxistos.

Figura 25: Fotomicrografias dos horizontes do P3 (aumento - 2,5x)

Nota-se aumento no tamanho dos grãos de quartzo com o aumento da profundidade do solo e a presença de muscovita no esqueleto em Bi e C.



Fonte: Arquivo pessoal.

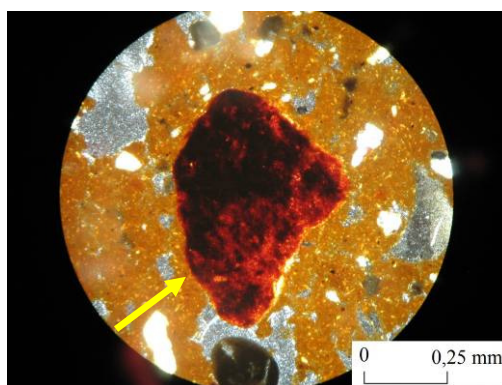
Uma característica importante observada no P3 é em relação à trama, que apresentou comportamento distinto ao longo dos horizontes. Enquanto no horizonte A ela é majoritariamente enáulica, no horizonte Bi tende a porfírica, ocorrendo ambas no horizonte C (Figura 25).

A trama enáulica no horizonte A demonstra haver uma abertura do plasma tendendo a formação de agregados menores, o que também pode ser evidenciado pela mudança da estrutura plásmica entre os horizontes. Enquanto no horizonte A a estrutura plásmica é sépica (do tipo massépica), havendo separações plásmicas entre os domínios compostos por cristais do plasma, nos horizontes Bi e C ela é assépica, do tipo argilassépica, com domínios não orientados, tendendo a massépica, ou seja, há um indicativo da ocorrência de separações plásmicas que podem evidenciar o processo de formação de agregados menores.

Ainda em P3, no horizonte C, foi observada, além da coloração mais avermelhada, a presença de nodulações, com coloração vermelho escura em seu interior e vermelho-

amarelo nas bordas (Figura 26). Diferentemente das nodulações presentes do P1, que continham resquícios de esqueleto em seu interior, as identificadas no P3 são constituídas quase exclusivamente pelo plasma.

Figura 26: Nodulação presente no horizonte C do P3 (aumento - 10x)

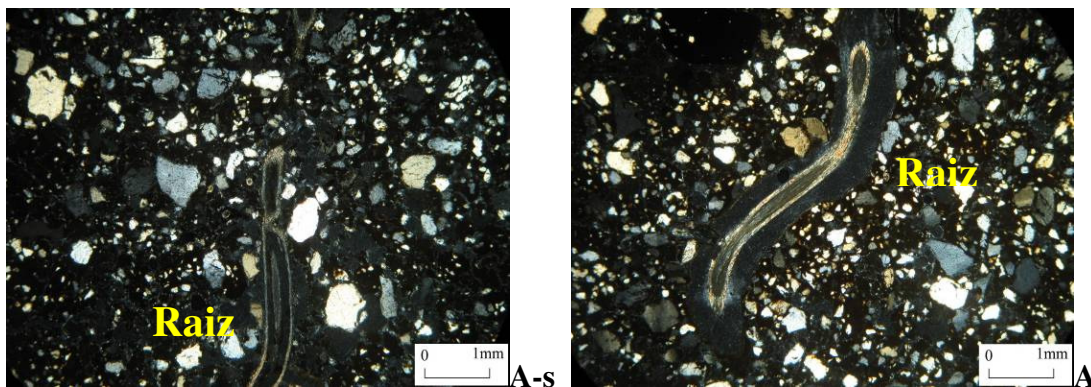


Fonte: Arquivo pessoal.

Nota-se, assim, que apesar dos perfis 2 e 3 estarem localizados em uma mesma vertente da Unidade Geomorfológica II e sob um mesmo conjunto litológico, apresentam algumas diferenças, sobretudo em se tratando do grau evolutivo, das feições pedológicas presentes e da composição de seus constituintes. Nessas condições, o P3 pode ser considerado um Cambissolo em vias de transformação para Latossolo, fato evidenciado pelos indícios de microagregação, ao passo que P2 mantém-se característico de um solo menos evoluído.

Micromorfologicamente, o P4 é aquele que apresenta a maior proporção de esqueleto quando comparado aos outros perfis. A Figura 27 apresenta as fotomicrografias do horizonte superficial desse perfil. Enquanto na porção superior da lâmina, A-s, foi possível identificar um plasma de tonalidade mais escurecida (preto) por ação da matéria orgânica, na porção inferior, A, essa tonalidade é brunada, indicando menor acúmulo. Em todo o horizonte A é possível perceber esqueleto quartzoso em abundância, corroborando para com as análises texturais.

Figura 27: Fotomicrografias das porções superior (A-s) e inferior (A), com coloração mais amarelada, do horizonte A do P4 (aumento - 2,5x)



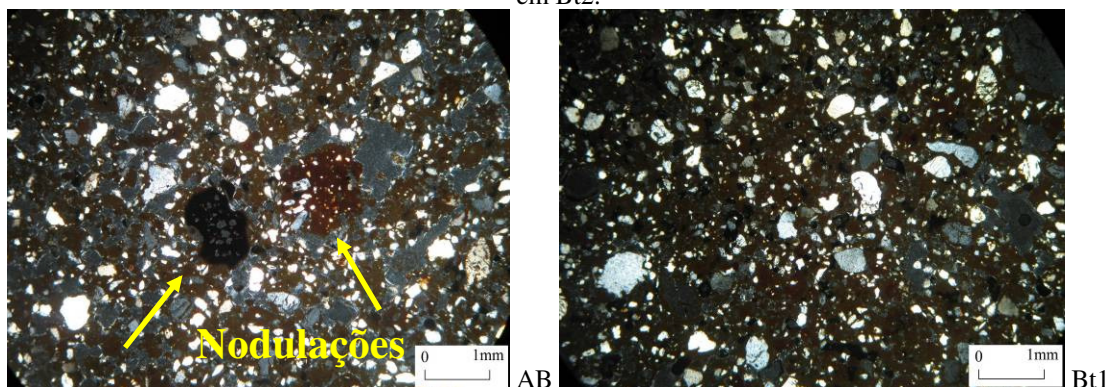
Fonte: Arquivo pessoal.

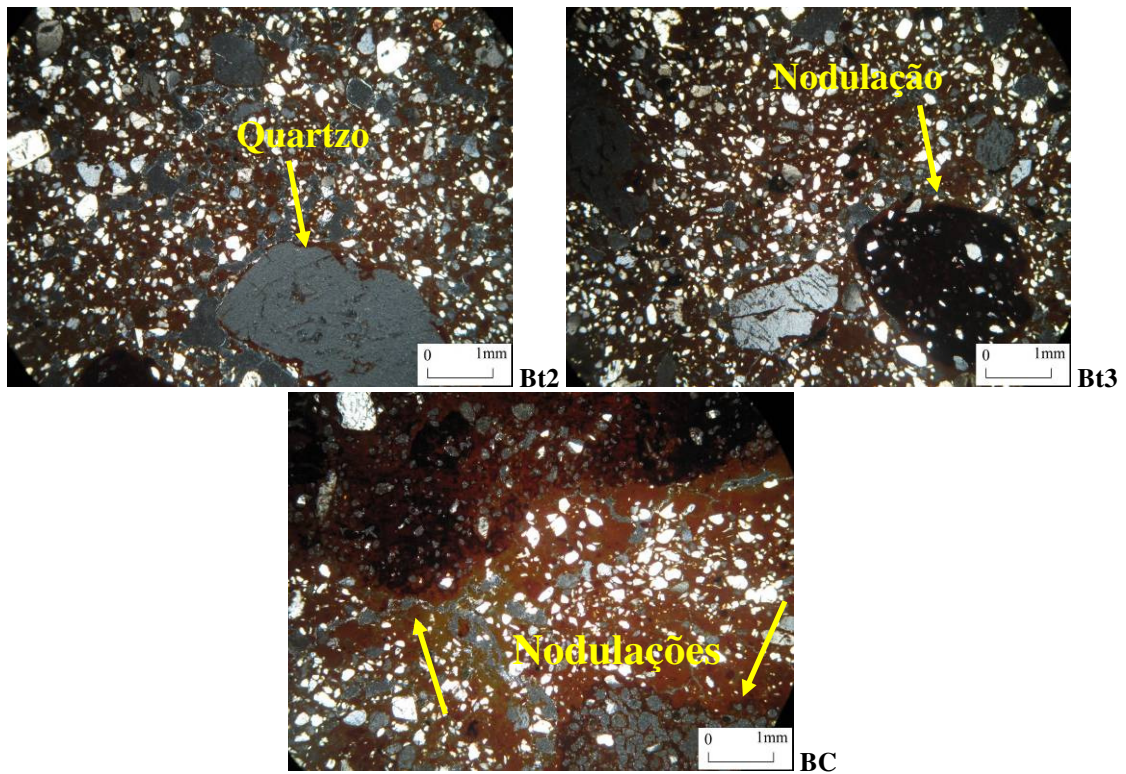
A análise dos outros horizontes indica esqueleto com tamanhos diferentes, sendo que os grãos maiores encontram-se nos horizontes Bt2, Bt3 e BC. Além disso, os grãos aparentam ser orientados por um fluxo determinado. O plasma possui diferentes formas de organização e apresenta coloração mais avermelhada nos horizontes mais profundos. Os poros, que diminuem de forma considerável com a profundidade do solo, são do tipo intergranular e não possuem organização definida (Figura 28).

Em relação às feições pedológicas, nota-se a presença de nódulos desde a parte superior até a base do perfil, sendo que eles ocorrem de maneira diferenciada, inclusive no tamanho. De modo geral, caracterizam-se pela coloração vermelha escura no interior, onde há presença de grãos de esqueleto (Figura 29).

Figura 28: Fotomicrografias dos horizontes do P4 (aumento - 2,5x)

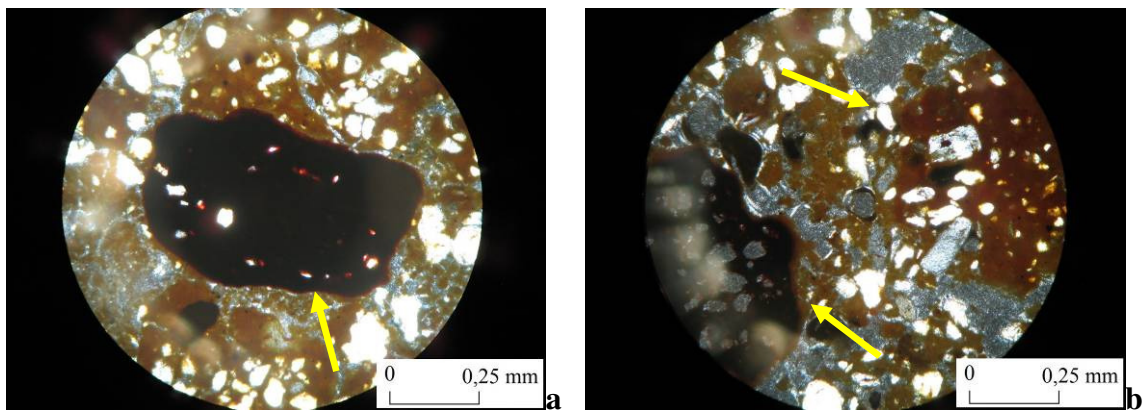
Presença de nodulações nos horizontes AB, Bt3 e BC e de quartzo fissurado com indícios de ferruginização em Bt2.





Fonte: Arquivo pessoal.

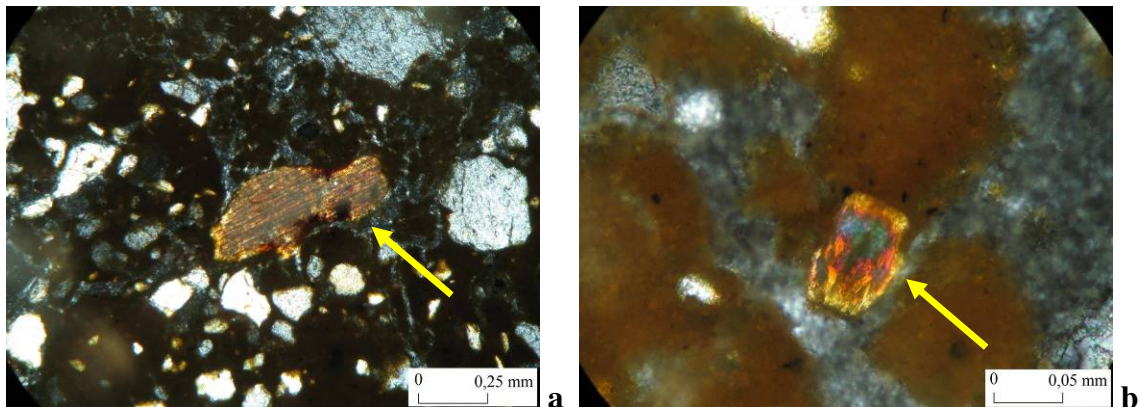
Figura 29: Nodulações, horizontes A (Figura 29.a) e AB (Figura 29.b) do P4 (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Nos horizontes A, AB, Bt1 e Bt2 detectou-se, de maneira semelhante ao que ocorreu nos outros perfis, a presença de minerais com aspecto distinto do quartzo (Figura 30).

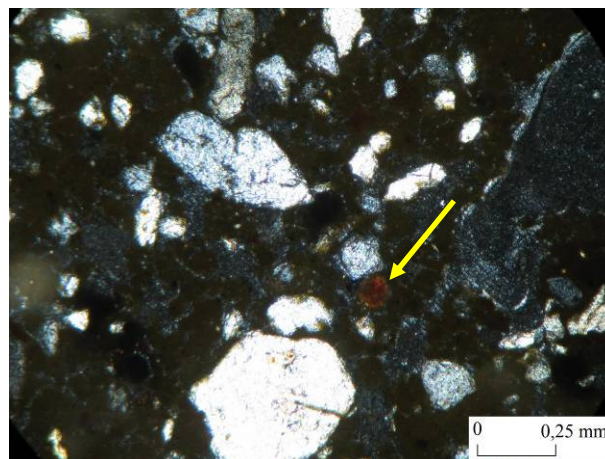
Figura 30: Muscovita presente no horizonte A (Figura 30.a) e no horizonte AB do P4 (Figura 30.b) (aumento - 10x, 50x, respectivamente)



Fonte: Arquivo pessoal.

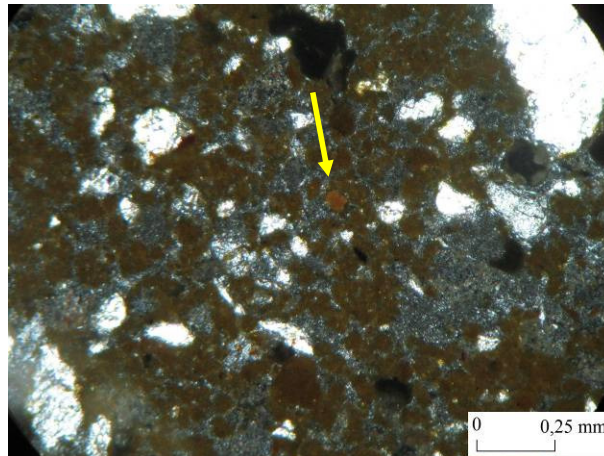
No horizonte AB foram observadas, ainda, áreas mais escuras no plasma e concentrações plásmicas apresentando birrefringência (Figura 31). Além da ocorrência de concentrações plásmicas onde é possível detectar a birrefringência, também foram observadas concentrações cuja coloração se apresenta mais clara (Figura 32), podendo ser apontadas como indicativo de perda de material.

Figura 31: Concentração plásmica apresentando birrefringência (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

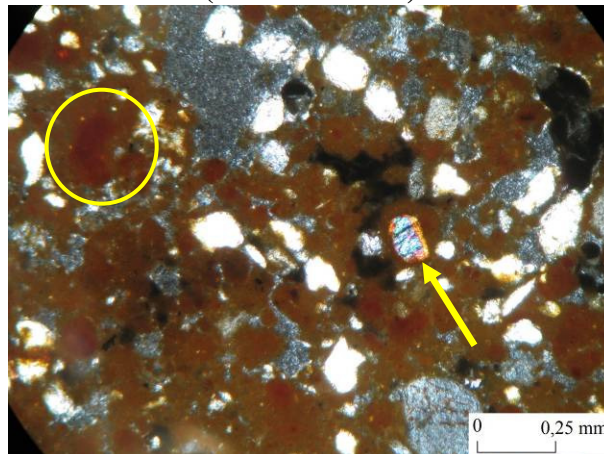
Figura 32: Concentração plásmica com coloração mais clara, indicativo de perda de material (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

No horizonte Bt1 foi observada a presença de plasma mais desbotado, vermelho-amarelo, com manchas avermelhadas mais escuras, bem definidas e indefinidas, distribuídas por toda a lâmina. Estas diferenciações observadas na coloração do plasma neste horizonte também podem indicar a ocorrência de deslocamento e perda de material (Figura 33).

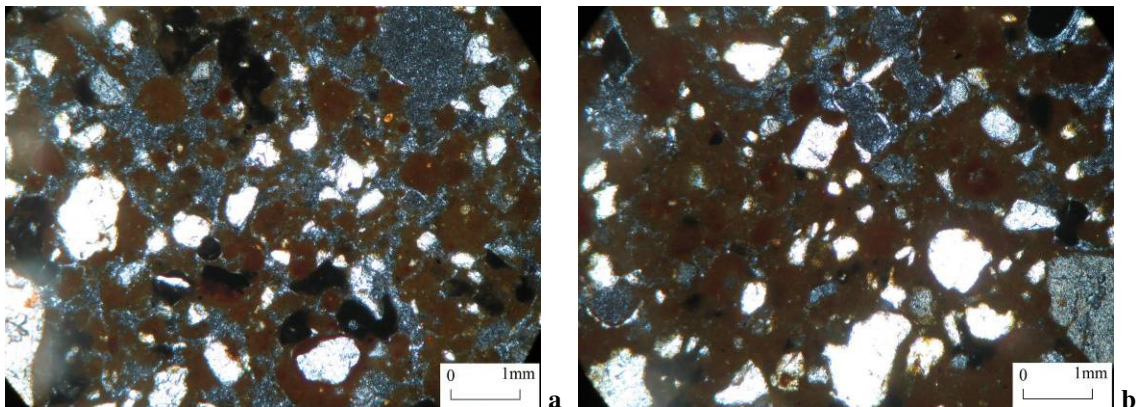
Figura 33: Manchas avermelhadas no plasma e mineral, horizonte Bt1 do P4 (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Salienta-se que a trama do horizonte Bt1 apresentou diferenças ao longo do horizonte, sendo enáulica com tendência a porfírica, ou seja, aparentando haver diminuição da microagregação e maior adensamento do plasma (Figura 34). Salienta-se que o adensamento reflete o aumento da concentração da argila neste perfil.

Figuras 34: Diferença na trama do horizonte Bt1 (aumento - 2,5x): mais aberta, enáulica (Figura 34.a), passando para uma mais fechada, porfírica (Figura 34.b)

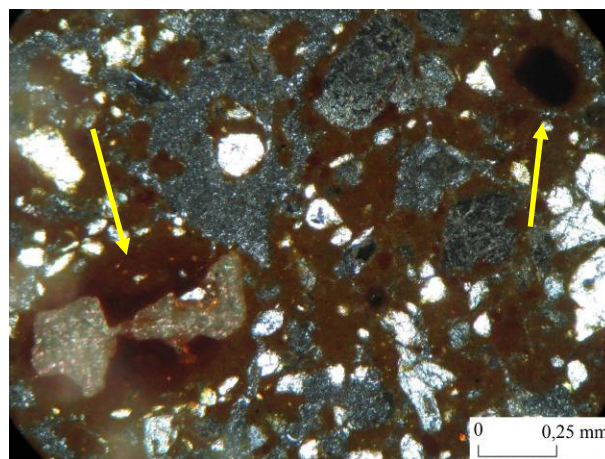


Fonte: Arquivo pessoal.

É importante destacar que os horizontes A e AB possuem mais microagregados, quando comparados ao Bt1 e que se observa, ainda, uma tendência de adensamento do topo para a base do perfil. Partes da lâmina do horizonte Bt1 apresentam mais microagregados e outras partes, principalmente na porção inferior, são caracterizadas pelo maior adensamento do plasma.

No horizonte Bt2 ainda há microagregados e a coloração do plasma é mais escura. Possíveis indicativos de perda de material não foram identificados. Além disso, foi observada a presença de nódulo e mineral revestidos de forma diferenciada. Enquanto o nódulo apresenta um halo de intemperismo difuso, no mineral este se apresenta de forma lisa (Figura 35).

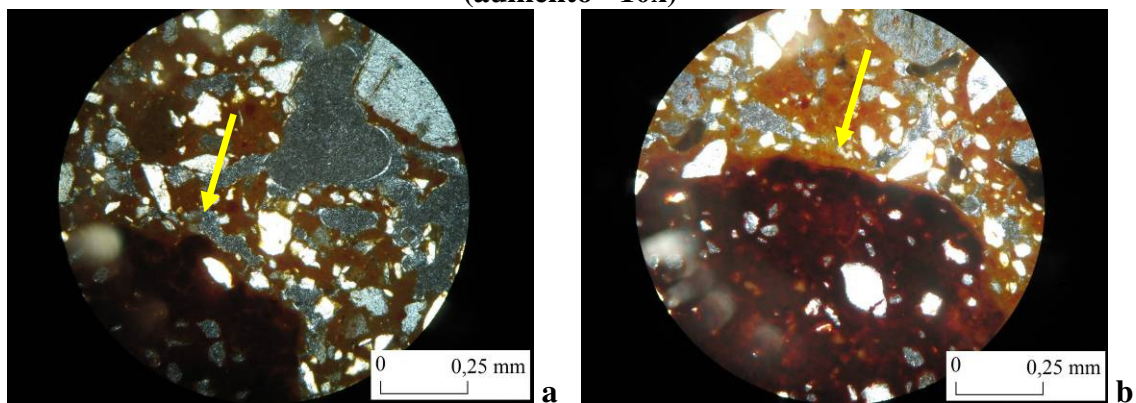
Figura 35: Diferenças no revestimento e no intemperismo ao redor de um nódulo e de um mineral (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

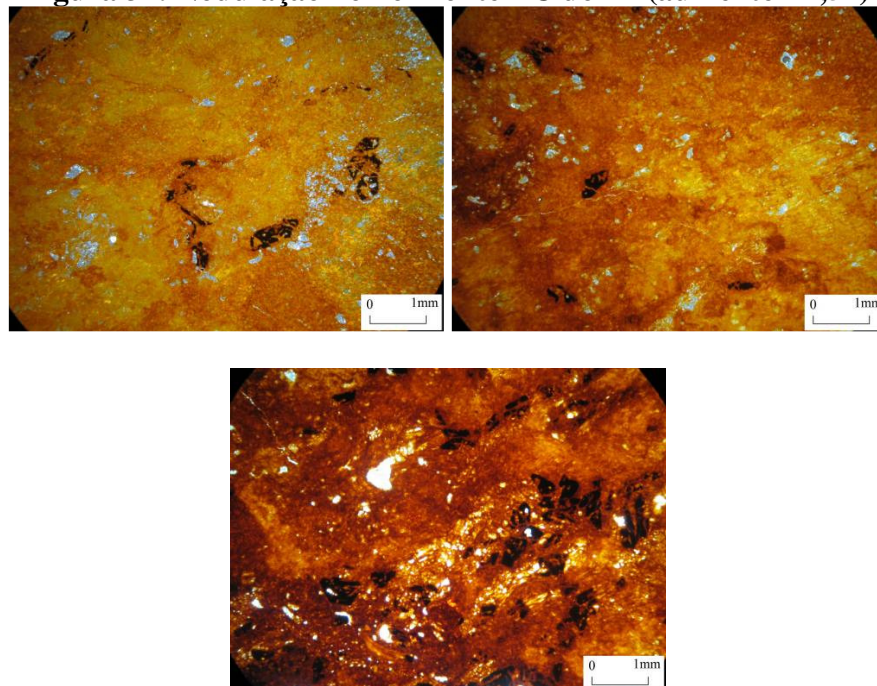
Nos horizontes Bt2, Bt3 e BC a presença de nodulações é marcante, apesar de apresentarem características distintas, sobretudo em função do maior teor de argila associado à maior concentração de óxidos. Enquanto em Bt2 e Bt3 elas apresentam aspecto visual semelhante, com o interior preenchido por grãos do esqueleto, coloração vermelha escura e bordas alaranjadas (Figura 36), no horizonte BC aparentam estar mais adensadas e com maiores tamanhos (Figura 37). É importante destacar que em algumas áreas do horizonte mais profundo, BC, a coloração do interior das nodulações é mais amarelada que nos outros dois horizontes e a presença de grãos de esqueleto já não é marcante.

Figura 36: Nodulações nos horizontes Bt2 (figura 36.a) e Bt3 (figura 36.b) do P4 (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 37: Nodulação no horizonte BC do P4 (aumento - 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

A análise micromorfológica do horizonte Bt3 também aponta para um plasma mais adensado, com menos microagregados e mais contínuo, diferentemente dos horizontes superiores. São observados halos de intemperismo em nódulos e diminuição da birrefringência. A principal diferença entre as nodulações dos horizontes Bt3 e BC é que, no último, eles são maiores, mais escuros e mais densos.

5.4 Indicadores micromorfológicos aplicados ao estudo da evolução geomorfológica do contexto onde se inserem os perfis

Considerando a caracterização micromorfológica dos perfis, torna-se possível propor alguns indicadores baseados em microestruturas identificadas que podem ser utilizados tanto para a compreensão evolutiva dos solos em si, como também para estudos dos processos que traduzem a evolução geomorfológica do contexto em que eles se inserem. Esses indicadores dizem respeito: 1) à pedalidade dos solos; 2) às características dos constituintes presentes e sua organização e 3) às feições pedológicas identificadas.

1) Pedalidade

1.1. O desenvolvimento de microestruturas granulares em solos derivados de rochas xistosas ricas em quartzo.

Quando a formação de um esqueleto quartzoso lito-herdado da rocha é abundante, torna-se mais difícil a microagregação do plasma, já que há predomínio de material grosseiro, de menor agregação. Assim, quando observados, esses microagregados sugerem que a pedogênese é um processo marcante e, mesmo que os perfis sejam, por sua macromorfologia, classificados em ordens de solos pouco evoluídos, a micromorfologia demonstra que, no contexto litológico em que se inserem, essa evolução é bastante significativa.

Nesse caso se insere, por exemplo, o perfil 3, cuja classificação aponta para um Cambissolo, mas que em escala de detalhe revela que a pedogênese é um processo a ser considerado, atestando condições pedobioclimáticas favoráveis ao seu avanço.

1.2. Espessura do horizonte microagregado e relação com os horizontes subjacentes.

As características do relevo nos locais em que se encontram os perfis influenciam no desenvolvimento dos solos. Assim, nas áreas em que a declividade é mais acentuada há o predomínio da erosão sobre a pedogênese, conferindo menor evolução ao solo. Em contrapartida, o relevo mais aplainado favorece o intemperismo e a pedogênese, podendo originar solos mais profundos e evoluídos.

A influência das características do relevo na formação de solos com aspectos distintos é observada quando se compara os horizontes B dos perfis 1 e 3. Observa-se que apesar de haver microagregação em ambos os horizontes dos perfis, há diferença nítida quanto a espessura, maior no P1. As diferenças de declividade influenciam diretamente na determinação da espessura do horizonte B. Como o P3 está localizado em média vertente e em área de maior declive, quando comparado a do P1, é notável que haverá maior erosão que intemperismo, definindo, assim, solos menos profundos e com menor grau de desenvolvimento. Dessa forma, P1 foi classificado como Latossolo, enquanto P3 é um Cambissolo.

2) Fundo Matricial

2.1. Aumento da porcentagem relativa de esqueleto na parte superior do perfil considerando sua homogeneidade em termos mineralógicas, de forma e tamanho ao longo de todo o perfil.

Considerando que o esqueleto é formado por partículas maiores que 2 μm (areia e silte), sendo basicamente constituído por minerais primários (CASTRO, 2008), sua distribuição relativa ao longo de um perfil tenderia a ser maior com o aumento da profundidade, sobretudo em virtude da maior proximidade da rocha matriz, ou seja, local de menor intemperização quando comparado aos horizontes mais superficiais, A e B.

Entretanto, em alguns dos perfis analisados, observa-se a diminuição da concentração de esqueleto em direção ao horizonte mais profundo. É o caso do P2, localizado no terço superior da vertente. Neste perfil, além da diminuição destacada, nota-se diminuição do tamanho dos minerais, mas as características mineralógicas dos mesmos se mantêm semelhantes em todos os horizontes. Logo, considerando a homogeneidade do

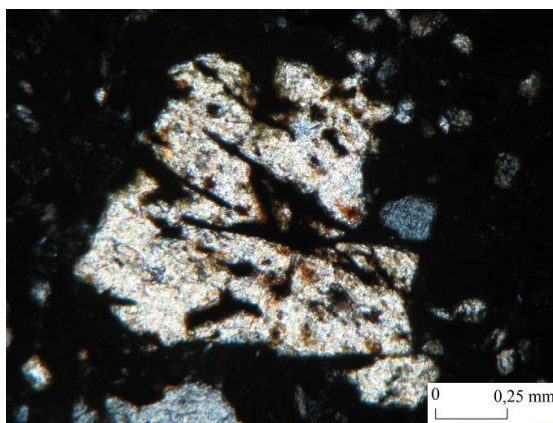
material que compõe o esqueleto ao longo do perfil, a hipótese que justificaria a diminuição da concentração relativa deste com o aumento da profundidade seria a ocorrência de uma lavagem de finos da parte superior do perfil, e não a chegada de grosseiros.

2.2. Minerais primários nos horizontes superiores do solo sem que sua ocorrência seja verificada na base do perfil.

De acordo com modelos clássicos de evolução e formação dos solos, espera-se que quanto maior a profundidade, maior a ocorrência de minerais primários, sobretudo em virtude da proximidade da rocha matriz. Assim, a tendência é a de que os horizontes superficiais, em processo de intemperismo mais intenso, apresentem menos minerais primários (ou que estes já estejam em grau avançado de deterioração), quando comparados a horizontes mais profundos, ainda em vias de intemperização.

Porém, no horizonte A do P4 foram observados minerais primários distintos do quartzo nos horizontes superiores em fase de alteração, sem que os mesmos fossem notados nos horizontes da base do perfil (Figura 38). Tal característica sugere que este material encontrado e descrito no horizonte A pode não ter origem *in situ*, e, sim, ser fruto de um depósito posterior a evolução de um perfil subjacente.

Figura 38: Mineral alterado no horizonte A do P4 (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

2.3. Relação entre esqueleto e plasma em horizontes sem estruturas de iluviação.

A relação entre as concentrações de esqueleto e plasma pode indicar determinados processos ocorrentes e que influenciam na formação e determinação de diferentes tipos de

solos. Em alguns casos, a relação entre estes componentes do fundo matricial pode refletir características típicas de acúmulo de argila, o que pode ser evidenciado na análise micromorfológica pelo adensamento do plasma. Assim, quando há diferença marcante entre as concentrações de esqueleto e plasma, ocasionando uma mudança textural característica de Argissolos, feições pedológicas de iluviação são, comumente, observadas.

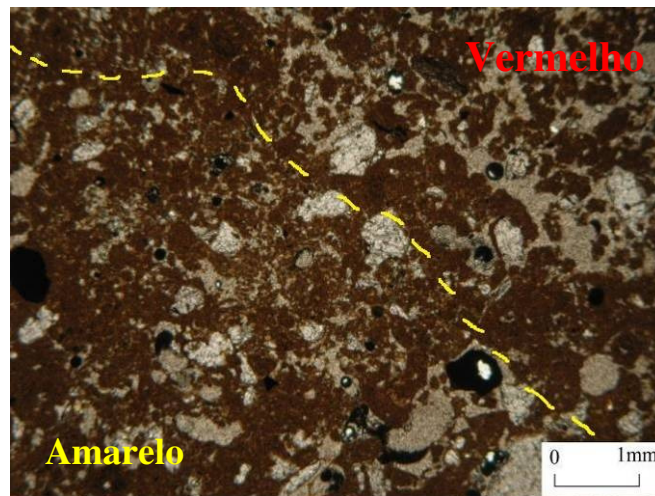
Porém, apesar de o P4 ter sido classificado como Argissolo em função das características granulométricas e, em especial, por apresentar mudança textural abrupta entre os horizontes A e B, as análises micromorfológicas não revelaram a ocorrência de feições pedológicas típicas de processos de iluviação de argila. Tais análises demonstraram a presença de minerais primários no horizonte A, além de apontarem para diferenças entre os constituintes dos horizontes superficiais quando comparadas ao subsuperficiais. Dessa forma, sugere-se que a mudança textural apresentada pode ser justificada pela presença de depósitos estratigráficos e não por um processo pedogenético característico de formação de Argissolos. Tal hipótese é respaldada pela posição do perfil, localizado em uma unidade geomorfológica mais rebaixada que aquelas em que estão localizados os outros perfis analisados e que é caracterizada por configurar o piso de depressões que se estendem ao longo dos vales dos principais cursos d'água da região.

2.4. Transição entre tonalidades de plasma.

As diferenças na coloração do plasma nos diferentes horizontes que compõem o solo podem ser um indicativo de determinados processos ocorrentes. Assim como uma coloração mais escura (preta) nos horizontes superficiais é atribuída, basicamente, à presença de matéria orgânica, cores acinzentadas no horizonte B podem refletir excessos hídricos e cores mais avermelhadas ou mais amareladas são reflexos de determinadas concentrações de óxidos de ferro.

Assim, foram observadas diferenças quanto a coloração do plasma, com transição de amarelo para vermelho indicando características também distintas especialmente nos perfis 1 e 3. No P1, a diferenciação, evidenciada pela cor dos nódulos, indica uma evolução mineralógica das separações plásmicas, enquanto que no P3, as diferenças nítidas de um plasma amarelado para um mais avermelhado, evidencia a alteração do ferro, tratando-se da transformação da goethita em hematita (Figura 39).

Figura 39: Diferenças na coloração do plasma do horizonte C do P3 (aumento - 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

3) Feições Pedológicas

3.1. Diferentes tipos de nódulos e em diferentes posições do perfil

3.1.1. Nódulos acima da zona com interposição da drenagem e ausência deles onde a drenagem foi eficiente.

As nodulações são feições pedológicas de acumulação que podem ser compostas por diferentes materiais, sejam eles análogos ao material do entorno, ou mesmo derivados de transformações mineralógicas associadas a concentrações de ferro e alumínio. A drenagem pode influenciar na ocorrência de nódulos, pois eles podem estar associados a oscilações do nível freático (de modo que a disponibilidade hídrica pode se tornar condicionante para a formação de nódulos).

As características descritas no P1, especialmente quanto à presença de nodulações, evidenciam que o processo de formação ocorre *in situ*. Isso pode ser justificado pela ocorrência das nodulações em distintos estágios de formação, havendo um processo inicial no horizonte mais profundo, Bw3, onde aumenta a porcentagem de esqueleto e as nodulações apresentam coloração mais amarelada, possivelmente influenciada pelo nível freático, e já consolidadas no horizonte Bw1, onde assumem coloração mais escura e avermelhada.

Já no P3, localizado em média vertente (com declividade maior quando comparada aos outros perfis analisados), apesar de mosqueados e algumas nodulações terem sido

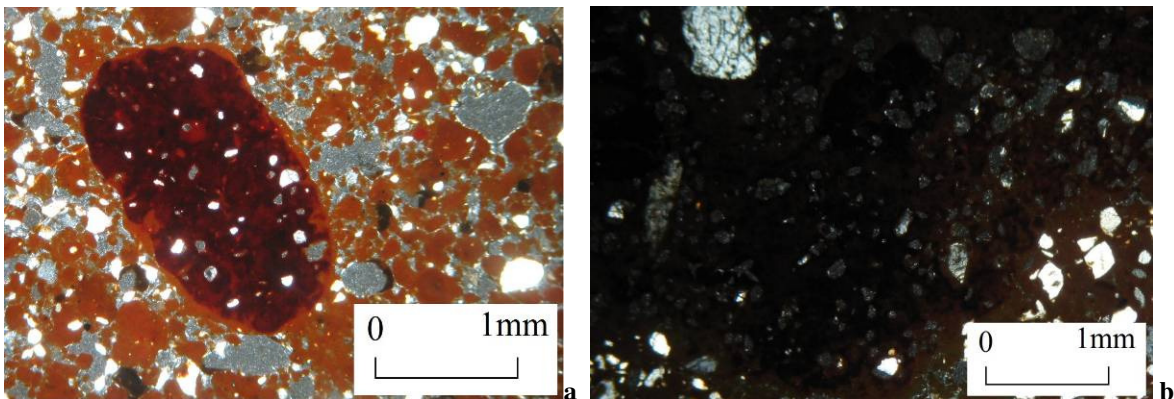
observados, a drenagem aparenta não ser suficiente para influenciar na formação de nódulos bem desenvolvidos como aqueles observados no P1.

3.1.2. Diferenças nos tipos de nódulos.

Os nódulos podem apresentar aspectos distintos, seja em sua forma externa seja em sua organização interna. Destaca-se que a partir do levantamento das características é possível estabelecer correlações para com os fatores genético-evolutivos dos nódulos e, conseqüente, dos processos associados à formação e desenvolvimento do solo.

As características dos nódulos do P1, especialmente em relação à coloração e aos halos de intemperismo, revelam que são originários da rocha, conforme descrito anteriormente. Pelo fato de o P4 estar localizado em uma área rebaixada e sob influência direta da ação hídrica, os nódulos presentes neste perfil aparentam estar associados a concentrações de ferro em zona hidromórfica, sendo influenciadas, portanto, pela oscilação do nível freático. As nodulações são mais comuns e mais escuras no P4, onde seus interiores também se encontram repletos de grãos do esqueleto (Figura 40).

Figura 40: Nodulações presentes no horizonte Bw1 do P1 (Figura 40.a) e no horizonte BC do P4 (Figura 40.b) (aumento - 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos solos realizadas em campo e em laboratório apontam que os solos mais desenvolvidos encontram-se nas superfícies geomorfológicas altimetricamente mais elevadas. Notadamente, os parâmetros relação silte/argila e grau de floculação se destacam na avaliação do grau de evolução da cobertura pedológica.

Em relação às análises micromorfológicas, foi constatado que o Perfil 1 é o mais evoluído, sendo possível observar, inclusive, microagregação e indícios de latossolização. Os Perfis 2 e 3 se destacam por estarem localizados em uma mesma vertente, mas apresentarem características distintas especialmente quanto a coloração do plasma, distribuição do esqueleto ao longo dos horizontes e presença de nodulações. Além disso, foi observado início de microagregação no Perfil 3, podendo ser apontada uma tendência de evolução do Cambissolo, como foram classificados os dois perfis, para Latossolo.

O Perfil 4 encontra-se em estágio mais avançado quando comparado com os perfis 2 e 3, sendo que um aspecto importante a ser ressaltado em relação às características do P4 é que, apesar de ter sido classificado como Argissolo, não apresentou feições pedológicas típicas que indicassem a iluviação da argila. Assim, acredita-se que, em função das características geomorfológicas da área em que o perfil se encontra - caracterizada por uma morfologia aplanada de altitudes mais baixas, configurando o piso de depressões que se estendem ao longo dos vales dos cursos d'água principais -, o P4 seja formado por depósitos distintos, ou seja, a diferenciação da concentração da argila, ocasionando a mudança textural, entre os horizontes A, AB e B1, indicaria que os horizontes superiores seriam pacotes deposicionais provenientes de outras áreas e não necessariamente associados a uma pedogênese local.

As análises micromorfológicas permitiram o levantamento de indicadores microestruturais capazes de evidenciar as diferenças entre os horizontes, além de contribuírem para justificá-las. Dessa forma, sugere-se a utilização dos mesmos indicadores (pedalidade, fundo matricial e feições pedológicas) para caracterizações pedológicas futuras que visem a elucidação de questões associadas à gênese e processos que influenciem na formação dos solos. Cabe ressaltar que o trabalho levantou questões que não puderam ser respondidas em sua totalidade, o que torna necessárias novas pesquisas na área de estudo. Dentre as questões salientam-se: i) há ocorrência de horizonte microagregado mais profundo e sem nódulos nas proximidades do Perfil 1?; ii) a camada

nodular observada no Perfil 1 também se encontra presente abaixo do horizonte identificado como C no Perfil 3?, iii) os materiais descritos como horizontes superficiais no P4 tratam-se, em realidade, de depósitos?, qual é a sua extensão e seus constituinte?.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, realizada na área planáltica, demonstrou semelhanças para com os perfis descritos em trabalhos anteriores na Depressão de Gouveia, indicando que o intemperismo age indistintamente, podendo resultar em produtos semelhantes.

Ao se comparar os resultados micromorfológicos é possível estabelecer algumas comparações. O aumento na proporção do plasma nos horizontes subsuperficiais, evidenciando o adensamento na estrutura do solo, foi descrita por Rocha et al. (2006), Menezes (2006) e Ávila (2009). Da mesma maneira, a maior proporção de esqueleto em horizontes superficiais também foi identificada nos trabalhos de Rocha et al. (2006), Ávila (2006) e Ramos (2008). Destaca-se que no trabalho de Rocha et al. (2006) o alto percentual de esqueleto nos horizontes superficiais foi associado à proximidade de afloramentos rochosos. Nos três estudos foi detectada a presença de nódulos férricos e de minerais como quartzo, muscovita, feldspatos, além de fragmentos de xistos.

Manchas avermelhadas no plasma, como aquelas identificadas no P4, também foram observadas nos trabalhos de Ávila (2009) e Menezes (2006), que as caracterizou como concentrações plásmicas originadas da deposição de argila proveniente de horizontes subjacentes. O predomínio da ocorrência de tramas porfíricas e enáulicas também foi destacado por Menezes (2006) e Ramos (2008), que apontaram o indicativo de individualização dos agregados e maior evolução aparente da trama enáulica, assim como foi observado no P3.

Nota-se, portanto, que os estudos micromorfológicos, aliados às análises físicas, podem contribuir de maneira significativa para o entendimento da pedogênese, assim como podem evidenciar a ocorrência de processos associados e influenciados pela geomorfologia local.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA - ABREU, P. A. *O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Georais): o rifte, a bacia e o orógeno*. Geonomos. Número 1. vol. 3. julho, 1995 pag. 1-18.

ALMEIDA NETO, O. B.; MATOS, A.T.; ABRAHÃO, W. A. P.; COSTA, L. M.; DUARTE, A. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de latossolos. Rev. Bras. Ciênc. Solo, vol. 33, 2009, p.1571-1581.

AUGUSTIN, C.H.R.R. *Geoökologische Studien im Südlichen Espinhaço Gebirge bei Gouveia, Minas Gerais, Brasilien Unter Besonderer Berücksichtigung der Landschaftsentwicklung*. 1995. Tese de Doutorado: 147 p. Universidade de Frankfurt, Frankfurt, Alemanha.

ÁVILA, F. F. *Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na Bacia do Córrego dos Pereiras – Depressão de Gouveia/MG*. 2009. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - IGC/UFMG, Belo Horizonte.

AYOADE, J. O. *Introdução a climatologia para os trópicos*. 4ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BARTHOLD, F.K.; STALLARD, R.F. & ELSENBEER, H. *Soil nutrient–landscape relationships in a lowland tropical rainforest in Panama*. For. Ecol. Manag., 255:1135-1148, 2008.

BUI, E.N.; LOUGHEAD, A. & CORNER, R. *Extracting soil landform rules from previous soil surveys*. Austr. J. Soil Res., 37:495-508, 1999.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. *Handbook for soil thin section description*. Albrington, Waine Research, 1985. 152p.

CASTRO, S.S. Impregnação de amostras de solo para confecção de lâmina delgada. B. Inf. SBCS, 10:44, 1985.

CASTRO, S. S. *Micromorfologia de Solos: Bases para descrição de lâminas delgadas*. UFG-IESA, UNICAMP-IG-DGEO, Goiânia/Campinas. 2ª edição. 2008. 143 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS - CODEMIG. *Mapa Geológico de Minas Gerais*. CODEMIG, Governo do Estado e CPRM. 2003.

DINIZ, A. D. *Levantamento pedológico da porção norte da bacia do Ribeirão Chiqueiro – Gouveia, MG, e a relação entre as classes de solos e a erosão*. 2002. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ESPINDOLA, C. R. *A pedologia e a evolução das paisagens*. (In): Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2), 67-92, 2010.

FONSECA, B. M. *Uso do Sistema de Informações Geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG*. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais.

FURQUIM, S.A.C. *Interações entre modelado do solo no transecto Espreado, São Pedro, SP*. 2002. São Paulo: Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 183p.

GROSSI-SAD, J.H.; MOURÃO, M.A.A.; GUIMARÃES, M.L.V. & KNAUER, L.G. *Geologia da Folha Conceição do Mato Dentro*. In: GROSSI-SAD, J.H.; LOBATO, L.M.; PEDROSA-SOARES, A.C. & SOARES-FILHO, B.S. (Coord. e Ed.), Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997. p. 2533 – 2693.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE - Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em 27 de Agosto de 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET – Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 16 de Julho de 2012.

KER, J. C. *Latossolos do Brasil: uma revisão*. Belo Horizonte: CPMTC/IGC/UFMG, n. 5, 1997, p. 17-40.

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

KUBIENA, W.L. *Micropedology*. Ames: Collegiate Press, 1938. 243 p.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. dos. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

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

LEPSCH, I. F. 19 lições em pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 456.

MENEZES, M. L. *Caracterização micromorfológica das formações superficiais da bacia do Córrego do Quebra, Depressão de Gouveia, MG*. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte.

MUNSELL, COLOR. Soil color charts. Baltimore: Koelmorgen, 2000.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

PRIMAVESI, A. *O manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. 2ª Ed. São Paulo: Nobel. 1981. 541p.

QUEIROZ NETO, J.P. *Relações entre as vertentes e os solos: uma revisão*. In: UGB, Simpósio Nacional de Geomorfologia, 7. 2008, Belo Horizonte, *Resumos*, 179.

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)*. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte.

RAMOS, A. M., SANTOS, L. A. R., FORTES, L. T. G. *Normais climatológicas do Brasil 1961-1990*. Brasília, DF: INMET, 2009. 465p.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B., CORRÊA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 5ª Ed. Lavras: Editora UFLA. 2007. 322p.

ROCHA, L. C. *Caracterização pedológica em duas vertentes na bacia do Córrego do Quebra – Gouveia/MG*. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte.

ROCHA, L. C., CARVALHO, V. L. M., CRUZ, L. O. M. Índícios micromorfológicos de processos de coluvionamento na Bacia do Córrego do Quebra, Gouveia / MG. (In): Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, 2006.

RUELLAN, A. Contribuição das pesquisas em zona tropical ao desenvolvimento da ciência do solo. (In): Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 21, 1988, Campinas. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas: SBCS, 1988. p. 405 – 414.

SAADI, A. *A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens*. Geonomos - Revista de Geociências, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p 41-63, jul. 1995.

SALGADO, A. A. *Desnudação geoquímica e evolução do relevo no Espinhaço Meridional / MG*. 2002. 189f. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

SANTOS, E. C. *Levantamento pedológico e perda geoquímica na Bacia do Rio Pardo Pequeno - Espinhaço Meridional - Minas Gerais*. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte.

SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.M.; VALLEJOS M., F.J.; VIANA, J.H.M.; GALVÃO, J.C.C. & RIBEIRO, L.M. *Características da porosidade de um Argissolo VermelhoAmarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo*. R. Bras. Ci. Solo, 25:765-769, 2001.

STOOPS, Georges. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 2003.

STOOPS, G; MARCELINO, V; MEES, F. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier, Amsterdam, 2010.

TARDY, Y. *Pétrologie des latérites et des sols tropicaux*. Paris, Masson, 1993. 459p.

TRICART, J. *As relações entre a morfogênese e a pedogênese*. In: Notícia Geomorfológica, 8. Campinas, p. 5-18, JUN (Trad. A. Christofolletti). 1968.

VALADÃO, R. C. *Evolução de Longo-Termo do Relevo do Brasil Oriental (Desnudação, Superfícies de Aplainamento e Soerguimentos Crustais)*. UFBA, Salvador, Tese de Doutorado, 243 p. 1998.

VALADÃO, R. C., SILVEIRA, J. S., SIMÕES, P. M. L., SANTOS, P. R. O., OLIVEIRA, C. V., CARVALHO, V. L. M., AUGUSTIN, C. H. R. R. *Geomorfogênese da borda de uma faixa móvel neoproterozóica: o atual Planalto do Espinhaço Meridional*. IX Simpósio Nacional de Geomorfologia, Rio de Janeiro. 2012.

VELOSO, H. P. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Serie Manuais Técnicos em Geociências, n.1. IBGE. 1992, 92 p.

ANEXOS

Anexo I – Modelo da Ficha de descrição morfológica

<u>FICHA DE DESCRIÇÃO DE SOLO</u>	
<u>INFORMAÇÕES GERAIS</u>	
PROJETO:	
PERFIL N°:	DATA:
CLASSIFICAÇÃO:	
LOCALIZAÇÃO:	
FORMAÇÃO GEOLÓGICA:	
LITOLOGIA:	
SITUAÇÃO E DECLIVE:	
RELEVO:	
EROSÃO:	
DRENAGEM:	
VEGETAÇÃO:	
USO ATUAL:	
<u>DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA</u>	
Horiz. ____	Espes.__(cm) Cor: Mosqueado: Textura: Estrutura: Cerosidade: Consistência: Raízes: Transição:
Horiz. ____	Espes. __ (cm) Cor: Mosqueado: Textura: Estrutura: Cerosidade: Consistência: Raízes: Transição:
OBSERVAÇÕES:	

Fichas de descrição morfológica de cada perfil

FICHA DE DESCRIÇÃO DE SOLO

INFORMAÇÕES GERAIS

PROJETO: Campo de Micromorfologia

PERFIL Nº: 1 (unidade I)

DATA: 27/05/2012

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO

LOCALIZAÇÃO: coordenadas: 0637486 / 7980139

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Costa Sena

LITOLOGIA: quartzito

SITUAÇÃO E DECLIVE: aplainado (baixa declividade)

RELEVO: suavemente ondulado

EROSÃO: perfil localizado em um corte de estrada.

DRENAGEM: bem drenado

VEGETAÇÃO: campo sujo

USO ATUAL: pastagem

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Horiz. A Espes. 26 Cor: 10YR 3/6 (úmida) _____ (seca)
(cm)
Mosqueado: -----
Textura: arenoargilosa
Estrutura: blocos subarredondados (pequenos a médios)
Cerosidade: -----
Consistência: friável
Raízes: muitas finas e médias
Transição: gradual plana

Não plástico e ligeiramente pegajoso.

Horiz. AB Espes. 49 Cor: 10YR 4/6(úmida) _____ (seca)
(cm)
Mosqueado: -----
Textura: arenoargilosa (mais arenosa)
Estrutura: blocos subangulares (médios) e
subarredondados (pequenos)
Cerosidade: -----
Consistência: friável
Raízes: muitas finas
Transição: gradual plana

Não plástico e ligeiramente pegajoso.

Horiz_Bw1_	Espes. 85_ (cm)	Cor: 7,5YR 5/6 (úmida) _____ (seca) Mosqueado: ----- Textura: arenoargilosa Estrutura: blocos subangulares pequenos que se desfazem facilmente Cerosidade: ----- Consistência: friável Raízes: muitas finas e poucas médias Transição: gradual plana Não plástico e ligeiramente pegajoso.
Horiz_Bw2_	Espes. 100 (cm)	Cor: 2,5YR 4/6 _____ (seca) Cor das concreções: 10R 3/3 Mosqueado: presença de concreções pequenas e arredondadas Textura: arenoargilosa Estrutura: blocos subangulares pequenos Cerosidade: ----- Consistência: friável Raízes: poucas finas Transição: plana clara Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
Horiz_Bw3_	Espes. entre 109 e 119 ⁺ (cm)	Cor: 5YR 5/8(úmida) _____ (seca) Mosqueado: ----- Textura: argilosa Estrutura: blocos subangulares (médios) Cerosidade: ----- Consistência: firme (grau de desenvolvimento moderado) Raízes: ----- Transição: ----- Ligeiramente plástico e pegajoso.
OBSERVAÇÕES: Entre os horizontes B2 e C há uma camada de concreções no perfil que vai de 100 à 109cm de profundidade.		

FICHA DE DESCRIÇÃO DE SOLO

INFORMAÇÕES GERAIS

PROJETO: Campo de Micromorfologia

PERFIL Nº: 2 (unidade II)

DATA: 26/05/2012

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO

LOCALIZAÇÃO: coordenadas: 0628344 / 7966874

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Costa Sena

LITOLOGIA: quartzito

SITUAÇÃO E DECLIVE:

RELEVO: aplainado

EROSÃO: sem erosão aparente

DRENAGEM:

VEGETAÇÃO: campo sujo

USO ATUAL: pastagem

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Horiz. A Espes. 35 Cor: 2,5YR 4/4 (úmida) _____ (seca)
(cm) Mosqueado: -----
Textura: arenosa
Estrutura: blocos subangulares à grumos (médios à grandes)
Cerosidade: -----
Consistência: friável
Raízes: poucas finas
Transição: gradual irregular

Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Horiz. Bi Espes. 79 Cor: 10YR 6/8 (úmida) _____ (seca)
(cm) Mosqueado: -----
Textura: argiloarenoso
Estrutura: blocos subangulares (pequenos e médios)
Cerosidade: -----
Consistência: friável
Raízes: raras finas
Transição: clara ondulada
Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Horiz. C Espes. 120⁺ Cor: 7,5YR 5/8 (úmida) _____ (seca)
(cm) Mosqueado: -----
Textura: argilosa
Estrutura: blocos subangulares (pequenos)
Cerosidade: -----
Consistência: firme (*ligeiramente duro*), grau de desenvolvimento moderado
Raízes: raras finas
Transição: -----

Ligeiramente plástico e pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

FICHA DE DESCRIÇÃO DE SOLO

INFORMAÇÕES GERAIS

PROJETO: Campo de Micromorfologia

PERFIL Nº: 3 (unidade II)

DATA: 26/05/2012

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO

LOCALIZAÇÃO: coordenadas: 0628376 / 7966956

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Costa Sena

LITOLOGIA: quartzito

SITUAÇÃO E DECLIVE:

RELEVO: suavemente ondulado

EROSÃO: sem erosão aparente

DRENAGEM:

VEGETAÇÃO: campo sujo

USO ATUAL: pastagem

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Horiz. A Espes. 25 Cor: 10YR 3/6 (úmida) _____ (seca)

(cm)

Mosqueado: -----

Textura: argiloarenosa

Estrutura: blocos subangulares à grumos (médios)

Cerosidade: -----

Consistência: friável

Raízes: finas (poucas a moderadas)

Transição: difusa plana

Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Horiz. Bi Espes. 90 Cor: 7,5YR 6/8 (úmida) _____ (seca)

(cm)

Mosqueado: -----

Textura: argilosa

Estrutura: blocos angulares subangulares (médios), QUE SE DESFAZ EM MICROAGREGADOS

Cerosidade: -----

Consistência: friável

		Raízes: poucas finas Transição: gradual plana Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
Horiz. <u>BC</u>	Espes. 115 ⁺ (cm)	Cor: 5YR 5/8 (úmida) _____ (seca) Cor do mosqueado: 10YR 5/8 Mosqueado: presença de manchas amarelas arredondadas circundadas por matriz avermelhada. Textura: argiloarenosa Estrutura: blocos angulares (grandes), que se desfaz em microagregados. Cerosidade: ----- Consistência: firme (<i>ligeiramente duro</i>) Raízes: poucas finas Transição: ----- Ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
OBSERVAÇÕES:		

FICHA DE DESCRIÇÃO DE SOLO	
INFORMAÇÕES GERAIS	
PROJETO: Campo de Micromorfologia	
PERFIL Nº: 4 (unidade III)	DATA: 26/05/2012
CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO	
LOCALIZAÇÃO: coordenadas: 0625588 / 7966019	
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Galho do Miguel	
LITOLOGIA: quartzito	
SITUAÇÃO E DECLIVE: suavemente ondulado / plano (0 – 1%)	
RELEVO: suavemente ondulado	
EROSÃO: sem erosão aparente	
DRENAGEM: bem drenado	
VEGETAÇÃO: campo sujo de altitude	
USO ATUAL: pastagem	

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA		
Horiz. <u>A</u>	Espes. <u>17</u> (cm)	Cor: 10YR 4/3 (úmida) _____ (seca) Mosqueado: ----- Textura: arenosa

		<p>Estrutura: blocos subarredondados (médios) Cerosidade: ----- Consistência: firme (grau de desenvolvimento moderado) Raízes: muitas finas, poucas médias e algumas grandes Transição: gradual ondulada</p> <p>Boa retenção; não plástico e ligeiramente pegajoso.</p>
Horiz. _AB_	Espes. _39_ (cm)	<p>Cor: 2,5YR 5/6(úmida) _____ (seca) Mosqueado: ----- Textura: franco argiloarenosa Estrutura: blocos angulares (médios a grandes) Cerosidade: ----- Consistência: firme (grau de desenvolvimento moderado) Raízes: muitas finas Transição: gradual plana</p> <p>Não plástico e não pegajoso.</p>
Horiz. _Bt1_	Espes. _64_ (cm)	<p>Cor: 10YR 5/6 (úmida) _____ (seca) Cor do mosqueado: 7,5R 4/6 Mosqueado: pontos esparsos. Poucos, pequenos e contraste proeminente Textura: franco argiloarenoso Estrutura: blocos subangulares (médios) Cerosidade: ----- Consistência: firme Raízes: muitas finas Transição: gradual plana</p> <p>Ligeiramente plástico e não pegajoso.</p>
Horiz. _Bt2_	Espes. _83_ (cm)	<p>Cor: 10YR 4/6 _____ (seca) Mosqueado: ----- Textura: arenoargilosa Estrutura: blocos subangulares (pequenos à médios) Cerosidade: ----- Consistência: friável (grau de desenvolvimento fraco) Raízes: muitas finas Transição: gradual plana</p> <p>Muito plástica e ligeiramente pegajosa.</p>
Horiz. _Bt3_	Espes. 107 (cm)	<p>Cor: 7,5YR 4/6 _____ (seca) Cor do mosqueado: 5YR 5/6 ; circundado por 10YR 5/6 Mosqueado: horizonte manchado. Textura: argilosa Estrutura: blocos subangulares à prismáticos (médios à</p>

grandes)
Cerosidade: -----
Consistência: friável (grau de desenvolvimento fraco)
Raízes: poucas finas
Transição: difusa plana

Muito plástica e pegajosa.

Horiz. BC Espes. 118⁺ Cor: 7,5YR 4/6 ; 10YR 5/6(úmida) _____ (seca)
(cm) Cor das concreções: 5YR 5/6 ; 2,5YR 4/6
Mosqueado: presença de concreções
Textura: argiloarenosa
Estrutura: blocos subangulares (grandes)
Cerosidade: -----
Consistência: ligeiramente dura e friável (grau de desenvolvimento moderado)
Raízes: poucas a raras finas
Transição: -----

Plástico e ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Horizonte BC manchado. Presença de grãos de quartzo de tamanho variado (1 a 2 mm até maiores que 1, 2cm). Concreções de tamanho grande (predominantemente) – 2 x 4cm -, subarredondadas de tamanho variado. Estas concreções são duras e foram coletadas amostras.

Anexo II – Modelo da ficha de descrição micromorfológica

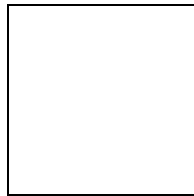
Análise mínima da assembléia do fundo matricial e das feições pedológicas

Lâmina: _____

Origem: _____

Campo visual do microscópio – aumento de 2,5x (diâmetro = 5mm)

Desenho (diâmetro = 5cm)



1. Assembléia

- Características gerais da lâmina:

- **Se material apédico:**

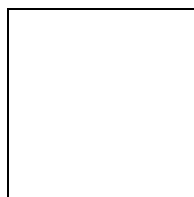
- Seleção: _____
- Dimensão: _____
- Distribuição de base: _____
- Distribuição referida: _____

- **Se material pédico:**

- Pedalidade: _____
- Grau de desenvolvimento (p. 60; p. 61 – Fig. 13): _____

- Grau de seleção (p. 46; p. 48 – Quadro 7): _____

- Classes e formas (p. 51; p. 52 – Fig. 9; p. 53 – Fig. 10):



- Grau de arredondamento (BULLOCK *et al*, 1985) (p. 54; p. 55 – Quadro 9): _____

- Trama/Distribuição relativa (ou estrutura de base) - (p. 56 e 57- Fig. 12; p. 63 – Quadro 12; p. 64): _____

(Obs.: a trama deve ser observada com zoom, através da lente de aumento 10x)

2. Fundo Matricial

2.1. Poros (intra-agregados)

- Dimensão (p. 67; p. 68 – Quadro 13): _____
- Classif. morfológica (p. 68, 69 e 70 – Fig. 17): _____
- Classe de alisamento (p. 71 – Quadro 15): _____
- Distribuição (p.57 – Fig. 12): _____
- Orientação (p. 58): _____
- Gênese (p. 72 – Quadro 16): _____

2.2. Esqueleto (p. 73)

- Grau de seleção (p. 46; p. 48 – Quadro 7): _____
- Dimensão (escala textural) (p. 48 – Quadro 7): _____
- Frequência (p. 48 – Quadro 7): _____
- Mineralogia: _____
- Grau de arredondamento (BULLOCK *et al*, 1985) (p. 54; p. 55 – Quadro 9): _____
- Exoscopia (p. 73; p. 74 – Quadro 17): _____
- Orientação (p. 58 – Quadro 10): _____
- Distribuição de base (p. 56; p. 57 – fig. 12): _____
- Distribuição referida (p. 56; p. 57 – fig. 12): _____
- Distribuição relativa (p. 56; p. 57 – fig. 12): _____
- Org. funcional entre esqueleto e plasma (p. 75 – Quadro 18): _____

2.3. Plasma (fração argila)

- Cor do plasma: _____
- Orientação de base (p. 82 – Quadro 22): _____
- Grau de orientação: _____
- Natureza da orientação: _____
- Orientação relativa (a partir de BREWER, 1964; p.85): _____

(Obs.: a trama deve ser observada com zoom, através da lente de aumento 10x)

3. Feições Pedológicas (p.17 e 86)

- **Cutãs** (p.93):
 - distribuição geral: _____
 - forma geral do revestimento: _____
 - natureza dos constituintes: _____
 - contraste: _____

- adesividade: _____
- fábrica interna: _____
- classificação morfológica: _____
- genética: _____
• Pápulas (p.125):
- morfologia externa: _____
- individualização: _____
- fábrica interna: _____
- origem e evolução: _____
• Pedotúbulos (p.110):
- forma externa (p.112): _____
- dimensão: _____
- fábrica interna (Q.23-p.91/Fig.33-p.112): _____

- densidade de fábrica (Fig.32-p.110): _____
- individualização (p.112): _____
- origem (p.113): _____
• Feições de Depleção (perda) (p.88/Fig.22-p.89): _____

• Glébulas (p.115):
- forma externa (Qd. 28/p.116): _____
- trama interna (p.118): _____
- identificação mineralógica (p.118): _____
- tipo (Fig.36/p.119): _____