UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

LUIS FELIPE FERREIRA BATISTA

ANÁLISE GEOMORFOPEDOLÓGICA EM BORDA DE CHAPADA DO OESTE MINEIRO: ESTRELA DO SUL (MG)

MONTE CARMELO (MG)
Fevereiro de 2023

LUIS FELIPE FERREIRA BATISTA

ANÁLISE GEOMORFOPEDOLÓGICA EM BORDA DE CHAPADA DO OESTE MINEIRO: ESTRELA DO SUL (MG)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Alan Silveira

MONTE CARMELO (MG)

Fevereiro de 2023

LUIS FELIPE FERREIRA BATISTA

ANÁLISE GEOMORFOPEDOLÓGICA EM BORDA DE CHAPADA DO OESTE MINEIRO: ESTRELA DO SUL (MG)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Monte Carmelo (MG), 27 de fevereiro de 2023

Prof. Dr. Alan Silveira (Orientador)

(IG – UFU)

Prof. Dr. Fernando Nadal Junqueira Villela

(FFLCH – USP)

Prof. Dra. Marília Inês Mendes Barbosa

(IG – UFU)

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

B333 Batista, Luis Felipe Ferreira, 1999-
2023 Análise geomorfopedológica em borda de chapada do oeste mineiro: Estrela do Sul (MG) [recurso eletrônico] / Luis Felipe Ferreira Batista. - 2023.

Orientador: Alan Silveira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Geologia.
Modo de acesso: Internet.
Inclui bibliografia.

1. Geologia. I. Silveira, Alan,1981-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Geologia. III. Título.

CDU: 551

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

Dedico este trabalho aos meus pais e aos meus irmãos.

“Caminhos me levem
Aonde quiserem
Se meus pés disserem que sim (...)
Perigos me esperam
Abrigos não quero
Que meus pés decidam
Por mim”
Almir Sater

AGRADECIMENTOS

Durante minha graduação, enfrentei diversas situações as quais consegui ultrapassar graças as pessoas que sempre estiveram ao meu lado ao longo de minha jornada.

Gostaria de agradecer aos meus pais Luis Carlos e Selene e aos meus irmãos Paula, Amanda e Thiago. Aos meus avós José Mariano e Iradi, aos meus tios Érico, Aline, Ariadne, Maria Luiza e Mário, aos meus padrinhos Josué e Maria do Carmo, e Loren pelo apoio incondicional. Às minhas avós Nely e Célida, sempre as carregarei em minhas melhores lembranças.

Ao meu grande amigo Fernando R. Honorato, pela parceria, conversas geológicas, sobre a vida, e aos conhecimentos que com ele pude adquirir ao longo da graduação. A Ivan P. Ribeiro, Patrícia S. Ferreira e Leandro R. Silveira, pela amizade e parceria. Ao meu colega de pesquisa Bruno F. Silva pelo apoio nos laboratórios. A Elaine Araujo Oliveira que tem sido uma grande companheira estando sempre ao meu lado.

Ao Prof. Dr. Miguel Cooper e a Reginaldo N. Nogueira técnico de Laboratório de Análises Físicas do Solo da Esalq/USP, os quais possibilitaram a realização das análises físicas dos solos apresentados no presente trabalho. Também a técnica Sônia Aparecida L. da S. Moraes do Laboratório de Micromorfologia de Solo da Esalq/USP, por toda atenção e conhecimentos compartilhados sobre o preparo e confecção de lâminas delgadas de solos.

Ao CNPq e Prograd UFU pelas bolsas de apoio a pesquisa.

Ao meu orientador Alan Silveira, por todo conhecimento compartilhado, apoio, disposição, e incentivo na pesquisa. Além de orientador foi um grande motivador, pessoa pela qual sempre terei enorme respeito e a qual desejo continuar trabalhando.

Aos examinadores da banca, Fernando Nadal Junqueira Villela e Marília Inês Mendes Barbosa pelas correções que objetivaram a melhoria deste trabalho.

Muito Obrigado!

RESUMO

A abordagem geomorfopedológica contribui para a avaliação da evolução do relevo e da formação e distribuição espacial da cobertura pedológica. As bordas de chapada do distrito rural de Dolearina em Estrela do Sul, mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (MG), apresentam contextos geomorfopedológicos que se relacionam a distintas unidades morfoestruturais limitadas por *fronts* escarpados erosivos sustentados por couraças. São também encontrados diferentes litotipos que controlam formas como planaltos tabulares, planaltos dissecados, relevos residuais, rampas coluvionares, resultando em diferentes classes de solos que podem apresentar *stone lines* ao longo do perfil. Aventa-se que esta escarpa erosiva tenha regredido e ainda esteja recuando em direção aos Planaltos Tabulares latossolizados, deixando feições de relevos testemunhos posicionados em frente ao *front*. Sendo assim, o trabalho teve o objetivo de colaborar com investigações sobre a evolução do relevo e do desenvolvimento dos solos na borda de chapada posicionada em Dolearina, por meio da abordagem geomorfopedológica. Para isso, a investigação aplicou os dois primeiros níveis de tratamento metodológico apresentados por Castro e Salomão (2000). No primeiro nível adotaram-se procedimentos cartográficos para a compartimentação geomorfopedológica. No segundo nível, realizaram-se trabalhos de campo em secções longitudinais/transeções que interceptam as unidades geomorfopedológicas previamente reconhecidas, com descrições morfológicas de perfis de solos e de análises laboratoriais de amostras coletadas. Foram reconhecidas cinco Unidades Geomorfopedológicas: Úmida Gleizada (I); Tabular Aplainada Latossolizada (II); Escarpada Encouraçada em Patamares Estruturais (III); Dissecada Regolítica Pedogeneizada (IV); e, Residual Saprolítica e Rochosa (V). Observou-se que a estratigrafia no *front* escarpado da Unidade Geomorfopedológica III, apresenta contato de rochas sedimentares com embasamento cristalino já em seu terço médio. A Unidade Geomorfopedológica V, encontrada em grande quantidade, é caracterizada por feições ruiniformes constituídas por arenito, de grande similaridade aos arenitos que também sustentam a escarpa posicionada na Unidade III, o que evidencia o recuo do *front*. Na Unidade Dissecada Regolítica Pedogeneizada (IV) são encontradas *stone lines* derivadas de materiais autóctones e alóctones. Estes últimos estão associados à remobilização de fragmentos couraças oriundas de topografias mais elevadas do *front* escarpado e de morros com topos convexos, que compartilham do mesmo nivelamento altimétrico, fato que também corrobora como evidencia o recuo do *front*. O trabalho ainda trouxe contribuições para um modelo do relevo, discutindo possíveis contextos *cuestiforme*, de *Glint* e de Depressão Periférica em borda de Bacia, além da evolução geoquímica de perfis de alteração e solos associados.

Palavras-chave: Planalto Tabular. Escarpa. Morro testemunho. Cuesta. Secção longitudinal.

ABSTRACT

The geomorphopedological contributes to the assessment of relief evolution and spatial distribution and formation of pedological couverture. The plateau edges of Dolearina rural district in Estrela do Sul, mesoregion of Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (MG), presents geomorphopedological contexts that related to many different morfoestructural units limitated for escarpment fronts supported by laterites. Are also found different lithotypes which control forms such as tabular plateaus, dissected plateaus, residual reliefs, colluvial slopes, resulting in the soils different class which may contain stone lines in the profile. It is suggested that this erosive escarpment has regressed and is still receding toward the latosolized Tabular Plateaus, leaving features of residual reliefs positioned in front of erosive escarpment. Therefore, this work has the aim to collaborate with investigations on the evolution of the relief and the development of the soils on the edge of the plateau positioned in Dolearina, through the geomorphopedological approach. For this, the investigation applied the first two levels of methodological treatment presented by Castro and Salomão (2000). At the first level, cartographic procedures were adopted to the geomorphopedological compartmentation. On the second level, field work was carried out with longitudinal sections/transects that intersect the geomorphopedological units, in addition to laboratory analyzes of collected samples. Five Geomorphopedological Units were reconized: Wet Redoximorphic (I); Flattened Latosolized Tabular (II); Laterized Escarpment on Structural Levels (III); Pedogeneized Regolithic Dissected (IV); and, Rocky Residual Saprolitc (V). It was observed that the stratigraphy in the escarpment front of Geomorphopedological Unit (III) presents contact of sedimentary rocks with crystalline basement already in its middle third. The Geomorphopedological Unit (V), found in great quantity, is characterized by ruiniform features constituted by sandstone, of great similarity to the sandstones that also support the escarpment positioned in Unit III, which shows the retreat of the front. In the Pedogenized Regolithic Dissected Unit (IV) stone lines derived from autochthonous materials are found. These are associated with the remobilization of laterites fragments from the higher topography of the steep front and from hills with convex tops, which share the same altimetric leveling, a fact that also corroborates as evidenced by the retreat of the front. The work also brought contributions to an evolutionary residual relief model, discussing possible cuestiform context, Glint and Peripheral Depression on the edge of the Basin, in addition to the geochemical evolution of alteration profiles and associated soils.

Palavras-chave: Tabular Plateau. Escarpment. Butte. Cuesta. Longitudinal section.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS 6
RESUMO 7
ABSTRACT 8
LISTA DE FIGURAS 11
LISTA DE TABELAS 18
1. INTRODUÇÃO 19
2. OBJETIVOS 22
3. MATERIAIS E MÉTODOS 23
3.1. Primeiro nível 23
3.1.1. Revisão bibliográfica: 23
3.1.2. Revisão cartográfica e aquisição de imagens: 24
3.1.3. Base Cartográfica 24
3.1.4. Documentos Cartográficos Intermediários 24
3.1.5. Carta Geomorfopedológica 26
3.1.6. Trabalho de Campo para validação da produção cartográfica 26
3.2. Segundo nível 26
3.2.1. Secção longitudinal/transeção 26
3.2.2. Análises Laboratoriais de Amostras Coletadas 27
3.3. Modelo evolutivo 28
3.4. ORGANIZAÇÃO DO TCC 29
4. REFERENCIAL TEÓRICO 29
4.1. Geologia Regional e Área de Estudo 29
4.2. Índice de Posição Topográfica – IPT 37
4.3. Índice de Rugosidade do Terreno - IRT 40
4.4. Geomorfologia, pedologia e evolução das paisagens tropicais 41
4.5. Evolução do relevo em borda de bacia sedimentar e formas de escarpamento 46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 50
5.1. Mapeamentos Intermediários para a Compartimentação Geomorfopedológica 50
5.1.1. Hipsometria e Declividade 50
5.1.2. Índice de Posicionamento Topográfico (IPT) e o Índice de Rugosidade do Terreno (IRT) 51
5.1.3. Geologia 52
5.1.4. Geomorfologia 57
5.1.5. Pedologia 62

5.2. Unidades Geomorfopedológicas 63
5.3. Secção longitudinal (transecto) e os perfis de solos 75
5.3.1. Solos hidromórficos em Unidade Úmida Gleizada 77
5.3.2. Latossolos em Unidade Tabular Aplainada Latossolizada 78
5.3.3. Plintossolos Pétricos em Unidade escarpada encouraçada em patamares estruturais/Glint 80
5.3.4. Neossolos e Cambissolos em Unidade dissecada regolítica pedogeneizada 82
5.4. Descrição macromorfológia de perfis e tratamento amostral (granulométrico, morfoscópico e micromorfológico) 83
5.4.1. Latossolo Amarelo (LA) – Ponto 12 83
5.4.2. Latossolo Vermelho (LV) – Ponto 20 86
5.4.3. Cambissolo Háplico (CX) – Ponto 27 98
5.4.4. Argissolo Vermelho (PV) 107
5.5. Contribuições à evolução do relevo e ao desenvolvimento dos solos em Dolearina 112
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 122
7. REFERÊNCIAS 125
ANEXO 1 134
ANEXO 2 135
ANEXO 3 136
ANEXO 4 137
ANEXO 5 138
ANEXO 6 139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....21

Figura 2: A) Compartimentação da Faixa Brasília Meridional segundo Uhlein *et al.* (2012). B) Mapa geológico da região de Monte Carmelo, Estrela do Sul, Cascalho Rico e Abadia dos Dourados por Seer e Morais (2013). Linhas amarelas destacam o contexto e localização de B na Faixa Brasília Meridional (em A). O polígono vermelho em B faz destaque a área contemplada no presente trabalho. 31

Figura 3: Mapa da Bacia do Paraná e suas supersequências. Em primeiro plano, isópacas da Bacia. Observar borda nordeste da Bacia, região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, representada pela Supersequência Bauru. 33

Figura 4: A) Mapa geológico das regiões de Monte Carmelo, Estrela do Sul, Cascalho Rico e Abadia dos Dourados com quadrante destacado em linhas vermelhas da área de estudo do presente trabalho. B) Recorte da área de estudo do presente trabalho na Carta Geológica da Folha Estrela do Sul (CHAVES; DIAS, 2017). 36

Figura 5: Retirado de Weiss (2001). A figura ilustra como o algoritmo do TPI funciona, onde o cálculo de uma área é realizado pelo valor de altitude de um ponto dividido pela média dos valores em seu entorno. 38

Figura 6: Figura retirada de Jenness, Brost e Beier (2013), onde se destaca a classificação do TPI em três diferentes escalas. 39

Figura 7: Figura retirada de Jenness, Brost e Beier (2013) onde os valores de TPI são representados na paleta de cores do mapa e o significado de tais valores/cores. 39

Figura 8: A) Bloco esquemático de relevo colinoso representativo da célula disposta abaixo e o valor de IRT. B) Bloco diagrama representativo de relevo levemente aplainado acima de células a exemplo do cálculo do IRT. 41

Figura 9: Formação de perfil laterítico típico. Retirado de Aleva (1994). 44

Figura 10: Bloco diagrama da Bacia do Paraná com seção transversal na direção E-O e com posicionamento das cuestas. Polígono de linhas vermelhas contextualiza a área do presente trabalho no Bloco Diagrama de Ab'Sáber (1954), sendo inserido na borda nordeste da Bacia. 48

Figura 11: Esquematização da gênese do glint do Ibiapaba através da erosão diferencial com vertente sustentada em seu terço superior por rocha sedimentar e em seu terço médio a inferior por rochas cristalinas, com depressão periférica esculturada em rochas cristalinas. 49

Figura 12: A) Amostra de mão do gnaisse com porfiroclastos de granada. B e C) Afloramento do gnaisse em forma de bloco esferoidal de tamanho médio. D) Amostras de muscovita xistos com bolsões de plagioclásio. Notar cor rosa avermermelhada reflexo do intemperismo avançado. E) Biotita xisto próximo ao gnaisse da foto em F. F) Biotita gnaisse. 53

Figura 13: A e B) Blocos de arenitos aflorantes na borda escarpada da Bacia do Paraná. C) Morro testemunho de arenito com limites traçados por linhas amarelas em contato com embasamento. D) Detalhe de amostra de mão de arenito. Notar laminações marcadas por alternâncias na intensidade das tonalidades róseo-alaranjadas dos grãos. E) Bloco de arenito movimentado em morro testemunho com exposição de superfície com marcas de onda. F) Morro testemunho de arenitos com seta branca representando o ângulo de inclinação do acamamento (média 12º) na direção W a WNW. 55

Figura 14: Ilustração em perfil dos depósitos quaternários sobre o embasamento na porção nordeste da área. 56

Figura 15: Ilustração acerca dos depósitos coluvionares na escarpa de transição entre planaltos. 57

Figura 16: A e B) Interior de Planalto Tabular. A) Setas pretas apontam para Buritis em Aptf com feição em Dale delimitada por linhas pretas que separam vertentes de Latossolo Amarelo. B) Buriti em cava de extração de turfa, antiga vereda. C) Canais pluviais em Planalto Dissecado. D) Canal fluvial em leito rochoso. 59

Figura 17: A, B, C, D, E e F) Visadas da quebra escarpada do Planalto Tabular. Setas pretas apontam para morros testemunhos. 60

Figura 18: A) Seta preta aponta para ravina em canal de primeira ordem na escarpa. B) Em primeiro plano, ravinas sobre embasamento cristalino, próximas a transição de planaltos. Ao fundo seta vermelha destaca cava de extração de areia na borda do Planalto Tabular e setas pretas apontam para morros testemunhos em processo de separação do planalto tabular. C e D) Setas amarelas destacam sulcos em transição entre planaltos. 61

Figura 19: A) Material coluvionar encontrado no interior de ravina da Figura 18A. B e C) Rampa coluvionar formada pelo desmantelamento de morros testemunhos. D) Setas amarelas destacam terracetes (marcas de pisoteio do gado).....62

Figura 20: A) Amostra de trado retirada em Latossolo Amarelo. B) Amostra de trado retirada em Latossolo Vermelho.....63

Figura 21: A e B) Área de acumulação fluvial com feição em *dale*. C) Amostra de trado retirada de horizonte hístico no local da foto B. D) Amostra de trado retirada de horizonte glei no local da foto B. E e F) Perfis de Organossolo/Gleissolo exposto devido ao avanço da frente de lavra. Notar em F estruturas prismáticas formadas no horizonte glei em resposta ao ressecamento devido ao rebaixamento do lençol freático. 65

Figura 22: A e B) Empilhamento de material composto por horizonte hístico disposto para secagem. C) Ao fundo da imagem exposição de perfis de Organossolo/Gleissolo e em primeiro plano pavimento esbranquiçado composto por camadas de arenito com superfície de gretas de contração. D) Dreno para escoamento da água com fins de rebaixamento do lençol freático. E) Da esquerda para direita, amostras retiradas de horizonte hístico, transição horizonte hístico/glei, horizonte glei, camada friável do arenito com mosqueados e bloco de arenito silicificado. F) Amostra de horizonte hístico com raízes decompostas em forma de fibras. 66

Figura 23: A) Baixa vertente, próxima a Unidade I e recoberta por Latossolo Amarelo. B) Terço médio a superior de vertente com suave declive em direção a Unidade I. Já recobertas por Latossolo Vermelho. C e D) Perfis de Latossolo Amarelo. Em D, próximo a transição LA/LV em terço médio de vertente do Planalto Tabular. E e F) Perfis de Latossolo Vermelho no terço superior da vertente do Planalto Tabular, próximo a Unidade III. Em F, perfil do ponto 20 da secção longitudinal abordada nos subcapítulos seguintes.....68

Figura 24: A) Linhas vermelhas destacam dois níveis de patamares estruturais enquanto setas amarelas apontam fragmentos de couraças roladas em rampa coluvionar na escarpa. B) Blocos de arenito destacados por setas amarelas aflorando na quebra escarpada de Planalto Tabular criam nível de patamar. C e D) Plintossolos Pétricos Concrecionários na Unidade Geomorfopedológica III. E) Couraças ferruginosas sobre arenitos em terço superior de quebra escarpada. F) Blocos de arenitos aflorando na escarpa (Unidade Geomorfopedológica III). Ao fundo, seta amarela posiciona cidade de Cascalho Rico e Represa da Emborcação (Rio Paranaíba). 70

Figura 25: A e B) Planaltos Dissecados com topos convexos encouraçados. C) Perfil de Neossolo Regolítico com horizonte C constituído por gnaisse com bandas quartzo-feldspáticas alternado por bandas de biotita/muscovita. No canto inferior esquerdo, detalhe da rocha com pontos alaranjados ou ocres que são formados a partir do intemperismo de porfiroclastos de granada. D) Perfil de Neossolo Regolítico onde o bandamento gnáissico é parcialmente preservado por veios de quartzo com mergulho para direção esquerda. E)

Neossolo com *stone line* posicionada entre o horizonte A e o horizonte C consituído por xisto. F) Perfil de Cambissolo Háplico com *stone line*. O perfil é do ponto 27 da secção longitudinal, abordada mais a frente. 72

Figura 26: A) Seta preta destaca morro testemunho composto por arenitos. B) Residual de arenito na forma de relevo ruiniforme. Seta branca destaca ângulo e sentido do mergulho da camada para W a WNW. C) Bloco da foto B em detalhe. D) Afloramentos de arenitos em relevo residual. Notar seta branca destacando mergulho da camada para W a WNW. E) Bloco com evidências de basculamento no local da foto D. Seta branca destaca sentido do mergulho para W a WNW, enquanto seta amarela destaca contato entre camadas. O contato é distinguido pela erosão do topo da camada inferior, com deposição com mudança no ângulo da estratificação da camada superior. A diferença no ângulo entre a estratificação das duas diferentes camadas, destaca o contato não horizontal entre essas, reforçando a hipótese do basculamento. F) Topo aplainado de morro testemunho. Este apresenta-se encouraçado no topo, com murundus, e escarpas com blocos de arenitos rolados ao longo de rampa coluvionar. 74

Figura 27: Seção longitudinal interceptando as Unidades Geomorfopedológicas reconhecidas, indicada em linha vermelha na Carta Geomorfopedológica (ANEXO 16). 76

Figura 28: Perfil de Plintossolo. A) Plintossolo Pétrico no ponto 20 da secção longitudinal. B) Setas pretas apontam para grãos de quartzo. C) Setas pretas apontam para grãos de quartzo. Setas brancas apontam para blocos de caulinita. D) Horizonte com níveis de cor ocre e níveis de cor rosa-avermelhada. E) Seta preta aponta para níveis de areia quartzosa e seta branca para bolsão de caulinita. F) Seta branca destaca bloco de caulinita. 81

Figura 29: A) Nódulos ferruginosos em meio a grãos de quartzo de diversas cores e formas no horizonte Ap. B) Quartzos translúcidos, foscos a avermelhados e bem arredondados em horizonte Ap. C) Minerais opacos magnéticos em horizonte AB. D) Nódulo ferruginosos com quartzo arredondado em fração areia muito fina em horizonte AB. E e F) Cristais de quartzo fração areia fina a média em horizonte Bw. 85

Figura 30: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Latossolo Amarelo.....86

Figura 31: A e B) Grãos de quartzo arredondados, nódulos ferruginosos e nódulos de argila principalmente constituem a fração grossa no horizonte Ap. C, D e E) Composição semelhante a A e B, no entanto nos horizontes AB, Bw1 e Bw2. E) Minerais magnéticos no

horizonte Ap. Destaca-se o aumento progressivo em quantidade dos nódulos de argila do topo para a base do perfil. 87

Figura 32: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Latossolo Vermelho. 88

Figura 33: A) Limite entre bloco com distribuição porfírica aberta e grânulos de pedalidade fortemente desenvolvida e distribuição enáulica. Grãos de quartzo em fração areia fina estão dispersos. B) Transformação de bloco em microagregados granulares. Seta amarela aponta para grãos arredondados de quartzo em fração areia média. C) Transformação de blocos em microagregados granulares de pedalidade moderadamente desenvolvida. D) Nódulo ferruginoso. E) Seta verde aponta para organismo observado em cavidade. Setas amarelas apontam para grãos de quartzo em fração areia média. F) Setas amarelas destacam excrementos no interior de estrutura grumosa. 90

Figura 34: A e B) Estrutura em blocos com distribuição porfírica e esqueleto por quartzo. C) Interior de estrutura em bloco com setas brancas indicando canais e setas amarelas apontando para grãos de quartzo em fração areia grossa. D) Fotografia de C, mas observada com nicol cruzado e leve giro da platina para esquerda. E e F) Microagregados granulares em meio a blocos. 92

Figura 35: A e B) Microagregados granulares constituem distribuição enáulica com pedalidade variando de moderadamente desenvolvida a fortemente desenvolvida. C) Seção transversal de canal com evidência de retrabalhamento por fauna do solo. D) Fragmento de raiz em poro entre bloco e grânulos. E e F) Fábricas birrefringentes reticulares e concêntricas. 94

Figura 36: A) Microestruturas granulares fortemente desenvolvidas e distribuição enáulica. B e C) Domínios de estruturas em blocos no canto esquerdo em transição para estruturas granulares com grau de pedalidade forte. D) Cristal de quartzo angular em fração grânulo. E e F) Fábricas birrefringentes em blocos e grânulos observadas em nicol cruzado. 96

Figura 37: A e B) Estruturas granulares com grau de pedalidade moderadamente a fortemente desenvolvido em distribuição enáulica. C) Transição entre domínio de bloco para grânulos. D) Da esquerda para direita, trasição entre estruturas granulares, bloco em fragmentação e grão de quartzo em fração areia muito grossa. E) Limite de bloco com parede "alisada" sentido NW-SE com grânulos preenchendo agrotúbulo. F) Fábricas birrefringentes observadas em nicol cruzado. 98

Figura 38: Fotografias fração grossa em Cambissolo com *stone line*. A) Amostragem da *stone line*. B) Nódulos ferruginosos com grãos de quartzo. Ao redor dos nódulos grãos de quartzo angulosos esbranquiçados. C) Cristais de opacos com propriedades magnéticas separados com ímã e com cristais de quartzo dispersos ao redor. D) Goethita com hábito botroidal em meio a quartzos.....100

Figura 39: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Cambissolo. 101

Figura 40: Fotografias de lâmina da *stone line* em CX. A) Aspecto distribuição enáulica/porfírica fechada com blocos. Notar seta azul apontando para fissuras entre blocos e seta verde para cristais de quartzo em fração areia grossa a muito grossa. B) Aspectos de grãos de quartzo arredondados em fração areia média (setas verdes). Seta azul aponta para seção transversal de raíz com estrutura interna preservada, ocupando cavidade. Seta amarela destaca presença de nódulo. C) Fotografia em nicol cruzado de cristal de quartzo fração grânulo com extinção ondulante e contato serrilhado de subgrão. D) Nódulo ferruginoso com grãos de quartzo arredondados na fração areia fina a média. E) Setas amarelas apontam para nódulo ferruginoso com grãos de quartzo arredondados na fração areia fina a média. Seta verde aponta para cristal de quartzo. F) Setas azuis destacam limite de raízes preenchendo câmara. Notar estrutura fibrosa e translúcida, característica de matéria vegetal.....103

Figura 41: A e B) Fotografias em lupa binocular onde é possível observar a distribuição enáulica e porfírica fechada. Destaca-se a morfologia e tamanho dos cristais de quartzo no solo e os que ocorrem no interior do nódulo em forma subarredondada (B). C) Cristais bem arredondados de quartzo fração areia fina a média no interior de nódulo. D) Cristal de quartzo observado em nicol cruzado. Notar tamanho do cristal e estrutura interna do grão manifestada sob nicol cruzado. E) Cristal alterado de plagioclásio. Apesar de bastante intemperizado, o mineral preserva ainda sua forma tabular. F) Setas azuis destacam fissuras separando blocos angulares. Setas verdes apontam preenchimento de canal pro raízes. 105

Figura 42: Fotografias de lâmina de horizonte C de CX. A) Estrutura em blocos angulares. B) Estruturas em blocos angulares e subangulares parcialmente acomodados. Seta amarela aponta presença de nódulo ferruginoso. C) Setas amarelas apontam para micas alteradas em meio aos agregados do solo. D) Seção longitudinal de raíz após escurecimento da matéria orgânica para cor preta (melanização) com preservação da estrutura. E) Cristal de quartzo. F) Cristal de quartzo exibido em E, observado agora sob nicol cruzado. 107

Figura 43: A) Panorama do perfil de argissolo em topo aplainado. Ao fundo, em primeiro plano Planaltos Dissecados e, em segundo plano, borda de Planalto Tabular. B) Perfil de Argissolo Vermelho descrito. 108

Figura 44: A, B, C e D) Fração grossa presente em perfil de Argissolo Vermelho. . 109

Figura 45: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Argissolo..... 110

Figura 46: Fotografias da lâmina de Argissolo Vermelho na transição dos horizontes AB/Bt. A) Setas amarelas apontam para mineral placoide. Setas azuis destacam feições de ferreargilã em poros interagregados e setas brancas para cristais de quartzo. B) Fotografia de A em nicol cruzado. C e D) Setas amarelas fazem destaque a feições pedológicas de revestimento. E e F) Setas amarelas apontam para fábricas birrefringentes do tipo granoestriadas e poroestriadas observadas em nicol cruzado..... 111

Figura 47: Triângulo textural adaptado de Santos *et al.* (2005), com análise física de frações areia/silte/argila dos solos analisados. 112

Figura 48: Modelo evolutivo do relevo. A) Deposição dos arenitos sobre o embasamento cristalino (Jurássico Superior). B) Derrame de basaltos da Formação. Serra Geral no interior da Bacia (Cretáceo Inferior). C) Intrusões alcalinas na região do Alto Paranaíba (Cretáceo Superior)..... 118

Figura 49: Modelos evolutivos de relevo. A) Evento denudacional com erosão da área fonte anteriormente soerguida pela intrusão de magmas alcalinos e deposição de coberturas sobre arenitos (Paleógeno/Neógeno). B) Inversão do relevo e recuo das vertentes da Bacia do Paraná (Quaternário)..... 120

Figura 50: Imagem 3D obtida via Google Earth Pro..... 121

Figura 51: Visão em planta de MDE com perfis traçados exibidos na parte inferior da Figura. Ao lado, modelo com visualização 3D a partir de MDE. 122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Horizontes de perfis da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica I. 78

Quadro 2: Horizontes de perfis de Latossolos da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica II. 80

Quadro 3: Horizontes de perfil de Plintossolo Pétrico da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica III 81

Quadro 4: Horizontes de perfis de Neossolo e Cambissolo da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica IV 82

Quadro 5: Horizontes de Argissolo Vermelho em Unidade Geomorfopedológica IV. 108

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas que integram informações geológicas, geomorfológicas e pedológicas contribuem para a análise da evolução do relevo, assim como para a formação e distribuição espacial da cobertura pedológica. Castro (2021), ao resgatar estudos de interrelações solo e relevo, chamou a atenção para as abordagens geocartográficas como a geopedologia e a morfopedologia, que se baseiam na correlação espacial de variáveis em uma mesma escala. A autora ainda destaca abordagens voltadas ao comportamento morfológico e funcional, geralmente físico-hídrico dos sistemas pedológicos correlativos as unidades espaciais que representam as relações entre solos e outros componentes da superfície terrestre, em especial com o relevo (CASTRO, 2021).

A geopedologia é compreendida por Zink (2012) como vocábulo de contração de geomorfopedologia, abordando as relações entre a geomorfologia e a pedologia, sendo o estudo das influências do relevo para com os solos e a primeira instância de um enfoque metodológico para o inventário de solos. Machado, Castro e Ladeira (2022) ao realizarem uma revisão conceitual da abordagem metodológica da Geopedologia, destacou o seu potencial para aplicações em estudos sobre a dinâmica das paisagens e reconhecimento dos padrões da distribuição dos solos, além do subsídio ao planejamento.

A morfopedologia também se constitui como uma abordagem geocartográfica (CASTRO, 2021) e tem o intuito de compreender a gênese e espacialização das formas de relevo e sua evolução ao longo do tempo, assim como da cobertura pedológica e a influência da geologia para com esses dois últimos (CASTRO; SALOMÃO, 2000). Na proposta dos autores, o produto da compartimentação morfopedológica se faz como unidades que correspondem a áreas com diferentes formas de relevo, sustentadas por diferentes litologias e solos, que se correlacionam no tempo e espaço.

Ross (1996) considera o relevo como componente da litosfera, em que é sustentado pelas rochas e recoberto pelos solos, sendo relacionado a ambos. Villela, Ross e Manfredini (2015) identificaram relações de interdependência entre o relevo, os solos e o substrato rochoso através da compartimentação geomorfopedológica na borda da Bacia Sedimentar do Paraná. Na mesma linha de raciocínio, Passos *et al.* (2020) propuseram uma compartimentação geomorfopedológica na borda oeste da chapada Diamantina a partir das relações relevo-rocha-solo, sugerindo o rebaixamento por erosão geoquímica-mecânica com forte controle litoestrutural.

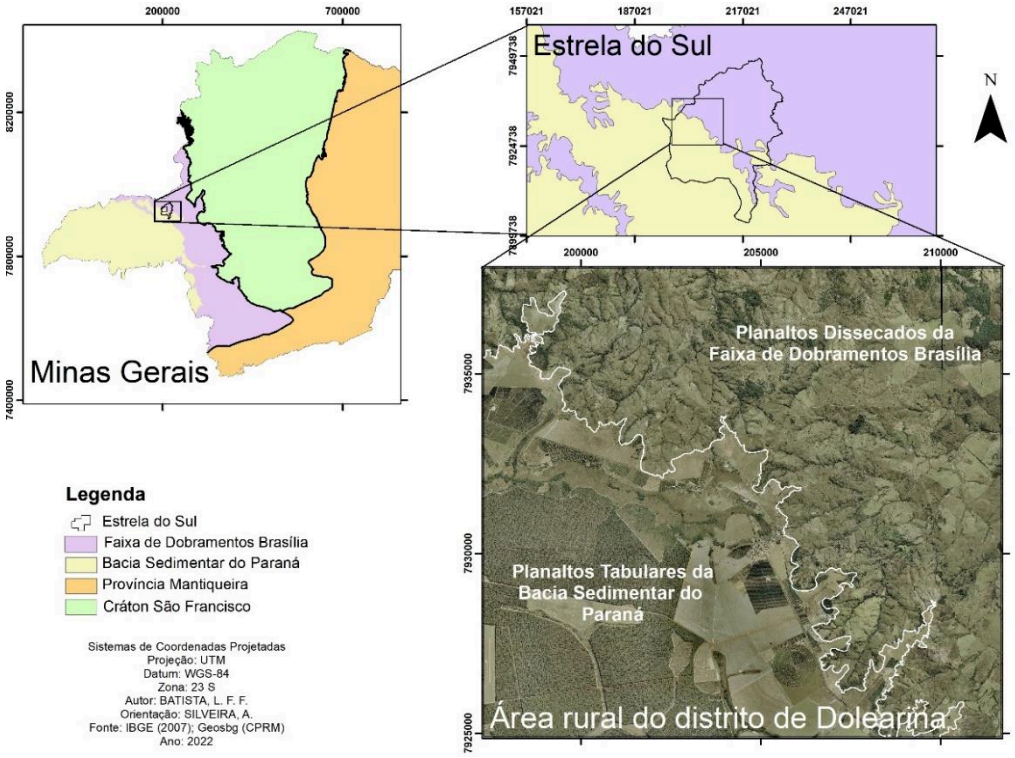
Em abordagem geomorfopedológica, Villela, Ross e Manfredini (2013) relacionam a transição entre unidades morfoestruturais com o contraste das formas de relevo e o controle litológico para o desenvolvimento dos solos e o controle estrutural para a incisão das drenagens, gênese das formas dos vales e do relevo. Villela, Ross e Manfredini (2015) destacam que a utilização do termo "geomorfopedologia" enfatiza o levantamento estrutural, além do levantamento litológico, como complementos importantes ao solo e relevo, sendo essa abordagem integrada, permitindo o melhor entendimento sobre evolução da paisagem. Os autores referenciam a análise morfopedológica como orientação metodológica, citando os trabalhos de Tricart e Killian (1979) e Castro e Salomão (2000) como um meio para estudar o modelado de relevo, inserindo a perspectiva geomorfopedológica com a justificativa de que a geologia exerce um controle estrutural que irá condicionar a evolução do relevo e a pedogênese.

O trabalho de Castro e Salomão (2000) propôs níveis de tratamento em roteiro metodológico para a investigação morfopedológica. Os dois primeiros níveis referem-se, respectivamente, aos procedimentos cartográficos para a compartimentação morfopedológica, seguido de trabalhos de campo em secção longitudinal (transeção) que intercepta as unidades morfopedológicas previamente identificadas.

O presente trabalho adotou como orientação metodológica os dois primeiros níveis propostos por Castro e Salomão (2000), propondo a representação cartográfica de unidades geomorfopedológicas como Villela, Ross e Manfredini (2013; 2015) e Passos *et al.* (2020), pois também se observa a influência da litologia e das características estruturais como condicionantes das formas de relevo e da distribuição espacial dos solos na área selecionada para o estudo.

A área investigada localiza-se no município de Estrela do Sul (MG) (Figura 1), englobando parte dos Planaltos Tabulares da Bacia Sedimentar do Paraná e dos Planaltos Dissecados da Faixa de Dobramentos Brasília com dimensões de 187,6 Km².

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Produzido pelo autor.

Na área investigada, Batista, Silveira e Faria Junior (2021) identificaram especificidades relacionadas a controles lito-estruturais, diferentes litotipos, distintos tipos de solos, escarpas sustentadas por couraças, rampas coluvionares, *stone-lines* e relevos residuais. Acerca desses relevos residuais, observaram o seu posicionamento em distâncias de 800 a 1000 metros da escarpa do Planalto Tabular, os quais são sustentados por arenitos semelhantes aos aflorantes na borda da Bacia Sedimentar.

Além disso, também foi observada a maior atuação da pedogênese nos Planaltos Tabulares com a geração de espessos mantos de alteração latossolizados e laterizados, além de feições em *Dale* com solos hidromórficos entre altitudes de 940 e 960 metros. Com isso, ressaltou-se a influência processos intempéricos (geoquímicos) na geração das coberturas pedológicas. Em contrapartida os solos encontrados nos Planaltos Dissecados são bem menos espessos e evoluídos, entre altitudes de 720 a 960 e com drenagens em padrão dendrítico.

Diante dessas características levantou-se o questionamento sobre a dinâmica evolutiva do relevo na área investigada, bem como da influência lito-estrutural e geomorfológica no desenvolvimento dos solos. A hipótese defendida é de que a escarpa erosiva evoluiu

regressivamente deixando evidências desse recuo em relevos residuais, interpretados como morros testemunhos com feições ruiniformes sustentados por arenitos. Também se compreende que essa dinâmica evolutiva deixou evidências e influenciou no desenvolvimento dos perfis de alteração e da cobertura pedológica.

Por isso foi proposta a investigação da área a partir da abordagem geomorfopedológica, orientando-se por meio dos dois primeiros níveis de tratamento do roteiro metodológico de Castro e Salomão (2000). No primeiro nível foram produzidos e integrados documentos cartográficos intermediários que resultaram na organização da carta de Unidades Geomorfopedológicas. O segundo nível foi dedicado a construção de Secção longitudinal (transecto), descrição morfológica de perfis de solos e coleta de amostras deformadas e indeformadas, com análises granulométricas, macroscópicas, morfoscópicas e micromorfológicas.

Na sequência o texto da monografia está estruturado em: Objetivos (2); Materiais e Métodos (3); Referencial Teórico (4); Resultados e Discussão (5); Considerações Finais (6) e Referências Bibliográficas (7). Os mapas e tabelas descritivas encontram-se nos Anexos.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve o objetivo principal de contribuir no conhecimento da evolução do relevo e dos solos por meio de abordagem geomorfopedológica em borda de chapada no oeste mineiro (município de Estrela do Sul). Como objetivos específicos pretenderam-se:

- Reconhecer as Unidades Geomorfopedológicas da área de estudo;

- Evidenciar influências lito-estruturais e do relevo no desenvolvimento dos perfis de alteração e dos solos;

- Evidenciar registros da dinâmica evolutiva do relevo presentes nos solos;

- Apresentar considerações sobre um modelo evolutivo do relevo para a área investigada.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme mencionado, a investigação aplicou os dois primeiros níveis de tratamento metodológico apresentados por Castro e Salomão (2000), os quais resultaram no seguinte ordenamento:

3.1. Primeiro Nível

O primeiro nível correspondeu à uma fase de revisão bibliográfica e cartográfica, acrescida da produção cartográfica de documentos cartográficos intermediários, que culminou com a elaboração da carta Geomorfopedológica.

3.1.1. Revisão bibliográfica:

A revisão bibliográfica abordou temas acerca de "ciclos erosivos de evolução do relevo (o papel litoestrutural e climático)", da "evolução geoquímica das paisagens", dos "estudos geomorfopedológicos" e da "evolução do relevo em bordas de chapadas".

Os ciclos erosivos podem ocorrer diversas vezes em uma região, modificando as rochas, o relevo e a cobertura pedológica, e consequentemente as paisagens. Os ciclos erosivos, envolvem diretamente o papel climático, e litoestrutural, com a resposta das diferentes litologias frente ao intemperismo e erosão. Com isso, foi necessária revisão dos conceitos abordados por Davis (1899, 1922) sobre O Ciclo Geográfico, Penck (1953), King (1956), Ab'Sáber (1970, 2000) e Büdel (1982).

O intemperismo químico é um importante agente modelador e modificador das paisagens, assim como das rochas que sustentam os relevos. Trabalhos realizados por Millot (1977), Boulet, Bocquier e Millot (1977), Bourgeat, Michel e Tricart (1979), Butt, Lintern e Anand (2000), Leprun (1977) e Leprun (1972) *apud* Boulet *et al.* (2016), reforçam o papel fundamental do intemperismo para lixiviação de íons e transporte de matéria ao longo de um manto de alteração, assim como na transformação de sistemas pedológicos, tendo como resultado a evolução geoquímica da paisagem.

O estudo integrado do relevo-rocha-solo abordando conceitos da geomorfologia, geologia e pedologia são o tema central do presente trabalho. Com isso, foi de suma importância a revisão da geopedologia ou geomorfopedologia e seus conceitos abordados por Castro (2021), Castro e Salomão (2000), Machado, Castro e Ladeira (2022), e Zink (2012).

A gênese das formas do relevo em bordas de chapada e sua evolução frente aos ciclos erosivos, além das feições resultantes nas bordas escarpadas da bacia são de interesse à pesquisa. Duas feições, *cuesta* e *glint* se fazem relevantes, e com isso se fez necessária a revisão conceitual e de caracterização de *glint* através de Goudie (2004), Moura-Fé (2015, 2017), Lira e Claudino-Sales (2012), Claudino-Sales (2002), Claudino-Sales *et al.* (2020), Claudino-Sales e Lira (2010, 2011), Claudino-Sales e Lopes (2020); e sobre as *cuestas*, citadas e contextualizadas por Ab'Sáber (1949, 1998), Penteado (1976), Almeida (1951, 2018) e Duszyńsk, Migoń e Strzelecki (2019).

3.1.2. Revisão cartográfica e aquisição de imagens:

Se fez necessária a aquisição de imagens territoriais e de Modelo Digital de Terreno (Shuttle Radar Topography Mission - SRTM), ortomosaicos (IBGE, 2007) e utilização de ferramentas do *Google Earth* para observações 3D.

3.1.3. Base Cartográfica

A Base Cartográfica foi confeccionada com curvas de nível a equidistância de 20 metros, extraídas a partir de imagem de radar SRTM, versão Arc-Second (30m) (United States Geological Survey - USGS), em escala 1:25.000 (ANEXO 7) em *software* QGIS 3.22.6. Os canais fluviais/pluviais e vias de acesso, foram vetorizados com base nas Ortofotos 2452-1-SO e 2452-1-SE (IBGE, 2007) em *software* ArcGis 10.6.1., com auxílio de *Google Earth* para atualização temporal de imagens.

3.1.4. Documentos Cartográficos Intermediários

A partir das curvas de nível previamente extraídas por imagens de SRTM (USGS) foi possível gerar a Carta Hipsométrica, que representou cinco classes com intervalos de 720 a 1020 metros. Com uso de *software* QGIS 3.22.6. em que a ferramenta Análise e Declividade encontrada no menu *Raster* possibilitou a produção da Carta de Declividade a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) com classificação dos intervalos realizada a partir de De Biasi (1970 e 1992).

O modelo de Índice de Posição Topográfica (IPT), foi realizado com aplicação de Modelos Digitais do Elevação (MDEs) para quantificação e delimitação das formas do relevo,

além de seus respectivos posicionamentos topográfico, com base em (WEISS, 2001) e inspirados em Silveira e Silveira (2017), com tratamento de imagens e edição de mapas em *software* ArcGis 10.6.1 e QGis 3.22.6. Já o Índice de Rugosidade do Terreno (IRT), foi gerado através de MDE em QGis e interpretado de acordo com Riley, De Gloria e Elliot (1999).

Para produção da carta Geológica, teve-se como base a Folha Estrela do Sul - SE.23-Y-A-IV (CHAVES; DIAS, 2017), a qual necessitou de correções dos limites estratigráficos em campo, a fim de detalhamento da escala de mapeamento e correlação das feições de relevo observadas. Para mapeamento da cobertura pedológica, considerou-se as classes de solo descritas por Motta, Baruqui e Santos (2004) no levantamento de solos do Alto Paranaíba, refinando também os limites entre classes através dos procedimentos de campo (SANTOS *et al.*, 2005; IBGE, 2015). As classes e cores utilizadas na Carta Pedológica foram baseadas em EMBRAPA (2018). Também foram consideradas as técnicas de fotopedologia para mapeamento digital de solos apresentadas por Corrêa *et al.* (2015), as quais têm como base processos geomorfológicos em vertentes, informações geomorfométricas como rupturas e declividade, e a relação solo/relevo com objetivo de apontar mudanças nos tipos de solos.

O mapeamento geomorfológico foi realizado através de fotointerpretação de fotografia da folha 2452-1-SO (IBGE, 2007), seguindo princípios de morfoestrutura e morfoescultura de Mescerjakov (1968) e a taxonomia do relevo, segundo (ROSS, 1992), além das simbologias de Tricart (1965), Verstappen e Zuidam (1975) e Pinton (2016).

3.1.4.1. Detalhamento do IPT e IRT

O Índice de Posicionamento Topográfico (IPT ou TPI) foi obtido através de dois *softwares* GIS, sendo o QGIS 3.22.6 e ArcGis 10.6.1. No QGIS o IPT pôde ser obtido diretamente pela ferramenta de Índice de Posição Topográfica (IPT) disponível em "Análise" do menu "*Raster*". No entanto, essa ferramenta não produziu dados satisfatórios visualmente e nem classifica as formas a partir do IPT. Sendo assim, foi necessária a instalação do *plug* SAGA 7.8.2, disponível gratuitamente. O *plug* dispõe das ferramentas de geração de IPT e do IRT, além da análise de múltipla escala e classificação do IPT e IRT. Essas ferramentas podem ser acessadas em SAGA *Next Generation* na sub aba "*Terrain Analysis – Morphometry*". Destaca-se que com esse *plug* podem ser realizadas diversas análises através de modelos digitais de elevação.

Pelo ArcGIS, foi utilizada a ferramenta *Land Facet Corridor Tools*, seguindo os passos de instalação e aplicação explanados em Jenness, Brost e Beier(2013), em que os autores didaticamente explicam passo a passo para classificação do IPT e funcionamento do algoritmo. Os arquivos finais são em formato .tif e podem ser abertos em qualquer *software* GIS, independente do *software* que o gerou.

Com a possibilidade da inserção do raio de vizinhança para cálculo dos valores de IPT no ArcGIS, produziu-se imagens com vizinhanças de 10, 25, 50 e 100 metros, a qual de 10 metros melhor detalhou as formas. Curiosamente, o IPT gerado via QGIS apresentou dados semelhantes, mesmo sem inserção de parâmetros de vizinhança para o cálculo.

3.1.5. Carta Geomorfopedológica

A produção carta Geomorfopedológica foi realizada com base em Villela, Ross e Manfredini (2015), integrando informações dos mapeamentos intermediários hipsométrico, declividade, geológico, geomorfológico, pedológico. Ainda foram considerados os mapeamentos do IPT e IRT.

3.1.6. Trabalho de Campo para validação da produção cartográfica

Os trabalhos de campo foram realizados a fim de validação/correção das cartas produzidas, com secções expeditas que interceptam as unidades morfoesculturais (Planaltos Tabulares e Planaltos Dissecados). Também foram interceptadas em secções expedidas as Unidades Geomorfopedológicas.

3.2. Segundo Nível

No segundo nível foi proposta a organização de secção longitudinal/transeção, com descrições macromorfológicas em campo e coletas de amostras com fins laboratoriais.

3.2.1. Secção longitudinal/transeção

Foram realizados trabalhos de campo para a organização de secção longitudinal (transecto), que intercepta as unidades geomorfopedológicas previamente identificadas. Neste

transecto foram realizadas descrições morfológicas em campo e coletadas amostras deformadas e indeformadas com fins de análises laboratoriais.

Para a descrição dos perfis e coletas de amostras de solo, utilizaram-se os procedimentos recomendados por Santos (2005), IBGE (2015) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). O Sistema Munsell de Cores (2009) auxiliou na identificação das cores apresentadas nos horizontes de solo, e sua classificação de acordo com o padrão mundial.

3.2.2. Análises Laboratoriais de Amostras Coletadas

Quatro, entre os perfis de solos analisados e que receberam coletas em campo, foram selecionados para análises laboratoriais: Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho, Cambissolo Háplico e Argissolo Vermelho.

Foram realizadas 14 análises físicas de rotina para as amostras deformadas (EMBRAPA, 2017) pelo Laboratório de Física do Solo da ESALQ (Universidade de São Paulo - USP). Já para as amostras indeformadas foram produzidas 8 lâminas delgadas de solos no Laboratório de Micromorfologia de Solos, também da ESALQ.

Para análise granulométrica seguiu-se metodologias utilizadas por Cooper, Vidal-Torrado e Lepsch (2002), onde os autores por meio da análise da fração areia e distribuição dos sedimentos, conseguiram identificar descontinuidades nos horizontes de solos. Para análise morfométrica foram seguidas recomendações de Powers (1953). A morfoscopia da fração grossa do solo visou a determinação e descrição mineralógica e composicional, seguindo recomendações de Cailleux (1942). A consulta visual das análises e classificações morfométricas e morfoscópicas foi realizada com base em Dias (2004).

Descrições micromorfológicas foram realizadas no Laboratório de Petrografia e Microscopia (IG/UFU), com base nos trabalhos de Brewer (1976), Bullock *et al.* (1985) e Stoops (2003), Castro (2008), Castro e Cooper (2019). Também foi utilizado o atlas visual micromorfologia de solo de Verrecchia e Trombino (2021).

3.3. Modelo Evolutivo

Com base nos dados adquiridos com os dois níveis de tratamento, acrescido do referencial bibliográfico, organizou-se um modelo evolutivo do relevo. Para interpretação da evolução das formas de relevo, levou-se em consideração questões levantadas por Davis (1899) sobre aprofundamento/alargamento dos vales e de um relevo jovem/maturo/senil. No entanto, há variáveis acerca da declividade dos rios e aprofundamento/alargamento dos vales, já que nas proximidades e na área de estudo, observa-se que canais fluviais se comportam de maneira diferente, variando suas formas de acordo com a litologia em que o rio corre.

Perspectivas importantes se fizeram acerca do Princípio do Uniformitarismo de James Hutton (BUSHMAN, 1983; TOMKEIEFF, 1946) e o Atualismo de Charles Lyell (LYELL, 1990). Claudino-Sales *et al.* (2020); Claudino-Sales e Lira (2010), destacam esse raciocínio (O presente como chave para o passado; atuação dos processos que se repetem longo do tempo geológico, em diferentes intensidades) e aplicação desse método para interpretação da evolução geológica/geomorfológica em seus trabalhos. Em contrapartida, ponderou-se possibilidades acerca da evolução poligenética do relevo e os processos atuantes, como indicado nos modelos de Hack (1960, 1973 e 1975).

Dentre as metodologias de Tricart (1965) utilizadas por Penteado (1979), destaca-se a do estudo paleogeográfico, objetivando a cronologia relativa, correlação e reconstituição paleogeomorfológica. Tais conceitos são relevantes ao presente estudo, uma vez que seja possível correlacionar estratigraficamente depósitos encontrados em campo, com suas respectivas posições no relevo ao longo da área.

Para construção do modelo evolutivo, realizou-se inicialmente a compartimentação geomorfopedológica. Após esta etapa foram realizadas atividades de campo onde organizou-se secção longitudinal interceptando as unidades geomorfopedológicas previamente compartimentadas. Com os dados adquiridos em campo pelo reconhecimento de morros testemunhos (com coletas de amostras para comparações), descrições do relevo e de perfis de solo, e pelas informações adquiridas através das análises dos resultados de perfis na secção longitudinal realizada, fez-se integração com os elementos cartográficos, com o referencial teórico e revisão bibliográfica, possibilitando a construção do modelo evolutivo.

3.4. ORGANIZAÇÃO DO TCC

Como etapa final, organizou-se o presente Trabalho de Conclusão de Curso, com estimativa de publicação dos resultados em periódicos que se relacionam ao tema.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão bibliográfica focou nas características geológicas regionais, considerando as implicações do posicionamento da área em relação às unidades morfoestruturais (4.1). Além disso, também destacou, do ponto de visa técnico, a inserção do referencial associado ao Índice de Posição Topográfica (IPT) (4.2) e ao Índice de Rugosidade do Terreno (IRT) (4.3), tendo em vista que as informações desses produtos cartográficos foram utilizadas na definição das unidades geomorfopedológicas e no posicionamento de relevos residuais. Na sequência a revisão aborda a relação da geomorfologia, pedologia e evolução das paisagens tropicais, por entender que a abordagem geomorfopedológica trabalha nessa interface (4.4). Por fim, devido ao posicionamento morfoestrutural e morfoescultural da área investigada, a revisão é concluída com a evolução do relevo em borda de bacia sedimentar (4.5).

4.1. Geologia Regional e Área de Estudo

A área de estudo está inserida na Faixa Brasília Meridional, a qual está englobada na parte oriental da Província Tocantins, à margem oeste do Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1967; 1981; FUCK, 1994; FUCK, PIMENTEL e SILVA, 1994). De acordo com Pimentel *et al.* (2000), a Província Tocantins é um orógeno formado entre os crátons São Francisco-Congo, Paraná e Amazonas. A Faixa Brasília apresenta cerca de 1200 km de comprimento por 300 de largura, como um cinturão de dobramentos do Neoproterozóico, englobando partes dos estados de Minas Gerais, Tocantins e Goiás (PIMENTEL *et al.*, 2000; UHLEIN *et al.*, 2012).

Pela delimitação de Uhlein *et al.* (2012), a região de Estrela do Sul se insere na zona interna da Faixa de Dobramentos Brasília (FDB) (Figura 2), onde foram descritas unidades metassedimentares alóctones (FUCK, 1994; FUCK, PIMENTEL e SILVA, 1994), como os micaxistos do Grupo Araxá e os terrenos granítico-gnáissicos. Esses terrenos foram mapeados por Chaves e Dias (2017), denominando-os como Ortognaisse Goiandira, em referência à

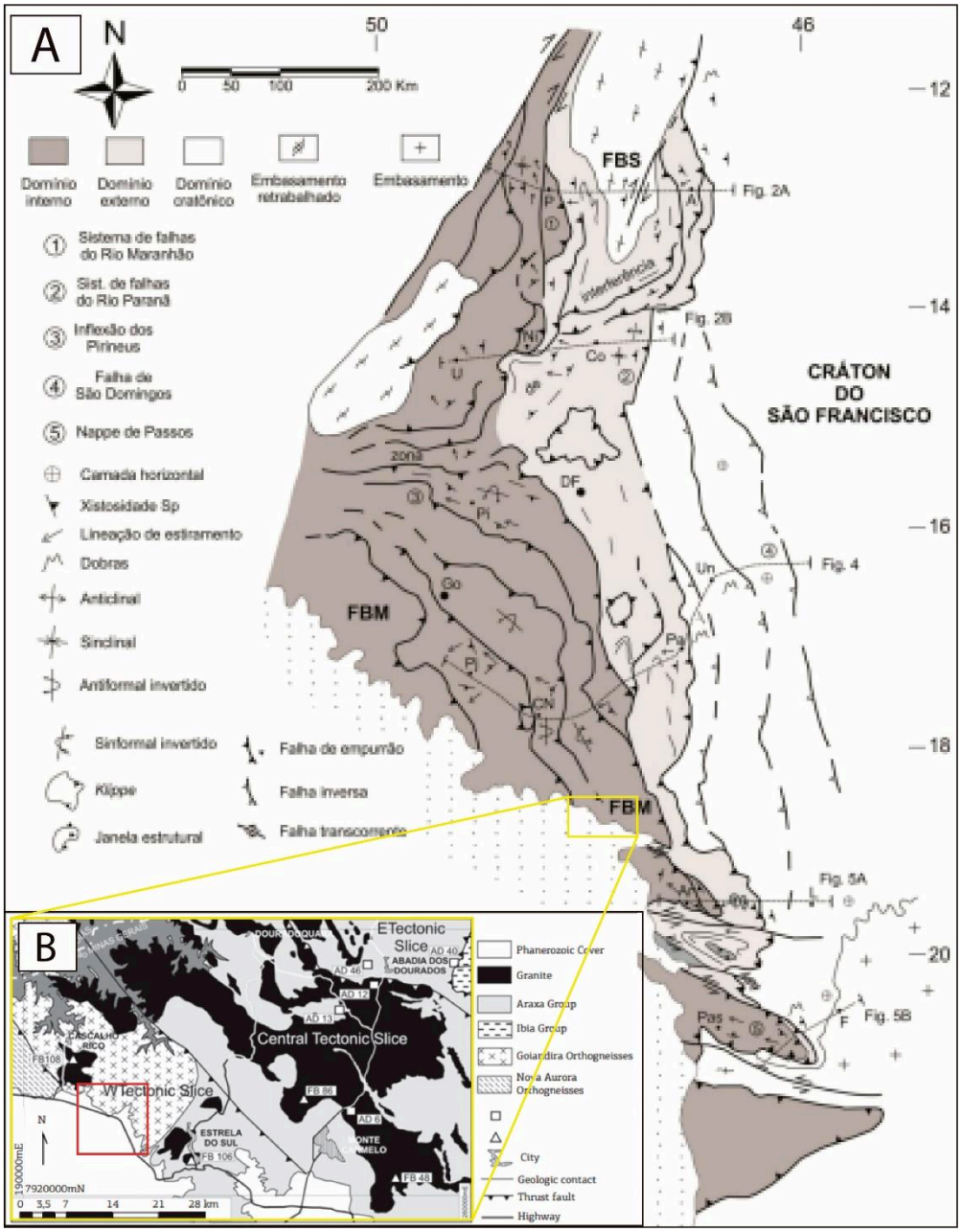
Klein (2008), destacando como principais litologias, biotita e muscovita gnaisses, porfiroblásticos, de foliação proeminente e feições migmatíticas locais.

Klein (2008) realizou datações U-Pb em zircão, apontando idades de 640 Ma para o Ortognaisse Goiandira em Goiás. Destaca-se que para idades aproximadas (642 e 630 Ma), Seer e Moraes (2013) atribuem um contexto colisional para a Faixa Brasília Meridional. Na região de Estrela do Sul, Santos (2019) classifica o Ortognaisse Goiandira em duas unidades de acordo com a composição, onde a Oeste é representada por gnaisses graníticos, e a Leste com características granítico a tonalítico e granodiorítico.

Na Folha Estrela do Sul, Chaves e Dias (2017) descrevem as rochas do Grupo Araxá que se constituem como escamas tectônicas que cavalgam sobre os terrenos granito-gnáissicos e são separadas destes por zonas de cisalhamento NW-SE. Seer, Moraes e Carneiro (2007) também destacam que as zonas de cisalhamento supracitadas separam na região três lascas tectônicas que se caracterizam como fragmentos de crosta oceânica intrudidas por granitos sin-tectônicos. De acordo com Seer, Moraes e Carneiro (2007), a lasca oeste, localizada na região de Estrela do Sul, é formada por rochas ígneas ultramáficas, máficas e sedimentares intercaladas e metamorfizadas em fácies anfibolito, sendo composta por mica xistos, quartzito fino; anfibolitos e anfibólio xistos; metapiroxenitos e serpentinitos. Nas proximidades de Estrela do Sul, Santos, Simões e Seer (2021) identificam associações de micaxistos e metaultramáficas e metamáficas como representantes do Grupo Araxá, com ocorrência de rochas calcissilicatadas e turmalinitos.

Em relação ao relevo em áreas da Faixa Brasília, onde há o predomínio de rochas metamórficas, este se apresenta colinoso e acidentado, sendo classificado por Baccaro *et al.* (2001) como Planalto Dissecado do Paranaíba com Argissolos e Cambissolos, sendo tais solos também mapeados por Motta, Baruqui e Santos (2004) em adição à Chernossolos Argilúvicos.

Figura 2: A) Compartimentação da Faixa Brasília Meridional segundo Uhlein *et al.* (2012). B) Mapa geológico da região de Monte Carmelo, Estrela do Sul, Cascalho Rico e Abadia dos Dourados por Seer e Morais (2013). Linhas amarelas destacam o contexto e localização de B na Faixa Brasília Meridional (em A). O polígono vermelho em B faz destaque a área contemplada no presente trabalho.



Fonte: A) Modificado de Uhlein *et al.* (2012). B) Modificado de Seer e Moraes (2013).

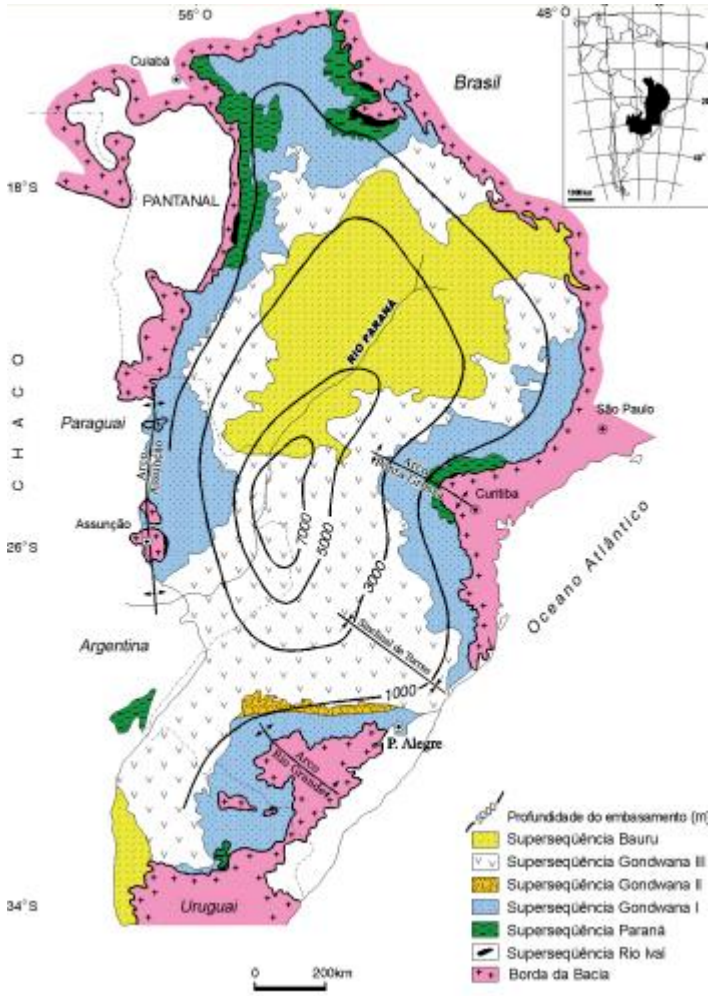
Na porção dos Planaltos Tabulares, têm-se rochas pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná (CHAVES; DIAS, 2017), às quais sobrepõem litologias da Faixa Brasília. A Bacia do Paraná, com seu depocentro na calha do rio homônimo, é uma unidade sedimentar presente em territórios do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, em uma área próxima de 1,5 milhão

de km^2, abriga um pacote sedimentar-magmático que em espessura máxima alcança em torno de 7 mil metros (MILANI *et al.*, 2007). Abrange grande parte dos territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, com sedimentos marinhos e continentais associados à magmatismo da Formação Serra Geral, de período paleozóico-mesozóico (MILANI *et al.*, 2007).

Milani (1997) subdividiu seis supersequências sedimentares na Bacia do Paraná, à qual a mais recente é a Supersequência Bauru. Essa subdivisão compreende as Supersequências Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano) e Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico) representadas por sedimentação ligada à ciclos transgressivos-regressivos em oscilações relativas do nível do mar no Paleozóico e as Supersequências Gondwana II (Meso e Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico e Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo) (Figura 3), com pacotes de sedimentação continental e associação de rochas magmáticas (MILANI *et al.*, 2007). Os limites da Bacia se apresentam de forma erosiva em consequência aos eventos geotectônicos durante o mesozoico e cenozóico, nos quais Milani *et al.* (2007) ainda destaca a borda norte-nordeste que apresenta um limite deposicional original.

A Supersequência Gondwana III acomoda os eventos magmáticos do Serra Geral, que tiveram início a partir da reativação da crosta (SCHOBBENHAUS; CAMPOS, 1984 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2012), durante o episódio de ruptura do continente Gondwana e abertura do Oceano Atlântico Sul (MILANI *et al.*, 2007). Após o fim do magmatismo Serra Geral, teriam sido acumulados cerca de 2.000 metros de espessura de derrames basálticos que desencadearam uma compensação isostática (FERNANDES; COIMBRA, 2000), acarretando um processo de subsidência termo-mecânica do qual deu origem à Bacia Bauru (SEER; MORAES, 2017). Fernandes e Coimbra (1996) propuseram a Supersequência Bauru como uma sedimentação destacada da Bacia do Paraná, ou seja, tratando como Bacia Sedimentar Bauru, originada pela subsidência termo-mecânica causada pela sucessão de derrames basálticos da Formação Serra Geral (FERNANDES; COIMBRA, 2000).

Figura 3: Mapa da Bacia do Paraná e suas supersequências. Em primeiro plano, isópacas da Bacia. Observar borda nordeste da Bacia, região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, representada pela Supersequência Bauru.



Fonte: Retirado de Milani, França e Medeiros (2007).

A Bacia Bauru de idade neocretácea abriga os Grupos Caiuá e Bauru, com uma espessura de 300 metros e 370.000 quilômetros de área no território brasileiro (FERNANDES; COIMBRA, 2000), ocupando regiões de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, e a mesorregião do Triângulo Mineiro em Minas Gerais (BATEZELLI, 2003; BATEZELLI, GOMES E PERINOTTO, 2005; SUGUIO; BARCELOS, 1983; FERNANDES; COIMBRA, 1996). De acordo com Batezelli, Gomes e Perinotto (2005) e Batezelli (2003), no Triângulo Mineiro, a Bacia Sedimentar Bauru é representada pelas formações Uberaba, Adamantina e Marília que foram depositadas sobre os basaltos da Formação Serra Geral. Na região de estudo, também são observados litotitpos do Grupo São

Bento, mais precisamente Formação Botucatu e Serra Geral, associados à Supersequência III (MILANI, 1997; ASSINE, PIRANHA E CARNEIRO, 2004).

A área de estudo é representada segundo mapeamento geológico de Chaves e Dias (2017), por rochas da Formação Marília (sendo potencialmente litotipos do Membro Serra da Galga) sobrepostas por Coberturas Detrítico-Lateríticas Coluvionares. A Formação Marília é constituída na região por arenitos grossos conglomeráticos, conglomerados, de grãos angulosos e matriz variável, e cimentação carbonática, com estratos maciços ou com acamadamento incipiente, com espessuras entre 1 e 2 metros (BATEZELLI, 2003). Segundo análises geoquímicas, Gravina *et al.* (2002) demonstram que a sedimentação de rochas da Formação Marília indica influência de área-fonte de rochas do embasamento ou da Formação Serra Geral, e pouco ou ausente das rochas alcalinas que foram responsáveis pelo soerguimento do Alto Paranaíba. Por outro lado, Santos (2019) mapeou arenitos da Formação Botucatu, nas proximidades de Estrela do Sul e em chapada ao norte de Água Emendada (MG-223). A Formação Botucatu, é composta por arenitos finos a médios de grãos de quartzo esféricos e foscos, e presença de estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte (SEER; MORAES, 2017).

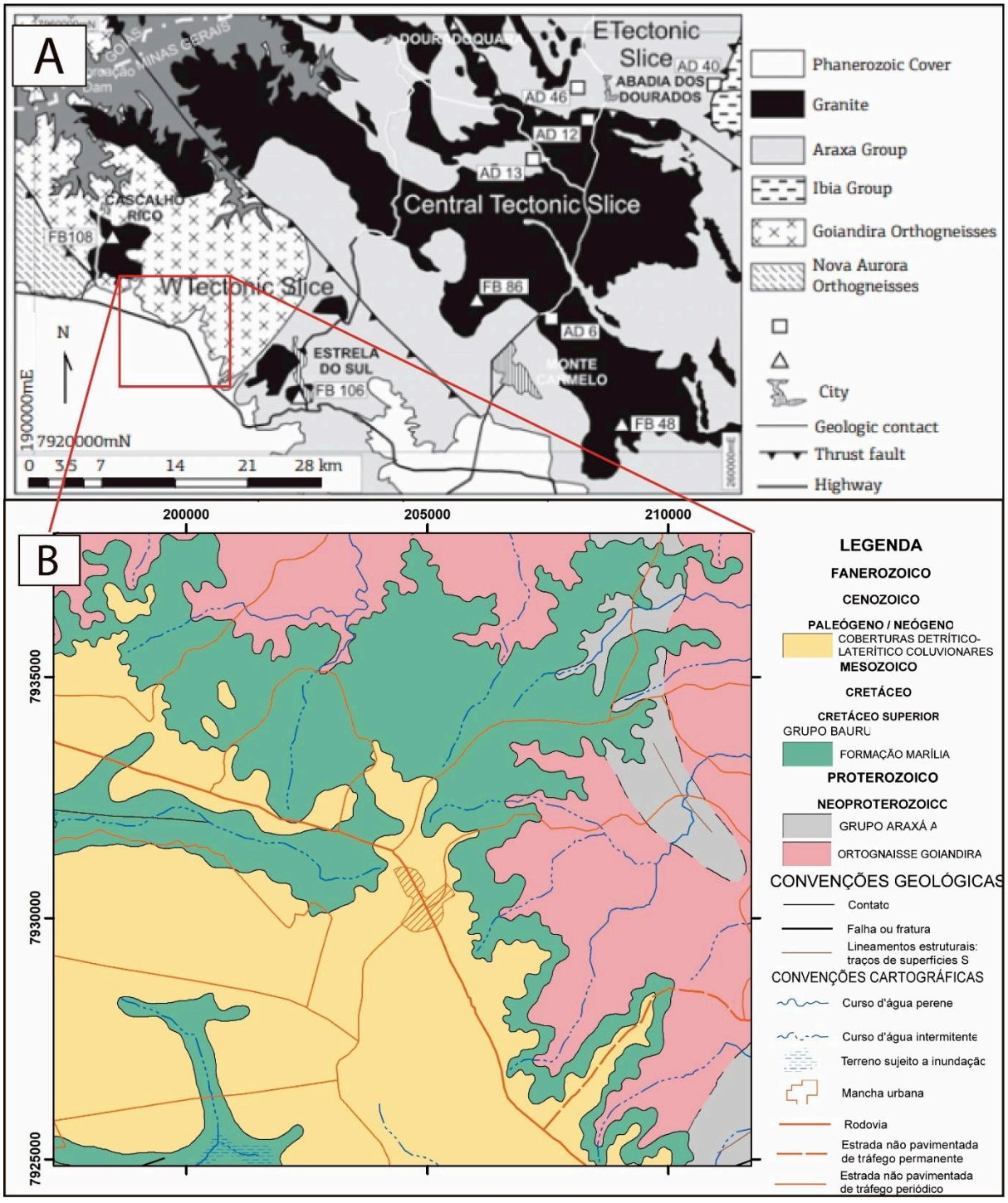
Batezelli (2003) destaca que a sedimentação da Bacia Bauru sofreu fortes influências do Soerguimento do Alto Paranaíba. Hasui e Haralyi (1991) *apud* Batezelli (2003), afirmam que o Soerguimento do Alto Parnaíba foi responsável pela separação das Bacia Sanfranciscana e da Bacia do Paraná, onde áreas soerguidas através de suas unidades pré-cambrianas, paleozóicas e mesozóicas se deram como fonte sedimentar para o preenchimento da Bacia Bauru. Ladeira *et al.* (1971) já destacavam o papel do Arco do Paranaíba como divisor paleogeográfico das duas bacias desde o pré-Cretáceo, no qual funcionou como área fonte a partir de seus metamorfitos e rochas alcalinas. Segundo Araújo *et al.* (2001), a Província Ígnea do Alto Paranaíba, responsável pelo soerguimento do arco homônimo, foi formada por intrusões máficas na Faixa de Dobramentos Brasília, durante o Cretáceo Superior, ao longo do lineamento NW-SE no sul de Goiás e oeste de Minas Gerais (HASUI *et al.* 1975). Já evidenciado por Bosun (1973) *apud* Hasui *et al.* (1975), de Catalão até as proximidades de Divinópolis, demonstram anomalias aeromagnéticas lineares na direção NW que correspondem a intrusões de diques máficos. Próxima a área de estudo, essas anomalias são representadas em sinais magnetométricos na Folha Estrela do Sul (CHAVES; DIAS, 2017).

As Coberturas Detrítico-Laterítico Coluvionares sobrepostas às rochas da Formação Marília na área de estudo (CHAVES; DIAS, 2017) (Figura 4), se constituem como depósitos inconsolidados ou pouco consolidados de argila, silte, areia e cascalho, em superfícies entre altitudes de 1000 e 1200 metros, se caracterizam por processos de lateritização e presença de crostas ferruginosas derivadas das condições climáticas áridas no período de formação da Superfície Sul-Americana (SEER; MORAES, 2017).

Com isso, na área de estudo, o relevo na região englobada pela área da Bacia, apresenta-se aplainado, caracterizado por chapadões e recobertos por solos espessos. Baccaro *et al.* (2001) classifica-os como Planaltos Tabulares com o domínio de Latossolos, os quais também foram descritos por Motta, Baruqui e Santos (2004).

Com base em Ab'Sáber (1970), a área de estudo se insere em "Domínio de Cerrado", onde se caracteriza por chapadões recobertos por cerrado e intermeados por matas galerias, clima tropical e com duas estações durante o ano. Ab'Sáber (1970, 2000) destaca também as feições de *dale*, sendo essas depressões rasas e úmidas preenchidas por matéria mineral e orgânica (IBGE, 2009), em regiões de hidromorfismo, além de anfiteatros de cabeceiras de drenagem e solos com baixa fertilidade.

Figura 4: A) Mapa geológico das regiões de Monte Carmelo, Estrela do Sul, Cascalho Rico e Abadia dos Dourados com quadrante destacado em linhas vermelhas da área de estudo do presente trabalho. B) Recorte da área de estudo do presente trabalho na Carta Geológica da Folha Estrela do Sul (CHAVES; DIAS, 2017).



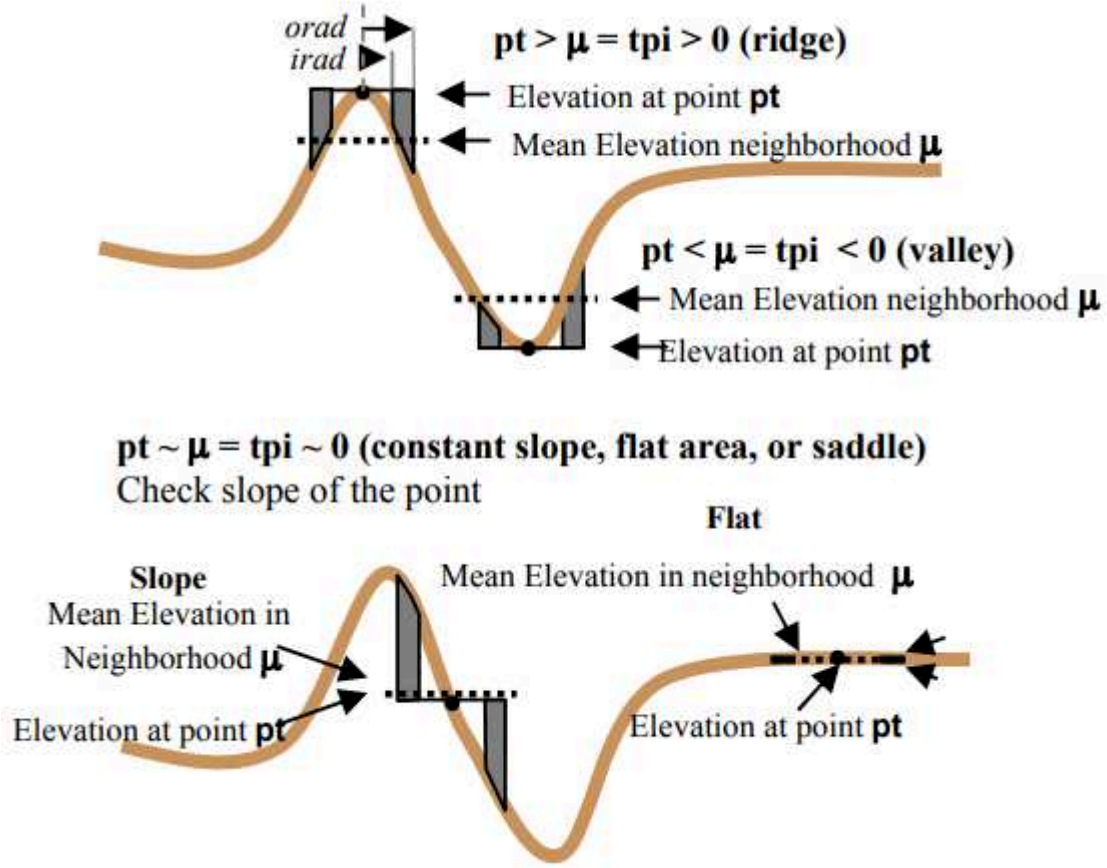
Fonte: A) Modificado de Seer e Moraes (2013). B) Modificado de Chaves e Dias (2017).

4.2. Índice de Posição Topográfica – IPT

O Índice de Posição Topográfica (IPT) é uma ferramenta de geoprocessamento de classificação e modelagem do relevo, obtida a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDEs). O IPT, mais encontrado na literatura de língua inglesa como *Topographic Position Index* (TPI), é uma ferramenta GIS de classificação do relevo pelo índice topográfico através da posição de uma vertente (declividade) e tipos de formas de relevo (WEISS, 2001).

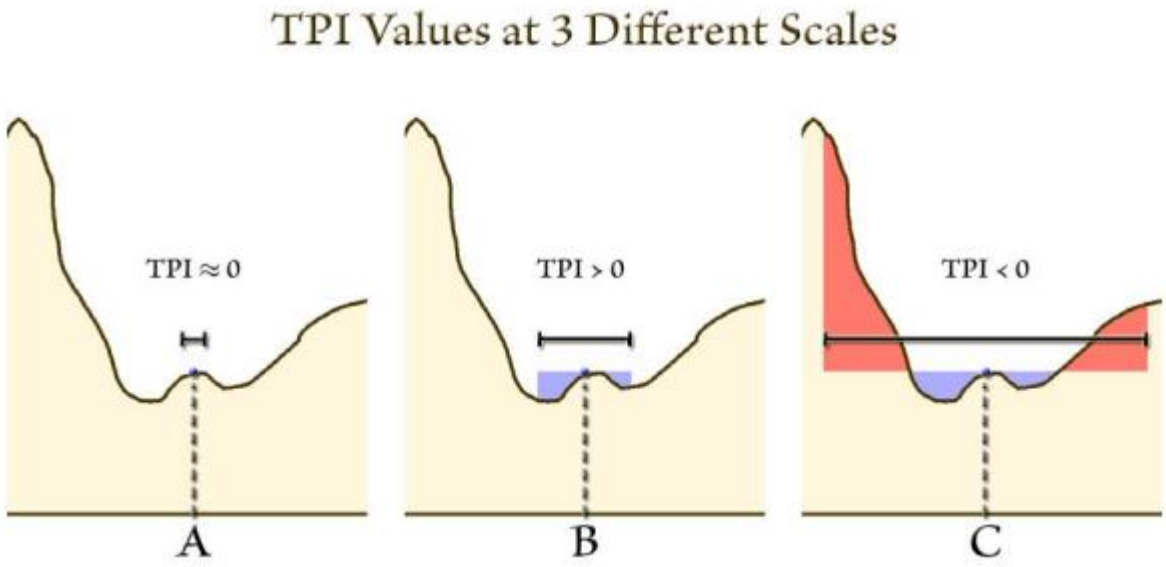
Weiss (2001) afirma que essa ferramenta pode ser utilizada para caracterizar bacias hidrográficas, e justifica que os processos que atuam em uma paisagem são fortemente relacionados à sua posição topográfica, seja uma colina, vale, planalto ou vertente. De acordo com o autor, o IPT realiza a comparação de cada célula em um Modelo Digital de Elevação (MDE) em uma elevação média de células vizinhas específicas em torno de um ponto (Figura 5). Os valores positivos do IPT representam áreas mais elevadas que seu entorno, ou seja, topos, enquanto os valores negativos representam vales, que são locais mais baixos que os seus arredores. Onde a declividade é próxima ou igual a 0, assim será o IPT, representando então áreas planas ou de declividade constante, seja em posições topograficamente elevadas ou em vales abertos e amplos.

Figura 5: Retirado de Weiss (2001). A figura ilustra como o algoritmo do TPI funciona, onde o cálculo de uma área é realizado pelo valor de altitude de um ponto dividido pela média dos valores em seu entorno.



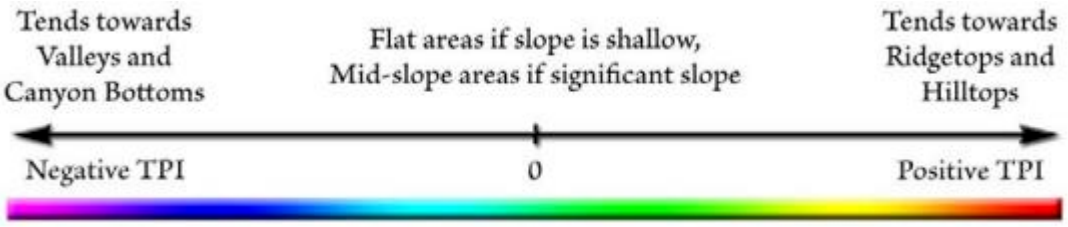
Jenness, Brost e Beier (2013) demonstram que o TPI é dependente da escala, fazendo analogias como a que um cume de uma cordilheira pode ser considerado uma planície para um inseto. Com isso, se explica porque um ponto pode apresentar diferentes classificações. Na Figura 6 (A), a escala pequena dispõe representação de áreas planas (TPI $\pm$ 0). Já em B, a escala engloba o interflúvio em forma de colina, dispondo valores positivos, interpretados pelo algoritmo como áreas acidentadas (TPI > 0); e em C, englobando todo o vale, dispõe valores de TPI muito menores que 0.

Figura 6: Figura retirada de Jenness, Brost e Beier (2013), onde se destaca a classificação do TPI em três diferentes escalas.



Dessa forma, valores fortemente negativos, podem indicar fundos de vales ou cânions. Já valores positivos tendem a representar topos de morros ou serras, e valores próximos ou iguais a 0, áreas planas ou de baixa declividade, além de médias vertentes quando estas se apresentam em grande amplitude (Figura 7).

Figura 7: Figura retirada de Jenness, Brost e Beier (2013) onde os valores de TPI são representados na paleta de cores do mapa e o significado de tais valores/cores.



O Índice de Posição Topográfica pode ser utilizado para planejamento de impacto nas mudanças climáticas e preservação de áreas, como aplicado por Beier e Brost (2010). A partir da identificação de áreas alvo no relevo, Beier e Brost (2010) realizaram planos de preservação, indicando que áreas com grande diversidade nas unidades de relevo, onde segundo recomendações de Hunter, Jacobson e Webb (1988) áreas para localizar reservas naturais devem levar em consideraração a distribuição físicas dos ambientes, onde a

distribuição de espécies refletem fatores biológicos e fatores físicos (estes últimos definidos por solo, topografia e clima), tendem a ser boas para criação de planejamento de preservação do clima e da biodiversidade. Em adição, Beier e Brost (2010) trazem a topografia, geologia e tempo como fatores chave nesse cenário, o que reflete ao termo facetas de relevo (*land facets*), usado pelos autores.

De Reu *et al.* (2013) usaram o IPT para classificação heterogênea da paisagem e argumentaram sua utilização aplicada à pesquisa geoarqueológica, tendo em vista que o método realiza a divisão da paisagem em classes morfológicas baseadas na topografia, possibilitando aos pesquisadores a identificação de prováveis tipos e localizações de sítios arqueológicos.

Com isso, nota-se o uso multidisciplinar da ferramenta. No Brasil essa ferramenta já foi utilizada por alguns altores como Silveira e Silveira (2014), Silva, Oka-Fiori e Silveira (2017), Silveira e Silveira (2017), Trentin, Robaina e Baratto (2017), Mudre e Silva (2019) para estudos geomorfológicos e em bacias hidrográficas. Nowatzki, Santos e Silveira (2017) utilizou o índice para mapeamento pedológico. No presente trabalho, foi utilizada para fins de classificação e quantificação do relevo para compartimentação geomorfopedológica, seguindo as orientações de Silveira e Silveira (2017).

4.3. Índice de Rugosidade do Terreno - IRT

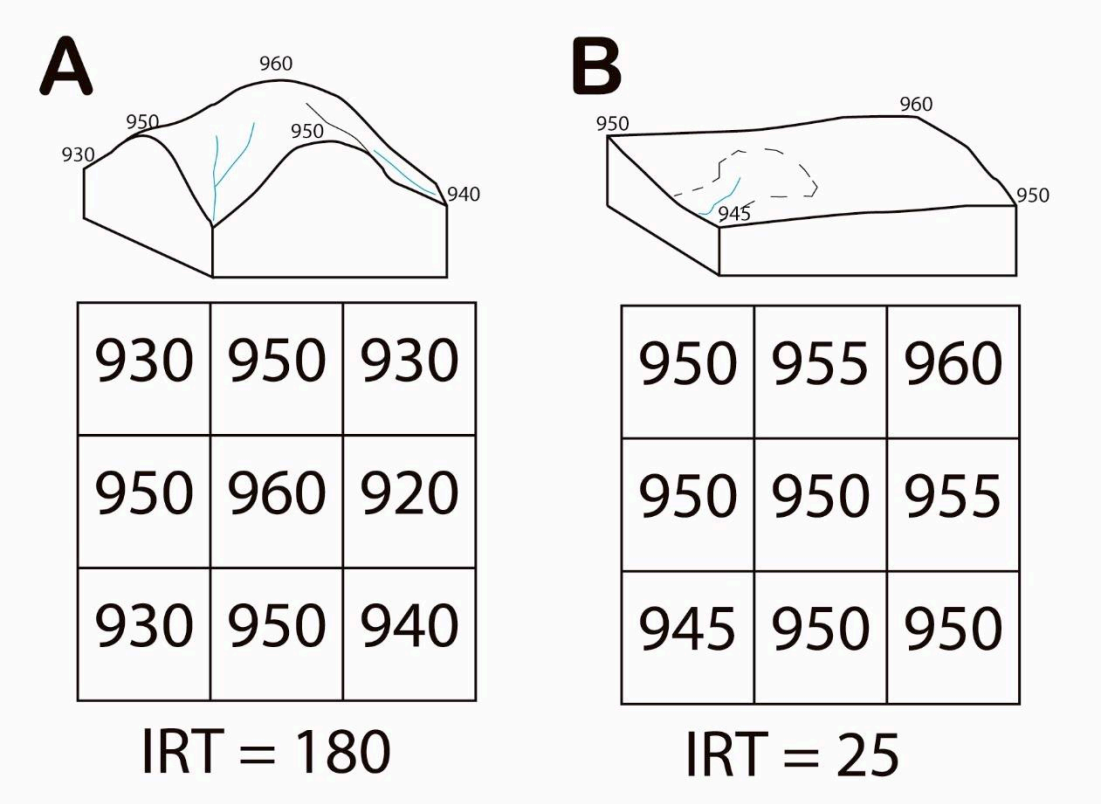
O Índice de Rugosidade do Terreno (IRT) ou *Terrain Ruggedness Index* (TRI), segundo Riley, De Gloria e Elliot (1999) utiliza células de um Modelo Digital de Elevação (MDE) para medir de forma quantitativa a heterogeneidade topográfica. Assim como o IPT, o IRT pode ser aplicado em diversos estudos, a exemplo Wilson *et al.* (2007) que usa o IRT para mensurar variações e caracterizar o ambiente de fundo marinho para localização de ambientes bentônicos.

De forma semelhante ao IPT, Riley, De Gloria e Elliot (1999) demonstra que para geração do IRT o *software* de geoprocessamento calcula a média de um ponto em relação aos valores de elevação deste ponto com os pontos ou células vizinhas a ele. A Figura 8 aqui produzida a partir da interpretação dos exemplos descritos pelos autores supracitados, tem o objetivo de demonstrar duas células com diferentes valores, gerando na Figura 8 (A) o equivalente a um relevo colinoso, e na Figura 8 (B) um relevo suavemente aplainado.

Destaca-se que, quanto menor o valor obtido de IRT, menor será a rugosidade do terreno, sendo este valor obtido através do seguinte cálculo:

$$IRT = ((960 - 930) + (960 - 950) + (960 - 930) + (960 - 950) + (960 - 960) + (960 - 920) + (960 - 930) + (960 - 950) + (960 - 940))$$

Figura 8: A) Bloco esquemático de relevo colinoso representativo da célula disposta abaixo e o valor de IRT. B) Bloco diagrama representativo de relevo levemente aplainado acima de células a exemplo do cálculo do IRT.



Fonte: De autoria própria.

4.4. Geomorfologia, pedologia e evolução das paisagens tropicais

Com o enfoque geomorfopedológico (geopedológico), se torna intrínseca e inseparável as análises de relações conjuntas dos processos geomorfológicos e pedológicos que predominam. Além da dissolução e da desintegração, Millot (1977) ressalta que os perfis de alteração e solos são como laboratórios que transformam mantos de alteração em sua completa estrutura, sendo então o processo de pedogênese, um contribuidor à gênese das formas. Para o autor, a ação de alteração, que inclui lixiviação e alteração dos minerais primários em secundários, se inicia na base do perfil. Primeiramente é mantida a estrutura da

rocha com seu volume original, e ao passar do tempo, a estrutura tende a colapsar (MILLOT, 1977).

De acordo com Millot (1977), o papel geoquímico consiste na alteração de minerais e na lixiviação da rocha, ou seja, na transformação interna e externa, com perca do volume da rocha, até o momento em que esta colapsa em sua estrutura, levando ao rebaixamento geoquímico do perfil de alteração/solo, o que reflete nas transformações verticais/laterais, no movimento superficial e inclinação das vertentes e por fim aplainamento generalizado, devido ao transporte de matéria.

Em complemento, Bourgeat, Michel e Tricart (1979), afirmam que, o ponto de partida do balanço morfogênese/pedogênese, se dá no topo de uma vertente, onde esta é o próprio agente transportador que acumula a matéria transportada em sua base, com o fluxo de matéria intensificado de acordo com o aumento da declividade, por agentes químicos e mecânicos.

Butt, Lintern e Anand (2000) reforça a importância do intemperismo ao longo do regolito e os processos de acumulação e lixiviação dos íons, sendo as formas de relevo e o regolito produtos dos processos passados e presentes de intemperismo de uma região. De acordo com Lucas e Chauvel (1992), à medida que o solo se desenvolve e o perfil se torna mais espesso, novas condições físico-químicas são impostas e novos horizontes podem ser formados. Boulet, Bocquier e Millot (1977), consideram que o transporte de matéria se faz principalmente por solução. Leprun (1977) identifica em topossequências, além da degradação superficial dos perfis por processos mecânicos, a degradação interna dos perfis através da alteração geoquímica. Silva, Hayakawa e Martins (2020) utilizam os conceitos de coberturas em equilíbrio e de sistemas de transformação apresentados por Boulet *et al.* (2016) para a análise pedogeomorfológica.

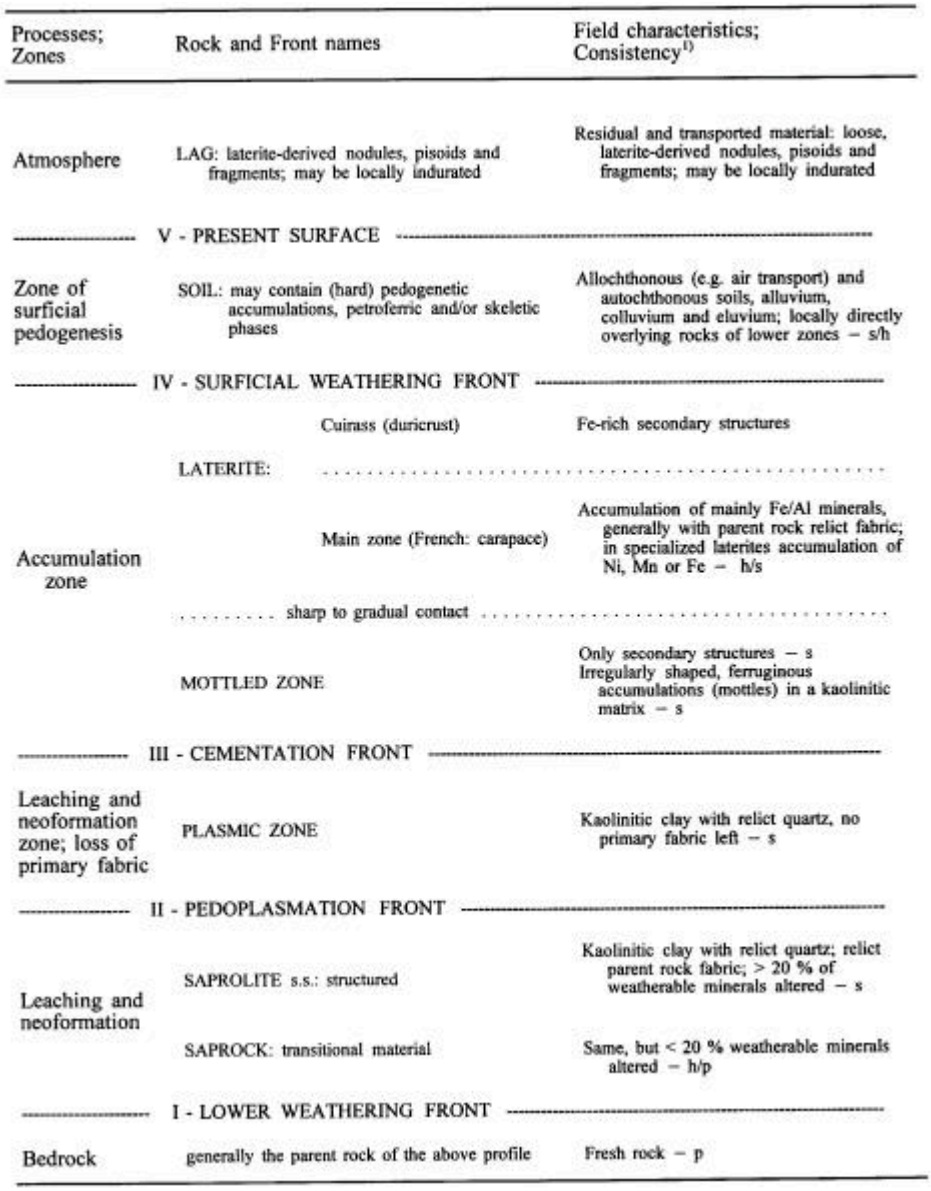
Boulet *et al.* (2016) revisam conceitos acerca de “coberturas em equilíbrio”, em que essas se desenvolvem em pedoclimas estáveis; e “sistemas de transformação”. A exemplo de coberturas em equilíbrio, os autores citam solos ferruginosos e couraças ferruginosas no continente Africano. Um dos processos causados pelas mudanças pedoclimáticas acarretando condições de desiquilíbrio e então um sistema de transformação, é o papel da geoquímica no desaparecimento de couraças como exemplificado por Leprun (1972) apud Boulet *et al.* (2016). Em suma, um sistema de transformação pode ser explicado pela substituição de um regolito inicial por outro que se difere em fábrica ou composição mineral (LUCAS; CHAUVEL, 1992).

Em acordo, Millot (1977) e Boulet, Bocquier e Millot (1977) destacam que couraças ferruginosas ou lateritas, entre outras coberturas pedológicas podem sofrer transformações quando se encontram em desequilíbrio pedobioclimático, acarretando fenômenos de aplainamento. Para os autores, as causas de desequilíbrio estariam ligadas principalmente às causas climáticas. São também bastante difundidas as ideias de Büdel, em *Climatic Geomorphology*. Neste trabalho, Büdel (1982) destaca o importante papel do clima e suas flutuações, e o traz como um dos mecanismos protagonistas que controla e participa da evolução do relevo.

Outra descrição de interesse para essa revisão, é a de perfil laterítico em que de acordo com Espindola e Daniel (2008), a laterita é um material residual endurecido formado a partir do intemperismo sobre manto de alteração. O perfil laterítico abordado por Tardy (1993) *apud* Boulet *et al.* (2016), demonstra que os minerais, com exceção do quartzo e nódulos/concreções/couraças, são alterados para caulinita, num desenvolvimento de perfil laterítico típico, uma vez que a mineralogia desses perfis é dominada por caulinita e quartzo principalmente (ESPINDOLA; DANIEL, 2008).

De acordo com Aleva (1994), os perfis laterítcos podem ser formados pela concentração de sílica, oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, e caulinita com influência dos processos de enriquecimento desses elementos ou como produto do intemperismo sobre rochas/minerais. Mais do que isso, a acumulação desses elementos se dá em resposta às condições de pH ácido das soluções de alteração em climas tropicais, em que alumínio e ferro são insolúveis e se acumulam na forma de óxidos e hidróxidos, e sílica com alumínio se combinam por hidrólise parcial para formação de caulinita (MELFI, 1994). Em síntese, Aleva (1994) discorre sobre interfaces que separam zonas no perfil laterítico, as quais evoluem e avançam progressivamente sentido base do perfil, onde a Figura 9 exibe tabela que trata da formação de um perfil laterítico típico.

Figura 9: Formação de perfil laterítico típico. Retirado de Aleva (1994).



Processes; Zones	Rock and Front names	Field characteristics; Consistency[1)]
Atmosphere	LAG: laterite-derived nodules, pisoids and fragments; may be locally indurated	Residual and transported material: loose, laterite-derived nodules, pisoids and fragments; may be locally indurated
	V - PRESENT SURFACE	
Zone of surficial pedogenesis	SOIL: may contain (hard) pedogenetic accumulations, petroferric and/or skeletic phases	Allochthonous (e.g. air transport) and autochthonous soils, alluvium, colluvium and eluvium; locally directly overlying rocks of lower zones – s/h
	IV - SURFICIAL WEATHERING FRONT	
Accumulation zone	Cuirass (duricrust)	Fe-rich secondary structures
	LATERITE:	
	Main zone (French: carapace)	Accumulation of mainly Fe/Al minerals, generally with parent rock relict fabric; in specialized laterites accumulation of Ni, Mn or Fe – h/s
	..... sharp to gradual contact	
	MOTTLED ZONE	Only secondary structures – s Irregularly shaped, ferruginous accumulations (mottles) in a kaolinitic matrix – s
	III - CEMENTATION FRONT	
Leaching and neoformation zone; loss of primary fabric	PLASMIC ZONE	Kaolinitic clay with relict quartz, no primary fabric left – s
	II - PEDOPLASMATION FRONT	
Leaching and neoformation	SAPROLITE s.s.: structured	Kaolinitic clay with relict quartz; relict parent rock fabric; > 20 % of weatherable minerals altered – s
	SAPROCK: transitional material	Same, but < 20 % weatherable minerals altered – h/p
	I - LOWER WEATHERING FRONT	
Bedrock	generally the parent rock of the above profile	Fresh rock – p

Outra característica marcante em coberturas superficiais tropicais são as descontinuidades, que são formadas pela deposição de materiais que propiciam contrastes mineralógicos, texturais e morfológicos, sendo passíveis de identificação justamente pelo estudo e análise desses materiais nos diferentes horizontes ou camadas. Para Stiles, Mora e Driese (2003) as descontinuidades dos solos podem ser marcadas na transição entre horizontes superficiais do solo e horizontes profundos/saprólito onde o solo tende a evolução constante, algo semelhante ou equivalente a descontinuidade litológica que reflete na mudança de cor, textura, morfologia dos grãos ou composição química. Em alguns casos, as características texturais e mineralógicas podem não apontar relações com descontinuidades

formadas a partir da deposição de materiais transportados, como apontam análises de dois dos cinco perfis de solo estudados por Michelon *et al.* (2010) na Depressão Central da Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul. Do ponto de vista geomorfológico, a topografia pode influenciar na formação das descontinuidades, uma vez que tem o papel de distribuir diferentes condições geoquímicas ao longo das vertentes, da movimentação de massa ou partículas com retrabalhamento de horizontes superficiais de solo ou nova formação desses a partir do truncamento de materiais de diferentes locais do relevo (LUCAS; CHAUVEL, 1992).

Em um estudo acerca da transição abrupta de solos com *stone lines* na Depressão Periférica Paulista, Cooper, Vidal-Torrado e Lepsch (2002) identificam que os perfis de solo são formados a partir de diferentes materiais, separados por *stone lines* de origens autóctones, depositadas em dois eventos deposicionais que formaram superfícies geomórficas. Esse estudo se baseou na análise das 5 frações de areia presentes nos solos, sendo areia muito fina, fina, média, grossa e muito grossa.

Bovi *et al.* (2016) também investigaram as frações areia presentes no solo em amostras deformadas, e propuseram um método de análise das formas dos grãos através de imagens bidimensionais de amostras indeformadas de solo. O método (ImaGrain) utilizado pelos autores, apresentou bons resultados, semelhantes à análise granulométrica padrão (peneiramento) nas amostras deformadas, e permitiu, além da quantificação do tamanho médio da fração areia predominante e diferentemente do peneiramento, a classificação da esfericidade.

De forma semelhante, no entanto com viés qualitativo, Stiles, Mora e Driese (2003) utiliza de fotomicrografias para observação do contraste textural entre perfis, com adição de outros métodos como análises geoquímicas de Ti e Zr e dos grãos de rutilo e zircão em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). Através do MEV, os autores identificaram processos de dissolução/alteração (intemperismo químico) e de transporte físico (intemperismo físico) evidenciado por planos, fraturas e marcas de abrasão, através das características de superfície dos grãos, sendo possível a distinção de descontinuidades sedimentológicas ou diferentes processos pedogenéticos em perfis de Vertissolo. Em adição, essas interpretações foram reforçadas pelos padrões de distribuição das partículas no solo em função da profundidade.

4.5. Evolução do relevo em borda de bacia sedimentar e formas de escarpamento

Conceitos e bases acerca da geomorfologia e pedologia se fazem de grande importância, tendo em vista a construção de um modelo evolutivo de relevo e de formação dos solos. Além da descrição das formas, Penteado (1976) destaca o estudo geomorfológico como subsídio para entendimento dos processos que modelaram uma paisagem, ou seja, um aspecto descritivo e outro genético, ambos interligados.

Davis (1899) considera as várias formas do relevo como função da estrutura, processos e tempo. Para o autor a estrutura é o fator predominante no controle da paisagem, e os processos atuam ao longo do tempo, os quais podem afetar ou não a estrutura externamente. Segundo Davis (1899), um ciclo de erosão se inicia com o soerguimento de uma área. A partir de tal soerguimento, o relevo passa pela sua juventude, maturidade e senilidade, onde tem por fim um peneplano. Assim, a erosão seria dada até seu nível de base, com aprofundamento e alargamento dos vales, e o ciclo só se "reiniciaria" com um novo soerguimento.

King (1953) apresenta a hipótese de formação dos pedimentos originados então pelo recuo paralelo de vertentes de declividade alta e tendo como produto um relevo plano a frente da escarpa, caracterizando-se como um pediplano. Penck (1953) introduz os conceitos das forças concomitantes, endógenas e exógenas, que agem entre si desde o momento do soerguimento até a denudação. Assim, de acordo com Penck (1953), áreas influenciadas por altas taxas de soerguimento do relevo requerem altas taxas de erosão para o equilíbrio.

Já para Hack (1960), conceitos de alargamento dos vales e aplainamento nem sempre podem ser aplicados no mundo real e nem sempre a paisagem evoluirá de acordo com Ciclo Geográfico de Davis (1899, 1922). Assim Hack (1960, 1975) insere os conceitos acerca do equilíbrio dinâmico, em que cada canal de drenagem tem um sistema de erosão particular, o qual é ajustado a outro(s) da rede de drenagem. Para o autor, quando um sistema atinge o equilíbrio como um todo, as taxas de erosão se mantêm as mesmas em toda a topografia, ou seja, o relevo evolui de forma igual, seja em taxas de erosão ou acumulação. Dessa forma, a mesma quantidade de energia que entra em um sistema, sai, e as diferentes formas observadas em uma paisagem podem ser o resultado das mudanças nas taxas de erosão ao longo de uma área. Em adição, Hack (1975) insere a possível mudança acerca dos níveis de base, onde alterações nestes podem influenciar taxas mais ou menos aceleradas de erosão e também as diferentes resistências as quais cada litotipo pode apresentar.

Assim, Hack (1975) considera que o relevo não é somente resultado de ciclos de erosão pós soerguimento, e sim que a morfologia do relevo é determinada pelos processos de erosão, pela resistência das rochas, pelos padrões do sistema de drenagem e pelo nível de base. Em síntese, no Ciclo Geográfico de Davis (1899) o relevo evolui verticalmente, tendo como seu estágio final um peneplano, enquanto para Hack (1960, 1975) o relevo pode aplainar, mas não necessariamente encerraria seu "ciclo" aplainado.

Dessa forma, a compreensão das mudanças climáticas que afetaram um domínio geológico/geomorfológico da região oeste de Minas Gerais, são importantes então para entendimento dos ciclos erosivos, e os materiais, formas de relevo e tipos de solos que podem ser gerados nesses ciclos. Ab'Sáber (1970) discorre sobre os domínios morfoclimáticos do Brasil, sendo estes condicionados à uma evolução moderna, tendo como variáveis os processos morfoclimáticos e litológicos, assim como tectônicos e topográficos.

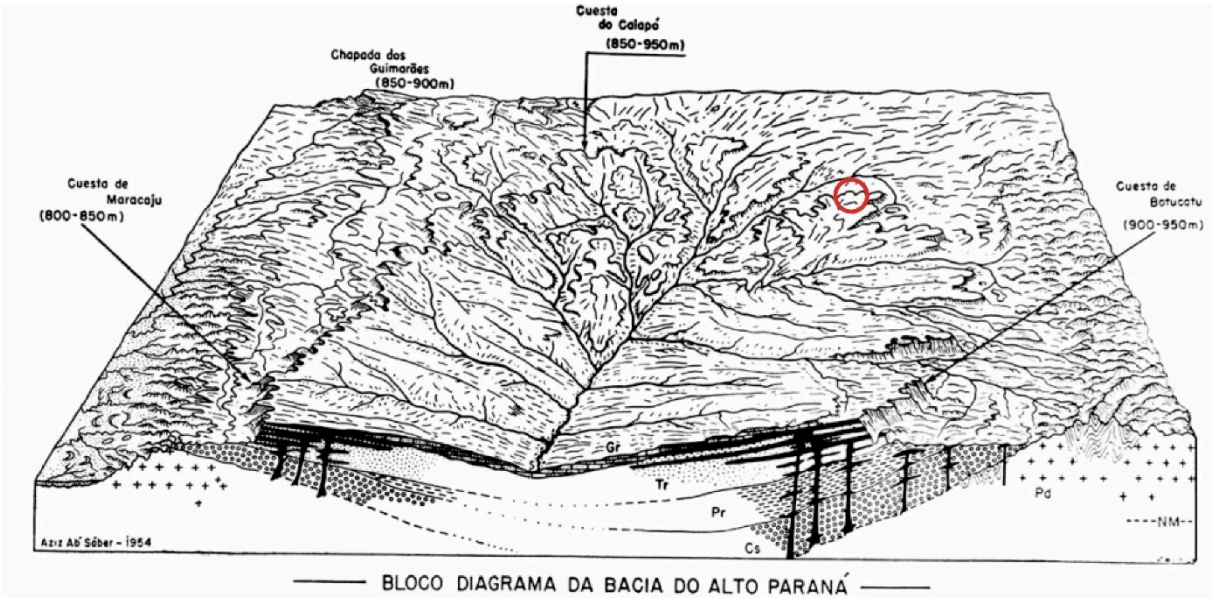
As Faixas de Transições se caracterizam por uma combinação dos eventos fisiográficos e ecológicos. O clima entra como fator importante, o qual influenciou tanto na evolução do relevo, como na evolução da flora, onde na região do Triângulo Mineiro, durante o Cretáceo, predominou-se condições semi-áridas evidenciadas pela presença de calcretes no Grupo Bauru, do paleodeserto Botucatu (AB'SÁBER, 2000) e posteriores ferricretes em perfis de solo. Além disso, o autor afirma que os tipos de vegetações se formaram durante o Terciário médio, e oscilaram no território durante as mudanças climáticas do Quaternário.

Outro fato relevante, é que bordas de bacias sedimentares podem se apresentar com mais de uma classificação. Duas feições nas bordas escarpadas de bacia são de interesse à pesquisa, *Cuesta* e *Glint*, sendo esta última menos encontrada na literatura. Goudie (2004) descreve a *Cuesta* como uma crista assimétrica formada pelo mergulho de camadas sedimentares de diferentes resistências à erosão e intemperismo, sendo as mais resistentes expostas na parte superior da escarpa e as menos resistentes na parte inferior do front escarpado. Duszyński, Migoń e Strzelecki (2019) fazem revisão acerca de escarpamentos, formas residuais, chapadas e *cuesta*. Nessa revisão os autores apresentam feições geralmente associadas as *cuestas*, como escarpas que sofreram recuos, relevos residuais e feições ruiniformes.

As *Cuestas* na Bacia do Paraná, foram citadas e contextualizadas por Ab'Sáber (1949), Ab'Sáber (1954) (Figura 10), Ab'Sáber (1998), Penteado (1976), Almeida (1951) e Almeida (2018). Em síntese bibliográfica, Pinheiro e Queiroz Neto (2014) discorrem sobre a origem

das *cuestas* da Bacia do Paraná e da Depressão Periférica Paulista a partir da erosão diferencial das camadas sedimentares.

Figura 10: Bloco diagrama da Bacia do Paraná com seção transversal na direção E-O e com posicionamento das cuestas. Polígono de linhas vermelhas contextualiza a área do presente trabalho no Bloco Diagrama de Ab'Sáber (1954), sendo inserido na borda nordeste da Bacia.



Fonte: Produzido por Ab'Sáber (1954) e retirado de Modenesi-Gauttieri *et al.* (2010).

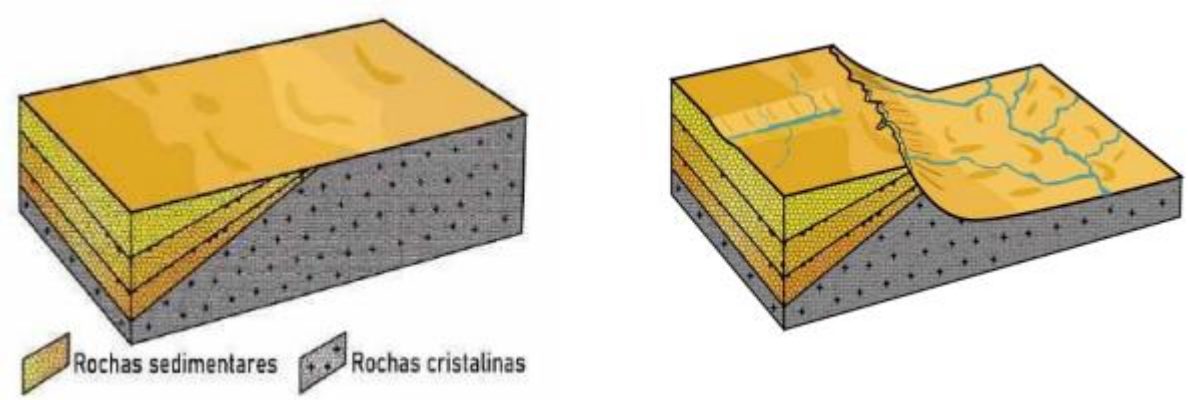
No Planalto da Ibiapaba Setentrional, na Bacia do Parnaíba, Moura-Fé (2017) aplica o termo *Glint* para borda escarpada *cuestiforme*, exposta pelo recuo erosivo da escarpa e dissecação do embasamento. Segundo o autor, o termo *Glint* é mais adequado uma vez que no escarpamento é averiguado um contato das litologias sedimentares com litologias cristalinas, ou seja, o escarpamento é formado por contato discordante sobre embasamento erodido (PEULVAST; VANNEY, 2001 *apud* MOURA-FÉ, 2017).

Na Enciclopédia de Geomorfologia, Goudie (2004) descreve que *glints* são resultado da erosão por geleiras, onde em um dos exemplos abordados, calcários, dolomitos e arenitos de relevos tabulares são mais resistentes à erosão glacial que as rochas ígneas e metamórficas pré-Cambrianas. Sendo assim, do ponto de vista genético, *glints* são grandes escarpamentos que se estendem por quilômetros e são formados a partir da erosão diferencial na borda de bacia sedimentar, onde o material sedimentar resiste mais à erosão em relação ao embasamento cristalino em um ambiente glacial (GOUDIE, 2004). O autor trata de exemplos

de *Glint* na Estônia, Finlândia, Canadá e Estados Unidos (Cataratas do Niágara). Outra definição utilizada por Lira e Claudino-Sales (2012), é, a borda de bacia sedimentar em que a depressão periférica foi esculturada em terrenos cristalinos.

O *Glint* do Ibiapaba foi também retratado em Claudino-Sales (2002), Claudino-Sales *et al.* (2020), Claudino-Sales e Lira (2011), Claudino-Sales e Lira (2010), Claudino-Sales e Lopes (2020), Costa *et al.* (2020) e Moura-Fé (2015), sendo caracterizado como uma feição formada em condições semiáridas durante o Cenozoico (CLAUDINO-SALES, 2002). Algumas fácies escarpadas da Chapada do Araripe também são entendidas como *Glint* por Paulvast e Bétard (2015). Os *glints* mapeados no território brasileiro não têm gênese atribuída a erosão glacial, e geralmente as feições são atribuídas à erosão diferencial do embasamento cristalino em borda de bacia e recuo da escarpa em clima árido. Na Figura 11, bloco diagrama do *Glint* do Ibiapaba realizado por Claudino-Sales *et al.* (2020):

Figura 11: Esquematização da gênese do glint do Ibiapaba através da erosão diferencial com vertente sustentada em seu terço superior por rocha sedimentar e em seu terço médio a inferior por rochas cristalinas, com depressão periférica esculturada em rochas cristalinas.



Fonte: Retirado de Claudino-Sales *et al.* (2020).

Feltran Filho (1997) propôs a compartimentação de chapadas para o oeste mineiro, sendo que a área investigada ficou inserida na Chapada Oriental na unidade chamada por Córrego Estiva. O autor destaca as principais características dos topos tabulares e mapeia seu rebordo com a feição "escarpa de erosão". Destaca que:

> Na Chapada Oriental, a unidade geomorfológica denominada de "Córrego Estiva" tem sua principal característica no padrão paralelo da drenagem, que difere do resto da rede de drenagem das outras unidades. Nota-se que toda a superfície das chapadas, uma forte orientação estrutural, expressa através da geometria da rede

> hidrográfica. [...] Enquanto a maioria da Chapada Oriental é de afluentes do rio Araguari, nesta unidade os rios e córregos são afluentes diretos do rio Paranaíba, através da drenagem do ribeirão Jordão. Esses canais fluviais estão marcados pela presença de áreas úmidas em suas margens, constituindo-se planícies fluviais (FELTRAN FILHO, 1997, p.175, grifo nosso).

Para Baccaro *et al.* (2001), a unidade de relevo de Planalto Tabular da Bacia do Paraná engloba a cidade de Araguari e de acordo com a cartografia apresentada pelos autores, o Rio Jordão. O Planalto Tabular também se estende para a chapada Uberaba-Uberlândia, sendo dissecado entre a cidade de Araguari e Uberlândia pelo Rio Araguari. Na proposta de classificação de Ross (1985), a área de estudo se insere na transição dos Planaltos e Serras de Goiás-Minas com Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir de revisão bibliográfica, procedimentos cartográficos, trabalhos de campo e de laboratório, que foram descritos na metodologia. Está estruturado nos itens: Mapeamentos Intermediários para a Compartimentação Geomorfopedológica (5.1); Unidades Geomorfopedológicas (5.2); Secção longitudinal (transecto) e seus perfis de solos (5.3); Descrição morfológica de perfis e tratamento amostral (granulométrico, morfoscópico e micromorfológico) (5.4); e, Evolução do relevo: o Glint de Dolearina (5.5).

5.1. Mapeamentos Intermediários para a Compartimentação Geomorfopedológica

Na sequência são apresentados os mapeamentos intermediários organizados para a compartimentação geomorfopedológica.

5.1.1. Hipsometria e Declividade

A Carta Hipsomética (ANEXO 8) apresenta as cinco classes de hipsometria definidas entre 720 a 780, 780 a 840, 840 a 900, 900 a 960 e 960 a 1020. Com isso, é possível estabelecer relação entre as unidades reconhecidas na Carta Geomorfológica, descrita no item 5.1.4., tendo em vista que a classe de hipsometria mais alta corresponde muito bem aos limites dos Planaltos Tabulares e sua homogeneidade topográfica, enquanto outras classes se distribuem mais significativamente nos Planaltos Dissecados.

Da mesma forma a Carta de Declividade (ANEXO 9) exibe um padrão de baixas declividades (<3%) sobre os Planaltos Tabulares, evidenciando o mergulho suave de vertentes aplainadas sentido os fundos de vale constituídos por áreas de acumulação fluvial. Algumas distorções são notadas nesses Planaltos Tabulares com declividades mais altas (3-6, 6-12 e 12-20%). Tais valores devem ser desconsiderados e podem ser explicados pela presença de eucaliptos que causam interferências nos Modelos Digitais de Elevação (MDEs).

Nos setores NW, N, NE e SE da área mapeada predominam classes de declividade mais altas, chegando a valores de 6-12%, 12-20%, 20-30% e em alguns locais >30%. Valores de mais reduzidos também ocorrem em alguns locais dos Planaltos Dissecados, os quais são vales amplos ou longas vertentes localizadas à maior distância da escarpa erosiva dos Planaltos Tabulares e de relevos residuais.

5.1.2. Índice de Posição Topográfica (IPT) e o Índice de Rugosidade do Terreno (IRT)

Ambas versões do IPT, produzidas tanto em ArcGIS (ANEXO 10) quanto em QGis (ANEXO 11), possibilitaram o reconhecimento de cinco classes do IPT, sendo: Fundos de vale com incisão fluvial forte; Vales rasos/sopé de vertentes (terço inferior); Áreas planas/terço médio de vertentes; Terço superior de vertentes e topos; Topos aguçados/interflúvios. Destaca-se que a mesma interferência dos eucaliptos causada na Carta de Declividade ocorre também no modelo em questão, sendo necessário o ponderamento desses valores.

Dessa forma, tem-se uma distribuição que pode ser delimitada por dois domínios. O primeiro, mais heterogêneo, ocorre nas porções NW, N, NE e E da carta. O segundo domínio se caracteriza por sua homogeneidade das classes, ocorrendo nas áreas W, SW, S e SE. No domínio um, ocorrem fundos de vale com incisão forte, vales rasos/sopés de vertentes, áreas planas/terço médio de vertentes, terço superior de vertentes e topos e topos aguçados/interflúvios. No domínio dois, ocorre majoritariamente classe referente a áreas planas/terço médio de vertente.

O Índice de Rugosidade do Terreno (IRT) foi adaptado para as classes Nivelado, Quase Nivelado, Moderadamente rugoso, Rugoso e Muito Rugoso. Observa-se que as classes Nivelado a Quase nivelado predominam sobre Planaltos Tabulares e as classes restante sobre os Planaltos Dissecados. Destaca-se mais uma vez a interferência dos eucaliptos na região

sudoeste da área. Como feito no IPT, o IRT pode também ser separado por dois domínios, em que o primeiro, em referência ao IRT apresenta índices maiores de rugosidade, enquanto no segundo predominam classes de rugosidade Nivelado e Quase Nivelado.

5.1.3. Geologia

Na área de estudo foram identificadas rochas pertencentes à Bacia do Paraná e rochas do embasamento, inseridas na Faixa de Dobramentos Brasília (FDB), representadas na Carta Geológica (ANEXO 13). Essas unidades, podem ser recobertas ou não por coberturas que dão origem a solos mais desenvolvidos, abordados com mais detalhe no capítulo de Pedologia (5.1.5.).

A maior parte do embasamento da Faixa de Dobramentos Brasília é representado pelo denominado Ortognaisse Goiandira. Poucos são os afloramentos de rocha sã encontrados durante os trabalhos de campo, predominando principalmente saprólitos que preservam as características de bandamento do gnaisse. Destaca-se porfiroclastos de granada (Figura 12A), onde os cristais chegam por vezes a diâmetros da ordem de 3 centímetros. Também ocorrem porfiroclastos de plagioclásio e desenvolvimento de foliação anastomosada, ou seja, foliação milonítica, o que pode indicar deformação dessas rochas por cisalhamento. Ocorrem veios de quartzo azul e um claro bandamento composicional com espessura bastante variada, onde, quando intemperizados, esses litotipos apresentam substituição dos feldspatos por caulinita, bastante observada nos perfis de solo na região de Planaltos Dissecados pela cor esbranquiçada e textura sedosa. Os afloramentos se dispõem na forma de blocos esféricos nas vertentes (Figura 12B) e topos dos Planaltos Dissecados na medida que se adentra sentido FDB (Figura 12C).

No extremo noroeste da área, foram observados muscovita e biotita xistos (Figura 12D e 12E), bastante intemperizados, de coloração acinzentada quando em contato com gnaisses e por vezes com bolsões de feldspato. Os muscovita xistos, intemperizados, são encontrados em cores rosa avermelhados (Figura 12D), característica bem descrita na região. No geral, apresentam xistosidade, não sendo observado no local visitado, segunda ou terceira foliação. A variação entre os xistos e os gnaisses (Figura 12F) ocorre rapidamente, sendo ainda em campo pouco estabelecidas as relações de contato entre as duas litologias.

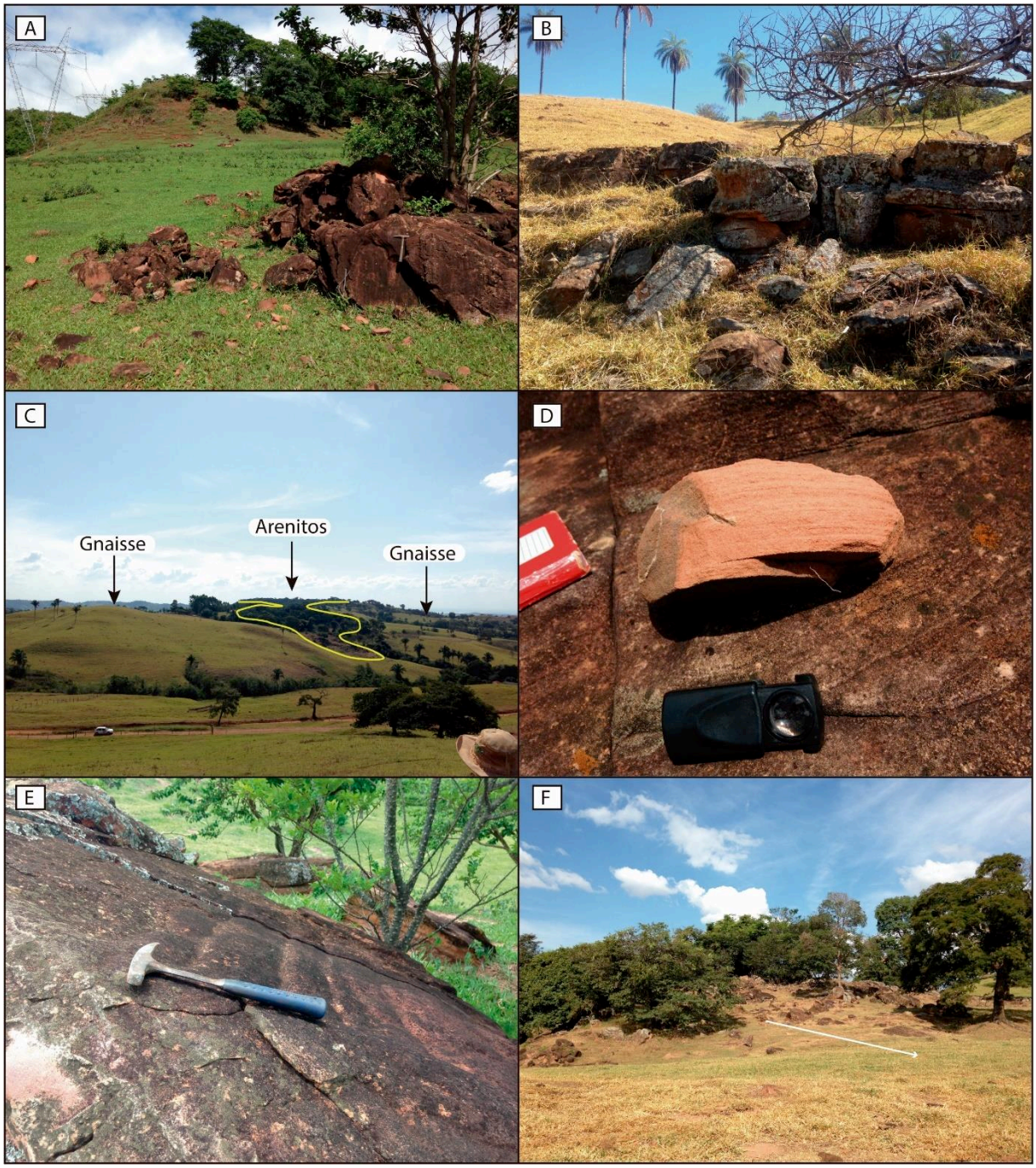
Figura 12: A) Amostra de mão do gnaisse com porfiroclastos de granada. B e C) Afloramento do gnaisse em forma de bloco esferoidal de tamanho médio. D) Amostras de muscovita xistos com bolsões de plagioclásio. Notar cor rosa avermermelhada reflexo do intemperismo avançado. E) Biotita xisto próximo ao gnaisse da foto em F. F) Biotita gnaisse.



Subindo na estratigrafia, podemos observar principalmente na escarpa da borda do Planalto Tabular da Bacia do Paraná, arenitos da Formação Botucatu (Figura 13A e 13B), sotopostos aos gnaisses em hiato erosivo por discordância em não conformidade. Também são encontrados afloramentos dessa formação em meio ao embasamento cristalino, se

constituindo como morros testemunhos (Figura 13C) da Bacia do Paraná. Os arenitos são de cor rosa avermelhada a alaranjados, composto predominantemente por quartzo, de granulometria fina a média, esférico e bem arredondado, o que indica uma boa maturidade no que diz respeito à seleção granulométrica (Figura 13D). Muitas vezes se exibem bastante silicificados e com estratificação cruzada acanalada de grande porte a plano paralela, ainda sendo observados em alguns locais marcas de onda (*ripple marks*) (Figura 13E). Algumas medidas de acamamento em morros testemunhos, indicam basculamento dos blocos, variando entre 12 e 20º (Figura 13F).

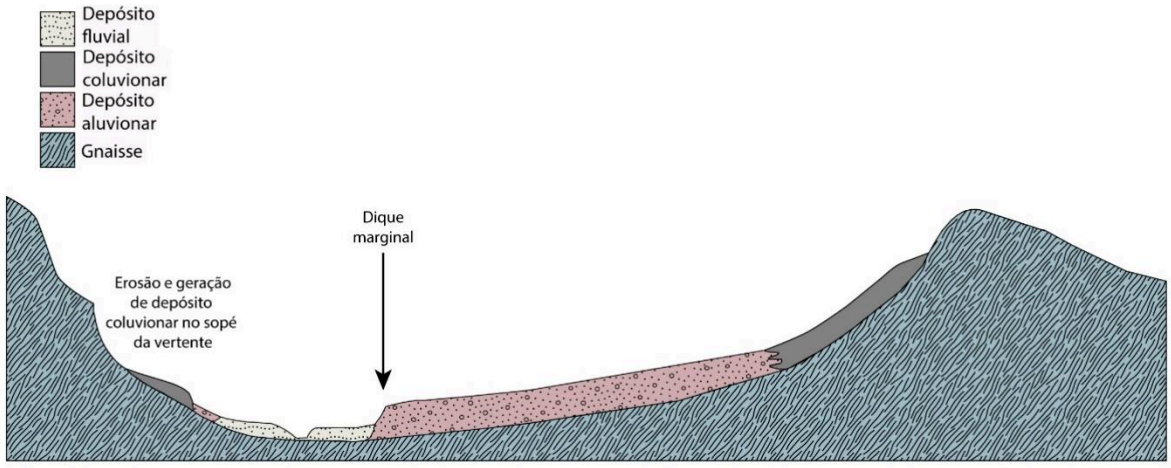
Figura 13: A e B) Blocos de arenitos aflorantes na borda escarpada da Bacia do Paraná. C) Morro testemunho de arenito com limites traçados por linhas amarelas em contato com embasamento. D) Detalhe de amostra de mão de arenito. Notar laminações marcadas por alternâncias na intensidade das tonalidades róseo-alaranjadas dos grãos. E) Bloco de arenito movimentado em morro testemunho com exposição de superfície com marcas de onda. F) Morro testemunho de arenitos com seta branca representando o ângulo de inclinação do acamamento (média 12º) na direção W a WNW.



Sobrepostos aos arenitos encontra-se coberturas latossolizadas, onde na escarpa são representadas por Plintossolos Pétricos e no interior dos Planaltos Tabulares por Latossolos Vermelhos e Latossolos Amarelos. No interior de áreas de acumulação fluvial, com

características de veredas, podem ser encontrados solos hidromórficos, e espessos horizontes orgânicos, utilizados na região para exploração de turfa. Também podem ser encontradas coberturas quaternárias sobre o embasamento cristalino, nas porções nordeste e leste da área, com solos mais espessos e desenvolvidos sobre depósitos coluvionares ou aluvionares (Figura 14). Depósitos fluviais dispostos em barras de areia se inserem nas margens de rios que meandram em locais de fundo de vale plano.

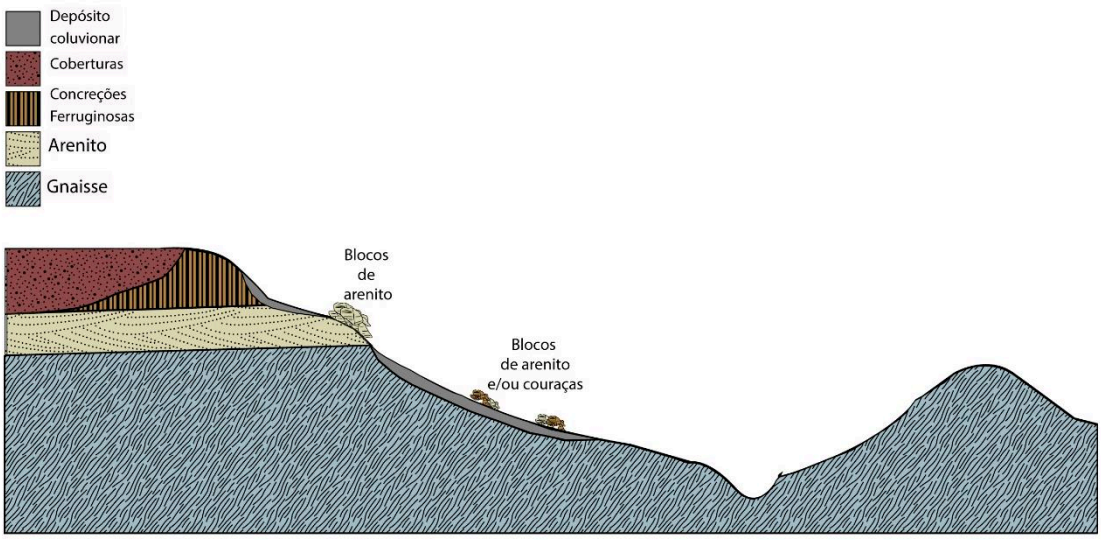
Figura 14: Ilustração em perfil dos depósitos quaternários sobre o embasamento na porção nordeste da área.



Fonte: De autoria própria.

Em síntese, a cobertura pedológica indiferenciada é representada por Latossolos e a cobertura aluvionar por solos hidromórficos desenvolvidos em condições de saturação de água durante maior parte do ano. Os depósitos coluvionares se caracterizam pela remobilização de material ao longo da vertente, sejam fragmentos de couraças e/ou blocos de arenito (Figura 15). Os depósitos aluvionares se localizam nas vertentes que margeiam os canais fluviais meandrantes, e esses depósitos são entendidos como antigos terraços, hoje retrabalhados e depositados como bancos de areia anteriormente mencionados. Evidências desse retrabalhamento podem ser observadas como diques marginais e foram mapeados na Carta Geomorfológica.

Figura 15: Ilustração acerca dos depósitos coluvionares na escarpa de transição entre planaltos.



Fonte: De autoria própria.

5.1.4. Geomorfologia

A área mapeada na Carta Geomorfológica (ANEXO 14) é delimitada por duas grandes Unidades Morfoesculturais, sendo os Planaltos Tabulares da Bacia Sedimentar do Paraná e os Planaltos Dissecados da Faixa de Dobramentos Brasília. A primeira Unidade posiciona-se nos quadrantes oeste, sudoeste e sul, em áreasmais elevadas hipsometricamente variando de 960 a 1020 metros. A segunda Unidade localiza-se nos quadrantes noroeste, norte, nordeste e leste, ocorrendo entre altitudes de 720 a 960 metros. Essa transição entre Unidades pode ser separada quase diagonalmente por uma linha NW-SE. No interior de cada uma delas, ocorrem diferentes graus de incisão de drenagem, dimensão de interflúvios, declividade, forma das vertentes, e formas erosivas.

Nos Planaltos Tabulares, podem ser observados amplos interflúvios com vertentes retilíneas e de baixas declividades (predominam <3% a 3-6%) em que formam rampas de mergulho suave em direção aos fundos de vales no interior dessa unidade (Figura 16A). Esses vales são formados por canais de baixa incisão fluvial, pouca dissecação e ocorrem em Aptf, ou seja, áreas de planície e terraços fluviais. As cabeceiras de drenagem se caracterizam por feições em *dale* (Figura 16A), que segundo IBGE (2009), são depressões rasas e úmidas com preenchimento por minerais e/ou materiais orgânicos, com afloramento do lençol freático e posicionadas no terço superior da vertente em interior de chapadas. Também poderiam ser

classificadas como veredas, uma vez que apresentam as características referidas com vegetação típica e presença marcante de buritis (Figura 16B).

A transição dessas Unidades é marcada por uma ruptura topográfica no limite do Planalto Tabular (Figura 17), com escarpa sustentada por arenitos e couraças ferruginosas. No terço inferior da vertente e no fundo de vale dos canais aflora o embasamento sustentado por rochas pré-cambrianas da Faixa Brasília. Dessa forma, entende-se que o limite das Unidades é marcado por Patamar Estrutural tendo em vista a morfoestrutura controlada por litologias sedimentares em contado da borda da Bacia com o embasamento constituído por rochas metamórficas (Figura 17F).

Os Planaltos Dissecados apresentam vertentes declivosas (6% a >30%), interflúvios curtos e um alta densidade e incisão de drenagens (Figura 16C e 16D), criando diferentes padrões de colinas de topo convexo, alongados ou não e com boa quantidade de rupturas topográficas. Além disso, também ocorrem vertentes irregulares, retilíneas, côncavas principalmente em cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatros, e convexas. As formas dos canais fluviais e pluviais variam de padrões dendríticos até mesmo paralelo na porção centro-norte da Carta. À medida que se distancia da escarpa, os vales tendem a se alargar e os rios meandram, e nesses locais os rios interceptam depósitos aluviais antigos (terraços), os erodindo criando diques marginais, e os retrabalhando, depositando esses sedimentos na forma de barras de pontal. Os limites de terraço são evidenciados pelas rupturas topográficas nesses locais, ou até mesmo diferenças de rugosidade e declividade entre os depósitos aluviais e as vertentes que os contornam.

Figura 16: A e B) Interior de Planalto Tabular. A) Setas pretas apontam para Buritis em Aptf com feição em Dale delimitada por linhas pretas que separam vertentes de Latossolo Amarelo. B) Buriti em cava de extração de turfa, antiga vereda. C) Canais pluviais em Planalto Dissecado. D) Canal fluvial em leito rochoso.

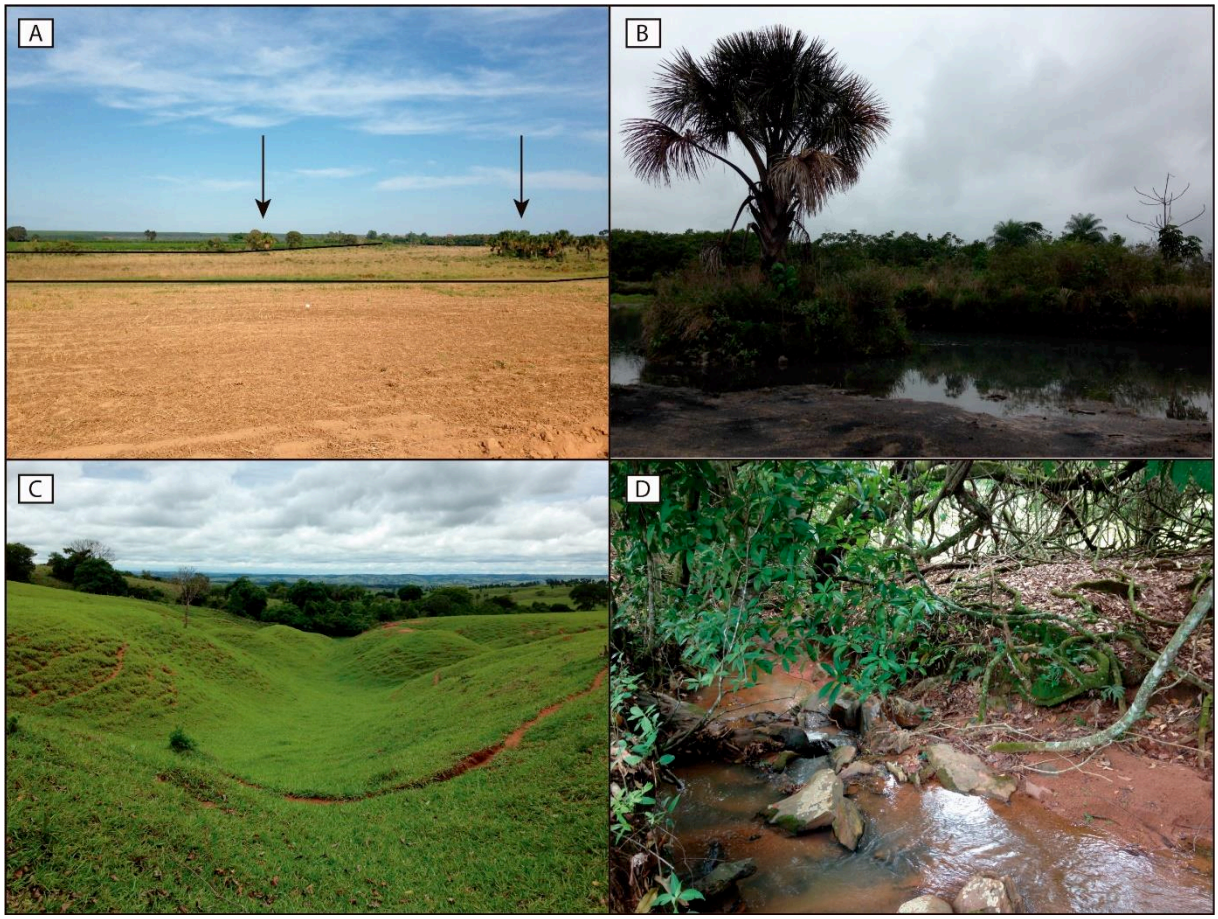
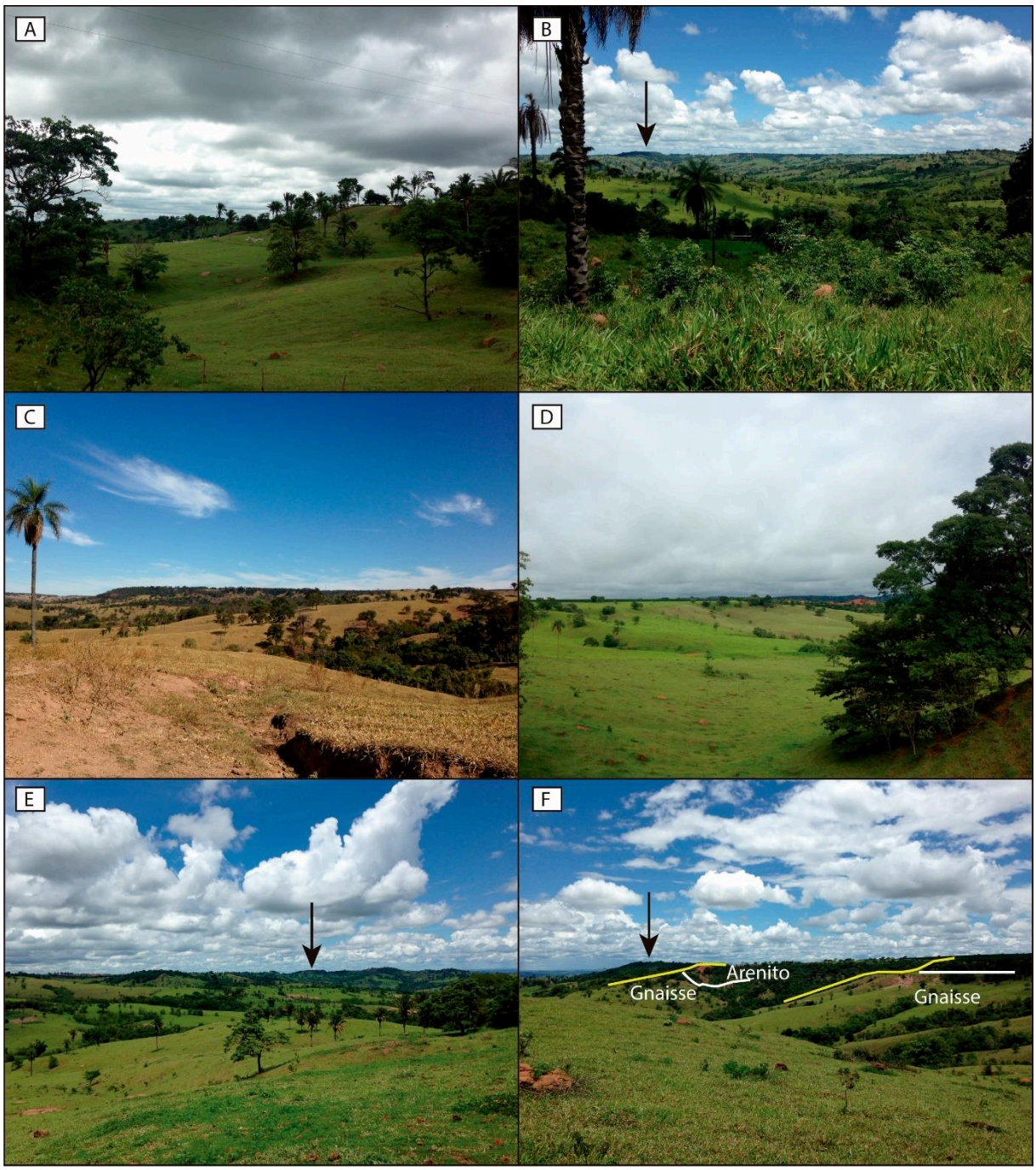


Figura 17: A, B, C, D, E e F) Visadas da quebra escarpada do Planalto Tabular. Setas pretas apontam para morros testemunhos.



São abundantes as ocorrências de sulcos erosivos e ravinas, se localizando principalmente em canais de primeira ordem (Figura 18A, 18B, 18C e 18D), mas em maior parte ou quase totalmente sobre rochas do embasamento cristalino. Voçorocas se posicionam na transição de Unidades Morfoetruturais, em anfiteatros de cabeceira de drenagem, assim como rampas de colúvio (Figura 19A, 19B e 19C). Dessa forma, observa-se uma relação

maior das voçorocas com as escarpas da borda da Bacia e concreções ferruginosas/arenitos. Também é comum a observação de terracetes ou marcas de pisoteio (Figura 19D).

Figura 18: A) Seta preta aponta para ravina em canal de primeira ordem na escarpa. B) Em primeiro plano, ravinas sobre embasamento cristalino, próximas a transição de planaltos. Ao fundo seta vermelha destaca cava de extração de areia na borda do Planalto Tabular e setas pretas apontam para morros testemunhos em processo de separação do planalto tabular. C e D) Setas amarelas destacam sulcos em transição entre planaltos.

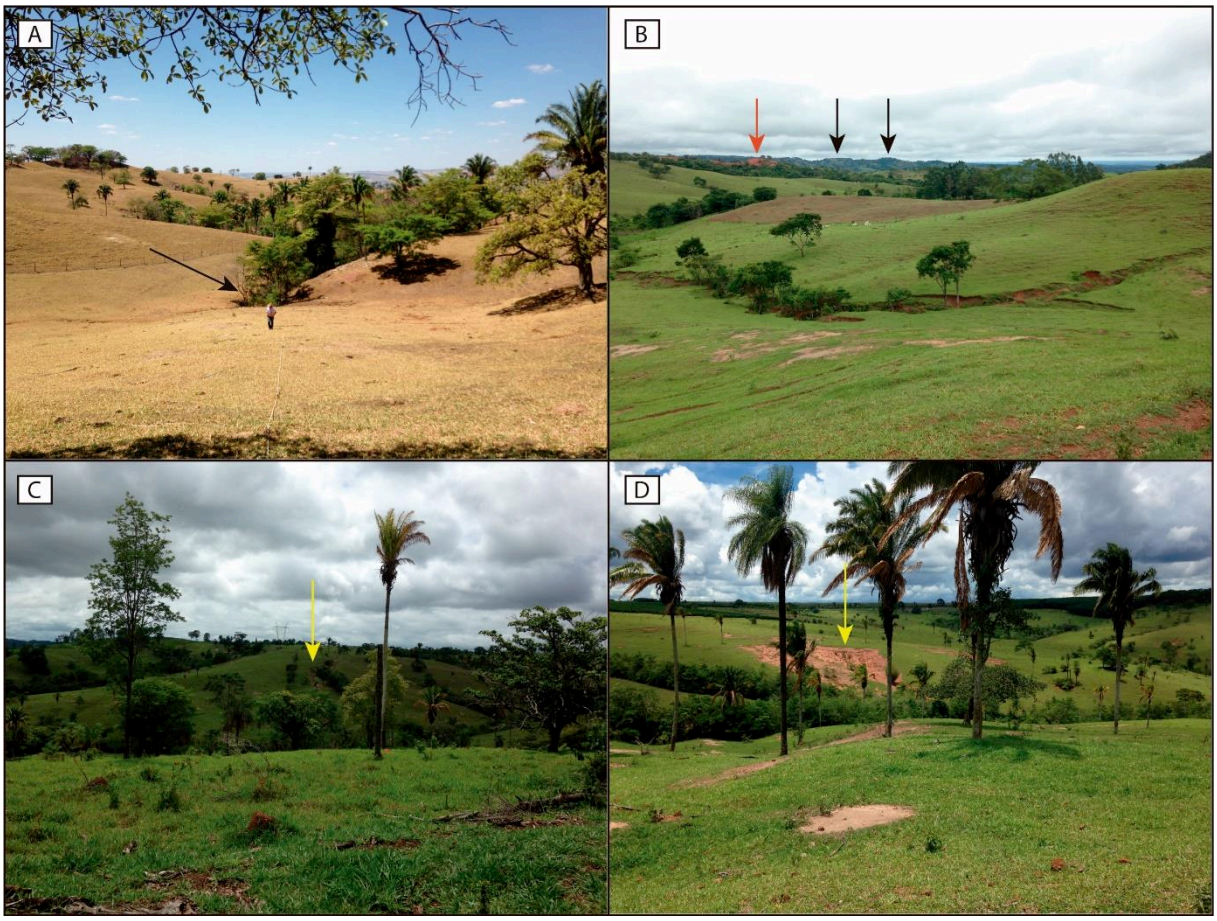
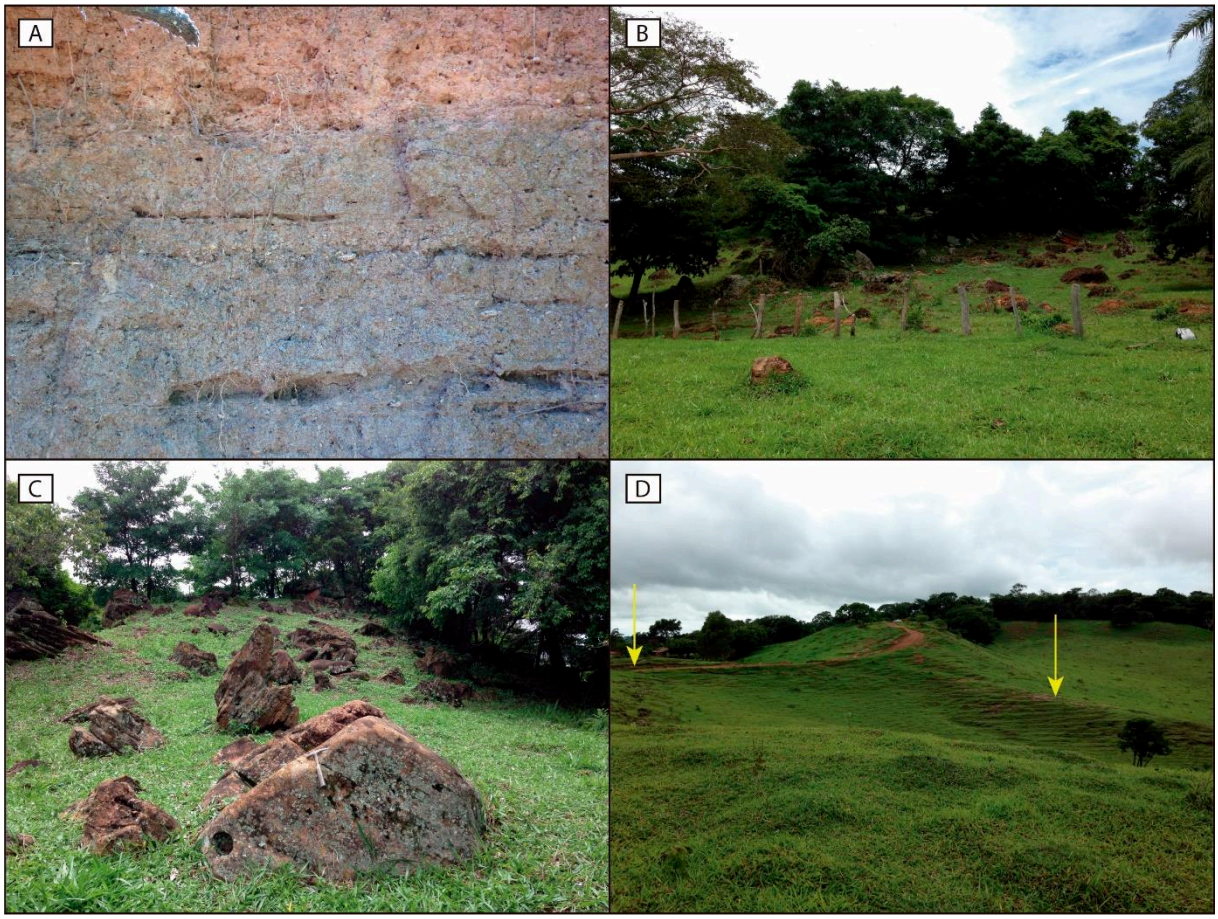


Figura 19: A) Material coluvionar encontrado no interior de ravina da Figura 18A. B e C) Rampa coluvionar formada pelo desmantelamento de morros testemunhos. D) Setas amarelas destacam terracetes (marcas de pisoteio do gado).



5.1.5. Pedologia

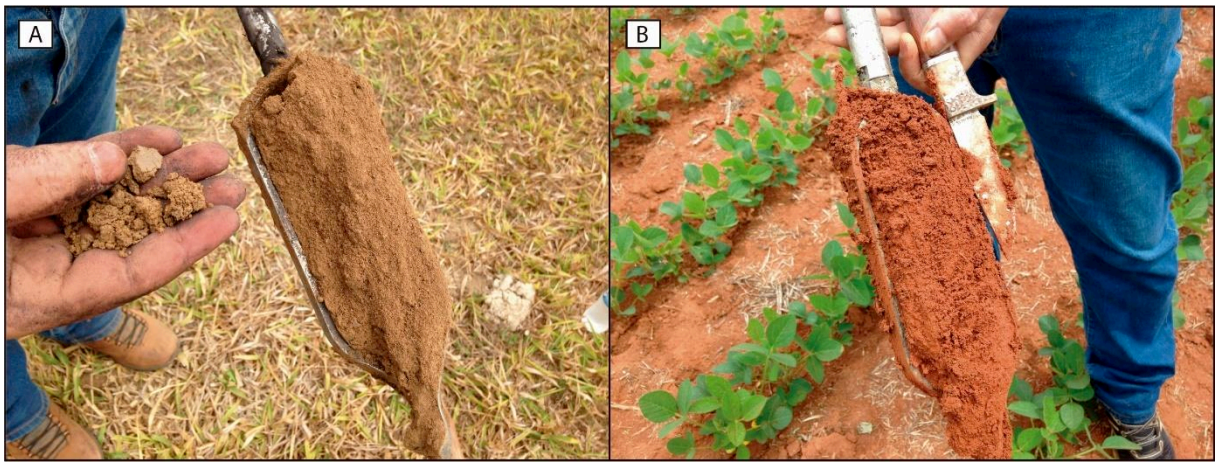
Como anteriormente abordado no capítulo de Geologia (5.1.3.) e Geomorfologia (5.1.4.), também se destaca na Carta Pedológica (ANEXO 15) a presença de dois grandes domínios pedogenéticos diferenciados pela profundidade e desenvolvimento dos solos.

Assim, os Planaltos Tabulares apresentam longas vertentes aplainadas, como citado anteriormente, recobertas por Latossolos Amarelos e Latossolos Vermelhos (Figura 20A e 20B). No interior das áreas úmidas, caracterizadas como áreas de planícies e terraços fluviais (Apft), ocorrem Gleissolos Melânicos e Organossolos Fólicos. Destaca-se na Carta Pedológica a delimitação de áreas apenas com Gleissolos com as áreas de influência do Córrego Estiva apenas com Organossolos. Essa representação levou em conta observações de campo, onde espessos horizontes hísticos superficiais ocorrem nas Aptf do Córrego citado. Tal representação cartográfica é também justificada pela presença de atividade minerária de

turfas na área, onde o horizonte hístico predomina em espessuras superiores aos 40 centímetros.

Nos terços superiores da escarpa erosiva são registrados Plintossolos Pétricos que sustentam o *front* escarpado. Estão sobrepostos à camadas de arenitos da Formação Botucatu, que muitas vezes afloram no terço médio ou superior da vertente.

Figura 20: A) Amostra de trado retirada em Latossolo Amarelo. B) Amostra de trado retirada em Latossolo Vermelho.



Os padrões de solo nos Planaltos Dissecados evidenciam a assimetria dos vales, onde por vezes as vertentes com declividades mais elevadas e de maior densidade de drenagens são recobertas por Neossolos. Em contrapartida nas vertentes mais amplas e menos declivosas desenvolvem-se de Cambissolos. Assim, a atuação reduzida da pedogênese é característica dos Planaltos Dissecados, com exceção dos locais de depósitos coluvionares/coberturas e depósitos aluvionares, onde são desenvolvidos Argissolos Vermelhos. Argissolos Vermelho-Amarelos podem ser encontrados em vertentes longas e aplainadas, menos dissecadas.

5.2. Unidades Geomorfopedológicas

Na Carta Geomorfopedológica foram identificadas cinco Unidades, as quais foram sintetizadas na legenda do ANEXO 16 e são detalhadas ao longo do texto.

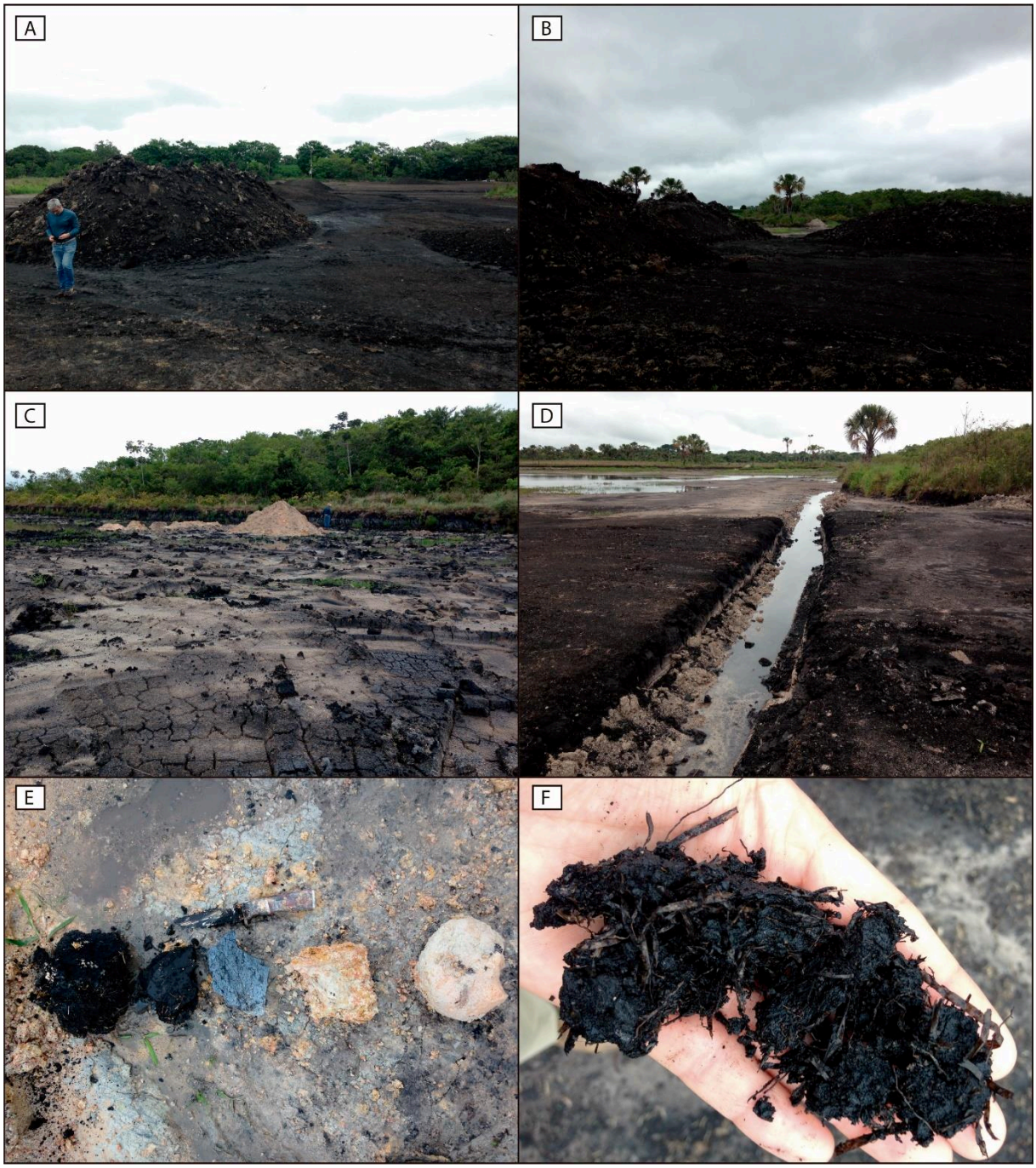
A Unidade Geomorfopedológica I se caracteriza como úmida gleizada em área de acumulação fluvial com feição em *dale* (Figura 21A e 21B), entre altitudes de 945 a 965

metros nas de influência do Córrego Estiva, além de altitudes de 950 a 1000 metros ao sul. Essas áreas se encontram confinadas no interior dos Planaltos Tabulares, com declividades baixas que podem chegar de <3 a 6%, ignorando os valores de declividade distorcidos pela interferência de eucaliptos. Sobre camada de arenitos, as coberturas aluvionares presentes no interior dessa Unidade dão origem a Organossolos Fólicos e Gleissolos Melânicos (Figuras 21C, 21D, 21E e 21F). Essa sequência é exposta na cava de extração de turfas (Figura 21E, 21F, 22A e 22B), onde operários relatam a dificuldade em escavar a camada de arenito abaixo do horizonte glei (Figura 22C, 22D e 22E), sendo a dureza dessa rocha provável reflexo de silicificação. Essa característica do arenito é atestada ao longo dos vários afloramentos da área de estudo. Em uma classificação até o terceiro nível taxonômico (EMBRAPA, 2018), os solos poderiam ser classificados possivelmente como Organossolos Fólicos Fíbricos (Figura 20F).

Figura 21: A e B) Área de acumulação fluvial com feição em *dale*. C) Amostra de trado retirada de horizonte hístico no local da foto B. D) Amostra de trado retirada de horizonte glei no local da foto B. E e F) Perfis de Organossolo/Gleissolo exposto devido ao avanço da frente de lavra. Notar em F estruturas prismáticas formadas no horizonte glei em resposta ao ressecamento devido ao rebaixamento do lençol freático.



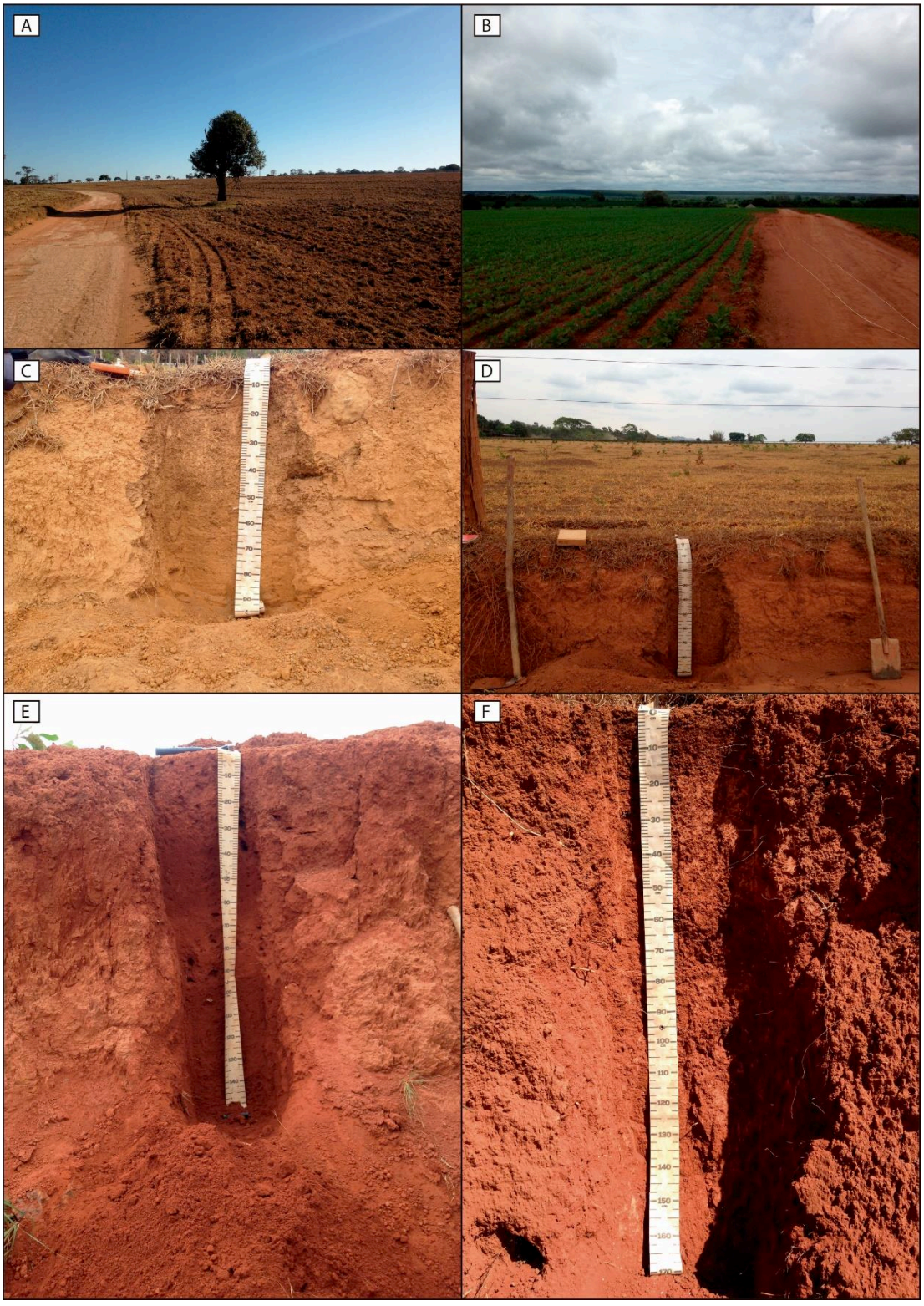
Figura 22: A e B) Empilhamento de material composto por horizonte hístico disposto para secagem. C) Ao fundo da imagem exposição de perfis de Organossolo/Gleissolo e em primeiro plano pavimento esbranquiçado composto por camadas de arenito com superfície de gretas de contração. D) Dreno para escoamento da água com fins de rebaixamento do lençol freático. E) Da esquerda para direita, amostras retiradas de horizonte hístico, transição horizonte hístico/glei, horizonte glei, camada friável do arenito com mosqueados e bloco de arenito silicificado. F) Amostra de horizonte hístico com raízes decompostas em forma de fibras.



A Unidade Geomorfopedológica II ocorre em forma de relevo tabular, com amplos interflúvios aplainados latossolizados (Figura 23A e 23B), ou seja, Planaltos Tabulares com a presença de Latossolos Amarelos (Figura 23C e 23D) e Vermelhos (Figura 23E e 23F). Essa

Unidade é sustentada pelas coberturas que dão origem a extensas vertentes aplainadas e de declividades baixas (<3%) entre altitudes de 960 e 1000 metros. Na região são mapeadas Coberturas Detríco-Lateríticas Coluvionares, descritas como depósitos sedimentares inconsolidados, caracterizados como quartzo-silto-arenosos finos a médios e aqui mapeados na Carta Geológica como Cobertura Pedológica Indiferenciada.

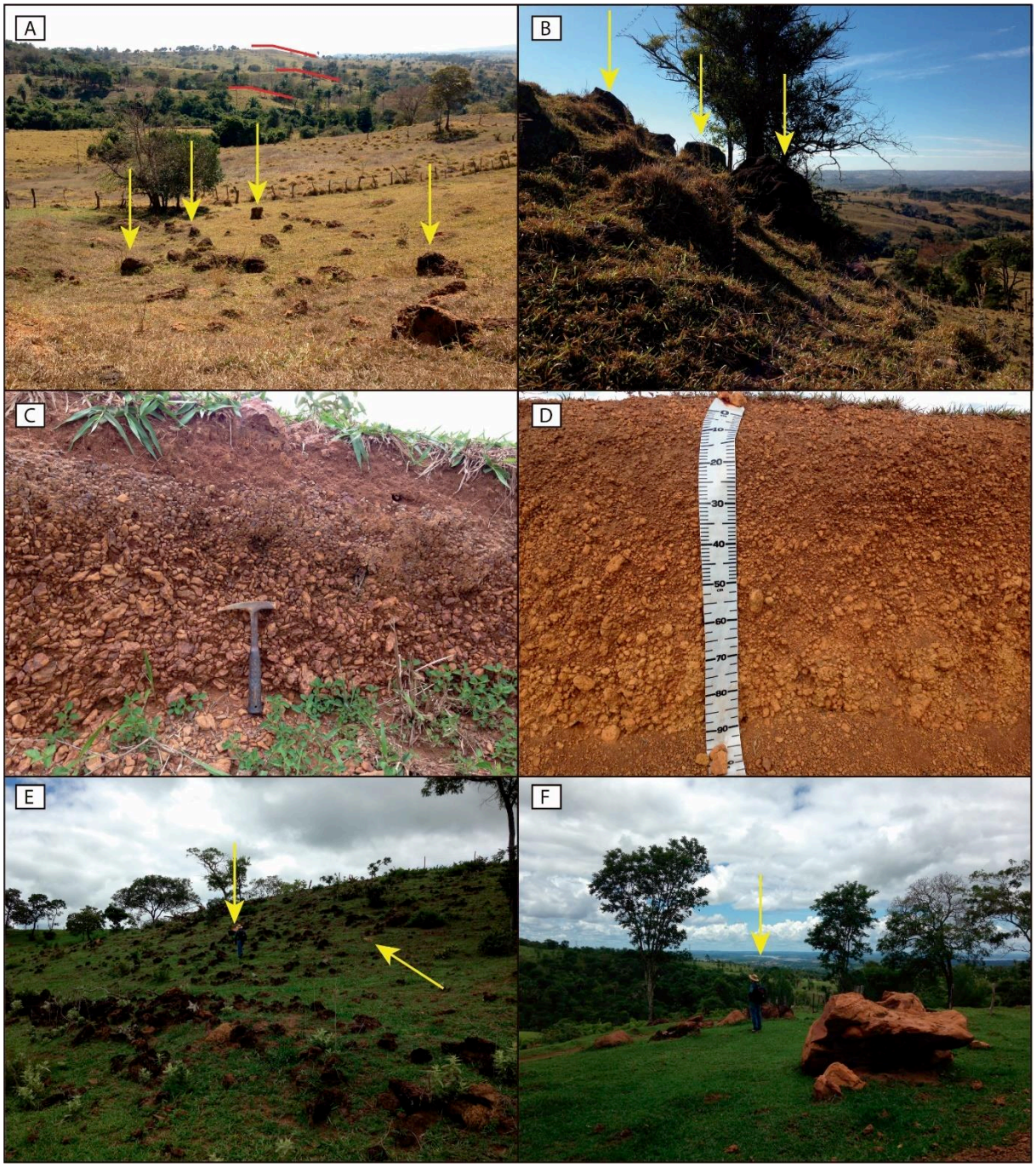
Figura 23: A) Baixa vertente, próxima a Unidade I e recoberta por Latossolo Amarelo. B) Terço médio a superior de vertente com suave declive em direção a Unidade I. Já recobertas por Latossolo Vermelho. C e D) Perfis de Latossolo Amarelo. Em D, próximo a transição LA/LV em terço médio de vertente do Planalto Tabular. E e F) Perfis de Latossolo Vermelho no terço superior da vertente do Planalto Tabular, próximo a Unidade III. Em F, perfil do ponto 20 da secção longitudinal abordada nos subcapítulos seguintes.



Escarpas em patamares estruturais (Figura 24A e 24B) sustentada por couraças ferruginosas e Plintossolos Petrícos (Figura 24C e 24D) sobre arenitos (Figura 24E e 24F), dão origem a Unidade Geomorfopedológica III. As escarpas são regredidas por canais de primeira ordem, e no terço médio e inferior já é possível apontar a presença do embasamento cristalino. Compreende-se que a presença do embasamento na escarpa denote uma feição geomorfológica de *Glint*.

Na Carta de Declividade encontraram-se classes entre 12 a >30% nessa Unidade Geomorfopedológica. A escarpa é posicionada entre altitudes de 900 a 960 metros e se observa na Carta do Índice de Posição Topográfica (IPT), um leve declive dessa unidade em direção ao reverso, ou seja, em direção ao interior da Bacia.

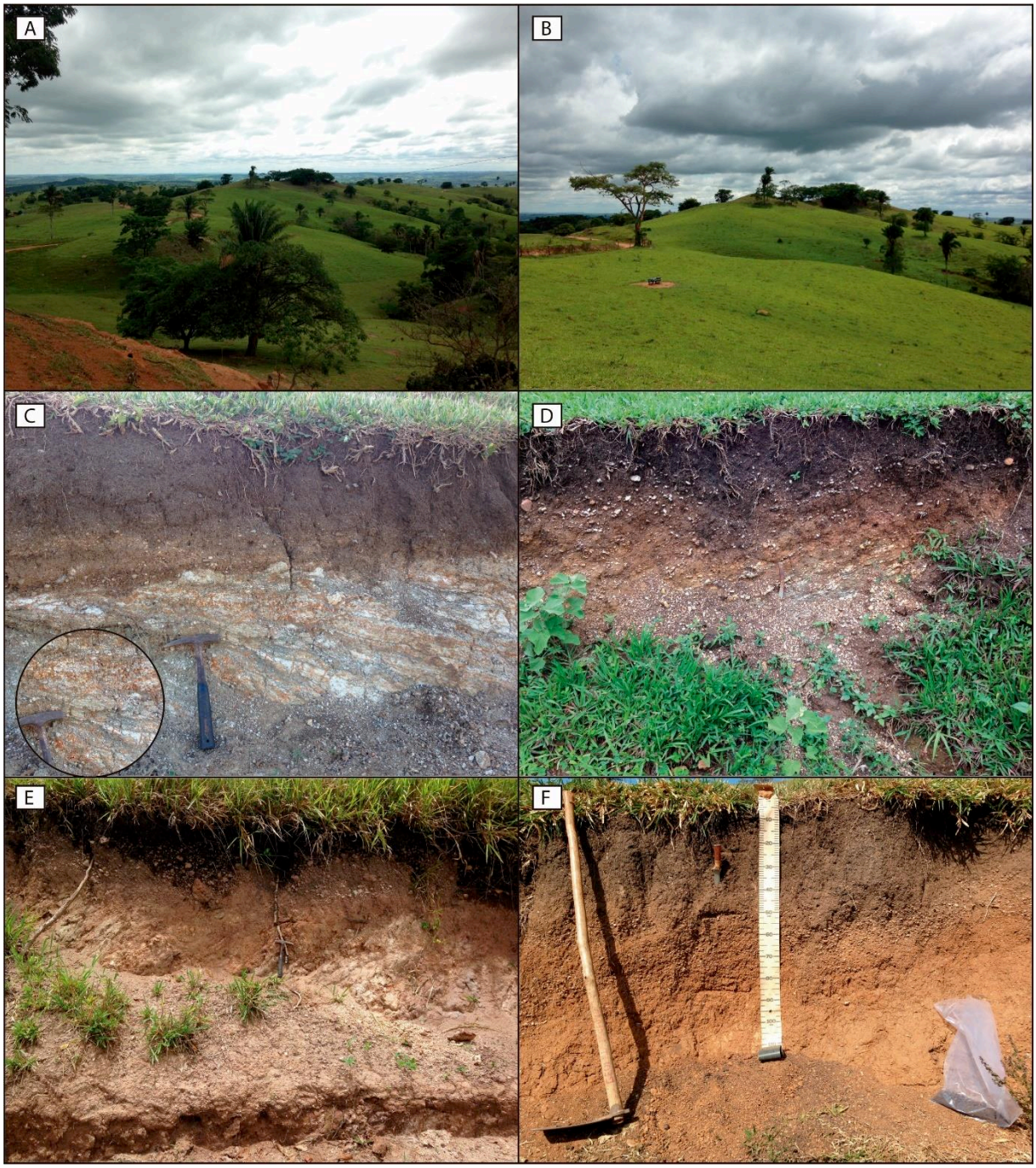
Figura 24: A) Linhas vermelhas destacam dois níveis de patamares estruturais enquanto setas amarelas apontam fragmentos de couraças roladas em rampa coluvionar na escarpa. B) Blocos de arenito destacados por setas amarelas aflorando na quebra escarpada de Planalto Tabular criam nível de patamar. C e D) Plintossolos Pétricos Concrecionários na Unidade Geomorfopedológica III. E) Couraças ferruginosas sobre arenitos em terço superior de quebra escarpada. F) Blocos de arenitos aflorando na escarpa (Unidade Geomorfopedológica III). Ao fundo, seta amarela posiciona cidade de Cascalho Rico e Represa da Emborcação (Rio Paranaíba).



Os Planaltos Dissecados podem ser mais fielmente descritos como morros de topos convexos (Figura 25A e 25B), os quais são dissecados por drenagem dendríticas que nascem na escarpa. Essa Unidade Geomorfopedológica (IV) é sustentada por muscovita-biotita

gnaisses e biotita gnaisses que apresentam bandamento composicional constituído por bandas quartzo-feldspáticas decimétricas intercaladas com bandas centimétricas de biotita e/ou muscovita e porfiroclastos de granada (Figura 25C). Essas rochas apresentam-se comumente nas cores branca a acinzentadas e avermelhadas quando mais intemperizadas, e recobertas principalmente por Neossolos Litólicos/Regolíticos (Figura 25C, 25D e 25E) e Cambissolos Háplicos (Figura 25F), com presença de *stone line*. A cor branca é um indicativo da presença de caulinita formada a partir do intemperismo de feldspatos nos perfis de alteração solo/rocha. Também ocorrem Argissolos Vermelho e Argissolos Vermelho-Amarelo nas regiões de menor dissecação. A Unidade Geomorfopedológica IV dissecada regolítica pedogeneizada, ocorre entre altitudes de 720 a 940 metros, em graus de declividade alta (6 a >30%).

Figura 25: A e B) Planaltos Dissecados com topos convexos encouraçados. C) Perfil de Neossolo Regolítico com horizonte C constituído por gnaisse com bandas quartzo-feldspáticas alternado por bandas de biotita/muscovita. No canto inferior esquerdo, detalhe da rocha com pontos alaranjados ou ocres que são formados a partir do intemperismo de porfiroclastos de granada. D) Perfil de Neossolo Regolítico onde o bandamento gnáissico é parcialmente preservado por veios de quartzo com mergulho para direção esquerda. E) Neossolo com *stone line* posicionada entre o horizonte A e o horizonte C consituído por xisto. F) Perfil de Cambissolo Háplico com *stone line*. O perfil é do ponto 27 da secção longitudinal, abordada mais a frente.



A Unidade Geomorfopedógica V, residual saprolítica e rochosa é constituída por morros testemunhos de arenitos da Formação Botucatu. Os blocos são dispostos de forma

caótica (Figura 26A) em rampas coluvionares na periferia ao redor dessas unidades e também apresentam características relevo ruiniformes (Figura 26B e 26C). Alguns blocos e afloramentos (Figura 26D) apresentam evidências de basculamento, com mergulho das camadas para W a WNW em ângulos superiores a 10º, como pode ser observado na Figura 26E. O contato entre duas camadas não é disposto na horizontal, apresentando mergulho da ordem de 12º.

Os afloramentos de arenitos da Unidade ocorrem entre altitudes de 915 a 960 metros, e em grande parte apresentam correspondência altimétrica com os afloramentos de arenitos encontrados na escarpa do Planalto Tabular. Destaca-se ainda que são encontrados nestes morros testemunhos níveis encouraçados, sobrepostos aos arenitos e sustentando topos aplainados (Figura 26F). Também é observado uma correspondência altimétrica entre as couraças desses topos dos morros testemunhos com as couraças que sustentam a escarpa erosiva da Unidade Geomorfopedológica III.

Figura 26: A) Seta preta destaca morro testemunho composto por arenitos. B) Residual de arenito na forma de relevo ruiniforme. Seta branca destaca ângulo e sentido do mergulho da camada para W a WNW. C) Bloco da foto B em detalhe. D) Afloramentos de arenitos em relevo residual. Notar seta branca destacando mergulho da camada para W a WNW. E) Bloco com evidências de basculamento no local da foto D. Seta branca destaca sentido do mergulho para W a WNW, enquanto seta amarela destaca contato entre camadas. O contato é distinguido pela erosão do topo da camada inferior, com deposição com mudança no ângulo da estratificação da camada superior. A diferença no ângulo entre a estratificação das duas diferentes camadas, destaca o contato não horizontal entre essas, reforçando a hipótese do basculamento. F) Topo aplainado de morro testemunho. Este apresenta-se encouraçado no topo, com murundus, e escarpas com blocos de arenitos rolados ao longo de rampa coluvionar.



5.3. Secção longitudinal (transecto) e os perfis de solos

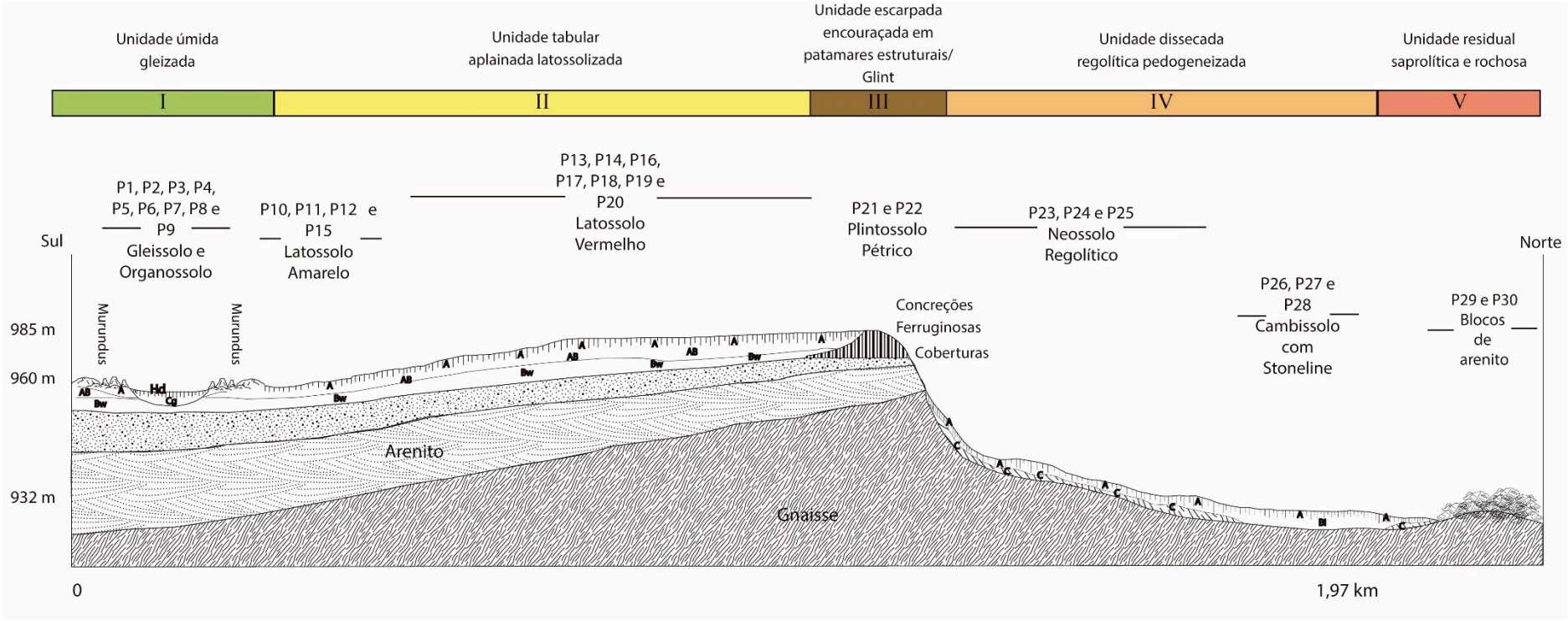
Uma das etapas realizadas durante atividades de campo foi a organização da secção longitudinal representada na Carta Geomorfopedológica, que interceptou as cinco Unidades Geomorfopedológicas reconhecidas (Figura 27). As unidades I e II constituem uma topossequência, de norte a sul. De sul para norte, as unidades III, IV e V constituem uma litossequência.

Na topossequência as variações laterais dos solos são respostas as mudanças topográficas e ao comportamento do relevo com rampa suavemente aplainada em direção ao fundo de vale. Transita de Latossolo Vermelho para Latossolo Amarelo, e então Gleissolo Melânico e Organossolo Fólico associados em ambiente de vereda.

No caso da litossequência, ocorre uma variação litológica/estratigráfica a medida em que se transita pelas unidades III, IV e V, onde esta variação em conjunto a declividade e dissecação do relevo, interfere na distribuição e desenvolvimento dos solos. Tem-se formação de Plintossolo Pétrico, Neossolo Litólico/Regolítico e Cambissolo Háplico com *stone line*.

No contínuo do texto são apresentados os perfis de solos caracterizados para a secção longitudinal (transecto).

Figura 27: Seção longitudinal interceptando as Unidades Geomorfopedológicas reconhecidas, indicada em linha vermelha na Carta Geomorfopedológica (ANEXO 16).



Fonte: Modificado de Batista *et al.* (2021).

5.3.1. Solos hidromórficos em Unidade Úmida Gleizada

Em área de atuação do Córrego Estiva, têm-se áreas hidromórficas que transitam para as vertentes latossolizadas por um campo de murundus, hoje retirados para fins agrícolas. Nesse local, há uma associação de Gleissolo Melânico e Organossolo Fólico, onde a variação ocorre justamente pela variada espessura do horizonte hístico (Hd) formado por vegetação adaptada e murundus, sobre horizonte glei (Cg). A classificação do horizonte como hístico e não como orgânico se dá pelas condições de influência direta do lençol freático pela maior parte do ano, não sendo esses solos livres de atuação da drenagem, o que ocasiona um ambiente saturado. Dados em campo apontaram que o lençol freático se localiza em média entre 1 e 1,5 metros de profundidade. O horizonte hístico apresenta cor preta em resposta à presença de matéria orgânica com espessura máxima encontrada de 70 centímetros. O horizonte glei possui cores acinzentadas e ganho no teor de argila. A Quadro 1 apresenta os pontos checados em campo na secção longitudinal da área da Unidade Geomorfopedológica I:

Pontos	**Horizontes**	**Profundidade (cm)**	**Espessura (cm)**	**Classificação**	**Código**
1 (7931918; 204343)	Hd	0 - 25	25	Gleissolo Melânico	GM
	Cg	25 - 130	105		
2 (7931978; 204368)	Hd	0 - 70	70	Organossolo Fólico	OO
	Cg	70 - 130	60		
3 (7931952; 204366)	Hd	0 - 70	70	Organossolo Fólico	OO
	Cg	70 - 130	60		
4 (7931939; 204352)	Hd	0 - 35	35	Gleissolo Melânico	GM
	Cg	35 - 130	95		
5 (792054; 204402)	Hd	0 - 40	40	Gleissolo Melânico	GM
	Cg	40 - 130	90		
6 (7932008; 204389)	Hd	0 - 40	40	Gleissolo Melânico	GM
	Cg	40 - 130	90		

7 (7931993; 204383)	Hd	0 – 60	60	Organossolo Fólico	OO
	Cg	60 - 130	70		
8 (7932031; 204394)	Hd	0 – 35	35	Gleissolo Melânico	GM
	Cg	35 - 130	95		
9 (7932044; 204400)	Hd	0 – 35	35	Gleissolo Melânico	GM
	Cg	35 - 130	95		

Quadro 1: Horizontes de perfis da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica I.

5.3.2. Latossolos em Unidade Tabular Aplainada Latossolizada

Seguindo na topossequência, em vertente de Planalto Tabular sentido topo da chapada, foram identificados Latossolos, dado o aumento na espessura do manto de intemperismo e atuação dos processos pedogenéticos. Os Latossolos Amarelos ocorrem dos limites com as áreas hidromórficas até média vertente. Deste ponto ao limite do topo da chapada com o rebordo erosivo, a cobertura é representada por Latossolos Vermelhos.

Os Latossolos apresentam comumente horizonte superficial pedoturbado (Ap), textura granular, grãos de quartzo e bioturbação por raízes de braquiária até horizontes subsuperficiais (AB), seguido de horizonte Bw. Os Latossolos Amarelos possuem forte coesão, plintitas a 50 cm de profundidade, que foram observadas em maior presença e relacionadas à proximidade e influência da oscilação do lençol da Unidade Úmida Gleizada (I).

Ambos os Latossolos são fracamente magnéticos, sobretudo os Latossolos Vermelhos, o qual no ponto 20 tem maior conteúdo de argila (Figura 47). Os horizontes Ap tem espessuras médias de 20 centímetros, AB de 15 a 25 centrímetros e Bw de 30 a 75 centímetros. A transição Latossolo Amarelo para o Latossolo Vermelho é marcada no ponto 16 da secção longitudinal. Além deste ponto, o Quadro 2 elenca os horizontes de perfis de Latossolos registrados para a secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica II.

Pontos	**Horizontes**	**Profundidade (cm)**	**Espessura (cm)**	**Classificação**	**Código**

10 (7932096; 204398)	Ap	0 – 20	20	Latossolo Amarelo	LA
	AB	20 - 50	30		
	Bw	50 +	30 +		
11 (7932134; 204430)	Ap	0 – 20	20	Latossolo Amarelo	LA
	AB	20 - 50	30		
	Bw	50 +	30 +		
12 (7932213; 204459)	Ap	0 - 25	25	Latossolo Amarelo	LA
	AB	25 – 45	20		
	Bw	45 +	30 +		
13 (7932582; 204824)	Ap	0 – 10	10	Latossolo Vermelho	LV
	AB	10 - 35	25		
	Bw	35 +	20 +		
14 (7932392; 204537)	Ap	0 – 20	20	Latossolo Vermelho	LV
	AB	20 - 40	20		
	Bw	40 +	20 +		
15 (7932280; 204488)	Ap	0 – 25	25	Latossolo Amarelo	LA
	AB	25 - 40	15		
	Bw	40 +	20 +		
16 (7932343; 204514)	Ap	0 – 30	30	Latossolo Vermelho	LV
	AB	30 - 55	25		
	Bw	55 +	30 +		
17 (7932600; 205040)	Ap	0 - 15	15	Latossolo Vermelho	LV
	AB	15 - 45	30		
	Bw	45 +	20 +		
18 (7932686; 205098)	Ap	0 – 20	20	Latossolo Vermelho	LV
	AB	20 - 35	15		
	Bw1	35 – 70	35		
	Bw2	70 +	30 +		
19 (7932730; 205120)	Ap	0 - 20	20	Latossolo Vermelho	LV
	AB	20 – 35	15		
	Bw1	35 - 70	35		
	Bw2	70 +	40 +		

20 (7932778; 205144)	Ap	0 – 15	15	Latossolo Vermelho	LV
	AB	15 - 35	20		
	Bw	35 – 110	75		
	Bw2	110	40 +		

Quadro 2: Horizontes de perfis de Latossolos da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica II.

5.3.3. Plintossolos Pétricos em Unidade escarpada encouraçada em patamares estruturais/Glint

Os Plintossolos Pétricos se estendem desde a borda do Planalto Tabular até do terço superior e médio da escarpa erosiva, onde passam a aflorar arenitos da Formação Botucatu. No ponto 20 (Quadro 3) (Figura 28A) da topossequência, pertencente à Unidade Geomorfopedológica II e transição para III, é possível identificar em corte de estrada o avanço dos Latossolos sobre as couraças, em um processo de latossolização do topo em direção a base do perfil.

A espessura do horizonte F dos Plintossolos é variada e podem superar os 5 metros (Figura 28A). Nos perfis do solo referido foram identificados grânulos de quartzo grosso (Figura 28B), onde a textura serrilhada e formato anguloso dos cristais (Figura 28C) apontam para origem metamórfica e evidenciam contribuição de material do embasamento.

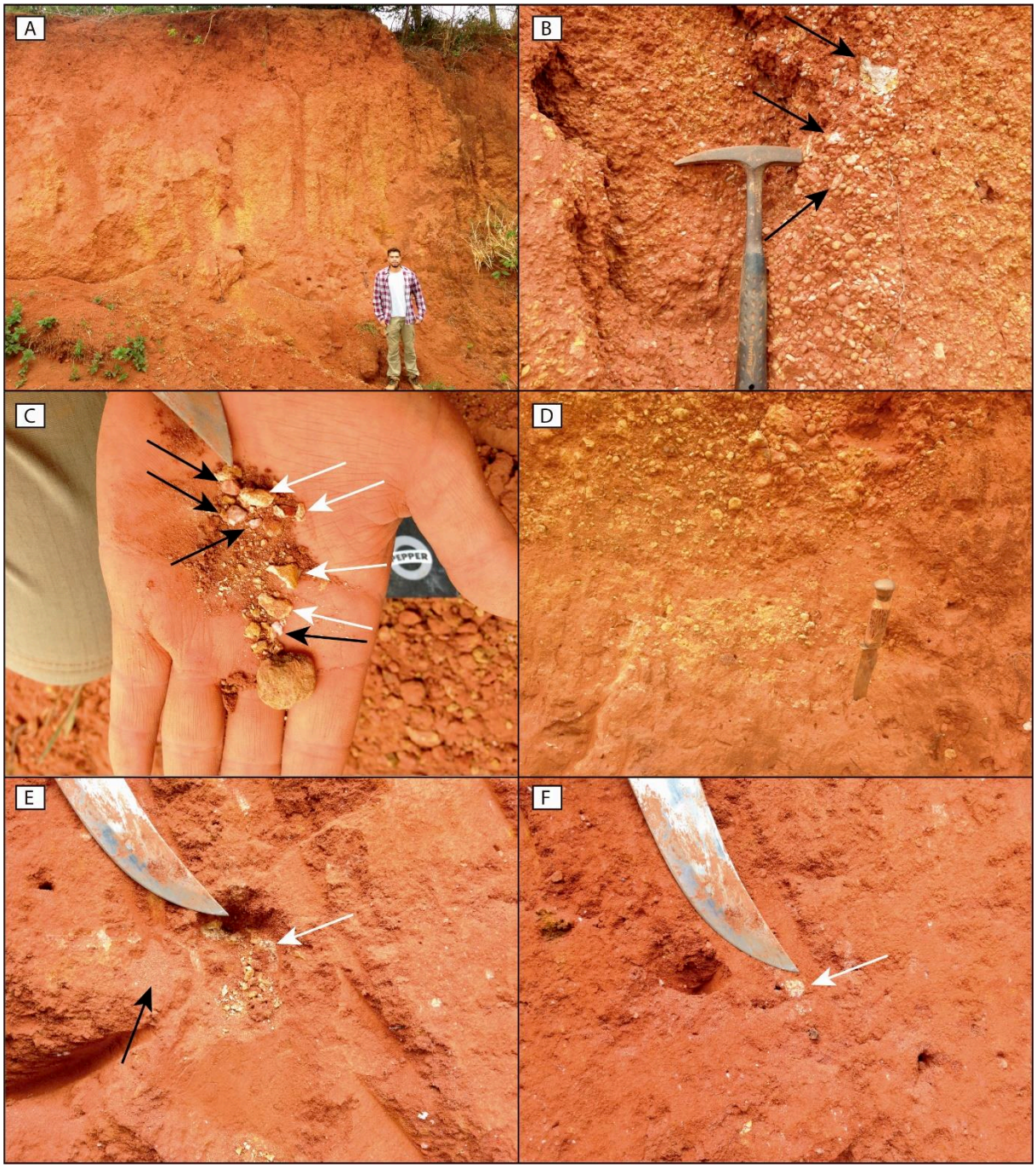
Já no interior das couraças que compõem o solo, observam-se grãos de quartzo arredondados em frações areia média. A cor do solo é ocre a vermelho-rosada em alguns pontos dos horizontes (Figura 28D), em que o predomínio da primeira pode estar relacionado a maior presença de goethita. Na base do perfil, é possível a identificação de caulinita, dada a cor branca e textura sedosa (Figura 28E e 28F). Dada as características observadas no perfil de alteração e no material que compõe o solo, compreende-se que possivelmente este solo vem se desenvolvendo em material laterizado, o qual se formou pelo avanço dos processos de laterização sobre pavimento detrítico, formado por seixos do arenito e alguns fragmentos de minerais da rocha que compõe o embasamento.

Pontos	**Horizontes**	**Profundidade (cm)**	**Espessura (cm)**	**Classificação**	**Código**
21	Ac	0 - 30	30	Plintossolo	FF

(7932839; 205157)	F	30+	300+	Pétrico	

Quadro 3: Horizontes de perfil de Plintossolo Pétrico da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica III

Figura 28: Perfil de Plintossolo. A) Plintossolo Pétrico no ponto 20 da secção longitudinal. B) Setas pretas apontam para grãos de quartzo. C) Setas pretas apontam para grãos de quartzo. Setas brancas apontam para blocos de caulinita. D) Horizonte com níveis de cor ocre e níveis de cor rosa-avermelhada. E) Seta preta aponta para níveis de areia quartzosa e seta branca para bolsão de caulinita. F) Seta branca destaca bloco de caulinita.



5.3.4. Neossolos e Cambissolos em Unidade dissecada regolítica pedogeneizada

Na secção longitudinal observou-se que os Neossolos estão posicionados em áreas de maior declividade e apresentam comumente no horizonte A com veios de quartzo azul provenientes do embasamento. Já os Cambissolos ocorrem em rampas mais extensas e de declividade um pouco menor. Mesmo assim, ocorre uma variação intensa de Cambissolos e Neossolos, dificultando a delimitação cartográfica entre as classes tendo em vista a irregularidade em que o manto de intemperismo e os processos pedogenéticos avançam sobre o gnaisse, causando muitas vezes uma transição irregular entre os horizontes A e C ou Bi e C. O Quadro 4 destaca os horizontes dos perfis de solos checados para a secção longitudinal na Unidade Geomorfopedológica IV.

Pontos	**Horizontes**	**Profundidade (cm)**	**Espessura (cm)**	**Classificação**	**Código**
23 (7932912; 205281)	A	0 - 10	10	Neossolo Regolítico	RR
	C	10 +	40 +		
24 (7932960; 205376)	A	0 – 15	15	Neossolo Regolítico	RR
	C	15 +	40		
25 (7932986; 205420)	A	0 – 10	10	Neossolo Regolítico	RR
	C	10 +	40 +		
27 (7933065; 205473)	A	0 – 20	20	Cambissolo Háplico	CX
	AB	20 - 50	30		
	Stone line	50 - 80	30		
	2Bi	80 - 150	70		
	C	150 +	20 +		

Quadro 4: Horizontes de perfis de Neossolo e Cambissolo da secção longitudinal em Unidade Geomorfopedológica IV

5.4. Descrição macromorfológia de perfis e tratamento amostral (granulométrico, morfoscópico e micromorfológico)

Foram realizadas descrições morfológicas completas (SANTOS, 2005; IBGE, 2015; EMBRAPA. 2018) em 3 perfis da secção longitudinal, sendo Latossolo Amarelo (P12), Latossolo Vermelho (P20) e Cambissolo Háplico (P27). Também foi descrito um perfil de Argissolo Vermelho localizado no Planalto Dissecado, mas que não compõe a secção longitudinal. Justifica essa inclusão, considerando que nesta secção longitudinal não foi localizado um Argissolo.

Para esses 4 perfis de solos foram coletas amostras deformadas e indeformadas tratadas do ponto de vista granulométrico, macroscópico e morfoscópico (fração grossa) e micromorfológico. As descrições englobam a macromorfologia dos perfis (descrição completa nos anexos 1 e 2), da fração grossa em cada horizonte (descrição completa nos anexos 3, 4, 5 e 6) e micromorfologia do solo.

5.4.1. Latossolo Amarelo (LA) – Ponto 12

As amostras dos horizontes nesse perfil apresentam cor marrom a marrom clara quando úmida e marrom avermelhado a marrom quando seca. A estrutura é do tipo granular, de tamanho muito pequeno a pequeno e grau forte dos agregados. Sua consistência é ligeiramente dura a macia, e friável quando úmida. O solo é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, reflexo da textura muito argilosa (Figura 47). A descrição morfológica completa se encontra no ANEXO 1.

A fração grossa do solo é composta por quartzo, nódulos (Figura 29A), opacos e carvão (ANEXO 3), apresentando leve magnetismo, mas com maior atração, quando comparado aos outros 3 solos. Os cristais de quartzo são moderadamente selecionados a mal selecionados no horizonte Ap, e tendem a aumentar para bem selecionados nos horizontes abaixo. Diferentemente do padrão observado em outros solos, os cristais presentes têm cores variadas, que vão de translúcido a esbranquiçado, amarelado, alaranjado e vermelho rosado (Figura 29A e 29B). Os grãos de quartzo na fração areia muito fina são bem rolados e em frações areia média a grossa angular a subangular, e cristais angulosos sub-rolados predominam no horizonte Bw.

Os nódulos e opacos são moderadamente selecionados, onde esses apresentam-se esferoidais e sub-angulares (Figura 29C e 29D). No interior dos nódulos de ferro e goethita (distinguida pela cor ocre), tem-se inclusões de grãos de quartzo com diminuição desses grãos em quantidade nos horizontes AB e Bw (Figura 29E e 29F). A presença de carvão no solo é reconhecida pela estrutura fibrosa, acicular e alongada.

Observa-se na Figura 30 que a fração areia predominante é fina, seguida de média, com quase ausência de cristais na fração areia muito grossa, com média da fração mais abundante em torno de 40% da fração areia total.

Figura 29: A) Nódulos ferruginosos em meio a grãos de quartzo de diversas cores e formas no horizonte Ap. B) Quartzos translúcidos, foscos a avermelhados e bem arredondados em horizonte Ap. C) Minerais opacos magnéticos em horizonte AB. D) Nódulo ferruginosos com quartzo arredondado em fração areia muito fina em horizonte AB. E e F) Cristais de quartzo fração areia fina a média em horizonte Bw.

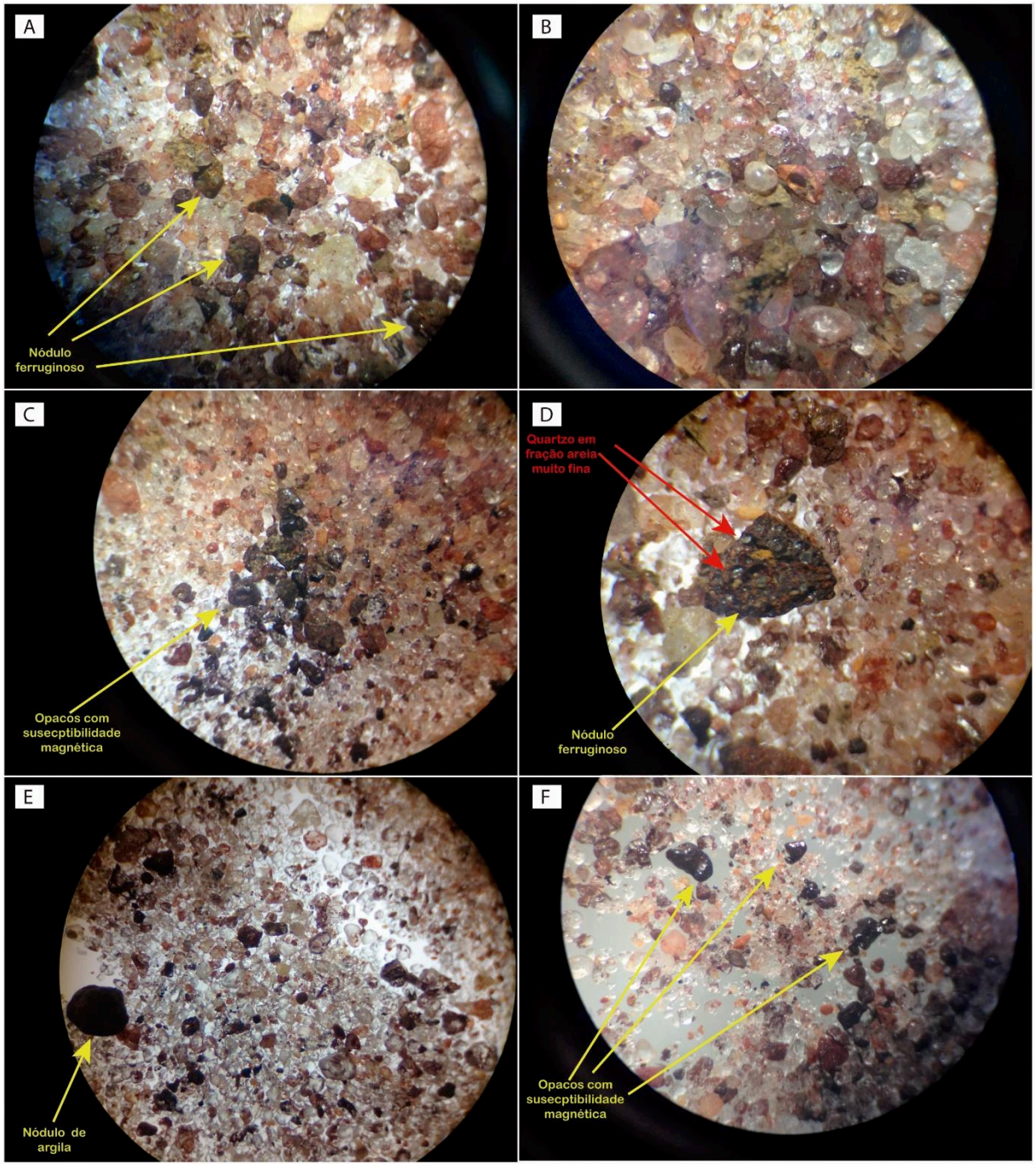
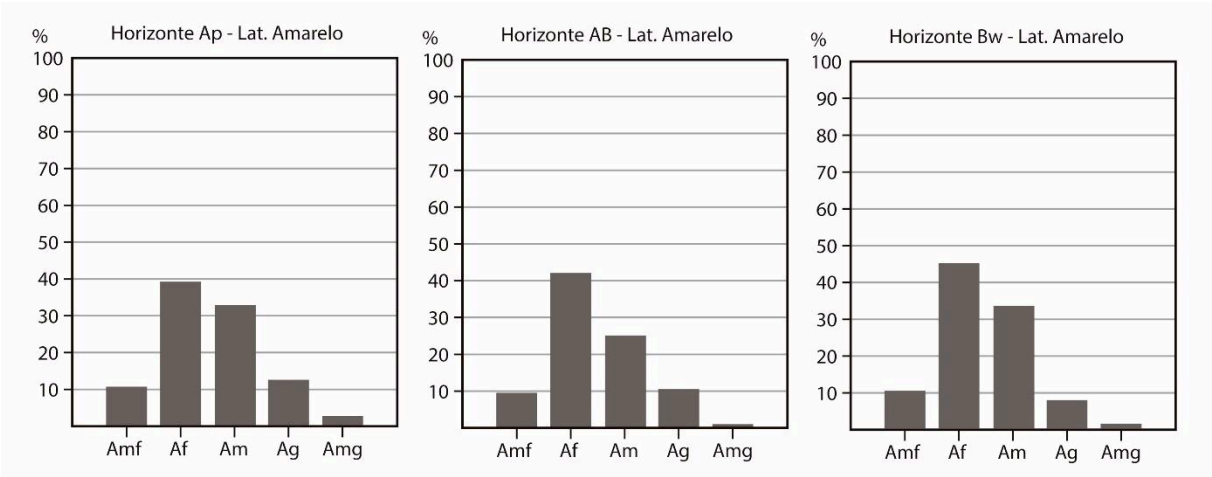


Figura 30: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Latossolo Amarelo.



5.4.2. Latossolo Vermelho (LV) – Ponto 20

Como indicado na Tabela 2 foram reconhecidos quatro horizontes para este perfil, os quais apresentam cor vermelha quando secos e úmidos, com exceção ao horizonte Bw2, que apresentou cor marrom a marrom avermelhando, quando úmido e seco, respectivamente. A estrutura é granular de grau moderado a forte nos dois primeiros horizontes, com ocorrência também de estruturas em blocos angulares nos horizontes Bw1 e Bw2. Possui consistência ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, e textura muito argilosa, variando entre 62 e 77% (descrição completa no ANEXO 1).

Foi identificado na fração grossa do solo, quartzo, nódulos e minerais opacos. O quartzo é mal selecionado no horizonte Ap e muito bem selecionado nos horizontes abaixo (AB, Bw1 e Bw2), esferoidal e bem rolado em frações areia muito fina em Ap e AB, e em Bw1 e Bw2, subangular a angular em frações areia média a grossa (Figura 31A a 31F). Os nódulos são foscos, moderadamente selecionados e podem ser separados em nódulos de argila, reconhecidos pela cor marrom, e nódulos de ferro, reconhecidos pelo brilho metálico. Os minerais opacos possuem brilho metálico e goethitas cor ocre. O perfil possui pouquíssima quantidade de minerais magnéticos (<1%), estimada pelo teste com ímã e comparação com a fração grossa presente (descrição completa no ANEXO 4).

Observa-se na Figura 32 que a fração fina é predominante, seguida de média. A partir do horizonte Bw, há o decréscimo da fração areia média e aumenta a porcentagem de fração areia muito fina, que passa a se tornar a segunda mais predominante. Destaca-se o acréscimo

da fração areia muito grossa a partir dos horizontes mais profundos, o que pode ser um indicativo de aproximação com a base do perfil e/ou horizonte C.

Figura 31: A e B) Grãos de quartzo arredondados, nódulos ferruginosos e nódulos de argila principalmente constituem a fração grossa no horizonte Ap. C, D e E) Composição semelhante a A e B, no entanto nos horizontes AB, Bw1 e Bw2. E) Minerais magnéticos no horizonte Ap. Destaca-se o aumento progressivo em quantidade dos nódulos de argila do topo para a base do perfil.

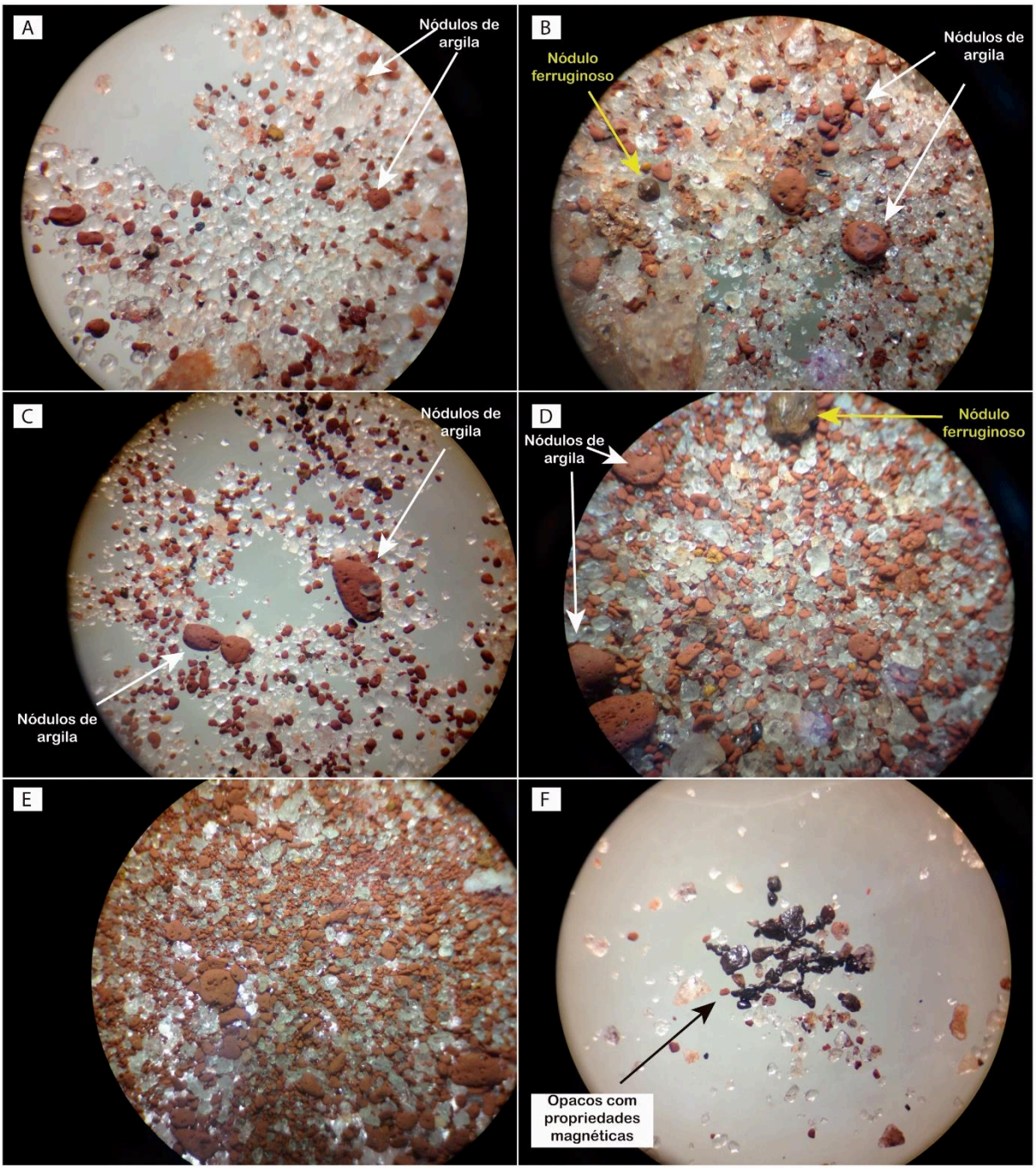
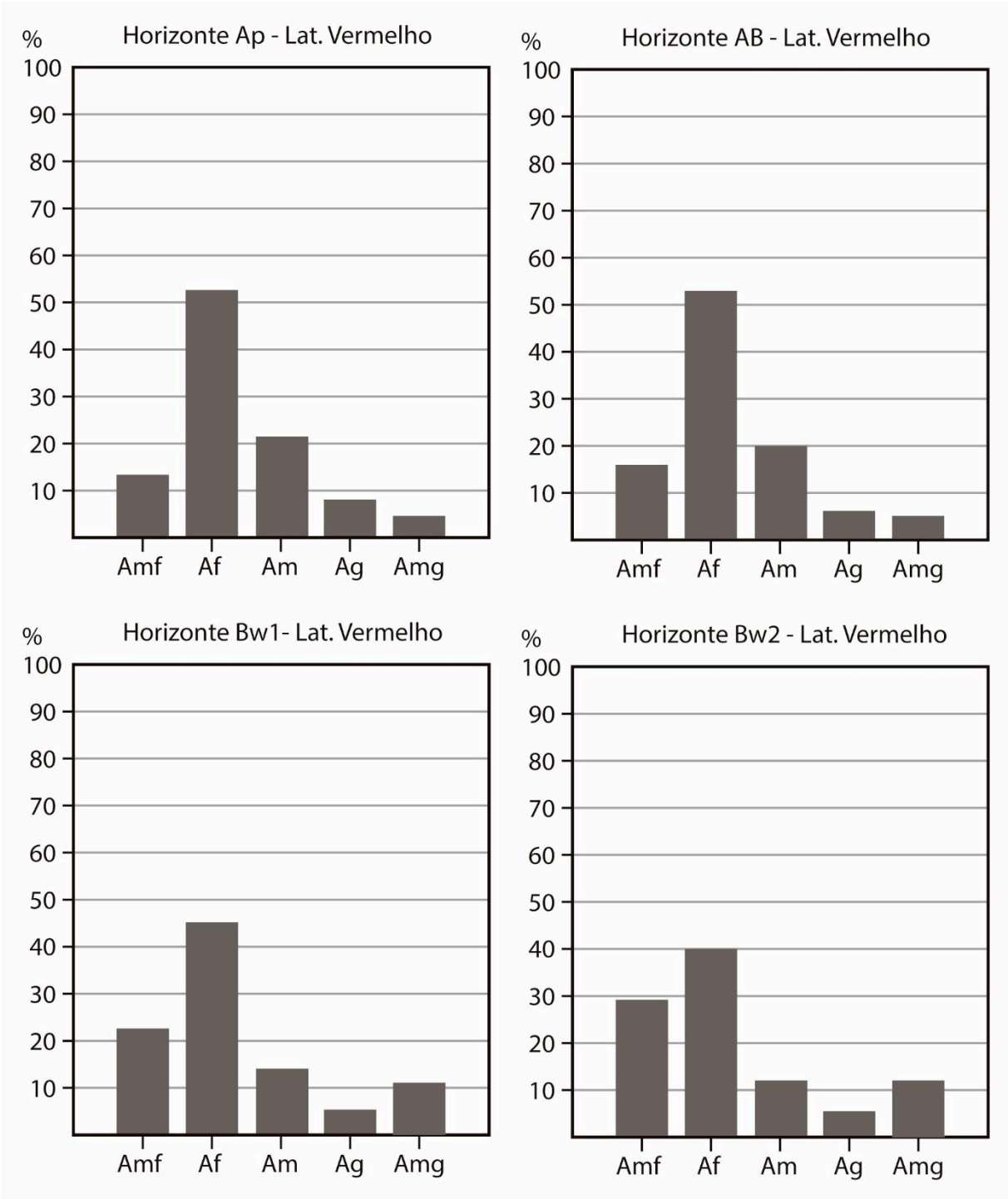


Figura 32: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Latossolo Vermelho.



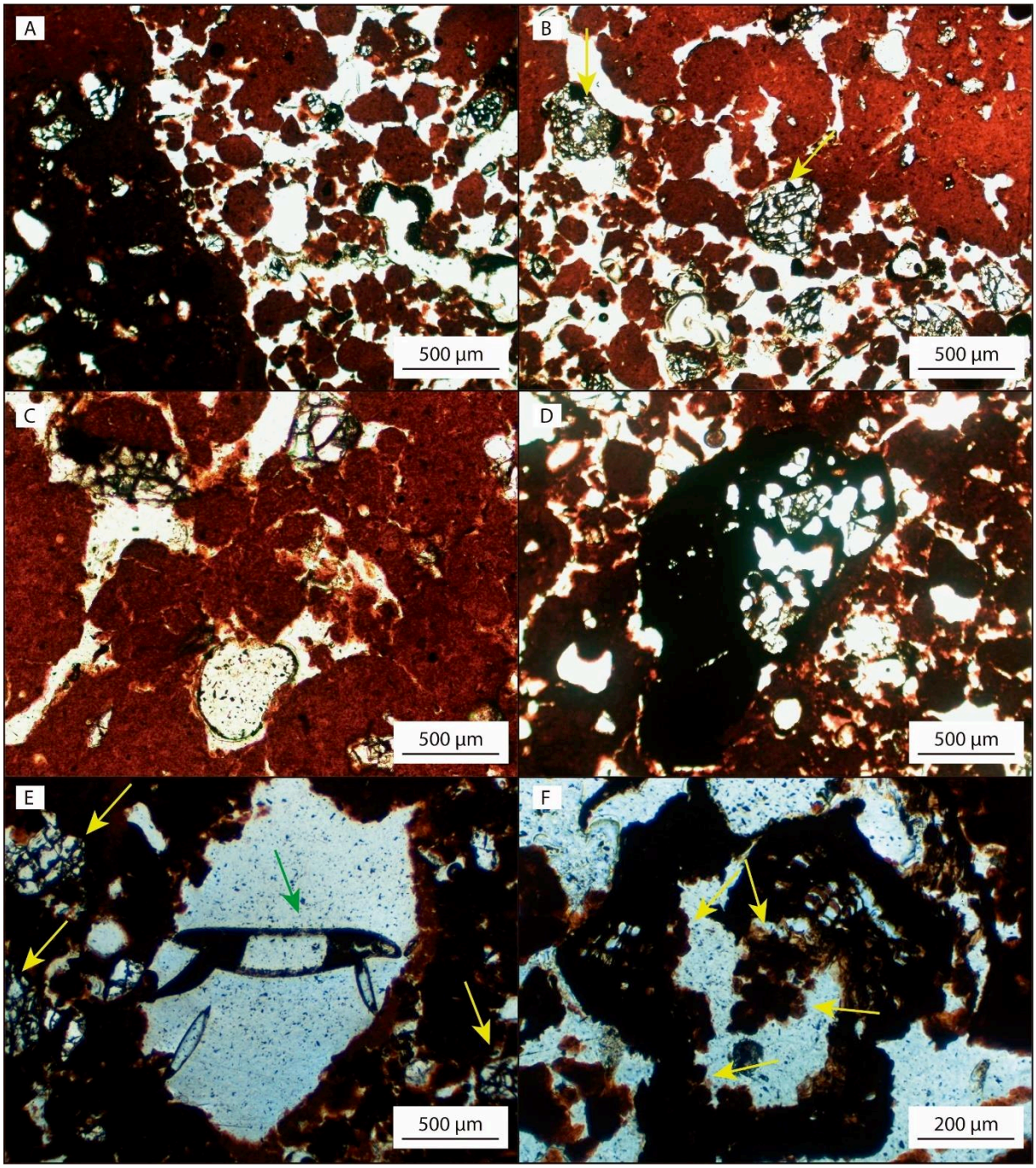
Foram descritas quatro lâminas delgadas para este perfil de Latossolo Vermelho do ponto 20 da secção longitudinal, as quais posicionam-se na transição AB/Bw1 com coleta a

30 cm de profundidade, no horizonte Bw1 com coleta a 70 cm, na transição dos horizontes Bw1/Bw2 com coleta a 90 cm e por fim, no horizonte Bw2.

A lâmina de AB/Bw1, possui cerca de 10% de fração grossa, 70% de fração fina (G/F: 1/7) e 20% ocupada por poros, com distribuição relativa porfírica aberta (Figura 33A). Grãos de quartzo arredondados a subarredondados em fração areia fina a média compõem a fração grossa (Figura 33A, 33B e 33E), sendo observado ainda um nódulo subarredondado com grãos de quartzo angulosos a subangulosos na fração areia média em seu interior (Figura 33D).

Predominam poros intergranulares complexos, com ocorrência de fissuras nas regiões de maior compactação ou de estruturação dos agregados em forma de blocos alongados, e também são encontrados câmaras e canais. A microestrutura é predominantemente formada por grânulos, com ocorrência de blocos angulares grandes (Figura 33A e 33B). A lâmina AB/Bw1 apresenta-se com pedalidade moderadamente a fortemente desenvolvida (Figura 33A e 33B), com agregados parcialmente acomodados. Por fim, nota-se a evolução de estruturas em blocos para estruturas granulares (Figura 33B e 33C). Observa-se presença de fauna do solo (Figura 33E) e excrementos podem ser encontrados no interior de estrutura grumosa (Figura 33F).

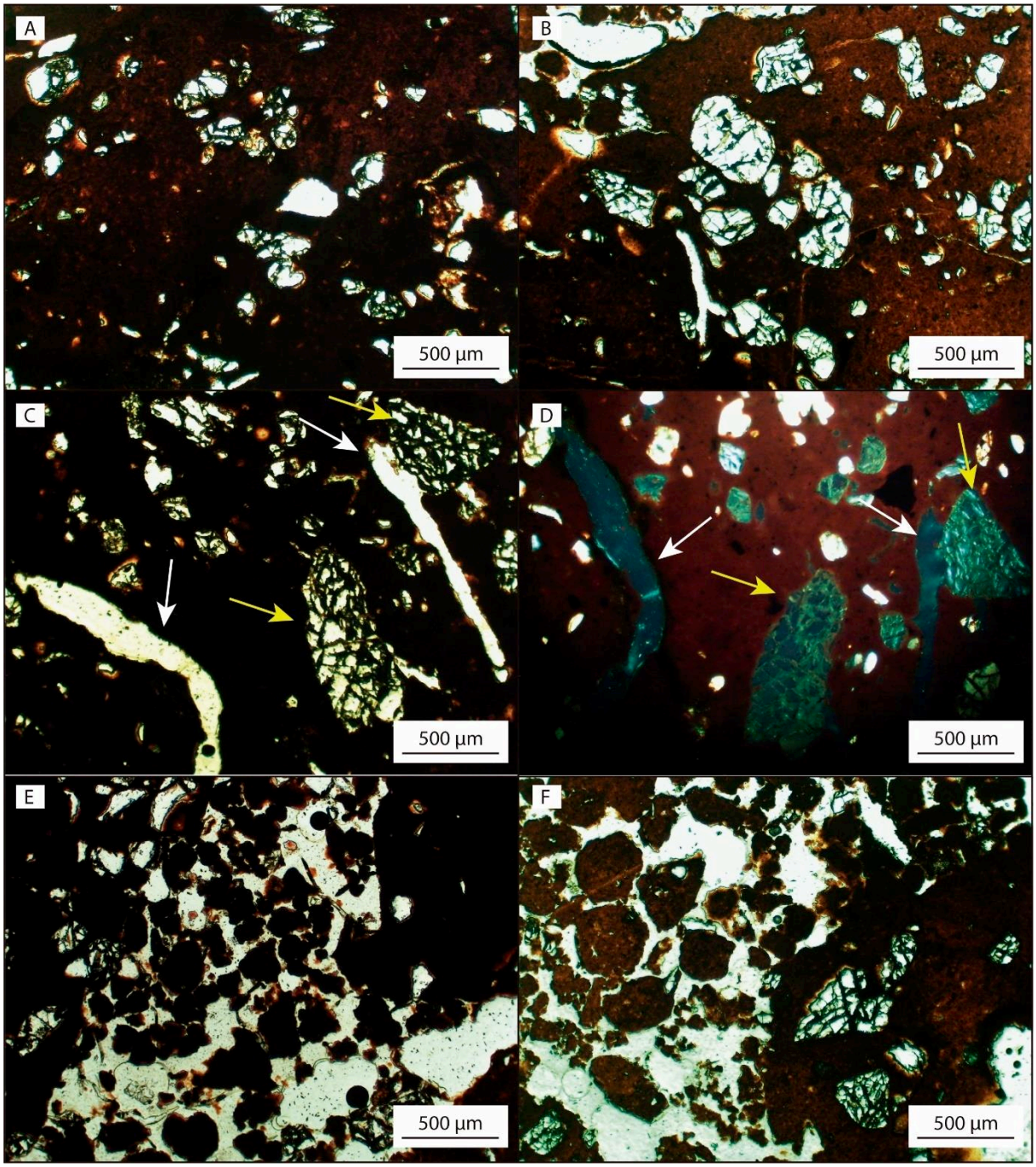
Figura 33: A) Limite entre bloco com distribuição porfírica aberta e grânulos de pedalidade fortemente desenvolvida e distribuição enáulica. Grãos de quartzo em fração areia fina estão dispersos. B) Transformação de bloco em microagregados granulares. Seta amarela aponta para grãos arredondados de quartzo em fração areia média. C) Transformação de blocos em microagregados granulares de pedalidade moderadamente desenvolvida. D) Nódulo ferruginoso. E) Seta verde aponta para organismo observado em cavidade. Setas amarelas apontam para grãos de quartzo em fração areia média. F) Setas amarelas destacam excrementos no interior de estrutura grumosa.



Foram reconhecidos 3 domínios micromorfológicos na lâmina do horizonte Bw1. O primeiro domínio, localizado na parte superior da lâmina, que possui cerca de 20% de fração grossa, 50% de fração fina (G/F: 2/5) e 30% de poros em distribuição enáulica. Predominam poros intergranulares, e, na transição entre os domínios 1 e 2, ocorrem alguns canais/fissuras em agregados maiores ou blocos que estão se desfazendo em agregados menores. A microestrutura predominante é de grânulos parcialmente acomodados, com pedalidade moderadamente desenvolvida a fortemente desenvolvida. Porém, na transição entre domínios 1 e 2 ocorrem blocos a grânulos maiores separados por fragmentação, com pedalidade fracamente desenvolvida a moderadamente desenvolvida, e graus de acomodação acomodados a parcialmente acomodados nos blocos. Nos grânulos a pedalidade se mantém como fortemente desenvolvida. Raízes se fazem presentes.

O segundo domínio da lâmina do horizonte Bw1, ocorre em sua na parte central e é formado por cerca de 20% de fração grossa, 60% de fração fina (G/F: 1/3) e 20% por poros. A distribuição é porfírica aberta e porfírica fechada. A fração grossa é representada por quartzo em fração areia fina a média no interior dos blocos (Figura 34A e 34B), onde também se observa presença de opacos. Ocorrem fissuras e predominam canais (Figura 34C e 34D) em relação a quantidade e dimensão. Poros intergranulares surgem entre blocos e são preenchidos por microagregados granulares fortemente desenvolvidos. A microestrutura é formada por blocos angulares a subangulares acomodados a parcialmente acomodados com ocorrência de grânulos fortemente desenvolvidos entre blocos (Figura 34E e 34F).

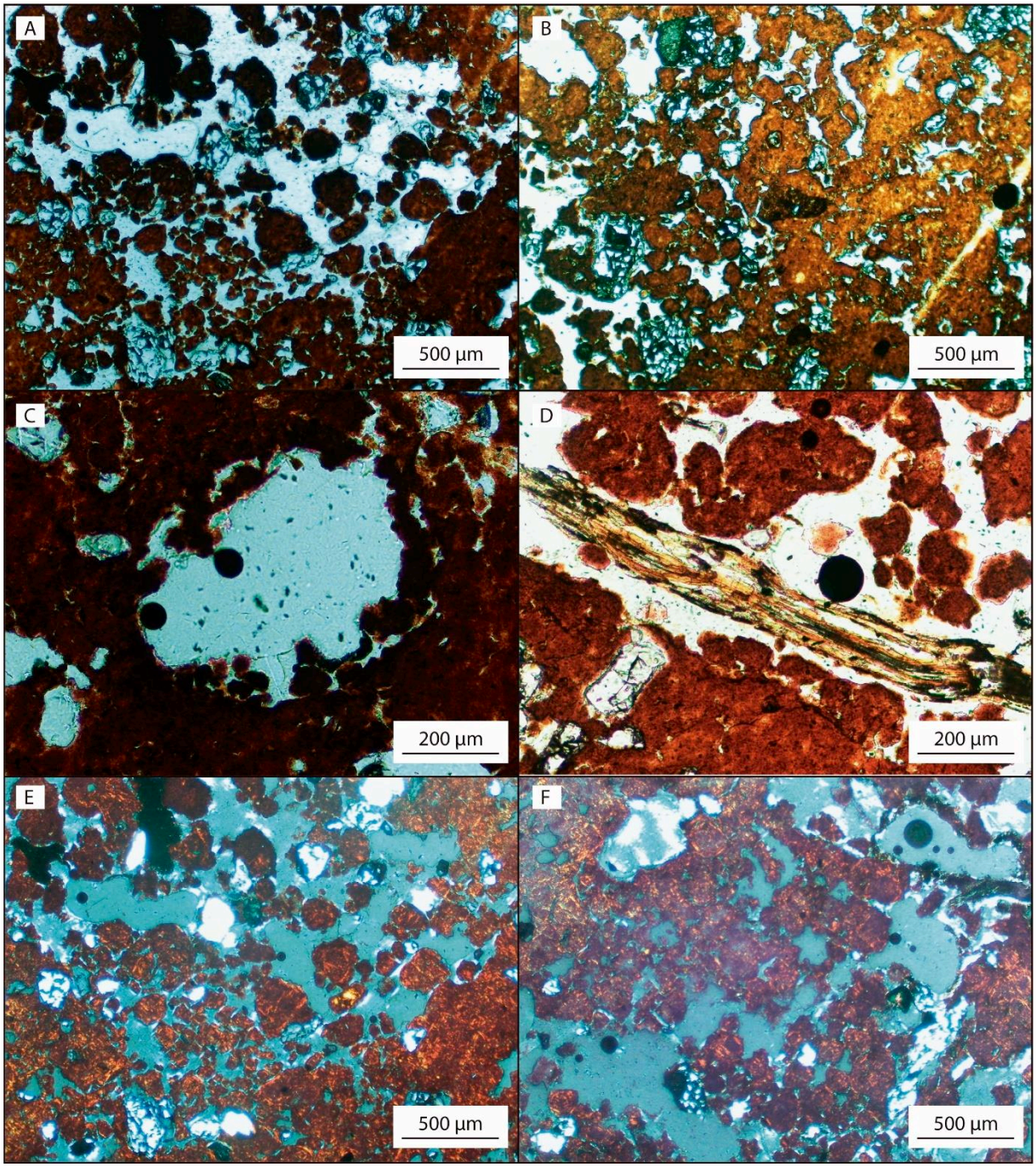
Figura 34: A e B) Estrutura em blocos com distribuição porfírica e esqueleto por quartzo. C) Interior de estrutura em bloco com setas brancas indicando canais e setas amarelas apontando para grãos de quartzo em fração areia grossa. D) Fotografia de C, mas observada com nicol cruzado e leve giro da platina para esquerda. E e F) Microagregados granulares em meio a blocos.



No domínio três, parte inferior da lâmina do Bw1, a fração grossa corresponde a cerca de 20%, 50% de fração fina (G/F: 2/5) e 30% de poros com distribuição enáulica a enáulica forte (Figura 35A). Grãos de quartzo em fração areia fina a média ocorrem no interior de blocos e em poros intergranulares complexos (Figura 35A e 35B), os quais predominam, com

ocorrência de canais com evidência de retrabalhamento pela fauna do solo (Figura 35C) e raízes (Figura 35D). A microestrutura é formada por estruturas em blocos que se desfazem em grânulos de pedalidade fracamente a moderadamente desenvolvida. Nas bordas dos blocos já transformados, é possível observar estruturas granulares de pedalidade forte (Figura 35A). Os blocos são não acomodados a parcialmente acomodados. Fábricas birrefringentes se fazem presentes através de padrões reticulares e concêntricos pouco nítidos em locais de transformação de blocos para grânulos, variando em pedalidade de grau moderado a forte (Figura 35E e 35F).

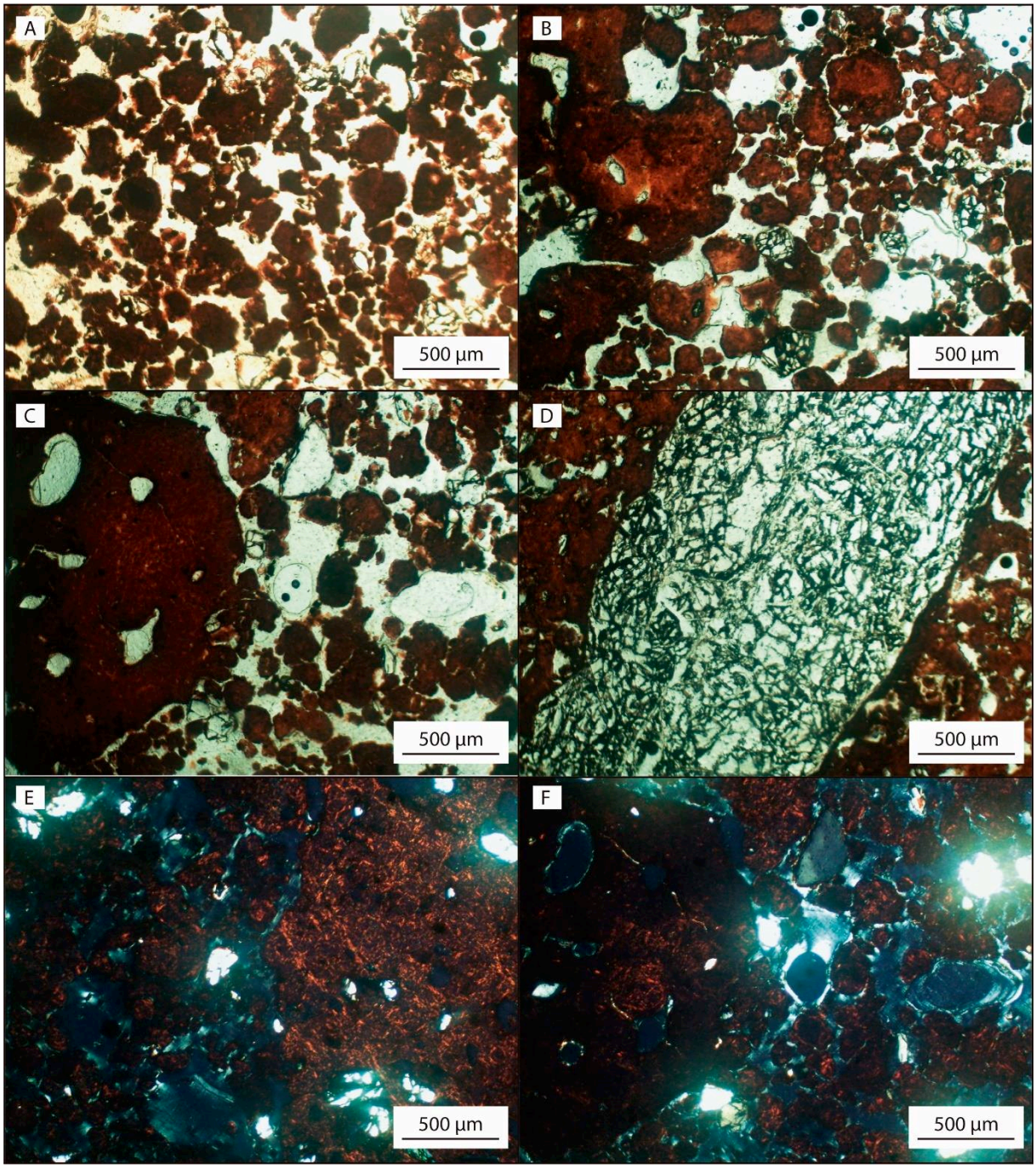
Figura 35: A e B) Microagregados granulares constituem distribuição enáulica com pedalidade variando de moderadamente desenvolvida a fortemente desenvolvida. C) Seção transversal de canal com evidência de retrabalhamento por fauna do solo. D) Fragmento de raiz em poro entre bloco e grânulos. E e F) Fábricas birrefringentes reticulares e concêntricas.



Na lâmina do horizonte Bw1/Bw2 a fração grossa corresponde a 20%, a fração fina a 50% (G/F: 2/5) e 30% de poros com distribuição enáulica forte entre blocos (Figura 36A, 36B e 36C). A fração grossa é composta por grãos de quartzo arredondados em fração areia fina a média e angulares em fração areia muito grossa (Figura 36D). Há predomínio de poros

intergranulares complexos, com ocorrência de canais. Em domínios de estruturas em blocos ocorrem pequenas fissuras e/ou rachaduras em seus interiores. Canais e câmaras ou ortocavidades também ocorrem no interior de blocos. As estruturas granulares fortemente desenvolvidas predominam e ocorrem entre domínios de blocos, que ocorrem nos limites inferiores da lâmina, confinando as estruturas granulares em poros intergranulares complexos. Os agregados são acomodados a parcialmente acomodados. Fábricas birrefringentes estão presentes através de padrões reticulares em grânulos e blocos, onde neste último observam-se também padrões concêntricos em seus interiores (Figura 36E e 36F).

Figura 36: A) Microestruturas granulares fortemente desenvolvidas e distribuição enáulica. B e C) Domínios de estruturas em blocos no canto esquerdo em transição para estruturas granulares com grau de pedalidade forte. D) Cristal de quartzo angular em fração grânulo. E e F) Fábricas birrefringentes em blocos e grânulos observadas em nicol cruzado.

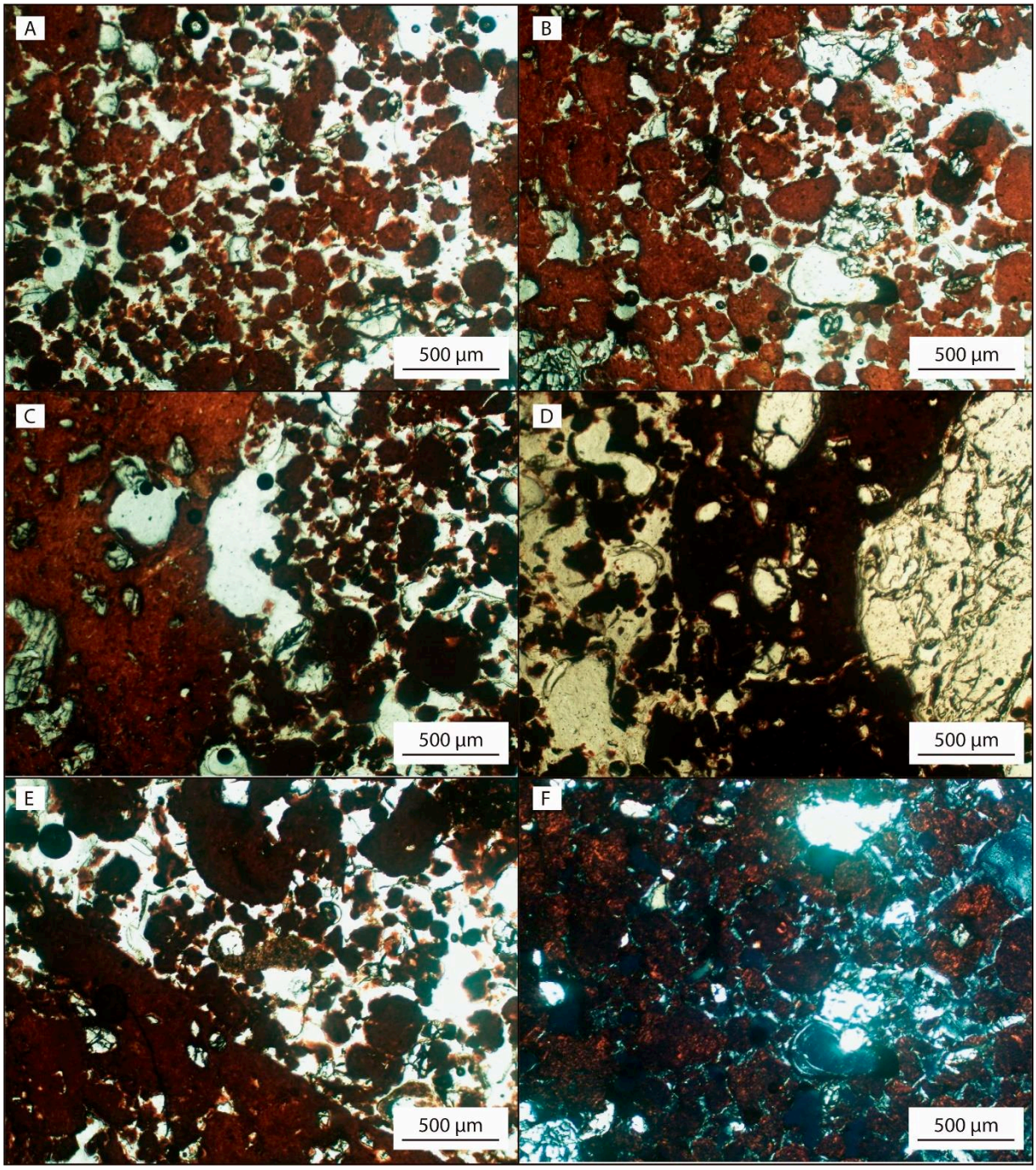


Na lâmina do horizonte Bw2 a fração grossa se faz presente em cerca de 10%, 50% de fração fina (G/F: 1/5) e 40% de poros. Predomina-se uma distribuição enáulica forte, com ocorrência de porfírica aberta em blocos (Figura 37A, 37B e 37C). A fração grossa é composta por grãos de quartzo em frações areia fina e subarredondados a angulares em fração

areia grossa (Figura 37D). É possível observar um nódulo ferruginoso típico em fração areia média, subarredondado e de forma ameboidal. Os poros intergranulares complexos predominam, com ocorrência de pequenas fissuras e/ou rachaduras no interior de blocos. Canais e câmaras ocorrem, porém, a observação se faz pouco nítida.

Se faz destaque a um agrotúbulo observado no interior de um grande bloco que está se desmantelando (Figura 37E). Predominam estruturas granulares fortemente desenvolvidas. Também ocorrem blocos, no entanto, menos abundantes que no horizonte Bw1. Os agregados são acomodados a parcialmente acomodados. Fábricas birrefringentes são observadas através de padrões reticulares em grânulos e blocos, onde neste último observa-se também padrões concêntricos em seus interiores (Figura 37F). Grânulos de pedalidade forte em preenchimento do tipo solto contínuo se localizam no interior do agrotúbulo (Figura 37E).

Figura 37: A e B) Estruturas granulares com grau de pedalidade moderadamente a fortemente desenvolvido em distribuição enáulica. C) Transição entre domínio de bloco para grânulos. D) Da esquerda para direita, trasição entre estruturas granulares, bloco em fragmentação e grão de quartzo em fração areia muito grossa. E) Limite de bloco com parede "alisada" sentido NW-SE com grânulos preenchendo agrotúbulo. F) Fábricas birrefringentes observadas em nicol cruzado.



5.4.3. Cambissolo Háplico (CX) – Ponto 27

Como disposto no Quadro 4 o perfil aqui detalhado apresenta os horizontes Ap, AB, *stone line*, 2Bi e C. Os horizontes Ap e AB apresentam cores cinza muito escuro quando

úmidos a marrom muito escuro quando secos, estrutura grumosas de tamanho pequeno, grau fraco, e textura francoargilosa (33,69% de argila) no Ap e argiloarenosa (36,71% de argila) no AB (Figura 47). A *stone line* é composta majoritariamente por fração grossa (grânulo a seixo) de quartzo e couraças ferrugionas, e textura francoargiloarenosa. O horizonte 2Bi, tem certo distanciamento do padrão textural do perfil, caracterizando-se como argila (46,71%) (Figura 47), de cor marrom forte (úmida) a marrom avermelhado quando seca, estrutura granular a blocos, tamanho pequeno a médio.

A fração grossa do solo é composta por quartzo, nódulos, minerais opacos, goethita e carvão nos horizontes acima da *stone line*. Nos horizontes Ap e AB, de modo geral o quartzo é mal selecionado a muito mal selecionado, brilhante a fosco, esferoidal, muito angular a subangular. Onde cristais translúcidos são de fração areia muito fina a fina e foscos a esbranquiçados nas frações areia muito grossa a grânulo.

Composição semelhante ocorre na *stone line* (Figura 38A) e horizonte 2Bi, ou seja, há a presença de quartzo, goethita, nódulos (Figura 38B) e opacos (Figura 38C), no entanto com maior quantidade de fração grossa e aumento no tamanho dos materiais que a compõe, com exceção em 2Bi onde a fração volta a diminuir e a quantidade de grossos também. Os nódulos apresentam cor ocre (Figura 38B), preto e avermelhado e os opacos em fração areia, brilho metálico e susceptibilidade magnética. A Figura 38D exibe fotografia de goethita com hábito botroidal em meio à cristais angulosos de quartzo.

Em discrepância quando comparado com os dois perfis de Latossolo anteriormente apresentados, quando analisamos a fração areia do Cambissolo do ponto 27 da secção longitudinal, observamos a predominância de fração areia muito grossa e menor presença de fração areia muito fina (Figura 39). Isso se deve a provável má seleção com sedimentos pouco maturos na deposição de materiais coluvionares para formação desse solo. Faz-se destaque ao horizonte 2Bi, onde há queda no valor da fração areia muito grossa, e aumento da fração argila quando observado na Figura do Triângulo Textural (47).

Figura 38: Fotografias fração grossa em Cambissolo com *stone line*. A) Amostragem da *stone line*. B) Nódulos ferruginosos com grãos de quartzo. Ao redor dos nódulos grãos de quartzo angulosos esbranquiçados. C) Cristais de opacos com propriedades magnéticas separados com ímã e com cristais de quartzo dispersos ao redor. D) Goethita com hábito botroidal em meio a quartzos.

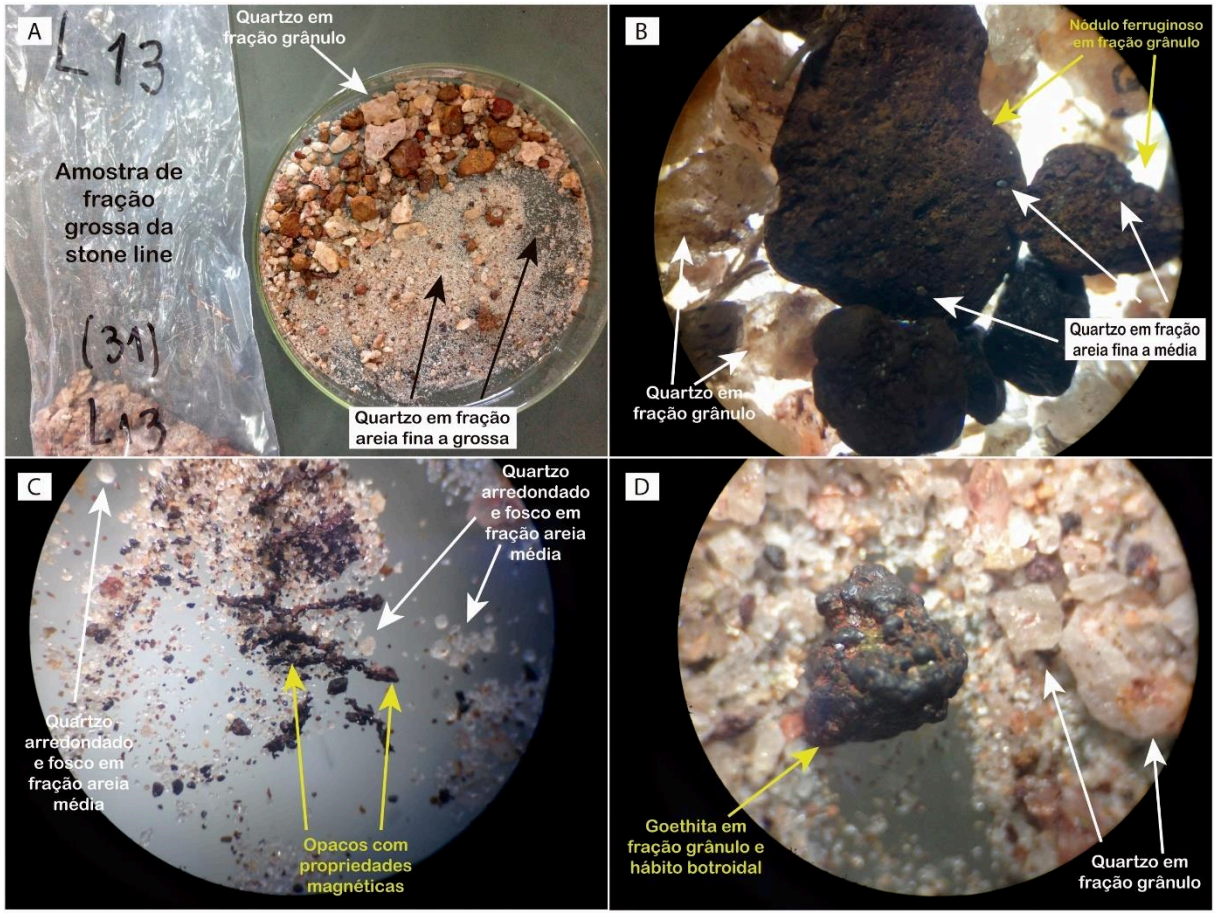
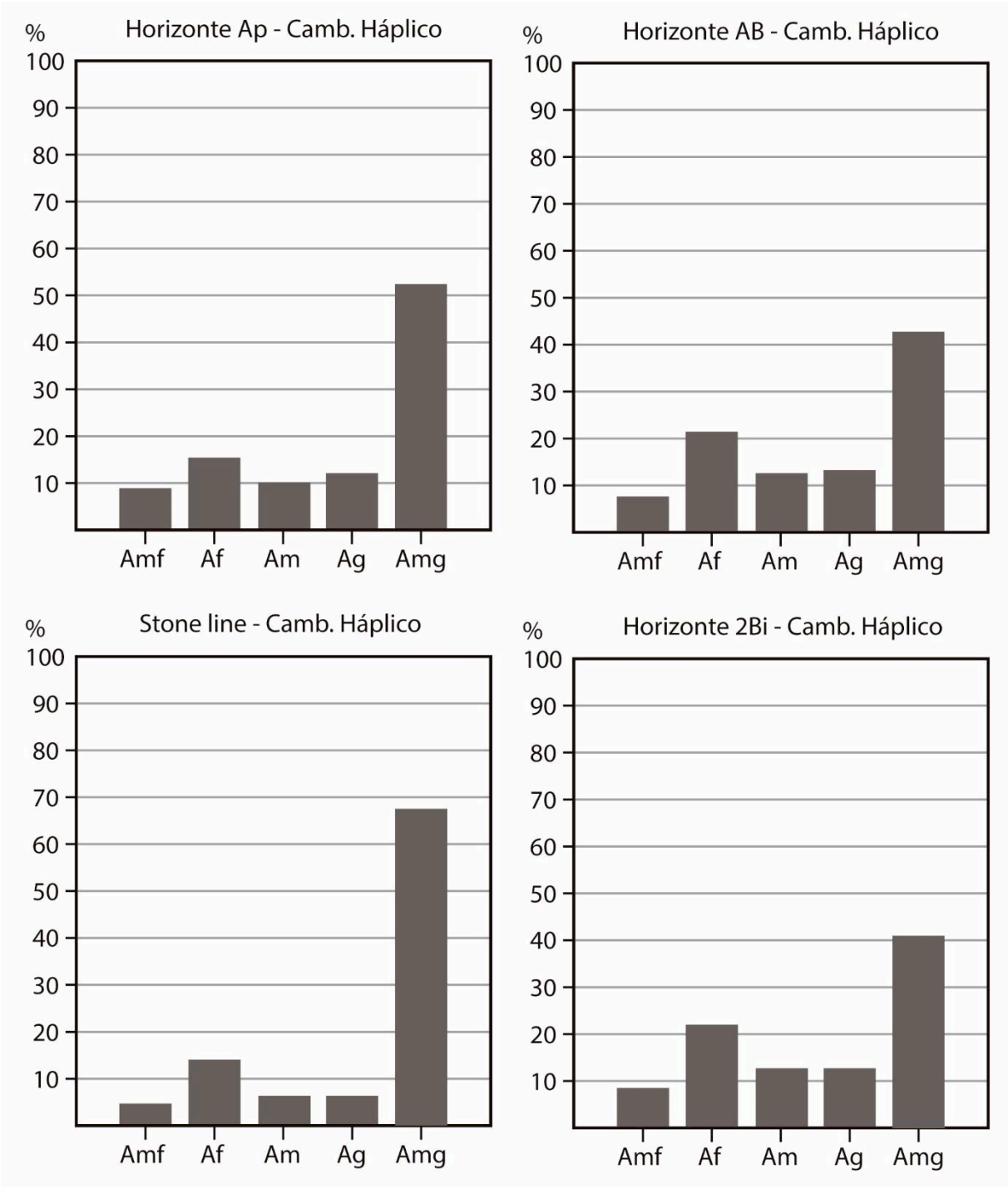


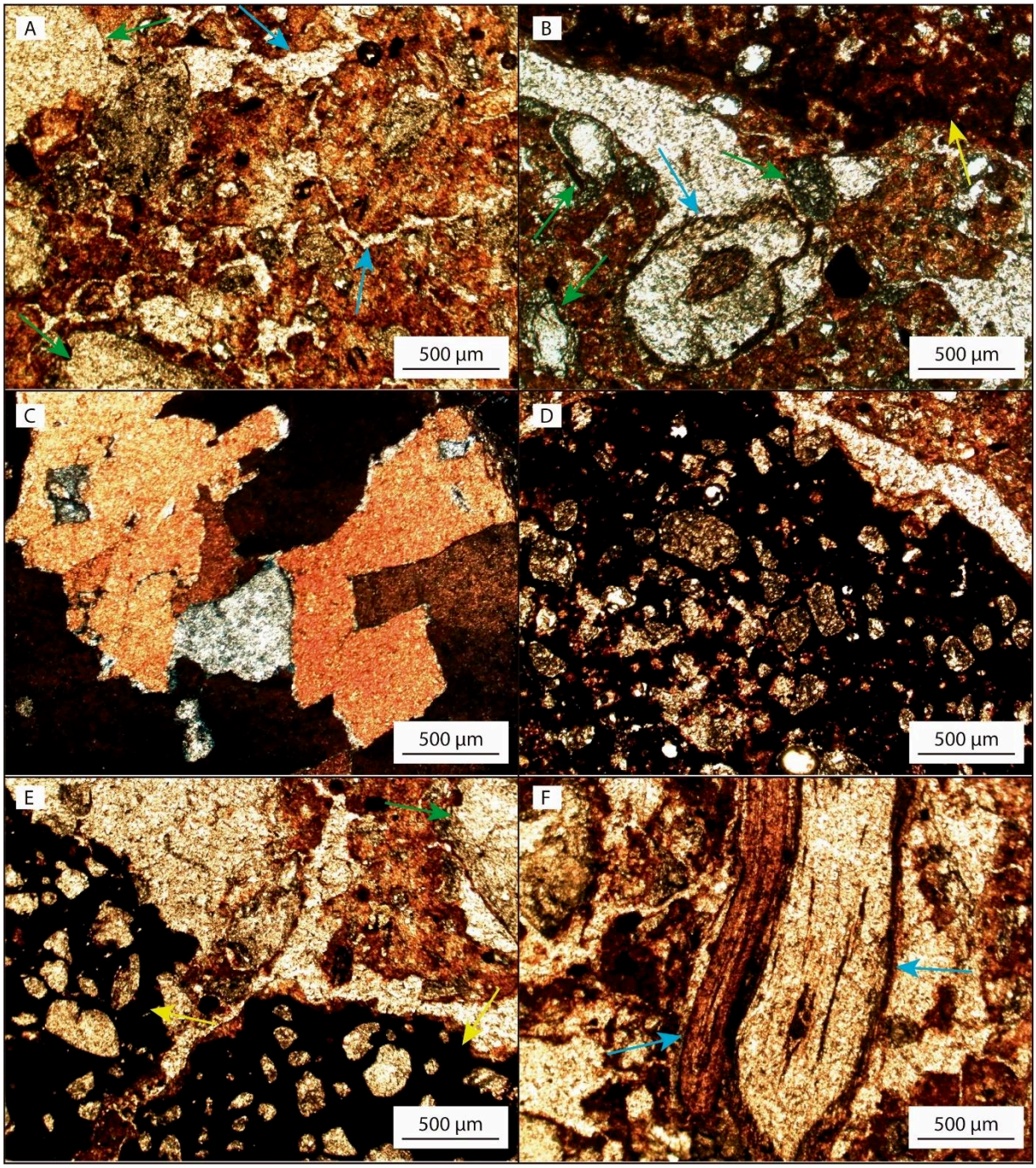
Figura 39: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Cambissolo.



Foram confeccionadas lâminas para a *stone line*, horizonte 2Bi e C. A *stone line* é composta por cerca de 60% de fração grossa, 30% de fração fina (G/F: 2/1) e 10% de poros, dando forma a uma distribuição enáulica a porfírica fechada (Figura 40A). Foram observados

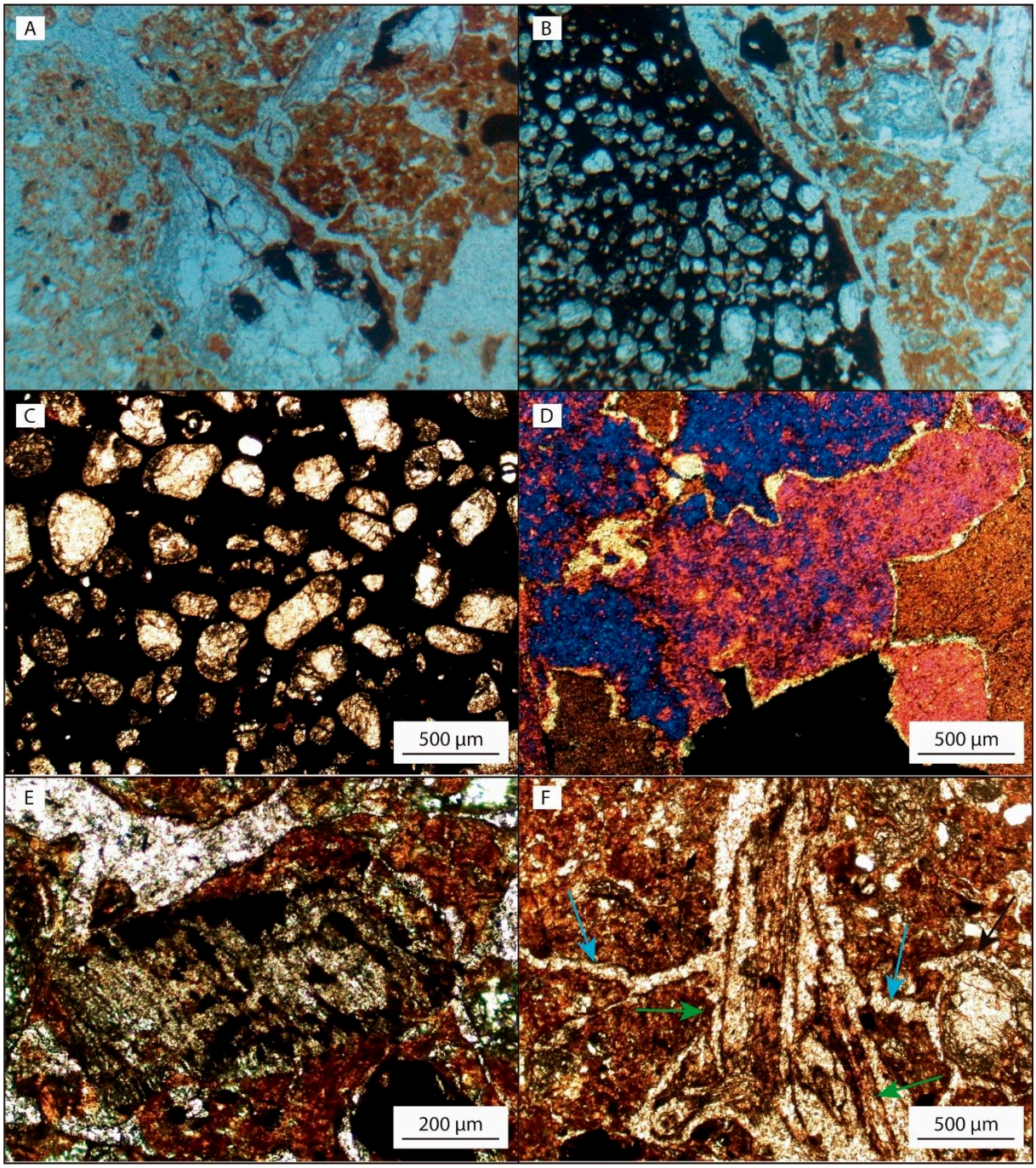
na fração grossa da lâmina grãos de quartzo arredondados na fração areia fina (Figura 40B e 40D) e grãos de quartzo angulosos em fração areia grossa a muito grossa (Figura 40C). Nódulos subarredondados a bem arredondados são abundantes, onde em seus interiores observam-se grãos de quartzos arredondados em fração areia fina a média (Figura 40B, 40D e 40E). Predominam fissuras (Figura 40A e 40E), mas também ocorrem canais ou câmaras preenchidos por raízes (Figura 40F). A microestrutura é formada por blocos angulares pequenos a subangulares grandes em pedalidade fraca a moderadamente desenvolvida (Figura 40A).

Figura 40: Fotografias de lâmina da *stone line* em CX. A) Aspecto distribuição enáulica/porfírica fechada com blocos. Notar seta azul apontando para fissuras entre blocos e seta verde para cristais de quartzo em fração areia grossa a muito grossa. B) Aspectos de grãos de quartzo arredondados em fração areia média (setas verdes). Seta azul aponta para seção transversal de raíz com estrutura interna preservada, ocupando cavidade. Seta amarela destaca presença de nódulo. C) Fotografia em nicol cruzado de cristal de quartzo fração grânulo com extinção ondulante e contato serrilhado de subgrão. D) Nódulo ferruginoso com grãos de quartzo arredondados na fração areia fina a média. E) Setas amarelas apontam para nódulo ferruginoso com grãos de quartzo arredondados na fração areia fina a média. Seta verde aponta para cristal de quartzo. F) Setas azuis destacam limite de raízes preenchendo câmara. Notar estrutura fibrosa e translúcida, característica de matéria vegetal.



Tem-se redução da fração grossa na lâmina 2Bi quando comparada com a *stone line*. A fração grossa foi reduzida para 40% e a fração fina aumentou para 40% (G/F: 1/1), assim como poros que ocupam cerca de 20% da lâmina. A redução dos materiais grossos e aumento de finos, também é refletida no triângulo textural exibido na Figura 45. A distribuição relativa mantém-se enáulica a porfírica fechada (Figura 41A e 41B). Os grãos de quartzo na fração areia fina a média estão dispersos em agregado e também no interior de nódulos (Figura 41B e 41C). Mantém-se o padrão de cristais de quartzo mais grossos em formas angulares e dispersos entre agregados (Figura 41A, 41B e 41D). Os nódulos são de fração grânulo arredondados a subarredondados. Nesse horizonte, é possível observar cristais alterados de plagioclásio e biotita, e opacos (Figura 41E). Predominam fissuras médias a grandes (Figura 41F), com ocorrência de poros intergranulares e canais. A microestrutura é formada por blocos angulares a subangulares grandes e grânulos pequenos separados por fragmentação. A pedalidade é fracamente desenvolvida e canais/cavidades podem ser ocupadas por raízes (Figura 41F).

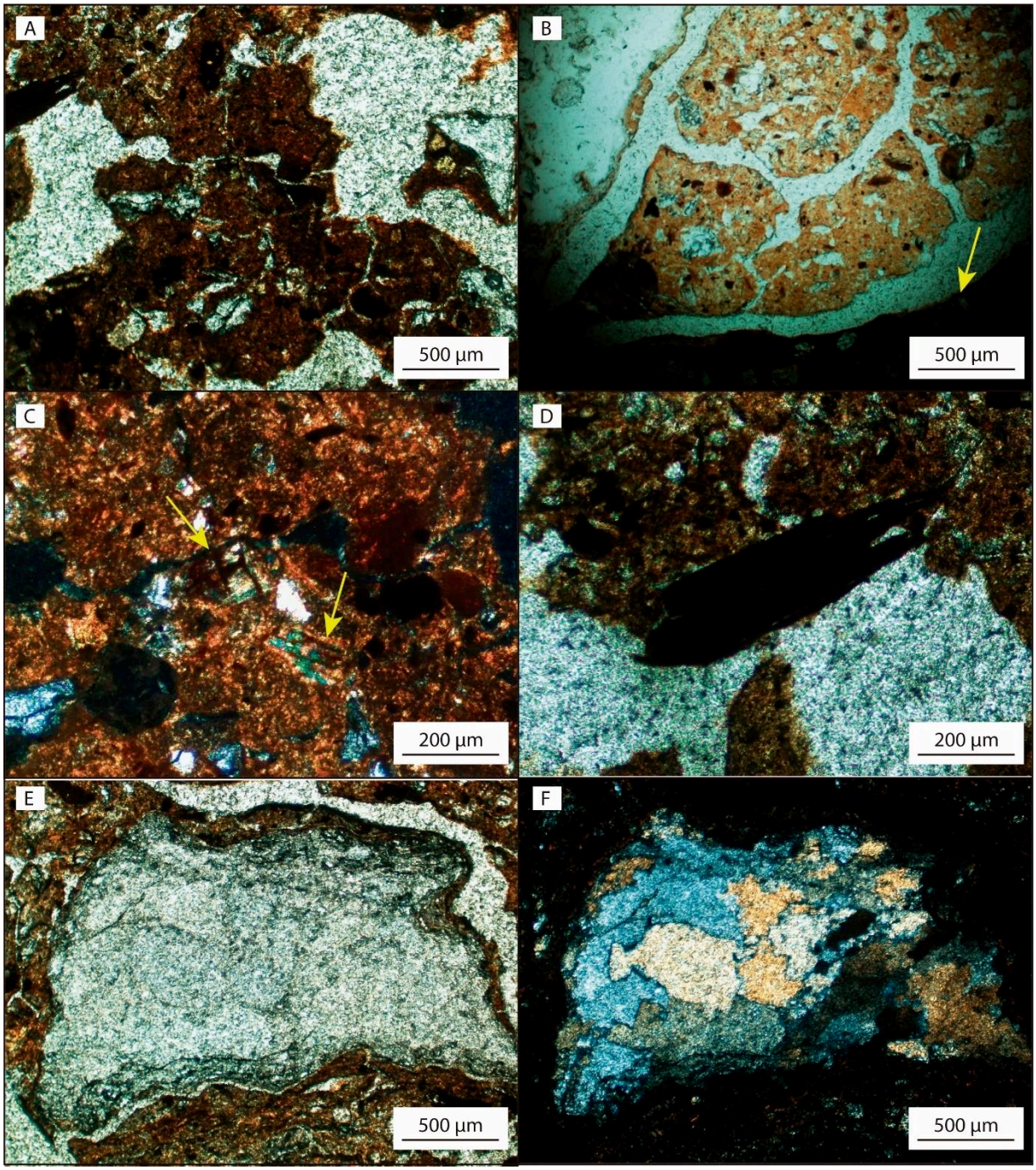
Figura 41: A e B) Fotografias em lupa binocular onde é possível observar a distribuição enáulica e porfírica fechada. Destaca-se a morfologia e tamanho dos cristais de quartzo no solo e os que ocorrem no interior do nódulo em forma subarredondada (B). C) Cristais bem arredondados de quartzo fração areia fina a média no interior de nódulo. D) Cristal de quartzo observado em nicol cruzado. Notar tamanho do cristal e estrutura interna do grão manifestada sob nicol cruzado. E) Cristal alterado de plagioclásio. Apesar de bastante intemperizado, o mineral preserva ainda sua forma tabular. F) Setas azuis destacam fissuras separando blocos angulares. Setas verdes apontam preenchimento de canal pro raízes.



No horizonte C a fração grossa decresce ainda mais, tendo em vista que o maior representante da fração grossa nos horizontes superiores são nódulos ferruginosos, os quais

não são constituintes dominantes desse horizonte. A fração grossa corresponde a 20%, a fração fina a 60% (G/F: 1/3) e os 20% restantes são ocupados por poros. A distribuição relativa é porfírica aberta a porfírica fechada (Figura 42A, 42B e 42C). São observados cristais de quartzo na fração grânulo a areia fina, cristais alterados de biotita (Figura 42C) e opacos. Os nódulos de ferro são subarredondados e subangulares, de tamanho grande e apresentam grãos de quartzo arredondados em fração areia fina. Ocorrem canais e câmaras, no entanto, fissuras predominam. A microestrutura é formada por blocos angulares a subangulares (Figura 42A e 42B). Esse horizonte ainda preserva evidências da contribuição da matéria vegetal do solo (Figura 42D) e os cristais de quartzo na fração grânulo são angulosos (Figura 42E) e apresentam evidências de recristalização ou deformação (Figura 42F).

Figura 42: Fotografias de lâmina de horizonte C de CX. A) Estrutura em blocos angulares. B) Estruturas em blocos angulares e subangulares parcialmente acomodados. Seta amarela aponta presença de nódulo ferruginoso. C) Setas amarelas apontam para micas alteradas em meio aos agregados do solo. D) Seção longitudinal de raíz após escurecimento da matéria orgânica para cor preta (melanização) com preservação da estrutura. E) Cristal de quartzo. F) Cristal de quartzo exibido em E, observado agora sob nicol cruzado.



5.4.4. Argissolo Vermelho (PV)

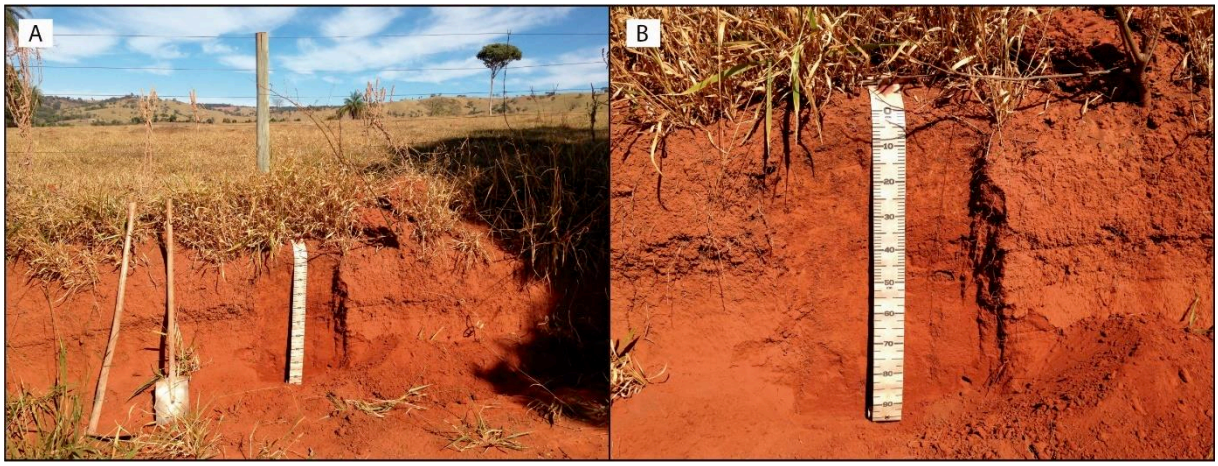
No Argissolo Vermelho foram reconhecidos os horizontes A, AB e Bt (Quadro 5). Conforme mencionado, se encontra em ponto fora da secção longitudinal, se localizando

sobre gnaisses em Planaltos Dissecados no setor sudeste da área mapeada. O perfil é posicionado em área de topo aplainado (Figura 43A) em relevo pouco dissecado com declividades reduzidas. A cor do solo é vermelha (Figura 43B) de acordo com a Carta de Munsell (ver descrição completa no ANEXO 2). A estrutura é granular a blocos, de grau fraco a moderado e textura argila nos três horizontes (Figura 47), e cerosidade pouco abundante em AB e Bt.

Pontos	Horizontes	Profundidade (cm)	Espessura (cm)	Classificação	Código
7927879; 211499	Ap	0 – 20	20	Argissolo Vermelho	PV
	AB	20 - 40	20		
	Bt	40-90	50 +		

Quadro 5: Horizontes de Argissolo Vermelho em Unidade Geomorfopedológica IV.

Figura 43: A) Panorama do perfil de argissolo em topo aplainado. Ao fundo, em primeiro plano Planaltos Dissecados e, em segundo plano, borda de Planalto Tabular. B) Perfil de Argissolo Vermelho descrito.



A fração grossa é representada por quartzo (Figura 44A, 44B, 44C e 44D), nódulos (Figura 44C), carvão e minerais opacos (Figura 44D). O quartzo possui predominantemente brilho fosco, e se apresenta brilhante, desgastado e corroído nos horizontes AB e Bt (Figura 44C e 44D). Os nódulos são de brilho fosco, moderadamente selecionados a bem selecionados e bem rolados. É possível separar os minerais opacos do restante da fração

grossa por ímã, o que aponta a susceptibilidade magnética destes. Os grãos de quartzo se fazem presentes nas frações areia fina a muito fina (Descrição completa no ANEXO 6).

Se comparada aos perfis anteriormente descritos, as frações areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa apresentam-se melhores distribuídas no perfil do Argissolo (Figura 45), com predominância da areia fina. Isso se deve ao grande ganho de partículas na fração argila presente no solo e a uma provável fonte de sedimentos mais retrabalhados.

Figura 44: A, B, C e D) Fração grossa presente em perfil de Argissolo Vermelho.

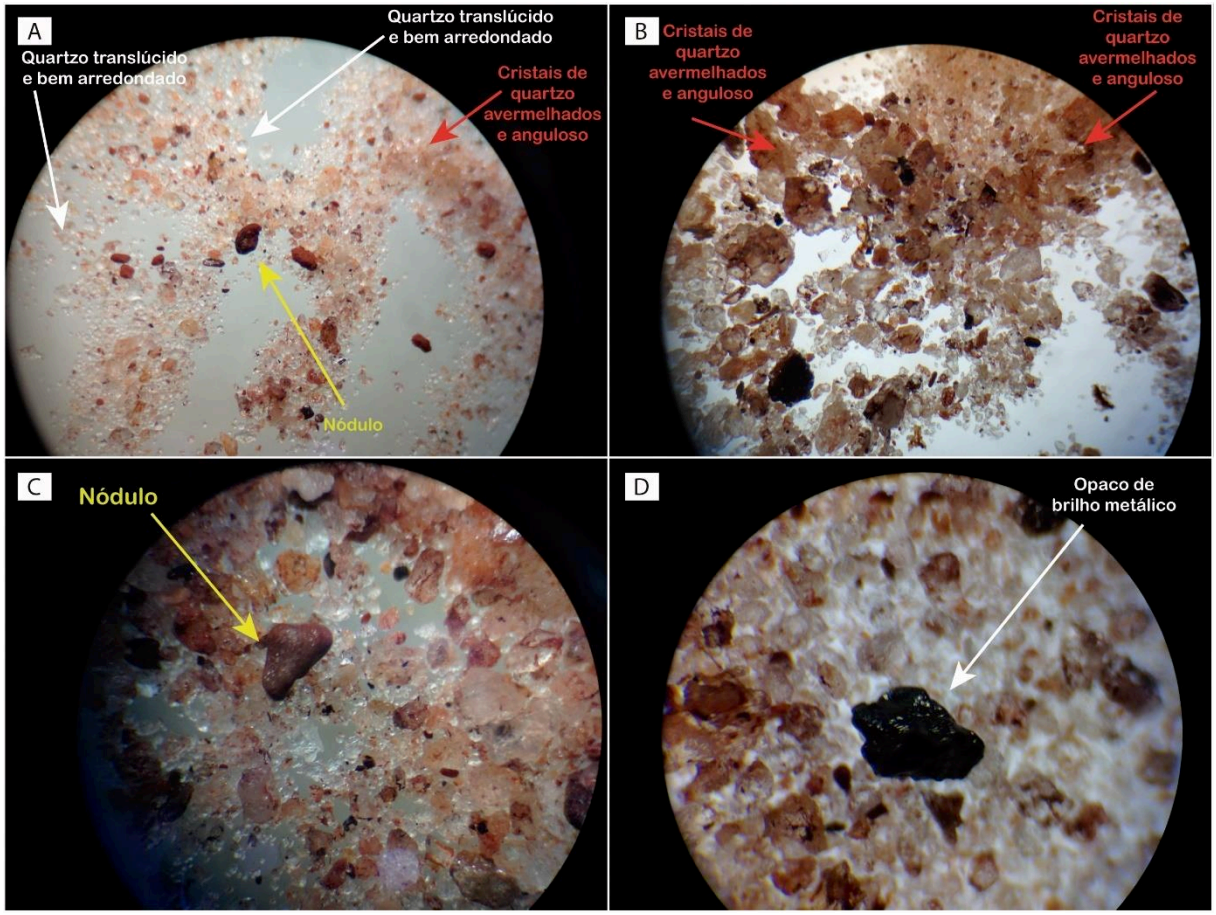
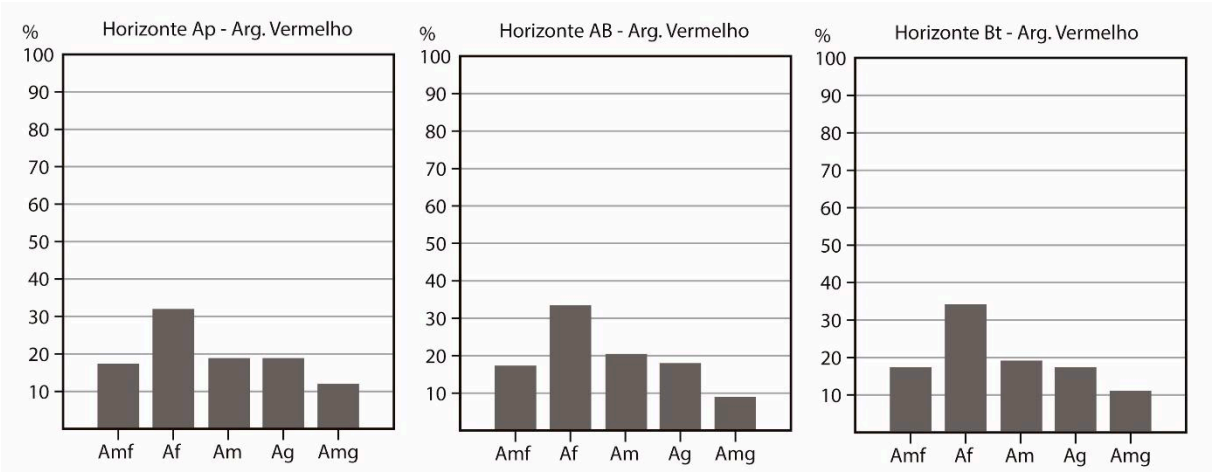


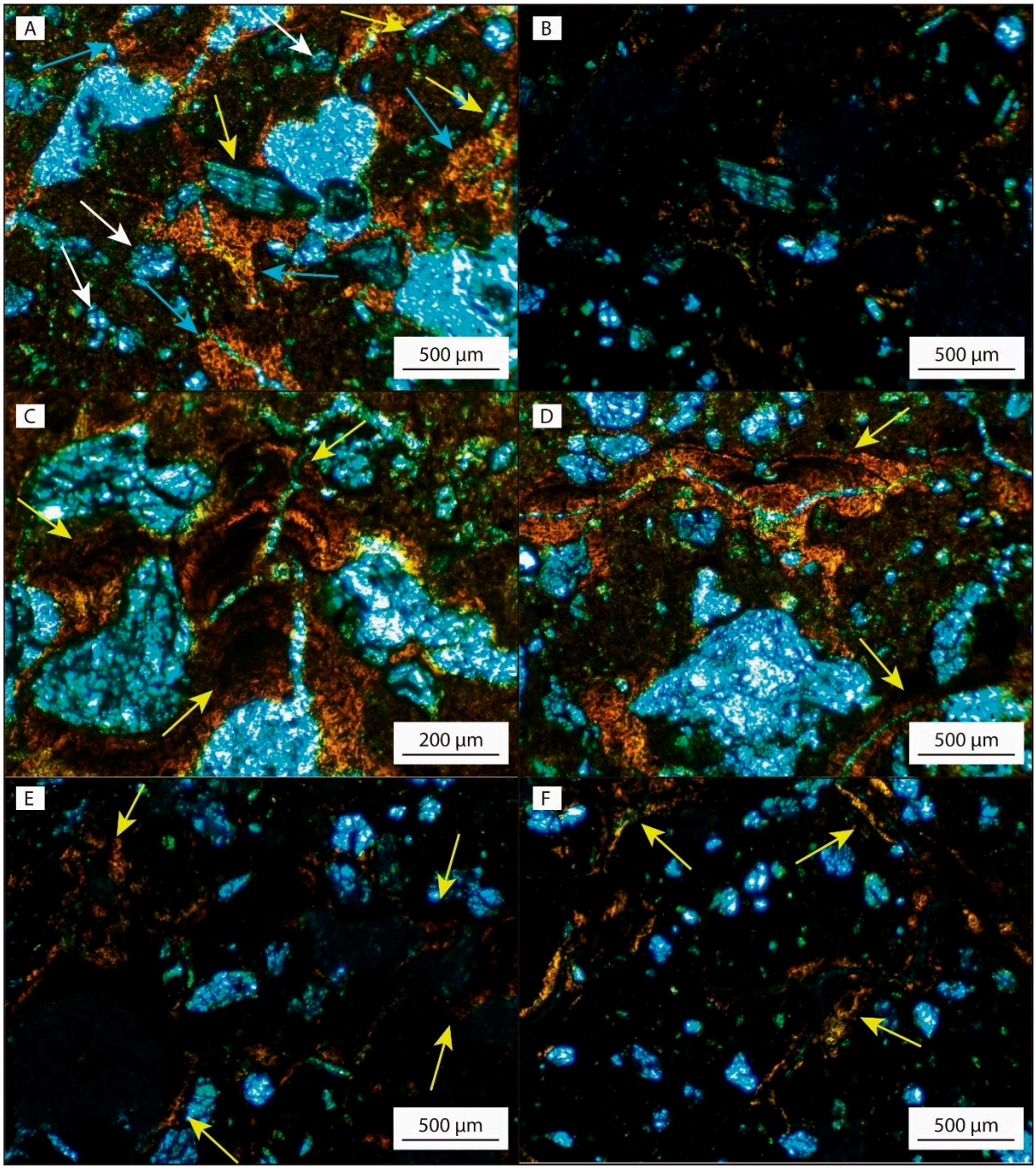
Figura 45: Gráficos das frações areia referentes a cada horizonte do perfil do Argissolo.



A profundidade de coleta para confecção da lâmina do argissolo foi a 45 centímetros, ou seja, na transição dos horizontes AB/Bt. A fração fina predomina com cerca de 50% e 30% é constituída por fração grossa (G/F: 3/5) em distribuição porfírica aberta a porfírica fechada. Os poros ocupam cerca de 20% da lâmina e são do tipo intergranulares, com canais e câmaras, e predomínio de fissuras e rachaduras interagregados. A fração grossa é constituída por grãos de quartzo angulosos a subangulosos em fração areia fina. Também é possível observar alguns minerais em fração de areia muito fina a fina, placoides e subeudrais que se assemelham a moscovitas (Figura 46A e 46B).

Destaca-se a fração fina onde surgem ferriargilãs e cutãs preenchendo e revestindo fissuras, canais e câmaras e também materiais grossos (Figura 46C e 46D). A microestrutura é formada por blocos angulares a subangulares grandes separados por fissuras, moderadamente desenvolvidos e parcialmente acomodados, onde em grandes poros interagregados observam-se estruturas granulares fortemente desenvolvidas. Verifica-se fábricas birrefringentes do tipo granoestriada e poroestriada, não observadas nas outras lâminas descritas (Figura 46E e 46F).

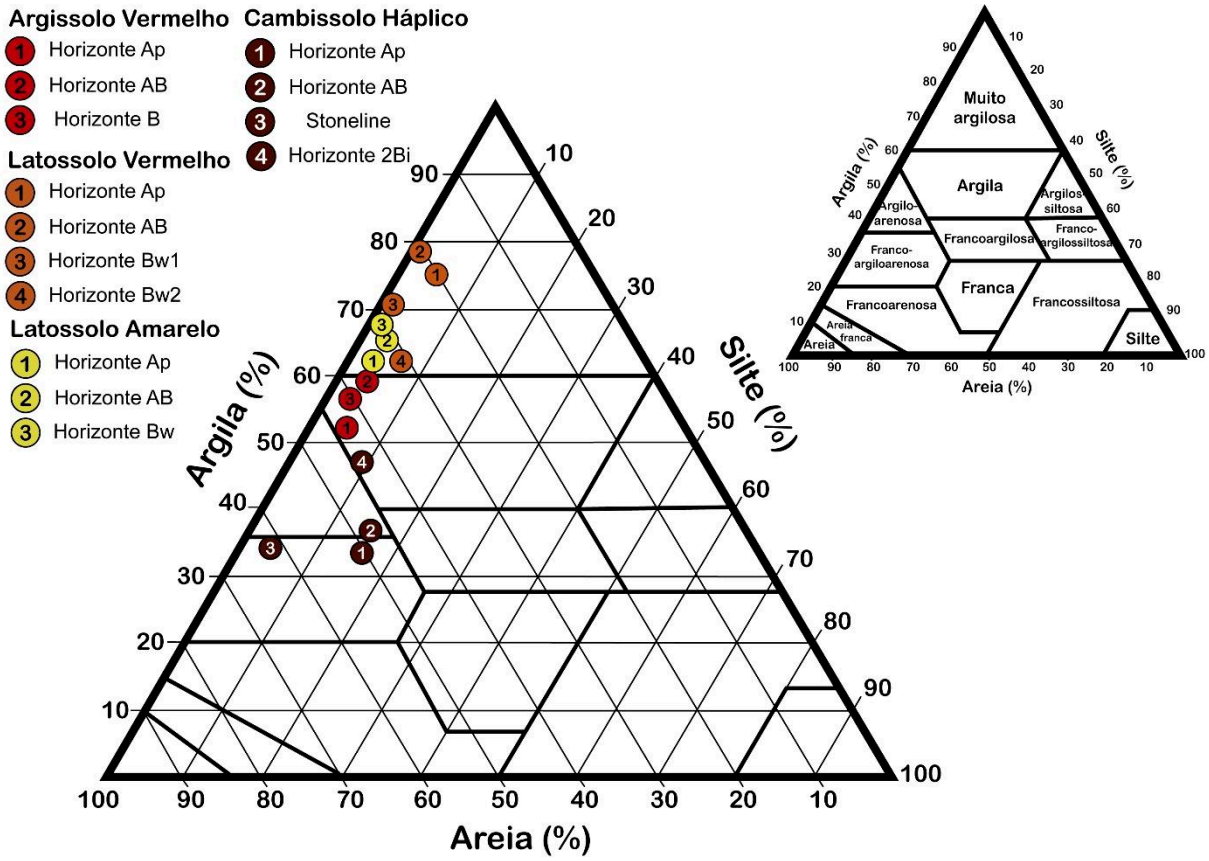
Figura 46: Fotografias da lâmina de Argissolo Vermelho na transição dos horizontes AB/Bt. A) Setas amarelas apontam para mineral placoide. Setas azuis destacam feições de ferreargilã em poros interagregados e setas brancas para cristais de quartzo. B) Fotografia de A em nicol cruzado. C e D) Setas amarelas fazem destaque a feições pedológicas de revestimento. E e F) Setas amarelas apontam para fábricas birrefringentes do tipo granoestriadas e poroestriadas observadas em nicol cruzado.



Finaliza-se esse item com a apresentação da Figura 47, que reúne e posiciona no triângulo textural os horizontes de solos descritos (LA, LV, CX e PV), a partir da análise granulométrica. Destaca-se que os solos se tornam mais argilosos de Norte para Sul, ou seja, a

transição entre planaltos, marcada pelo *front* escarpado se constitui não somente como um divisor dos domínios do embasamento para domínios de formações sedimentares, mas também como possivelmente um divisor de processos geomorfológicos e pedogenéticos.

Figura 47: Triângulo textural adaptado de Santos *et al.* (2005), com análise física de frações areia/silte/argila dos solos analisados.



5.5. Contribuições à evolução do relevo e ao desenvolvimento dos solos em Dolearina

Considerando os dados e informações vinculadas às representações cartográficas, ao perfil longitudinal (transecto) e seus perfis, bem como as análises morfológicas, macroscópicas, morfoscópicas e micromorfológicas dos perfis de solos representativos, procura-se neste item final trazer apontamentos que contribuam para a análise da evolução do relevo e do desenvolvimento dos solos para a área estudada.

Com base na observação de perfis de Latossolo Vermelho em direção aos limites escarpados dos Planaltos Tabulares, averígua-se o avanço dessas coberturas, com provável

processo de transformação das couraças por latossolização, ou seja, estima-se uma tendência de desmantelamento das couraças na borda da chapada, tanto pela erosão remontante causada por canais de primeira ordem, quanto pela evolução geoquímica por processo de latossolização.

O aprofundamento do perfil de Latossolo e avanço destes sobre as couraças na borda de chapada se dá pela mudança nas condições do pedoclima, atualmente em condições tropicalizadas, ocorrendo um sistema de transformação no topo (borda) do Planalto Tabular. Além da observação da transição entre perfis de Latossolo Vermelho para Plintossolo Pétrico em campo, uma outra evidência é a quase ausência de nódulos na descrição macro e micromorfológica do perfil de Latossolo do ponto 20, que se localiza muito próximo ao perfil de Plintossolo do ponto 21.

Faz-se destaque que os perfis de Plintossolos Pétricos se constituem como exemplos de perfis lateríticos típicos, uma vez que podem ser identificados nódulos ferruginosos, goethita pela coloração ocre, cristais de quartzo e bolsões de caulinita na base do perfil.

Processos de contribuição morfogenética e de transformação de coberturas também estão presentes nos Planaltos Dissecados, em perfis com *stone line*. Nas lâminas descritas do Cambissolo Háplico, a *stone line* é composta tanto por material do embasamento, ou seja, cristais de quartzo, quanto de seixos derivados do desmantelamento de couraças dos topos convexos encouraçados dos Planaltos Dissecados e da borda escarpada e encouraçada dos Planaltos Tabulares.

Ao mesmo tempo o quartzo derivado do embasamento pode ser identificado pela sua forma mais angular, tamanho dos grãos e a extinção ondulante com contato serrilhado observado no interior dos grãos quando avaliados em lâmina delgada com os nicóis cruzados. Esse comportamento é exibido em cristais que geralmente passam por episódios de deformação que propiciam um novo arranjo ou deslocamento do sistema cristalino.

A fonte das couraças é correlacionada à estratigrafia da região, onde níveis encouraçados sustentam as regiões topograficamente superiores da área, sobre os arenitos na escarpa ou nos topos de colinas, as quais têm correspondência altimétrica com a escarpa. Essa contribuição de fragmentos de couraças evidencia o recuo da escarpa erosiva e denudação dos topos encouraçados dos Planaltos Dissecados.

Com isso, estima-se contribuições autóctones e alóctones para formação da *stone line*. Outro ponto interessante, é que a mineralogia, textura, cor e estrutura do horizonte 2Bi, aponta para sua formação a partir da pedogênese sobre o gnaisse. Já os horizontes Ap e AB acima da *stone line*, apresentam textura, cor e estrutura grumosa que se diferenciam totalmente do horizonte 2Bi, evidenciando que a formação dos horizontes superficiais se deu por meio da pedogênese sobre material coluvionar depositado sobre o embasamento. Com isso, têm-se descontinuidades nos horizontes acima e abaixo desta no perfil do ponto 27 (Cambissolo Háplico).

Dentro da área de estudo, Motta *et al.* (2004) mapearam Chernossolos Argilúvicos. Alguns perfis de solo observados em campo apresentam horizontes superficiais de cores escuras, no entanto, não foram realizadas análises químicas que poderiam indicar o caráter chernozêmico desses perfis. Considerando as observações micromorfológicas abaixo de *stone line* do perfil englobado nessas áreas, notou-se um baixo desenvolvimento dos agregados, denotando características típicas para Cambissolo.

No entanto, na lâmina do horizonte C do perfil de Cambissolo Háplico do ponto 27 da secção longitudinal, observou-se resíduo de matéria orgânica escurecida por prováveis processos de melanização. Tendo em vista horizontes A e AB de cores escuras em perfis classificados como Cambissolos e Neossolos, estima-se que processos de melanização tenham ocorrido, o que poderia acarretar ao enriquecimento de carbono, e então ao desenvolvimento de Chernossolos nesses locais, não descartando ainda essa possibilidade somente pela observação de lâminas delgadas de solos.

Sentido interior da Faixa Brasília, as formas dissecadas do relevo tendem a se suavizar, com alargamento dos vales e maior amplitude dos interflúvios. Algumas dessas formas se apresentam suavemente aplainadas nos topos e/ou com vertentes amplas e pouco íngremes em direção aos fundos de vale. Nessas áreas são encontrados solos com a maior expressividade em termos de atuação da pedogênese sobre os Planaltos Dissecados, sendo Argissolos Vermelhos a Vermelho-Amarelos. Como descrito anteriormente, a análise microscópica em lâmina delgada na transição de horizontes AB/Bt em Argissolo Vermelho, apontam evidências de argiluviação pela presença de feições pedológicas de revestimento, com a constituição de agregados de argilominerais em blocos.

À medida que se caminha da borda da chapada para o interior dessa unidade, tem-se leve declive das vertentes latossolizadas sentido fundos de vales caracterizados como áreas de

planícies e terraços fluviais (Aptf). Esse caminhamento, de norte para sul, é caracterizado por uma transição entre Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo. Essa transição também é marcada por uma leve ruptura topográfica na média vertente do Planalto Tabular, com aumento da declividade após quebra e sentido fundo de vale (Aptf). Os Latossolos Amarelos, se diferenciam dos Latossolos Vermelhos pela textura e composição da fração grossa que incluem cristais de quartzo de coloração variada, além da presença em maior quantidade de minerais magnéticos e o aparecimento de plintitas nos perfis.

Esse leve declive por meio de longas vertentes aplainadas e latossolizadas poderia se dar pelo rebaixamento geoquímico e/ou pela incisão e acumulação do canal, que abriga Gleissolos e Organossolos em áreas saturadas. A influência do lençol freático na formação dos solos no interior e nos rebordos da vereda (como no caso da presença de minerais magnéticos e plintitas no Latossolo Amarelo, anteriormente mencionado), possivelmente é condicionada pela camada silicificada de arenito posicionada abaixo das coberturas, elevando condições de saturação dos solos na área.

Em síntese, a maior presença da fração silte, forma e textura dos grãos de quartzo, presença de plintitas e a composição heterogênea da fração grossa do Latossolo Amarelo pode o indicar como um solo menos evoluído, quando comparado ao Latossolo Vermelho. Compreende-se que os horizontes superiores derivam de um processo mais recente de retrabalhamento, os quais também foram influenciados pelo rebaixamento geoquímico da cobertura e pelo lençol freático próximo a vereda.

Ainda quanto ao leve declive dos topos tabulares para W, observa-se que os canais fluviais seguem essa orientação, ficando bem notável nas cartas de Declividade e IPT. Uma outra possibilidade, é que esse leve declive das vertentes, acompanhe o mergulho das camadas sedimentares formada por arenitos em direção ao interior da Bacia Sedimentar, apontando basculamento (W-WNW).

A inclinação das camadas de arenito poderia ser resultado de dois processos ou como resultado da atuação de ambos, sendo respectivamente a subsidência termo-mecânica ocasionada pelos derrames basálticos (FERNANDES; COIMBRA, 1996 e 2000) mais a sudoeste provocando soerguimento da borda da Bacia, seguido também por outro evento posterior conhecido como Soerguimento do Alto Paranaíba (HASUI, HARALYI, 1991 *apud* BATEZELLI, 2003). Essa inclinação das camadas e soerguimento da borda da Bacia e posterior erosão diferencial das rochas, poderia resultar também em relevos *cuestiformes*.

Chama-se a atenção para que a literatura científica geomorfológica mapeia esta região como chapadas e/ou planaltos tabulares (ROSS, 1985; FELTRAN FILHO, 1997; BACCARO *et al.*, 2001)

É importante destacar que a escarpa erosiva da borda da Bacia apresenta um contato em seu terço médio a inferior (por vezes até médio e superior) de arenitos com o embasamento pré-cambriano. Esse posicionamento topográfico do embasamento na escarpa é um fato relevante, considerando que alguns exemplos da literatura brasileira caracteriza a forma como *Glint* (PEULVAST; BÉTARD, 2015; CLAUDINO-SALES *et al.*, 2020). Tal forma, como ilustra a Figura 11, marca o contato da Bacia com o seu embasamento cristalino já na escarpa erosiva. Além disso, a área rebaixada topograficamente em frente ao *front* escarpado, é associada à uma Depressão Marginal à Bacia Sedimentar, intituladas por Depressões Periféricas (LIRA; CLAUDINO-SALES, 2012).

Considerando esse critério morfológico, a borda escarpada nordeste da Bacia do Paraná na área de estudo, se constituiria como um *Glint*, considerando a exposição do embasamento na escarpa erosiva, sobreposta por camada sedimentar associada à Bacia. Ao mesmo tempo, se levar em consideração o critério genético-processual apontado por Goudie (2004), essa feição seria resultado da atuação da erosão de geleiras, fato que inviabilizaria essa classificação de *Glint* na escapa investigada.

Destaca-se também que a área rebaixada em frente ao frente ao *front,* atribuída como Planalto Dissecado da Faixa de Dobramentos Brasília, poderia se constituir, como uma Depressão Periférica, considerando o seu notável rebaixamento topográfico em frente ao *front* escarpado, que limita a continuidade da Bacia. Conforme observado na Figura 10 as bordas de Bacias Sedimentares são marcadas por Depressões Periféricas.

Essa provável Depressão atualmente é esculturada na área por drenagens obsequentes e subsequentes da Bacia Hidrográfica do Rio Bagagem, onde, na medida em que se distancia da escarpa, as formas de relevo tendem a se tornar mais suaves e os interflúvios mais amplos. Além disso, a presença de arenitos na forma de relevos residuais que ocorrem em frente ao *front* escarpado, já em meio aos gnaisses da Faixa Brasília, indica um recuo erosivo das bordas da Bacia do Paraná, tendo em vista a similaridade dos arenitos da escarpa e dos relevos residuais, se constituindo em morros testemunhos.

Acrescenta-se ainda, que medidas adquiridas em campo evidenciaram que as camadas de arenito e dos morros testemunhos estão com mergulho superiores a 3º e orientado em direção à Bacia, a forma escarpada, além de se caracterizar como *Glint*, também se caracterizaria como *Cuesta*. Dados coletados em campo apontam mergulhos entre 12 e 20º para W e WNW.

Assim, na sequência listam-se alguns eventos e características que devem ser considerados na evolução do relevo da área e no desenvolvimento de seus solos:

- Jurássico Superior a Cretáceo Inferior – Arenitos da Formação Botucatu depositados sobre embasamento cristalino da Faixa Brasília na borda nordeste da Bacia do Paraná (SEER; MORAES, 2017) (Figura 48A).

- Cretáceo Inferior - Deposição dos basaltos à sul e sudoeste (interior da Bacia do Paraná) sobre arenitos da Formação Botucatu com subsidência termo-mecânica no interior da bacia (FERNANDES; COIMBRA, 2000). Arqueamento das bordas com inclinação de camadas do arenito? (Figura 48B).

- Cretáceo Superior – Intrusões alcalinas (complexos alcalinos carbonatíticos, lamproítos, kamafugitos e kimberlitos) na região do Alto Paranaíba, e processo de Soerguimento da Província Ígnea do Alto Paranaíba (LADEIRA *et al.*, 1971; ARAÚJO *et al.*, 2001; HASUI, HARALYI, 1991 *apud* BATEZELLI, 2003;). Soerguimento da borda nordeste da Bacia do Paraná com inclinação de camadas do arenito? (Figura 48C).

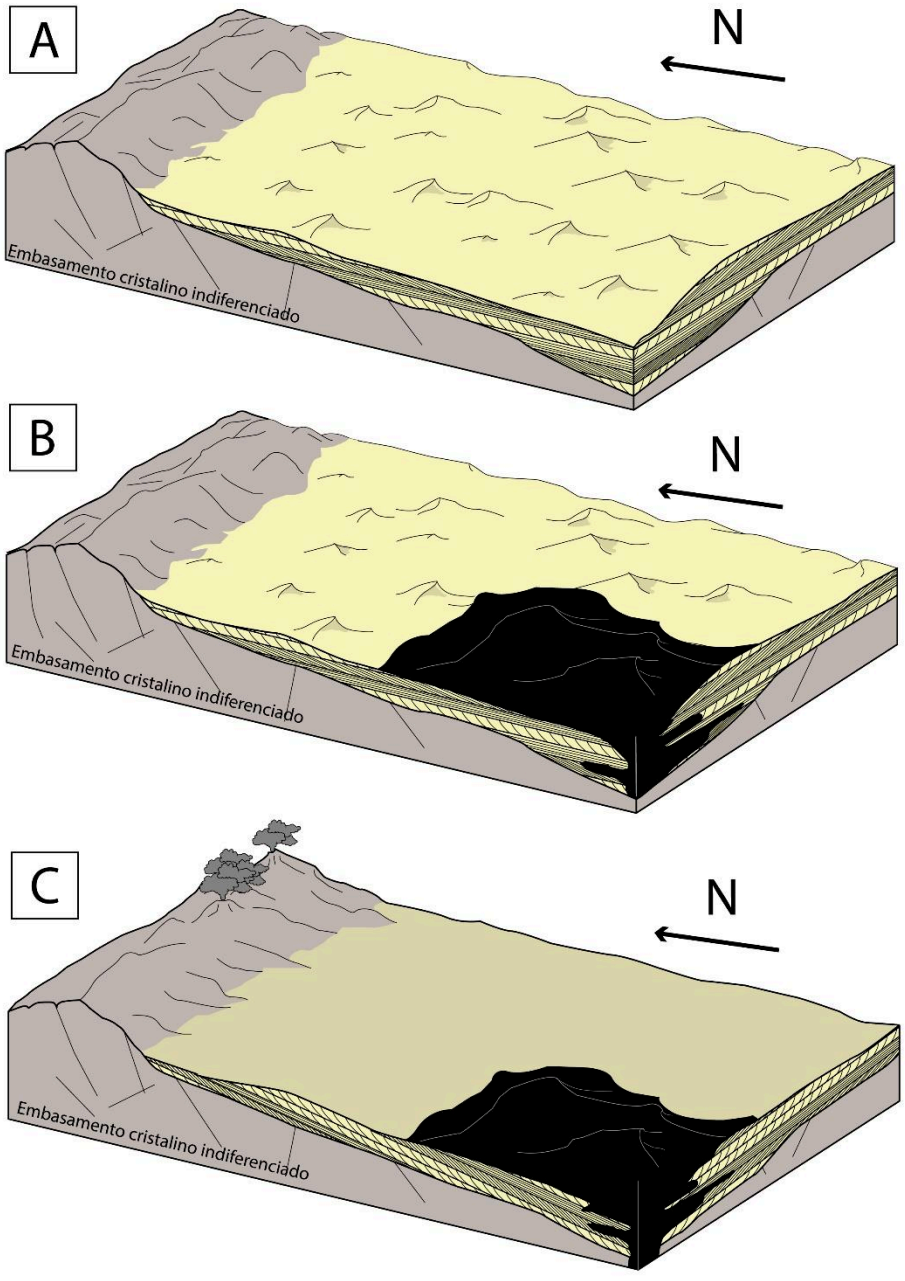
- Cenozóico (Paleógeno/Neógeno) – Evento denudacional, com aplainamento generalizado (Superfície Sul-Americana) (KING, 1956; BRAUN, 1970). Erosão da parte superior do conjunto de camada dos arenitos e deposição de níveis de cascalheira e sedimentos inconsolidados de argila, silte e areia com contribuições também do embasamento (Figura 49A).

- Processos de encouraçamento da base desses depósitos (coberturas) em variações de condições de maior e menor umidade.

- Incisão de sistema de rede de drenagem com evolução vertical da paisagem em clima úmido e processos de latossolização e desenvolvimento de perfil laterítico sobre as coberturas, alternado com climas mais áridos que provocaram o recuo paralelo das vertentes da borda nordeste da Bacia do Paraná. Recuo hoje, evidenciado pela presença de relevos residuais (morros testemunhos constituídos por arenitos). A incisão de drenagens e o recuo provocou a

inversão do relevo pela erosão diferencial e exposição do contato entre arenitos e o embasamento na escarpa dos Planaltos Tabulares da Bacia do Paraná, caracterizando a feição escarpada como uma possível *Cuesta* e/ou *Glint* (Figura 49B).

Figura 48: Modelo evolutivo do relevo. A) Deposição dos arenitos sobre o embasamento cristalino (Jurássico Superior). B) Derrame de basaltos da Formação. Serra Geral no interior da Bacia (Cretáceo Inferior). C) Intrusões alcalinas na região do Alto Paranaíba (Cretáceo Superior).



Fonte: De autoria própria.

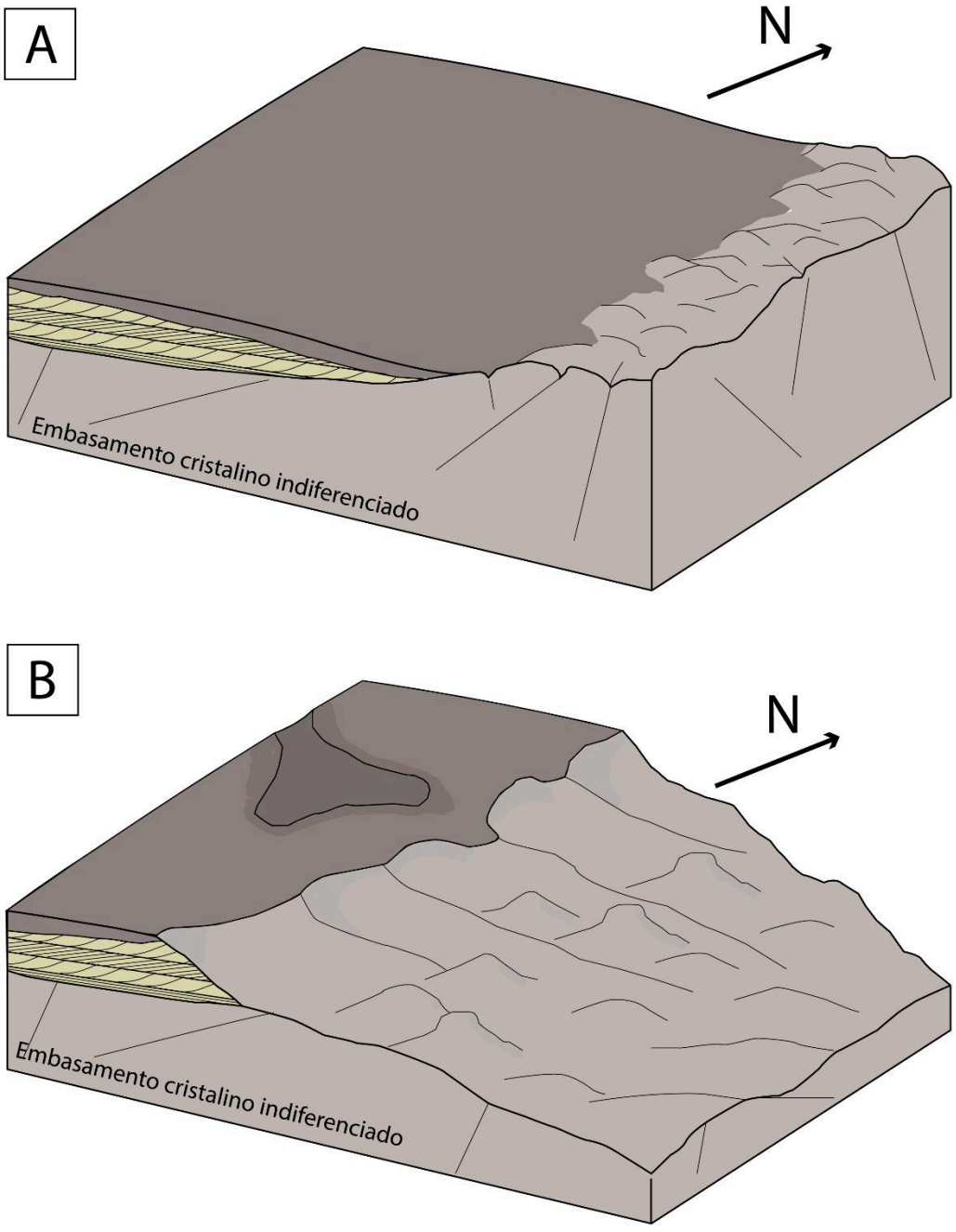
- Inversão do relevo, onde litologias da Bacia se encontram topograficamente mais altas que o embasamento fortemente dissecado e agora se constituindo como uma provável Depressão Periférica da Borda Nordeste da Bacia do Paraná, esculturada em rochas pré-Cambrianas. Esse nível da Depressão se constituiria como a Superfície Velhas (BRAUN, 1970)?

- Quaternário – Com recuo erosivo, formação de depósitos coluvionares na base da escarpa, com contribuições dos níveis encouraçados constituindo *stone lines* em solos dos Planaltos Dissecados, caracterizando descontinuidades entre horizontes. Evolução da rede de drenagem de padrão dendrítico que partem da escarpa, dissecando e retrabalhando materiais, com formação de depósitos fluviais e aluvionares. Processos de rebaixamento geoquímico no interior dos Planaltos Tabulares, com formação de manjedouras e áreas de vereda com evolução de solos hidromóficos como Gleissolos e Organossolos (Figura 49B).

- Pedogênese incipiente sobre rochas do embasamento e depósitos coluvionares.

- Processos de acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais com melanização. Formação de Chernossolos?

Figura 49: Modelos evolutivos de relevo. A) Evento denudacional com erosão da área fonte anteriormente soerguida pela intrusão de magmas alcalinos e deposição de coberturas sobre arenitos (Paleógeno/Neógeno). B) Inversão do relevo e recuo das vertentes da Bacia do Paraná (Quaternário).



Fonte: De autoria própria.

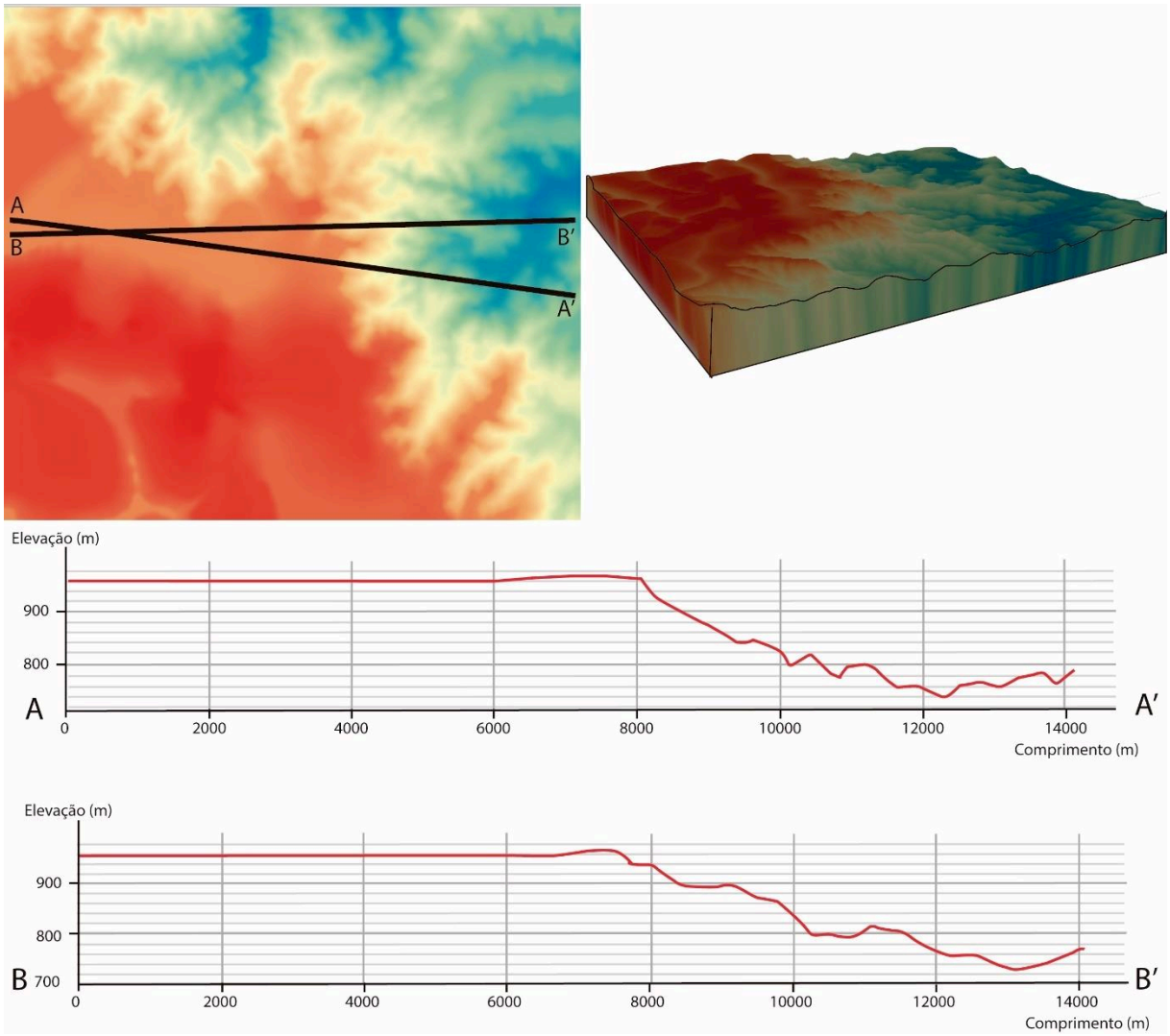
Por fim, a Figura 50 exibe um panorama 3D da área de estudo, assim como a Figura 51 apresenta, além de um modelo 3D a partir de MDE, perfis topográficos ao longo da área.

Faz-se destaque a visada NW na Figura 50 e aos perfis WNW-ESE (A-A') e W-E (B-B') (Figura 51), com feições de borda escarpada, que pode ter sido soerguida (por processos tectônicos que levaram ao basculamento de camadas sedimentares e/ou geoquímicos que acarretaram rebaixamento ou subsidência de vertentes no interior de Planaltos Tabulares) e regredida por canais de primeira ordem obsequentes. Reitera-se que este relevo escarpado pode se constituir como *Cuesta* (em função do mergulho superior a 3º das camadas de arenito) e/ou *Glint* (em função da presença do embasamento na escarpa). Essa feição escarpada tem a sua frente áreas topograficamente rebaixadas e dissecadas expondo rochas metamórficas pré-cambrianas da Faixa de Dobramentos Brasília, bem como morros testemunhos sustentados por arenitos. Reforça-se que esta área rebaixada pode se constituir como uma Depressão Periférica em borda de bacia sedimentar.

Figura 50: Imagem 3D obtida via Google Earth Pro.



Figura 51: Visão em planta de MDE com perfis traçados exibidos na parte inferior da Figura. Ao lado, modelo com visualização 3D a partir de MDE.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os dados apresentados e discutidos, conclui-se que um estudo integrado e multidisciplinar como a Geomorfopedologia, contribui para o entendimento dos processos e da evolução da paisagem ao longo do tempo geológico. Fez-se reconhecimento de cinco Unidades Geomorfopedológicas as quais foram seccionadas transversalmente na organização de perfis longitudinais realizados em trabalhos de campo.

A pesquisa trabalhou na perspectiva da evolução do relevo através da erosão diferencial das rochas na borda nordeste da Bacia do Paraná e recuo das vertentes, deixando morros testemunhos em frente ao *front* escarpado. Trouxe evidências e discussões de possíveis formas de *Cuesta*, *Glint*, e Depressão Periférica, considerando que a literatura

geomorfológica trata essas feições como Planaltos Tabulares (Chapadas) e Planaltos Dissecados.

Numa perspectiva futura, é importante a continuidade do levantamento do mergulho das camadas de arenito, a fim de ratificar a existência da feição *cuestiforme*. Também pode ser englobado a essa investigação o mapeamento de basaltos posicionados no reverso da escarpa (interior da chapada), além de outras possíveis litologias sedimentares pertencentes a outros grupos ou formações. Agrega-se a investigação das características da provável Depressão Periférica, hoje tratada como Planalto Dissecado, sobretudo quanto a análise de um rebaixamento intermontano.

Chama-se atenção para os terraços situados em vales mais amplos que adentram sentido Faixa Brasília. Há necessidade de uma caracterização com maior detalhe desses vales e da pedogênese nesses locais. Esses depósitos são frutos de uma dinâmica fluvial complexa, a qual pode estar atrelada às falhas geológicas e zonas de cisalhamento, que contribuíram diretamente com a evolução vertical do relevo e erosão diferencial das rochas. Dessa forma, um estudo integrado da geologia estrutural e geomorfologia fluvial enriqueceria dados sobre a incisão de canais da bacia hidrográfica do Rio Bagagem e bacias adjacentes.

Ainda nessa linha, os Argissolos carecem de mais estudos acerca de sua gênese e evolução. Estes poderiam ser produto da pedogênese sobre antigos terraços, tendo em vista ausência de materiais do embasamento nos perfis, em partes superiores da topografia, mais uma vez compreendendo um possível estudo acerca da evolução vertical do relevo e relação da rede hidrográfica instalada ao longo da evolução da paisagem.

O Índice de Posição Topográfica é fortemente influenciado pela escala, rugosidade do relevo e topografia e juntamente ao Índice de Rugosidade do Terreno, responderam bem às feições de relevo observadas em campo e etapas de fotointerpretação. Em conjunto com as análises hipsométricas, de declividade e geomorfológica, se tornam importantes ferramentas para o entendimento dos Planaltos Dissecados como parte de uma possível Depressão Periférica. Sendo assim, o IRT e o IPT proporcionaram corroborar de forma quantitativa com as descrições qualitativas do relevo adquiridas por meio da fotointerpretação.

Dessa forma, o mapeamento e estudo geomorfopedológico, tratando de uma abordagem integrada entre a geomorfologia, geologia e pedologia possibilitou a proposição de

um modelo evolutivo do relevo, relacionando-o ao desenvolvimento dos solos, agregando discussões acerca das interferências climáticas e tectônicas.

7. REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. A geomorfologia do estado de São Paulo. Aspectos geográficos da terra bandeirante. Rio de Janeiro: Serviço Geográfico do Institudo Brasileiro de Geografia e Estatística, 1954. 97p. Disponível em: < biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1439151_AGeomorfologiaDoEstadoDeSaoPaulo.pdf>

AB'SÁBER, A. N. Megageomorfologia do Território Brasileiro. *In:* CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. p. 71-106.

AB'SÁBER, A. N. Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, Universidade de São Paulo – Instituto de Geografia. Transcrito do Boletim do CEPEGE, n.3, p. 85-123, 1970.

AB'SÁBER, A. N. Regiões de circundesnudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 1, p. 3-21, 1949. Disponível em: < biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1351127_RegioesDeCircundesnudacao.pdf>

AB'SÁBER, A. N. The Natural Organization of Brazilian Inter and Subtropical Landscapes. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 21, n. 1/2, p. 57-70, 2000.

ALEVA, G. J. J. **Laterites. Concepts, geology, morphology and chemistry**. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, 1994. 169p.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 9-75, 2018. DOI: 10.33958/revig.v39i3.600

ALMEIDA, F. F. M. **O Cráton do Paramirim e suas relações com o do São Francisco**. *In:* Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, 1, Salvador, Anais, p. 1-10, 1981.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Rio de Janeiro, **Boletim Divisão Geologia e Mineralogia** (241) – DNPM, 1967.

ALMEIDA, F. F. M. Relevo de "Cuestas" na Bacia Sedimentar do Rio Paraná. **Boletim Geográfico**, n. 102, p. 587-593, 1951. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/19/bg_1951_v9_n102_set.pdf>

ARAUJO, A. L. N. de; GASPAR, J. C.; CARLSON, R. W.; SICHEL, S. E.; COSTA, V. S.; TEIXEIRA, N. A. Pb, Nd, Sr and Os isotopic systematics of brazilian cretaceous potassic rocks. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 4, p. 521-523, 2001.

ASSINE, M. L.; PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. D. R. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. *In:* MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO-NEVES, B. B. (Eds). **Geologia do continente sul-americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo: Editora Beca, p. 77-92, 2004.

BACCARO, C. A. D.; FERREIRA, I. L.; ROCHA, M. R.; RODRIGUES, S. C. Mapa Geomorfológico do Triângulo Mineiro: Uma abordagem Morfoestrutural-escultura. **Revista Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 13, n. 25, p. 115-127, jan./dez. 2001.

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. Tese de Doutorado em Geociências - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BATEZELLI, A.; GOMES, N. S.; PERINOTTO, J. A. DE J. Petrografia e evolução diagenética dos arenitos da porção norte e nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 3, p. 311-322, set. 2005.

BATISTA, L. F. F.; SILVEIRA, A; FARIA JUNIOR, I. R. Compartimentação Geomorfopedológica no limite entre a Bacia Sedimentar do Paraná e a Faixa de Dobramentos Brasília: Estrela do Sul (MG). **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2021.

BEIER, P.; BROST, B. Use of Land Facets to Plan for Climate Change: Conserving the Arenas, Nor the Actors. **Conservation Biology**, v. 24, n. 3, p. 701-710, 2010. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01422.x

BOULET, R.; LUCAS, Y.; FRITSCH, E.; PAQUET, H. Geoquímica das paisagens tropicais: O papel das coberturas pedológicas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 1- 23, 2016. DOI: 10.5935/0100-929X.20160006

BOULET, R.; BOCQUIER, G.; MILLOT, G. Géochime de la surface et formes du relief. I. Déséquilibre pédobioclimatique dans les couvertures pédologiques de l'Afrique tropicale de l'Ouest et son rôle dans l'aplanissement des reliefs. **Sciences Géologiques**, v. 30, n. 4, p. 235-243, 1977.

BOURGEAT, F.; MICHEL, S.; TRICART, J. Pédogenèse et morphogenèse d'après des exemples à Madagascar. **Revue de Géographie**, n. 35, p. 9-54, 1979

BOVI, R. C.; BOSCHI, R. S.; CARVALHO, C. C. de; COOPER, M. Analysis of the Soil Sand Fraction and Recent Sediments Deposits: An Approach Based on Two-Dimensional Image Analysis. **Soil Science**, v. 181, n. 11/12, p. 513-519, 2016.

BRAUN, O. P. G. Contribuição a Geomorfologia do Brasil Central. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 32, n. 3, p. 3-40, 1970.

BREWER, R. **Fabric and Mineral Analysis of Soils**. Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington – New York. 1976. 482p.

BÜDEL, J. **Climatic geomorphology**. New Jersey: Princeton University Press. 1982. 443p.

BULLOCK, P.; FEDEROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. **Handbook for soil thin section description.** Waine Research Publications. 1985. 152p.

BUSHMAN, J. R. Hutton's Uniformitarianism. **Brigham Young University Studies**, v. 23, n. 1, p. 41-48, 1983. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/43040912>. Acesso em 17/03/2022 às 20:01.

BUTT, C. R. M.; LINTERN, M. J.; ANAND, R. R. Evolution of regoliths and landscapes in deeply weathered terrain – implications for geochemical exploration. **Ore Geology Reviews**, v. 16, p. 167 – 183, 2000.

CAILLEUX, A. Les actions éoliennes périglaciaires en Europe. **Mémoire de la Societé Géologique de France**, v. 46, p. 1-176, 1972.

CASTRO, S. S.; Solo e relevo: pontos para um resgate histórico sobre o estudo das interrelações. **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 1-36, 2021. DOI: https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v2n1.2021.138

CASTRO, S. S. **Micromorfologia de Solos: bases para descrição de lâminas delgadas.** 2. ed. Campinas: Unicamp, Goiânia: UFG, 2008. 135p.

CASTRO, S. S.; COOPER, M. **Fundamentos de micromorfologia de solos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 240p.

CASTRO, S. S.; SALOMÃO, F. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: Considerações Metodológicas. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v. 4, n. 1, p. 27-37, 2000.

CHAVES, M. L.; DIAS, C. H. **Relatório Técnico e Mapa Geológico**: Folha Estrela do Sul (SE.23-YA-IV). Escala 1:100.000. CODEMIG, 2017.

CLAUDINO-SALES, V. **Les littoraux du Ceará : Evolution Géomorphologique de la zone côtière de l'Etat du Ceará : du long terme au court terme**. Tese de Doutorado, Universidade Paris-Sorbonne, 2002. 534p.

CLAUDINO-SALES, V.; LIMA, E. C.; DINIZ, S. F.; CUNHA, F. S. e S. da. Megageomorfologia do Planalto da Ibiapaba, estado do Ceará: Uma introdução. **William Morris Davis – Revista de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 186-209, 2020.

CLAUDINO-SALES, V.; LIRA, M.V. Megageomorfologia do noroeste do estado do Ceará, Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 38, p. 200-209, 2011.

CLAUDINO-SALES, V.; LIRA, M.V. **Megageomorfologia do noroeste do estado do Ceará: Glint da Ibiapaba, depressão sertaneja e maciços cristalinos em questão**. *In:* VIII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia. 2010.

CLAUDINO-SALES, V.; LOPES, F. L. S. Geomorfodiversidade e geomorfopatrimônio no nordeste brasileiro: Geomorfossítio hídrico Bica do Ipu (Glint da Ibiapaba, estado do Ceará). *In:* CLAUDINO-SALES, V. (Org.). **Geodiversidade do Semiárido.** Sobral, Ceará: Sertão Cult, 2020. 202p.

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F. Stratigraphical discontinuities, tropical landscape evolution and soil distribution relationships in a case study in SE-Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 673-683, 2002.

CORRÊA, E.; MORAES, I. C.; PEREIRA, L. H.; PINTO, S. A. F. Fotopedologia e Sistemas de Informação Geográfica integrados na caracterização e mapeamento de solos. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 153-167, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v33i3.24474

COSTA, L. R. F.; MAIA, R. P.; BARRETO, L. L.; CLAUDINO-SALES, V. C. Geomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro: Uma proposta de classificação. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, 2020,

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **The Geographical Journal**, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899. DOI: https://doi.org/10.2307/1774538

DAVIS, W. M. Peneplains and The Geographic Cycle. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 33, p. 587-598, 1922.

DE BIASI, M. Carta de Declividade: Confecção e Utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 21, p. 8-12, 1970.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: Os Métodos de Representação e sua Confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DE REU, J.; BOURGEOIS, J.; BATS, M.; ZWERTVAEGHER, A.; GEOLORINI, V.; SMEDT, P. D.; CHU, W.; ANTROP, M.; MAEYER, P. D.; FINKE, P.; MEIRVENNE, M. V.; VERNIERS, J.; CROMBÉ, P. Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. **Geomorphology**, v. 186, p. 39-49, 2013.

DIAS, J. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)**. 2004. 84p.

DUSZYŃSKI, F; MIGOŃ, P.; STRZELECKI, M. C. Escarpment retreat in sedimentary tablelands and cuesta landscapes – Landforms, mechanisms and patterns. **Earth-Science Reviews**, v. 196, p. 1-42, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 573p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5ª ed. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356p.

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

FELTRAN FILHO, A. **A estrutura das paisagens nas chapadas do oeste mineiro**. Tese (Doutorado em Geografia Física) FFCLH – USP. São Paulo, 1997.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 2, p. 195-205, 1996.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 717-728, dez. 2000.

FUCK, R. A. **A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins**. *In*: IV Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, p. 184-187, jan. 1994

FUCK, R. A.; PIMENTEL, M. M.; SILVA, L. J. H. D. **Compartimentação tectônica na porção oriental da Província Tocantins**. *In:* 38 Congresso Brasileiro de Geologia. Balneário Camboriú-SC, p. 215-216, 1994.

GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology.** Volume 1: A-I. International Association of Geomorphologists, Nova York, 2004. 1156p. Disponível em: <glinthttps://courses.ess.washington.edu/ess-306/links/Goudie_Encyclopedia_of_Geomorphology.pdf>

GRAVINA, E. G.; KAFINO, C. V.; BROD, J. A.; BOAVENTURA, G. R.; SANTOS, R. V.; GUIMARÃES, E. M.; JOST, H. Proveniência de arenitos da Formação Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do Garimpo do Bandeira: Implicações para a controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 22, n. 4, p. 545-558, 2002.

HACK, J. T. Dynamic equilibrium and landscape evolution. *In*: MELHORN, W. N.; FLEMAL, R. C. **Theories of landform development.** London: Allen & Unwin, 1975. p. 87-102.

HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **American Journal of Science**, v. 258-A, p. 80-97, 1960.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the US Geological Survey**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HASUI, Y.; SADOWSKI, G. R.; SUGUIO, K.; FUCK, G. F. The Phanerozoic Tectonic Evolution of the Western Minas Gerais State. **Anais da Academia Brasileira de Geociências**, v. 47, n. 3-4, p. 431-438, 1975.

HUNTER, M. L.; JACOBSON, G. L.; WEBB, T. Paleoecology and the Coarse-Filter Approach to Maintaining Biological Diversity. **Conservation Biology**, v. 2, n. 4, p, 375-385, 1988. DOI: HUNTER, M. L., JACOBSON, G. L., & WEBB, T. (1988). Paleoecology and the Coarse-Filter Approach to Maintaining Biological Diversity. Conservation Biology, 2(4), 375–385. doi:10.1111/j.1523-1739.1988.tb00202.x

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182p.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430p.

IBGE: Ortomosaico Projeto SPMGGO: 2452-1-SO e 2452-1-SE. Escala 1:25.000. 2007. Disponível em: < https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/arquivos-raster.html>

JENNESS, J.; BROST, B.; BEIER, P. **Land Facet Corridor Designer**. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station and Arizona Board of Forestry/McIntire-Stennis Cooperative Forestry Program. 2013. 110p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228787733_Land_Facet_Corridor_Designer>. Acesso em: 28 de abril de 2022 às 09:50.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

KING, L. C. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 64, p. 721-752, 1953.

KLEIN, P. B. W. **Geoquímica de rocha total, geocronologia de U-Pb e geologia isotópica de Sm-Nd das rochas ortognáissicas e unidades litofaciológicas associadas da região de Ipameri – Catalão (Goiás)**. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

LADEIRA, E. A.; BRAUN, O. P. G.; CARDOSO, R. N.; HASUI, Y. **O Cretáceo em Minas Gerais.** *In:* Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, p. 15-31, 1971.

LEPRUN, J. C. Géochimie de la surface et formes du relief. IV. La degradation des cuirasses ferrugineuses. Etude et importance du phénomene pédologique en Afrique de l'Ouest. **Sciences Géologiques**, v. 30, n. 4, p. 265-273, 1977.

LIRA, M. V.; CLAUDINO-SALES, V. **O uso de SIGs na análise da evolução morfoestrutural no noroeste do estado do Ceará, nordeste do Brasil**. *In:* IX SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia, Rio de Janeiro, 2012.

LUCAS, C.; CHAUVEL, A. Soil formation in tropically weathered terrains. *In:* BUTT, C. R. M. **Handbook of Exploration Geochemistry** – Vol. 4. Elsevier Science Publishers, p. ,57-77, 1992.

LYELL, C. **Principles of Geology**. Chicago: The University of Chicago, v. 1, 1990. Originalmente publicado em Londres em 1860.

MACHADO, D. F. T.; CASTRO, S. S.; LADEIRA, F. S. B. A Geopedologia como abordagem metodológica para o levantamento de solos: uma breve discussão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 4, p. 1834-1857, 2022.

MELFI, A. J. **Lateritas e processos de laterização.** Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP, 1994. 29p.

MESCERJAKOV, J. P. Les concepts de morphostruture et morphoesculture: um nouvel instrument del'analyse geomorphologique. **Annales de Geographie**. Paris, n. 423, p. 539-552. 1968.

MICHELON, C. R.; AZEVEDO, A. C. de ; PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D.; STURMMER, S. K.; GONÇALVES, J.; JESUS, S. L. de. Causes of morphological discontinuities in soils of Depressão Central, Rio Grande do Sul State, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 3, p. 319-326, 2010.

MILANI, E. J. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Doutoramento, 1997.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G. DE.; SOUZA, P. A. DE.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. A. Roteiros Geológicos: Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p.135-162, 2007.

MILLOT, G. Géochimie de la surface et formes du relief. **Sciences Géologiques**, v. 30, n. 4, p. 229-233, 1977.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO-NETO, V.; CARNEIRO, C. D. R.; LISBOA, M. B. de A. L. **A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. Beca-BALL edições, 2010. 588p.

MOTTA, P. E. F.; BARUQUI A. M.; SANTOS. H. G. D. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – EMBRAPA, 2004.

MOURA-FÉ, M. M. de. **Evolução geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: Gênese, modelagem e conservação**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 307p. 2015.

MOURA-FÉ, M. M. de. Planalto, cuesta, glint: a Geomorfologia da Ibiapaba Setentrional (região noroeste do Ceará, Brasil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1846-1858, 2017.

MUDRE, M. R.; SILVA, J. M. F. da. Uso do Índice de Posição Topográfica para classificação de elementos geomorfológicos da Bacia do Rio das Antas, Irati – Paraná. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**, n. 34, p. 37-50, 2019.

MUNSELL Soil-Color Charts. Carta de Cores Munsell. Produced by Munsell Color, 2009.

NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C.; SILVEIRA, C. T. da. Potencialidade do Índice de Posição Topográfica no Mapeamento Pedológico Preditivo em uma Sub-Bacia do Rio Capricórnio – PR. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. 34, p. 10-20, 2017.

PASSOS, J. S.; DUCART, D. F.; MEDINA, C. M.; DE-CAMPOS, A. B. Rock-landform-soil relationship for geomorphopedological characterization in the region of Lavra Velha, occidental Chapada Diamantina, Bahia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 421- 434, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1751

PENCK, W. Morphological Analysis of Land Forms – A Contribution to Physical Geology. **Macmillan and Company Limited**. 1953. 429p. Disponível em: <https://archive.org/details/in.gov.ignca.6847/page/n43/mode/2up>

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do Setor Centro-Ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – Instituto de Geografia, São Paulo, 1976. 86p. Disponível em: <http://geoparkcorumbatai.com.br/wp-content/uploads/2017/11/Penteado-1976-Geomorfologia-do-Setor-Centro-Ocidental-da-Depress%C3%A3o-Perif%C3%A9rica-Paulista.pdf>

PEULVAST, J. P.; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: The Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 20-40, 2015.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; JOST, H.; FILHO, C. F. F.; ARAÚJO, S. M. DE. The Basement of the Brasília Fold Belt and the Goiás Magmatic Arc. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D. A. (Eds). **Tectonic Evolution of South America**. 31st International Geologial Congress, Rio de Janeiro, p. 195-229, 2000.

PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. de. Reflexões sobre a gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista: o exemplo da região da Serra de São Pedro e do baixo Piracicaba, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 47-59, 2014.

PINTON, L. G. **Evolução dos processos morfogenéticos em relevo cuestiforme: a bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP)**. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2016.

POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 23, p. 117-119, 1953.

RIBEIRO, L. C. B.; TREVISOL, A.; CARVALHO, I. S.; NETO, F. M.; MARTINS, L. A.; TEIXEIRA, V. P. A. **Geoparque Uberaba – Terra dos Dinossauros do Brasil (MG).** *In:* SCHOBBENHAUS, C. Geoparques do Brasil – Proposta, CPRM, Rio de Janeiro, v. 1, p. 583-616, 2012.

RILEY, S. J.; DE GLORIA, S. D.; ELLIOT, R. A Terrain Ruggedness Index That Quantifies Topographic Heterogeneity. **Intermountain Journal of Sciences**, v. 5, n. 1-4, p. 23-27, 1999.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 6, p. 17-29. 1992.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 1996.

ROSS, J. L. R. Relevo Brasileiro: Uma Nova Proposta de Classificação. **Revista do Departamento de Geografia.** v. 4, p. 25-39, 1985.

SANTOS, B. L. **Petrologia e geologia estrutural da Faixa Brasília na região de Estrela do Sul – MG: Implicações Tectônicas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2019.

SANTOS, B. L.; SIMÕES, L. S. A.; SEER, H. J. Evolução estrutural do domínio interno da Faixa Brasília Meridional na região de Estrela do Sul, Minas Gerais, Brasil. **Geociências**, v. 40, n. 2, p. 287-305, 2021.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Sociedade Brasileira de Ciência de Solo – SIBCs, 5ª ed. 2005.

SEER, H. J.; MORAES, L. C.; CARNEIRO, A. C. B. **Geologia e deformação do Grupo Araxá na região de Estrela do Sul – Monte Carmelo – Abadia dos Dourados, Minas Gerais**. *In:* Simpósio de Geologia do Sudeste, Diamantina, p. 44, 2007.

SEER, H. J.; MORAES, L. C. Within plate, arc, and collisional Neoproterozoic granitic magmatism in the Araxá Group, Southern Brasília belt, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 43, n. 2, p. 333-354, jun. 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.5327/Z2317-48892013000200010

SEER, H. J.; MORAES, L. C. **Projeto Triângulo Mineiro – Geologia Regional do Triângulo Mineiro**. CODEMIG, 2017. 123p.

SILVA, B. A.; HAYAKAWA, E. H.; MARTINS, V. M. Relação solo-relevo no oeste do Paraná, estudo de caso: Folha Topográfica de Marechal Cândido Rondon, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 45-62, 2020.

SILVA, J. M. F. da.; OKA-FIORI, C.; SILVEIRA, C. T. da. Índice de Diversidade de Formas de Relevo do Setor Norte da Apa da Serra da Esperança (PR) com Emprego de Técnica de Classificação Geomorfométrica. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. 6, p. 112-123, 2017.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Classificação morfológica obtida pelo Índice de Posição Topográfica na região central da Serra do Mar Paranaense. **Revista Geonorte**, v. 10, n. 1, p. 104-109, 2014.

SILVEIRA, C. T. da; SILVEIRA, R. M. P. Índice de Posição Topográfica (IPT) para classificação geomorfométrica das formas de relevo no Estado do Paraná – Brasil. **Revista Ra'e Ga**, v. 41, p. 98-130, 2017.

STILES, C. A.; MORA, C. I.; DRIESE, S. G. Pedogenic processes and domain boundaries in a Vertisol climosequence: evidence from titanium and zirconium distribution and morphology. **Geoderma**, v. 116, p. 279-299, 2003.

STOOPS, G. **Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. Soil Science of America, 2003. 181p.

SUGUIO, K.; BARCELOS, J. H. Paleoclimatic evidence from the Bauru Group, Cretaceous of Paraná Basin, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 232-236, 1983.

TOMKEIEFF, S. I. James Hutton's "Theory of the Earth," 1975. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 57, n. 4, p. 322-328, 1946. DOI: https://doi.org/10.1016/S0016-7878(46)80017-8

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S.; BARATTO, D. da S. Análise de elementos do relevo através do *Topographic Position Index* (TPI) da Bacia Hidrográfica do Arroio Putiã – Oeste do Rio Grande do Sul/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia USP**, v. 31, p. 14-25, 2016.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson et Cie, 1965.

TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-géographie et l'amenagement du Milieu Naturel**. Librairie François Maspéro, 1979.

UHLEIN, A.; FONSECA, M. A.; SEER, H. J.; DARDENNE, M. A. Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – Setores Setentrional e Meridional. **Geonomos**, v. 20, n. 4, p. 1-14, 2012.

USGS, **United States Geological Survey**. Disponível em: < https://earthexplorer.usgs.gov/>.

VERRECCHIA, E. P.; TROMBINO, L. **A Visual Atlas for Soil Micromorphologists**. Springer, 2021. 177p. Disponível em: < https://doi.org/10.1007/978-3-030-67806-7>

VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van ITC System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VII, 1975.

VILLELA, F. N. J.; ROSS, J. L. S.; MANFREDINI, S. Análise Geomorfopedológica na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 6, n. 4, p. 669-682, 2015.

VILLELA, F. N. J.; ROSS, J. L. S.; MANFREDINI, S. Relief-Rock-Soil relationship in the transition of Atlantic Plateau to Peripheral Depression, Sao Paulo, Brazil. **Journal of Maps**, v. 9, n. 3, p. 343-352, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2013.805170

WEISS, A. **Topographic position and landforms analysis**. *In:* Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, California, 2001. Disponível em: <http://www.jennessent.com/downloads/tpi-poster-tnc_18x22.pdf>

WILSON, M. F. J.; O'CONELL, B.; BROWN, C.; GUINAN, J. C.; GREHAN, A. J. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. **Marine Geodesy**, v. 30, n. 1, p. 3-35, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01490410701295962>

ZINK, J. A. **Geopedología. Elementos de geomorfologia para estúdios de suelos y de riesgos naturales.** ITC. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente, The Netherlands. 2012. 131 p.

ANEXO 1

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA: LATOSSOLO AMARELO (P12)													
Horizonte	**Prof. (cm)**	**Cor**		**Agregados (Estrutura)**			**Consistência**			**Textura**	**Topografia**	**Transição**	**Cerosidade**
		Úmida	**Seca**	**Tipo**	**Tamanho**	**Grau**	**Seca**	**Úmida**	**Molhada**				
A	0-25	7,5YR 5/4 (Marrom)	5YR 4/3 (Marrom avermelhado)	Granular	Muito pequeno a pequeno	Forte	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a gradual	Ausente
AB	25-45	7,5YR 5/3 (Marrom claro)	7,5YR 4/4 (Marrom)	Granular	Muito pequeno a pequeno	Forte	Macia	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a gradual	Ausente
Bw	25+	7,5YR 6/4 (Marrom claro)	7,5YR 4/4 (Marrom)	Granular	Muito pequeno a pequeno	Forte	Macia a ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a abrupta	Ausente

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA: LATOSSOLO VERMELHO (P20)													
Horizonte	**Prof. (cm)**	**Cor**		**Agregados (Estrutura)**			**Consistência**			**Textura**	**Topografia**	**Transição**	**Cerosidade**
		Úmida	**Seca**	**Tipo**	**Tamanho**	**Grau**	**Seca**	**Úmida**	**Molhada**				
Ap	0-15	2,5YR 4/8 (Vermelha)	10R 4/6 (Vermelha)	Granular	Muito pequeno a pequeno	Moderado	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a gradual	Ausente
AB	15-35	10R 5/6 (Vermelha)	10R 4/6 (Vermelha)	Granular	Muito pequeno a pequeno	Moderado forte	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a gradual	Ausente
Bw1	35-110	10R 5/6 (Vermelha)	10R 4/6 (Vermelha)	Granular (1) e blocos subangulares (2)	Muito pequeno a pequeno (1); médio (2)	Moderado a forte	Macia	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a abrupta	Ausente
Bw2	110+	7,5YR 5/4 (Marrom)	5YR 4/3 (Marrom avermelhado)	Blocos subangulares (1); granular (2)	Médio (1); Muito pequeno a pequeno (2);	Moderado a forte	Macia	Friável	Pouco plásitca; pegajosa	Muito Argilosa	Plana	Clara a abrupta	Ausente

ANEXO 2

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA: CAMBISSOLO HÁPLICO (P27)													
Horizonte	**Prof. (cm)**	**Cor**		**Agregados (Estrutura)**			**Consistência**			**Textura**	**Topografia**	**Transição**	**Cerosidade**
		Úmida	**Seca**	**Tipo**	**Tamanho**	**Grau**	**Seca**	**Úmida**	**Molhada**				
A	0-20	10YR 3/1 (Cinza muito escuro)	10YR 2/2 (Marrom muito escuro)	Granular (1)Grumosa	Muito pequeno a pequeno	Fraco a moderado	Ligeiramente dura a dura	Firme	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Francoargiloarenosa	Plana a ondulada	Clara a gradual	Ausente
AB	20-50	5YR 3/1 (Cinza muito escuro)	10YR 2/2 (Marrom muito escuro)	Grumosa	Muito pequeno a pequeno	Fraco a moderado	Ligeiramente dura a dura	Firme	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Argiloarenosa	Plana a ondulada	Abrupta a clara	Ausente
Stone line	50-80									Francoargiloarenosa	Plana a ondulada	Abrupta a clara	
2Bi	80-150	7,5YR 5/6 (Marrom forte)	5YR 4/4 (Marrom avermelhado)	Granular (1) a blocos (2)	Muito pequeno a pequeno (1); médio (2)	Fraco	Macia a ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Argila	Plana a ondulada	Clara a gradual	Ausente
C	150+										Ondulada		

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA: ARGISSOLO VERMELHO													
Horizonte	**Prof. (cm)**	**Cor**		**Agregados (Estrutura)**			**Consistência**			**Textura**	**Topografia**	**Transição**	**Cerosidade**
		Úmida	**Seca**	**Tipo**	**Tamanho**	**Grau**	**Seca**	**Úmida**	**Molhada**				
Ap	0-20	10R 4/6	7,5R 2,5/4	Granular (1) e blocos subarredondados (2)	Pequeno (1); Médio a grande (2)	Fraco a moderado	Macia a ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente plástica; Ligeiramente pegajosa	Argila	Plana	Clara	Ausente
AB	20-40	10R 4/8	7,5R 3/6	Granular (1) e blocos angulares a subangulares (2)	Pequeno a médio (1); Médio a grande (2)	Moderado	Solta a macia	Muito friável a friável	Plástica; Ligeiramente pegajosa	Argila	Plana	Clara	Pouco abundante
B	40-90	2,5YR 4/8	2,5YR 3/6	Granular (1) e blocos (2)	Pequeno (1); Médio a grande (2)	Fraco a moderado	Solta a macia	Friável	Pouco plásitca; pegajosa	Argila	Plana	Clara	Pouco abundante

ANEXO 3

Morfologia e Morfoscopia da Fração Grossa					
Amostra	Tipo de grão	Grau de seleção	Esfericidade	Rolamento (arredondamento)	Observações
Latossolo Amarelo - A - Ponto 12	Qtz: fosco/brilhante/translúcido /corroído quimicamente; Nd: fosco/brilho metálico; Op: brilho metálico; Carvão: brilho graxo	Qtz: Moderadamente selecionado a mal selecionado; Nd: Moderadamente selecionado a mal selecionado; Op: moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal; Carvão: discoide/acicular/lamelar/discoidal	Qtz: bem rolado em frações areia muito fina a angular e sub-angular em frações areia média a grossa; Nd: sub-angular; Op: sub-angular	Os quartzos se apresentam em cores variadas, indo de translúcido a esbranquiçado, amarelado, alaranjado, e vermelho rosado. Abundância considerável de minerais e nódulos magnéticos. Nódulos de ferro e goethita (ocre com inclusão de quartzo). Estrututras fibrosas, aciculares e alongadas que aqui são correlacionadas com carvão
Latossolo Amarelo - AB - Ponto 12	Qtz: fosco/brilhante/translúcido /corroído quimicamente; Nd: fosco/brilho metálico; Op: brilho metálico;	Qtz: Bem selecionado a moderadamente selecionado a mal selecionado; Nd: Moderadamente selecionado; Op: moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal;	Qtz: bem rolado em frações areia muito fina a grossa e sub-angular em fração areia média muito grossa; Nd: sub-angular; Op: sub-angular	Os quartzos se apresentam em cores variadas, indo de translúcido a esbranquiçado, amarelado, alaranjado, e vermelho rosado. Abundância considerável de minerais e nódulos magnéticos. Nódulos de ferro e goethita (ocre), ambos com inclusão de quartzo, no entanto menos abundantes que no horizonte sobrejascente.
Latossolo Amarelo - Bw - Ponto 12	Qtz: fosco/brilhante/translúcido /corroído quimicamente; Nd: fosco/brilho metálico; Op: brilho metálico;	Qtz: Bem selecionado a moderadamente selecionado; Nd: Moderadamente selecionado; Op: moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal	Qtz: cristais angulares no entanto sub-rolados a rolados predominam; Nd: angular a sub-angular; Op: sub-rolado	Os quartzos se apresentam em cores variadas, indo de translúcido a esbranquiçado, amarelado, alaranjado, e vermelho rosado. Nódulos na fração areia fina a média, característica que se diferencia quanto aos horizontes superiores. Nódulos e minerais magnéticos são menos abundantes.

ANEXO 4

Morfologia e Morfoscopia da Fração Grossa					
Amostra	Tipo de grão	Grau de seleção	Esfericidade	Rolamento (arredondamento)	Observações
Latossolo Vermelho - Ap - Ponto 20	Qtz: fosco/brilhante; Nd: fosco; Op: brilho metálico	Qtz: muito bem selecionado a bem selecionado; Nd: moderadamente selecionado; Op: moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal/discoide /acicular	Qtz: rolado a bem rolado; Nd: rolado a bem rolado; Op; sub-rolado a bem rolado	Os nódulos são abundantes e foscos em cor ocre, se assemelhando a argilas (Nódulos de argila). Possui minerais magnéticos
Latossolo Vermelho - AB - Ponto 20	Qtz: brilhante/transparente; Nd: fosco; Op: brilho metálico	Qtz: muito bem selecionado; Nd: moderadamente selecionado; Op: moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal/discoide	Qtz: rolado a bem rolado; Nd: rolado a bem rolado; Op; sub-rolado a bem rolado	Proporção entre nódulos de argila e quartzo em média de 1/3. Possui minerais magnéticos
Latossolo Vermelho - Bw1 - Ponto 20	Qtz: brilhante/transparente/fosco; Nd: fosco; brilho metálico; Op: brilho metálico	Qtz: bem selecionado a muito bem selecionado; Nd: moderadamente selecionado a mal selecionado; Op; moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal a discoidal em grãos menores; Op: esferoidal	Qtz: bem rolado em frações areia muito fina a sub-angular em frações areia média a grossa; Nd: bem rolado; Op: sub-rolado	Nódulos de argila (marrom), ferro (brilho metálico) e goethita (ocre). Os nódulos de argila contém grãos de quartzo. Pouco magnético (opacos <1%)
Latossolo Vermelho - Bw2 - Ponto 20	Qtz: brilhante/transparente/fosco; Nd: fosco; brilho metálico; Op: brilho metálico	Qtz: bem selecionado a muito bem selecionado; Nd: moderadamente selecionado a mal selecionado; Op; moderadamente selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal a discoidal em grãos menores; Op: esferoidal	Qtz: bem rolado em frações areia muito fina a sub-angular em frações areia média a grossa; Nd: bem rolado; Op: sub-rolado	Nódulos de argila (marrom), ferro (brilho metálico) e goethita (ocre). Os nódulos de argila contém grãos de quartzo. Pouco magnético (opacos <1%)

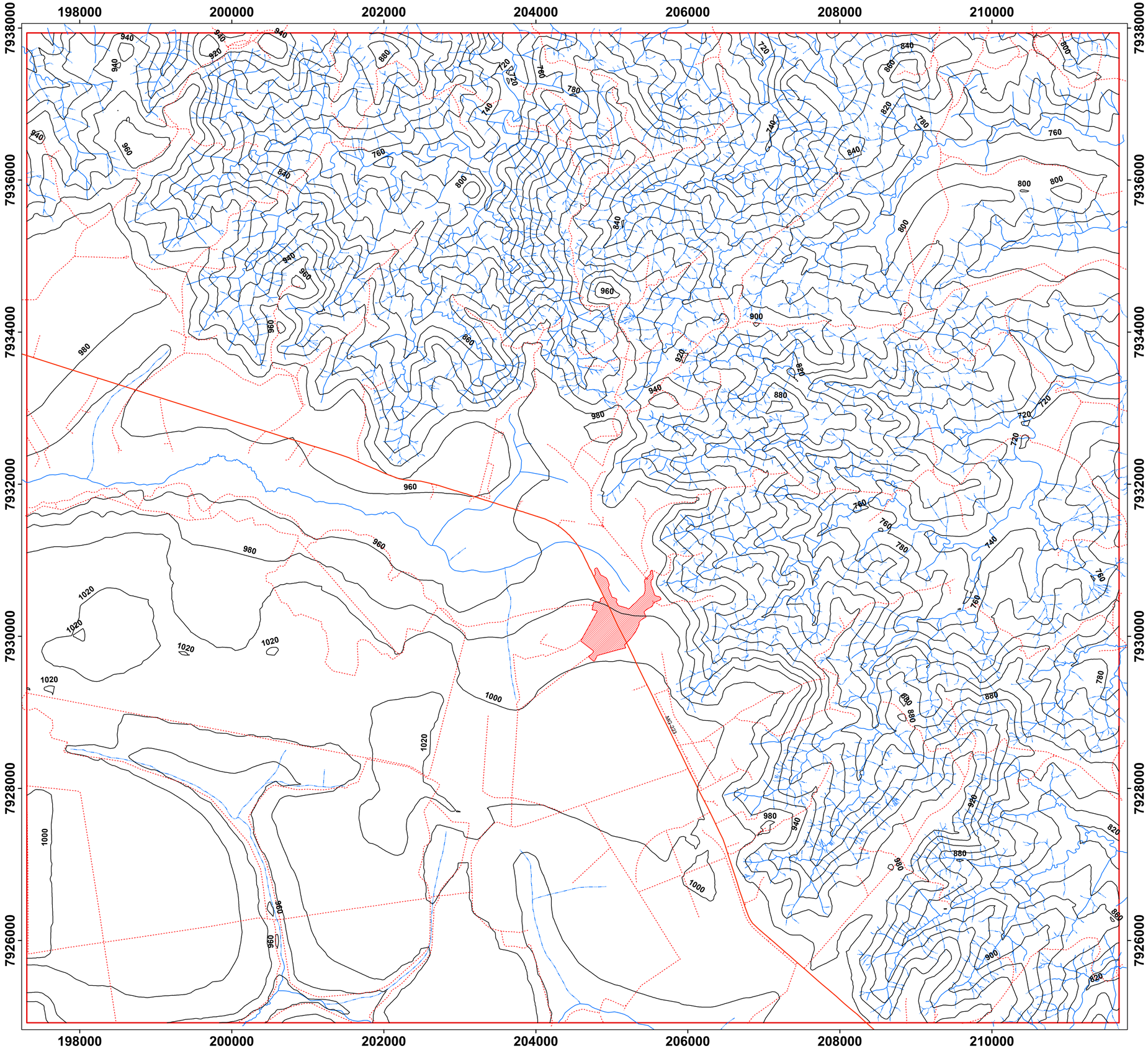
ANEXO 5

Morfologia e Morfoscopia da Fração Grossa						
Amostra	Tipo de grão	Grau de seleção	Esfericidade	Rolamento (arredondamento)	Observações	
Cambissolo - Ap - Ponto 27	Qtz: fosco/brilhante/translúcido /corroído quimicamente; Nd: fosco/brilho metálico; Op: brilho metálico;	Qtz: mal selecionado a muito mal selecionado; Nd: mal selecionado; Op: moderadamente selecionado a mal selecionado	Qtz: esferoidal; acicular; discoidal; Nd: esferoidal; Op: discoidal; acicular; esferoidal	Qtz: muito angular a subangular; Nd: sub-angular a subrolado; Op: sub-angular a sub-rolado	Quartzos são translúcidos nas frações areia muito fina a fina e foscos a esbraquiçados nas frações areia muito grossa a grânulo. As formas acicular e discoidal predominam nas frações areia muito fina (podem ser obervados cristais sub-rolados), sendo a fração mais frossa em forma esferoidal. Nódulos de ferro possuem cor ocre. A maior parte dos componentes com susceptibilidade magnética, ao contrário dos outros horizontes descritos, são representados por nódulos, com exceção de opacos em fração areia fina a média.	Opacos contém propriedades magnéticas, e se fazem presente predominantemente na fração areia muito fina a fina.
Cambissolo - AB - Ponto 27	Qtz: fosco/brilhante/translúcido /corroído quimicamente; Nd: fosco/brilho metálico; Op: brilho metálico; Goethita: brilho metálico a graxo;Carvão: brilho graxo	Qtz: mal selecionado a muito mal selecionado; Nd: mal selecionado; Op: moderadamente selecionado a mal selecionado	Qtz: esferoidal; acicular; discoidal; Nd: esferoidal; Op: discoidal; acicular; esferoidal; Goethita: esferoidal	Qtz: muito angular a subangular; Nd: sub-angular a subrolado; Op: sub-angular a sub-rolado; Goethita: sub-roaldo	Quartzos são translúcidos nas frações areia muito fina a fina e foscos a esbraquiçados nas frações areia muito grossa a grânulo. As formas acicular e discoidal predominam nas frações areia muito fina (podem ser obervados cristais sub-rolados), sendo a fração mais frossa em forma esferoidal. Nódulos de ferro possuem cor ocre. A maior parte dos componentes com susceptibilidade magnética, ao contrário dos outros horizontes descritos, são representados por nódulos, com exceção de opacos	em fração areia fina a média. Opacos contém propriedades magnéticas, e se fazem presente predominantemente na fração areia muito fina a fina. Goethita reconhecida pelo hábito botroidal
Cambissolos - Stone line - Ponto 27	Qtz: brilhante/fosco; Nd: fosco; Op: brilho metálico	Qtz: mal selecionado; Nd; mal selecionado; Op: bem selecionados	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal/discóide	Qtz: grânulos e seixos muito angulares a angulares e frações menores de sub-angular a sub-rolado; Nd: sub-angular; Op: sub-rolado	Cores variadas entre ocre, preto e avermelhado no nódulos. Variação dos grãos de quartzo e nódulos até a fração grânulo/seixo. Possui propriedades magnéticas. Fragmento de xisto	
Cambissolos - 2Bi - Ponto 27	Qtz: brilhante/fosco; Nd: ocre/brilho metálico; Op: brilho metálico; Goethita: brilho metálico	Qtz: mal selecionado; Nd; mal selecionado; Op: bem selecionados; Goethita: mal selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal/discóide; Goethita: esferoidal	Qtz: grânulos muito angulares a angulares e frações menores de sub-angular a sub-rolado; Nd: sub-angular; Op: sub-rolado; Goethita: sub-angular a sub-rolada	Frações menores quando comparada à stone line. Apesar de estarem presentes nódulos e grãos de quartzo na fração grânulo, esses são menos abundantes. Goethita preservada em grânulo de hábito botroidal. Nódulos de ferro pretos de brilho metálicos possuem manetismo. Opacos contém propriedades magnéticas	

ANEXO 6

Morfologia e Morfoscopia da Fração Grossa					
Amostra	Tipo de grão	Grau de seleção	Esfericidade	Rolamento (arredondamento)	Observações
Argissolo Vermelho - Ap	Qtz: fosco; Nds: fosco; Carvão: brilho graxo; Op: brilho metálico	Qtz: mal selecionado a moderadamente selecionado; Nd: moderadamente selecionado; Op: bem selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: acicular	Qtz: muito angular a subangular; Nd: bem rolado; Op: bem rolado	Grãos de Qtz fração areia muito fina a fina são sub-arredondados. Presença de carvão. Possui minerais magnéticos
Argissolo Vermelho - AB	Qtz: fosco/brilhante/desgastado /corroído quimicamente; Nd: fosco; Op: brilho metálico	Qtz: moderadamente selecionado; Nd: bem selecionado; Op: bem selecionado	Qtz: esferoidal; Nd: esferoidal; Op: esferoidal; Carvão: discoide/acicular	Qtz: muito angular a subangular; Nd: bem rolado; Op: bem rolado	Grãos de Qtz fração areia muito fina a fina são sub-arredondados. Presença de carvão. Possui minerais magnéticos
Argissolo Vermelho - Bt	Qtz: fosco/descastado/corroído quimicamente; Op: brilho metálico	Qtz: mal selecionado a moderadamente selecionado; Op: bem selecionado	Qtz: esferoidal; Op: esferoidal; Carvão: esferoidal/discóide /acicular	Qtz: angular a sub-angular; Op: bem rolado	Grãos de Qtz fração areia muito fina a fina são sub-arredondados. Presença de carvão. Possui minerais magnéticos

ANEXO 7 - BASE CARTOGRÁFICA



Legenda

- MG-223
- Estradas não pavimentadas
- Curvas de nível
- Canal fluvial
- Canal pluvial
- Dolearina
- Área de estudo

N
W
E
S

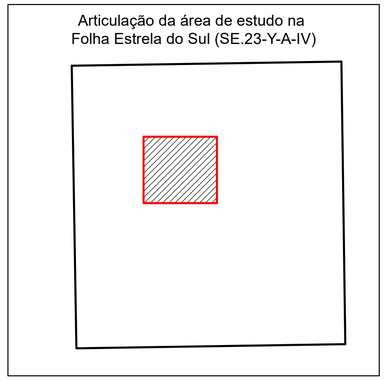
1:25.000

0 2 4 Km

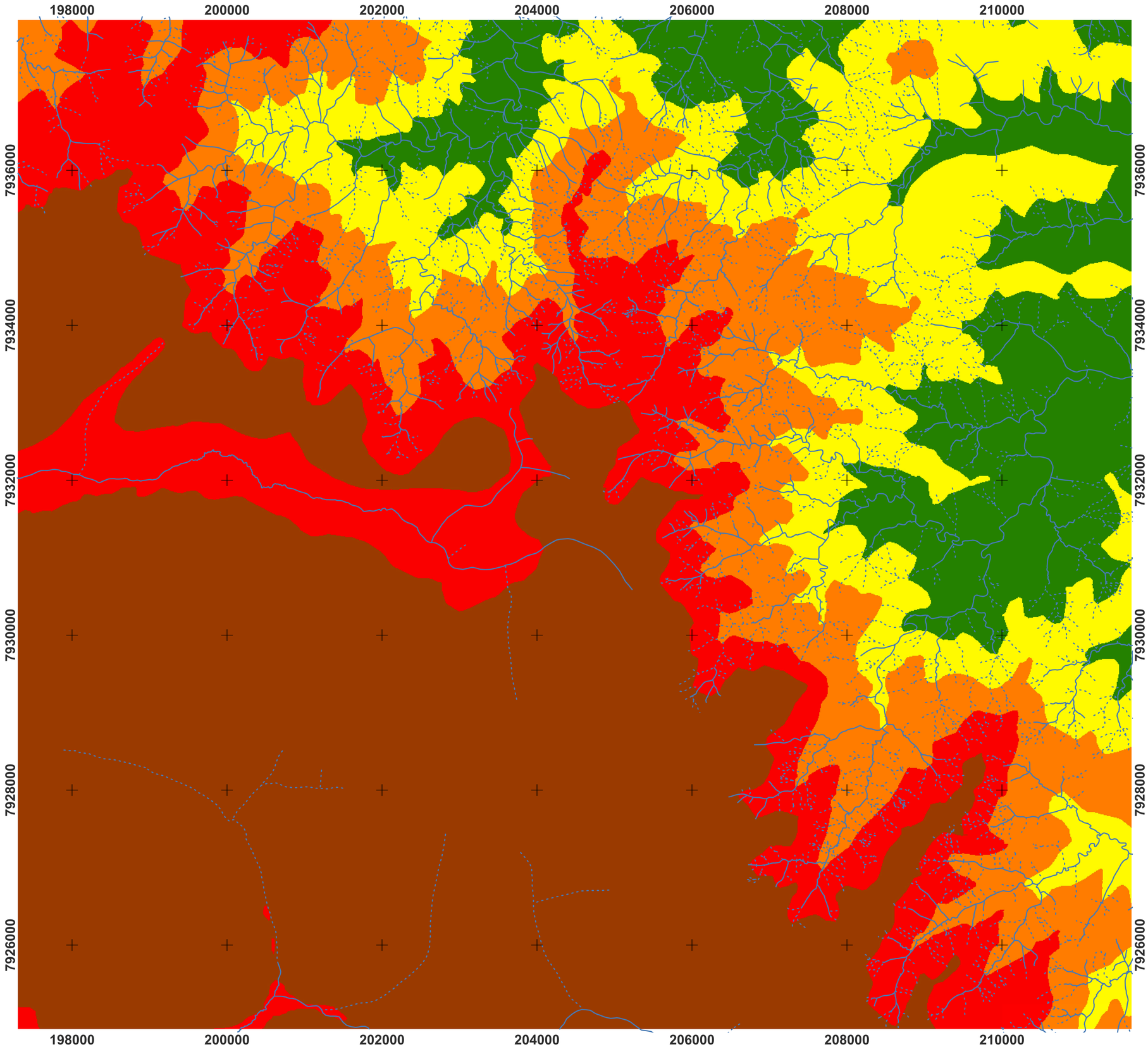
Fotointerpretação a partir de
Ortomosaicos pertencentes à Folha 24521-1-SE e 2452-2-SO,
escala 1:25.000 (IBGE, 2007).
Curvas de nível com equidistância de 20 metros
geradas a partir de SRTM.
Integração de informações através de Google Earth

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano 2022

Articulação da área de estudo na
Folha Estrela do Sul (SE.23-Y-A-IV)



ANEXO 8 - CARTA HIPSOMÉTRICA



Legenda

Classes de Hipsometria (m)

- 720 - 780
- 780- 840
- 840 - 900
- 900 - 960
- 960 - 1020

Convenções Cartográficas

- Canal pluvial
- Canal fluvial

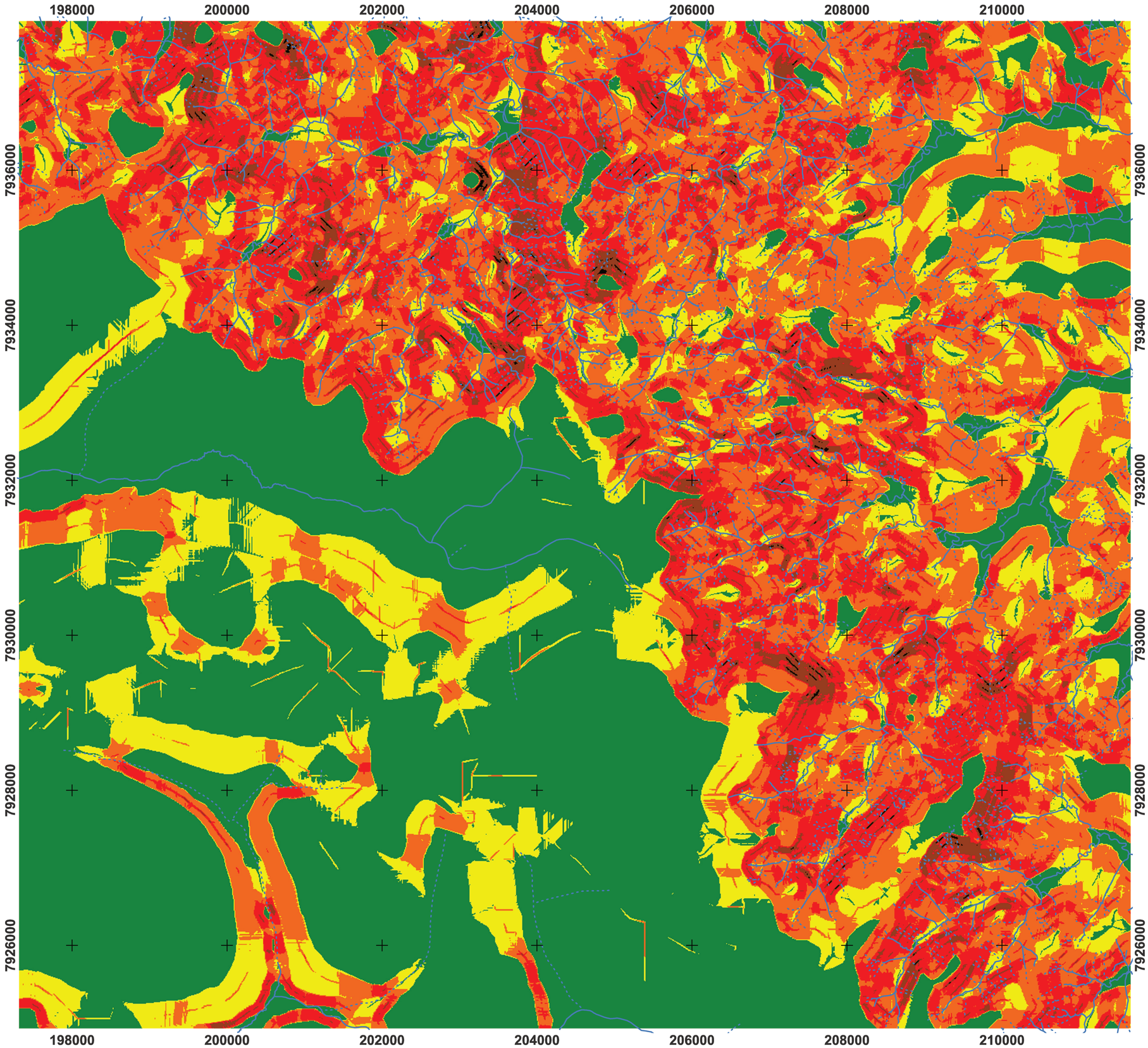
0 2 4 km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio de imagem de SRTM.

ANEXO 9 - CARTA DE DECLIVIDADE



Legenda

Classes de Declividade

- < 3%
- 3 - 6%
- 6 - 12%
- 12 - 20%
- 20 - 30%
- > 30%

Convenções Cartográficas

- Canal pluvial
- Canal fluvial

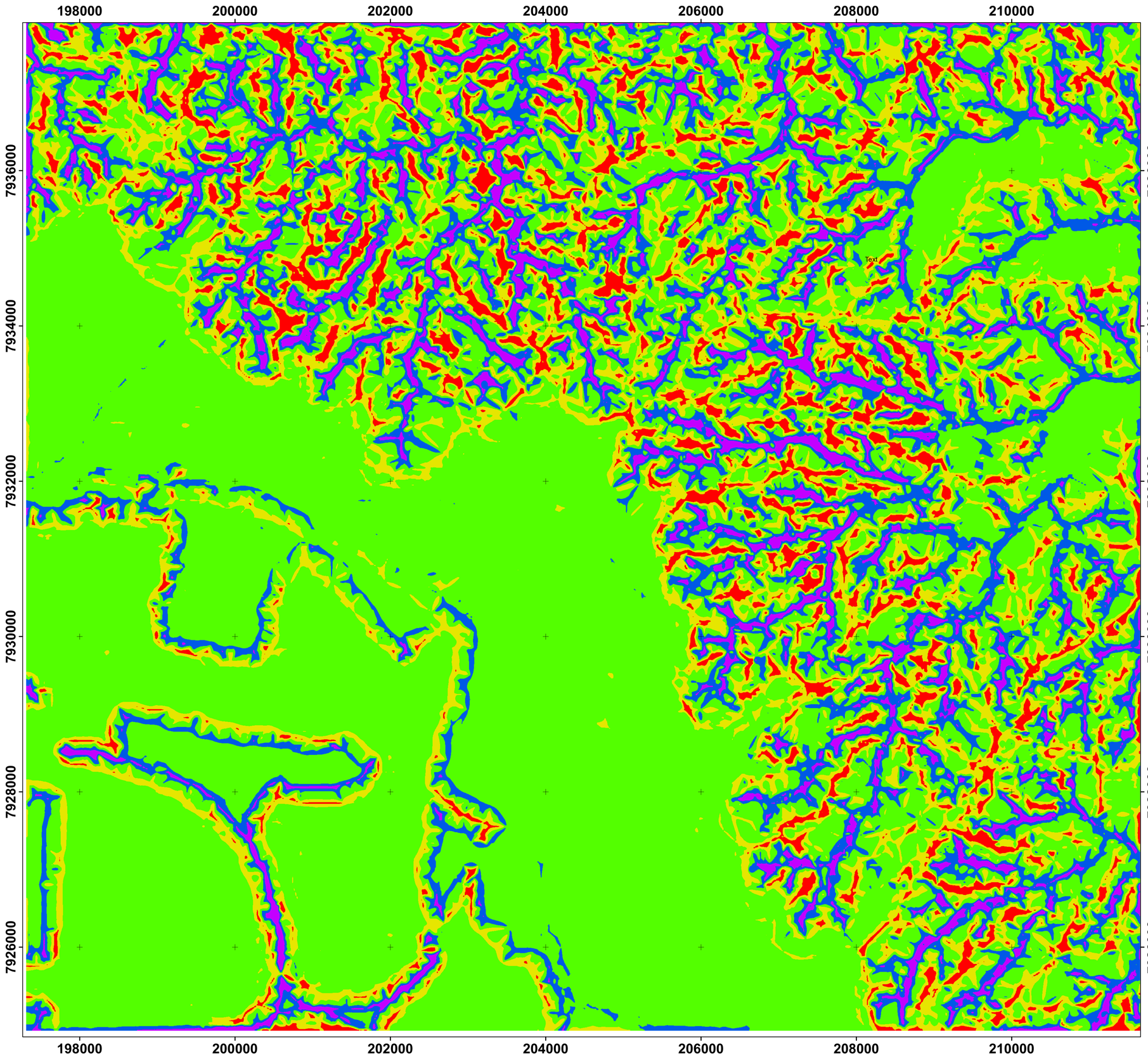
0 2 4 km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir de Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio de imagem de SRTM.

ANEXO 10 - CARTA DO ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA (IPT)



Legenda

- Fundos de vale com incisão fluvial forte
- Vales rasos/sopé de vertentes (terço inferior)
- Áreas planas/terço médio de vertentes
- Terço superior de vertentes e topos
- Topos aguçados/interflúvios

N
W E
S

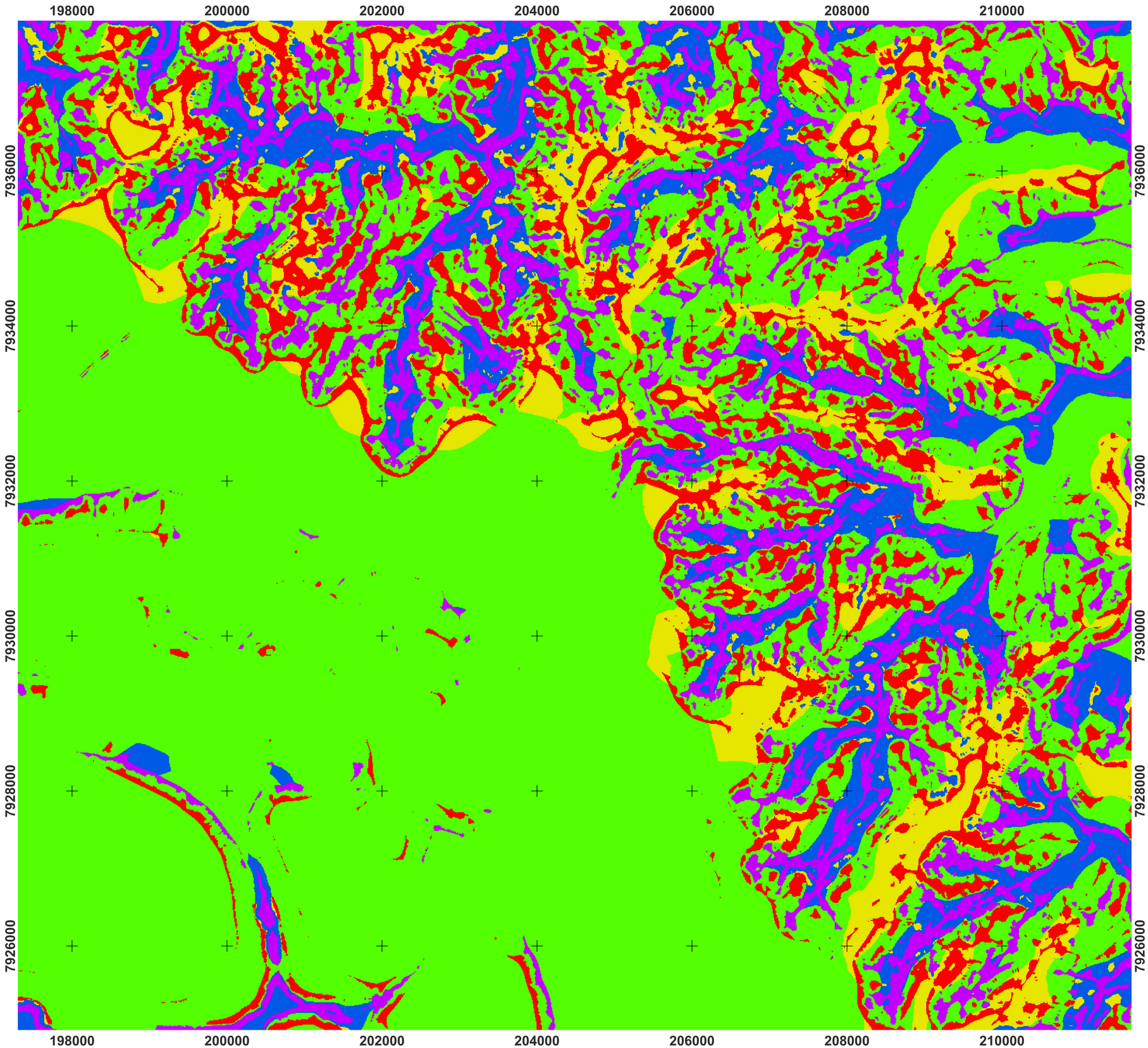
0 2 4 Km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir da ferramenta Land Facet Corridor usando MDE obtido através de SRTM.

ANEXO 11 - CARTA DO ÍNDICE DE POSIÇÃO TOPOGRÁFICA (IPT)



Legenda

Classes do Índice de Posição Topográfica - IPT

- Fundos de vale com incisão fluvial forte
- Vales rasos/sopé de vertentes (terço inferior)
- Áreas planas/terço médio de vertentes
- Terço superior de vertentes e topos
- Topos aguçados/ interflúvios

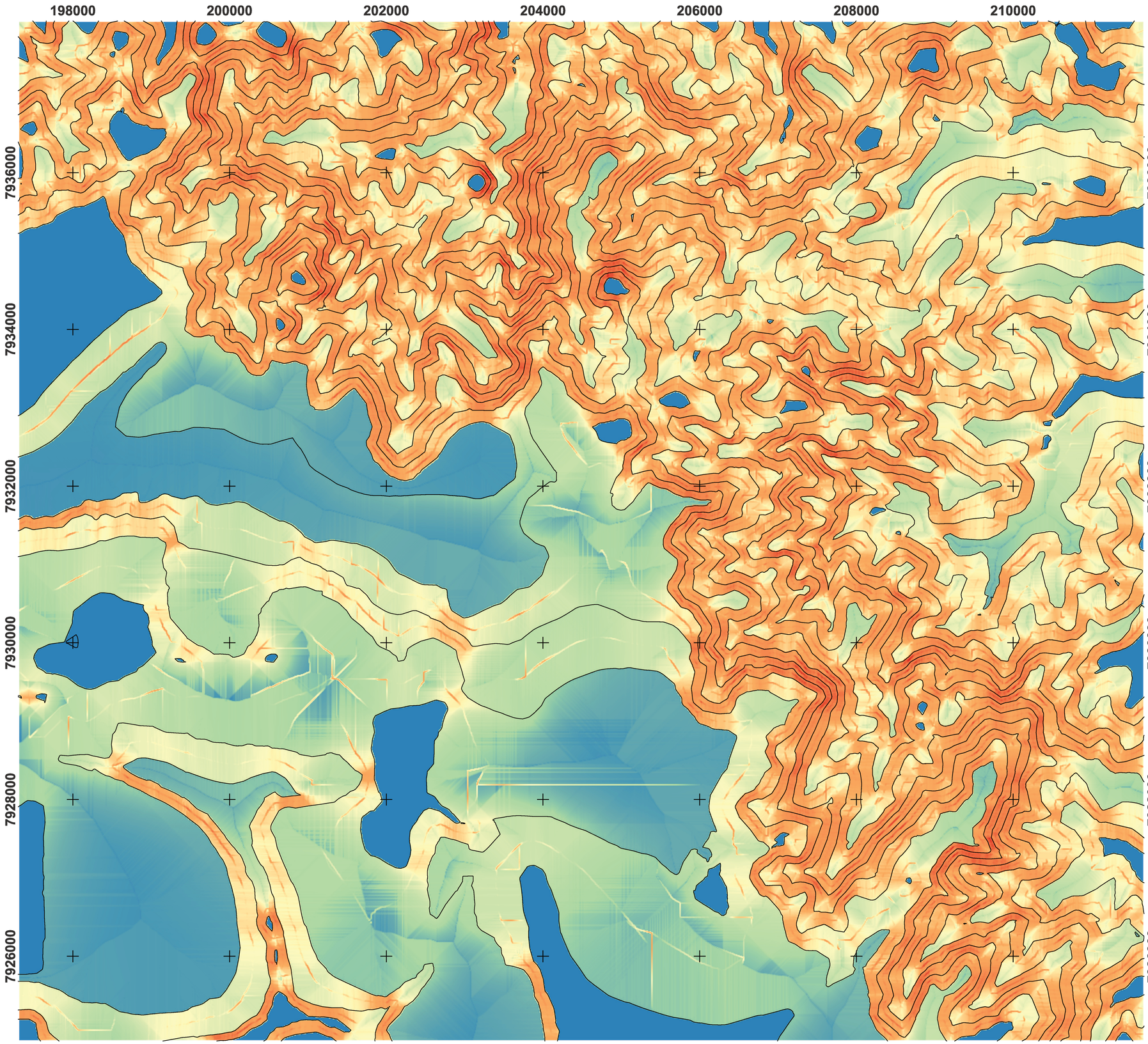
0 2 4 km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir da ferramenta de Índice de Posição Topográfica (SAGA) disponível no software QGis através de Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio de imagem de SRTM.

ANEXO 12 - CARTA DO ÍNDICE DE RUGOSIDADE DO TERRENO (IRT)



Legenda

Classes do Índice de Rugosidade do Terreno - IRT

- Aplainado
- Quase aplainado
- Moderadamente rugoso
- Rugoso
- Muito rugoso

Convenções Cartográficas

- Curvas de nível

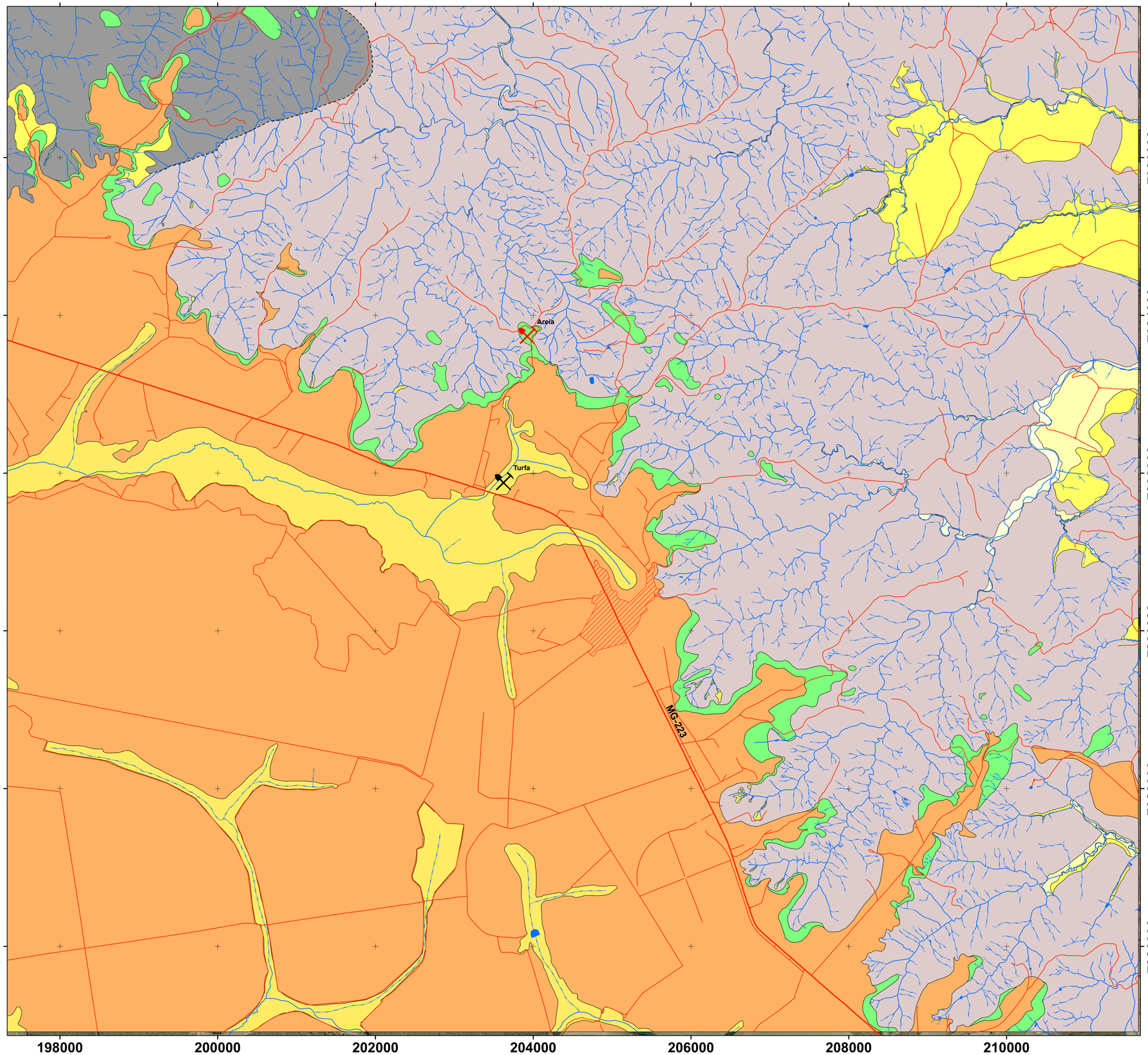
0 2 4 km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir da ferramenta de Índice de Posição Topográfica (SAGA) disponível no software QGis através Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio de imagem de SRTM.

ANEXO 13 - CARTA GEOLÓGICA



Legenda

Quaternário

- Depósito fluvial
- Depósito aluvionar
- Depósito coluvionar/coberturas
- Cobertura aluvionar

Paleógeno/Neógeno

- Cobertura pedológica indiferenciada

Cretáceo Inferior

- Formação Botucatu

Neoproterozóico

- Grupo Araxá
- Ortognaisse Goiandira

Conveções Cartográficas

- Cava de extração de areia
- Cava de extração de turfa
- Estrada não pavimentada
- MG-223
- Dolearina
- Represamento
- Canal fluvial
- Canal pluvial

N
W
E
S

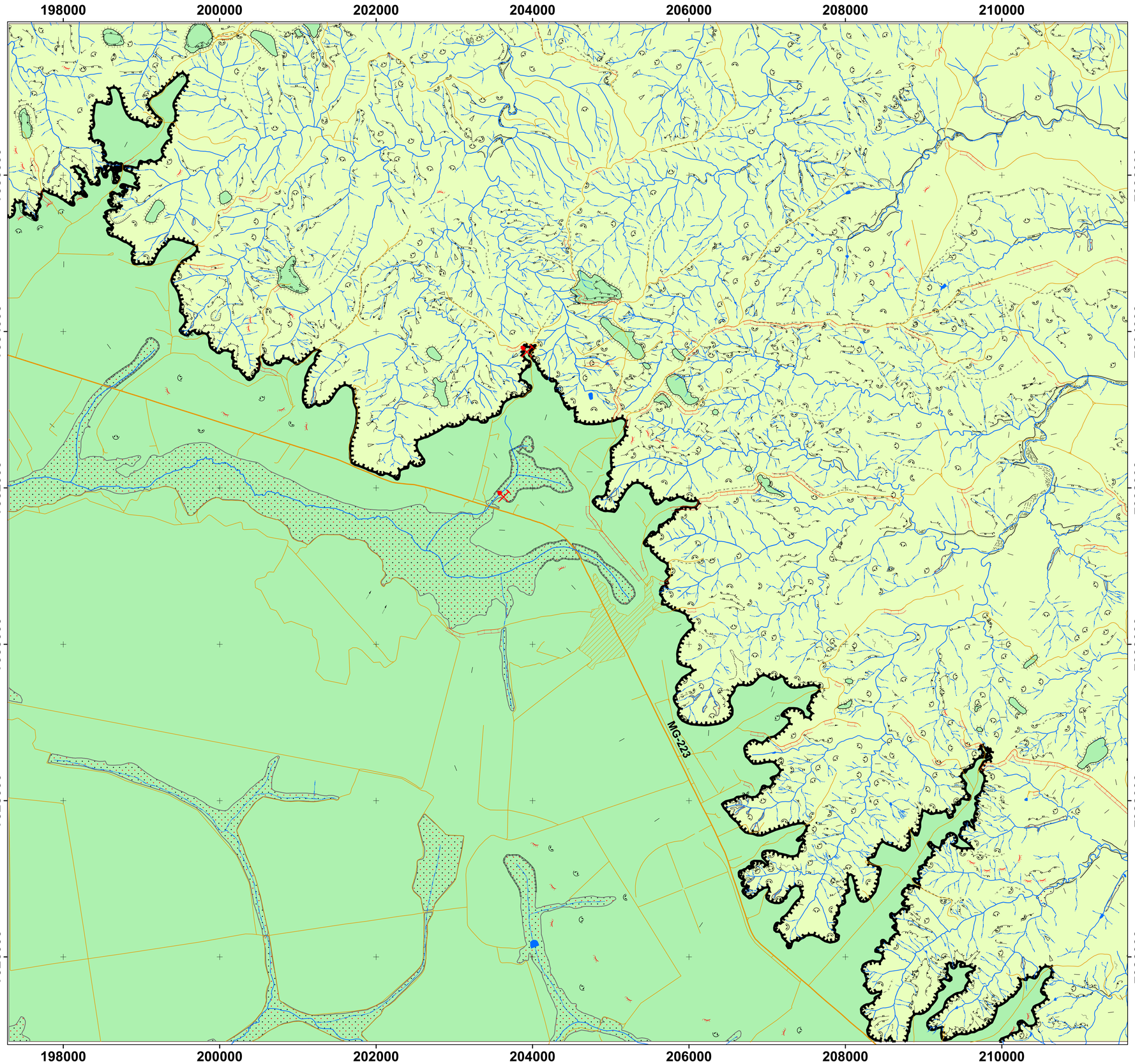
0 2 4 Km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir de fotointerpretação do Ortomosaico pertencente às folhas 2452-1-SE e 2452-2-SO, escala 1:25.000 (IBGE, 2007). Integração de informações através de Google Earth e Chaves e Dias (2017).

ANEXO 14 - CARTA GEOMORFOLÓGICA



Legenda

UNIDADES MORFOESCULTURAIS

- Planaltos tabulares da Bacia Sedimentar do Paraná
- Planaltos dissecados da Faixa de Dobramentos Brasília

1. FEIÇÃO ESTRUTURAL

- Patamar Estrutural

2. FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS

2.1. Formas de vertentes e interflúvios

- Irregular
- Retilínea
- Côncava
- Convexa

2.2. Formas Erosivas

- Sulcos
- Rampa de colúvio
- Ravina
- Voçoroca
- Rupturas topográficas
- Diques Marginais

2.3. Relevo residual

- Morro testemunho

3. DADOS TOPOGRÁFICOS

- Linha de cumeada

4. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES

4.1. Feições hidrográficas

- Canal fluvial
- Canal pluvial

4.2. Modelados de entalhe

- Vale fundo plano
- Vale encaixado em "v"

4.3. Feições de acumulação

- Aptf
- Dale
- Limite de terraço
- Barras de pontal

5. MODELADOS ANTRÓPICOS

- Estradas
- Rodovia
- Corte para vias
- Dolearina
- Terraços agrícolas
- Represamento
- Mineração

N
W
E
S

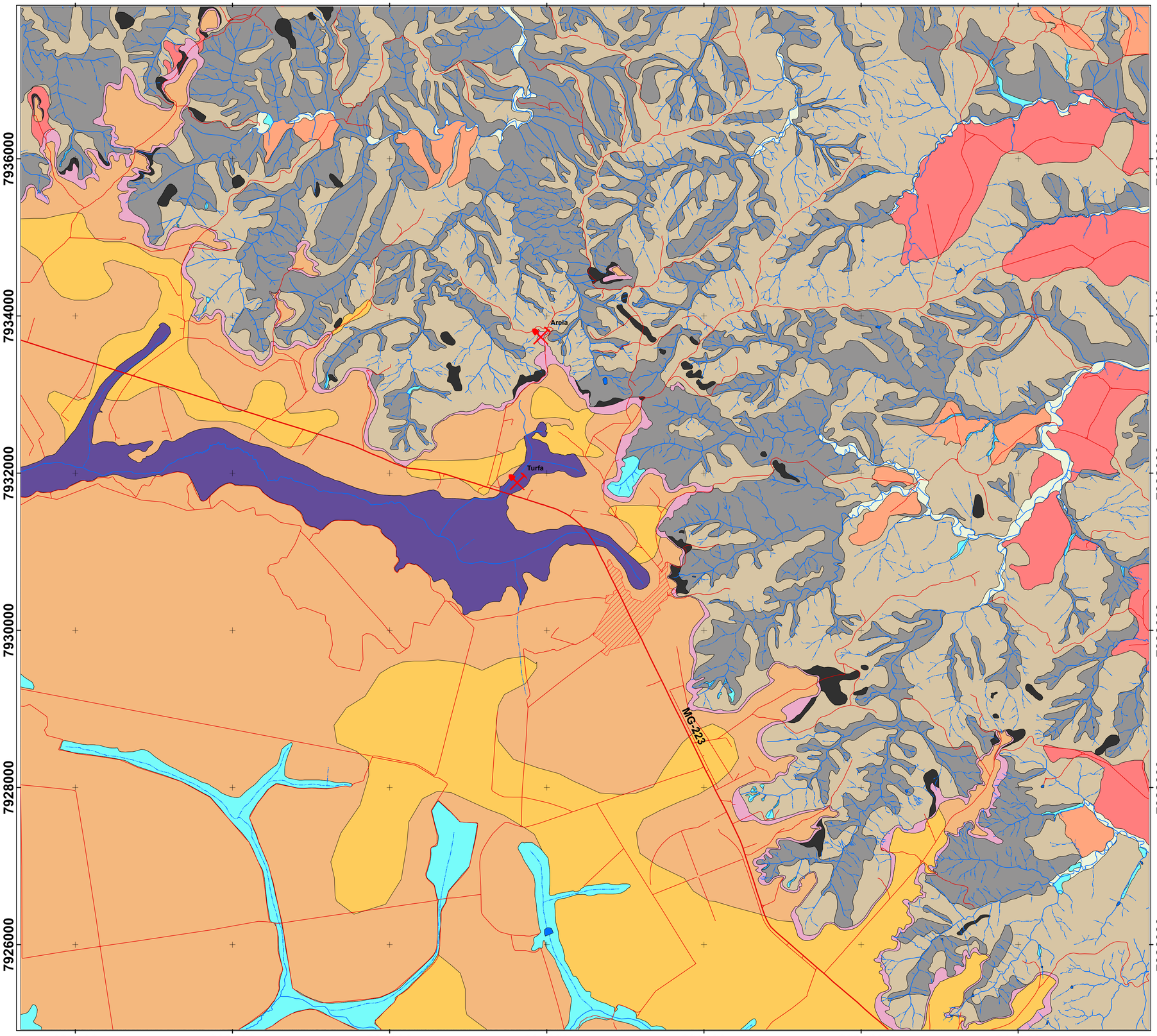
0 2 4 Km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir de fotointerpretação do Ortomosaico pertencente às folhas 2452-1-SE e 2452-2-SO, escala 1:25.000 (IBGE, 2007). Integração de informações através de Google Earth.

ANEXO 15 - CARTA PEDOLÓGICA



Legenda

Ordem e Sub-Ordem dos solos

- Gleissolo Melânico
- Organossolo Fólico
- Latossolo Vermelho
- Latossolo Amarelo
- Plintossolo Pétrico
- Neossolo Litólico/Regolítico
- Cambissolo Háplico
- Argissolo Vermelho
- Argissolo Vermelho-Amarelo
- Neossolo Flúvico
- Afloramento Rochoso

Convenções Cartográficas

- Mineração
- Estrada não pavimentada
- MG-223
- Dolearina
- Represamento
- Canal fluvial
- Canal pluvial

N
W E
S

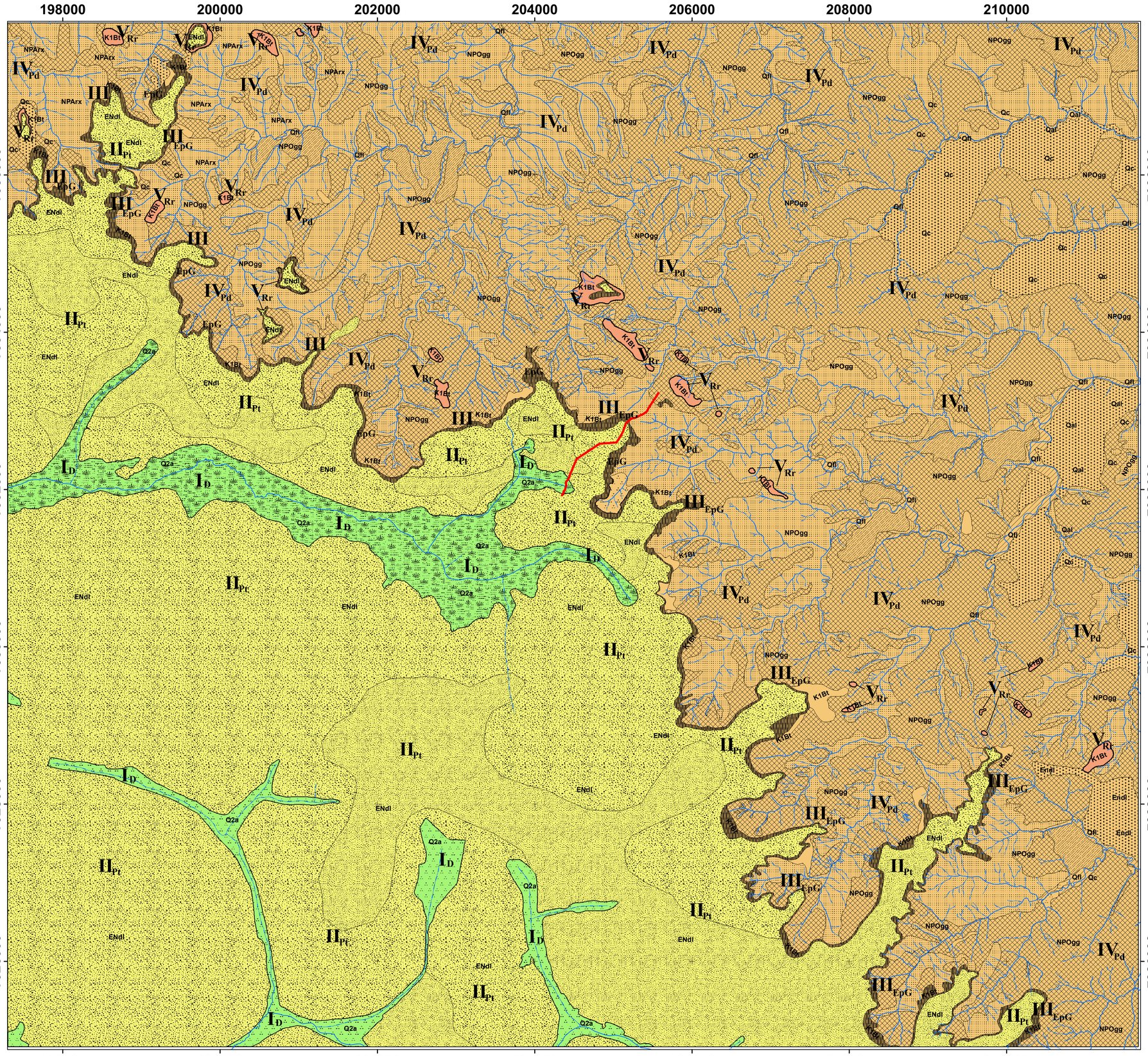
0 2 4 Km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir de fotointerpretação do Ortomosaico pertencente às folhas 2452-1-SE e 2452-2-SO, escala 1:25.000 (IBGE, 2007). Integração de informações através de Google Earth e Motta et al. (2004).

ANEXO 16 - CARTA GEOMORFOPEDOLÓGICA



Legenda

Unidades Geomorfopedológicas

- I - Úmida gleizada
- II - Tabular aplainada latossolizada
- III - Escarpada encouraçada em patamares estruturais
- IV - Dissecada regolítica pedogeneizada
- V - Residual saprolítica e rochosa

Solos

- Gleissolo Melânico
- Organossolo Fólico
- Latossolo Vermelho
- Latossolo Amarelo
- Plintossolo Pétrico
- Neossolo Litólico/Regolítico
- Cambissolo Háplico
- Argissolo Vermelho
- Argissolo Vermelho-Amarelo
- Neossolo Flúvico
- Afloramento Rochoso

Geologia

Quaternário

Qfl - Depósito fluvial
Qal - Depósito aluvionar
Qc - Depósito coluvionar
Q2a - Cobertura aluvionar

Paleógeno/Neógeno

ENdl - Cobertura pedológica indiferenciada

Cretáceo Inferior

K1Bt - Formação Botucatu

Neoproterozóico

NPArx - Grupo Araxá
NPOgg - Ortognaisse Goiandira

Formas de relevo

D - Dale
Pt - Planalto Tabular
EpG - Escarpa em patamares/Glint
Pd - Planaltos Dissecados
Rr - Relevo Residual

Convenções Cartográficas

- Canal fluvial
- Canal pluvial
- Secção longitudinal (transecto)

N
W E
S

0 2 4 Km

1:25.000

Sistemas de Coordenadas Projetadas
Projeção: UTM
Datum: WGS-84
Zona: 23 S
Autor: BATISTA, L. F. F.
Orientação: SILVEIRA, A.
Ano:2022

Carta gerada a partir da integração das cartas: Geológica, Geomorfológica e Pedológica. Integração de informações através das cartas hipsométricas e de declividade, do ortomosaico pertencente às folhas 2452-1-SE e 2452-2-SO, escala 1:25.000 (IBGE, 2007), e Google Earth.