UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CAMPUS MONTE CARMELO

INSTITUTO DE GEOGRAFIA – CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MICHELE JÉSSICA TEIXEIRA ESTRADA

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO – MG

MONTE CARMELO – MG

Fevereiro/2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CAMPUS MONTE CARMELO

INSTITUTO DE GEOGRAFIA – CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MICHELE JÉSSICA TEIXEIRA ESTRADA

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO – MG

MONTE CARMELO – MG

Fevereiro/2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CAMPUS MONTE CARMELO

INSTITUTO DE GEOGRAFIA – CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MICHELE JÉSSICA TEIXEIRA ESTRADA

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO – MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Uberlândia – campus Monte Carmelo, como requisito para recebimento do Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Filipe Goulart Lima.

Coorientador: Prof. Dr. Alan Silveira.

MONTE CARMELO – MG

Fevereiro/2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CAMPUS MONTE CARMELO

INSTITUTO DE GEOGRAFIA – CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

MICHELE JÉSSICA TEIXEIRA ESTRADA

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO – MG

Trabalho Final de Graduação para obtenção do grau de Bacharel em Geologia

Monte Carmelo, 01 de fevereiro de 2023.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Filipe Goulart Lima – Orientador

Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis

Universidade Federal de Uberlândia

Ma. Juliana Abreu Crosara Petronzio

Universidade Federal de Uberlândia

MONTE CARMELO – MG

Fevereiro/2023

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

E82
2023

Estrada, Michele Jéssica Teixeira, 1997-
Caracterização geológica-geotécnica do sítio urbano de Monte Carmelo e entorno – MG [recurso eletrônico] / Michele Jéssica Teixeira Estrada. - 2023.

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

1. Geologia. I. Lima, Filipe Goulart,1988-, (Orient.). II. Silveira, Alan,1981-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Geologia. IV. 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 meus tios, por serem minha fonte de inspiração e motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças pra chegar até aqui, e por todas as pessoas que Ele colocou na minha vida enquanto percorri esse caminho.

Agradeço imensamente a minha mãe Sirlei, minha força diária, foi por ela que não desisti quando me vi diante a diversas dificuldades e ao meu pai Edson, por se desdobrar para fazer o meu sonho acontecer. Sou grata a minha tia Dani e meu tio Luiz que me incentivaram e incentivam todos os dias a seguir meu sonho, vocês me inspiram! Obrigada por permitirem que eu vivesse tudo isso!

Ao meu orientador, Filipe pela imensa paciência que teve comigo no decorrer desses anos que trabalhamos juntos, agradeço por todos os ensinamentos. Obrigada por ter se doado na realização dos campos deste trabalho, o melhor orientador que eu poderia ter! Ao meu coorientador, Alan Silveira pela calma e tranquilidade em ensinar e mostrar sempre uma saída para as adversidades que surgiram no caminho.

A família que me acolheu: Iara, Mayra, Júnior, Gustavo (in memorian), Rildo e Karlinha vocês foram os veteranos mais sensacionais que eu poderia ter! Obrigada por todos os momentos que vivemos juntos, estarão pra sempre no meu coração. Ao Gui, que chegou no final dessa etapa, mas sempre esteve comigo.

As minhas irmãs de outro curso Alice e Isadora, que me acolheram na vida e na família delas, obrigada por cada momento e apoio que me deram.

A Mariana, minha melhor amiga, obrigada por todos os estudos e todos os momentos que compartilhamos juntas, por me incluir na sua família e por me ajudar nos campos deste trabalho. Ao João, meu melhor amigo que reencontrei de outras vidas, obrigada por me apoiar e acreditar em mim e me ajudar nos campos deste trabalho. Ao Pinoxoro, por todos os "bom dia pra quem?" e sempre me dar apoio, inclusive, obrigada por me ajudar nos campos. Ao Fillipe, "aí é loucura" por sempre ter uma história pra contar e deixar esse momento mais leve. Todas as vezes que me lembrar da graduação, me lembrarei de vocês, obrigada por tanto!

A minha amiga de vidas passadas Naty, a gratidão que eu tenho por ter você é imensa! Obrigada por cada momento juntas, lembre-se: eu e você pra sempre!

Por fim, agradeço à todos com quem um dia me diverti, convivi e compartilhei da vida durante essa jornada.

RESUMO

As cidades representam um espaço de intervenção do homem no meio físico natural mais modificadora, tornando esse ambiente particular e extremamente distinto do original. Essa interferência antrópica no meio físico geológico, correspondem a: retirada da vegetação nativa, combinando com o desequilíbrio geotécnico em decorrência de escavações, cortes, aterros, fundações, subversão do sistema de drenagem superficial, exposição de solos à erosão, etc. As manipulações exercidas no espaço físico para a acomodação das comunidades geram respostas a serem observadas e controladas, sendo assim, o presente trabalho demonstra a aplicação da geologia em áreas urbanizadas, apontando os diferentes aspectos decorrentes da intervenção antrópica ao meio físico natural, através da caracterização geológica-geotécnica no sítio urbano e de Monte Carmelo-MG, que se situa na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Essa caracterização foi realizada a fim de contribuir com o plano diretor do município, visto que, na configuração atual há uma carência desses documentos cartográficos diagnósticos e orientativos. O trabalho adotou como orientação metodológica o método do detalhamento progressivo, partindo da etapa geral de escala 1:25.000, caracterizando o meio físico, suas restrições e potencialidades, por meio dos seguintes documentos cartográficos: carta geomorfológica, carta pedológica, carta litológica, carta de declividade, carta hipsométrica, carta geológica-geotécnica, carta de áreas de proteção permanente e carta de potencial de suscetibilidade. A carta de potencial de suscetibilidade é um produto que tem por finalidade a indicação de locais para a segunda etapa do método do detalhamento progressivo afim de fornecer subsídio para adequado planejamento e gestão de solo. Os produtos gerados em combinação com os dados coletados em campo mostraram que as áreas que correspondem aos granitoides apresentam maior potencial em feições erosivas, dispõem de solos arenosos em áreas de maior declive, enquanto que a cidade está instalada em latossolos espessos e bem drenados, em topos convexos de intefluvios extensos, as áreas de proteção permanente são transgredidas na zona rural por cultivo agrícola e na zona urbana pela instalação de bairros e canalização de drenagens. Os produtos gerados e os resultados obtidos tendem a contribuir com o planejamento urbano referente à ocupação antrópica em áreas de limitações, cooperando com uma interação adequada para a expansão urbana.

Palavras-chave: geologia urbana; geotecnia; detalhamento progressivo; plano diretor; Monte Carmelo (MG).

ABSTRACT

The cities represent a space of man's intervention in the natural physical environment more modifying, making this particular environment and extremely distinct from the original. This anthropic interference in the geological physical environment corresponds to: removal of native vegetation, combined with geotechnical imbalance as a result of excavations, cuts, embankments, foundations, subversion of the surface drainage system, exposure of soils to erosion, etc. The manipulations exerted on the physical space for the accommodation of communities generate responses to be observed and controlled, thus, the work demonstrates the application of geology in urbanized areas pointing out the different aspects resulting from anthropic intervention on the natural physical environment, through the geological-geotechnical characterization in the urban site of Monte Carmelo-MG, which is located in the Mesoregion of Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. This characterization was carried out in order to contribute to the municipal master plan, since, in the current configuration, there is a lack of such diagnostic and guiding cartographic documents.The work adopted as methodological orientation the method of progressive detailing, starting from the general stage of scale 1:25,000, characterizing the physical environment, its restrictions and potentialities, through the following cartographic documents: geomorphological map, pedological map, lithological map, slope, hypsometric, map geotechnical map, map of permanent protection areas and map of potential susceptibility. The susceptibility potential map is a product that aims to indicate locations for the second stage of the progressive detailing method in order to provide subsidies for adequate soil planning and management. The products generated in combination with the data collected in the field showed that the areas corresponding to the granitoids have a greater potential for erosive features, have sandy soils in areas of greater slope, while the city is settled on thick and well-drained latosols, on convex tops of extensive interfluves, the permanent protection areas are transgressed in the rural area by agricultural cultivation and in the urban area by the installation of neighborhoods and drainage channels. The products generated and the results obtained tend to contribute to urban planning regarding anthropic occupation in limitation areas, cooperating with an adequate interaction for urban expansion

Key-words: urban geology; geotechnics; progressive detailing; master plan; Monte Carmelo (MG).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo. (A) Território brasileiro, com destaque do estado de Minas Gerais. (B) A mesorregião do Triangulo Mineiro e Alto da Paranaíba em destaque o Município de Monte Carmelo. (C) Sítio urbano do Município de Monte Carmelo em destaque e suas vias de acesso..... 4

Figura 2: (A) Cratera desenvolvida em calçada após fortes chuvas em Monte Carmelo-MG, na rua Riachuelo nas proximidades do Bairro Santa Rita e Sidônio Cardoso (Fonte:G1). (B) Mitigação na ponte da Avenida João Pinheiro, devido ao seu comprometimento estrutural, após período de chuvas. (C) Loteamento nas intermediações da rotatória da entrada do município próximo à rodovia MG-190. (D) Loteamento em frente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), próxima à rodovia MG-190..... 6

Figura *3*: Contexto Geológico Regional - Orógeno Brasília. Fonte: Modificado de Dardenne 2000; Pimentel et al. 2000; Valeriano et al. 2004; Falci et al. 2018..... 13

Figura *4*: Mapa geológico da região de Monte Carmelo e Abadia dos Dourados, demonstrando a distribuição do Complexo Monte Carmelo. Fonte: Seer e Moraes, 2013..... 16

Figura *5*: Domínio Geomorfológico do Estado de Minas Gerais. Adaptado de Baptista et al. 2010..... 17

Figura *6*: Compartimentação dos Padrões de Relevo no Estado de Minas Gerais. Adaptado de Baptista et al. 2010. 18

Figura 7: Carta de pontos realizados na área de estudo, ao entorno do sítio urbano de Monte Carmelo - MG. 23

Figura 8: Carta Geológica-Geomorfológica do entorno do município de Monte Carmelo – MG. 38

Figura 9: Mapa de suscetibilidade a inundação em todo o limite de município de Monte Carmelo – MG (ARAÚJO, 2017). 43

Figura 10: Ênfase em feições erosovias características da unidade I em potencial em suscetibilidade na região noroeste da área de estudo..... 44

Figura 11: Delimitação da unidade II de acordo com a identificação da ocorrência de voçorocas, onde as setas permitem verificar a proximidade das residências à erosões (1 e 2). Aterro sanitário do município com feições erosivas ao seu entorno, evidenciando o declive em direção a drenagem (3). 45

Figura 12: Unidade III em potencial de suscetiilidade marcada pela ocupação antrópica na baixa vertente em regiões de topos sustentados por matacões de granito, ao entorno dessa área voçorocas delimitam a agricultura..... 46

Figura 13: A unidade IV se exibe no perímetro urbano, indicado através da observação feita em análise a área de preservação permanente, principalmente ao entrono do Córrego Mumbuca. 47

ÍNDICE DE PRANCHAS

Prancha 1: (A) Afloramento de muscovita xisto sustentando os morros suaves (ponto MTE – 58). (B) Afloramento de muscovita xisto em corte de estrada (ponto MTE – 62). (C) Muscovita xisto com foliação e desplacamento bem marcado (ponto MTE – 60). (D) Amostra de muscovita xisto de coloração avermelhada, intemperizada (ponto MTE – 58). (E) Amostra de muscovita xisto de coloração acinzentada (ponto MTE – 60). (F) Amostra de muscovita xisto intemperizada (ponto MTE – 62)..... 25

Prancha 2: (A e B) Ocorrência de afloramentos rochosos sustentando os morros (pontos MTE – 34 e 25). (C) Ocorrência das rochas do complexo em leito de drenagem (ponto MTE – 15). (D e F) Ocorrência de matacões de rochas do complexo em baixa vertente e em morros (pontos MTE – 28 e 16). (E) Ocorrência dos granitoides em blocos aflorando em pastos em relevos aplainados (ponto MTE – 21)..... 27

Prancha 3: (A e B) Amostras do granitoide cinza com uma maior concentração de biotita, A (ponto MTE – 12A) e B (ponto MTE – 36). (C e D) Amostras do granitoide branco, exibindo a baixa proporção em máficos, amostra C (ponto MTE – 06) e amostra D evidenciando fenocristal de feldspato alcalino com inclusão de biotita (ponto MTE – 38). (E e F) Amostras constatando a coloração rósea dos feldspatos alcalinos, amostra E apresentando os fenocristais de feldspato alcalino rosa, (ponto MTE – 25 e amostra E facie do granitoide rosa de estrutura equigranular, (ponto MTE – 32)..... 28

Prancha 4: (A) Voçoroca em contexto de solos associado ao complexo em relevos movimentados (MTE – 04). (B) Sulco próximo a voçoroca em contexto geomorfológico de relevo movimentado associado a Neossolos (MTE – 04). (C) Voçoroca em topo aplainado, próxima a rochas do complexo, associada a Cambissolos (MTE – 06). (D e E) Voçoroca de grande extensão e evolução próxima a afloramentos de granitoides, associada a Neossolos (MTE 14 e 22) . (F) Voçoroca nas proximidades de afloramentos de granitoide, em contexto geomorfológico de relevo movimentado em alta vertente, associado a Neossolos (MTE – 23). (G) Voçoroca de grande extensão recoberta por vegetação, associado a Neossolo (MTE – 29). (I) Voçoroca sendo fator limite de avanço na plantação, associado a área de transição de Neossolo com Latossolo (MTE – 46)..... 30

Prancha 5: (A) Perfil em corte de estrada do Cambissolo e (B) amostras de solo referente a cada horizonte identificado (MTE-07). (C) Perfil em corte do Cambissolo e (D) amostras referente a cada horizonte, a ponta da faca indicando o topo do perfil (MTE-17). (E a H) Copos tradados em campo em sequência de amostragem, esses associados ao

muscovita xisto (MTE-61). (I) Amostra em mão exibindo a amostragem do último copo tradado H, brilho sedoso na mão devido a mineralogia do muscovita xisto (MTE-61). 32

Prancha 6: (A) Área de vereda, permanentemente encharcada representada pela ocorrência de buritis (MTE-01). (B) Primeiro copo tradado, presença de raízes e a amostra está úmida (MTE-01) . (C) Segundo copo tradado, coloração escura do solo se intensifica, presença de raízes, amostra úmida e argilosa (MTE-01). (D) Terceiro copo tradado, coloração escura do solo se intensifica, aumento no teor de argila e água (MTE-01). (E) Quarto copo tradado onde foi atingido o NA, a amostra apresenta coloração acinzentada muito argilosa (MTE-01). 33

Prancha 7: (A e B) Primeiro e segundo copo tradado respectivamente, apresenta coloração alaranjada-avermelhada (MTE-09). (C) Terceiro copo tradado e coloração do solo se intensifica (MTE-09). (D e E) Quarto e quinto copo tradado coloração do solo se apresenta avermelhada, ao fundo da imagem E é marcado a transição do Latossolo com o Neossolo (MTE-09). (F) Teste de plasticidade do solo realizada com amostra do quinto copo tradado, o qual se mostrou com teor elevado (MTE-09).(G) Amostra seca retirada no horizonte Bw do perfil de solo e posterioemente análise úmida (MTE-45). (H) Perfil de solo realizado em corte de estrada nas proximidades do sítio urbano (MTE-45). (I) Teste de amostra úmido, retirado do horizonte Bw, esse não apresentou característica de plasticidade (MTE-45). 35

Prancha 8: (A) Perfil de solo realizado em corte de estrada, presença de minerais primários ao longo do perfil, identificado da base para o topo horizonte C, ABC e A (MTE-02). (B) Feições geomorfológica de terraços agrícolas, realizado na correção do solo (MTE-08). (C) Perfil realizado em corte de estrada, vegetação rasteira ao fundo (MTE-27). (D) Amostras de solo referente a cada horizonte do perfil representado em C, presença de minerais primários ao longo de todo perfil, caracterizado da base pro topo em horizonte BC, AB e A (MTE-27). (E) Imagem de estrada próxima a afloramento de granitoides, apresentando coloração esbranquiçada (MTE-25). (F) Registo de cupinzeiros em área de pasto de coloração esbranquiçada (MTE-26). 36

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de APPs utilizadas no trabalho e suas respectivas áreas de proteção para cada curso d'água, determinadas de acordo com o Código Florestal 2012..... 11

ÍNDICE DE APÊNDICES

Apêndice A: Carta de Pontos

Apêndice B: Carta Hipsométrica

Apêndice C: Carta de Declividade

Apêndice D: Carta Litológica

Apêndice E: Carta Geomorfológica

Apêndice F: Carta Pedológica

Apêndice G: Carta Geológica-Geotécnica

Apêndice H: Carta de Áreas de Proteção Permanente (APP's)

Apêndice I: Carta de Unidades em Potencial de Suscetibilidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 Localização da Área 3

1.2 Objetivo 4

1.3 Justificativa 5

2 MATERIAIS E MÉTODOS 7

2.1 Etapa 1: Base Cartográfica 7

2.2 Etapa 2: Carta Geológica-Geotécnica 9

2.3 Etapa 3: Campo 10

2.4 Etapa 4: Perfis 10

2.5 Etapa 5: Carta de Área de Proteção Permanente (APP) 10

2.6 Etapa 6: Áreas de 2º Nível de Detalhe 11

3 REFERENCIAL TEÓRICO 11

3.1 Contexto Geológico, Geomorfológico e Pedológico 11

3.1.1 Faixa de Dobramentos Brasília 12

3.1.2 Grupo Araxá 14

3.1.3 Complexo Monte Carmelo 15

3.1.4 Coberturas Detríticas Cenozoicas 17

3.1.5 Geomorfologia 17

3.1.6 Pedologia 19

3.2 Solos de proveniência granítica 19

3.3 Carta geotécnica 21

3.4 Método do Detalhamento Proegressivo 22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22

4.1 Caracterização do meio físico geológico..... 24

4.2 Unidades Geológicas-Geotécnicas e as Àreas de Preservação Permanente..... 37

4.2.1 Unidade I 39

4.2.2 Unidade II 39

4.2.3 Unidade III 40

4.2.4 Unidade IV 40

4.2.5 Unidade V 41

4.2.6 Unidade VI 42

4.2.7 Carta de Área de Proteção Permanente 42

4.2.8 Indicação das Áreas Para a Segunda Etapa do Detalhamento Progressivo 44

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 47

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 49

1 INTRODUÇÃO

As cidades representam um espaço de intervenção do homem no meio físico natural mais modificadora, tornando esse ambiente particular e extremamente distinto do original, essa interferência antrópica força um conjunto de respostas do meio físico geológico, dentre essas modificações se destaca: a retirada da vegetação nativa, combinando com o desequilíbrio geotécnico em decorrência de escavações, cortes, aterros, fundações, subversão do sistema de drenagem superficial, exposição de solos à erosão, etc.

Nas décadas de 1960 e 1970 a região centro-oeste do Brasil vivenciou um fluxo migratório expressivo devido a expansão da fronteira agrícola, já nos anos de 1990 essa expansão teve procedência a partir crescimento da fronteira conduzida pelos grandes centros tais como Brasília e Goiânia (IBGE, 1996). Nesse viés, Monte Carmelo se desenvolveu alicerçado na produção de café e na indústria cerâmica, na década 1970 o município já dispunha de seis cerâmicas, na década de 1980 possuía doze cerâmicas e na década de 1990 contava com 30 instalações de cerâmica (ACEMC, 2009). Diante disso, pode-se imaginar como o crescimento da indústria cerâmica e da cafeicultura impulsionou a expansão urbana em um intervalo de vinte anos, subsequentemente na década de 90 a economia local também contava com a produção de café de tamanha expressividade que chegou a alcançar prêmios importantes em decorrência da sua qualidade (MARIANO, 2010).

Segundo Maciel Filho (1997) a migração, quando ocorrida de maneira desordenada, sem orientação do meio físico, corre o risco de se dar em áreas não adequadas, sendo essa situação geradora de problemas sanitários, infraestruturais e políticos, em decorrência da ausência do estudo prévio da área a ser ocupada. Christofoletti (2012), salienta que a compreensão da geomorfologia e das variáveis do relevo é significativa visto que, o entendimento desses fatores, contribui no direcionamento do uso adequado do solo, e bem como a ocupação apropriada. Segundo Oliveira *et al*. (1995), a geologia de engenharia é área da geologia aplicada, que correlaciona o entendimento geológico com os processos geodinâmicos afim de, encontrar um equilíbrio na interação das atividades antrópicas com o espaço físico.

Ross (1992), compreende que o relevo e sua dinâmica, transita essencialmente pelo conhecimento do funcionamento e da interrelação entre os demais componentes naturais que compreende águas, solo, subsolo, clima e cobertura vegetal. As áreas de preservação permanente (APPs) também estão inclusas como um componente na administração das

respostas ambientais e do meio físico, que de acordo com o que instituto Código Florestal, Lei nº 12.727 é de extrema importância em serem respeitadas pois, consistem em espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, sendo essas áreas públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa (BRASIL, 2012). Visto que, a preservação dessas áreas desempenha importantes papéis ecológicos como: proteger e manter os recursos hídricos, conservar a diversidade de espécies de plantas e animais, além de controlar a erosão do solo e os consequentes assoreamento e poluição dos cursos d'água.

Diante disso, o uso do espaço físico inadequado e não orientado, atingem essas áreas sofrendo com a degradação antrópica e favorecendo apenas o prejuízo ao meio ambiente como, cursos d'água perenes se tornando intermitentes, corredores ecológicos interrompidos, erosão às margens de rios e córregos, entre outros. Sendo assim, é primordial que o código florestal seja respeitado, monitorado e que as legislações estaduais e municipais vigentes sejam aplicadas, uma vez que, dispomos de um conjunto de leis ambientais que dão prioridade sobre o tema.

Segundo Rodriguez (1998), a referência geológica disposta em atributos de vulnerabilidade e potencialidade dos terrenos, gerencia a base para a exploração, uso e ocupação apropriado, tendo assim grande importância para um planejamento urbano.. Ross (1992), complementa e compreende que a avaliação e o reconhecimento das características geológicas e geomorfológicas desde um âmbito regional, ou em uma escala de detalhe, auxiliam as necessidades político-administrativas e contribuem como um instrumento de suporte técnico aos diversos interesses políticos.

Zaine (2000), ainda ressalta que as administrações municipais, em um contexto geral, têm se atualizado e implantado medida de mitigar os problemas que foram acumulando ao longo do tempo. De tal forma que gradualmente esses transtornos podem ser reduzidos quando são substituídos por ações preventivas e aplicando então o planejamento adequado da expansão urbana. Visto isso, fica claro que o mapeamento geológico- geotécnico diante das análises das rochas, solo e geomorfologia e suas propriedades, bem comosua gênese, reúne as informações necessárias para subsidiar o planejamento e manejo do meio físico, atingindo projetos futuros e correção de adversidades pretéritas.

O mapeamento geotécnico de acordo com a ABGE, corresponde a um produto cartográfico que representa propriedades do meio físico, gerado a partir de análise de potencial ou de fatores existentes de interferência humana, analisando o resultado dos dados em decorrência da distribuição espacial, bem como, os parâmetros geológicos, seguido pela mecânica dos solos e rochas, permitindo ainda ser incluso parâmetros

geomorfológicos e pedológicos, tendo acima de tudo o escopo subsidio do planejamento e gerenciamento do uso e ocupação do solo. Zuquette (1987) definiu o mapeamento geotécnico como "*um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico seja geológicos, hidrogeológicos"*. O IAEG/UNESCO (1970) definiu o mapeamento geotécnico como "*tipo de mapa que classifica e representa os componentes do ambiente geológico"*. Zaine (2000) afirma que o mapeamento geológico-geotécnico "*analisa de forma conjunta o comportamento e as propriedades das rochas e dos solos (características geotécnicas) e sua gênese (características geológicas)"*.

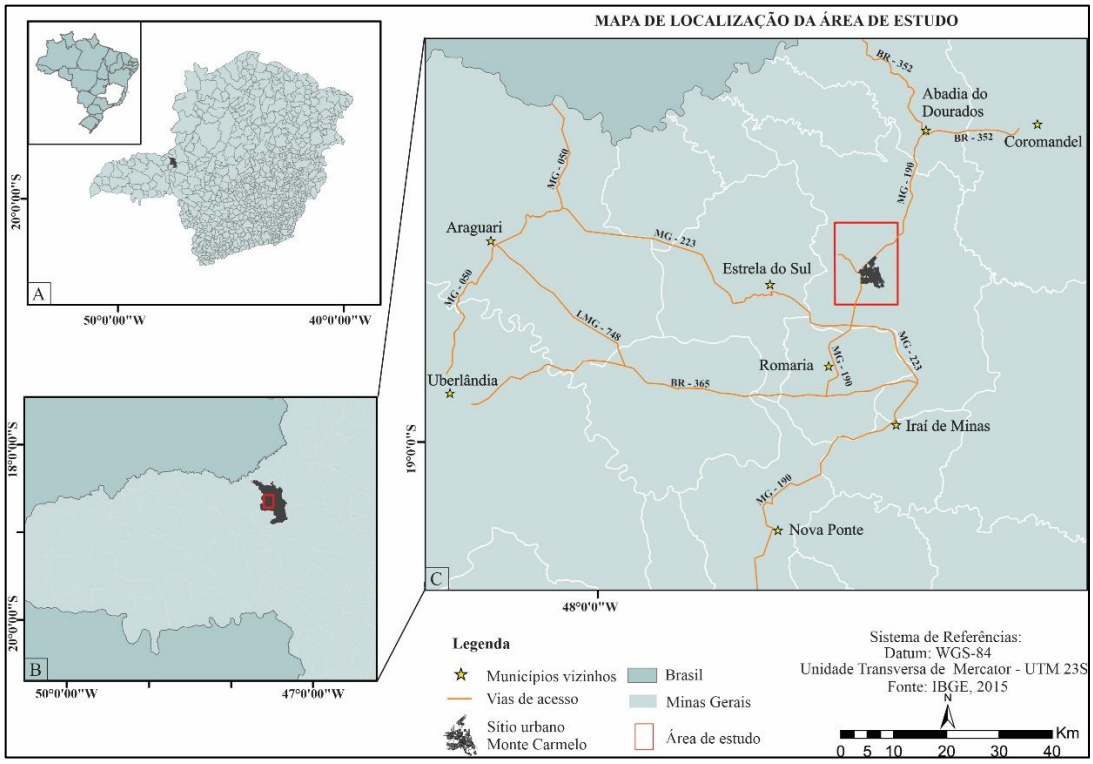
A realização do mapeamento geológico-geotécnico concentra informações do meio físico geológico, que possui respaldo tanto para o planejamento da futura ocupação (zonas de expansão), quanto para a mitigação dos problemas de origem geológica- geotécnica presentes na zona urbana. No presente trabalho foi realizado a carecterização geológica-geotécnica através da produção de produtos cartográficos, utilizando a primeira etapa do método de detalhamento progressivo, em escala de 1.25:000.

O Plano Diretor do município de Monte Carmelo carece de documentos cartográficos que dão respaldo para a tomada de decisões futuras, preventivas e deliberativas. Dessa meneira, pretende-se investigar a possibilidade de tornar os produtos nesse trabalho confeccionado disponível ao Poder Público, assim como as empresas privadas que exercem a prestação de serviço para os órgãos públicos da área de estudo, esse material pode subsidiar o planejamento e gestão do uso do solo seja realizada de maneira mais efetiva.

1.1 Localização da Área

O estudo foi realizado no sítio urbano do município de Monte Carmelo, estado de Minas Gerais, na Mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba (Figura 1). A população estimada do município, segundo dados do IBGE em 2019, é de 47.809 habitantes, o seu território abrange cerca de 1.343,035 km² e situa-se nas proximidades dos munícipios de Uberlândia e Coromandel, tendo como acesso principalmente as rodovias BR 365, MG 233, MG 190 e LMG 746.

Figura 1: Localização da área de estudo. (A) Território brasileiro, com destaque do estado de Minas Gerais. (B) A mesorregião do Triangulo Mineiro e Alto da Paranaíba em destaque o Município de Monte Carmelo. (C) Sítio urbano do Município de Monte Carmelo em destaque e suas vias de acesso.



1.2 Objetivo

O trabalho teve o objetivo principal de investigar do ponto de vista geológico-geotécnico o sítio urbano de Monte Carmelo e entorno. Os objetivos específicos correspondem a:

- Definir unidades geológicas-geotécnicas para a área de estudo por meio da etapa geral (1ª etapa) do método do detalhamento progressivo;

- Indicar áreas que demandam investigações na etapa intermediária do método do detalhamento progressivo (2ª etapa);

- Verificar as condições das Áreas de Preservação Permanente (APP) na área de estudo;

- Contribuir com o Plano Diretor da cidade a partir da organização de documentos cartográficos de caracterização do meio físico e de orientação ao planejamento.

Através da realização desse mapeamento foram produzidos materiais adequados para o auxílio do Plano Diretor consolidado ao município de Monte Carmelo em outubro de 2006, dando um respaldo para uma gestão e planejamento as áreas intraurbanas e

periurbanas, caracterizando as áreas com potencialidade de restrições ao meio físico ou a sociedade, indicando para o sítio urbano sugestões de estudo mais detalhado em escala de 1:10.000.

1.3 Justificativa

Atualmente Monte Carmelo se encontra em momento de expansão do sítio urbano, possivelmente motivada pela instalação do *Campus* UFU, gerando um potencial de crescimento populacional e um impacto econômico imediato e a longo prazo. Mediante esse crescimento se faz necessário um planejamento do espaço físico de maneira adequada para expansão urbana ou solução de problemas existentes, conforme consta na LeiComplementar, nº 11, vigente desde 10 de outubro de 2006 que institui o Plano Diretor de desenvolvimento municipal, e que de acordo com o Art. 16 que diz:

> Definir o perímetro urbano da cidade de Monte Carmelo - Sede do município, buscando restringir a expansão de loteamentos nas áreas além da MG 190 e acesso trevo da Matinha até Av. Olegário Maciel, evitando a transposição da rodovia por novos bairros. Incentivar a expansão urbana e a ocupação e o adensamento das áreas já parceladas da cidade, bem como áreas a serem parceladas, com o objetivo de indução gradativa da formação de nova área central. (MONTE CARMELO, 2006, Art. 16, pág. 17).

Em consonância, é necessário analisar se o crescimento populacional está afetando as Áreas de Preservação Permanente, em concordância com o Código Florestal Lei nº 12.727 (BRASIL, 2012), em conjunto a Lei municipal de nº 1546, de 21 de agosto de 2019 que "DISPÕE SOBRE O PARCELAMENTO DO SOLO URBANO NO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO/MG", de acordo com o Art.2 p. 8 (a, b e c) que diz que as Àreas de Preservação Permanente situam-se:

> **a)** Ao longo dos rios ou de qualquer curso de água, desde o seu nível maisalto em faixa marginal, cuja largura mínima seja definida de acordo com a largura do curso de água; **b)** Ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de 30m (trinta metros); e ao redor de nascente ou olho d'água,ainda que intermitente, com raio mínimo de 50m (cinquenta metros), de tal forma que proteja a bacia hidrográfica contribuinte; **c)** Em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50m (cinquenta metros), a partir do limite do espaço brejoso e encharcado; ((MONTE CARMELO, 2019, Art. 2, pág. 1 e 2).

Devido alguns problemas relacionados ao meio físico já registrados, como na rua Riachuelo nas proximidades do Bairro Santa Rita e Sidônio Cardoso,no ano de 2020 (Figura 2A) e na Avenida João Pinheiro no Bairro Centro, no final de 2019 (Figura 2B), demonstra a necessidade de um diagnóstico do meio físico e o modo que a urbanização está afetando os principais canais de drenagem que atravessam a cidade. Monte Carmelo se encontra em um momento de expansão, observada pelo aumento de novos

empreendimentos, tais como a abertura de duas novas redes de atacado e loteamentos em acensão (Figura 2C e 2D), passíveis de sererm correlacionado com apresença de uma universidade federal e uma particular, sendo elas: Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e o Centro Universitário Mário Palmério (UNIFUCAMP), nesse viés, a caracterização geológica-geotécnica pssibilita realizar o reconhecimento dos limites e da dinâmica do relevo focado no planejamento urbano.

Desta forma, o trabalho vem atender essa lacuna nos documentos cartográficos do município de Monte Carmelo, visando contribuir com o Plano Diretor da cidade, instituído pela Lei 10.257 (BRASIL, 2001), visto que, não foram localizados documentos de caracterização física e documentos cartográficos de subsídio e/ou orientativos no Plano Dirtor municipal.

Figura 2: (A) Cratera desenvolvida em calçada após fortes chuvas em Monte Carmelo-MG, na rua Riachuelo nas proximidades do Bairro Santa Rita e Sidônio Cardoso (Fonte: G1). (B) Mitigação na ponte da Avenida João Pinheiro, devido ao seu comprometimento estrutural, após período de chuvas. (C) Loteamento nas intermediações da rotatória da entrada do município próximo à rodovia MG-190. (D) Loteamento em frente a Universidade Federal de Uberlândia (UFU), próxima à rodovia MG-190.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

Zuquette (1987 e 1993), apresenta uma proposta de mapeamento em maior escala para a caracterização de parâmetros geológico-geotécnicos, que se destinam ao planejamento do uso do solo. Nessa perspectiva, Zaine (2000) propõe o método do detalhamento progressivo que sugere uma sequência de três etapas, denominadas por: 1ªetapa ou etapa geral, com escala entre 1:50.000 e 1:25.000 abordando principalmente a caracterização do meio físico; 2ª etapa ou etapa intermediária, em escala entre 1:25.000 e1:10.000 em áreas de adensamento e/ou de expansão urbana, selecionadas a partir do mapa geológico-geotécnico regional e; 3ª etapa ou etapa de detalhe, com base na caracterização do meio físico geológico e na identificação de eventuais problemas geológico-geotécnicos selecionados na escala 1:10.000, a partir de estudos específicos que, se necessário, podem envolver a confecção de mapas elaborados em escalas maiores que 1:5.000, uma vez que buscam dar suporte a projetos de obras de engenharia para sanar problemas já instalados ou para a implantação de novos empreendimentos.

Para o presente trabalho optou neste primeiro momento em por trabalhar com a escala de 1º nível de detalhe proposto por Zaine (2000), 1:25.000, para a realização da caracterização do meio físico geológico, culminando na organização da carta geológico-gotécnica. Foram estabelecidas então, seis etapas para o desenvolvimento do trabalho, sendo elas:

2.1 Etapa 1: Base Cartográfica

Foi realizado um levantamento bibliográfico e cartográfico, com ênfase em buscar materiais para um embasamento e sustentação teórica em todas as etapas desse trabalho, além da realização da base cartográfica na escala de trabalho 1:25.000 a partir de imagens de satélite. A base cartográfica, carta hipsométrica e carta de declividade foram desenvolvidas anteriormente em iniciação científica e foram utilizadas para a contribuição da elaboração do trabalho.

Na região, há uma carência em dados cartográficos correspondentes com a escala de mapeamento utilizada neste trabalho, sendo assim, para que não houvesse uma perda de resolução e que se encaixasse no nível de detalhe proposto, a base cartográfica foi elaborada a partir de imagens de radar Alos Palsar fornecido pelo site United States Geological Survey (USGS), além de imagens de satélite disponibilizada pelo Google Earth (2021/2022).

Foi realizado o tratamento de imagens radar dentro do *software* ArcGis 10.5, onde foi possível obter as curvas de níveis com variação de 12 metros, para tal processo dentro do

software: Geoprocessing → ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Surface → Contour, as curvas geradas através do geoprocessamento foram corrigidas manualmente para a exclusão de ruídos. Com as imagens de satélite foi possível determinar as estradas as quais no trabalho foi separada por *shapefile* de linha em "rodovias", "estradas não pavimentadas" além da área urbana disponibilizada pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto (LASER) de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Para a elaboração da carta hipsométrica no mesmo *software*, foi utilizada as curvas de níveis elaborada anteriormente e a imagem de radar Alos Palsar para gerar o modelo de elevação de terreno denominado Triagulated Irregular Network (TIN) que tem por referência a altimetria, para esse modelamento foi definido intervalos de 12 metros, partindo da cota mínima da área de estudo (756m) até a cota máxima (1008m) retornando uma rampa de cores para cada intervalo de altimetria, tornando mais claro a visualização 2 e 3D do relevo.

A carta de Declividade foi elaborada segundo DE BIASE (1992), que sugere a utilização do ábaco graduado formando um ângulo com as curvas topográficas, a fim de determinar as classes de declividade em porcentagem. A carta foi confeccionada dentro do *software* ArcGis 10.5 através da criação de *shapefile* de polígonos para cada classe existente, correspondendo em cores na carta. Sendo assim, as classes foram atribuídas de acordo com o seguinte cálculo:

$$D = \frac{n \times 100\%}{E} = \%$$

Onde:

D = declividade

E = espaçamentos ou distância horizontal entre duas curvas consecutivas ou de pontos em uma carta.

Após a aplicação da fórmula foram determinados os valores para cada classe de declividade, os quais foram classificados em: <3%; 3 ⊦ 6%; 6 ⊦ 12%; 12 ⊦ 20; 20 ⊦ 30 e ≥30%. Para determinar a mudança de classe, foi necessário a utilização da régua graduada para determinar a distância entre as curvas assim, quando o limite de cada classe era atingido, alterava-se a classe trabalhada.

2.2 Etapa 2: Carta Geológica-Geotécnica

Para o desenvolvimento da carta geológica-geotécnica foi organizada com base na proposta de Zaine (2000). Para isso foram previamente realizadas a confecção das cartas de declividade, hipsométrica, litológica, pedológica e geomorfológica, realizando a análise integrada de rocha, relevo e solo, observando o tipo de comportamento correspondente a esses parâmetros, a fim de determinar um padrão de resposta de suscetibilidade para a definição de unidades geológicas-geotécnicas.

A carta Geológica foi elaborada com base nos dados já disponíveis na literatura, sendo utilizado no presente trabalho os dados fornecidos pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM, 2017) através da Folha Monte Carmelo (SE. 23-Y-A-V) disposta em escala 1:100.000. Alterações foram necessárias, visto o nível de detalhe trabalhado ser de um "zoom" referente à quatro vezes, reconhecimentos em campo também foram cruciais para a determinação dos contatos litológicos.

Para a elaboração da carta Pedológica foram utilizados os referenciais de Santos *et al.* (2006) e IBGE (2015), além do Levantamento de Reconhecimento de Média Intensidade dos Solos da Região do Alto Paranaíba (MOTTA *et al.* 2004). A partir da fotointerpretação e imagens de satélite os devidos ajustes em escalas, bem como o trabalho de campo foi essencial para a determinação de solos que não estavam dispostos na literatura em determinação da escala dos trabalhos realizados na região.

A carta Geomorfológica teve como referência Tricart (1965), e foi confeccionada no *software* QGis 3.24 com escala de detalhe, a fim de reconhecer as feições geomorfológicas presentes no relevo. O trabalho deu relevância para feições como: voçoroca, ravina, sulco, marcas de erosão difusa, terraços agrícolas, veredas, fundos de vale (encaixado ou plano), tipos de vertente (convexa ou côncava), rupturas topográficas (abruptas ou suaves). Reconhecimentos de interferência antrópica também foram realizados tais como: mineração, aterro, drenagem canalizada. Optou-se por trabalhar nesse software em decorrência das simbologias disponibilizadas para *download* pelo Laboratório de Pesquisa da Unesp LAGEO (SILVA *et al*, 2022).

Associado às feições geomorfológicas foram delimitadas as unidades morfológicas, definidas a partir da análise do grau de dissecação em conjunto com os padrões de drenagem, estabelecendo-se quatro unidades denudacionais em grau de dissecação fraco, médio, forte e muito forte agregando a morfologia dos topos, sendo atribuído topo plano, convexo ou côncavo.

2.3 Etapa 3: Campo

Para a averiguação em campo do material proposto e produzido através de fotointerpretação bastante detalhada, foi estabelecido um controle de pontos descritos e distribuídos por todaa área de estudo de tal forma a atender todas as necessidades deste trabalho. Sendo assim, a etapa de campo se deu em um total de 5 (cinco) dias, resultando em 63 pontos distribuídos na área. Nessa etapa foi realizada a descrição e análise da relação solo-relevo-rocha, através dessa percepção foi realizado o recolhimento de amostras, análise de feições geomorfológicas bem como a realização de perfis de solo, e quando necessário foi utilizado o trado.

2.4 Etapa 4: Perfis

Para a contribuição da definição das unidades geológicas-geotécnicas, foram realizados dois perfis o primeiro A – A' e o segundo B – B', contendo informações geológicas e de relevo, apresentando sua extensãolateral e amplitudes altimétricas. O local de realização dos perfis foi escolhido com o objetivo de representar as unidades geológicas, geomorfológicas e pedológicas dispostas na área de estudo.

2.5 Etapa 5: Carta de Área de Proteção Permanente (APP)

Como produto complementar a carta geológica-geotécnica foi organizada a Carta de Área de Proteção Permanente, com base na proposta de Zaine (2000). Teve o objetivo de checar a aplicação da Lei12.727, DE 2012 do Código Florestal Brasileiro mediante a zona buffer, a fim de representar a distribuição espacial dos diferentes problemas vigentes e associá-los às unidades anteriormente definidas.

As Áreas de Proteção Permanente (APP) foram delimitadas conforme definido pelo Código Florestal em seu Cap. II, Art. 4°, que distingue as metragens de exigência de preservação permanente para cada curso d'água definido através da largura do curso d'água, bem como seus represamentos, seja natural ou artificial e áreas brejosas e/ou encharcadas.

Tabela 1: Tipos de APPs utilizadas no trabalho e suas respectivas áreas de proteção para cada curso d'água. (Fonte: Código Florestal, 2012).

Tipo de APPs	Largura curso d'água	Tamanho da APP
Mata Ciliar	10 metros	30 metros
Nascentes		50 metros
Veredas		50 metros

A configuração das APPs foi realizada no *software* Qgis 3.24 através do *shapefile* de linha correspondente às drenagens presente na área de estudo, com o auxílio da linha medindo e classificando manualmente a variação da largura do curso d'água de acordo com os referentes tipos de APPs.

2.6 Etapa 6: Áreas de 2º Nível de Detalhe

A partir dos resultados das análises dos materiais elaborados ao longo da etapa 1ª etapa (Geral), foi possível a identificação de áreas para o avanço do detalhamento progressivo em 2º nível proposta por Zaine (2000),com escala recomendada de 1:10.000, voltada para a zona urbana de Monte Carmelo.

Para a determinação das áreas propensas ao 2° nível de detalhamento, foi necessário analisar os padrões de comportamento de cada tipo de solo disposto na superfície e subsuperfície correspondente ao relevo vigente, levando em consideração a presença ou ausência de feições geomorfológicas que pudessem indicar alguma interferência na superfície.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Contexto Geológico, Geomorfológico e Pedológico

A área se encontra na porção meridional da Faixa Brasília (FUCK, 1994; VALERIANO *et al*., 2004), em que afloram rochas pertencentes ao Grupo Araxá e ao Complexo Monte Carmelo, ambos pertencentes ao Neoproterozoico, que estão sobrepostos por Coberturas Superficiais do Cenozoico. Em contexto geomorfológico Baptista *et al*., (2010), associa a região a relevos colinosos e de terrenos planos elevados, em que se dispõem de três diferentes tipos de solo, sendo a área composta por Argissolo, Latossolo Vermelho e Cambissolo Háplico (MOTTA *et al*., 2010).

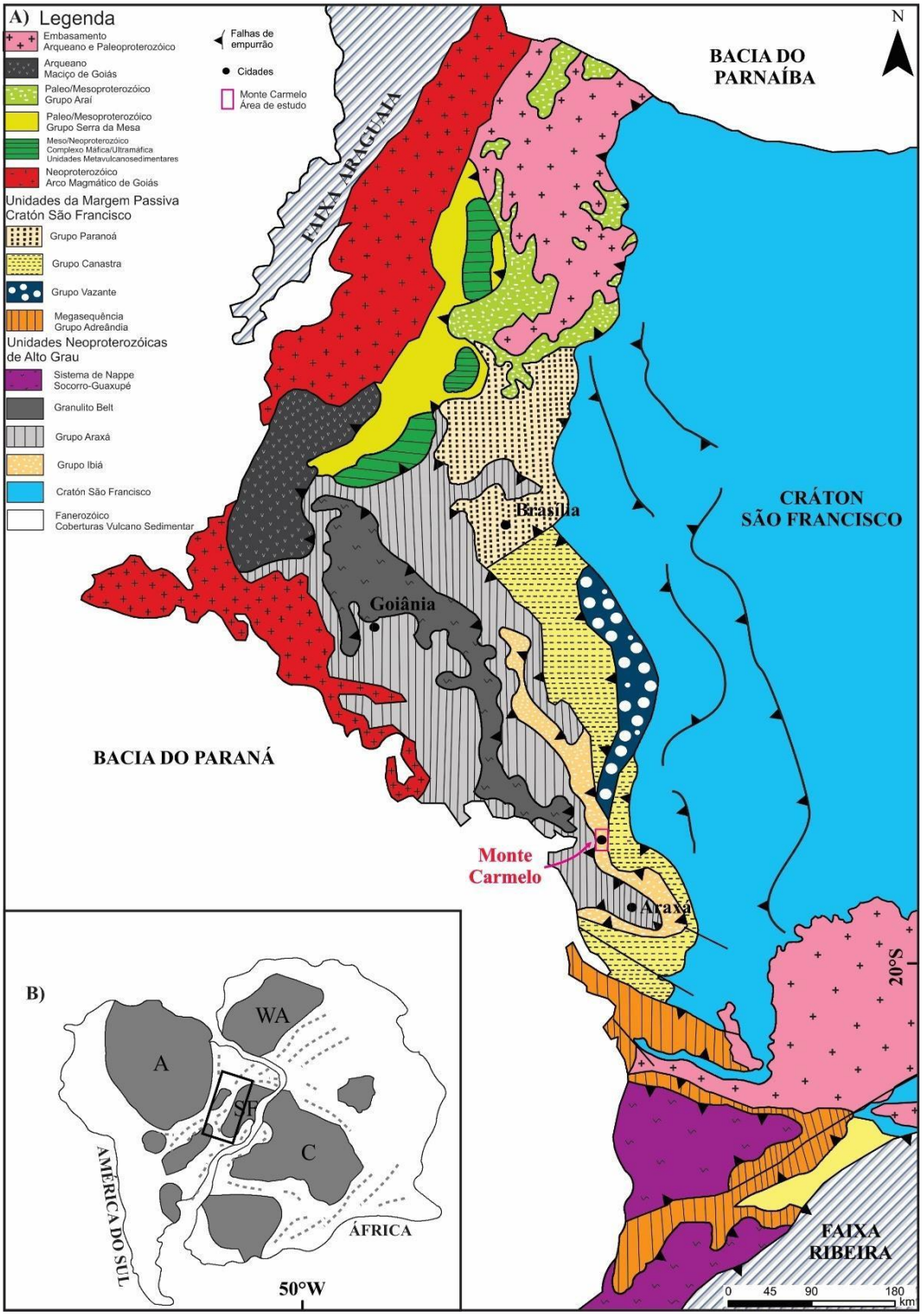
3.1.1 Faixa de Dobramentos Brasília

A Faixa de Dobramentos Brasília está posicionada na borda oeste do Cráton São Francisco e à oeste do Cráton Amazônico (VALERIANO *et al*., 2004). Compreende um cinturão de dobramentos de idade Neoproterozoica, de extensão estimada em aproximadamente 1000 km na direção N-S, englobando os estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Tocantins. Tendo os setores estruturais da Faixa Brasília denominados em setentrional e meridional (ALMEIDA, 1967), que ainda segundo Fuck *et al*. 1994, de leste a oeste pode ser definida em unidades três unidades estruturais: cratônica, externa e interna.

O Cráton do São Francisco é composto por dois grupos, sendo eles: Grupo Bambuí e Grupo Vazante (DARDENNE 1981, 2000). Essa unidade geotectônica é compreendida como um domínio autóctone, em que o embasamento não está inserido na deformação. Seu limite com a Faixa Brasília é marcado por falhas de empurrão de baixo a médio ângulo que expõem o Grupo Paranoá ou o Grupo Canastra, que são identificadas como unidades Mesoproterozoica (UHLEIN *et al*., 2012).

Fuck *et al*. (1994) faz a distinção das unidades de direção leste a oeste em unidade cratônica, externa e interna. A unidade do Cráton São Francisco segundo Dadenne (1981, 2000) é composto pelos Grupo Bambuí e Vazante, essa unidade refere-se à um domínio autóctone composto por sedimentos carbonáticos que se encontram levemente dobrados a sub-horizontais e por extensas coberturas Fanerozoica, em que o embasamento não está incluso na deformação, o limite com a Faixa Brasília é delimitado por falhas de empurrão de baixo ângulo (UHLEIN *et al*., 2012). A unidade externa da Faixa Brasília é constituída por unidades metassedimentares do Mesoproterozoico sendo elas: Grupo Araí e Natividade, Grupo Paranoá e Canastra (DARDENNE, 1981, 2000; FARIA 1995; GUIMARÃES, 1997), segundo Uhlein *et al*. (2012), as porções do embasamento Arqueano-Paleoproterozoico que indicam rejuvenescimento devido à tectônica brasiliana.

Figura *3*: Contexto Geológico Regional - Orógeno Brasília. Fonte: Modificado de Dardenne 2000; Pimentel et al. 2000; Valeriano et al. 2004; Falci et al. 2018.



Inserida no domínio externo, a área de estudo encontra-se no setor estrutural meridional da Faixa Brasília, em que desenvolveu sua estrutura através do empilhamento de *nappes* e se configura como um cinturão de dobramentos e empurrões, que se desenvolveram à margem sudoeste do Cráton São Francisco (DARDENNE. 2000; PIMENTEL *et al*. 2000; VALERIANO *et al*. 2008). Esse setor ainda seria resultante da

inversão orogênica de bacias situadas a sudeste e sul do Paleocontinente São Francisco-Congo. (DARDENNE. 2000; PIMENTEL *et al*. 2000; VALERIANO *et al*. 2008).

O domínio interno é composto por unidades alóctones referentes ao Grupo Araxá e Grupo Serra da Mesa, bem como porções do embasamento que é envolvido fortemente na tectônica brasiliana (PIMENTEL *et al*. 2000). Segundo Ferreira Filho *et al*. (1992), localmente ainda ocorrem complexos máficos-ultramáficos granulitizados, e sequências vulcano-sedimentares Proterozoicas (PIMENTEL *et al*. 2000).

3.1.2 Grupo Araxá

Descrito por Barbosa (1955), o Grupo Araxá inicialmente foi definido como um complexo metamórfico de idade pré-cambriana constituído por gnaisses, micaxistos, quartzitos e xistos verdes, ocupando originalmente, uma extensão regional, que iria desde oeste de Minas Gerais até o centro-sul de Goiás. Posteriormente, as rochas que compõem esse grupo formam descritas como rochas metassedimentares intrudidas por corpos granitoides sendo essas, associadas à anfibolitos e rochas ultramáficas, formando uma extensa faixa de direção NW-SE, e que se amplia desde o sul de Minas Gerais ao sul de Tocantins (SEER, 1999; DARDENNE, 2000; SEER *et al*. 2001).

Seer (1999) descreve o Grupo Araxá como uma sequência de rochas metamáficas de origem ígnea, recobertas por metassedimentos de origem pelítica. Os protólitos desses metassedimentos teriam se depositados durante o Neoproterozoico e, posteriormente, metamorfizados, em fácies anfibolito, durante um evento colisional que originou a Faixa Brasília à 630 Ma (SEER e MORAES, 2013). As rochas máficas e ultramáficas estão dispostas comumente na forma de corpos alongados e lenticulares, e são associadas por anfibolitos, serpentinitos, clorita xistos e talco xistos, que tectonicamente são intercalados nos metassedimentos (BROD *et al*. 1992; STRIEDER e NILSON, 1992; SEER *et al*. 2001; KLEIN, 2008).

Estudos realizados nas últimas décadas de proveniência, através de dados geoquímico isotópico (Sm-Nd, U-Pb e Lu-Hf), apontam para uma perspectiva de que o amalgamento durante a orogênese Brasiliana, teria feito com que as diferentes unidades litotectônicas do Grupo Araxá apresenta uma heterogenia no aporte sedimentar, bem como no ambiente e/ou evolução tectônica (BROD *et al*. 1992; STRIEDER e NILSON, 1992; VALERIANO, 1993; VALERIANO e SIMÕES, 1997; SEER, 1999; SEER *et al*. 2001; PIMENTEL *et al*. 2001; 2011; PIUZANA *et al*. 2003; SILVA *et al*. 2006; NAVARRO e ZANARDO, 2005; NAVARRO *et al*. 2013; KLEIN, 2008; PIMENTEL, 2016; FALCI *et al*. 2018; SILVA *et al*. 2020).

Entre as singularidades o Grupo Araxá apresenta característica de melange ofiolítica (DRAKE Jr. 1980), com serpentinitos e lentes de cromita podiforme, que estaria associada à crosta oceânica e ao manto superior (STRIEDER e NILSON, 1992), bem como as rochas metabásicas toleíticas, lascas de embasamento alóctone e granitos leucocráticos sin-colisioinais (SEER, 1999; SEER *et al*. 2001; SIMÕES, 2005).

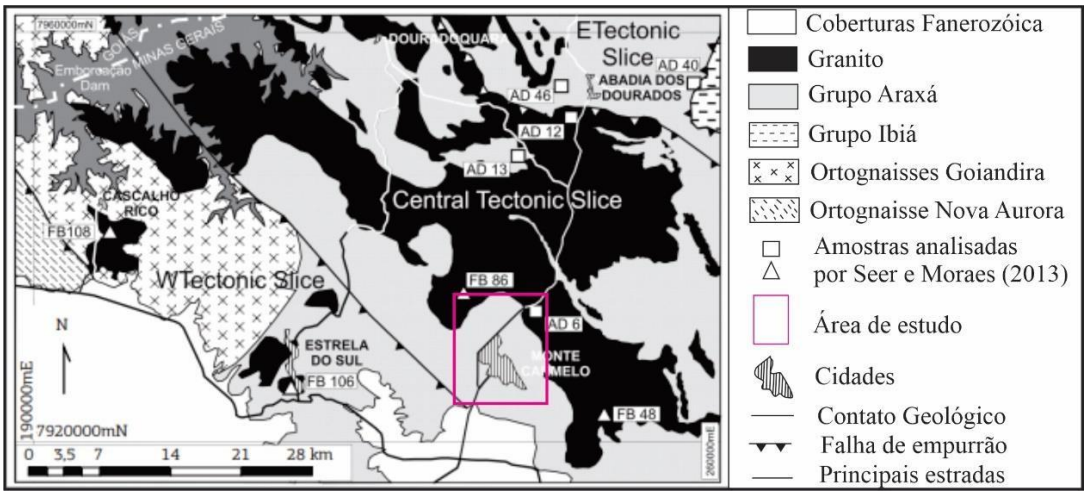
Intrusões de diversos corpos graníticos ocorrem nos metassedimentos do Grupo Araxá (BROD *et al*. 1991; SEER, 1999; SEER e DARDANNE, 2000; SEER *et al*. 2001; VALERIANO *et al*. 2005; SEER e MORAES, 2013; CHAVES e DIAS, 2017). Nesse contexto estes autores reconheceram três episódios de magmatismo granítico Neoproterozoico, pertencentes a ambientes tectônicos distintos. O primeiro de idade de 833Ma, que estaria associado a anfibolitos, e a um ambiente intraplaca em um contexto extensional. O segundo atribuído a idade de 790Ma, corresponde aos granitoides do Complexo Monte Carmelo, que são interpretados oriundos de fontes juvenis, o qual a assinatura geoquímica seria análoga ao Arco Magmático de Goiás, que de acordo com Seer e Moraes (2013), tal comportamento indica que esses granitoides teriam se originado em um ambiente de arco magmático pré-colisional. O terceiro de idade entre 642 e 630 Ma, é associado por granitoides que teriam origem colisional e esse seria correspondente do retrabalhamento da crosta continental Meso e Neoproterozoica

3.1.3 Complexo Monte Carmelo

O Complexo Monte Carmelo corresponde à uma intrusão ígnea peraluminosa que aflora entre os municípios de Monte Carmelo e Abadia dos Dourados – MG (BROD *et al*. 1991; SEER e MORAES, 2013). Barbosa *et al*. (1991), teria classificado essa unidade inicialmente como Complexo Granito-Gnaisse, e posteriormente Pereira *et al*. (1983), sugeriu o termo Complexo Monte Carmelo, para indicar as rochas de composição granítica a granodiorídica que afloram na região.

Essa unidade é constituída por granitoides sin-tectônicos que intrudem as rochas correspondentes ao Grupo Araxá, associados a volumes expressivos de rochas metamáficas e metaultramáficas, representadas, respectivamente por anfibolitos de granulação média a grossa e anfibólio-clorita xistos. (SEER e MORAES, 2013). Esses granitoides são interpretados como o segundo episódio de granitogênese associado ao Grupo Araxá (SEER e MORAES, 2013).

Figura *4*: Mapa geológico da região de Monte Carmelo e Abadia dos Dourados, demonstrando a distribuição do Complexo Monte Carmelo. Fonte: Seer e Moraes, 2013.



Segundo Féboli (2017), o complexo compreende rochas granitoides cinza esbranquiçados e amarelados, tendo sua composição variando desde campos de tonalito, do granodiorito, do monzogranito a sienogranito. Seer e Moraes (2013), interpreta o complexo composto por granitoides metaluminosos a peraluminosos e gnaisses milonitizados de coloração cinza esbranquiçada a amarelados. Os granitoides que constituem o complexo possuem fácies de granulação fina a grossa entretanto, pode ocorrer xenólitos decimétricos a métricos de micaxistos, quartzitos e localmente de anfibolito com granulação fina (SEER *et al*. 2007). Esses corpos graníticos possuem uma variação nas características texturais, podendo exibir textura granoblástica equigranular, porfiroclástica inequigranular (SANTOS, 2019), cataclástica e milonítica (FÉBOLI, 2017).

A mineralogia correspondente dos corpos graníticos do complexo, constituí por quartzo, plagioclásio (oligoclásio), biotita e muscovita, podendo ocorrer feldspato potássico (microclínio e ortoclásio) dispersos e localmente ocorrência de granadas de formato arredondado (SEER *et al*. 2007; SEER e MORAES, 2013; FÉBOLI. 2017). Os granitoides ainda podem apresentar porfiroclastos e porfiroblastos de k-feldspato e quartzo (SANTOS, 2019), podendo ser encontrados estirados em gnaisses milonitizados concomitantes com os grãos de quartzo.

De acordo com Barbosa *et al*. (1970), o contato entre os granitoides do complexo Monte Carmelo e as rochas do Grupo Araxá ocorre de maneira gradual, entretanto, há porções com graus de deformações distintas, as quais, podem gerar desde xistosidade nos granitos à gnaisses bandados, típico de zonas de transição, as bordas do corpo são

intensamente deformadas, sendo comum o reconhecimento de feições cataclásticas no contato entre micaxistos e os granitoides.

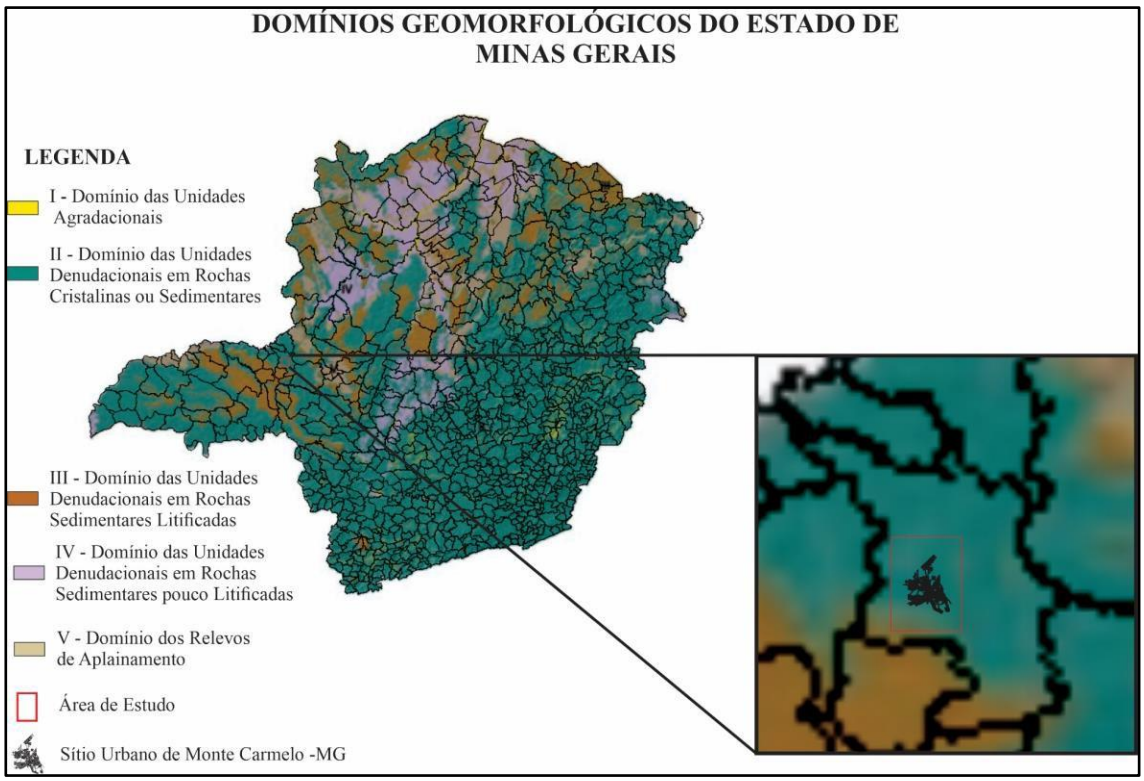
3.1.4 Coberturas Detríticas Cenozoicas

As coberturas detríticas cenozoicas são representadas por depósitos sedimentares inconsolidado, argilo-siltosos e que podem atingir grandes profundidade em regiões topograficamente mais elevadas, apresentando ocorrência de cangas e cascalhos (CPRM, 2015).

3.1.5 Geomorfologia

De acordo com Baptista *et al*. (2010) em um mapeamento de geodiversidade de Minas Gerais em escala de 1:2.500.000 a área de estudo está posicionada no contexto geomorfológico do Domínio de Unidades Denudacionais em Rochas Cristalinas ou Sedimentares, entretanto a área ainda bordeja o Domínio das Unidades Denudacionais em Rochas Sedimentares Litificadas (Figura 5).

Figura *5*: Domínio Geomorfológico do Estado de Minas Gerais. Adaptado de Baptista et al. 2010.

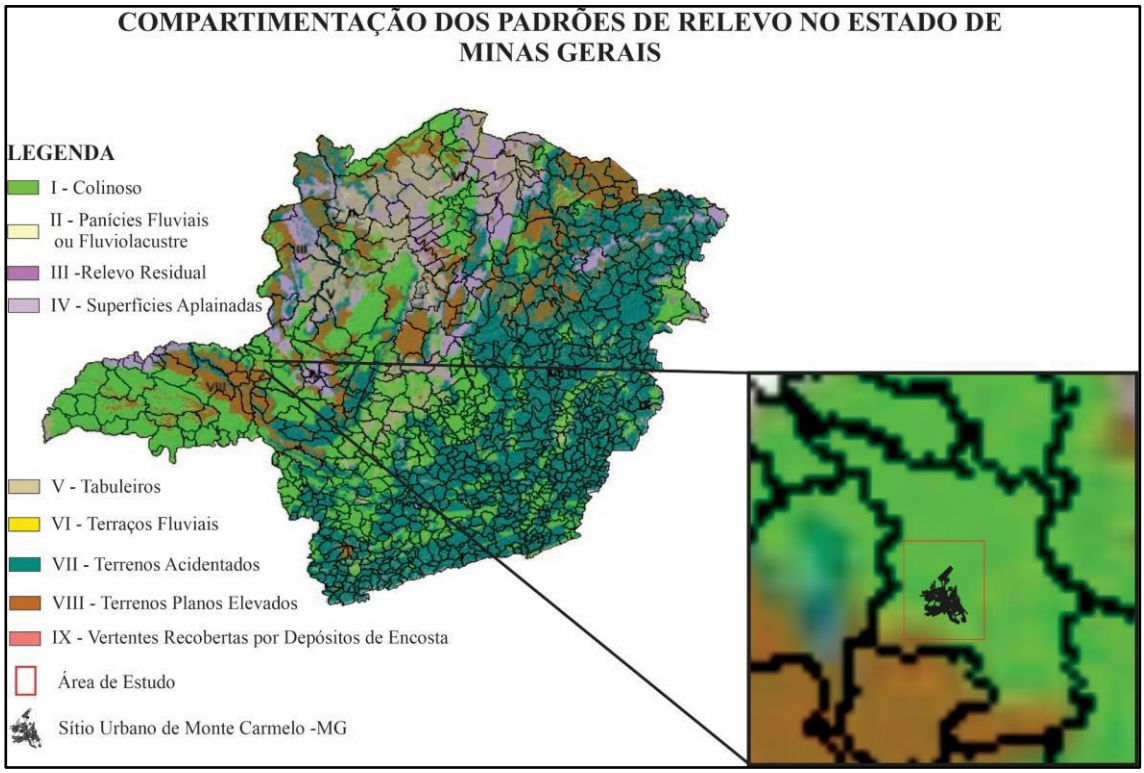


Esses domínios é constituído de padrões de relevo Colinoso (Figura 6) que consistem em formas um pouco dissecadas, possuindo vertentes convexas e topos amplos, apresenta uma morfologia variando de tabular a alongada. Esse tipo de relevo apresenta um sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas (BAPTISTA *et al*. 2010). Os autores ainda indicam que a amplitude do relevo pode variar entre 20 e 50m, enquanto que a inclinação das vertentes oscila entre 3-10º. Nesse contexto

de relevo, é comum ocorrer o predomínio de processos de pedogênese, entretanto consegue-se verificar processos de erosão linear acelerada como: ravinas e voçorocas (BAPTISTA *et al*. 2010).

Outro padrão de relevo presente na área se dá pelos Terrenos Planos Elevados (Figura 6), que segundo Baptista *et al*. (2010), constituem em formas suavemente dissecadas, e são caracterizadas por superfícies extensas, com gradientes suaves, apresentando topos planos e alongados de vertentes retilíneas em que os vales encaixados se dão em forma de "U" (BAPTISTA *et al*. 2010). Ainda de acordo com o mapeamento realizado pelos autores (Figura 6), esses terrenos planos apresentam uma amplitude de relevo que pode oscilar entre 20 a 50m, enquanto que as inclinações das vertentes possui uma variação de 0-3º, com topos planos. Devido a topografia aplainada, há o predomínio dos processos pedogenéticos que favorecem a formação de solos espessos e bem drenados, entretanto, de forma restrita, pode haver processos de erosão linear acelerada sendo eles: sulcos e ravinas (BAPTISTA *et al*. 2010).

Figura *6*: Compartimentação dos Padrões de Relevo no Estado de Minas Gerais. Adaptado de Baptista et al. 2010.



3.1.6 Pedologia

Os solos do Alto Paranaíba foram classificados por Motta *et al*. (2004), o produto cartográfico foi enquadrado na área de estudo, que abrangeu três tipos de classes, sendo eles: Argissolos Vermelhos, Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelhos.

Os Argissolos Vermelhos distróficos são compreendidos pela sigla PVd3 e são descritos pelos autores em ocorrência na interface entre os municípios de Abadia dos Dourados e Monte Carmelo, esses possuem uma textura variando de argilosa a muito argilosa (MOTTA *et al*., 2004). Os Cambissolos foram diferenciados em decorrência da textura, diferencinado-se em Cambissolo Háplico distrófico de textura argilosa e Cambissolo Háplico distrófico de textura arenosa/média cascalhenta. De tal modo, os autores também diferenciaram os latossolos de acordo com a variação de cor e textura, sendo classificado Latossolo Vermelho Ácrico de textura muito argilosa, Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura muito argilosa, Latossolo Vermelho Acriférrico apresentando textura argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico que exibe uma textura muito argilosa.

Em associação com os corpos litológicos da região é compreendido que a origem dos Cambissolos (locais) tenha sido derivada dos granitoides do Complexo Monte Carmelo, enquanto que os latossolos da região são espessos e diretamente relacionados à Cobertura Detríco Laterítica Coluvionares da Faixa Brasília.

3.2 Solos de proveniência granítica

Os corpos graníticos do CMC possuem uma grande expressividade na área de estudo, e associado a eles estão dispostos em maior ocorrência feições geomorfológicas erosivas, tais como: voçorocas, sulcos erosivos e marcas de erosão difusas.

Cerri (1979), descreveu diferentes comportamentos de solos originados de granitoides em distintas regiões, levando em consideração relevo, clima, vegetação. Segundo o autor, a caracterização da vegetação é extremamente relevante para a interpretação das análises do intemperismo, bem como da pedogênese, esses fatores são essenciais para explorar não somente a proveniência da cobertura vegetal, mas também em como ela preserva uma maior ou menor proteção em relação aos processos de erosão em horizontes superficiais, assim como a interação da proporção e peculiaridade de matéria orgânica disposta na superfície.

Para Kerper e Scharpenseel (1971), os ácidos orgânicos podem retirar das micas um porcentual considerável de alumínio que, segundo os autores o fator responsável por esse

tipo de processo está intrinsicamente condicionado em relação a posição dos radicais de COOH e OH fenólicos na molécula do ácido orgânico.

Nesse seguimento, Baker (1973), concluiu que a eficiência dos ácidos húmicos é superior a água composta por gás carbônico em grandes quantidades devido a solubilização do material constituintes de biotita e feldspato.

O processo de formação dos solos ocorre através da atuação do intemperismo nas rochas, mas essa evolução rocha-solo pode ocorrer em processos diferentes mesmo tendo o mesmo material de origem. Segundo Cerri (1979), nos solos graníticos esse fenômeno é caracterizado pela "arenização" que consiste em um processo singular da alteração superficial dos granitoides, embora não seja o único. O autor descreve tal processo como sendo "arena" uma porção do material que se encontra desagregado e que possui os minerais primários que não se encontram mais ligados entre si, entretanto é possível realizar o reconhecimento da estrutura original do granitoide.

O tamanho dos cristais dos minerais influência diretamente no processo de "arenização", nos granitos de granulação grossa tendem a ser arenitizados mais facilmente em decorrência da maior vulnerabilidade de desagregação física dos minerais, expostos individualmente aos processos de alteração química (CERRI, 1979). Meunier (1977) ressalta que quando individualizados na camada arenizada, mesmo os minerais idênticos podem ter respostas diferentes ao intemperismo, uma vez que, esses minerais podem estar em estado de evolução distinta.

Ao analisar a interação do intemperismo com os minerais, Cerri (1979) identificou que as biotitas quando estão em contato entre os grãos de quartzo conseguem se manter inalteradas, preservando assim, as características cristaloquímicas, enquanto as mesmas se encontram bordeadas por cristais de plagioclásio, possuem uma resposta diferente apresentando desordem na estrutura e modificação química. O autor salienta que esse comportamento se dá em resposta de resistência ao intemperismo, em que os plagioclásios estão mais suscetíveis a serem alterados, interagindo assim, quimicamente com os grãos biotita, sendo que os cristais de quartzo se apresentam resistentes ao fator intemperismo, propiciando a preservação dos cristais de biotita. Os cristais de feldspato sódico e cálcicos apresentam uma menor resistência ao fator intemperismo, se comparados com feldspatos potássicos, sendo os plagioclásios propensos a se desagregar e se desmantelar já nos primeiros estágios de alteração, causando a rocha perda de coesão devido ao crescimento progressivo do sistema de microfraturas (CERRI, 1979).

3.3 Carta geotécnica

Cerri (1990) elucida que as cartas geotécnicas abrangem a disposição das peculiaridades das rochas e solo, bem como suas características geológicas-geotécnicas, a configuração do relevo e o desenvolvimento dos principais processos operantes, as possíveis alterações devido a multiformas de uso e ocupação do solo, e a resposta que os processos naturais ou induzido promovem no terreno.

Nessa perspectiva Nakazawa *et al*. (1991), afirma que as cartas geotécnicas configuram a representação da dinâmica entre os processos geológicos atuantes com as características do meio físico, podendo a partir da interpretação desses fatores classificar e delimitar as áreas de maior potencial a desenvolver problemas. Além de, proporcionar uma avaliação e representar os segmentos do meio físico, bem como a análise comportamental das respostas frente as distintas formas de ocupação (ZUQUETTE, 1993). Prandini *et al*. (1995), ressalta que as cartas geotécnicas é produto da aplicação do conhecimento geológico com propriedade para encarar os problemas vigentes em decorrência do uso e ocupação do solo.

As cartas geotécnicas trabalhadas em escala de 1:25.000, como o trabalho em questão, de acordo com Cerri (1990), é classificada como carta geotécnica "genérica", que consiste em ser uma carta de natureza indicativa, com a finalidade apenas de orientação, propiciando assim, o planejamento do uso e ocupação. As cartas "genéricas" são o embasamento consolidado das cartas "específicas" que irão trabalhar áreas restritas, já indicadas anteriormente pelas cartas "genéricas" ou por recorrência de eventos naturais ou induzidos, impondo a partir de então formas mais adequadas para seu uso ou reorganização (CERRI, 1990). As cartas geotécnicas presumem a evolução da interação da ocupação e o meio físico, promovendo a capacidade de prevenção e mitigação, com o intuito de reparar e reduzir custos e riscos (NAKAZAWA *et al*. 1991).

De tal modo, Cerri *et al*. (1996), declaram que o principal objetivo das cartas geotécnicas é demonstrar os dados, passível a compreensão de quaisquer profissionais que não seja específico da área, permitindo que os mesmos consigam realizar a interpretação do material cartográfico. A cartografia geotécnica pode ser exposta para diferentes designações, variando de acordo com o objetivo final e conforme a natureza do terreno (NAKAZAWA *et al*. 1991; PRANDINI *et al*. 1995).

3.4 Método do Detalhamento Proegressivo

Cerri *et al*. 1996, presume que a o mapeamento seja realizado em três etapas, sendo essas em fases sucessivas, de acordo com que cada etapa estipule o conteúdo e a nível de investigação para o avanço da fase subsequente.

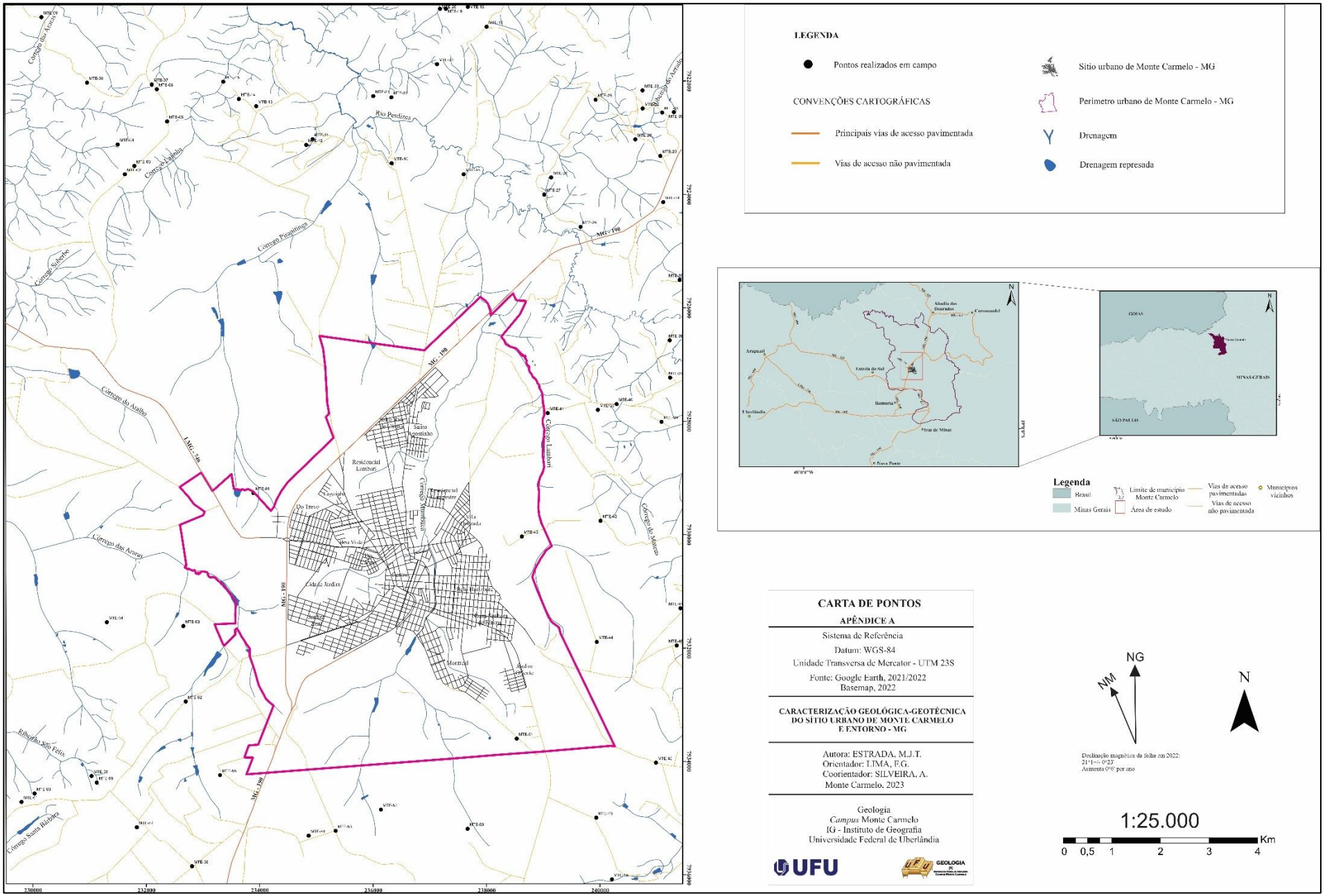
A primeira etapa é denominada etapa geral que o mapeamento é em escala regional de 1.50.000 ou 1:25.000, realizando a inclusão dos dados de levantamento efetuados em escalas distintas. Na segunda etapa a escala de mapeamento é reduzida para 1:25.000 quando se optou na 1ª etapa por 1:50.000 ou 1:10.000 se utilizou 1:25.000 na 1ª etapa, voltados para áreas de ocupação ou expansão urbana a partir do mapeamento regional realizado na etapa anterior. Por último, a terceira etapa é realizada em escala de 1:10.000 para o reconhecimento e apontamento de problemas eventuais de caráter geológico-geotécnico específicos, quando há necessidade do mapeamento fornecer subsídio no desenvolvimento tanto de projetos quanto de obras de engenharia para mitigar problemas existentes, se faz a utilização da escala de 1:5.000 ou até maior (ZAINE, 2000).

Optou-se por elaborar este trabalho na escala de primeira etapa, realizando um mapeamento em escala de 1:25.000, a qual foi adaptada através da realização da caracterização do espaço físico e todo o perímetro da zona urbana, bem como seu entorno, totalizando uma área de 186km² realizando a caracterização do meio físico geomorfológico, pedológico e geológico para o entendimento da sua dinâmica dando uma análise prévia do terreno a serem ocupados em decorrência da expansão urbana a longo prazo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da elaboração das cartas propostas no trabalho e a realização de 4 dias de campo e totalizando 64 pontos distribuídos ao entorno do município de Monte Carmelo (Figura 7 e APÊNDICE A), as amostras coletadas em campo e as descrições pedológicas contribuíram para a análise integrada de solo relevo e rocha, permitindo entender a sua dinâmica. De tal modo, os resultado serão apresentados e discutidos neste capítulo.

Figura 7: Carta de pontos realizados na área de estudo, ao entorno do sítio urbano de Monte Carmelo - MG.



4.1 Caracterização do meio físico geológico

As cartas referente a dinâmica do relevo elaboradas foram: hipsométrica (APÊNCIDE B) e declividade (APÊNDICE C), que permitiram compreender as feições geomorfolócias e como eles respondem de acordo com disposição do relevo. A carta hipsométrica mostrou um aumento altimétrico de noroeste para sudeste, partindo de uma cota entorno de 756m a 1008m, entretanto, as cartas de declividade e morfológicas deram respostas diretas de como o relevo se comporta, em topografias de menor elevação estão os relevos mais movimentado e colinoso que ocorre predominantemente na porção norte da área, enquanto que, em cotas topográficas mais elevadas o relevo se exibe em topos convexos com interflúvios extensos nas porções centrais e sul.

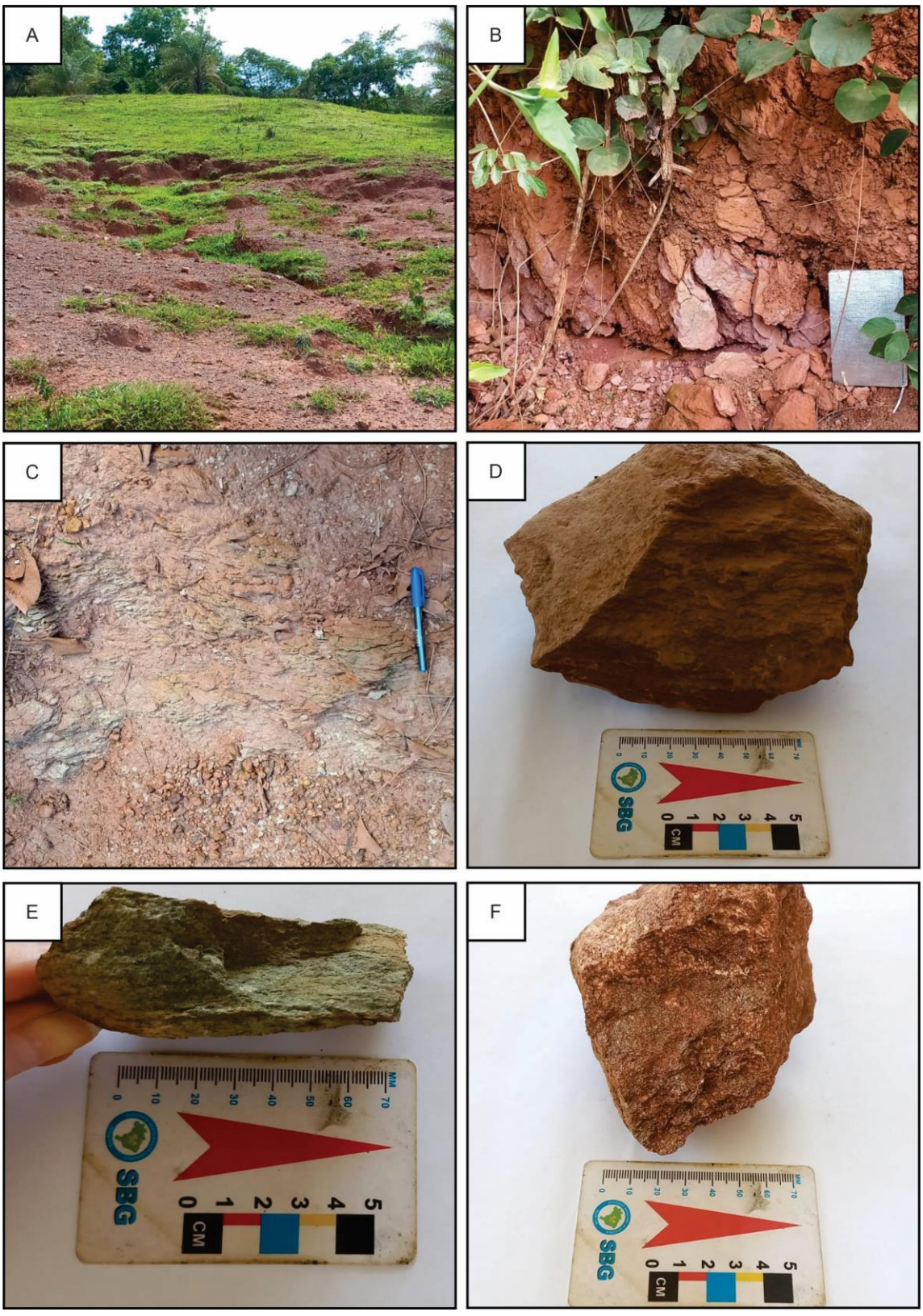
A disposição dos padrões de drenagem conversam com o relevo, é possível observar essa interação na porção norte da área de estudo, onde a drenagem se apresentam com uma densidade média e o grau de tropia varia entre tridirecional a multidirecional, em áreas de maior declive nessa porção a drenagem se exibe entalhada em decorrência a essa diferença altimétrica mais abrupta.

As rochas reconhecidas foram atribuídas às unidades litoestratigráficas Grupo Araxá e Complexo Monte Carmelo. Para a representação das unidades litoestratigráficas dispostas na área de estudo, foi confeccionado uma carta litológica (APÊNDICE D) em que foram identificadas três fácies associadas aos granitoides do Complexo Monte Carmelo e muscovita xistos do Grupo Araxá.

A rocha atribuída ao Grupo Araxá é representada por muscovita xisto que aflora à sudoeste da área de estudo. O muscovita xisto sustenta morros suaves, sendo os melhores afloramentos encontrados em cortes de estrada e normalmente encontram-se intensamente intemperizados (PRANCHA 1A e E).

O muscovita xisto quando intemperizado apresenta coloração avermelhada e acinzentado, quando sã (PRANCHA 1C, D e F). Essa rocha apresenta uma foliação bem definida e um desplacamento paralela à essa estrutura; a textura é lepidoblástica e a granulação é de fina a média (PRANCHA 1B). A mineralogia principal é composta por muscovita, feldspato e quartzo. Também foram identificados pontos marrons nessas rochas, que podem representar produtos de intemperismo de minerais como biotita, granada e minerais opacos.

Prancha 1: (A) Afloramento de muscovita xisto sustentando os morros suaves (ponto MTE – 58). (B) Afloramento de muscovita xisto em corte de estrada (ponto MTE – 62). (C) Muscovita xisto com foliação e desplacamento bem marcado (ponto MTE – 60). (D) Amostra de muscovita xisto de coloração avermelhada, intemperizada (ponto MTE – 58). (E) Amostra de muscovita xisto de coloração acinzentada (ponto MTE – 60). (F) Amostra de muscovita xisto intemperizada (ponto MTE – 62). (Fonte: O Autor).



Os granitoides na área foram agrupados em três fácies magmática distintas, de acordo com suas características mineralógicas e texturais: granitoide branco, granitoide cinza e granitoide rosa (PRANCHA 3). Essas rochas estão associadas aos relevos de colinas suaves com variações altimétrica entre 777 e 890 metros. Afloram na forma de blocos e matacões em morros, cortes de estrada e leito de drenagens (PRANCHA 2).

Esses granitoides possuem estrutura fanerítica, holocristalina, exibem variação na textura, que correspondem a equigranular, inequigranular e porfirítica, a granulação varia de fina a grossa. A mineralogia principal é composta por quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita, o critério de cor é dado em decorrência da proporção de minerais máficos (biotita) que não supera os 5%, caracterizando granitoides hololeucocráticos, apresentando um baixo grau de alteração.

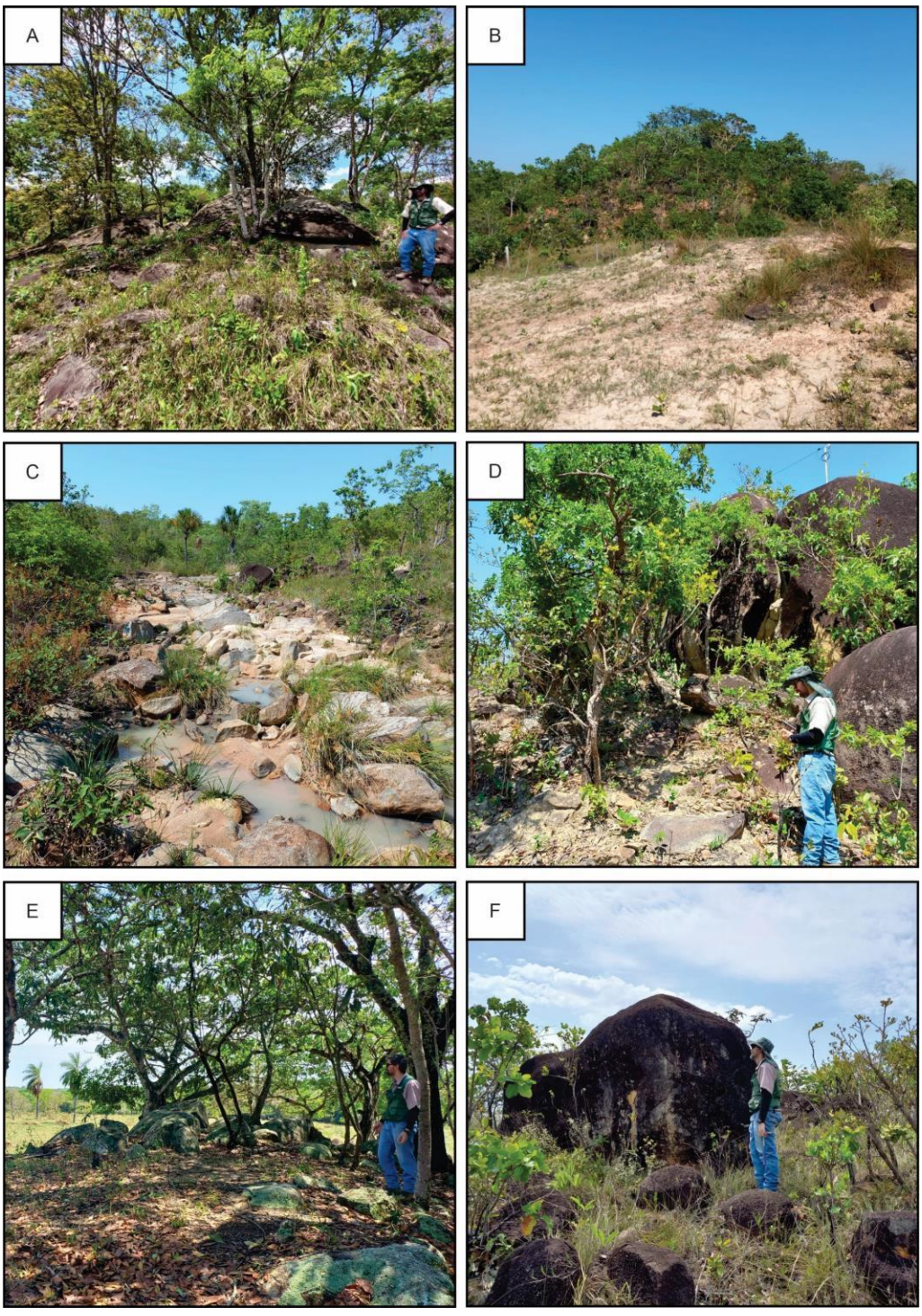
O granitoide cinza (PRANCHA 3 A e B), é composto por quartzo, plagioclásio, feldspato, biotita e muscovita, entretanto, apresenta um maior volume em minerais micáceos, principalmente biotitas e localmente muscovitas, se comparados com o granitoide branco. É classificado como holocristalino e hololeucocrático, que apesar de apresentar uma maior proporção de máfico, o mesmo não ultrapassa os 5%, fanerítico com a granulação variando de fina a grossa (1mm a 2,3cm). Exibe textura equigranular, inequigranular e porfirítica, que pontualmente nessa facie também foi identificada a presença de fenocristais de feldspatos alcalinos. Os cristais de biotita quando intemperizados, apresentam coloração avermelhada-amarelada, esporadicamente se apresentam estirados marcando o domínio da foliação, em um único ponto foi reconhecido a ocorrência de muscovita.

O granitoide branco (PRANCHA 3 C e D), ocorre principalmente na região noroeste e sudeste da área, possui como sua mineralogia principal formada por quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio, a biotita ocorre em menor proporção nesses granitoides. São holocristalino, hololeucocrático e fanerítico com a granulação variando de fina a grossa (1mm a 3cm), correspondendo a uma alternância na estrutura, sendo elas equigranular, inequigranular e porfirítica. Localmente foi observado a ocorrência de fenocristais de feldspatos alcalinos que apresentam dimensões de até 3cm, e em alguns casos foi possível identificar a presença de inclusão de biotita nesses fenocristais.

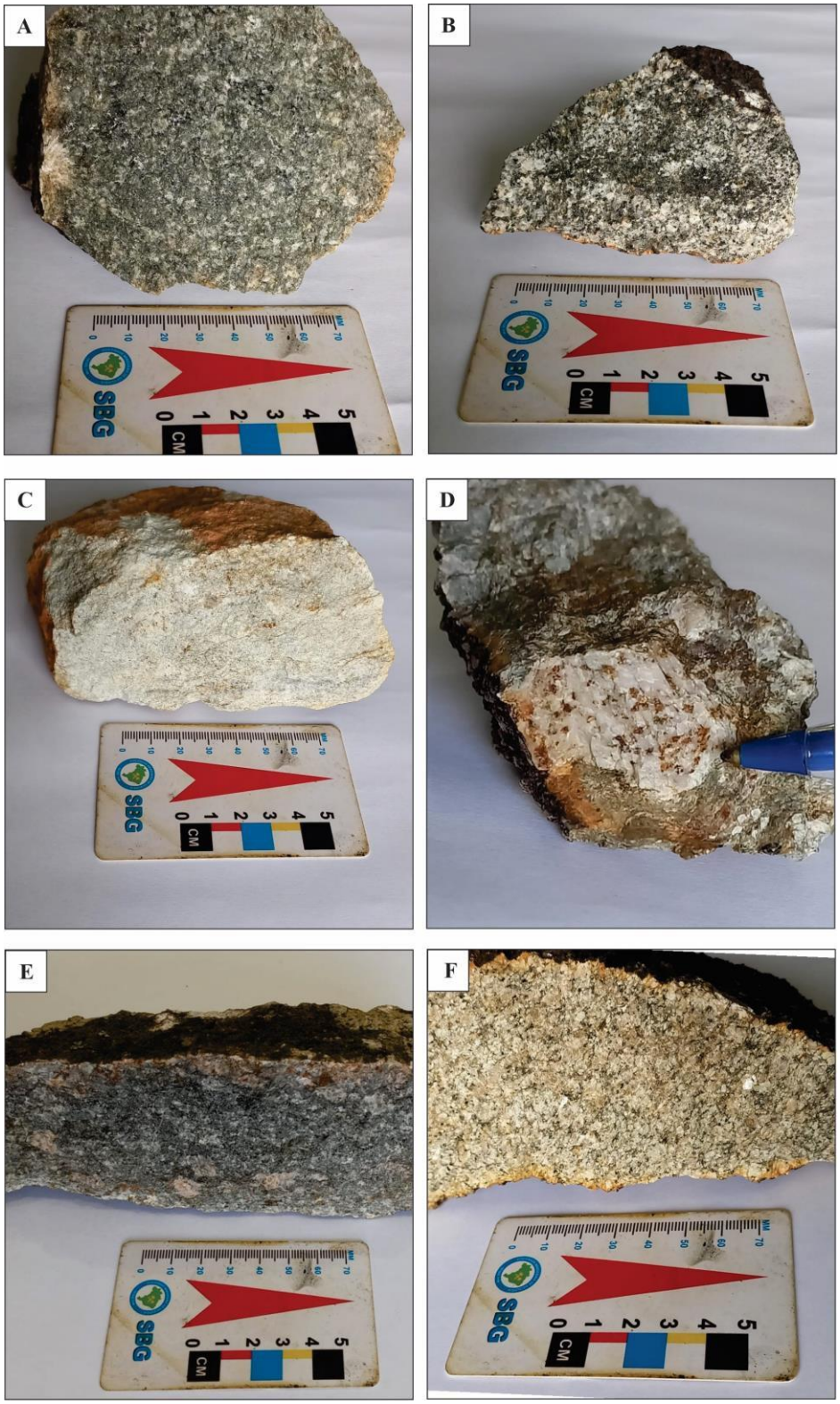
O granitoide rosa (PRANCHA 3 E e F), contém em sua composição mineralógica feldspato alcalino com coloração rósea, gerando tons rosados nas amostras analisadas. Quando comparados com o granitoide cinza e o granitoide branco, essa fácies representa o menor domínio, ocorrendo apenas na porção nordeste da área de estudo. Esses granitoides são hololeucocráticos, holocristalinos e fanerítico sua granulação varia de fina

a grossa (1 mm a 1 cm), exibindo textura equigranular e porfirítica, em que os fenocristais de feldspatos alcalinos possuem dimensões entre 5 mm e 1 cm. Em análise das amostras de mão foi observado que as biotitas que estão dispostas principalmente nas bordas das amostras se encontram com maior grau de alteração, apresentando uma coloração amarelada-avermelhada, devido a borda estar mais suscetível a ação intempérica, enquanto que nos centros se encontram mais preservadas.

Prancha 2: (A e B) Ocorrência de afloramentos rochosos sustentando os morros (pontos MTE – 34 e 25). (C) Ocorrência das rochas do complexo em leito de drenagem (ponto MTE – 15). (D e F) Ocorrência de matacões de rochas do complexo em baixa vertente e em morros (pontos MTE – 28 e 16). (E) Ocorrência dos granitoides em blocos aflorando em pastos em relevos aplainados (ponto MTE – 21). (Fonte: O Autor).



Prancha 3: (A e B) Amostras do granitoide cinza com uma maior concentração de biotita, A (ponto MTE – 12A) e B (ponto MTE – 36). (C e D) Amostras do granitoide branco, exibindo a baixa proporção em máficos, amostra C (ponto MTE – 06) e amostra D evidenciando fenocristal de feldspato alcalino com inclusão de biotita (ponto MTE – 38). (E e F) Amostras constatando a coloração rósea dos feldspatos alcalinos, amostra E apresentando os fenocristais de feldspato alcalino rosa, (ponto MTE – 25 e amostra E facie do granitoide rosa de estrutura equigranular, (ponto MTE – 32). (Fonte: O Autor).



Os padrões de feições geomorfológicas erosivas ocorrem dominantemente associados a solos derivados do Complexo Monte Carmelo (CMC), tais como voçoroca, ravina e sulco (PRANCHA 4) que predominam na região nordeste e noroeste da área de estudo e estão representadas na carta geomorfológica (APÊNDICE E).

As regiões pertencentes a áreas de morfologia correspondentes a um grau de dissecação fraco que possui topo suavemente aplainados, é a maior unidade em área em extensão e está disposta em cotas altimétricas consideradas média-alta se comparadas as cotas ao seu entorno. Nessa unidade foram observadas feições de rupturas topográfica suaves, principalmente em locais de transição para a unidade de dissecação fraco de topo convexo, o topo aplainado corroborou para a instalação e desenvolvimento da cidade de Monte Carmelo.

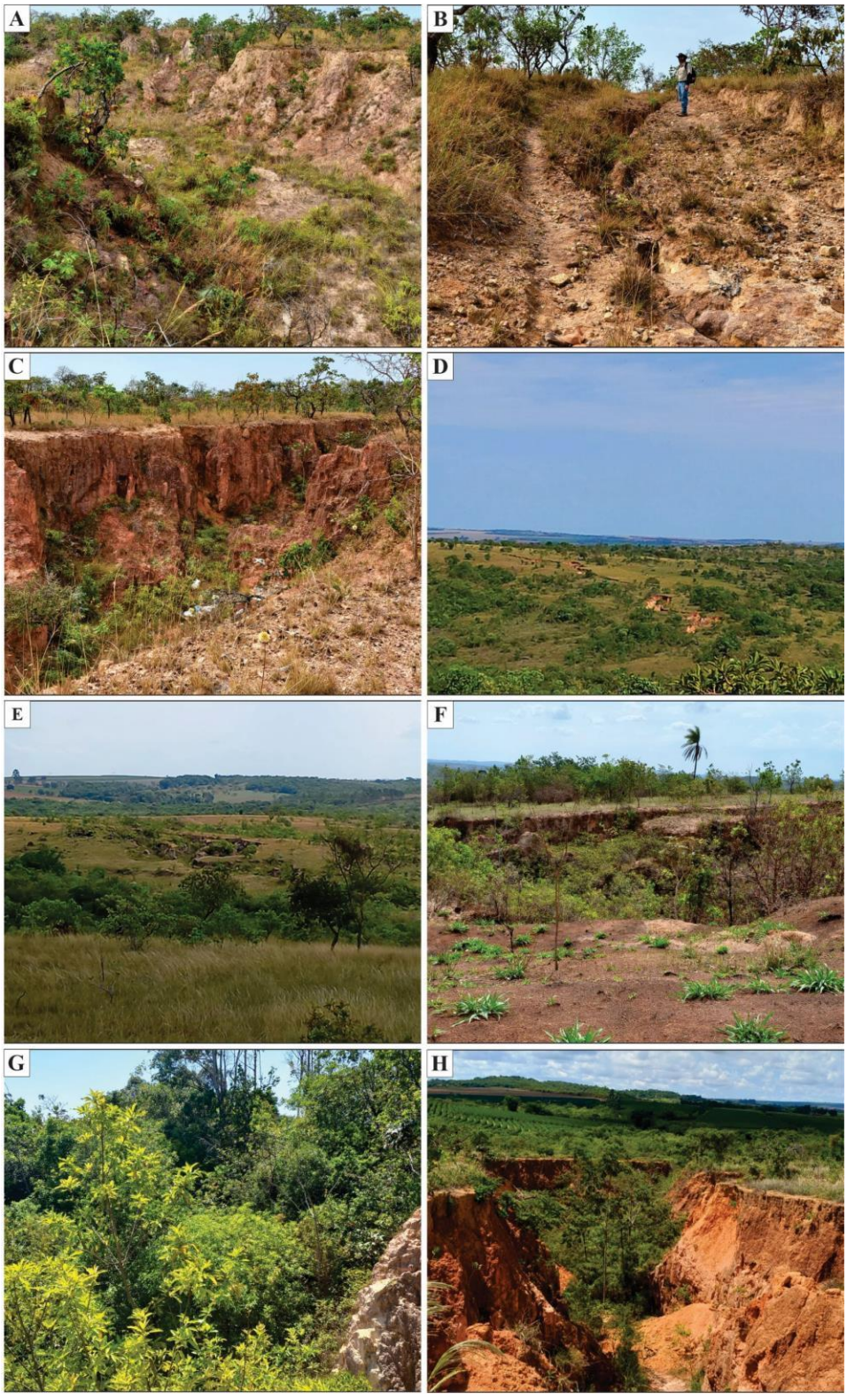
A área determinada como tendo um grau de dissecação fraco de topo convexo, foi atribuída nas regiões sudoeste, sudeste e noroeste. Feições de marca de erosão difusa são reconhecidas localmente e rupturas topográficas suaves também foram identificadas. Enquanto que a porção nordeste correspondente dessa unidade, apresenta uma pequena manifestação em feições como sulco bem como, processos de voçorocamento.

A unidade identificada em grau de dissecação médio de topo convexo, caracteriza a porção superior da área norte-nordeste, marcado por exibir um relevo suavemente movimentado, onde foram reconhecidas feições como sulco e rupturas topográficas abruptas. Quando comparada com a unidade descrita anteriormente, a frequência de voçorocas é maior, esse tipo de feição pode estar atrelado a um maior grau de dissecação, o que também é correspondente às marcas de erosão difusa.

Em terrenos que apresentam um grau de dissecação forte, estão presentes em cotas altimétricas relativamente baixas em comparação com as unidades descritas anteriormente e são correlatas com a porção norte-noroeste, em que o relevo movimentado dispõe de padrão de drenagem dendrítico. Feições como marcas de erosão difusa, rupturas topográficas abruptas e uma maior quantidade de voçorocas, bem como, sulcos erosivos, que são feições comumente associadas ao grau de dissecação mais elevado.

O grau de dissecação muito forte, ocorrem em relevos fortemente movimentados que são configurados com topos convexos (colinoso), as marcas de erosão difusa são mais evidentes, bem como, voçorocas mais evoluídas, nessa unidade foi delimitada ruptura topográfica abrupta, além de sulcos erosivos, o padrão de drenagem dendrítico dispostas nos fundos de vale encaixado.

Prancha 4: (A) Voçoroca em contexto de solos associado ao complexo em relevos movimentados (MTE – 04). (B) Sulco próximo a voçoroca em contexto geomorfológico de relevo movimentado associado a Neossolos (MTE – 04). (C) Voçoroca em topo aplainado, próxima a rochas do complexo, associada a Cambissolos (MTE – 06). (D e E) Voçoroca de grande extensão e evolução próxima a afloramentos de granitoides, associada a Neossolos (MTE 14 e 22) . (F) Voçoroca nas proximidades de afloramentos de granitoide, em contexto geomorfológico de relevo movimentado em alta vertente, associado a Neossolos (MTE – 23). (G) Voçoroca de grande extensão recoberta por vegetação, associado a Neossolo (MTE – 29). (I) Voçoroca sendo fator limite de avanço na plantação, associado a área de transição de Neossolo com Latossolo (MTE – 46). (Fonte: O Autor).



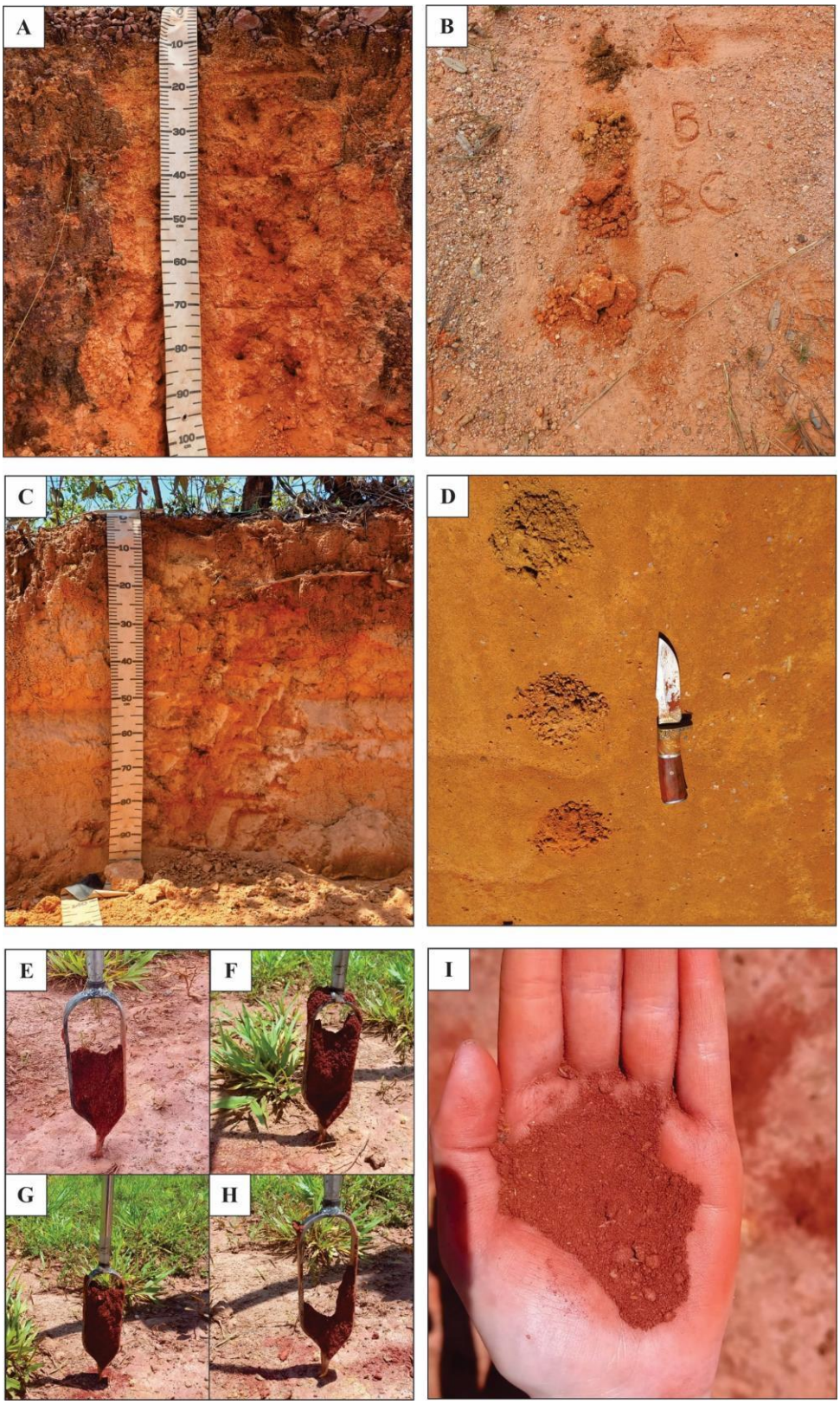
A classificação dos solos foi realizada em primeiro nível taxonômico (APÊNDICE F) e a descrição foi executada através de perfis em corte de estrada e por meio da utilização de trado quando necessário, essa classificação permitiu o reconhecimento de quatro classes de solo distintos compondo a área, sendo elas: Cambissolos, Gleissolos, Latossolos e Neossolos.

Os Cambissolos (PRANCHA 5) foram identificados principalmente na região nordeste da área estudada, com algumas porções pontuais na região noroeste e se desenvolveram sobre as rochas do CMC e estão dispostos em relevos suavemente a moderadamente movimentados. Em análise aos horizontes dessa classe foi realizada em perfis de solo em cortes de estrada. De modo geral os horizontes A variam entre 10 a 30cm, nota-se que é um horizonte pedregoso; quando ocorre horizonte de transição atribuído como AB está em torno de 30cm-100cm, em que foi possível reconhecer a presença de minerais primários. O horizonte diagnóstico da classificação desse solo é variável em termos de espessura, pois irá depender da ausência ou da presença de um horizonte de transição, sendo assim, foi identificado oscilando entre 10-35cm e 100-140cm, nesse horizonte ainda é perceptível alguns grãos de quartzo, entretanto, com estrutura de solo. A cor do Cambissolo alterna conforme o horizonte, mas em um olhar geral são encontrados em tons acinzentados, amarelados e alaranjados.

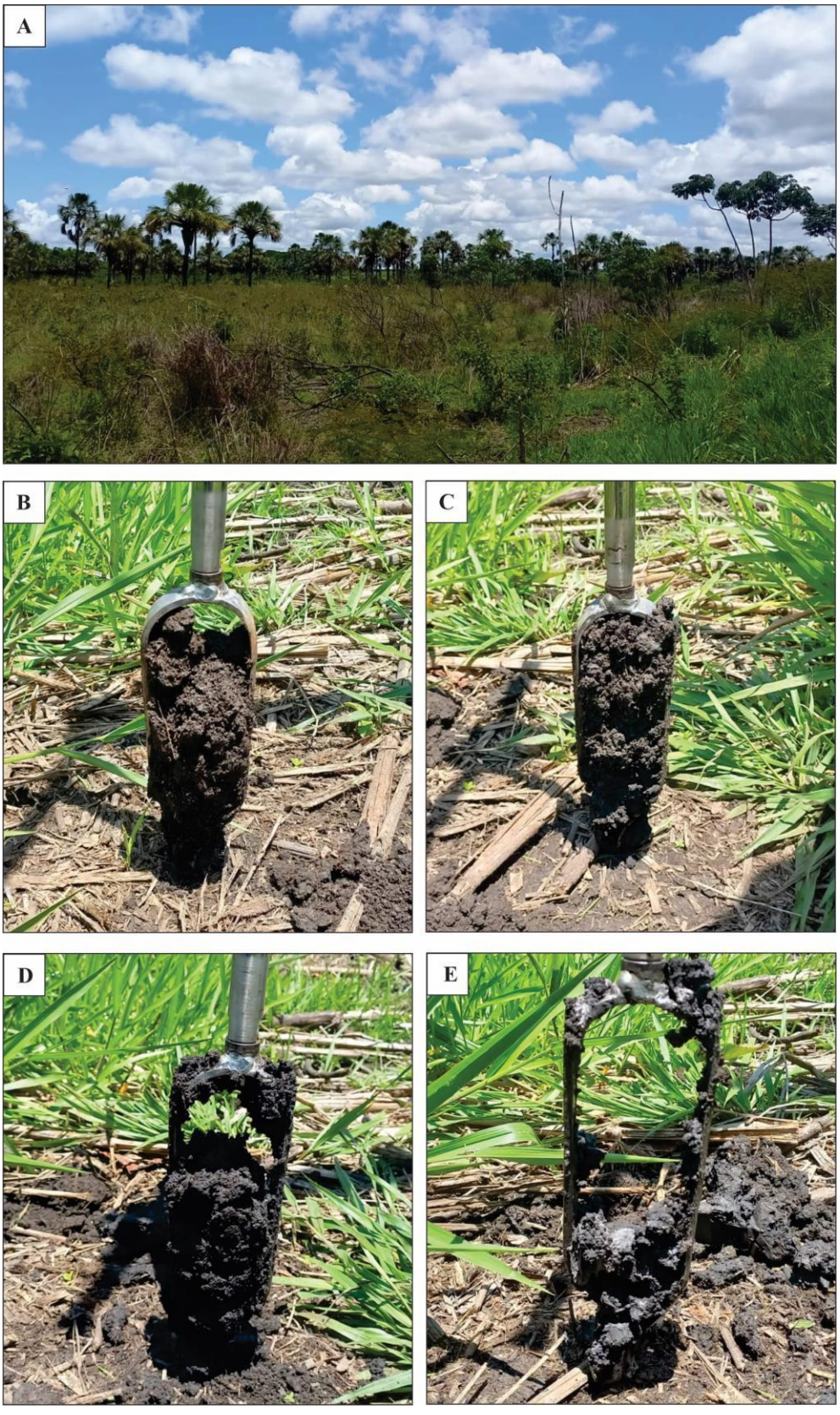
Nos Glaissolos (PRANCHA 6) a classificação primária foi realizada a partir da análise de solo retirado a trado, devido a esse tipo de solo estar associado a áreas permanentemente ou intermediariamente encharcadas, essa oscilação na saturação do solo é ocasionada pela sazonalidade, e faz com que as vezes seja possível identificar horizontes orgânicos (Organossolo), outra característica desse tipo de solo é a presença dos buritis, que só se desenvolvem em áreas brejosas.

Na área de estudo esses solos ocorrem pontualmente em áreas de acúmulo e não são muito representativos em extensão. Com a realização do trado do solo foi possível a retirada de quatro copos do trado equivalente a 25cm, sendo possível identificar que no primeiro copo um solo marrom/acinzentado escuro com presença de raízes, o solo estava úmido porém não se encontrava encharcado. No segundo copo solo também muito escuro, com presença de raízes por todo horizonte do copo, um pouco mais úmido que o primeiro. Já no terceiro copo a textura do solo muda, sendo bem mais argilosa, mantém a coloração escura e presença das raízes. Enquanto que no quarto copo retirado foi possível identificar que estava saturado em água, o solo que foi possível ser retirado ficou apenas no fundo do copo, apresentava um teor de argila elevado e coloração de cinza escuro.

Prancha 5: (A) Perfil em corte de estrada do Cambissolo e (B) amostras de solo referente a cada horizonte identificado (MTE-07). (C) Perfil em corte do Cambissolo e (D) amostras referente a cada horizonte, a ponta da faca indicando o topo do perfil (MTE-17). (E a H) Copos tradados em campo em sequência de amostragem, esses associados ao muscovita xisto (MTE-61). (I) Amostra em mão exibindo a amostragem do último copo tradado H, brilho sedoso na mão devido a mineralogia do muscovita xisto (MTE-61). (Fonte: O Autor).



Prancha 6: (A) Área de vereda, permanentemente encharcada representada pela ocorrência de buritis (MTE-01). (B) Primeiro copo tradado, presença de raízes e a amostra está úmida (MTE-01) . (C) Segundo copo tradado, coloração escura do solo se intensifica, presença de raízes, amostra úmida e argilosa (MTE-01). (D) Terceiro copo tradado, coloração escura do solo se intensifica, aumento no teor de argila e água (MTE-01). (E) Quarto copo tradado onde foi atingido o nível d'água, a amostra apresenta coloração acinzentada muito argilosa (MTE-01). (Fonte: O Autor).



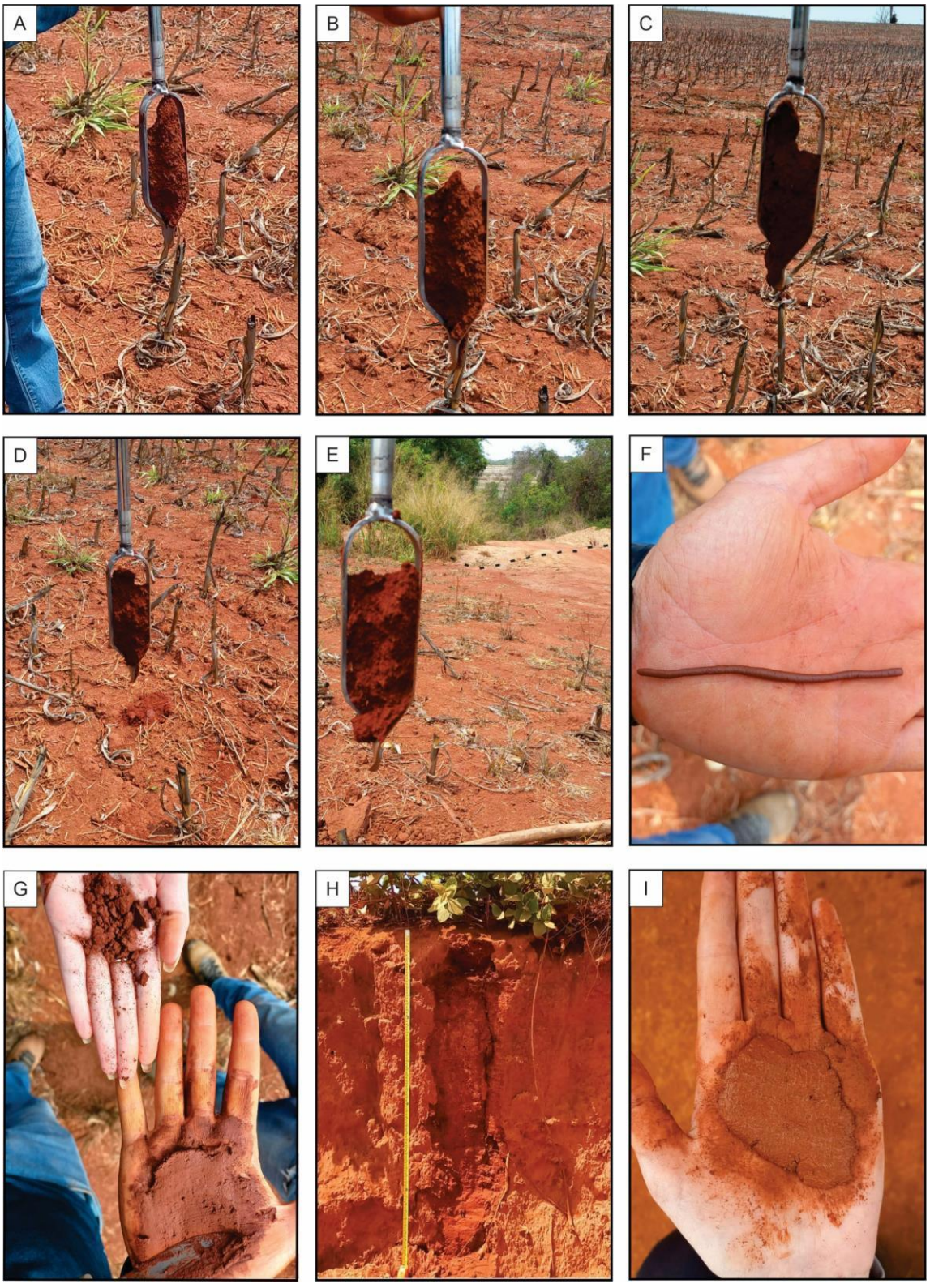
Os Latossolos (PRANCHA 7) são os mais representativos na área de estudo, presentes em áreas de cotas elevadas, de topos convexos com interfluvios extensos. Na área foram identificados duas características distintas na mesma classe de solo, sendo uma de traço mais argiloso e outro de plasticidade ausente.

O Latossolo presente no extremo noroeste da área foi caracterizado por trado, retirando um total de cinco copos, atingindo 125cm de profundidade, no primeiro copo houve um material de coloração alaranjada, formando alguns torrões; o segundo e terceiro copo apresentaram características semelhantes sendo eles alaranjado- avermelhado, o solo se desfazia com facilidade, o terceiro, quarto e quinto copo apresentaram coloração avermelhada bem mais forte, e começaram a "grudar" ao entorno do copo, indicando um aumento no teor de argila, em teste de amostra úmida, notou-se um elevado teor de plasticidade.

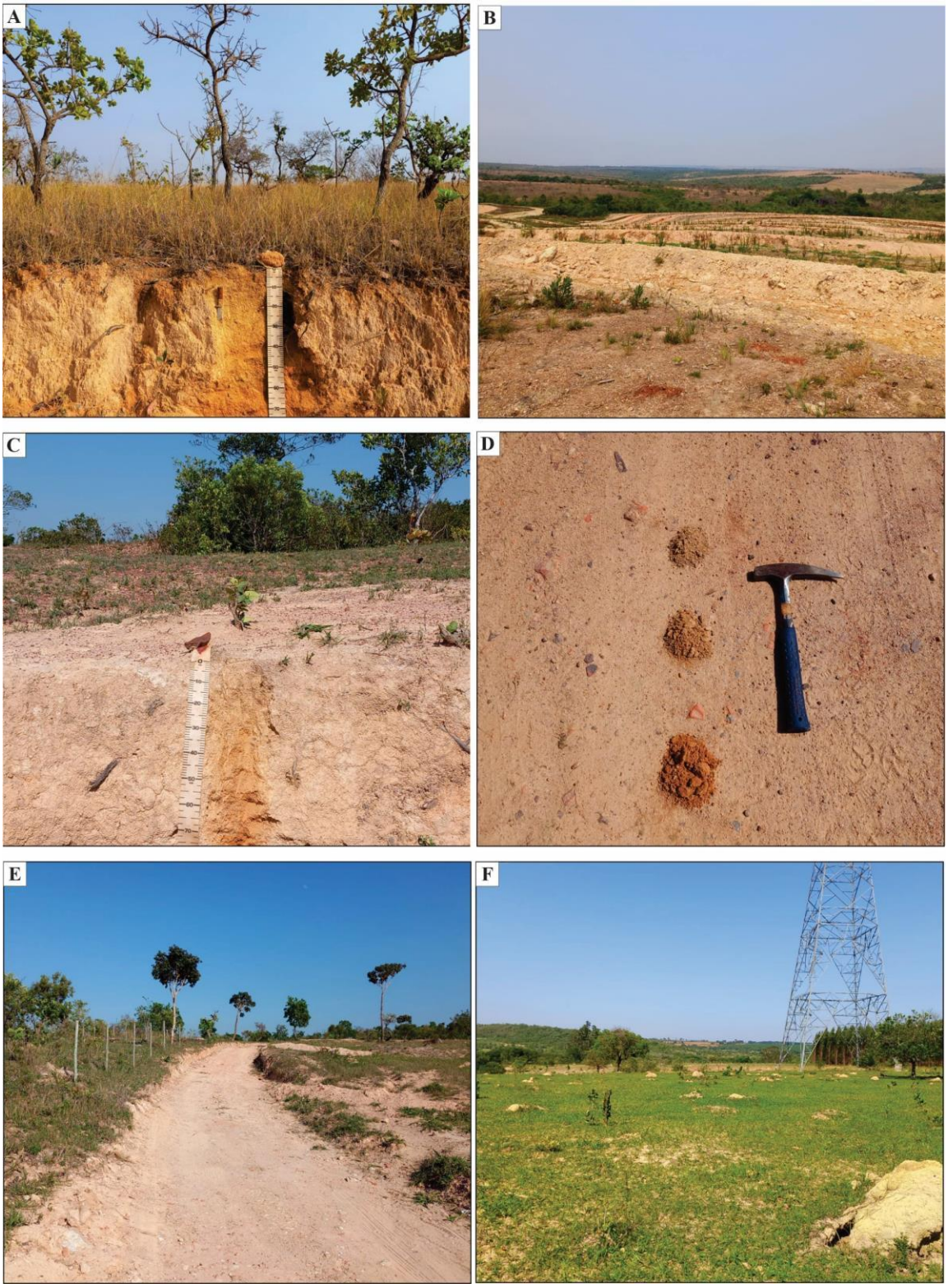
Já os Latossolos analisados em corte de estrada, na região sudeste da área, próximo ao sítio urbano de Monte Carmelo, o perfil apresentou uma coloração avermelhada quase que homogêneo em todos os horizontes. O horizonte A tem 20cm de espessura e o material fragmentava-se em alguns torrões, não se desagregando por completo. O horizonte tem AB de 20 a 65cm, o material se desagregava com facilidade, porém não por completo, permanecendo alguns torrões. Já o horizonte diagnóstico Bw tem espessura oscilando entre 65-115cm, o qual o material foi desagregado quase que por completo, após realizar o teste da amostra úmida, constatou-se uma menor plasticidade, foi observado também que o perfil apresentou uma mesma característica em todos os horizontes que foi a presença de raízes.

Os Neossolos (PRANCHA 8) estão presentes predominantemente na região noroeste, norte e nordeste, estão associados a relevos moderado a fortemente movimentado. Na área essa classificação de solo foi realizada a partir de análise em perfis em corte de estrada foram identificado o horizonte em A com espessura até 13cm o material era bem pedregoso, dificuldade em se desfazer, de coloração esbranquiçada-acinzentada. o horizonte ABC tem espessura de 13 a 55cm material ainda com bastante mineral primário, não se desmantelava com facilidade, sendo presente diversos torrões, esse já apresentava uma coloração mais amarelada e no horizonte BC a presença de fragmentos da rocha sã em processo de alteração foram reconhecidos, esse horizonte apresentou uma cor mais alaranjada-ocre.

Prancha 7: (A e B) Primeiro e segundo copo tradado respectivamente, apresenta coloração alaranjada-avermelhada (MTE-09). (C) Terceiro copo tradado e coloração do solo se intensifica (MTE-09). (D e E) Quarto e quinto copo tradado coloração do solo se apresenta avermelhada, ao fundo da imagem E é marcado a transição do Latossolo com o Neossolo (MTE-09). (F) Teste de plasticidade do solo realizada com amostra do quinto copo tradado, o qual se mostrou com teor elevado (MTE-09).(G) Amostra seca retirada no horizonte Bw do perfil de solo e posterioemente análise úmida (MTE-45). (H) Perfil de solo realizado em corte de estrada nas proximidades do sítio urbano (MTE-45). (I) Teste de amostra úmido, retirado do horizonte Bw, esse não apresentou característica de plasticidade (MTE-45). (Fonte: O Autor).



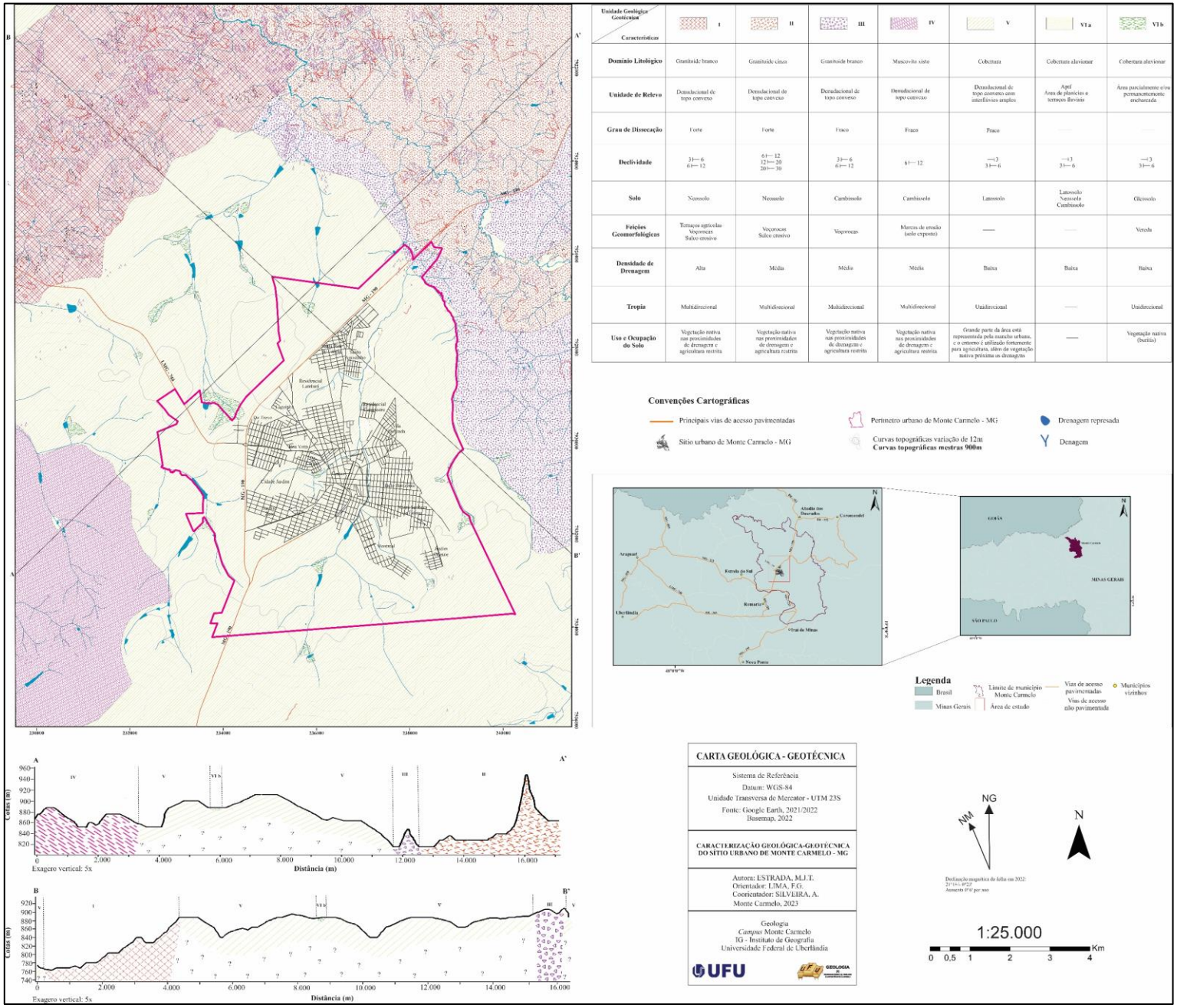
Prancha 8: (A) Perfil de solo realizado em corte de estrada, presença de minerais primários ao longo do perfil, identificado da base para o topo horizonte C, ABC e A (MTE-02). (B) Feições geomorfológica de terraços agrícolas, realizado na correção do solo (MTE-08). (C) Perfil realizado em corte de estrada, vegetação rasteira ao fundo (MTE-27). (D) Amostras de solo referente a cada horizonte do perfil representado em C, presença de minerais primários ao longo de todo perfil, caracterizado da base pro topo em horizonte BC, AB e A (MTE-27). (E) Imagem de estrada próxima a afloramento de granitoides, apresentando coloração esbranquiçada (MTE-25). (F) Registo de cupinzeiros em área de pasto de coloração esbranquiçada (MTE-26). (Fonte: O Autor).



4.2 Unidades Geológicas-Geotécnicas e as Àreas de Preservação Permanente

Os dados apresentados anteriormente foram integrados e permitiram com que a carta geológica-geotécnica fosse elaborada e setorizada por unidades de suscetibilidade, que serão apresentadas de maneira hierárquica de maior para o menor potencial de suscetibilidade para melhor representação além da unidades estabelecidas, as feições geomorfológicas de caráter erosivo foi acionada em conjunto com as unidades geológicas-geotécnicas (Figura 8 e APÊNDICE G).

Figura 8: Carta Geológica-Geotécnica do município de Monte Carmelo e entorno – MG.



4.2.1 Unidade I

A Unidade I está indicada na porção norte-noroeste na área e apresenta o maior potencial de suscetibilidade. Em contexto litológico a unidade está inserida sobre os granitóide brancos (CMC), nessas rochas foram possível reconhecer a ocorrência do processo de "arenização" descrito por Cerri (1979), que configura no processo de alteração superficial típica em granitoides, que dependem da granulometria do material, do clima e do regime topográfico.

Esses granitoides apresentam um maior grau de alteração, dispostos na alta, média e baixa vertente e variando a granulção, o que responde diretamente na oscilação em espessura dos horizontes do solo. A coloração da "arena" varia de acordo com a proporção mineral, quanto maior a proporção em quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino, como é o caso dos granitoides brancos, a "arena" vai dispor de uma coloração esbranquiçada, o que é observado no horizonte C pelo processo de alteração principalmente dos plagioclásios.

Essa litologia está associada a relevos movimentados de topo convexo, em que os morros são sustentados pelos matacões desses granitoides, a morfologia do relevo, em conjunto com a declividade que varia principalmente na classe entre 3 ⊦ 6% e 6 ⊦ 12%. Esses fatores desfavorecem o desenvolvimento pedogenético gerando perfis de Neossolo raso, marcado pela presença de minerais primários em abundância nos primeiros horizontes e quase sempre possível alcançar a rocha sã, ou o saprólito com fragmentos de rocha. Em áreas de topos suavizados, o solo consegue evoluir um pouco mais, favorecendo o desenvolvimento de Cambissolos.

Por esses solos serem considerados solos "jovens", pouco espesso e ter muito fragmento mineral em seus horizontes, a vegetação em superfície não consegue se desenvolver. Assim, é característica uma vegetação rasteira, típica de cerrado e permitem uma maior facilidade na desagregação do material, observado no relevo por feições erosivas lineares recorrentes como voçorocas e sulco nessa região.

4.2.2 Unidade II

A Unidade II foi delimitada na porção norte-nordeste e está em maior domínio sobre o contexto litológico correspondente aos granitóides cinzas (CMC). Essas rochas apresentam uma maior proporção nos cristais de biotita, que nem sempre interfere em resposta a coloração do solo, uma vez que, esse mineral por vezes não está em processo de alteração. Sendo assim, na região em que predominam esses granitoides foram identificados Neossolos os Cambissolos que se desenvolvem em áreas mais suavizadas,

principalmente em zonas de topo. O relevo movimentado e um considerável aumento na variação das cotas altimétricas, apresentam uma maior declividade no terreno variando entre 6 ⊦ 12% e 12 ⊦ 20% e 20 ⊦ 30%, os topos dos morros são sustentados por matacões de granitoides.

Essa unidade apresenta solos em fase um pouco mais desenvolvida e não foi observado o processo de arenização dos granitoides. Sendo assim, para essa unidade a declividade é o principal fator condicionante no desenvolvimento de feições erosivas no relevo, marcado pela presença de voçorocas de grande extensão, sulcos e marcas de erosão difusas pelas vertentes dos morros.

4.2.3 Unidade III

A Unidade III está predominantemente na porção leste da área de estudo e está inserida sobre o contexto litológico dos granitoides brancos e cinzas, variando o solo em espessura e textura. O relevo, assim como nas unidades anteriores, é movimentado e apresenta uma declividade variando entre 3 ⊦ 6% e 6 ⊦ 12%, onde os topos são marcados pela presença de blocos rochosos. Os fatores topográficos em consonância com as características das rochas aflorantes, em relação a degrageção do material superficial, ocorre de maneira mais restrita, marcada nessa unidade pelas ocorrências pontuais de voçorocas.

4.2.4 Unidade IV

A Unidade IV foi delimitada na porção sudoeste da área de estudo, estando sobre o contexto litológico do Grupo Araxá, representado pelo mica-xisto que quando pouco alterados exibem uma coloração esverdeada a acinzentada, e quando o grau de alteração se eleva exibem uma coloração mais avermelhada de granulação fina a média.

Essas característica do corpo rochoso reflete na sucetibilidade de desagregação do material, nas rochas aflorantes em baixa vertente foi possível reconhecer nas amostras de mão bandas de alteração dos plagioclásios, podendo estar atrelado ao fato da posição topográfica e a proximidade a drenagem, em que teria uma maior interação de água no sistema. O relevo possue topos convexos mais alongados, a declividade não varia muito e fica entorno de 6 ⊦ 12%. Essas condições topográficas e litológicas permitem o desenvolvimento de Cambissolos mais espessos que conseguem sustentar uma vegetação mais desenvolvida que as típicas de cerrado, permitindo o cultivo marcado pela presença de cafezais, essas características são concordantes com que Motta (2004), já havia descrito para a classe de solo associado ao Grupo Araxá. A eficiência no desenvolvimento do solo faz com que apenas em topos que os xistos afloram apresentem um solo mais expostos,

com presença muito restrita de feições de erosão difusa.

4.2.5 Unidade V

Em maior proporção da área de estudo é demarcado pela Unidade V, que diferente das outras unidades não foram encontradas rochas aflorantes, apenas a ocorrência de Latossolo muito espesso de coloração avermelhado a marrom escuro. Esta unidade representa a área mais elevada com topos convexos de interflúvios extensos, isso corresponde a baixa declividade inferior a 3% e entre 3 ⊦ 6%. A CPRM (1977), realizou uma análise na área requerida para pesquisa de diamante que está inserida dentro da área de estudo do presente trabalho, e reconheceu por meio da geofísica terrestre a existência de um dique de rocha básica. Posteriormente em andamento ao estudo, os autores realizaram um furo de sondagem, que alcançou a profundidades entre 39,40 a 41,65 metros, o que revelou a existência de um anfibolito de coloração cinza escura, de granulação muito fina, com mineralogia constituída por anfibólio, feldspato e em menor proporção biotita e muscovita. Sendo assim, esses Latossolos provavelmente se formaram a partir de uma rocha ferro-magnesiana de composição básica.

Já os Latossolos que ocorrem em uma mancha bem restrita na borda noroeste da área de estudo pertencentes a unidade V, que apresentaram um elevado teor de plasticidade nos horizontes em profundidade á 1 metro, ocorrem segundo estudos realizados para a verificação de áreas kimberlíticas e diamantíferas do estado de Minas Gerais (CPRM, 2017), adjacente a um corpo kimberlítico no município de São Félix, muito próximo ao ponto de amostragem do solo. Svisero e Ulbrich (1997), descrevem uma situação semelhante de um corpo kimberlítico a 26km a norte de Monte Carmelo, que é coberto por solo de coloração avermelhada muito argiloso, que marca o contraste com o solo de coloração cinza claro provenientes dos granitoides. Deste modo, esses Latossolos poderiam ter se formado a partir de rochas kimberlíticas.

Em decorrência a pouco declividade do relevo, a ausência de material rochoso, marcado pelo espesso pacote de material pedológico, os fatores erosivos não são alimentados no sistema, não tendo registro de nenhuma feição erosiva nessa unidade. O uso e a ocupação do solo nessa unidade é marcada pela instalação do sítio urbano de Monte Carmelo e pela agricultura em todo o seu entorno.

4.2.6 Unidade VI

Essa unidade foi subdividida em “a” e “b”, onde a unidade VIa representa áreas de planícies e terraços fluviais e VIb corresponde a áreas parcialmente encharcada ou brejosa. Essas subunidades estão distribuídas pela área de estudo delimitadas em pequenas porções, sempre associadas à relevos de baixa declividade.

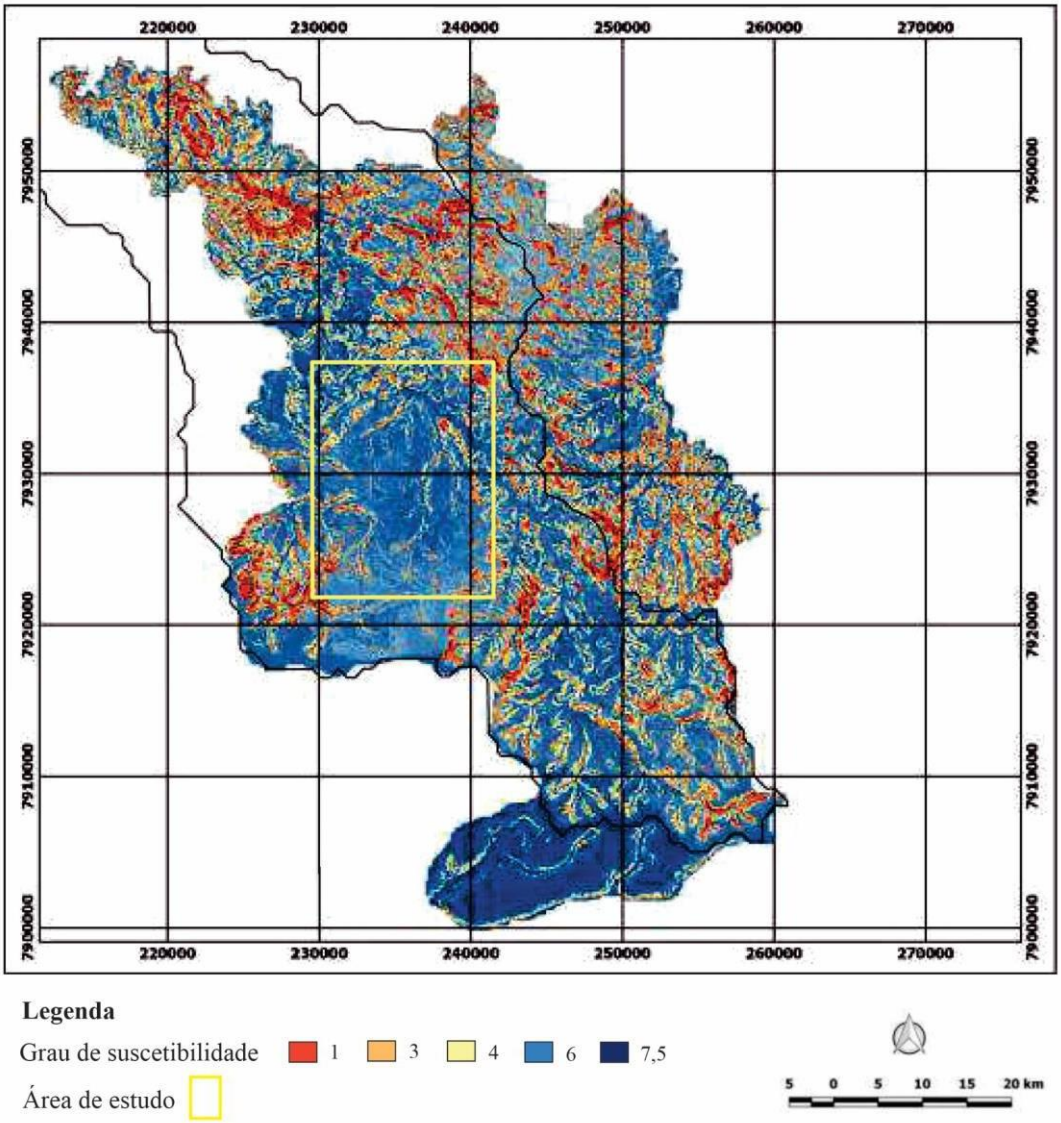
4.2.7 Carta de Área de Proteção Permanente

Afim de complementar a análise do grau em potencial de suscetibilidade de cada unidade definida anteriormente, foi realizada a carta de Área de Proteção Permanente (APP’s), que contém as informações em relação a intervenção do homem no meio físico e sobre as transgressões das áreas de proteção ambiental, principalmente em relação ao cursos d’água (APÊNDICE H).

As Áreas de Proteção Permanente foram determinadas de acordo com a legislação vigente no Código Florestal, Lei nº12.651/12 que estabelece o tamanho das APP’s em decorrência da largura do curso d’água sendo assim, para cursos de até 10 metros de largura, necessitam de 30 metros de proteção, sendo essa área coberta ou não por vegetação nativa. Já as nascentes de todo curso d’água sempre deve obter 50 metros de zona de proteção e em relação ao lagos e lagoas de origem naturais ou não, possuem como proteção mínima a área equivalente a 30 metros.

Araújo (2017) cartografou o potencial de inundação no limite de município de Monte Carmelo, estando a cidade inserida em um grau de suscetibilidade entre 6 e 7,5, em uma escala onde 0 corresponde a área de menor potencial e 10 área com maior potencial de suscetibilidade, a partir de análises de declividade e tipo de solo em relação ao indicie pluviométrico da região (Figura 9). As instalações civis, principalmente as margens do Córrego Mumbuca e demais canais que abrangem a cidade, estão sufocando os cursos d’água e suas nascentes, além disso, com a impermeabilização na zona urbana e de algumas infrações na área de preservação do canal principal que atravessa a cidade, pode desencadear uma sobrecarga nas tubulações, causando uma maior descarga d’água no córrego principal, podendo causar inundações pontuais, e desenvolver danos futuros.

Figura 9: Mapa de suscetibilidade a inundação em todo o limite de município de Monte Carmelo – MG (ARAÚJO, 2017).



Na zona externa ao perímetro urbano, também foram delimitados as APP's, e foi verificado que algumas parcelas da área de proteção e veredas foram invadidas com o avanço das plantações e em algumas áreas de nascentes foi obsrvado a presença de construções de sedes de fazendas. Os avanços da agricultura nas áreas de próximo às drenagens podem trazer consequência futuramente, podendo acontecer a contaminação da água por meio de agrotóxicos e fertilizantes.

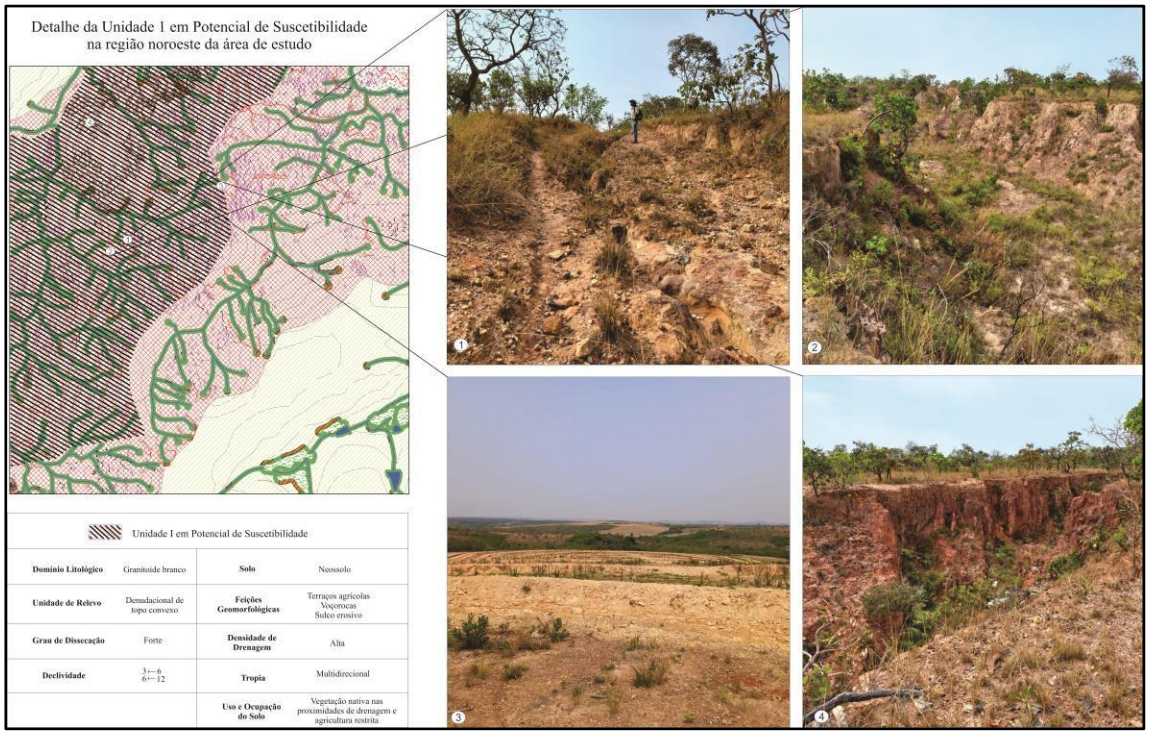
Os dados do IBGE 2006 em confronto com dados do IBGE 2017, também revelam que a área de APP no município de Monte Carmelo teve o comprometimento em cerca de 565 hectares em um período de 11 anos, visto que os dados de 2006 eram de 15.630 hectares e no ano de 2017 os números foram de 15.065 hectares.

4.2.8 Indicação das Áreas Para a Segunda Etapa do Detalhamento Progressivo

Após a análise de todo material discutido no trabalho, foi possível indicar áreas que merecem avançar para a segunda etapa do detalhamento progressivo, que tiveram como critério de classificação a disposição de feições geomorfológicas, o grau de erosão correspondente e o tipo de solo correlato.

Na área externa ao perímetro urbano, a região noroeste é identificada com maior registro em feições erosivas como voçorocas e sulcos, sendo marcada como uma zona de potencial de suscetibilidade (Figura 10). A dinâmica conjunta do material de origem dos solos com a declividade é favorável para a desagregação do material consolidado, tornando uma região inapropriada para futura expansão urbana, visto que, até as áreas de plantação necessitam da realização dos terraços agrícolas para a contenção da erosão do solo.

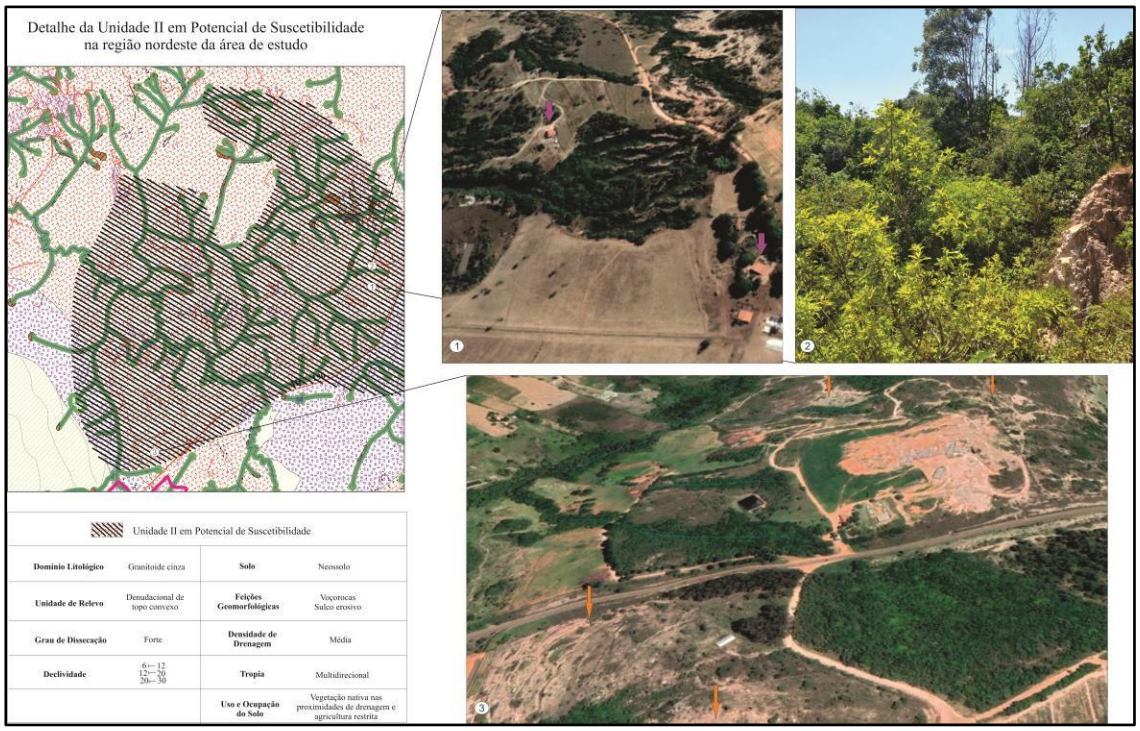
Figura 10: Ênfase em feições erosovias características da unidade I em potencial em suscetibilidade na região noroeste da área de estudo. (Fonte: O Autor).



Na região nordeste próximo a rodovia MG-190, o aterro sanitário pertencente ao município se encontra em um cenário envolto por feições erosivas que podem futuramente favorecer a contaminação do solo através da infiltração do chorume ou através de feições lineares causadas pelas chuvas percolar água contendo algum tipo de componente tóxico relacionado ao fluído do lixo para o solo, visto que, na proximidade do aterro está localizado um canal de drenagem que atravessa o perímetro urbano. Ainda nessa mesma

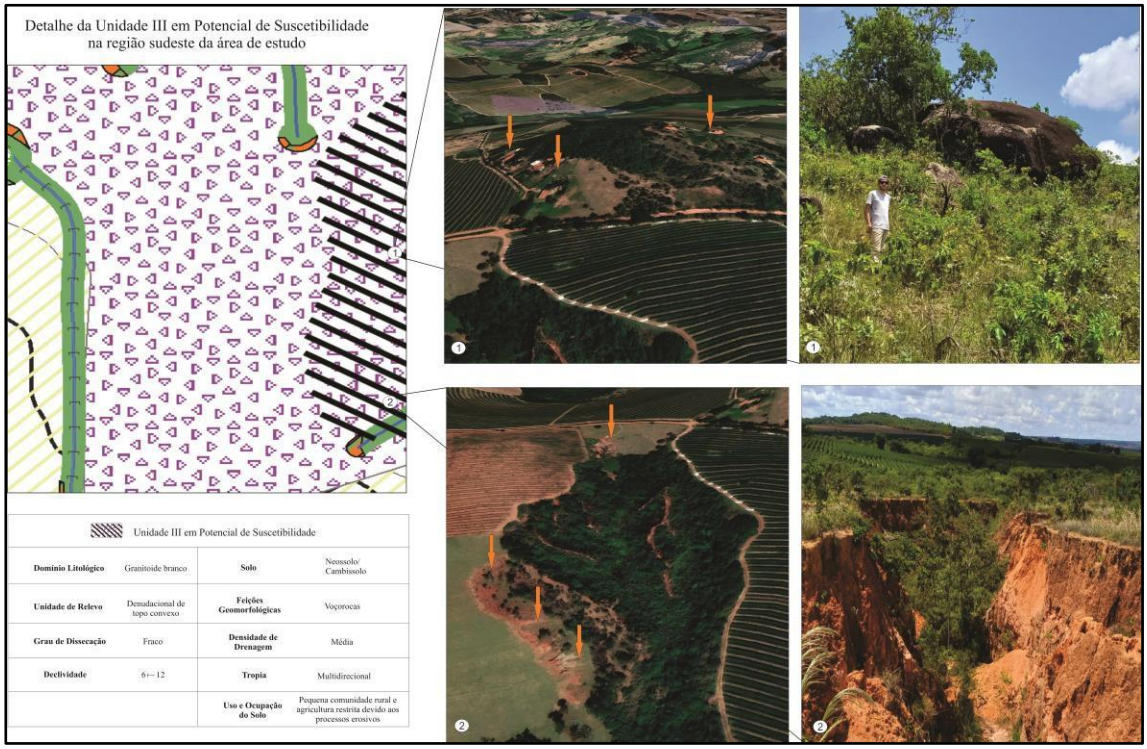
zona e região, nas proximidades do antigo posto policial rodoviário, as feições erosivas já bem desenvolvidas bordejam alguns sítios presente no local, necessitando assim, de um estudo mais detalhado para averiguar a segurança e dar recomendações para esses moradores (Figura 11).

Figura 11: Delimitação da unidade II de acordo com a identificação da ocorrência de voçorocas, onde as setas permitem verificar a proximidade das residências à erosões (1 e 2). Aterro sanitário do município com feições erosivas ao seu entorno, evidenciando o declive em direção a drenagem (3). (Fonte: O autor).



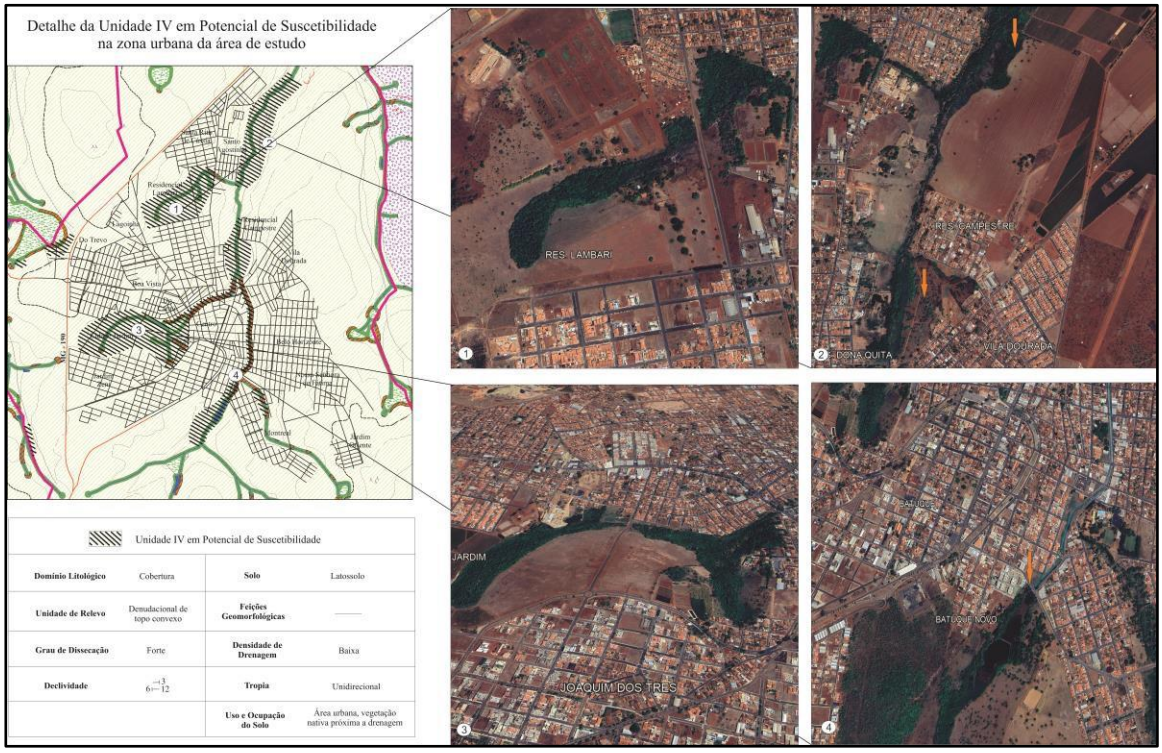
No extremo leste da área de estudo se desenvolve uma pequena comunidade habitacional, a qual merece um avanço de maior detalhe em decorrência das casas estarem sendo construídas na baixa vertente de morros sustentado por matacões de granitoides. Outra outra evidência que classifica essa área com potencial em suscetibilidade é observada na agricultura que é por vezes delimitada por voçorocas, indicando que o solo que está sendo ocupado antropicamente está sujeito a ocorrência de erosões futuras (Figura 12).

Figura 12: Unidade III em potencial de suscetiilidade marcada pela ocupação antrópica na baixa vertente em regiões de topos sustentados por matacões de granito, ao entorno dessa área voçorocas delimitam a agricultura. (Fonte: O Autor).



Na zona urbana também foi delimitada a unidade IV em potencial de suscetibilidade, definida em função da Área de Proteção Permanente ao entorno dos cursos d'água que estão sendo sufocados pela urbanização (Figura 13), levando em consideração que a declividade no município é muito baixa, o que exige com que o sistema de escoamento seja eficiente, e que no passado já houve o registro de dois problemas associados a períodos de chuvas intensas.

Figura 13: A unidade IV se exibe no perímetro urbano, indicado através da observação feita em análise a área de preservação permanente, principalmente ao entrono do Córrego Mumbuca. (Fonte: O Autor).



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método do detalhamento progressivo realizado em 1ª etapa, em escala regional (1:25.000) permitiu uma análise integrada a partir do dados de campo e fotointerpretação de solo, relevo e rocha. A realização desse trabalho permitiu caracterizar as unidades geotécnicas e apontar as áreas com potencial em suscetibilidade, indicando uma maior atenção para a região norte da área de estudo e para os cursos d'água que atravessam a cidade.

A indicação para o avanço de detalhe na metodologia aplicada (2ª etapa em 1:10.000) foram determinadas após análise do potencial de suscetibilidade levando em consideração o contexto litológico, os aspectos de declividade e a ocorrência de feições erosiva, foi levado em consideração também, as transgressões em Áreas de Preservação Permanente (APP's) (APÊNDICE I), que resultou em quatro apontamentos de áreas sendo três dessas fora do perímetro urbano e uma dentro do perímetro urbano, sendo que, para essas áreas para avanço no detalhamento progressivo, recomenda-se a realização de ensaios e quantificações laboratoriais.

Sendo assim, os produtos gerados poderão servir como instrumentos no planejamento urbano, visto que, as áreas apontadas fora do perímetro podem se voltar para uma administração de expansão urbana em locais mais adequados e para a área intra urbana

uma preparação e/ou mitigação de problemas futuros. Por fim, os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a utilização do método do detalhamento progressivo pode ser aplicada tanto para o planejamento, quanto para a mitigação de um problema de natureza geológica-geotécnica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, João Paulo Nazareth Avila de. Avaliação do risco de inundação no município de Monte Carmelo/MG. 2017.

BAKER, W.E. O papel dos ácidos húmicos dos solos podzólicos da Tasmânia na degradação mineral e mobilização de metais. Geochimica et Cosmochimica Acta , v. 37, n. 2, pág. 269-281, 1973.

BAPTISTA, Marcos Cristóvão et al. Aspectos gerais do meio físico. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, p. 15-34, 2010.

BARBOSA, OCTÁVIO. Guia das excursões. In: Congresso Brasileiro de Geologia. 1955. p. 3-5.BARBOSA, O. et al. **Geologia do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro:1970.

BRASIL – Institui o novo Código Florestal. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 2012.

BRASIL – Dispõe Sobre as Políticas Florestal e de Biodiversidade no Estado de Minas Gerais. Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013.

BROD, J.A; LEONARDOS, O. H.; MENESES, P. R.; ALBUQUERQUE, M. A. C.; ALMEIDA, R.; BLANCO, S. B.; CARDOSO, F. B. F.; ROMÃO, P. A.; THOMSEN, F. P.R. **Geoquímica da Sequência Vulcano Sedimentar de Abadia dos Dourados e Complexo Chapada das Perdizes, Triângulo Mineiro – MG**. Revista Escola de Minas, 45(1-2):164-166. 1991.

BROD, J. A. et al. Geoquímica da Sequência Vulcano-Sedimentar de Abadia dos Dourados e Complexo Chapada das Perdizes, Triângulo Mineiro-MG. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, v. 45, p. 164-166, 1992.

CABRAL NETO, Izaac et al. Áreas kimberlíticas e diamantíferas do estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. CPRM, 2017.

CERRI, Carlos Clemente; MELFI, Adolpho José. Alteração e pedogênese em áreas graníticas situadas sob diferentes condições bioclimáticas encontradas no Brasil. 1979.

CERRI, Leandro ES. Carta geotécnica: contribuições para uma concepção voltada às necessidades brasileiras. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. 1990. p. 309-317.

CERRI, Leandro Eugenio da Silva et al. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: Reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método do detalhamento progressivo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. 1996. p. 537-548.

CERRI, LE da S.; AMARAL, CP do. Riscos geológicos. **Geologia de Engenharia**, v. 1, p. 303-310, 1998.

CHAVES, M. L. S. C.; DIAS, C. H. Geologia da Folha Estrela do Sul. **Belo Horizonte, CODEMIG-CPMTC/UFMG, esc**, v. 1, p. 100.000, 2017.

CHRISTOFOLETTI, Antônio et al. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**, v. 2, p. 415-440, 2001.

CPRM, COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Relatório Final de Pesquisa e Carta Geológica**: Folha Monte Carmelo (SE.23-Y-A-V), escala 1:100.000. Belo Horizonte: CPRM, 2015.

CURI, N.; FRANZMEIER, DP. Efeito das rochas matrizes nas propriedades químicas e mineralógicas de alguns Latossolos no Brasil. **Soil Science Society of America Journal** , v. 51, n. 1, pág. 153-158, 1987.

DARDENNE, M. A. **The Brasília Fold Belt**. In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho; D.A. Campos. 2000. Tectonic evolution of South America. 31 st International Geological Congress, Rio de Janeiro, SBG. p. 231-263. 2000.

DE BIASI, Mário. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 45-60, 1992.

DRAKE, Avery Ala; MORGAN, Benjamin A. **Estudos tectônicos no escudo brasileiro**. Governo dos EUA Imprimir. Off., 1980.

FALCI, André et al. Mudança de proveniência de uma margem continental para uma bacia sinorogênica no sistema neoproterozóico Araxá nappe, faixa sul de Brasília, Brasil. **Pesquisa pré-cambriana** , v. 306, p. 209-219, 2018.

FÉBOLI, W. L. **Monte Carmelo, Complexo**. In: Projeto Vazante-Paracatu - Geologia e recursos minerais das folhas Cabeceira Grande, Unái, Ribeirão Arrojado, Serra da Aldeia, Serra da Tiririca, Paracatu, Guarda-Mor, Arrenegado, Coromandel, Lagamar, Monte Carmelo Patos de Minas. p. 60-67. 2017.

FUCK, R. A. A Faixa Brasília e a compartimentação tectônica na Província Tocantins. **SBG, Simpósio de Geologia do Centro-Oeste**, v. 4, p. 184-187, 1994.

GOMES, J. B. V. et al. Mineralogia, morfologia e análise microscópica de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 679-694, 2004.

KERPEN, Wilhelm; SCHARPENSEEL, Hans Wilhelm. Gesteinsverwitterung im Lichte bodengenetischer lnitialprozessein Modellversuchen 1. Mitteilung: Die Säulenextraktoren und ihre Anwendung . Publikationen vor 2000, 1971.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos** , 1997.

KLEIN, Percy Boris Wolf. Geoquímica de rocha total, geocronologia de u-pb e geologia isotópica de sm-nd das rochas ortognáissicas e unidades litológicas associadas da região ipameri-Catalão (Goiás). 2008.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. **Introdução à geologia de engenharia**. Ed. da UFSM, 1997.MARIANO, Cláudia Aparecida de Moraes. História, trabalho, educação: um estudo sobre a formação/qualificação dos trabalhadores da indústria de cerâmica de Monte Carmelo-MG 1970/2009. 2010.

MEUNIER, A. Université de Poitiers. Les Mécanismes De L'altération Des Granites Et Le Rôle Des Microsystèmes : Étude Des Arènes Du Massid Granitique De Parthenay (deux-Sèvres). 1977.

MINERAIS, COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS. Projeto Monte Carmelo: relatório final de pesquisa. 1977.

MONTE CARMELO – Lei Complementar Municipal n. 11, 10 out. 2006. Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal do Município de Monte Carmelo. Monte Carmelo, 2006.

MONTE CARMELO – Lei n. 1546, 21 ago. 2019. Dispõe Sobre o Parcelamento do Solo Urbano no Município de Monte Carmelo. Monte Carmelo, 2019.

MOTTA, P. E. F.; BARUQUI, A. M.; SANTOS, H. G. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. 2004.

NAKAZAWA, V. A. et al. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. **Simpósio de geologia do sudeste**, v. 2, p. 329-336, 1991.

NAVARRO, Guillermo Rafael Beltran; ZANARDO, Antenor. Petrografia e geoquímica das rochas metaultramáficas da região de Mairipotaba, Cromínia e Pontalina, Goiás. **Brazilian Journal of Geology**, v. 35, n. 4, p. 483-492, 2005.

NAVARRO, Guillermo Rafael Beltran; ZANARDO, Antenor; DA CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini. O Grupo Araxá na região sul-sudoeste do Estado de Goiás. **Geologia**

USP. Série Científica, v. 13, n. 2, p. 5-28, 2013.

PEREIRA, A.D.C.; SOUZA JR., J.J.; FONSECA, E.G.; OLIVEIRA, F.C.; ORTIZ, L.R.C.; FREIRE, F. A.; CARMO, U.F.; BRAZ, E.R.C.; MARQUES, N.M.G.; REIS; V.A.; SIGA JR., O. 1983. **Geologia: Levantamento de Recursos Naturais**. In: BRASIL. DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.23 Belo Horizonte. Rio de Janeiro. P. 38

PIMENTEL, Márcio M. et al. The basement of the Brasília fold belt and the Goiás magmatic arc. **Tectonic Evolution of South America**, v. 31, p. 195-229, 2000.

PIMENTEL, Márcio M. et al. Nd isotopes and the provenance of detrital sediments of the Neoproterozoic Brasılia Belt, central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, n. 6, p. 571-585, 2001.

PIMENTEL, Márcio M. et al. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U–Pb sedimentary provenance data: a review. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 31, n. 4, p. 345-357, 2011.

PIUZANA, Danielle e cols. Dados SHRIMP U–Pb e Sm–Nd para o Grupo Araxá e rochas magmáticas associadas: restrições para a idade de sedimentação e contexto geodinâmico do Cinturão Brasília meridional, Brasil central. **Pesquisa pré-cambriana** , v. 125, n. 1-2, pág. 139-160, 2003.

PRANDINI, Fernando Luiz et al. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. **Course in Geology Applied to the Environment**, p. 187-202, 1995.

RESENDE, Mauro; ALLAN, Jacqueline; COEY, J. M. D. The magnetic soils of Brazil. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 78, n. 2-3, p. 322-326, 1986.

RESENDE, Mauro; CURI, Nilton; SANTANA, Derli Prudente. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, SP (Brasil) Ministerio da Educacao, Brasilia, DF (Brasil). Escola Superior de Agricultura de Lauras, 1988.

RODRIGUEZ, Sergio Kleinfelder. Geologia urbana da região metropolitana de São Paulo. 1998.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992.

SANTOS, Bruna Letícia dos. Petrologia e geologia estrutural da faixa Brasília na região de Estrela do Sul-MG: implicações tectônicas. 2019.

SEER, Hildor José. 1999. **Evolução Tectônica dos Grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá**. Araxá, Minas Gerais. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 267 p.

SEER, Hildor José et al. Grupo Araxá em sua área tipo: um fragmento de crosta oceânica neoproterozóica na Faixa de Dobramentos Brasília. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 31, n. 3, p. 385-396, 2001.

SEER, H. J.; MORAES, L. C.; CARNEIRO, A. C. Geologia e deformação do Grupo Araxá na região de Estrela do Sul-Monte Carmelo-Abadia dos Dourados, Minas Gerais. **SBG, Simpósio de Geologia, Sudeste**, v. 10, p. 37, 2007.

SEER, Hildor; MORAIS, Lúcia. Dentro do magmatismo granítico Neoproterozóico de placa, arco e colisional no Grupo Araxá, Cinturão Brasília Meridional, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geologia** , v. 43, n. 2, pág. 333-354, 2013.

SILVA, I. M. da, SOUZA, G. F., & LUPINACCI, C. M. Construção dos símbolos geomorfológicos para cartografia de detalhe em SIG. Revista Brasileira De Geomorfologia, 23(4), 2010–2021. https://doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2201.

STRDEDER, Adelir J.; NILSON, Ariplínio A. Melange ofiolítica nos metassendimentos Araxá de Abadiânia (GO) e implicações tectônicas regionais. **Brazilian Journal of Geology**, v. 22, n. 2, p. 204-215, 1992.

SVISERO, Darcy P.; ULBRICH, Mabel NC. Aspectos geológicos e petrográficos comparados de algumas intrusões kimberlíticas da região de Monte Carmelo, Minas Gerais. **Programa, Resumos, Palestra e Roteiro de Excursão**, 1997.

TRICART, Jean. Principes et méthodes de la géomorphologie. **Soil Science**, v. 100, n. 4, p. 300, 1965.

UHLEIN, Alexandre et al. TECTÔNICA DA FAIXA DE DOBRAMENTOS BRASÍLIA–SETORES SETENTRIONAL E MERIDIONAL. **Geonomos**, 2012.

VALERIANO, Claudio De Morisson; SIMÕES, Luiz Sérgio Amarante. Geoquímica das rochas máficas proterozóicas da nappe dos Passos (Minas Gerais, Brasil): implicações tectônicas para a evolução do cinturão sul de Brasília. **Revista Brasileira de Geologia** , v. 27, n. 1, pág. 99-110, 1997.

VALERIANO, C. de M. et al. A evolução tectônica da Faixa Brasília. **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. BECA**, p. 575-592, 2004.

VALERIANO, C. de M. et al. Evolução tectônica do Cinturão Brasília, Brasil Central,

e início da montagem de Gondwana. **Sociedade Geológica, Londres, Publicações Especiais**, v. 294, n. 1, pág. 197-210, 2008.

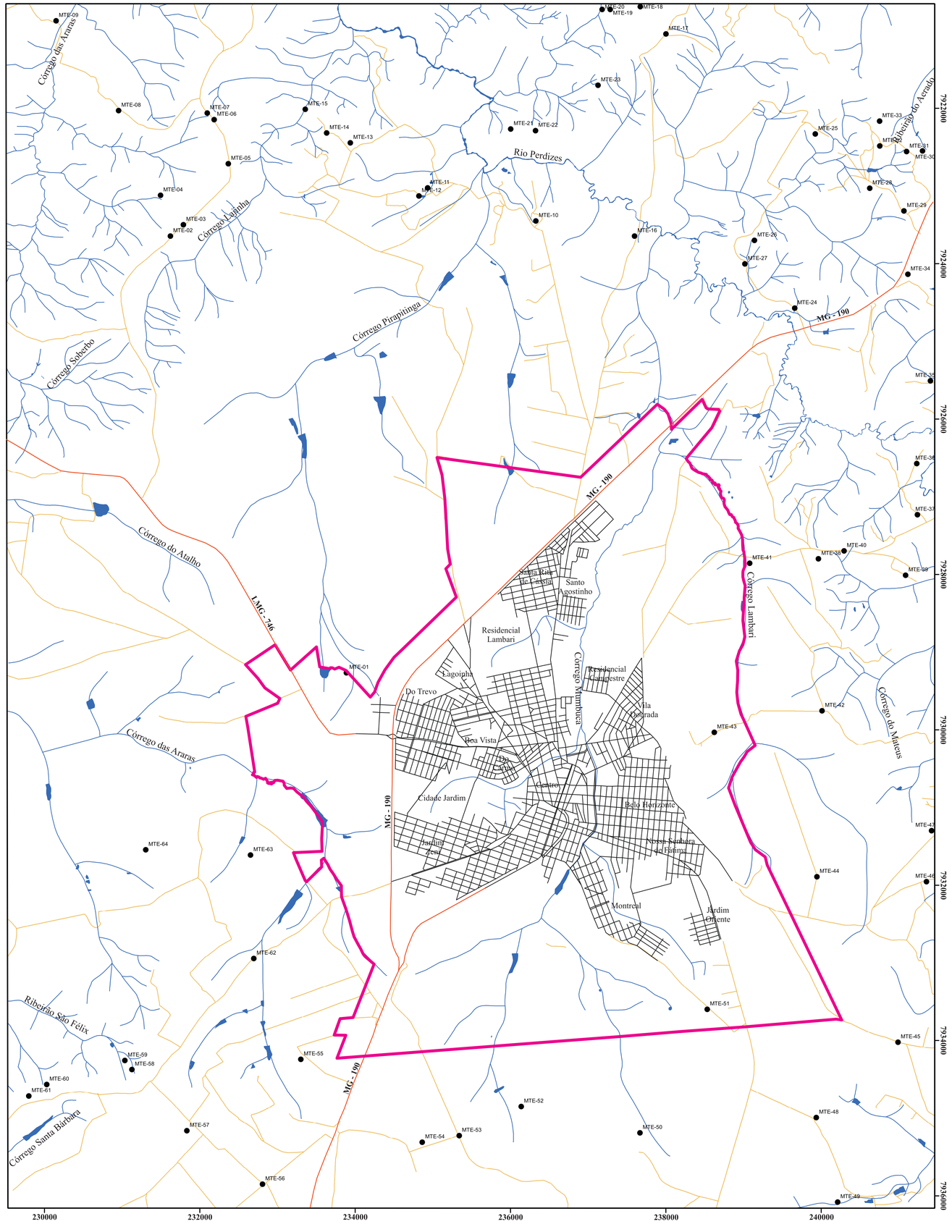
ZAINE, José Eduardo. Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP). 2000.

ZUQUETTE, Lázaro Valentim. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras**. 1987. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ZUQUETTE, Lazaro Valentim. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

APÊNDICES

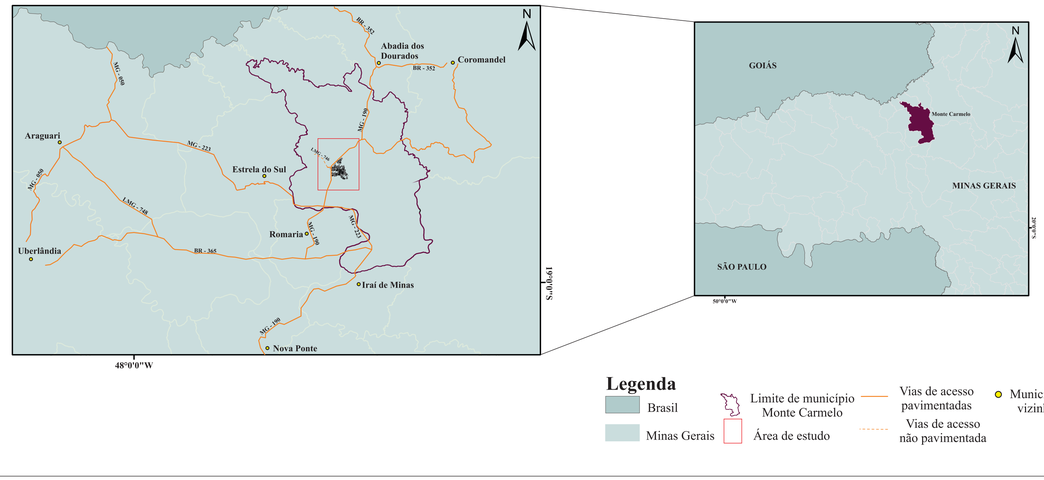


LEGENDA

- Pontos realizados em campo
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Perímetro urbano de Monte Carmelo - MG

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentada
- Vias de acesso não pavimentada
- Drenagem
- Drenagem represada



CARTA DE PONTOS

APÊNDICE A

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

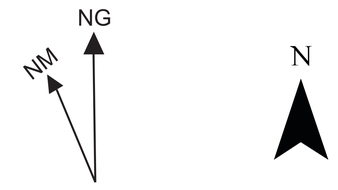
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo, 2023

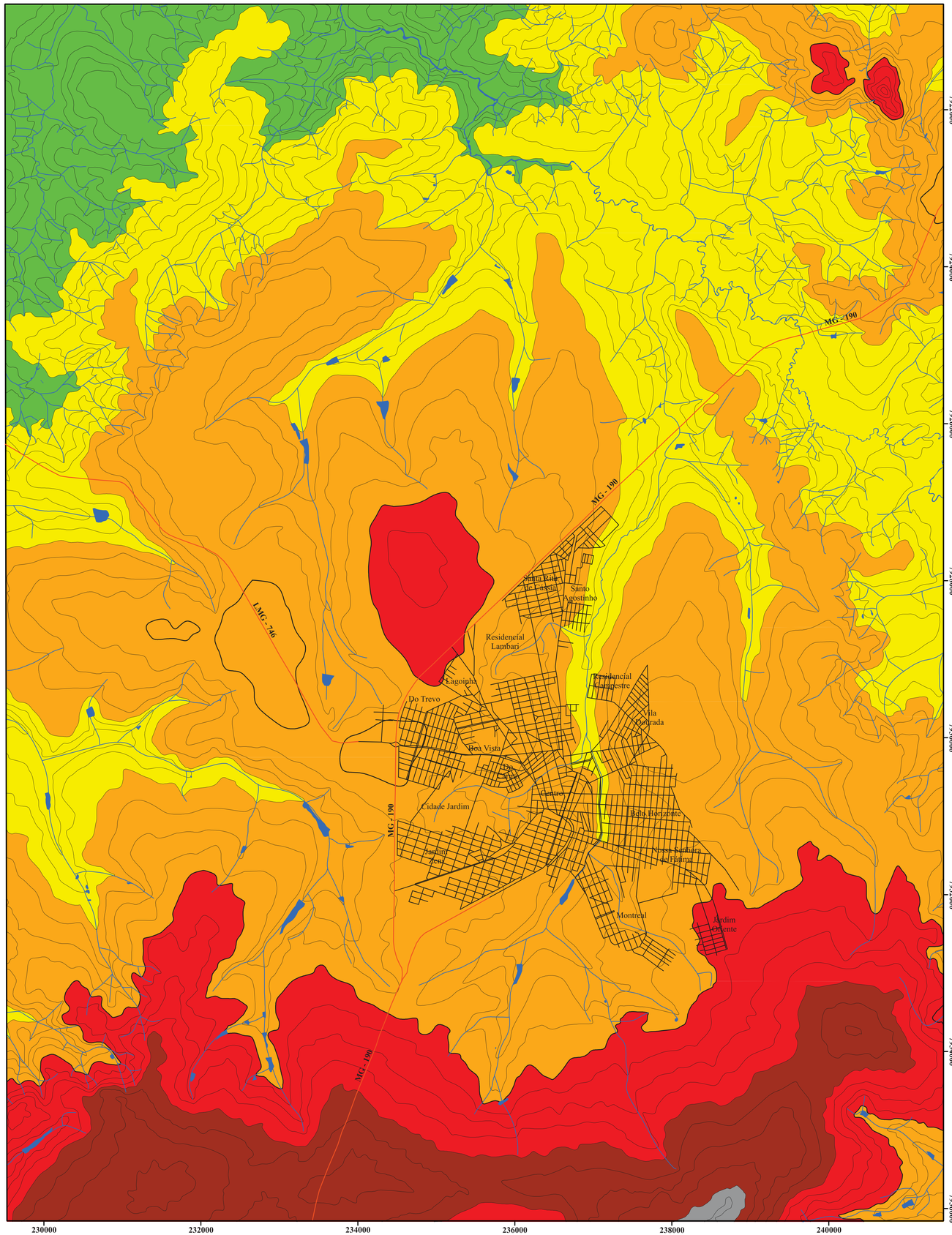
Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia



Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km



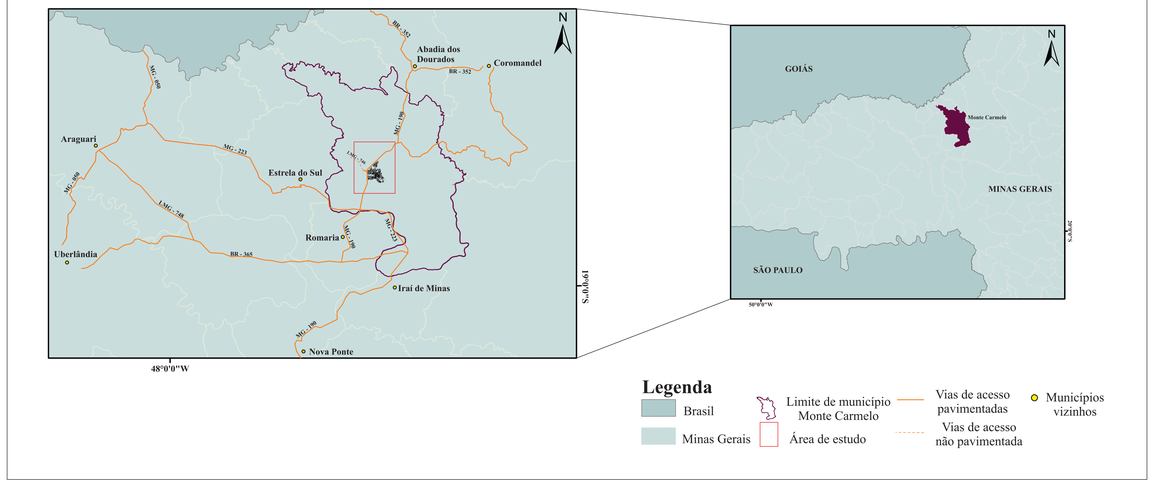
LEGENDA

CLASSES HIPSOMÉTRICAS

- < 804 m
- 804 - 852 m
- 852 - 900 m
- 900 - 948 m
- 948 - 996 m
- > 996 m

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Drenagem
- Drenagem represada
- Curvas topográficas variação de 12m
  Curvas topográficas mestras 900m



CARTA HIPSOMÉTRICA

APÊNDICE B

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

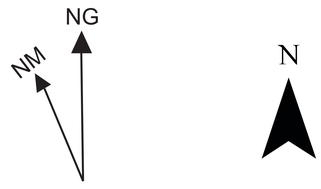
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo , 2023

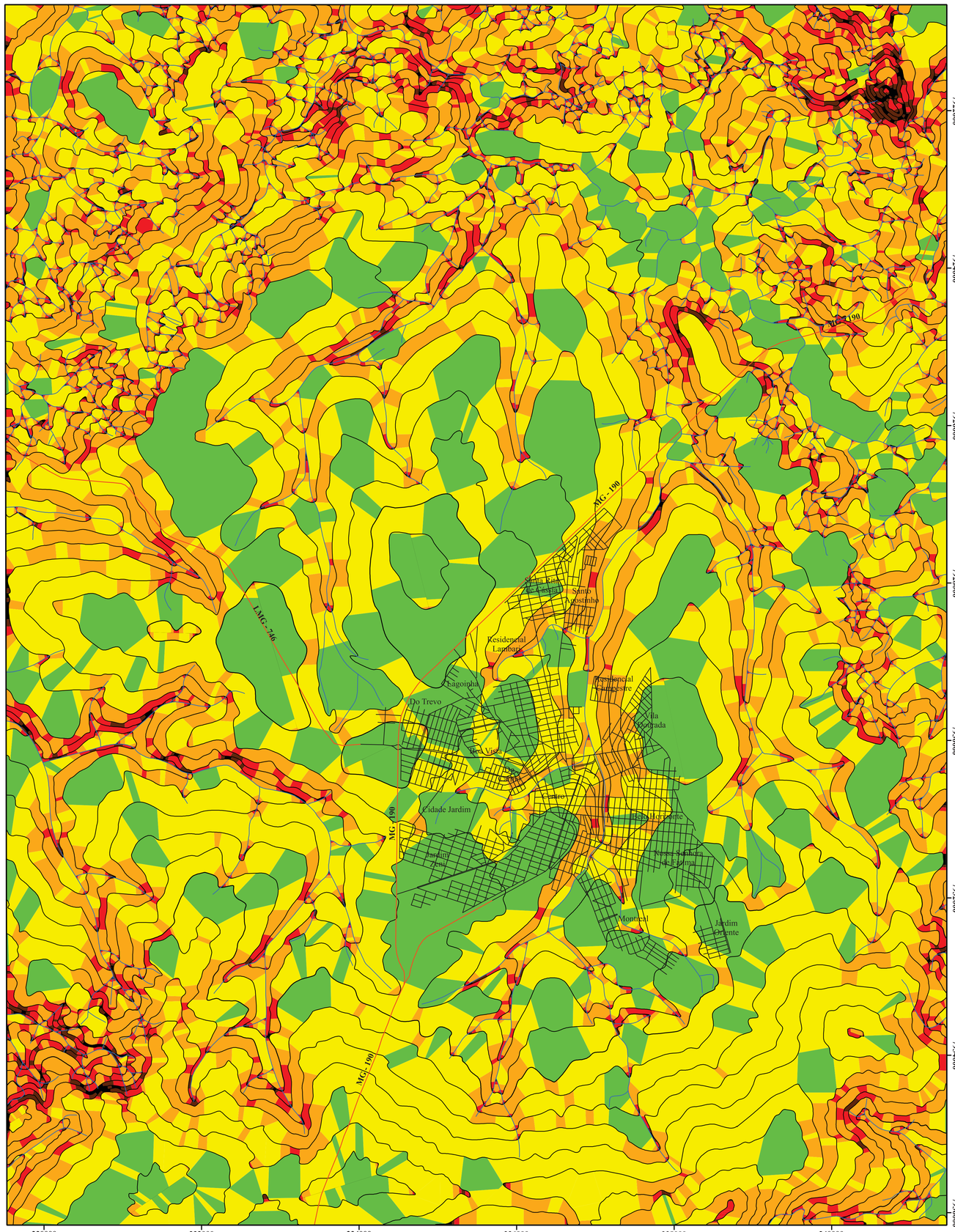
Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia



Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km



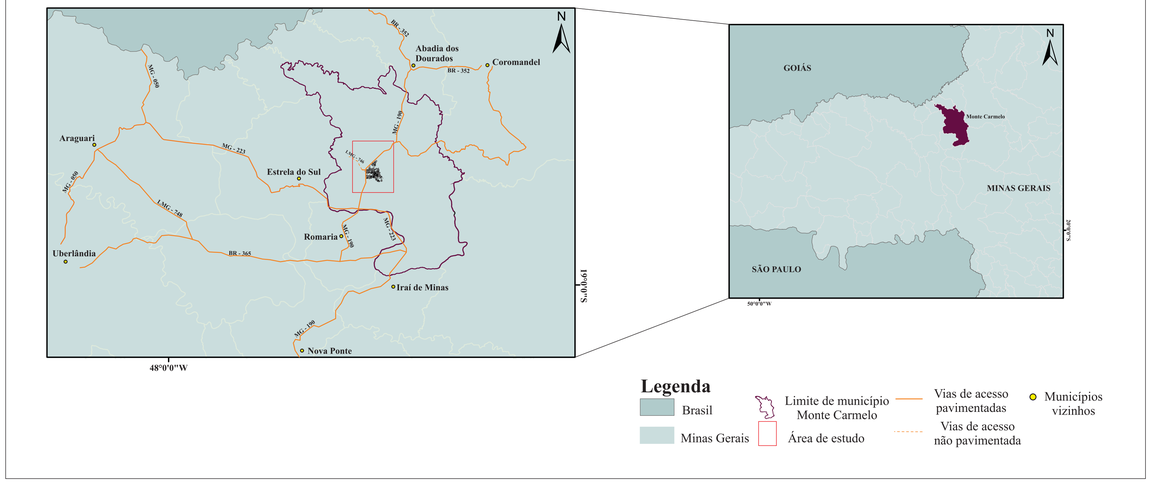
LEGENDA

CLASSES DE DECLIVIDADE

- 3
- 3 6
- 6 12
- 12 20
- 20 30
- 30

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Drenagem
- Curvas topográficas variação de 12m
  Curvas topográficas mestras 900m



CARTA DE DECLIVIDADE

APÊNDICE C

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

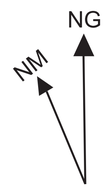
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo , 2023

Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia

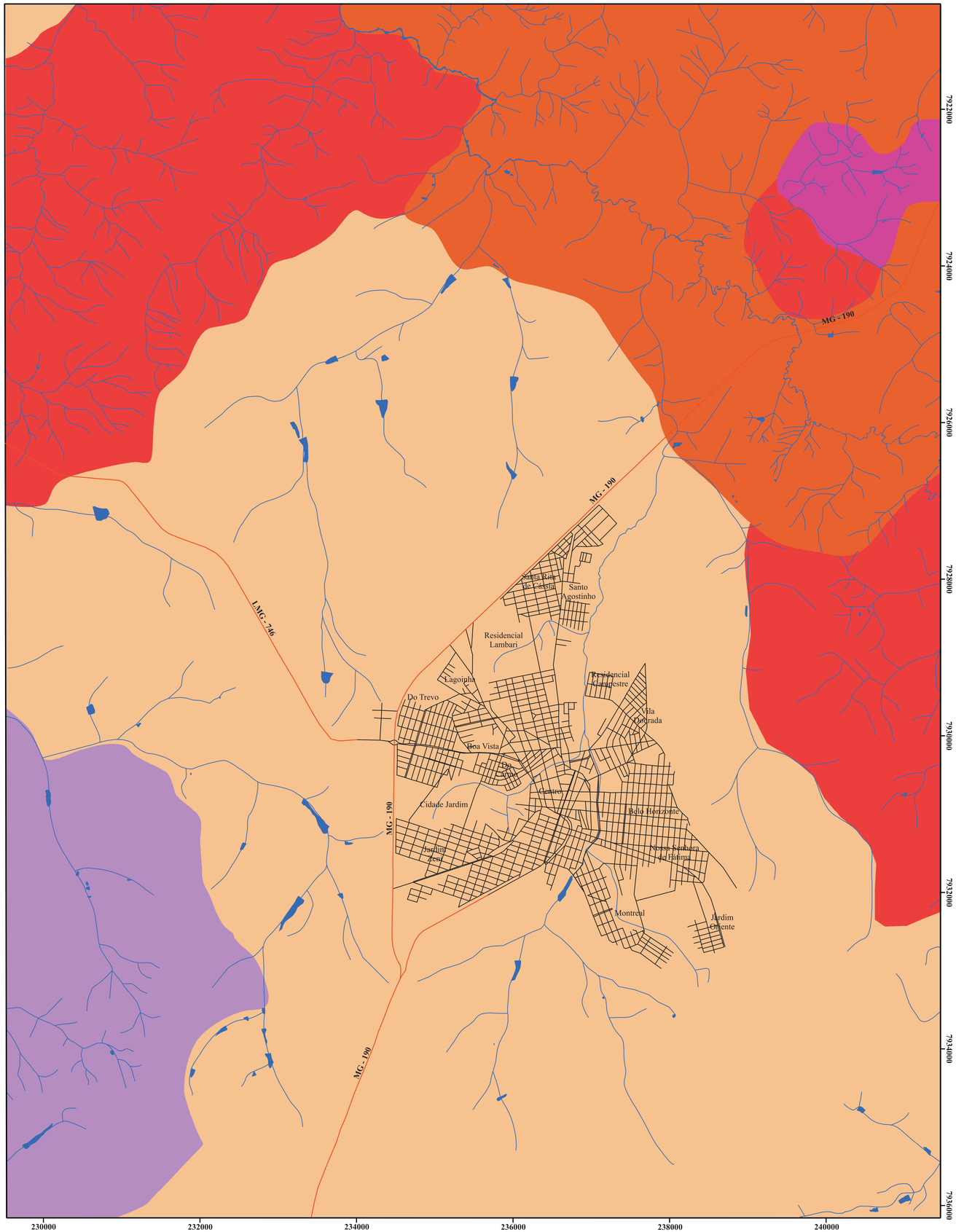




Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km



LEGENDA

UNIDADES LITOLÓGICA

FANEROZOICO
CENOZOICO

Cobertura: depósitos sedimentares predominantemente por latossolo vermelho e/ou latossolo vermelho-amarelo espesso. Em geral, se apresenta em cotas mais elevadas da área, em relevo aplainado. Segundo Euler (1977), esses latossolos foram originados de uma rocha de composição gabróide.

PROTEROZOICO
NEOPROTEROZOICO

Monte Carmelo

Granitoide branco: possui como mineralogia principal: quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino e baixa ocorrência de minerais de biotita.

Granitoide cinza: apresenta sua mineralogia principal composta por quartzo, plagioclásio e feldspato alcalino, com maior presença de biotita.

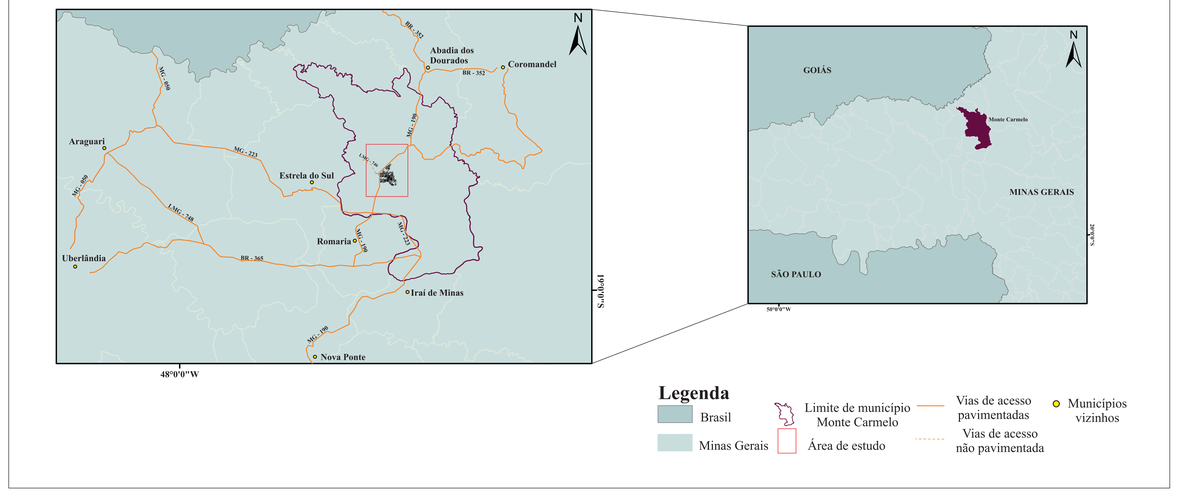
Granitoide rosa: tem como composição mineralógica: quartzo, plagioclásio, feldspato alcalino de coloração rósea, com ocorrência de biotita variável.

Grupo Araxá

Muscovita xisto fino a médio, muito intemperizado que dificulta a identificação mineralógica, a abundância da muscovita é determinada pelo brilho presente no solo. Acompanha o trend SE-SW da folha Estrela do Sul.

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Drenagem
- Drenagem represada



CARTA LITOLÓGICA
APÊNDICE D

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

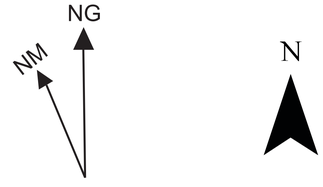
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo , 2023

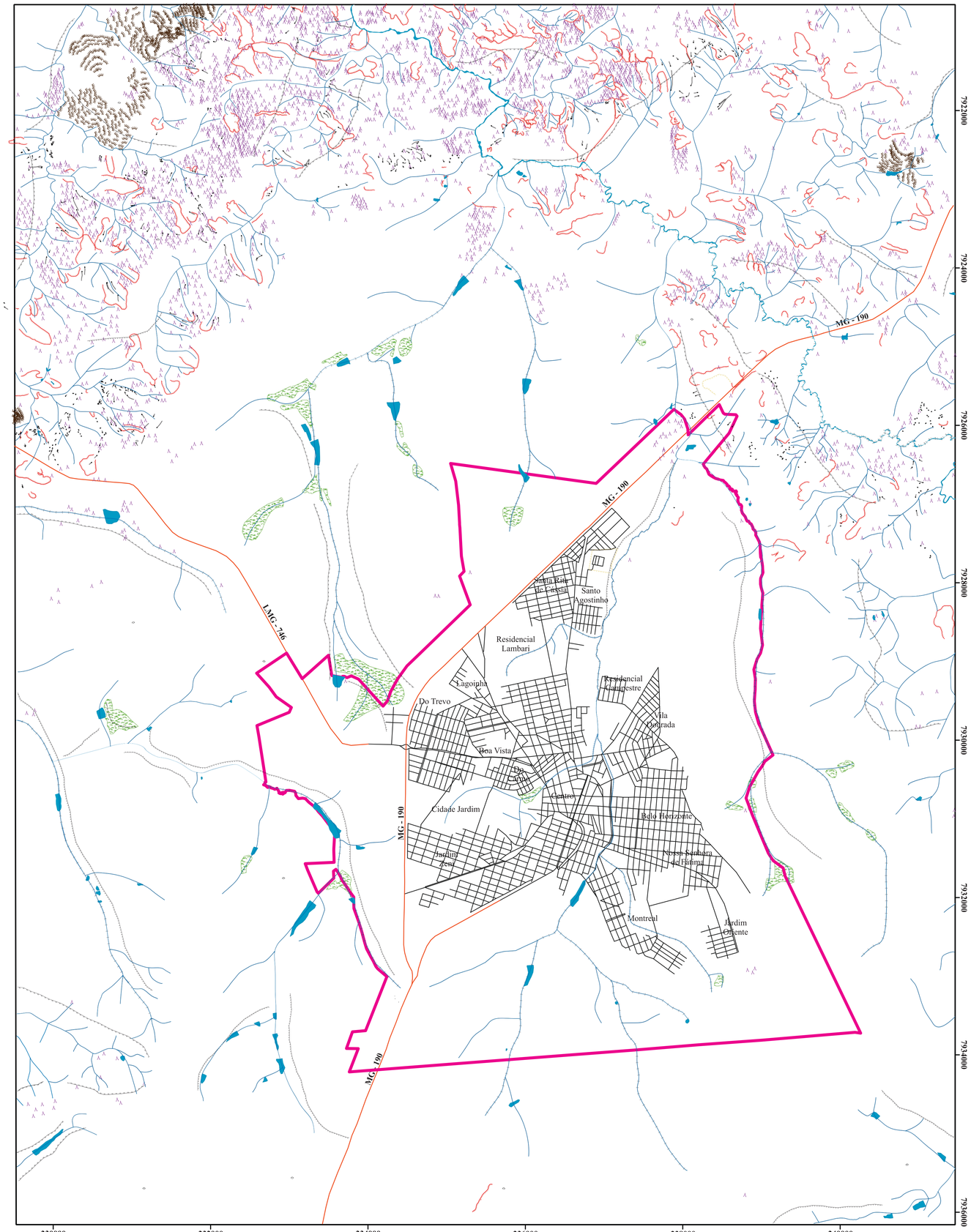
Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia



Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km



LEGENDA

1. FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS

1.1 Formas de topos e vertentes

- Convexo

1.2 Formas denudativas

- Sulco erosivo
- Ravina
- Voçorocas
- Marcas de erosão difusas
- Rupturas topográficas suaves
- Rupturas topográficas abruptas

2. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES

2.1 Modelado de entalhe

- Fundo de vale plano
- Fundo de vale encaixado

2.2 Formas de acumulação

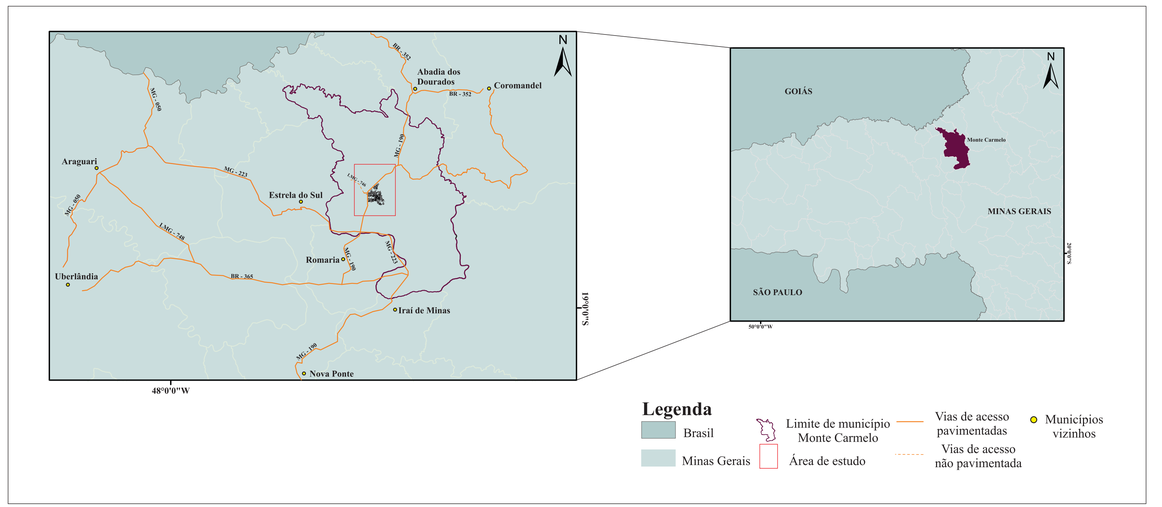
- Veredas

3. MODELADOS ANTRÓPICOS

- Aterro sanitário
- Estação de Tratamento de Água (ETA)
- Drenagem canalizada
- Terraços agrícolas

4. CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Perímetro urbano de Monte Carmelo - MG
- Denagem
- Drenagem represada



CARTA GEOMORFOLÓGICA

APÊNDICE E

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

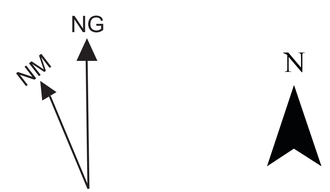
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo , 2023

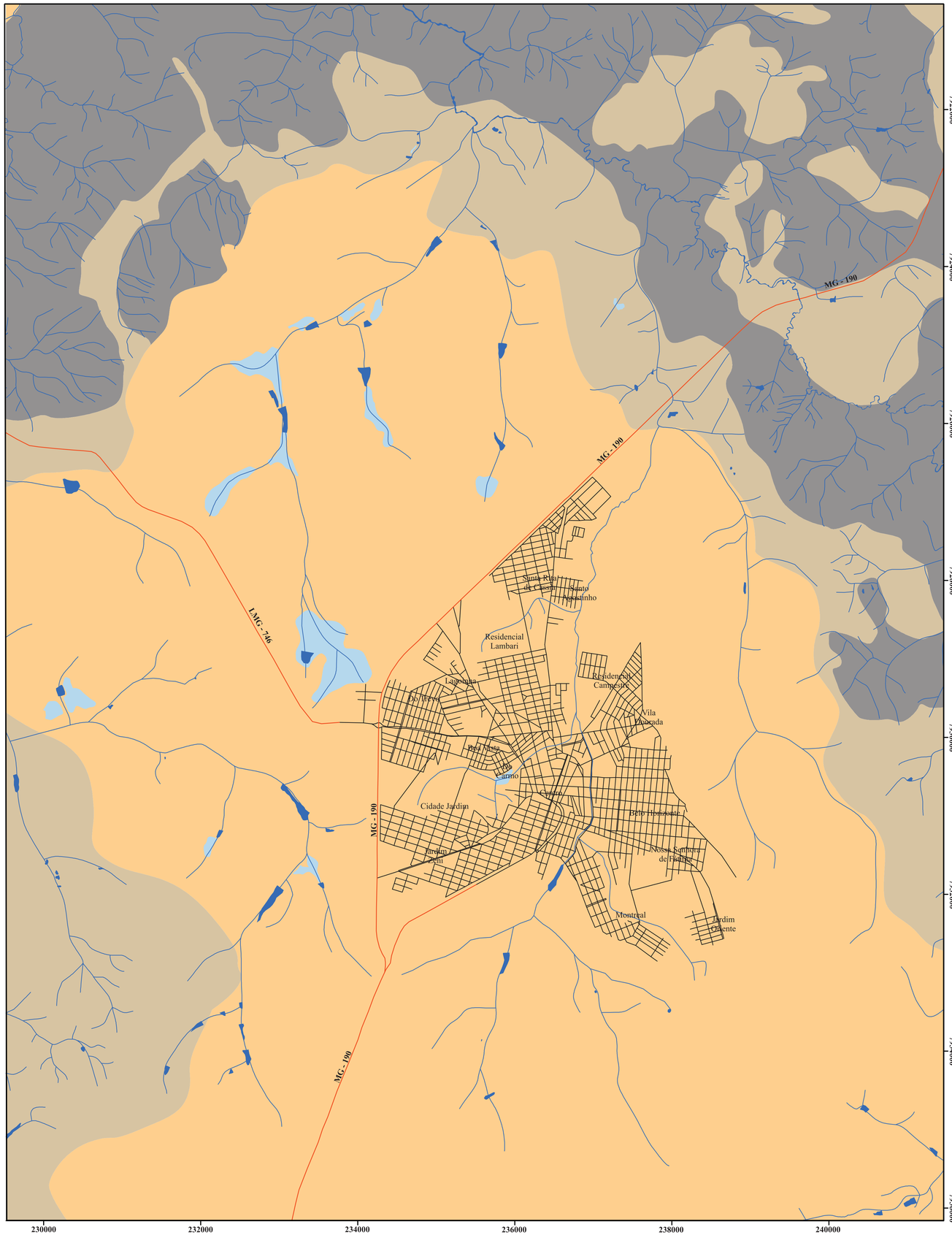
Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia



Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km



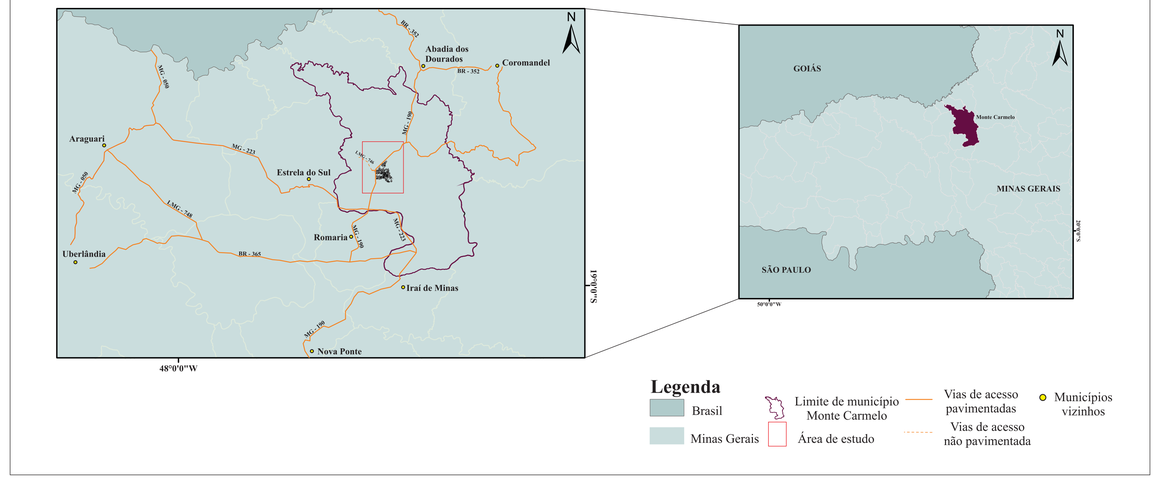
LEGENDA

ORDENS DE SOLO

- Gleissolo
- Cambissolo
- Latossolo
- Neossolo

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Drenagem
- Drenagem represada



CARTA PEDOLÓGICA
APÊNDICE E

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo , 2023

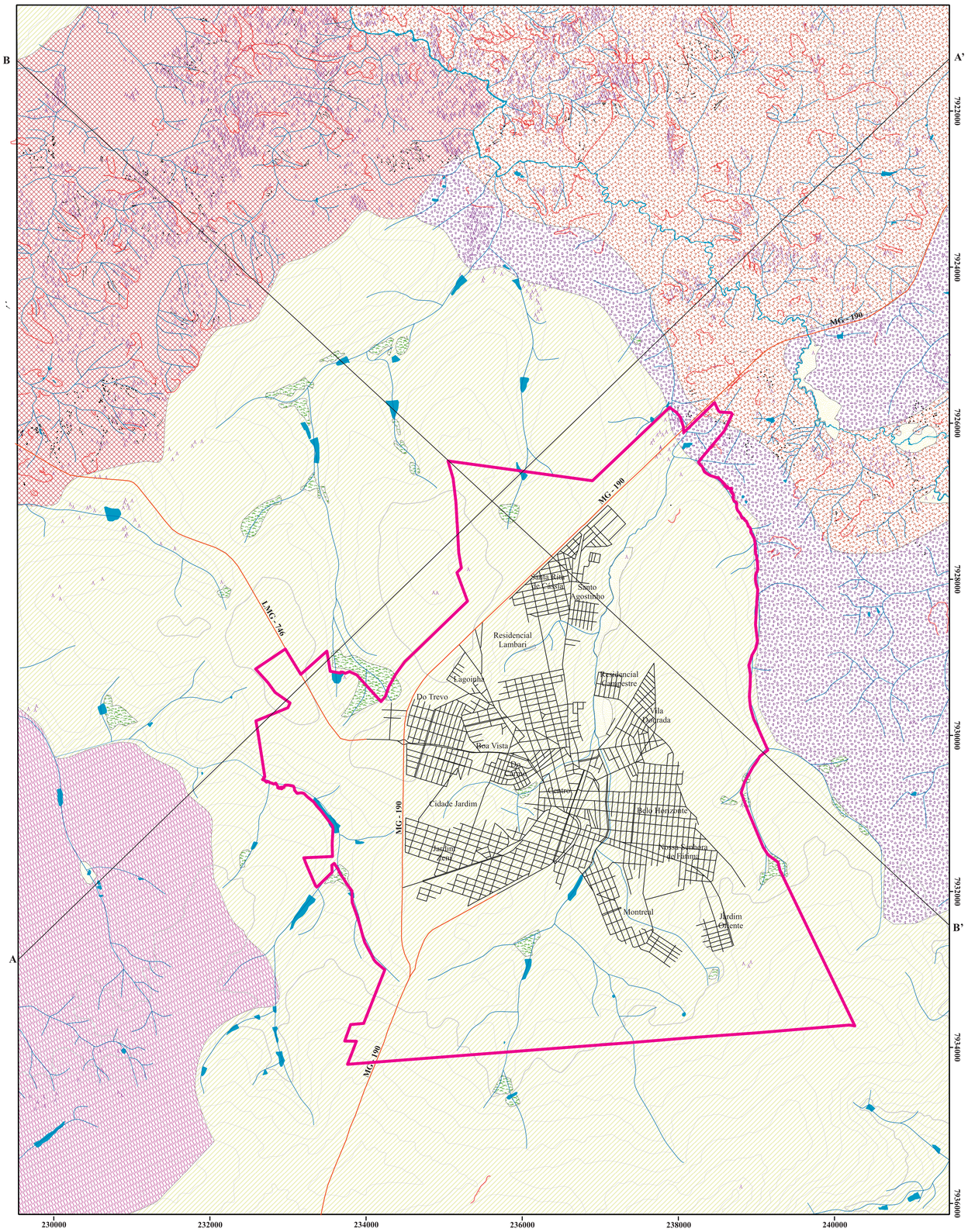
Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia

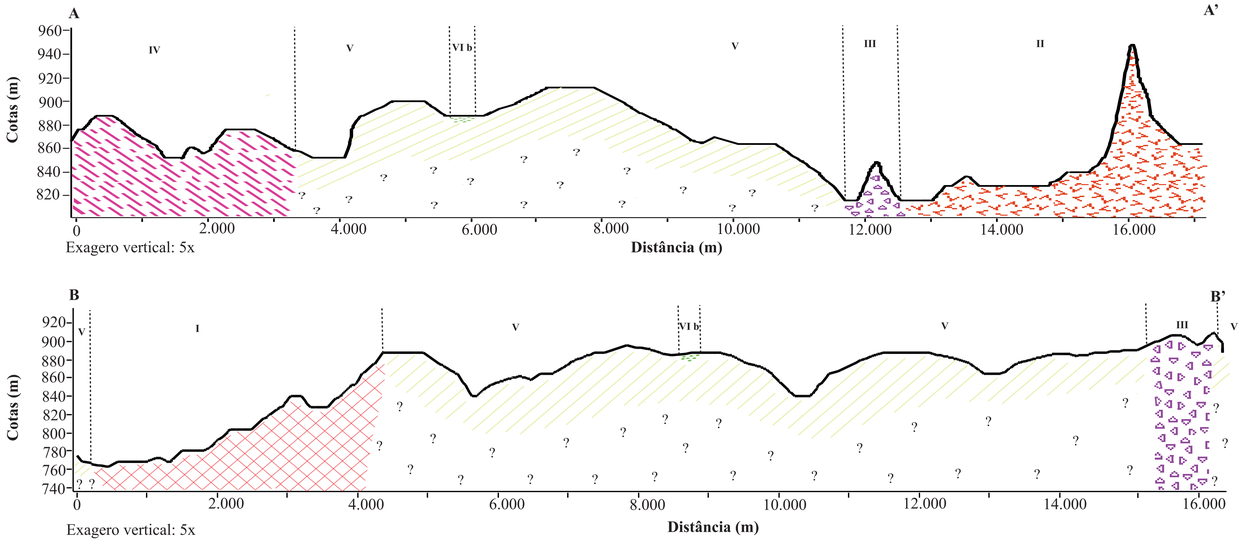
NG
NM
N

Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km

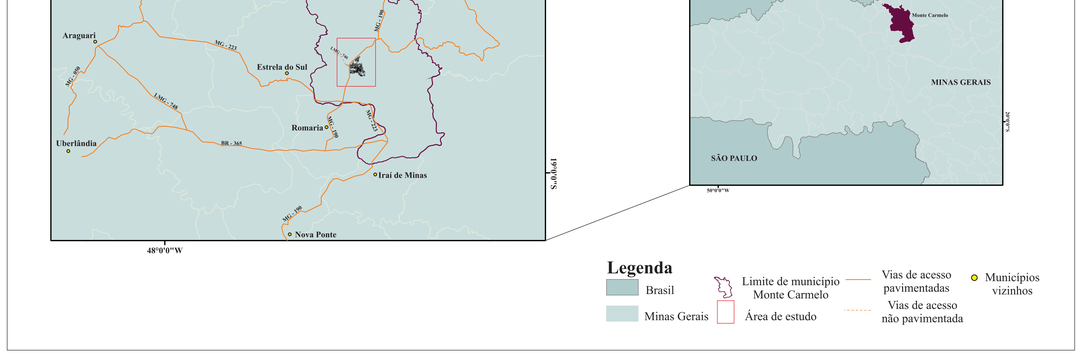




Unidade Geológica Geotécnica / Características	I	II	III	IV	V	VI a	VI b
Domínio Litológico	Granitoide branco	Granitoide cinza	Granitoide branco	Muscovita xisto	Cobertura	Cobertura aluvionar	Cobertura aluvionar
Unidade de Relevo	Denudacional de topo convexo	Denudacional de topo convexo	Denudacional de topo convexo	Denudacional de topo convexo	Denudacional de topo convexo com interflúvios amplos	Aptf Área de planícies e terraços fluviais	Área parcialmente e/ou permanentemente encharcada
Grau de Dissecação	Forte	Forte	Fraco	Fraco	Fraco	——	——
Declividade	3 ⊢ 6 6 ⊢ 12	6 ⊢ 12 12 ⊢ 20 20 ⊢ 30	3 ⊢ 6 6 ⊢ 12	6 ⊢ 12	⊣ 3 3 ⊢ 6	⊣ 3 3 ⊢ 6	⊣ 3 3 ⊢ 6
Solo	Neossolo	Neossolo	Cambissolo	Cambissolo	Latossolo	Latossolo Neossolo Cambissolo	Gleissolo
Feições Geomorfológicas	Terraços agrícolas Voçorocas Sulco erosivo	Voçorocas Sulco erosivo	Voçorocas	Marcas de erosão (solo exposto)	——	——	Vereda
Densidade de Drenagem	Alta	Média	Média	Média	Baixa	Baixa	Baixa
Tropia	Multidirecional	Multidirecional	Multidirecional	Multidirecional	Unidirecional	——	Unidirecional
Uso e Ocupação do Solo	Vegetação nativa nas proximidades de drenagem e agricultura restrita	Vegetação nativa nas proximidades de drenagem e agricultura restrita	Vegetação nativa nas proximidades de drenagem e agricultura restrita	Vegetação nativa nas proximidades de drenagem e agricultura restrita	Grande parte da área está representada pela mancha urbana, e o entorno é utilizado fortemente para agricultura, além de vegetação nativa próxima as drenagens	——	Vegetação nativa (buritis)

Convenções Cartográficas

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Perímetro urbano de Monte Carmelo - MG
- Curvas topográficas variação de 12m
  Curvas topográficas mestras 900m
- Drenagem represada
- Denagem



CARTA GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA
APÊNDICE G

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

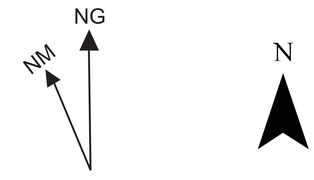
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo, 2023

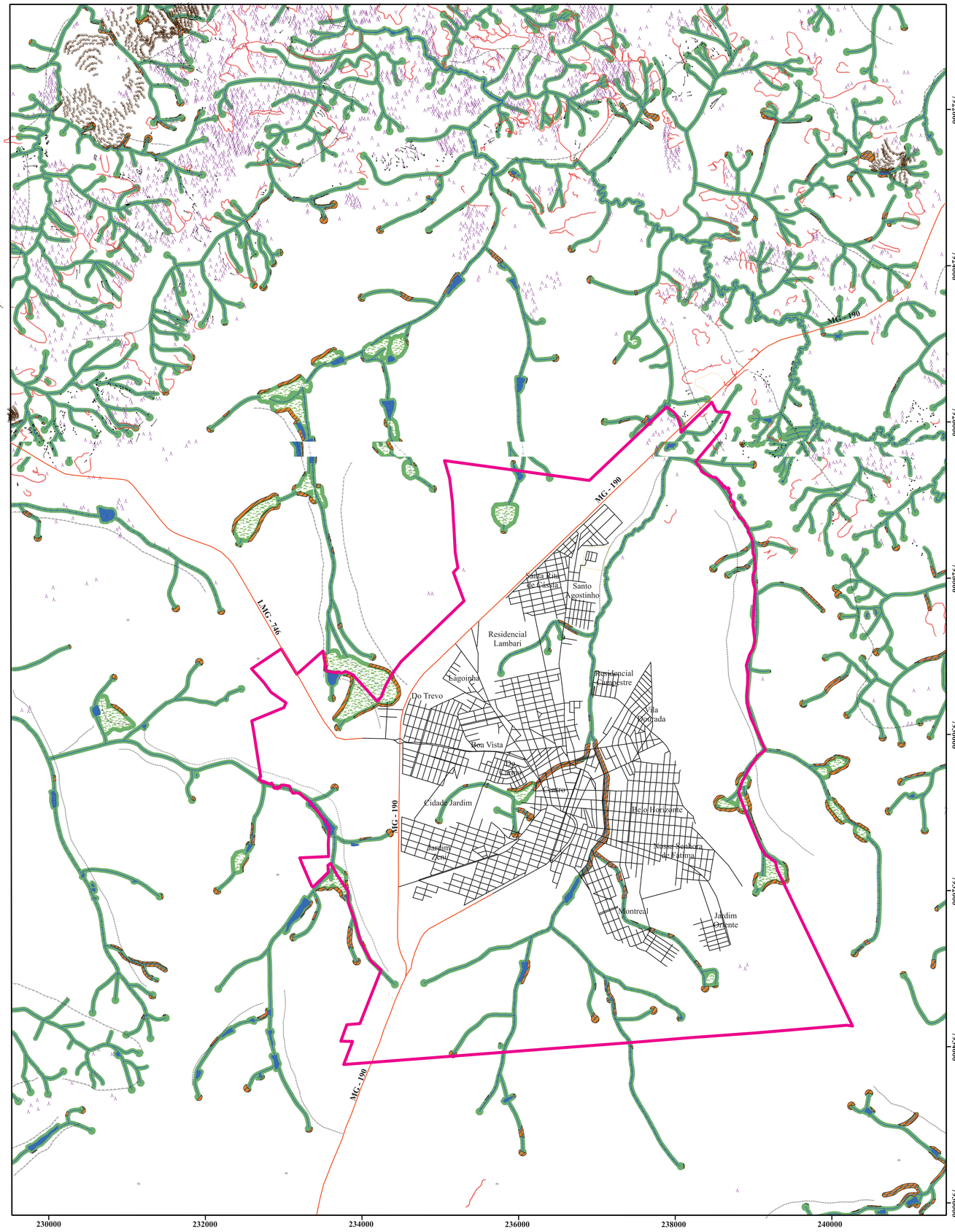
Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia



Declinação magnética da folha em 2022:
21°1'+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km



LEGENDA

1. FORMAS DE VERTENTES E INTERFLÚVIOS

1.1 Formas de topos e vertentes

- Convexo

1.2 Formas denudativas

- Sulco erosivo
- Ravina
- Voçorocas
- Marcas de erosão difusas
- Rupturas topográficas suaves
- Rupturas topográficas abruptas

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Perímetro urbano de Monte Carmelo - MG

2. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES

2.1 Modelado de entalhe

- Fundo de vale plano
- Fundo de vale encaixado

2.2 Formas de acumulação

- Veredas

3. MODELADOS ANTRÓPICOS

- Aterro sanitário
- Estação de Tratamento de Água (ETA)
- Drenagem canalizada
- Terraços agrícolas
- Denagem
- Drenagem represada

4. ÁREA DE PROTEÇÃO PERMANENTE (APP)

4.1 O tamanho da APP depende da largura do curso d'água, em largura mínima de:

- 30 metros para os cursos d'água com menos de 10m de largura

4.2 Em torno dos lagos, lagoas naturais e reservatórios d'água, em largura mínima de:

- 30 metros em zonas urbanas e rurais

4.3 Em torno de nascentes e dos olhos d'água perene, em largura mínima de:

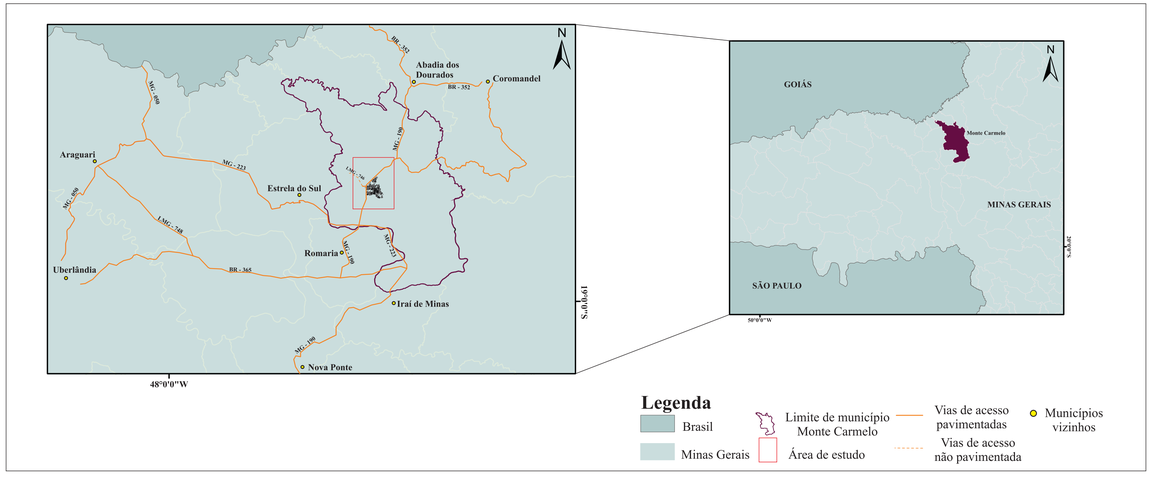
- 50 metros em qualquer situação topográfica

4.4 Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de:

- 50 metros a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado

5. ÁREA DE TRANSGRESSÃO

- Transgressão em áreas de proteção permanente



CARTA DE ÁREAS DE PROTEÇÃO PERMANENTE (APP's)

APÊNDICE H

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

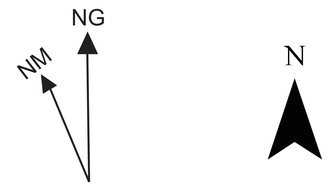
Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.
Monte Carmelo , 2023

Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia



Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

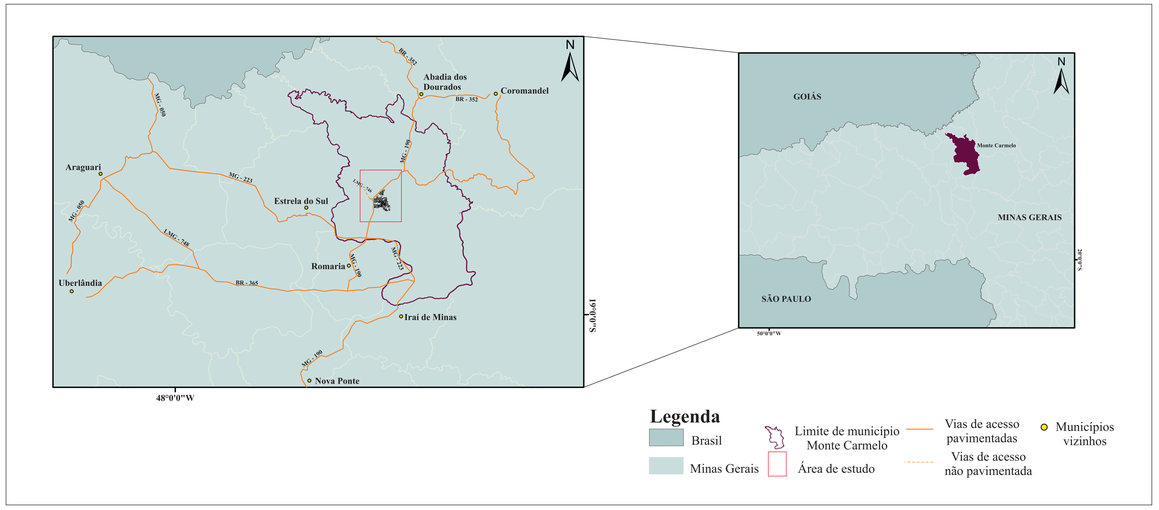
1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km

Unidade em Potencial de Suscetibilidade	Domínio Litológico	Unidade de Relevo	Grau de Dissecação	Declividade	Solo	Feições Geomorfológicas	Densidade de Drenagem	Tropia	Uso e Ocupação do Solo
I	Granitoide branco	Denudacional de topo convexo	Forte	3 ⊢ 6 6 ⊢ 12	Neossolo	Terraços agrícolas Voçorocas Sulco erosivo	Alta	Multidirecional	Vegetação nativa nas proximidades de drenagem e agricultura restrita
II	Granitoide cinza	Denudacional de topo convexo	Forte	6 ⊢ 12 12 ⊢ 20 20 ⊢ 30	Neossolo	Voçorocas Sulco erosivo	Média	Multidirecional	Vegetação nativa nas proximidades de drenagem e agricultura restrita
III	Granitoide branco	Denudacional de topo convexo	Fraco	3 ⊢ 6 6 ⊢ 12	Cambissolo	Voçorocas	Média	Multidirecional	Pequena comunidade rural e agricultura restrita devido aos processos erosivos
IV	Cobertura	Denudacional de topo convexo com interflúvios amplos	Fraco	⊣ 3 3 ⊢ 6	Latossolo	——	Baixa	Unidirecional	Área urbana e vegetação nativa próxima a drenagens

Convenções Cartográficas

- Principais vias de acesso pavimentadas
- Perímetro urbano de Monte Carmelo - MG
- Drenagem represada
- Sítio urbano de Monte Carmelo - MG
- Curvas topográficas variação de 12m
  Curvas topográficas mestras 900m
- Denagem



Legenda

- Brasil
- Minas Gerais
- Limite de município Monte Carmelo
- Área de estudo
- Vias de acesso pavimentadas
- Vias de acesso não pavimentada
- Municípios vizinhos

CARTA DE UNIDADES EM POTENCIAL DE SUSCETIBILIDADE

APÊNDICE I

Sistema de Referência

Datum: WGS-84

Unidade Transversa de Mercator - UTM 23S

Fonte: Google Earth, 2021/2022
Basemap, 2022

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DO SÍTIO URBANO DE MONTE CARMELO E ENTORNO - MG

Autora: ESTRADA, M.J.T.
Orientador: LIMA, F.G.
Coorientador: SILVEIRA, A.

Monte Carmelo, 2023

Geologia
Campus Monte Carmelo
IG - Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia

UFU

GEOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CAMPUS MONTE CARMELO





Declinação magnética da folha em 2022:
21°1+/- 0°23'
Aumenta 0°6' por ano

1:25.000

0 0,5 1 2 3 4 Km