



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Campus Presidente Prudente

LEONARDO CRUZ MENDES DA SILVA

IDENTIFICAÇÃO DE TERRENO TECNOGÊNICO EM ÁREA RURAL
LOCALIZADA NA APA DO TIMBURI – PRESIDENTE PRUDENTE – SP

PRESIDENTE PRUDENTE –SP

2024



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**

Campus Presidente Prudente

LEONARDO CRUZ MENDES DA SILVA

**IDENTIFICAÇÃO DE TERRENO TECNOGÊNICO EM ÁREA RURAL
LOCALIZADA NA APA DO TIMBURI – PRESIDENTE PRUDENTE – SP**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de mestre.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes

Coorientadora: Érika Cristina Nesta Silva

PRESIDENTE PRUDENTE –SP

2024

S586i

Silva, Leonardo Cruz Mendes da

Identificação de terreno tecnogênico em área rural localizada na APA do Timburi –
Presidente Prudente – SP / Leonardo Cruz Mendes da Silva. -- Presidente Prudente,
2024

187 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes

Coorientadora: Érika Cristina Nesta Silva

1. Terrenos tecnogênicos. 2. Depósitos tecnogênicos. 3. Relevo Tecnogênico. 4.
Antropoceno. 5. Área de Proteção Ambiental do Timburi. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "Identificação de terreno tecnogênico em área rural localizada na APA do Timburi – Presidente Prudente – SP"

AUTOR: LEONARDO CRUZ MENDES DA SILVA
ORIENTADOR: JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES
COORIENTADORA: ERIKA CRISTINA NESTA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Geografia, área: Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/Unesp

Prof. Dr. EDER PAULO SPATTI JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/Unesp

Prof. Dr. LUÍS EDUARDO BOVOLATO (Participação Virtual)
Reitor da UFT / Universidade Federal do Tocantins - UFT



Documento assinado digitalmente
LUIS EDUARDO BOVOLATO
Data: 05/04/2024 17:39:33-0300
verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Presidente Prudente, 05 de abril de 2024

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha avó Maria, mãe Solange, aos meus primos Jonatan (*in memórian*) e Metusael (*in memórian*), e a Jennifer pela presença e apoio durante toda a trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus pela graça concedida, pelas bênçãos proporcionadas até o momento e pelo fortalecimento e sustentação que foram fundamentais para a persistência nesta trajetória.

Expresso minha gratidão à Jennifer da Silva Azevedo, pelo amor, carinho, companheirismo e apoio ao longo de toda a pesquisa. Sua presença nos momentos mais desafiadores foi determinante, e a confiança inabalável foi um alicerce crucial.

Também sou grato aos amigos mais próximos, em especial a Felipe Henrique Mendes e Elivelton Gomes, meu reconhecimento pelo apoio e pelas construtivas conversas que contribuíram para minha perseverança nesta jornada.

Aos parceiros de pesquisa, Gustavo Fávaro Lopes e Marco Antônio Saraiva da Silva, que se equiparam a verdadeiros irmãos, agradeço pela imprescindível ajuda e pela oportunidade de ampliar minha visão e crescimento na vida acadêmica, ética e profissional. Semelhantemente, ao Marcos Vinícius Souza, manifesto meu agradecimento pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao químico responsável do Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos – LabSolos, Victor Emmanuel Albertin Verissimo, expresso minha gratidão pela solicitude e pela disposição em auxiliar nas diversas questões e demandas.

Bem como ao Prof. Dr. Gabriel Mamoru Marques Shinohara, responsável pelo laboratório de química, agradeço por apresentar procedimentos e metodologias inovadoras para a pesquisa, contribuindo significativamente para meu crescimento como pesquisador.

Ao Prof. Dr. Carlos José Leopoldo Constantino e ao Dr. Guilherme Dognani, por viabilizarem o acesso ao Laboratório de Materiais Nanoestruturados para Análises Ambientais e Biológicas, e apresentarem os procedimentos conduzidos com o Espectrógrafo micro-Raman.

Ao orientador Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes, minha sincera gratidão por dedicar considerável tempo desde a iniciação científica, transmitindo conhecimentos e experiência de forma enriquecedora. De maneira semelhante, à coorientadora Profa. Dra. Érika Cristina Nesta Silva, agradeço pela partilha de ideias, ensino de metodologias e técnicas e compartilhamento de conhecimento valioso na temática da pesquisa.

Aos professores Dr. Francisco Sérgio Bernardes Ladeira e Dr. Caio Augusto Marques dos Santos, manifesto meu agradecimento pelas discussões em trabalhos de campo, sugestões e insights que enriqueceram sobremaneira a pesquisa.

À Banca Examinadora, a saber: Prof. Dr. Eder Paulo Spatti Junior e Prof. Dr. Luís Eduardo Bovolato, reconheço as excelentes contribuições e recomendações que foram essenciais para aprimorar o texto final.

Aos meus familiares, Maria Gonçalves Barbosa e Solange Ribeiro da Cruz, por sempre terem acreditado, e incentivado a continuidade desta jornada, este apoio foi fundamental.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O financiamento supracitado ocorreu no período de 01/04/2022 a 31/05/2023, tendo sido de grande importância.

Por fim, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp, agradeço pelo financiamento e custeio desta pesquisa no período de 01/06/2023 a 31/03/2024 (processo 2022/09663-1).

EPÍGRAFE

Navegadores antigos tinham uma frase gloriosa:

“Navegar é preciso; viver não é preciso. “

*Quero para mim o espírito desta frase,
transformada*

*A forma para a casar com o que eu sou: Viver não
É necessário; o que é necessário é criar.*

*Não conto gozar a minha vida; nem em gozá-la
penso.*

*Só quero torná-la grande, ainda que para isso
Tenha de ser o meu corpo e a minha alma a lenha
desse fogo.*

*Só quero torná-la de toda a humanidade; ainda
que para isso
Tenha de a perder como minha.*

*Cada vez mais assim penso. Cada vez mais ponho
Na essência anímica do meu sangue o propósito
Impessoal de engrandecer a pátria e contribuir
Para a evolução da humanidade.*

*É a forma que em mim tomou o misticismo da
nossa Raça.*

(Fernando Pessoa)

RESUMO

O estudo dos impactos da ação humana sobre o meio ambiente é uma tarefa amplamente explorada por diversas ciências. A concepção do ser humano como agente geológico ativo parte da premissa de que o planeta tem sofrido alterações intensas a ponto de a humanidade ter desencadeado uma nova época e/ou período geológico, distinto do Holoceno, denominado Antropoceno. Um exemplo relevante dessa abordagem é o estudo de terrenos tecnogênicos, cujo principal objetivo é dimensionar a interferência humana nos sistemas e processos naturais do relevo, assim como na interpretação, classificação e mapeamento destes terrenos. A pesquisa foi conduzida em uma propriedade rural localizada na Área de Proteção Ambiental - APA do Timburi, no município de Presidente Prudente - SP. A área sofreu alterações significativas na morfologia do relevo, sobretudo na planície aluvial, onde se sabe que existiu um canal fluvial no passado, mas que foi assoreado por sedimentos provenientes de topos e vertentes do entorno, e posteriormente passou por uma intensa remobilização mecânica, dando lugar à açudes e curvas de nível. O estudo permitiu aprofundar a análise das características da área, detalhando aspectos relacionados à superfície do relevo e às camadas subsuperficiais. Metodologicamente, a pesquisa empregou uma análise cronológica de imagens do *Google Earth Pro* para auxiliar na verificação de elementos naturais e antrópicos na paisagem, além da delimitação dos setores de interesse para as coletas. Essa abordagem foi complementada pela análise de imagens de satélite e fotografias aéreas históricas. Foram elaborados mapas de declividade e hipsometria, além da adaptação de um perfil pedológico e geomorfológico, somados à análise de amplo material cartográfico pré-existente sobre a APA. Em campo, foram realizadas análises do relevo e escolhidos os locais ideais para as coletas, efetuadas por meio de tradagens, abertura de trincheiras e sondagens. No laboratório, as amostras foram submetidas a análises físicas (granulometria e fracionamento) e química, incluindo a visualização na lupa estereoscópica. Esses procedimentos possibilitaram a compreensão das transformações ocorridas no relevo, especialmente aquelas relacionadas à ação antrópica, permitindo uma reconstituição estratigráfica do terreno. As metodologias empregadas mostraram-se eficazes para este estudo, evidenciando processos de deposição tecnogênica com incorporação de artefatos antrópicos e retrabalhamento do terreno, notadamente através de erosões lineares no setor a jusante da área de estudo.

Palavras chave: Terrenos tecnogênicos; Depósitos tecnogênicos; Relevo Tecnogênico; Antropoceno; Área de Proteção Ambiental do Timburi.

ABSTRACT

The study of the impacts of human activity on the environment is a widely explored task in various sciences. The conception of humans as active geological agents is based on the premise that the planet has undergone intense changes to the extent that humanity has triggered a new geological epoch and/or period, distinct from the Holocene, known as the Anthropocene. A relevant example of this approach is the study of technogenic grounds, whose main objective is to assess human interference in the natural systems and processes of the ground, as well as in the interpretation, classification, and mapping of these grounds. The research was conducted on a rural property located in the Área de Proteção Ambiental (APA) Timburi, in the municipality of Presidente Prudente - SP. The area underwent significant changes in the morphological features of the ground, especially in the alluvial plain. It is known that there was a river channel in the past, which was subsequently filled with sediments from the surrounding slopes and hilltops. Later, it underwent intense mechanical remobilization, giving rise to ponds and terracing. The study allowed for a detailed analysis of the area, focusing on aspects related to the surface of the ground and subsurface layers. Methodologically, the research employed a chronological analysis of Google Earth Pro images to assist in verifying natural and anthropogenic elements in the landscape, along with the delineation of sectors of interest for sampling. This approach was complemented by the analysis of satellite images and historical aerial photographs. Maps of slope and hypsometry were developed, along with the adaptation of a pedological and geomorphological profile, combined with the analysis of extensive pre-existing cartographic material on the APA. In the field, ground analyses were conducted, and suitable locations for sampling were chosen, performed through soil pits, trenching, and boreholes. In the laboratory, the samples underwent physical analyses (particle size distribution and fractionation) and chemical analyse, including examination under a stereoscopic microscope. These procedures enabled an understanding of the transformations that occurred in the ground, especially those related to anthropogenic actions, allowing for a stratigraphic reconstruction of the ground. The methodologies employed proved effective for this study, highlighting technogenic deposition processes with the incorporation of anthropogenic artifacts and ground reworking, notably through linear erosions in the downstream sector of the study area.

Key words: Technogenic grounds; Technogenic deposits; Technogenic Landforms; Anthropocene; Timburi Environmental Protection Area.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização e visão geral da área de estudo.	23
Figura 2 - Marcadores primários e secundários que foram utilizados nos 65 GSSPs ratificados atualmente pela <i>Executive Committee of the International Union of Geological Sciences (IUGS)</i>	29
Figura 3 - Carta Cronoestratigráfica Internacional traduzida na versão de setembro de 2023.	30
Figura 4 - Interpretação da proposta geocronológica de Ter Stepanian (1988) feita por Oliveira <i>et al.</i> , 2005.	33
Figura 5 - Relações esquemáticas entre unidades diacrônicas Geotecnogênicas e o Quaternário.	34
Figura 6 - Comparação do Escala de Tempo Geológico (GTS2012), com duas alternativas.	35
Figura 7 - Localização do Lago Crawford localizado em Ontário, Canadá.	38
Figura 8 - Lago Crawford localizado em Ontário, no Canadá e exemplo de amostra coletada de sedimento de núcleo.	39
Figura 9 - Núcleo CRA22-1FR-3, mostrando a posição do GSSP proposto, do Lago Crawford, Ontário, Canadá.	40
Figura 10 – Configuração atual com a divisão do Holoceno em três idades na Carta Cronoestratigráfica Internacional.	42
Figura 11 – Exemplos de formações tecnogênicas classificadas por Peloggia (2017).	52
Figura 12 - Diagrama Conceitual para classificação e mapeamento do Relevo Tecnogênico, do Grupo de Trabalho Subsistema Relevo Tecnogênico e Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo.	54
Figura 13 - Mapa simplificado semi-detalhado de solos do município de Presidente Prudente SP. O polígono branco destaca a área de estudo.	59
Figura 14 - Dinâmica das massas de ar que atuam na região do Oeste Paulista.	61
Figura 15 - Tentativa de controle das condições climáticas no Brasil a partir das frequências do TCA realizada por Dubreuil, <i>et al.</i> , 2018, com destaque para o Oeste Paulista.	62
Figura 16 – Perfil esquemático da Floresta estacional Semidecidual.	63
Figura 17 - Descarte irregular e acúmulo de resíduos úrbicos e garbicos nas proximidades da Av. Élon Neres da Silva - Jardim Sabara, em Presidente Prudente SP.	65
Figura 18 - Acúmulo de resíduos úrbicos em área urbana, sobre ponto canalizado de um afluente do Córrego do Veado em trecho da Rua Cassemiro Boscoli, Presidente Prudente SP.	66

Figura 19 - Descarte irregular e acúmulo de resíduos úrbicos e garbicos no Córrego do Cedro, e a jusante do vertedouro da represa da SABESP (respectivamente).....	67
Figura 20 - Acúmulo de resíduos úrbicos e garbicos sobre ponte em estrada rural que cruza o Rio Santo Anastácio, 8,6km à oeste da represa da Cica - SABESP.....	68
Figura 21 - Mapa de geologia da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP com a localização da área de estudo.	70
Figura 22 - Mapa geomorfológico da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP.....	71
Figura 23 - Esboço simplificado das principais classes de solo da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.....	72
Figura 24 - Mapa Clinográfico da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.	74
Figura 25 - Mapa de hipsometria da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente.	75
Figura 26 - Mapa de cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável, no Timburi, Presidente Prudente-SP – 2021.	76
Figura 27 - Cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável, no Timburi, Presidente Prudente-SP comparação nos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019.....	77
Figura 28 - Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da área de proteção Ambiental de uso sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.....	78
Figura 29 - Visualização no <i>Google Earth Pro</i> de elementos da paisagem da área de estudo, com destaque a processos erosivos no período de 2003 a 2020.....	81
Figura 30 - Imagem aérea de Maio de 04 de agosto de 1971 mostrando os assentamentos rurais do Timburi e 1º de Maio, com destaque para a área de estudo.	82
Figura 31 - Imagem aérea de 1971 e <i>Google Earth Pro</i> 2020 mostrando um comparativo temporal do entorno da área de estudo com destaque a planície.....	83
Figura 32 - Área de estudo – Embrapa 1971 e <i>Google Earth Pro</i> , com destaque para o antigo córrego.....	84
Figura 33 - Área de estudo, demonstração das características físicas gerais do relevo.	85
Figura 34 - Mapa de declividade da microdrenagem da área de estudo.....	86
Figura 35 - Mapa de hipsometria da microdrenagem da área de estudo.	87
Figura 36 - Perfil Geológico e Pedológico do relevo da área de estudo no sentido Oeste-Leste.	88

Figura 37 - Representação do relevo da área de estudo - sentidos N-S e S-N em relação a estrada rural.....	89
Figura 38 - Metodologias aplicadas na mesma propriedade rural, em pesquisa anterior voltada para estabilização de erosões lineares em ravinas.	92
Figura 39 - Metodologias aplicas na pesquisa anterior.	93
Figura 40 - Comparação da delimitação das áreas experimentais de Lopes e Silva (2022) e da área de estudo atual.....	93
Figura 41 - Presença de artefatos de origem tecnogênica, e feições do modelado antrópico na estrada rural e em seu entorno.	95
Figura 42 – Exemplo de atividades preliminares efetuadas nos primeiros trabalhos de campo.	96
Figura 43 - Processo de tradagem em campo e coleta de amostra composta.	97
Figura 44 - Esquema ilustrativo simplificado com a delimitação dos pontos de tradagens e sondagens com tubos.	99
Figura 45 - Trincheira aberta em campo.	100
Figura 46 - Equipamentos e ferramentas utilizados para efetuar os procedimentos.	101
Figura 47 - Afloramento de água que impediu a coleta nas outras trincheiras.	102
Figura 48 – Ilustração do processo de abertura da trincheira e respectivas coletas de amostras.	103
Figura 49 – Localização dos pontos de coleta e representação do procedimento de coleta com os tubos.....	105
Figura 50 - Ilustração das coletas de amostras efetuadas na área de estudo - tradagens, sondagens e trincheira.	106
Figura 51 - Registro das amostras coletadas em campo.....	107
Figura 52 – Corte, abertura e secagem dos tubos.....	108
Figura 53 – Demonstração do processo de delimitação e separação das camadas dos tubos no laboratório.....	109
Figura 54 – Esquema de utilização da Carta de cores Munsell, e processo de aferição das cores das amostras secas em laboratório.....	110
Figura 55 - Pesagem inicial das vidrarias (placas de petri e beckers) após calibração da balança analítica e registro dos valores na planilha.....	112
Figura 56 – Demonstração do processo de destorroamento e peneiramento das amostras....	113
Figura 57 - Pesagem das frações de 10g de amostras, adição de NaOH + água deionizada e agitação.....	115

Figura 58 - Lavagem das amostras + secagem da areia na estufa.	116
Figura 59 – Procedimentos de aferição da temperatura, agitação, pipetagem e secagem da argila.	118
Figura 60 - Pesagem final das vidrarias (placas de petri com areia e beakers com argila) após calibração e taragem da balança analítica.....	119
Figura 61 - Diagrama de classes texturais proposto pelo <i>United States Department of Agriculture</i>	120
Figura 62 – Representação do procedimento de separação, pesagem e fracionamento das amostras de areia.	122
Figura 63 - Processo de análise das amostras de areia na lupa estereoscópica.	123
Figura 64 – Processo de estereoscopia digital com anaglifos.	128
Figura 65 - Simbologia utilizada no esboço geomorfológico.	129
Figura 66 - Fluxograma síntese das fases da pesquisa e principais informações.	132
Figura 67 - Amostras e trado cobertos de lama com fragmento do arenito impregnado.	134
Figura 68 - Macroplástico encontrado à profundidade de 38-50 cm na trincheira.....	136
Figura 69 - Divisão das camadas no tubo 1.....	141
Figura 70 - Camadas do tubo 1 separadas.	143
Figura 71 - Divisão das camadas no tubo 2.....	145
Figura 72 - Divisão das camadas no tubo 2.....	147
Figura 73 - Divisão das camadas no tubo 3.....	149
Figura 74 - Divisão das camadas no tubo 3.....	150
Figura 75 - Comparativo visual das divisões das camadas e de tamanho dos três tubos.	151
Figura 76 - Classes texturais das amostras dos tubos e da trincheira conforme o diagrama de classes texturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (<i>U.S.D.A.</i>).....	152
Figura 77 – Resultado do fracionamento das amostras, distribuição das frações de areia e massa total dos tubos 1,2 e 3 e da Trincheira – gráficos agrupados.....	154
Figura 78 – Resultados da visualização das frações de areia na Lupa Estereoscópica com aumento de 50x contendo microplásticos e carvões – exemplos encontrados no Tubo 1.....	155
Figura 79 - Resultados da visualização das frações de areia na Lupa Estereoscópica com aumento de 50x contendo microplásticos e carvões – exemplos encontrados no Tubo 2.....	156
Figura 80 - Visualização da lupa de frações de areia contendo microplásticos e fragmentos de carvão.....	157
Figura 81 – Perfil de elevação simplificado acompanhando a estrada rural no sentido N-S ilustrando o fluxo pluvial superficial preferencial em relação a planície.....	158

Figura 82 - Registros de materiais tecnogênicos, artefatos/tecnofósseis localizados na estrada rural, e na planície tecnogênica.	159
Figura 83 - Distribuição dos atributos químicos das amostras por camadas e composta.....	162
Figura 84 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo 1.	165
Figura 85 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo 2.	166
Figura 86 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo 3.	167
Figura 87 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo trincheira.....	168
Figura 88 - Comparação da área de estudo em 1971 com o córrego, e atualmente com as barragens/açudes, drenagens e novas nascentes.	170
Figura 89 - Esboço geomorfológico da área de estudo, com destaque para o terreno tecnogênicos (em amarelo).....	172
Figura 90 – Ilustração das transformações do relevo da área de estudo. Hipótese das alterações que levaram a formação do terreno tecnogênico.	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - 1º Classificação Integrada dos depósitos tecnogênicos.....	47
Tabela 2 - Coordenadas UTM, elevação, distâncias entre os pontos e profundidade das tradagens.....	98
Tabela 3 - Coordenadas UTM, elevação e dimensões da Trincheira.	101
Tabela 4 - Coordenadas UTM, elevação e dimensões das sondagens.....	104
Tabela 5 - Organização das amostras para a análise física.....	114
Tabela 6 - Tempo de decantação segundo a Lei de Stokes, disponível no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos FCT- UNESP, Presidente Prudente.	117
Tabela 7 - Tempo de decantação das amostras para pipetagem.....	117
Tabela 8 - Classificação da fração de areia de acordo com a abertura das peneiras do fracionador.....	121
Tabela 9 - Profundidade das tradagens e descrição geral dos pontos.....	135
Tabela 10 - Análise granulométrica, resultados das camadas da trincheira.	137
Tabela 11 - Análise granulométrica, resultados do tubo 1.	139
Tabela 12 - Análise granulométrica, resultados do tubo 2.	144
Tabela 13 - Análise granulométrica, resultados do tubo 3.	148
Tabela 14 - Relação dos componentes químicos das amostras.	160
Tabela 15 - Valores do pH.....	161
Tabela 16 - Classificação do terreno tecnogênico da área de estudo.	169

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Esboço da cronologia de evolução das propostas de classificação de depósitos/terrenos tecnogênicos no Brasil.....	46
Quadro 2 - Classificação de Classes de Terrenos Artificiais do Serviço Geológico Britânico.	49
Quadro 3 - Proposta de classificação dos Terrenos Tecnogênicos.....	50
Quadro 4 - Classificação de fácies em camadas tecnogênicas modificada de Vitorino <i>et al.</i> , (2016), com base em Peloggia (1999) e Fanning e Fanning (1989).....	51
Quadro 5 - Metodologias para determinação dos atributos químicos das amostras.....	125
Quadro 6 - Especificações do satélite <i>ALOS</i>	130

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise granulométrica, resultados das camadas da trincheira.....	137
Gráfico 2 - Densidade das camadas coletadas na trincheira.....	138
Gráfico 3 - Análise granulométrica, resultados do tubo 1.....	140
Gráfico 4 - Análise granulométrica, resultados do tubo 2.....	144
Gráfico 5 - Análise granulométrica, resultados do tubo 3.....	148
Gráfico 6 - Concentração de Matéria orgânica e Carbono orgânico.	163

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALOS - *Advanced Land Observing Satellite*

ANBT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

APA - Área de Preservação Ambiental

Aw - Clima quente com chuva de verão

AWG - *Anthropocene Working Group*

Ca - Cálcio

CaCl₂ - Cloreto de Cálcio

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de Carbono

CTC - Capacidade de Troca Catiônica

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia

GAIA - Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera

GPS - *Global Positioning System*

GSSP - *Global Boundary Stratotype Sections and Points*

GX - Gleissolo Háptico

IAC - Instituto Agronômico de Campinas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICS - *International Commission on Stratigraphy*

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IUGS - *Executive Committee of the International Union of Geological Sciences*

K - Potássio

Ka - Formação Adamantina I

LabSolos - Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos

MDE - Modelo Digital de Elevação

MDEHC - Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente

Mg - Magnésio

MO - Matéria Orgânica

MOS - Matéria orgânica no solo

NaOH - Hidróxido de Sódio

P - Fósforo

PALSAR - *Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*

PET - Polietileno Tereftalato

pH - Potencial Hidrogeniônico

PVA - Argissolo Vermelho Amarelo

Qa - Sedimentos Aluvionares

RU - Neossolo Flúvico

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SANBRA - Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro

SB - Soma de bases

SBCR - Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo

SBG - Serviço Geológico do Brasil

SP - São Paulo

T.C.A. - Tipos de Climas Anuais

T.F.S.A. - Terra Fina Seca ao Ar

U.S.D.A. - *United States Department of Agriculture*

UGB - União da Geomorfologia Brasileira

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UTM - Projeção Universal Transversa de Mercator

V - Saturação por bases

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.1. OBJETIVOS	24
1.1.1. Objetivo Geral:	24
1.1.2. Objetivos Específicos:	24
2. REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1. O TEMPO GEOLÓGICO	26
2.2. O TEMPO DO ANTROPOCENO/TECNÓGENO E SUAS ORIGENS	31
2.3. O ANTROPOCENO/TECNÓGENO: DIFERENTES PROPOSIÇÕES	32
2.4. AS FORMAÇÕES TECNOGÊNICAS E A QUESTÃO TEMPORAL NA INTERPRETAÇÃO DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO	43
2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS TECNOGÊNICOS: A BUSCA POR UMA ABORDAGEM INTEGRADA.	45
3. ÁREA DE ESTUDO	57
3.1. MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP	57
3.1.1. Características físicas e geográficas gerais	57
3.1.2. Clima	60
3.1.3. Vegetação	62
3.1.3. O crescimento urbano e seus impactos no relevo: breve descrição histórica de Presidente Prudente – SP.	63
3.2. ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI	69
3.2.1. Geologia	69
3.2.2. Geomorfologia	70
3.2.3. Solos	72
3.2.4. Clinografia	73
3.2.5. Hipsometria	74
3.2.6 Cobertura e uso da terra	76
3.2.7. Vulnerabilidade Ambiental	78
3.3. ÁREA DE ESTUDO	80
4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	91
4.1. ETAPA PRÉ-CAMPO: LEVANTAMENTO DE DADOS PRELIMINARES.	91
4.2. ETAPA DOS TRABALHOS DE CAMPO	94
4.2.1. Reconhecimento e investigação da área	94

4.2.2. Tradagens e análise visual das amostras.....	97
4.2.3. Campo de abertura de trincheira e coleta de amostras.....	99
4.2.4. Campo de coleta dos perfis com tubos	104
4.3. ETAPA DE LABORATÓRIO.....	107
4.3.1. Cortes dos tubos - marcenaria	107
4.3.2. Análise visual das amostras - Classificação das cores (Munsell)	108
4.3.3. Análise física das amostras - Destorroamento	111
4.3.4. Fracionamento	120
4.3.5. Análise química	124
4.4. APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO INTEGRADA DE TERRENOS TECNOGÊNICOS E PROCEDIMENTOS DE MAPEAMENTOS	127
4.4.1. Elaboração do esboço geomorfológico.....	127
4.4.2. Mapas de declividade e hipsometria.....	130
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	134
5.1. TRADAGENS	134
5.2. ANÁLISE FÍSICA.....	135
5.2.1. Trincheira	135
5.2.2. Tubo 1: porção mais à montante do terreno	139
5.2.3. Tubo 2: porção central do terreno.....	143
5.2.4. Tubo 3: porção mais à jusante do terreno	147
5.3. FRACIONAMENTO.....	153
5.3.1. Visualização na Lupa Estereoscópica.....	155
5.4. ANÁLISE QUÍMICA.....	160
5.5. FIGURAS SÍNTESE DO MATERIAL COLETADO EM CAMPO	164
5.6. CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO TECNOLÓGICO: SÍNTESE DAS METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS EMPREGADOS.....	168
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	176
REFERÊNCIAS	179

1. INTRODUÇÃO

A investigação dos impactos da atividade humana sobre o relevo constitui uma empreitada amplamente explorada por diversas disciplinas científicas, notadamente pela Geografia. Esses estudos visam mensurar a extensão dessa interferência no ambiente, assim como nos sistemas e dinâmicas naturais terrestres.

Ao longo dos séculos, a humanidade tem promovido alterações nos processos e dinâmicas naturais por meio da emissão de poluentes, desmatamento, extração mineral, queima de combustíveis fósseis, disseminação de contaminantes nos solos e corpos hídricos, destruição de habitats e proliferação de espécies invasoras. Essas ações têm provocado desequilíbrios nas dinâmicas biogeoquímicas em proporções e velocidades sem precedentes, deixando registros estratigráficos nos relevos.

Nesse contexto, destaca-se o debate sobre a agência geológica humana, que pressupõe o ser humano como agente capaz de gerar novas formas e superfícies no meio físico, diferindo daquelas geradas no Holoceno, tanto em termos de processo quanto de gênese e estratigrafia (Waters *et al.*, 2016; Waters *et al.*, 2018; Peloggia, 2021). Deste modo, tem sido defendida a premissa de que essas alterações intensas desencadearam uma nova época geológica, denominada Antropoceno (Crutzen e Stoermer, 2000; Crutzen, 2002).

Os terrenos tecnogênicos são uma expressão dessas ações humanas sobre o meio natural, sendo de grande importância o estudo desses terrenos para compreender os processos de sua origem e as formas como se manifestam no relevo. Além disso, o estudo da composição material desses terrenos fornece dados sobre as ações humanas que os geraram, destacando o papel do ser humano como agente ativo na transformação do meio físico/natural e auxiliando na interpretação do relevo.

No Brasil, estudos pioneiros nessa temática começaram a ser produzidos em meados dos anos 1990 (Oliveira, 1990; Peloggia, 1992; 1994; Nolasco, 1998), e esses estudos proveram importantes referências para a classificação dos terrenos tecnogênicos, contribuindo significativamente para o avanço nessa área.

Em Presidente Prudente, SP, algumas pesquisas foram realizadas com a mesma finalidade (Silva, 2012; 2017), aplicadas em áreas ligadas ao perímetro urbano, proporcionando as bases para as metodologias aplicadas na presente pesquisa.

A pesquisa atual foi conduzida em uma propriedade rural localizada na Área de Proteção Ambiental - APA do Timburi, no município de Presidente Prudente/SP. Essa propriedade apresenta alterações significativas na morfologia do relevo, destacando-se a planície aluvial,

resultantes do manejo inadequado da terra e intervenção mecânica que remobilizou e remodelou a mesma, onde se sabe que existiu um canal fluvial no passado.

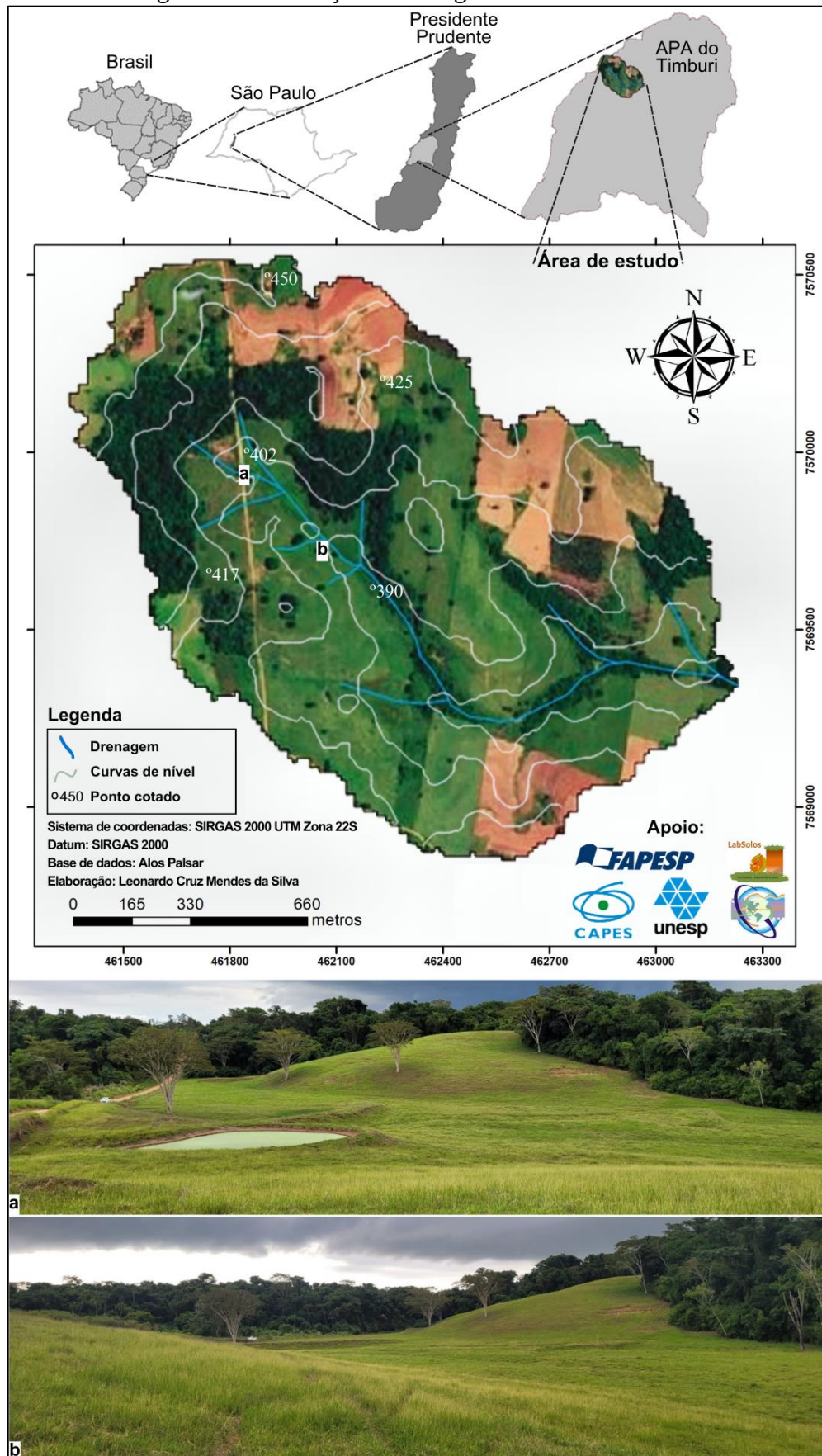
Metodologicamente, a pesquisa empregou uma análise cronológica de imagens do *Google Earth Pro* para auxiliar na verificação de elementos naturais e antrópicos na paisagem, além da delimitação dos setores de interesse para as coletas. Essa abordagem foi complementada pela análise de fotografias aéreas históricas e conversas com moradores da APA.

Foram elaborados mapas de declividade e hipsometria, carta geomorfológica, além da adaptação de um perfil pedológico e geomorfológico, somados à análise de amplo material cartográfico pré-existente sobre a APA. Em campo, foram realizadas análises das características do relevo (tipo de uso e cobertura, formas da vertente, direção do fluxo preferencial de escoamento, modelado antrópico e feições erosivas) e definidos os locais ideais para as coletas, efetuadas por meio de tradagens, abertura de trincheiras e sondagens.

No laboratório, as amostras foram submetidas a análise física (granulometria e fracionamento) e química, além da visualização de amostras na lupa estereoscópica. Esses procedimentos possibilitaram a compreensão das transformações ocorridas no relevo, especialmente aquelas relacionadas à ação antrópica, permitindo uma reconstituição estratigráfica do terreno.

As metodologias empregadas mostraram-se eficazes para este estudo, evidenciando processos de deposição tecnogênica e retrabalhamento do terreno, notadamente através de erosões lineares no setor a jusante da área de estudo. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo, destacando parte do terreno tecnogênico analisado, com ênfase na estrada rural, açudes e a planície de maneira geral.

Figura 1- Localização e visão geral da área de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O estudo proporcionou uma análise aprofundada das características ambientais da área, detalhando os aspectos dos processos relacionados a ela. A pesquisa se justifica pela necessidade de explorar as metodologias e procedimentos vinculados ao estudo dos terrenos tecnogênicos, além de experimentar novos procedimentos metodológicos.

Ademais, a partir da discussão dos resultados, empreende-se um esforço para abordar o estudo da relação sociedade-natureza sob a perspectiva do Antropoceno e dos terrenos tecnogênicos, o qual, por sua vez, representa uma potencialidade positiva para o conhecimento geográfico e para a ciência como um todo. A seguir, constam os objetivos geral e específicos que serviram como base para o desenvolvimento da presente pesquisa.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral:

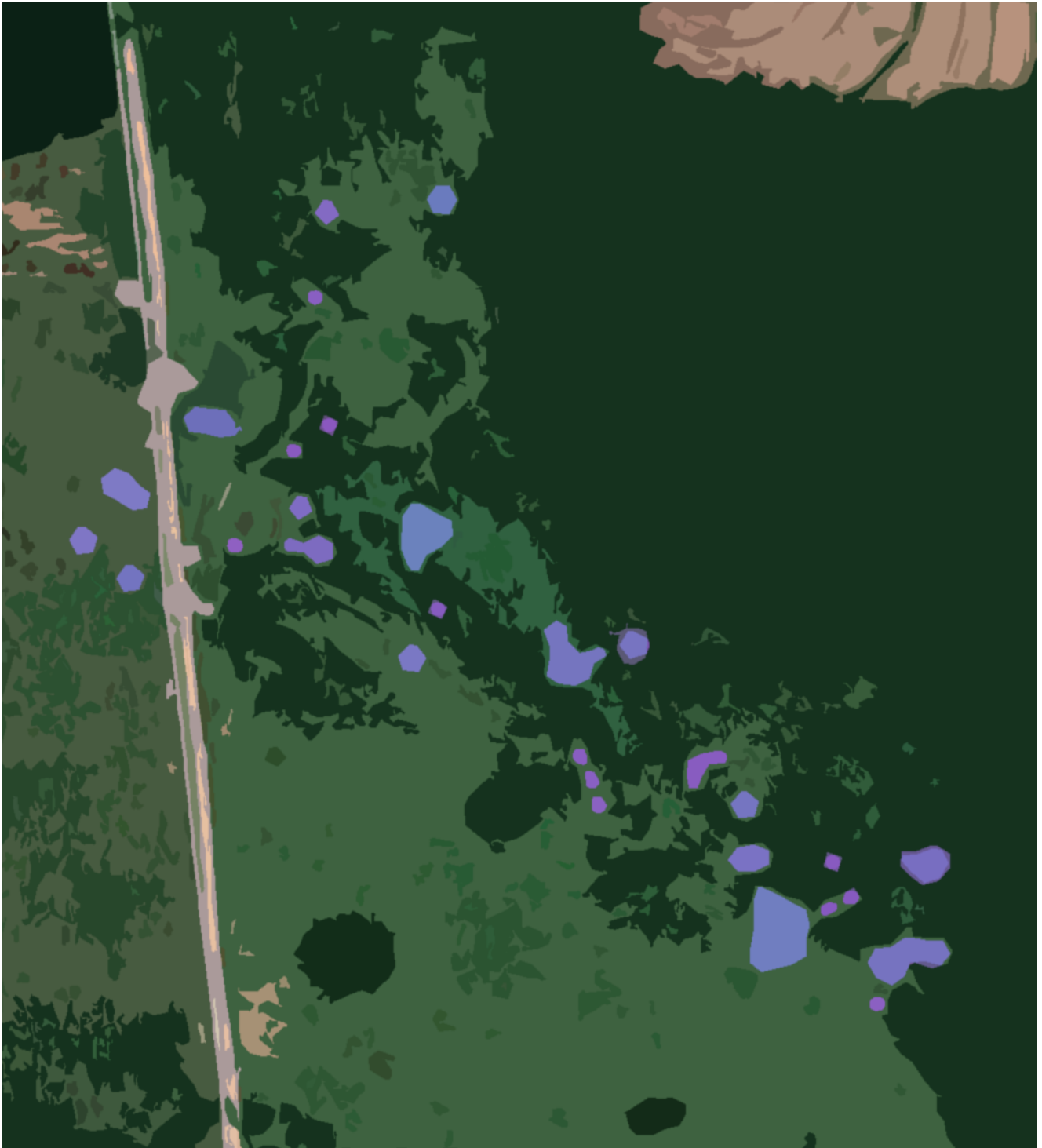
Esta pesquisa tem por objetivo geral compreender as alterações e transformações do relevo ocorridas por meio da interferência antrópica, a partir da reconstituição de um terreno tecnogênico situado em uma área rural, estabelecendo uma correlação com o estudo dos terrenos tecnogênicos e do Antropoceno.

1.1.2. Objetivos Específicos:

1. Reconstituir os processos de uso e ocupação na área de estudo, estabelecendo relações entre aspectos naturais e antrópicos para compreender a transformação do relevo e a formação do terreno tecnogênico.
2. Analisar e demonstrar os fatores e processos determinantes na formação dos terrenos tecnogênicos, realizando uma classificação criteriosa dessas formações.
3. Compreender e reconstituir a evolução do relevo até a formação do terreno tecnogênico em uma planície aluvial, destacando os eventos e processos que moldaram a configuração atual.
4. Contribuir metodologicamente para o estudo dos depósitos tecnogênicos, proporcionando subsídios para uma abordagem mais integrada dos terrenos tecnogênicos e sua influência na dinâmica ambiental.

A estrutura da presente dissertação foi organizada em tópicos e subtópicos. O segundo tópico aborda o referencial teórico, seguido pela caracterização da área de estudo no terceiro tópico, os procedimentos metodológicos no quarto tópico, os resultados e discussão no quinto tópico, as considerações finais no sexto tópico e, por fim, as referências no sétimo tópico.

REFERENCIAL TEÓRICO



2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico abrange uma discussão do tempo geológico e seus elementos distintivos, com destaque a discussão da definição do marcador cronoestratigráfico do Antropoceno, e o caso do Lago Crawford, em Ontário, Canadá. Também serão abordadas algumas das principais proposições relacionadas as feições tecnogênicas (terrenos e depósitos) com ênfase em autores brasileiros, delineando suas implicações para a análise geográfica do espaço.

2.1. O TEMPO GEOLÓGICO

Antes de adentrarmos na discussão do Antropoceno, é necessário fazer uma breve recapitulação sobre o tempo geológico, isto é, a história da Terra que ficou registrada em suas estruturas geológicas desde os primórdios de sua formação. Nosso planeta passou por diversas transformações ao longo de seus 4,56 bilhões de anos de existência. Para nos ajudar a entender melhor como e quando elas se deram, foi criada a escala de tempo geológica.

Essa medição de tempo se baseia em: “estudos estratigráficos e geotectônicos de correlação mundial apoiados, em grande parte, nos registros fossilíferos, paleomagnéticos e em datações geocronológicas” (Winge, M. *et. al.* 2001-2023, n. p.). De acordo com a *International Commission on Stratigraphy*¹ (ICS), o tempo geológico é dividido de acordo com essa série de características, e organizado da seguinte forma:

Eons: o maior intervalo de tempo geológico. A história da Terra está dividida em 4 eons, sendo eles: Hadeano, Arqueano, Proterozóico e Fanerozóico, dos quais, os 3 últimos possuem subdivisões (Eras).

Eras: é caracterizada pelo modo como os continentes e os oceanos se distribuíam ao redor da Terra, quais eram as formas de vidas e como se encontravam. Esta divisão está hierarquicamente abaixo do eon. O eon Fanerozoico, por exemplo, está dividido nas eras: Paleozóica, Mesozóica e Cenozóica.

Períodos: são subdivisões das eras. Somente as eras do eon Arqueano não são divididas em períodos. O Quaternário é o período mais recente da era Cenozóica.

¹ A Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS) é o maior e mais antigo órgão científico constituinte da União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS). Tem como objetivo primordial definir com precisão as unidades globais (sistemas, séries e etapas) da Carta Cronoestratigráfica Internacional que, por sua vez, constituem a base das unidades (períodos, épocas e idades) da Escala Internacional de Tempo Geológico; estabelecendo assim padrões globais para a escala fundamental para expressar a história da Terra. O trabalho da Comissão é dividido em dezessete subcomissões, cada uma responsável por um período específico do tempo geológico. Seu trabalho é supervisionado e coordenado por um executivo de seis diretores. Fonte: <https://stratigraphy.org/>

Épocas: intervalos de tempo dentro de um período. Por exemplo, o Pleistoceno e o Holoceno são épocas inseridas no período do Quaternário.

Idades: é a menor divisão geológica de tempo. O Holoceno está subdividido nas idades: Greenlandian, Northgrippian e Meghalayan.

O estudo das camadas de rochas e dos processos geológicos concernentes a essas formações é a estratigrafia, que por sua vez pode ser definida como:

Estudo da gênese, da sucessão, no tempo e no espaço, e da representatividade areal e vertical das camadas e sequências de rochas de uma região, buscando-se determinar os eventos, processos e ambientes geológicos associados, o que inclui, entre outros, a determinação de fases de erosão ou de ausências de deposição (superfícies de discordâncias) (Winge, *et. al.* 2001-2023, n. p.).

Sobre o propósito e os objetivos da estratigrafia, os autores explicam de forma mais ampla, o seguinte:

A estratigrafia objetiva organizar o conhecimento geológico através da caracterização de unidades estratigráficas com suas abrangências verticais e laterais, estabelecer correlações geológicas entre regiões diferentes e servir de fundamento para o estabelecimento da história da evolução geológica local, regional e mundial. Apesar de o nome referir-se especificamente a rochas estratificadas, a estratigrafia tem significado bem mais amplo, pois envolve a determinação da sucessão geral das rochas de uma região, incluindo acontecimentos que modificaram a forma ou estruturas e a natureza dos pacotes de rochas, tais como: tectonismo e metamorfismo das rochas, intrusão de corpos magmáticos, intrusão de domos de sal (halocinese). Uma das ferramentas básicas da metodologia geológica é a representação da estratigrafia das sequências de rochas através de perfis geológicos e a síntese dos dados desses perfis em uma coluna geológica ou estratigráfica, na forma de um *log* litoestratigráfico vertical onde se representa a sucessão das camadas (as mais velhas embaixo das mais novas), as suas espessuras mínimas e máximas da região, associando-se a cada unidade ou sub-unidade indicada na coluna uma sinopse descritiva dos tipos de rochas e dos processos geológicos associados (Winge, *et. al.* 2001-2023, n. p.).

Por tanto, dentro do campo do conhecimento geológico, a estratigrafia permite realizar as convenções a respeito dessas formações, e padronizações das características e conceitos a nível global. A essas formações geológicas convencionadas, dá-se o nome de Unidades Cronoestratigráficas (Waters, *et al.*, 2018).

Os limites destas divisões estratigráficas são estabelecidos por comitês internacionais que fazem uma correlação temporal a nível mundial, com base nelas, “determinando-se áreas-tipos, as idades absolutas de seus limites, a correlação e o empilhamento estratigráfico entre elas de forma a se ter uma coluna cronoestratigráfica mundial subdividida em unidades

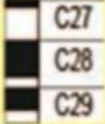
cronogeológicas designadas Eontemas, Eratemas, Sistemas, Séries e Andares” (Winge, M. *et al.* 2001-2023, n. p.), que correspondem, respectivamente, às divisões cronológicas citadas anteriormente. Waters *et al.* (2018) explicam esse processo de divisão de unidades cronoestratigráficas no seguinte trecho:

The lower boundary of a chronostratigraphic unit, at the rank of Stage/Age and above, is defined by a GSSP and is recognised globally by a primary marker within the stratotype section that should be close to or coincident with the GSSP itself. Historically, most chronostratigraphic units use biotic signals, namely the highest or (preferably) lowest occurrence of a single fossil species, as the primary marker (Waters *et al.*, 2018 p. 381).

O *Global Boundary Stratotype Sections and Points* - GSSP² é um marcador utilizado para delimitar essas unidades. A Figura 2 exemplifica alguns desses marcadores primários que foram utilizados para definir os limites de algumas unidades cronoestratigráficas.

² As Seções e Pontos de Estratotipo de Fronteira Global (GSSPs) são pontos de referência em seções estratigráficas de rocha que definem os limites inferiores dos estágios na escala de tempo geológica. Desde 1977, o ICS mantém o registro internacional do GSSP. Fonte: <https://stratigraphy.org/gssps/>

Figura 2 - Marcadores primários e secundários que foram utilizados nos 65 GSSPs ratificados atualmente pela *Executive Committee of the International Union of Geological Sciences (IUGS)*.

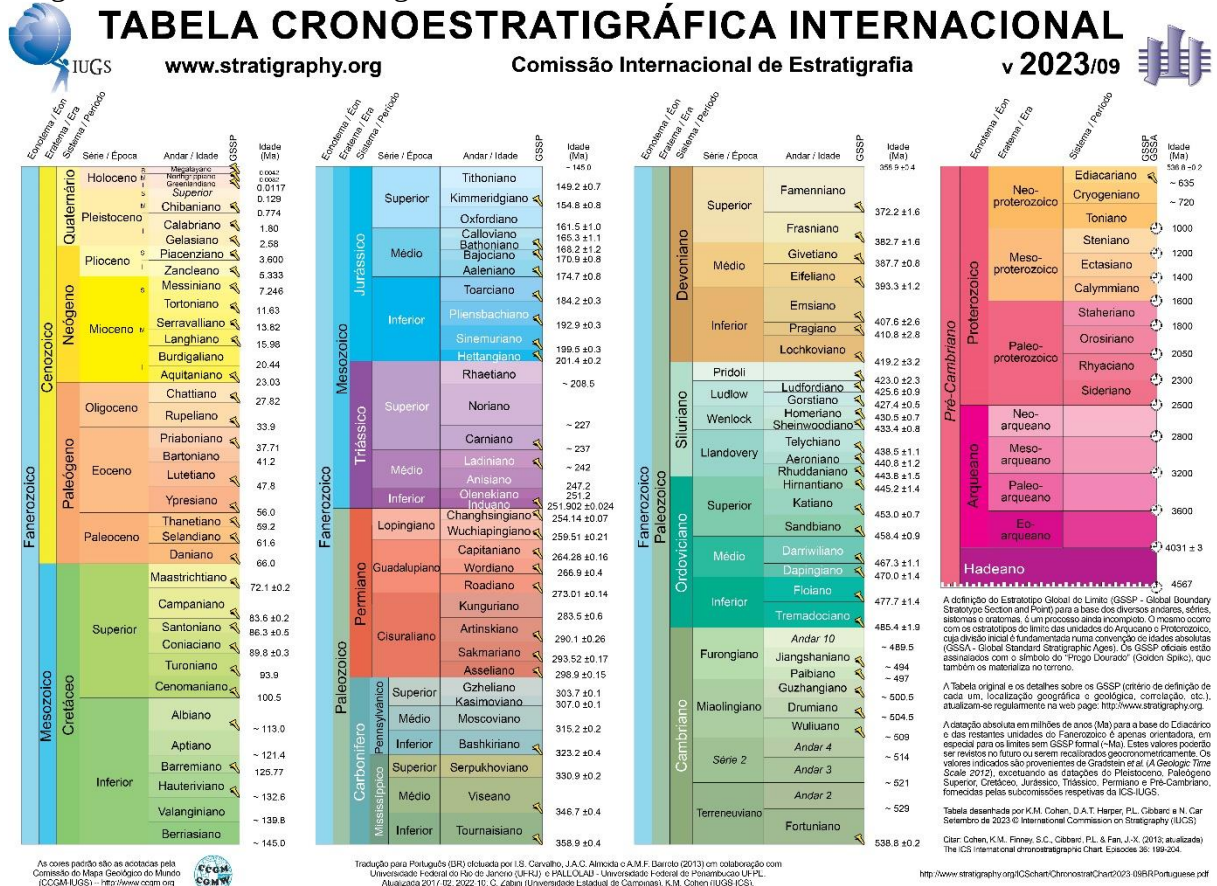
	Milankovitch Cycles, ice core	3 GSSPs, Quaternary, Neogene
	Magnetic Polarity Chrons	3 GSSPs, Cenozoic
	Stable Isotopes, Iridium anomaly	5 GSSPs, Cenozoic
	Microfossils	8 GSSPs, mostly Cenozoic
	Molluscs, Brachiopods	13 GSSPs, Mesozoic
	Conodonts	18 GSSPs, mostly Late Paleozoic
	Graptolites	12 GSSPs, Silurian, Ordovician
	Agnostoid Arthropods, Trace Fossils	5 GSSPs, Cambrian

Fonte: Waters *et al.* (2018 p. 381).

Os GSSP, portanto, marcam os limites das unidades cronoestratigráficas, e delimitam os diferentes estágios do tempo geológico. A Figura 3 mostra a versão traduzida de setembro

de 2023 da Carta Estratigráfica Internacional (Chart/Time Scale) disponível no site da *International Union of Geological Sciences - IUGS* e *International Commission on Stratigraphy - ICS* e de acesso aberto para download.

Figura 3 - Carta Cronoestratigráfica Internacional traduzida na versão de setembro de 2023.



Como foi mostrado até aqui, o tempo geológico caracteriza-se por uma longa abrangência em termos de cronologia, afinal, os processos responsáveis por gerar as estruturas da Terra, se desenvolveram ao longo de centenas de milhares, milhões e bilhões de anos. Por esse motivo, conceber a ideia de uma ação geológica humana parece um desafio, pois nos coloca, enquanto humanidade, na condição de seres ativos no processo de transformação da própria Terra. O tópico a seguir trata a respeito dessa busca por um postulado geológico da humanidade.

2.2. O TEMPO DO ANTROPOCENO/TECNÓGENO E SUAS ORIGENS

Embora os conceitos e termos relacionados ao Antropoceno e Tecnógeno estejam atualmente em intensa discussão e sejam relativamente recentes quando comparados a outras discussões conceituais no campo da geologia, o estudo da influência humana sobre a Terra remonta a períodos anteriores. Referências à ação humana, bem como aos que agora são denominados terrenos ou depósitos tecnogênicos ou antropogênicos, podem ser identificadas em obras literárias e representações artísticas antigas. (Peloggia; Ortega. 2016; Oliveira; Peloggia. 2014; Peloggia. 2021).

Na busca por precedentes históricos, Peloggia e Ortega (2016) recorreram ao trabalho de Charles Lyell, *Principles of Geology*, com base nas 1ª e 10ª edições inglesas das publicações de 1830/33 e 1867. De acordo com os autores, o contexto intelectual da época estava envolto no combate ao antropocentrismo e a visão teológica do mundo perpetrada pela igreja, contudo, tal prática acabou por desconsiderar a importância da atividade geológica humana, sendo assim um “vício original” para ciência geológica (Peloggia; Ortega. 2016).

Por mais que Lyell a princípio assinalasse que as forças exercidas pela humanidade seriam insignificantes quando comparadas àquelas exercidas pelos agentes naturais, ao longo de suas viagens e estudos, ele fez os primeiros registros de processos e depósitos ou terrenos tecnogênicos. Chegando posteriormente a considerar o ser humano como um agente particular e diferente dos agentes naturais (Peloggia; Ortega. 2016).

Contudo, Lyell manteve seu argumento de que os humanos nunca poderiam interferir materialmente nas grandes transformações ocorridas na Terra ao ponto de promovermos uma “ruptura com a ordem natural das coisas”, se comparado, por exemplo, a um tectonismo ou erupções vulcânicas, mas ainda sim considerou o homem como agente nivelador “*leveling agent*” (Peloggia; Ortega. 2016). A síntese dessa discussão pode ser lida no seguinte trecho:

Na verdade, como vimos, Lyell se viu colocado frente a frente a um impasse epistemológico decisivo, que podemos entender hoje como um paradoxo da história da ciência: ao mesmo tempo em que, para a compreensão racional do que se afigurava então como um imensamente grande passado geológico, Lyell trabalhava justamente no momento em que a processualidade geológica na superfície do planeta se modificava radicalmente pela agência humana, ou seja, justamente no início do próprio Antropoceno (na concepção de Crutzen), ou da fase Antropocênica do evento Tecnógeno (Oliveira; Peloggia, 2014), em que, a partir das consequências da Revolução Industrial, os efeitos geológicos da agência humana se tornavam cada vez mais evidentes. (Peloggia; Ortega. 2016 p.118).

Charles Lyell foi, ao mesmo tempo, um dos “fundadores” da Geologia enquanto ciência, e um dos primeiros a escrever sobre a incorporação da ação humana ao escopo das geociências (Peloggia; Ortega. 2016). Quanto às referências as feições tecnogênicas (terrenos e depósitos) e processos tecnogênicos/antropogênicos nas artes e literatura os autores destacam que:

[...] talvez o aspecto mais interessante abordado por Lyell seja a referência literária a Dante: “A prática da canalização foi adotada em alguns dos rios italianos já no século XIII; e Dante, escrevendo no começo do XIV, descreve, no sétimo círculo do inferno (A Divina Comédia, Inferno, Canto XV), um riacho de lágrimas separada de um escaldante deserto arenoso por diques ‘como aqueles que, entre Ghent e Bruges, foram levantados contra o oceano, ou aqueles que os paduanos levantaram ao longo do Brenta para defender suas cidades quando do derretimento das neves alpinas’” (LYELL, 1867, tradução nossa). (Peloggia; Ortega. 2016 p.117).

Para além da obra de Lyell, outros estudiosos escreveram acerca de aspectos do que hoje entende-se por antropoceno e/ou tecnógeno, tendo ajudado a lançar as bases do estatuto de agente geológico a humanidade, são os casos de Sherlock (1922) com o livro *Man as a geological agent*, no qual o autor introduz o termo “*made ground*” referindo-se aos terrenos produzidos pela agência geológica humana na cidade de Londres (Peloggia; Silva; Nunes. 2014).

Dessa forma, o desafio imposto tanto aos geólogos e geógrafos quanto a outros campos do conhecimento relacionados direta ou indiretamente ao estudo das transformações globais e da influência humana sobre o Planeta é definir se a humanidade foi responsável por desencadear uma nova época ou período geológico. Em outras palavras, trata-se de determinar a posição geocronológica da ação humana e o seu respectivo intervalo de tempo geológico, investigando se ocorreu ou ocorrerá uma ruptura com a época do Holoceno para dar início a algo inédito. A seguir, serão apresentadas algumas proposições sobre essa questão.

2.3. O ANTROPOCENO/TECNÓGENO: DIFERENTES PROPOSIÇÕES

O debate acerca do Antropoceno está intrinsecamente relacionado ao estudo dos impactos da ação humana sobre o meio ambiente. Inicialmente proposto por Crutzen e Stoermer (2000) e Crutzen (2002), o conceito destaca a influência significativa da atividade humana na Terra.

Essa influência manifesta-se através de fenômenos como a expansão urbana, que promove extensivas alterações na superfície terrestre, o esgotamento progressivo dos

combustíveis fósseis, o aumento substancial na emissão de gases de efeito estufa, como CO₂ e CH₄ na atmosfera, assim como o considerável incremento na fixação de nitrogênio pela aplicação de fertilizantes na agricultura, além da utilização intensiva de recursos hídricos e o alarmante aumento na taxa de extinção de espécies, particularmente nas florestas tropicais úmidas. (Crutzen e Stoermer, 2000; Crutzen, 2002).

De acordo com (Peloggia, 2005 p.24) “[...] o Tecnógeno aparece como expressão geológica da transformação ambiental global, e seu estudo representa uma contribuição original das geociências no entendimento e enfrentamento da crise ambiental contemporânea”. O mesmo autor explica que avaliar o nível da ação humana como um agente geológico sobre o meio, possibilita a “comparação dos efeitos das ações humanas aos efeitos resultantes de causas naturais da dinâmica externa sobre a superfície terrestre [...]” (Peloggia, 1996, p.11).

Ter-Stepanian (1983, 1988, 1994), em seus trabalhos, afirma que o que o Holoceno é a época de transição do Quaternário ou Pleistoceno para o Quinário ou Tecnógeno. Com destaque ao que escreveu no ano de 1988 no texto “*Beginning Of The Technogene*”. Na obra, o autor elencou uma série de processos e desequilíbrios no meio ambiente que tem interferência das ações humanas de degradação da natureza, como por exemplo a intensificação dos processos erosivos e perda de fertilidade do solo devido ao desmatamento e uso predatório do mesmo Oliveira e Peloggia (2014).

A Figura 4 resume a proposta geocronológica de Ter-Stepanian (1988), ilustrando a forma como ele propôs a transição do Quaternário para o Quinário e o Holoceno para o Tecnógeno:

Figura 4 - Interpretação da proposta geocronológica de Ter Stepanian (1988) feita por Oliveira *et al.* (2005).

Período	Época	Paisagens
Quinário	Tecnógeno	Tecnogênicas
Quaternário	Holoceno 10.000 a	
	Pleistoceno 1,81 Ma	

Ilustração cronológica da proposta conceitual de Ter-Stepanian. Idades segundo IUGS (Ter-Stepanian, 1988; IUGS, 1989, apud Salgado-Laboriau, 1994).

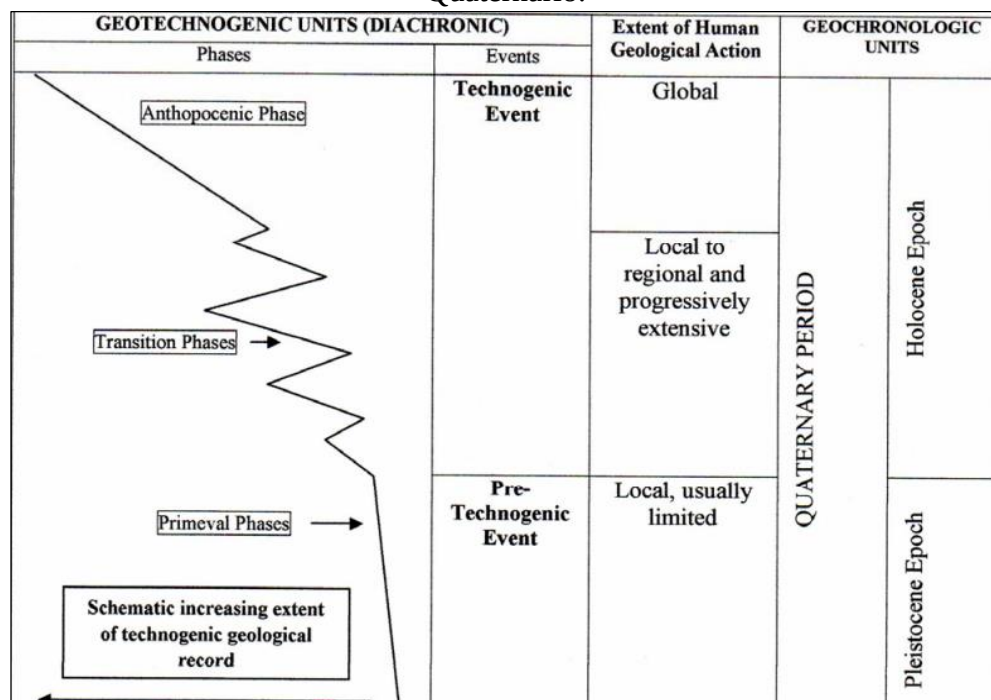
Fonte: Adaptado pelo autor com base em Oliveira *et al.* (2005).

Uma proposição mais recente foi feita por Crutzen e Stoermer (2000) e Crutzen (2002) segundo a qual o Antropoceno é concebido como uma época sucessora ao Holoceno, e que teve início no período da Revolução Industrial a cerca de 250 anos. Esta perspectiva teve uma significativa repercussão no meio acadêmico, por propor uma abordagem em escala global, com base no estudo das mudanças climáticas, aumento dos desmatamentos e emissão de gases como carbônico e metano (Crutzen, 2002).

O desafio de estabelecer uma concepção das implicações geocronológicas da atividade geológica do ser humano se dá também pelo fato de se tratar de uma escala de tempo na qual as mais diversas ciências atuam e tem interesse direto (Geologia, Geografia, Física, Química, História, Arqueologia, Sociologia etc.). Neste sentido, Oliveira e Peloggia (2014) propuseram uma perspectiva diferente para o Tecnógeno e o Antropoceno: as Unidades Diacrônicas.

Partindo dessa premissa, é entendido que os humanos modernos apareceram no período do Quaternário e época do Pleistoceno, e os resultados da agência geológica humana ficaram marcados na geocronologia e estratigrafia. Com base nisso, o autor argumenta que a questão pode ser melhor discutida inserindo uma nova perspectiva expressa pelo uso de outro tipo de categoria estratigráfica relacionada ao tempo: a idade Diacrônica. (Oliveira; Peloggia, 2014 p.104). A Figura 5 mostra as relações entre essas unidades diacrônicas e o período do Quaternário.

Figura 5 - Relações esquemáticas entre unidades diacrônicas Geotecnogênicas e o Quaternário.



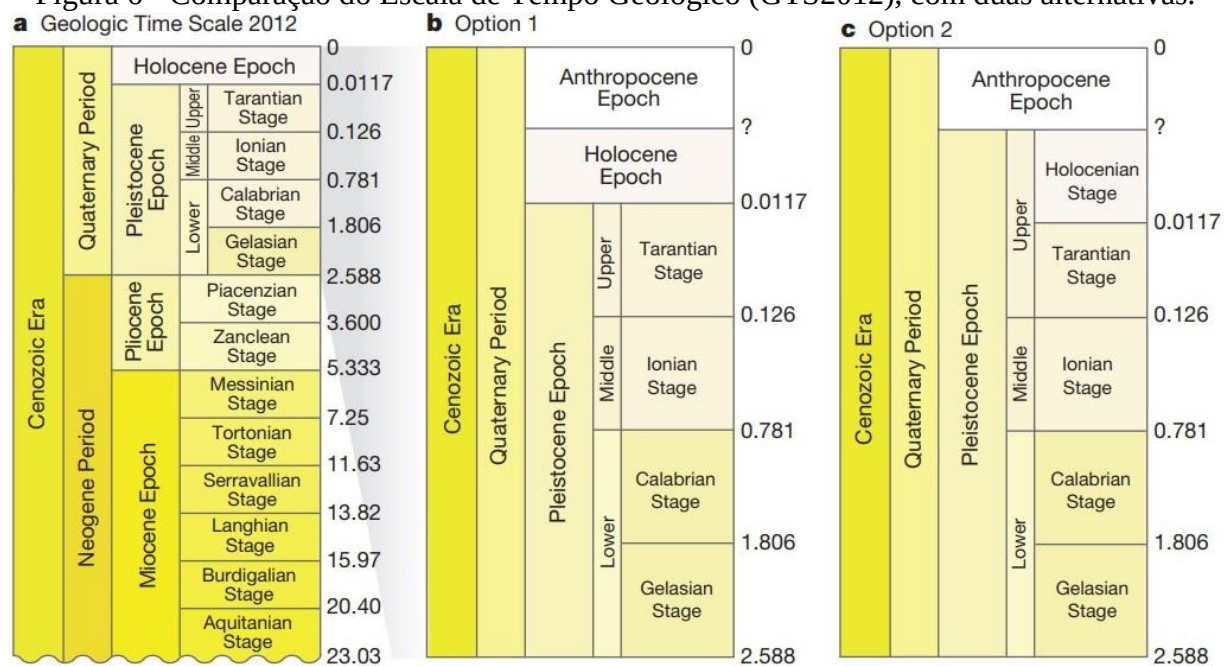
Fonte: Oliveira, Peloggia (2014 p. 108).

Para adotar essa abordagem, não se faria necessária a alteração da escala de tempo geológica nem o abandono do período do Quaternário. Nesse contexto, os autores subdividiram o Tecnógeno e o Antropoceno em fases (Oliveira; Peloggia, 2014). A definição dessas Unidades Geotecnogênicas Diacrônicas segue três critérios principais: “inovação tecnológica, uso de energia e crescimento populacional”. Ambos os critérios estão inter-relacionados, e cada evento ou fase geotecnogênica resulta de uma combinação em que sua significância pode variar (Oliveira; Peloggia, 2014, p. 107).

Com base nesses três critérios, os autores identificam seis fases da evolução humana, cada uma com um período aproximado, conforme parâmetros estabelecidos. As fases são as seguintes: 1 - Evento Pré-Tecnogênico; 2 - Evento Tecnogênico; 3 - Fase Agrícola; 4 - Fase Urbana; 5 - Fase Global Comercial; 6 - Fase Antropocênica (Industrial). Por fim, os autores elaboram uma ideia síntese a partir da escala de tempo geocronológica proposta.

Lewis e Maslin (2015), ao discutirem a respeito da definição do Antropoceno, enxergaram pelo menos duas possibilidades de conceber a transição do Holoceno para o Antropoceno. Na primeira opção, o Holoceno seria mantido como época geológica, precedendo o Antropoceno, e na segunda opção o Holoceno estaria no último estágio da época do Pleistoceno superior. A Figura 6 ilustra essa discussão.

Figura 6 - Comparação do Escala de Tempo Geológico (GTS2012), com duas alternativas.



Fonte: Lewis e Maslin (2015 p.171).

Tomando por exemplo a questão da poluição por plásticos, que é um material produzido pelo ser humano, cabe destacar que há uma série de estudos que abordam a contaminação a nível global, nos mais diversos ambientes terrestres e marinhos, e que em certa medida, fazem uma correlação com o debate do Antropoceno. Santos *et al.* (2022) destaca a magnitude da poluição global por plásticos no seguinte trecho:

To date, plastic has already been reported in coastal environments (Jambeck *et al.*, 2015; Cozzolino *et al.*, 2020), remote islands (e.g., Lavers and Bond, 2017; Jones *et al.*, 2021; Cyvin *et al.*, 2021), mountains (e.g., Allen *et al.*, 2019; Honorato-Zimmer *et al.*, 2021), polar regions (e.g., Smith *et al.*, 2016; Eriksen *et al.*, 2020), on the sea surface (e.g., Zhang *et al.*, 2020; Naidu *et al.*, 2021), and in the deep ocean (e.g., Peng *et al.*, 2018; Agostini *et al.*, 2021). Recent studies have also discussed its possible impacts on Earth Sciences, such as geology. The global distribution of plastics suggests that they are a distinctive stratal component in the sedimentary record (Zalasiewicz *et al.*, 2016; Stubbins *et al.*, 2021), which brings forth a novel scientific approach in which sedimentological terms and standpoints are incorporated into their description and discussion. (Santos *et al.*, 2022 p.1).

Há inclusive registros de rochas plásticas, como registrados em Santos (2020); Santos *et al.*, (2022; 2023) na Ilha da Trindade, localizada a 1.140 quilômetros a leste do Sudeste litoral do Brasil. Representando um marco geológico importante para este debate.

Waters *et al.* (2016) também sustentam a ideia do Antropoceno, afirmando que este é funcional e estratigraficamente distinto da época do Holoceno. O trecho a seguir sintetiza a tese defendida pelos autores:

Human activity is leaving a pervasive and persistent signature on Earth. Vigorous debate continues about whether this warrants recognition as a new geologic time unit known as the Anthropocene. We review anthropogenic markers of functional changes in the Earth system through the stratigraphic record. The appearance of manufactured materials in sediments, including aluminum, plastics, and concrete, coincides with global spikes in fallout radionuclides and particulates from fossil fuel combustion. Carbon, nitrogen, and phosphorus cycles have been substantially modified over the past century. Rates of sea-level rise and the extent of human perturbation of the climate system exceed Late Holocene changes. Biotic changes include species invasions worldwide and accelerating rates of extinction. These combined signals render the Anthropocene stratigraphically distinct from the Holocene and earlier epochs. (Waters *et al.*, 2016 p. aad2622-1).

A pesquisa foi fundamentada em um extenso levantamento da produção global de materiais antropogênicos, tais como cerâmica, vidro, tijolos e ligas de cobre, elementos como alumínio, concreto para construções, polímeros orgânicos, gases provenientes da queima de

combustíveis fósseis, além de dados relacionados ao desmatamento, aumento nas taxas de extinção de espécies e alterações em ambientes terrestres e aquáticos. Esses elementos foram considerados representativos para o Antropoceno.

Posteriormente, Waters *et al.* (2018) conduziram um novo estudo focado na classificação cronoestratigráfica do Antropoceno. Seguindo os procedimentos da Comissão Internacional sobre Estratigrafia, levantaram uma série de potenciais candidatos à GSSP ao redor do mundo. No trecho a seguir, os mesmos autores discutem a complexidade dos ‘depósitos antropogênicos’, e a possibilidade de os mesmos conterem marcadores potenciais do Antropoceno:

Anthropogenic deposits are common in terrestrial environments. They may be relatively thick (up to tens of metres), contain signals that closely reflect human influence, and are readily datable, particularly using technofossils. They tend to lack lateral continuity, may contain omission surfaces, are not annually laminated, and may lack ‘preservability’, all of which are likely to discount many such deposits as hosts for primary or auxiliary GSSP candidates. However, much the same criticisms also apply to many Holocene deposits. Suitable potential GSSP candidates may well exist within anthropogenic deposits, or perhaps at the interface between anthropogenic and non-anthropogenic strata, although none have yet been identified or described. More work is required in this area of investigation. (Waters *et al.* 2018 p. 420).

Desta forma, foram identificadas diversas áreas espalhadas por todos os continentes da Terra que pudessem oferecer indicadores generalizados, correlacionáveis e altamente resolvidos. Esses locais foram tratados como potenciais marcadores primários e secundários na definição do GSSP do Antropoceno (Waters *et al.*, 2018). Esse esforço teve o objetivo estabelecer um marcador cronoestratigráfico que oficializasse o Antropoceno dentro de um período geológico internacionalmente reconhecido.

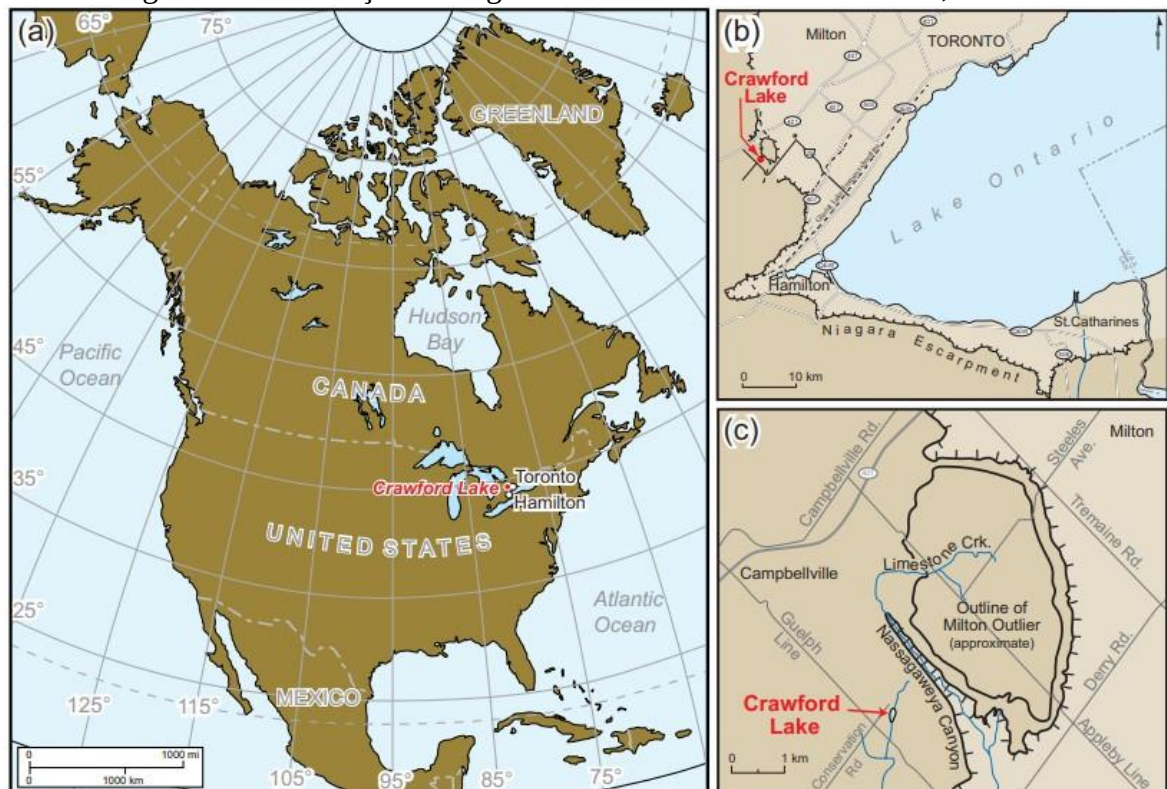
Waters *et al.* (2018) elencaram 12 locais candidatos a serem um desses marcadores. Waters *et al.* (2023) no trecho abaixo, traçaram um panorama descrevendo as principais razões que determinaram a potencialidade desses locais enquanto candidatos em potencial a GSSP:

Many sites show annually resolved laminae (here considered optimal for GSSP selection) that can be independently dated radiometrically to confirm a complete succession over the critical interval. An extensive range of proxies, documenting profound human modification of the Earth System at around the mid-20th century interval, has been analysed. Airborne signals (e.g. radioisotopes, fly ash, stable carbon and nitrogen isotopes) provide the most widespread and near-isochronous proxies, applicable across most environments. Additional means of correlation include the appearance of

microplastics and persistent organic pollutants, and shifts in heavy metal concentrations and lead isotope ratios. Assemblage changes of microfossils (and some macrofossils) in marine, estuarine and lake settings reflect environmental changes and biological introductions. These systematic and comprehensive datasets, with correlation established between sections, provide the basis for a proposal to formalize the Anthropocene. (Waters *et al.*, 2023 p3).

Neste mesmo ano, o *Anthropocene Working Group* (AWG)³ propôs o Lago Crawford localizado em Ontário, no Canadá (Figura 7) como o principal candidato a GSSP da série Antropoceno. O material coletado neste local teve como base a identificação de radionuclídeos artificiais, partículas de combustão, populações bióticas alteradas e poluentes orgânicos encontrados em camadas sedimentares no fundo do Lago (Marshall *et al.*, 2023).

Figura 7 - Localização do Lago Crawford localizado em Ontário, Canadá.



Fonte: Marshall *et al.* (2023).

O interesse no local se deu pelo fato de que os sedimentos presentes no fundo do lago revelam fases distintas do processo de ocupação antrópica, a partir do aumento das cargas de

³ O *Anthropocene Working Group* (AWG) é um grupo de pesquisa interdisciplinar dedicado à investigação do Antropoceno. Foi estabelecido em 2009 pela Subcomissão de Estratigrafia do Quaternário (SQS), órgão componente da Comissão Internacional de Estratigrafia (ICS), e desde então tem trabalhado para avaliar o Antropoceno como uma unidade de tempo geológico. Disponível em: <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>

nutrientes e restos de plantas de assentamentos pré-europeus e europeus, como mostra a Figura 8. Isso está especificamente relacionado aos diferentes métodos agrícolas, com um intervalo de quatro séculos em que os assentamentos estavam ausentes. (Marshall *et al.*, 2023).

Figura 8 - Lago Crawford localizado em Ontário, no Canadá e exemplo de amostra coletada de sedimento de núcleo.

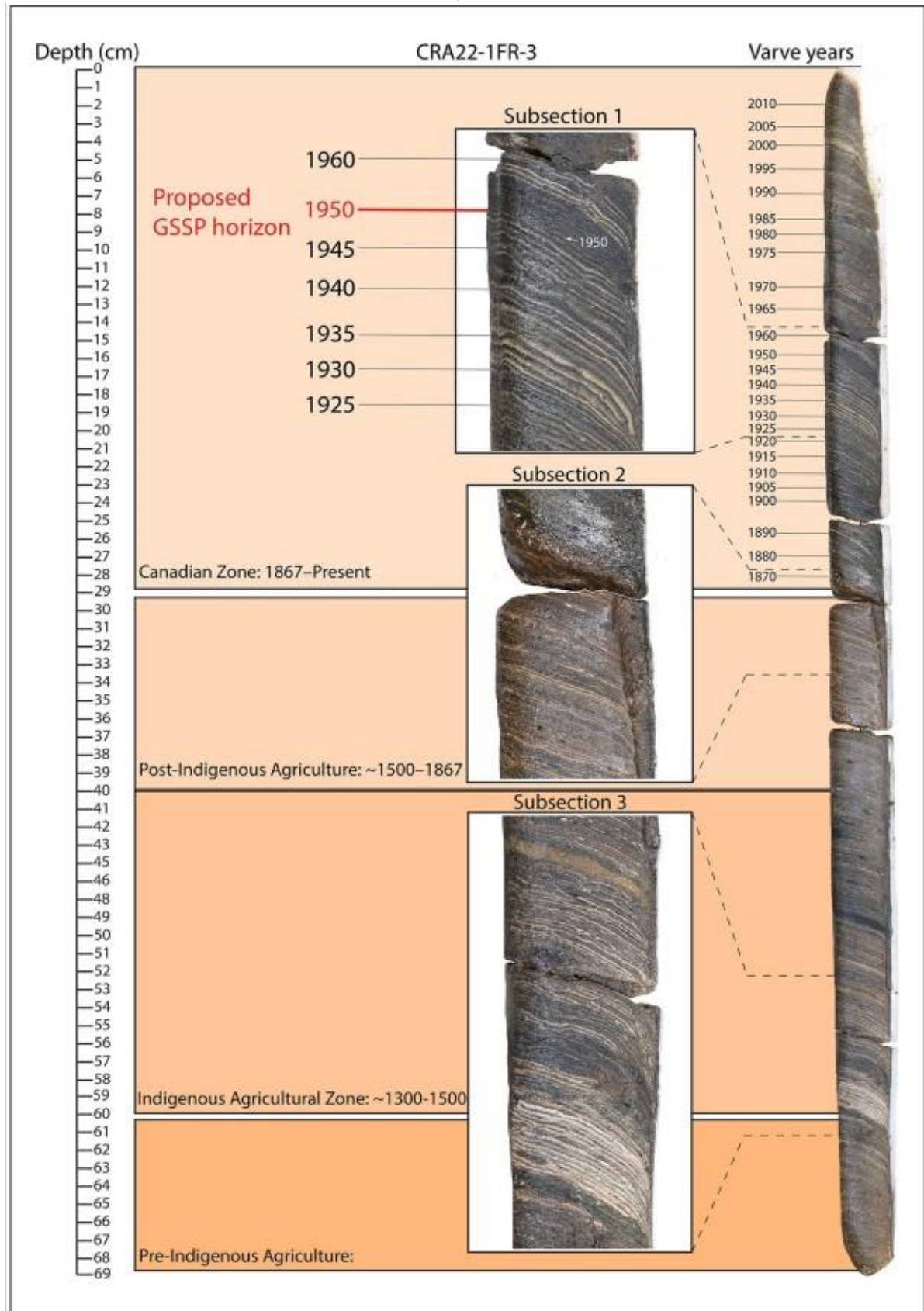


Fonte: GZH (2023).

Devido a preservação propiciada pelas águas subterrâneas oxigenadas do Lago Crawford, o material coletado do fundo possui em suas camadas, registros químicos, físicos e bióticos/fósseis de toda a “história antropogênica” daquela área, fato que o levou a ser considerado como marcador mais adequado para o início do Antropoceno.

As bases propostas foram tomadas a partir de 1950, marcando o início do pico da bomba de plutônio, proveniente de testes nucleares. Além disso, foram observadas inflexões marcadas em partículas carbonosas esferoidais, isótopos de nitrogênio estáveis e marcadores bioestratigráficos em microfósseis. (Marshall *et al.*, 2023; McCarthy, *et al.*, 2023). A Figura 9 ilustra como as deposições de sedimentos produziram um extenso material cronoestratigráfico.

Figura 9 - Núcleo CRA22-1FR-3, mostrando a posição do GSSP proposto, do Lago Crawford, Ontário, Canadá.



Fonte: McCarthy, *et al.* (2023).

Conforme exposto por Marshall *et al.* (2023) os registros analisados incluem o aumento da abundância da alga *Synura*, declínios acentuados em diatomáceas planctônicas, como *Fragilaria*, uma nítida perda da diatomácea *Lindavia michiganiana* por volta de 1950 e aumentos em foraminíferos não planctônicos. Destaca-se também um breve aumento na abundância da diatomácea planctônica *Asterionella formosa*, comum em lagos norte-americanos, associado às condições de aumento do nitrogênio reativo proveniente de fertilizantes artificiais e queima de combustíveis fósseis. (Marshall *et al.*, 2023).

Dessa forma, tem-se que a partir dos estudos destes grupos (Waters *et al.*, 2016; Waters *et al.*, 2018; Waters *et al.*, 2023; Marshall *et al.*, 2023; McCarthy, *et al.*, 2023, entre outros) houve um grande avanço em termos de obtenção de um postulado geológico do Antropoceno, pois foram estabelecidas correlações nos marcadores estratigráficos a nível global, o que por sua vez denotou a extensão do impacto do ser humano sobre a Terra, ao passo que serviu como limiar em termos estratigráfico e cronológico para diferenciar, a partir desses registros, o Antropoceno do Holoceno, como vinha sendo preconizado por autores como Ter-Stepanian (1983, 1988, 1994), Crutzen e Stoermer (2000) e Crutzen (2002) já citados.

No final do ano de 2023, o candidato a GSSP do Antropoceno, localizado no Lago Crawford foi levado a votação na *International Union of Geological Sciences* - IUGS e *International Commission on Stratigraphy* – ICS. Contudo, após a votação, a comissão deliberou-se contrária à sua formalização. Segue a declaração conjunta do IUGS e ICS sobre a votação da Subcomissão do ICS sobre Estratigrafia Quaternária - relativo ao Antropoceno:

It is with the delegated authority of the IUGS President and Secretary General and on behalf of the International Commission on Stratigraphy (ICS) that the vote by the ICS Subcommission on Quaternary Stratigraphy (SQS) to reject the proposal for an Anthropocene Epoch as a formal unit of the Geologic Time Scale is approved. The voting members of SQS have extensive experience and wide expertise in Quaternary stratigraphy and chronology. Their vote was approved by the ICS executive, and that approval was overwhelmingly supported by the chairs of the ICS subcommissions. Despite its rejection as a formal unit of the Geologic Time Scale, the Anthropocene will nevertheless continue to be used not only by Earth and environmental scientists, but also by social scientists, politicians and economists, as well as by the public at large. It will remain an invaluable descriptor of human impact on the Earth system. (International Union of Geological Sciences - IUGS e International Commission on Stratigraphy – ICS. 2024, n. p.)⁴

⁴ A declaração completa da *IUGS/ICS* sobre a votação do Antropoceno está disponível nos links: <https://www.iugs.org/_files/ugd/f1fc07_23c6f9e723bc47b9b5fdcd300f806f25.pdf?index=true> (Versão curta); e <https://www.iugs.org/_files/ugd/f1fc07_40d1a7ed58de458c9f8f24de5e739663.pdf?index=true> (Versão estendida).

A figura 10 representa a cronologia atual do limite superior da Carta Cronoestratigráfica Internacional, em que o Holoceno mantém-se como a última época geológica oficial, e o Megalayano como a idade mais recente formalizada. Ou seja, mantém-se a mesma configuração convencionada anteriormente a proposição do Antropoceno, e a influência do ser humano fica de fora da classificação formal.

Figura 10 – Configuração atual com a divisão do Holoceno em três idades na Carta Cronoestratigráfica Internacional.

Eonotema/Eon	Eratema/Era	Sistema/Período	Série/Época	Andar/Idade		Idade (Ma)	GSSP
Fanerozoico	Cenozóico	Quaternário	Holoceno	Megalayano		0,0042	
				Northgrippiano		0,0082	
				Greenlandiano		0,0117	
			Pleistoceno	Superior	Superior	0.129	
				Médio	Chibaniano	0.774	
				Inferior	Calabriano	1.80	
					Gelasiano	2.58	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em *International Commission in Stratigraphy - IUGS* (2024).

O debate em torno do Antropoceno e de sua formalização apresentou um avanço significativo nos últimos anos, e sua relevância enquanto conceito, termo ou perspectiva é nítida no debate e na pesquisa acadêmica, sobretudo nas ciências ambientais e da Terra, mas também entre cientistas sociais, políticos, economistas, e pelo público em geral (fato que foi assumido inclusive pelo IUGS-ICS). A rejeição da formalização do Antropoceno não significa que o mesmo perdeu sua relevância. Porém, há que se reconhecer que uma próxima votação desta natureza só será feita dez anos após a votação de 2023.

Cabe mencionar que no âmbito dos diversos campos das ciências naturais e sociais existe uma série de outros termos para além do Antropoceno são defendidos para tratar do impacto da humanidade sobre o meio. Uma pesquisa feita por Chwałczyk, (2020), elencou pelo menos 90 termos e nomenclaturas que são utilizados ao redor do mundo nesse sentido.

2.4. AS FORMAÇÕES TECNOGÊNICAS E A QUESTÃO TEMPORAL NA INTERPRETAÇÃO DA PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO

Assim como o Antropoceno, outro objeto de ampla discussão na atualidade é a questão das formações tecnogênicas (terrenos, depósitos e relevos, que podem receber diferentes nomenclaturas conforme o contexto e o referencial) e nesse contexto, também é debatida a agência geológica humana sobre a Terra.

O pioneiro no tema dos depósitos tecnogênicos foi Chemekov, que em 1983 introduziu uma definição para essas formações. Segundo ele, são depósitos formados pela atividade humana, um agente geológico poderoso que provoca elevadas taxas de transporte e sedimentação de material tecnogênico na superfície terrestre (Chemekov, 1983).

Conforme o autor, essas atividades humanas geram novos tipos de depósitos que não têm equivalentes nos períodos “pré-antropogênicos”. Esses terrenos e depósitos representam novos marcos estratigráficos, cuja influência preponderante é das ações humanas sobre as paisagens. A partir da tríade “gênese - composição - morfologia do corpo geológico”, Chemekov lista 11 exemplos desses depósitos, categorizando-os em três “séries paragenéticas”: subaérea, subaquática e subterrânea. Vale ressaltar que o autor, já na década de 1980, reconheceu a necessidade de desenvolver técnicas de mapeamento desses depósitos, destacando a importância econômica e estratégica dessa atividade (Chemekov, 1983).

Nesse contexto, “[...] os depósitos tecnogênicos constituem uma classe de formação superficial gerada em decorrência da atividade geológica humana” (Peloggia, 2003, p.1). As formações tecnogênicas, que englobam terrenos, depósitos e relevos, “[...] originam-se a partir de ações diretas e indiretas das sociedades, capazes de alterar as características da estrutura superficial das paisagens e, com isso, as formas de relevo e os materiais superficiais e subsuperficiais” (Silva, 2017, p.9).

O debate em torno dos terrenos ou depósitos tecnogênicos e do Antropoceno, especialmente no campo da Geografia, suscita uma discussão sobre a natureza e produção dessa ciência na atualidade, sobretudo na geografia física. Suertegaray e Nunes (2001) realizaram uma análise precisa desse cenário.

No referido trabalho, os autores compilaram estudos produzidos na geografia, e os examinaram sob a perspectiva da relação sociedade-natureza de suas discussões. Eles explicam como a ciência geográfica passou por distintas fases ao longo de sua história, sendo desafiadora para os geógrafos, especialmente durante o século XIX e metade do século XX, quando prevaleceu uma fragmentação entre os geógrafos físicos e humanos. Somente em meados dos

anos 1970, com o surgimento dos debates ambientais, essa articulação começou a ser retomada (Suertegaray; Nunes. 2001).

Ao analisar a abordagem do tempo na interpretação do relevo, os autores introduzem o debate entre duas perspectivas: o tempo geológico versus o tempo histórico, o tempo profundo em contraste com o tempo que faz. O tempo profundo é definido da seguinte maneira:

Segundo Gould (1991), a noção de tempo profundo remonta ao século XVIII com Hutton. Este, para os geólogos, pode ser representado de forma antagônica através de duas metáforas: seta do tempo e ciclo do tempo. Estas concepções de tempo influenciaram a Geomorfologia, que se utilizou destes conceitos para explicar as formas da superfície da Terra. Podemos também pensar a idéia de tempo a partir de uma outra metáfora: a espiral. Nesta perspectiva, a dinâmica geomorfológica é algo que se projeta enquanto seta, de forma linear e sucessiva, em constante transformação. Esta transformação produz-se e/ou reproduz-se através de ciclos que se sucedem, mas que, ao se sucederem, não se reproduzem com as mesmas características anteriores. O que significa dizer que a forma geomorfológica é o resultado de processos do passado e do presente ou da coexistência de tempos, parafraseando Santos (1997) quando se refere ao espaço geográfico. (Suertegaray; Nunes. 2001 p.18-19).

Ou seja, trata-se de uma concepção que enfatiza os estudos relativos à morfogênese do relevo, na qual os geomorfólogos enfatizam a interpretação genética para entender a origem das formas, “estudando com mais detalhe o tempo que escoia (*time*) do que o tempo que faz (*weathering*)”. (Suertegaray; Nunes. 2001 p.19). Já, quanto ao tempo “que faz”, é descrito como:

O tempo que faz não é mais o tempo das regularidades, da uniformidade dos processos. O tempo que faz é o tempo das irregularidades, dos episódios catastróficos, dos eventos esporádicos, dos ritmos e das variabilidades. É também um tempo que introduz no que fazer da natureza a dimensão antropogênica, não levada em conta quando nos detemos a refletir na ótica do tempo que escoia. Aqui aparece o grande obstáculo para a Geologia. Esta, dominada pela leitura da formação da Terra baseada no tempo que passa, tem apresentado dificuldades em compreender o significado do tempo que faz, incluindo a dinâmica antropogênica. O tempo que faz é percebido como um período curto, incapaz de gerar transformações da ordem daquelas analisadas quando se trabalha com a concepção de tempo profundo (Suertegaray; Nunes. 2001 p.19).

De forma semelhante, Peloggia (2021) fez algumas observações a respeito de como o debate sobre o conceito do Antropoceno/Tecnógeno tem se encaminhado:

Entendo que a potencialidade do uso do Antropoceno como um conceito heurístico, isto é, capaz de instruir a prática, tem muito a perder se o termo for entendido em sua concepção geológica restrita, isto é, cronoestratigráfica-geocronológica. (Peloggia, 2021 p.70).

Seguindo esse raciocínio, nota-se que as ciências que analisam o relevo (ou, de forma mais ampla, o meio físico), e a relação sociedade-natureza, encontram-se diante de uma demanda contínua de formulações e reformulações de conceitos, concepções e metodologias de pesquisa, e isso se deve a crescente importância do debate da questão ambiental que reforça a necessidade de compreender a complexidade desse objeto de estudo.

Compreender as transformações do relevo relacionadas ao tempo do Antropoceno e a formação de terrenos e depósitos tecnogênicos relativos, é de fundamental importância para entender as dinâmicas de formação e alteração do relevo. Para isto, é necessário que se conheça com mais profundidade os aspectos geomorfológicos, pedológicos e geológicos da área de pesquisa (Menezes *et al.*, 2020), bem como, as características sedimentológicas e estratigráficas das camadas dos materiais tecnogênicos constituintes (Silva, 2012).

2.5. CLASSIFICAÇÃO DOS TERRENOS TECNOGÊNICOS: A BUSCA POR UMA ABORDAGEM INTEGRADA.

Este subtópico visa abordar os esforços teórico-metodológicos de classificação/definição dos terrenos tecnogênicos e de formas de relevo tecnogênicas. Para atingir esse propósito, será conduzida uma análise de algumas das principais proposições teóricas de autores do Brasil que representaram uma contribuição nesse sentido, contextualizando as proposições anteriores e posteriores, traçando assim, um panorama teórico.

Alguns autores elaboraram classificações para os diferentes tipos de abordagem dos terrenos e depósitos tecnogênicos. Para tanto, distinguiram os mesmos a partir dos diferentes processos de formação e materiais constitutivos (Fanning e Fanning, 1989; Oliveira, 1990; Oliveira, 1995; Peloggia, 1996; Peloggia, 1999; Peloggia, 2017).

No Brasil, os primeiros estudos na área específica do Tecnógeno (já com essa nomenclatura) surgiram a partir da década de 1990 e se difundiram nas décadas seguintes. Cabe destacar alguns pesquisadores que se debruçaram sobre o tema, como Peloggia (1999; 2003; 2005; 2017), Oliveira (1994); Silva (2011); Dias (2015); Nolasco (1998); Cúrcio *et al.* (2004); Silva (2009; 2012; 2017) e Moura *et al.* (2023) além de outros estudos apenas para exemplificar.

O Quadro 1 apresenta um esboço com a cronologia simplificada de algumas das principais classificações e proposições que foram geradas, com seus respectivos autores, e o ano de criação/proposição.

Quadro 1 - Esboço da cronologia de evolução das propostas de classificação de depósitos/terrenos tecnogênicos no Brasil.

- OLIVEIRA (1990): depósitos construídos; induzidos e modificados;
- PELOGGIA (1992; 1994): categoria adicional de depósitos remobilizados
- PELOGGIA (1999): propõe a subdivisão dos depósitos induzidos de Oliveira entre sedimentares e tecnogênico aluvial com base em OSOVETSKY, (1996).
- NOLASCO (1998): “adiciona” 1 classe a proposta de Oliveira (1990) – depósitos retrabalhados e difere o “ambiente sedimentar tecnogênico” continental entre industrial; mineiro; urbano; rural/agropecuário;
- PELOGGIA (1996-1998): Aplica a classificação de FANNING e FANNING (1989) – “Solos altamente influenciados pelo homem” que os difere a partir da quantidade de artefato e lixo no material em 4 categorias – 1) materiais úrbicos; 2) gárbicos; 3) espólicos e 4) dragados;
- PELOGGIA (1999): parte da complementaridade das propostas anteriores e propõe uma “classificação integrada” – aplicação dos parâmetros: gênese – composição – estrutura – forma de ocorrência – ambiente tecnogênico. Classificação dos depósitos tecnogênicos feita em função dos processos geradores, material constituinte (litologia), localização ou expressão no relevo.
- CÚRCIO <i>et al.</i> (2004): propõe a classificação da Ordem dos Antropossolos
- PELOGGIA <i>et al.</i> (2014): Proposta da Geodiversidade Tecnogênica.
- PELOGGIA (2017): Junção das propostas de Geodiversidade Tecnogênica e Ordem dos Antropossolos.
- MOURA <i>et al.</i> (2023): Acrescentam diretrizes para classificação e mapeamento de formas de relevo tecnogênicas, propostas pelo Grupo de Trabalho direcionado ao Subsistema Relevo Tecnogênico (GTD Subsistema Relevo Tecnogênico), integrante do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR), em uma iniciativa coordenada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Serviço Geológico do Brasil (SBG/CPRM) e pela União da Geomorfologia Brasileira (UGB) (CEN/SBCR, 2022).

Fonte: Organizado pelo autor (2024).

Assume-se que é importante fazer essa recapitulação da discussão acerca dos terrenos tecnogênicos, e dos conceitos que o circundam, de modo que evidencie o esforço epistemológico que tem sido realizado por diversos pesquisadores com vistas a integração de ideias, o que representa um avanço para a ciência, à medida que promove uma quebra de barreiras teóricas e conceituais, e significa também uma quebra de dicotomias, que muitas vezes limitam o progresso da discussão acadêmica.

Na tabela 1, encontra-se a primeira proposta de classificação integrada dos depósitos tecnogênicos formulada por Peloggia (1999) na qual o autor busca unir diferentes proposições de autores brasileiros e estrangeiros que teorizavam sobre o tema até aquela época.

Tabela 1 - 1º Classificação Integrada dos depósitos tecnogênicos.

Parâmetro	Gênese	Composição	Estrutura	Forma de ocorrência	Ambientes
Depósitos Tecnogênicos (d.t.)	1º ORDEM Construídos (a) Induzidos (a) Modificados (a)	Úrbicos (c) Gárbicos (c) Espólicos (c) Líticos	Estratificados Em camadas Em células Maciços Irregulares	Maciços isolados Lençóis de aterramento Cohrviiformes Aluviiformes	Industriais (b) Mineiros (b) Urbanos(b) e peri-urbanos Rurais (b)
	2º ORDEM Retrabalhados (b) Remobilizados	Sedimentares Tecnogênico-aluviais (d)			
Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos de Peloggia (1999). Baseado nos seguintes autores: (a) Oliveira, 1990; (b) Nolasco, 1998; (c) Fanning & Fanning, 1989 (d) Osovetskiy, 1996.					

Fonte: Peloggia, (1999) adaptado pelo autor (2024).

Peloggia (1999) destaca que existiam uma série de proposições relacionadas à classificação de depósitos tecnogênicos para auxiliar em sua classificação, como evidenciado no trecho subsequente:

[...] Oliveira (1990) propõe a classificação geral dos depósitos tecnogênicos em três tipos genéticos: *construídos* (resultantes diretos da ação humana, como aterros, corpos de rejeito e etc.), *induzidos* (resultantes de processos naturais modificados ou intensificados pela ação humana, como depósitos de assoreamento, aluviões modernas etc) e *modificados* (solos ou depósitos naturais alterados em sua constituição por componentes tecnogênicos, como efluentes, adubos etc.). Nolasco (1998) introduz uma quarta categoria à classificação de Oliveira, qual seja a de depósitos *retrabalhados*[...] (Peloggia, 1999 p.36).

No mesmo texto, o autor aborda a associação de depósitos tecnogênicos e unidades estratigráficas, identificando exemplos de unidades aloestratigráficas (Aloformação Carrapato, anteriormente considerada holocênica), unidades litoestratigráficas e edafoestratigráficas, propondo que os depósitos tecnogênicos sejam classificados como uma categoria de unidade litoestratigráfica especial (Peloggia, 1999, p.43).

Num segundo momento, Peloggia *et al.* (2014) propõem uma nova classificação integrada, agora denominada de Geodiversidade Tecnogênica, a ideia foi juntar a classificação então estabelecida (Peloggia, 1999), com a proposição dos “terrenos artificiais” do Serviço Geológico Britânico, além das propostas russa, polonesa e norte americana, trata-se também de um esforço para criar uma classificação geológica ligada ao mapeamento.

Três anos após esta proposta, Peloggia (2017), empreendeu um novo esforço ao abordar a integração das principais classificações brasileiras para os temas. O autor realiza uma análise comparativa, concentrando-se nas propostas da Geodiversidade Tecnogênica (Peloggia *et al.*, 2014) e da Ordem dos Antropossolos (Cúrcio *et al.*, 2004). Ao abordar os conceitos

fundamentais relacionados a terrenos naturais, o autor explana sobre formações superficiais, solos e depósitos.

Por formação superficial entendem-se as camadas geológicas em geral exógenas e inconsolidadas, posicionadas no contato litosfera-atmosfera, em situação aflorante ou sub-aflorante, com uma relação com o substrato que pode ser autóctone (no caso das alteritas e horizontes de solo) ou alóctone (no caso de depósitos sedimentares). Estas formações costumam mostrar uma configuração geomorfológica nítida (em função do que a abordagem morfoestratigráfica é valiosa em seu estudo) e características “litológicas” específicas (CAMPY; MACAIRE, 1989; CPRM, 1996). O conjunto das formações superficiais inconsolidadas forma o regolito (residual ou transportado) (Lapidus, 1990; Bates; Jackson, 1984). (Peloggia, 2017 p. 103).

Destaca-se uma distinção clara entre terreno/depósito e solo, que possuem diferenças genéticas a partir dos processos de formação, uma vez que os depósitos são produtos sedimentares (aluviais) e os solos têm natureza pedogênica (eluviais). Peloggia (2017) define o que entende por depósitos com a seguinte afirmação:

[...] são produtos sedimentares, resultando da acumulação de sedimentos que foram erodidos e transportados, nos ambientes continentais úmidos, pelo escoamento superficial nas encostas e por processos fluviais nos vales, ou seja, em ambiente aluvial. [...]. É certo que entre este e o ambiente de formação do solum (eluvial) há elementos intermediários, para-autóctones, representados pelos materiais que sofreram ação de fenômenos de rastejo e solifluxão (movimentos de massa tangenciais nas encostas, por ação notadamente da gravidade), que se situam em ambiente coluvial. (Peloggia, 2017 p. 103-104).

O autor conclui seu raciocínio deixando nítido que há uma lógica objetiva de diferenciação entre os termos citados, que é a diferenciação genética propiciada através da formação de cada um deles:

Portanto, a alterita e o solum, as camadas coluviais e os depósitos aluviais são formações superficiais, mas diferenciam-se geneticamente em função de seus processos de formação. Tendo isto em vista, pode-se avançar na discussão acerca das formações superficiais direta ou indiretamente produzidas ou modificadas pela agência humana. (Peloggia, 2017 p. 104).

Por razões de recorte teórico e metodológico, a discussão específica dos antropossolos não será abordada aqui, e o foco irá se manter nos terrenos tecnogênicos. Quanto aos estudos baseados na ideia das formações produzidas pela humanidade, o autor destaca que, no campo da geologia o conceito fundamental não é o de solo, mas sim o de terreno (*ground*). O autor

apresenta a classificação das classes de terrenos artificial (*artificial grounds*) do Serviço Geológico Britânico. Que pode ser vista no quadro 2.

Quadro 2 - Classificação de Classes de Terrenos Artificiais do Serviço Geológico Britânico.

CLASSES DE TERRENOS	DESCRIÇÃO
Terreno produzido (<i>Made Ground</i>)	Áreas em que houve acumulação de material por ação humana sobre a superfície de terreno natural.
Terreno escavado (<i>Worked Ground</i>)	Áreas onde a superfície preexistente foi escavada por ação humana
Terreno preenchido (<i>Infilled Ground</i>)	Áreas onde a superfície existente foi escavada e posteriormente aterrada parcial ou totalmente por ação humana.
Terreno movimentado (<i>Disturbed Ground</i>)	Áreas de movimentação e subsidência de material relacionada à atividade minerária.
Terreno complexo (<i>Landscaped Ground</i>)	Áreas onde a superfície preexistente foi extensivamente remodelada sendo impraticável mapear as classes anteriores separadamente.
Classificação de Classes de Terrenos Artificiais do Serviço Geológico Britânico (McMILLAN; POWELL,1999; ROSEBAUM <i>et al.</i> 2003; PRICE <i>et al.</i> 204; PRICE <i>et al.</i> 2011)	

Fonte: (Peloggia, 2017 p. 107) adaptado pelo autor (2024).

Peloggia *et al.* (2014), a partir de novas discussões de Peloggia (2015) e Vitorino *et al.* (2016), fazem uma nova distinção a respeito da diversidade de terrenos tecnogênicos, dividindo-os nas quatro classes seguintes: terrenos de agradação, degradação, modificados e complexos. O autor os descreve da seguinte forma:

Às três primeiras correspondem categorias geológicas específicas, respectivamente: depósitos tecnogênicos como formadores dos terrenos de agradação; solos tecnogênicos como constituintes dos terrenos modificados, e; substratos naturais expostos ou movimentados. A quarta classe é definida em função das necessidades práticas de mapeamento, correspondendo ao conceito de landscaped ground dos britânicos. (Peloggia, 2017 p. 107).

Essa classificação, bem como suas categorias geológicas, tipos e camadas ou feições tecnogênicas pode ser vista no quadro abaixo (Quadro 3), que por sua vez, corresponde a uma proposta atualizada de classificação dos terrenos tecnogênicos.

Quadro 3 - Proposta de classificação dos Terrenos Tecnogênicos.

CLASSIFICAÇÃO DE TERRENOS TECNOGÊNICOS (ANTROPOGÊNICOS) PARA MAPEAMENTO GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO			
CLASSE	Categoria Geológica	TIPO	CAMADA OU FEIÇÃO TECNOGÊNICA
Terreno Tecnogênico de Agradação	Formações superficiais antropogênicas	Terreno produzido	Terreno aterrado Depósitos tecnogênicos construídos
			Terreno acumulado Camadas tecnogênicas culturais (de ocupação, construção ou destruição) acumuladas sucessivamente.
		Terreno preenchido	Depósitos tecnogênicos construídos recobrimdo terreno escavado
		Terreno tecnogênico sedimentar	Aluvial Depósitos tecnogênicos induzidos de fundos de vale
			Coluvial Depósitos tecnogênicos induzidos de vertentes
		Terreno tecnogênico de escorregamento	Depósitos tecnogênicos induzidos criados por movimento de massa
		Terreno tecnogênico remobilizado	Depósitos tecnogênicos formados por remobilização de depósitos tecnogênicos preexistentes
		Terreno tecnogênico misto	Depósitos tecnogênicos construídos, induzidos ou remobilizados formando pacote indiferenciado
Terreno Tecnogênico Modificado	Solos Tecnogênicos	Terreno de composição alterada	Solos naturais com incorporação de contaminantes químicos ou material orgânico
		Terreno geomecanicamente alterado	Solos naturais compactados ou revolvidos
Terreno tecnogênico de degradação	Substrato Exposto ou Movimentado	Terreno erodido	Cicatrizes de erosão criadas por processos induzidos
		Terreno escorregado	Cicatrizes de escorregamentos criadas por processos induzidos
		Terreno movimentado ou afundado	Depressões de subsidência criadas por processos induzidos
		Terreno escavado	Superfícies de escavação
Terreno tecnogênico complex	Paisagem Tecnogênica	Terreno complexo	Terrenos formados pela agregação ou sobreposição complexa de depósitos ou solos tecnogênicos ou superfícies de exposição de substrato, não diferenciáveis na escala de mapeamento adotada.
A ocorrência de processos posteriores que afetem a configuração ou composição dos terrenos tecnogênicos (como erosão, movimentação de massa, presença de água subterrânea ou formação de solos por pedogênese) deverá ser acrescida ao tipo de terreno com termos descritivos apropriados.			

Fonte: Peloggia (2017, p 108).

Vitorino *et al.* (2016) acrescentou uma forma de aplicação da classificação de Peloggia (2014), fazendo uma junção descritiva das camadas tecnogênicas com base no tipo de material mais a estrutura, baseado no conceito de fácies tecnogênicas, como pode ser visto no Quadro 4:

Quadro 4 - Classificação de fácies em camadas tecnogênicas modificada de Vitorino *et al.* (2016), com base em Peloggia (1999) e Fanning e Fanning (1989).

CLASSIFICAÇÃO DE FÁCIES EM CAMADAS TECNOGÊNICAS	
Regra de aplicação: a classificação faciológica do depósito resulta da conjunção do material constituinte com a estrutura: (A) + (B)	
Tipo de material (A)	Composição do depósito
Úrbico	Materiais terrosos com artefatos, frequentemente em fragmentos, entulhos e detritos urbanos em geral.
Gárbico	Material detrítico com quantidade significativa de lixo orgânico
Espólico	Material proveniente de escavação do manto de intemperismo, eventualmente com material rochoso subordinado.
Sedimentar	Material sedimentar, frequentemente com clastos tecnogênicos de qualquer granulação.
Lítico	Material rochoso de granulação diversa, eventualmente com material rochoso subordinado.
Estrutura (B)	Características do modo de organização interna do depósito
Estratificada	Estruturas resultantes de processos sedimentares
Acamadada	Sobreposições de camadas de características distintas ou não.
Maciça	Material com distribuição e características homogêneas
Irregular	Arranjo aleatório de materiais de características distintas
Celular	Porções justapostas constituídas por materiais distintos

Fonte: Peloggia (2017 p.109).

Em suas considerações finais, o autor conclui que as concepções de solos e terrenos antropogênicos não são compatíveis terminologicamente. Por fim, o autor apresenta uma sequência de exemplos nos quais ele aplica esta classificação de terrenos tecnogênicos, a Figura 11 é um mosaico com alguns dos exemplos elencados pelo autor.

Figura 11 – Exemplos de formações tecnogênicas classificadas por Peloggia (2017).



A) Terreno tecnogênico de agradação de tipo produzido, em processo de formação, constituído por depósito construído, úrbico-macizo, isolado, em ambiente periurbano (Parque Continental II, Guarulhos, SP).



B) Terreno tecnogênico de agradação, formado por depósito produzido de fácies gárbica-irregular, em maciço isolado em encosta e cabeceira de drenagem em ambiente de expansão urbana (Itaquaquecetuba, SP).



C) Terreno tecnogênico de agradação produzido, formado por depósitos tecnogênicos construídos espóico-macizos dispostos em lençóis de aterramento em ambiente periurbano, erodido posteriormente (Parque Continental II, Guarulhos, SP).



D) Terreno tecnogênico de agradação, formado por depósito tecnogênico produzido, espóico em camada, recobrindo sedimentos anteriores cinzentos estratificados (talvez tecnogênicos induzidos), em ambiente de planície tecnogênica rural (Itaquaquecetuba, SP).



E) Terreno tecnogênico de agradação produzido formado por camada tecnogênica (e não “solo”) espóico (acima do martelo) recobrindo o solo original de encosta, em ambiente rural (Itaquaquecetuba, SP).

F) Terreno tecnogênico de agradação misto, mostrando sequência de depósitos (e não “solos”) tecnogênicos induzidos e produzidos de fácies úrbico-acamadada e sedimentar-estratificada, formado planície tecnogênica em ambiente periurbano (Parque Continental II, Guarulhos, SP).



Fonte: Peloggia (2017), adaptado pelo autor (2024).

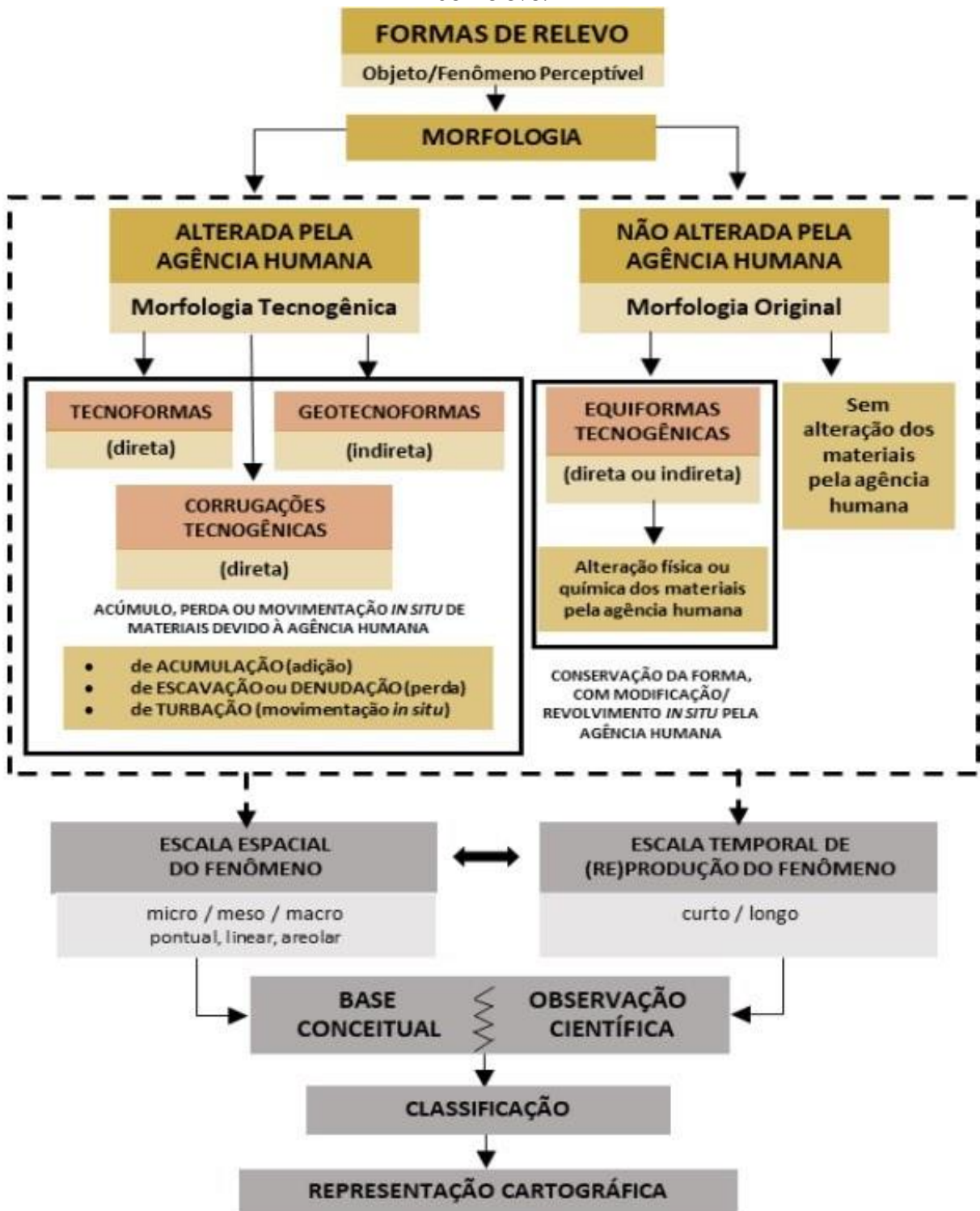
Mais recentemente, Moura *et al.* (2023) acrescentam diretrizes para classificação e mapeamento de formas de relevo tecnogênicas, propostas pelo Grupo de Trabalho direcionado ao Subsistema Relevo Tecnogênico (GTD Subsistema Relevo Tecnogênico), integrante do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR), em uma iniciativa coordenada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo Serviço Geológico do Brasil (SBG/CPRM) e pela União da Geomorfologia Brasileira (UGB) (CEN/SBCR, 2022).

O trecho abaixo é um panorama da perspectiva teórico-metodológica de Moura *et al.* (2023), em que os autores estabelecem uma conexão entre a geomorfologia, a agência geológico-geomorfológica humana, os terrenos tecnogênicos e o Antropoceno:

A agência geológico-geomorfológica humana, conceito referido ao modo complexo como os seres humanos, em interação social e sob múltiplas determinações, colocam em prática sua capacidade de conformar e transformar a paisagem (PELOGGIA, 2015), substitui aqui o conceito restrito de “ação antrópica” e constitui fator fundamental para a caracterização das formas de relevo tecnogênicas, dos materiais tecnogênicos e dos processos gerados pelas atividades humanas no meio físico (CHEMEKOV, 1983; TER-STEPANIAN, 1988). Os modos de apropriação e modificação da morfologia original auxiliam na compreensão dos fatores geradores dos novos processos morfodinâmicos e registros morfoestratigráficos (terrenos tecnogênicos) que constituem o Evento Tecnogênico (OLIVEIRA; PELOGGIA, 2014) ou Episódio Modificador Antropogênico (WATERS *et al.*, 2022), originados no Holoceno e no Antropoceno (CRUTZEN; STOERMER, 2000). Nesse contexto, podem ser individualizados dois tipos de morfologia (Figura 1): a que foi alterada ou neoformada por intervenção humana (morfologia antropogênica) e a que não foi alterada (morfologia original). (Moura *et al.*, 2023 p.3).

Tal aplicação resultou em uma classificação (Figura 12) de 2 níveis: 1) categorias, definidas segundo a dinâmica geomorfológica seja aditiva (elevações ou superposições), subtrativa (cicatrizes ou depressões) ou conservativa (corrugações e equiformas), esta última diferenciada pela ocorrência ou não de alteração topográfica; (2) Tipos, diferenciados conforme o agenciamento humano, seja direto (tecnoformas), ou indireto (geotecnoformas), ou ainda, segundo o caráter superficial ou profundo do processo modificador (no caso das equiformas) (Moura *et al.*, 2023, p. 6).

Figura 12 - Diagrama Conceitual para classificação e mapeamento do Relevo Tecnogênico, do Grupo de Trabalho Subsistema Relevo Tecnogênico e Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo.



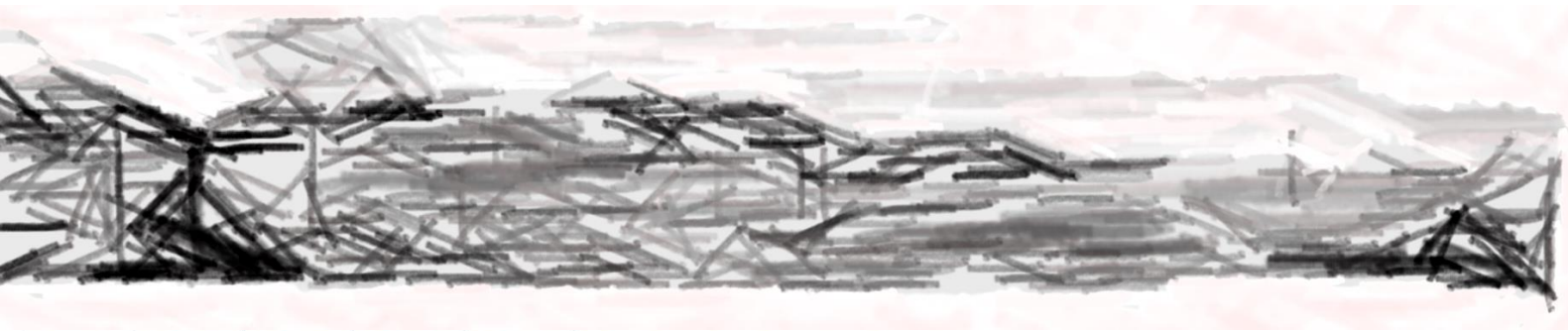
Fonte: Moura *et al.* (2023).

Assume-se, portanto, que houve um importante avanço no campo das propostas de classificação das formações tecnogênicas, de modo que alguns grupos de pesquisadores têm realizado esforços do ponto de vista da consolidação de convenções cartográficas, o que é

fundamental para a geração de produtos cartográficos dessas formações tecnogênicas, que por sua vez irão contribuir para a aplicação e operacionalização dessas bases cartográficas no planejamento e na tomada de decisões, ao passo em que se considere as especificidades ligadas a essas formas de relevo, e suas implicações.

Compreender as transformações do relevo associadas ao período do Antropoceno e a consequente formação de terrenos e depósitos tecnogênicos é de fundamental importância para o estudo dos seus impactos e implicações. Para alcançar tal compreensão, é essencial realizar investigações aprofundadas sobre os aspectos geomorfológicos, pedológicos e geológicos da área de estudo (Menezes *et al.*, 2020), assim como as características sedimentológicas e estratigráficas das camadas dos materiais tecnogênicos constituintes (Silva, 2012).

ÁREA DE ESTUDO



3. ÁREA DE ESTUDO

Este tópico tem como objetivo fornecer um panorama descritivo da área de estudo, partindo de uma visão geral do município de Presidente Prudente – SP, posteriormente, focando na Área de Preservação Ambiental - APA do Timburi, e por fim, descrevendo mais detalhadamente a área em si.

3.1. MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP

3.1.1. Características físicas e geográficas gerais

Presidente Prudente está situada nas coordenadas geográficas 22° 07'S e 51° 23'W, abrangendo uma área de 562,8 km², com uma população estimada em aproximadamente 231.953 habitantes (IBGE, 2021). Localizado no Oeste Paulista, esta região, devido a fatores geológicos, geomorfológicos, litológicos e climáticos, apresenta um elevado grau de suscetibilidade a processos erosivos. (Boin, 2000).

O Planalto Ocidental Paulista, onde o município está localizado, compreende 50% do território do Estado de São Paulo, englobando também o município em questão. Do ponto de vista geológico, a região é caracterizada pela predominância de rochas pertencentes ao Grupo Bauru, destacando-se as Formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. A respeito das características litológicas destas formações, Godoy (1999) escreveu:

A Formação Caiuá é constituída predominantemente por arenitos de coloração arroxeada, com marcante estratificação cruzada de grande porte, tangencial na base, de granulação fina a média e muito boa seleção ao longo da mesma lâmina ou estrato, com grãos arredondados a subarredondados. A Formação Santo Anastácio é constituída principalmente de arenitos de cor marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação fina a média, apresentando seleção regular a ruim em geral, com grãos arredondados a subarredondados e cobertos por película limonítica. A Formação Adamantina caracteriza-se litologicamente pela ocorrência de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor róseo a castanho, com espessuras variáveis entre 2 e 20 metros e alternados com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhado a cinza castanho. Quanto à estrutura, as estratificações cruzadas são próprias dos estratos mais areníticos, ao passo que, nos termos lamíticos subordinados a eles, são mais comuns os bancos maciços ou dispostos em acamamento plano-paralelo, com a presença freqüente de marcas de onda e microestratificação cruzada. (Godoy, 1999, p. 19).

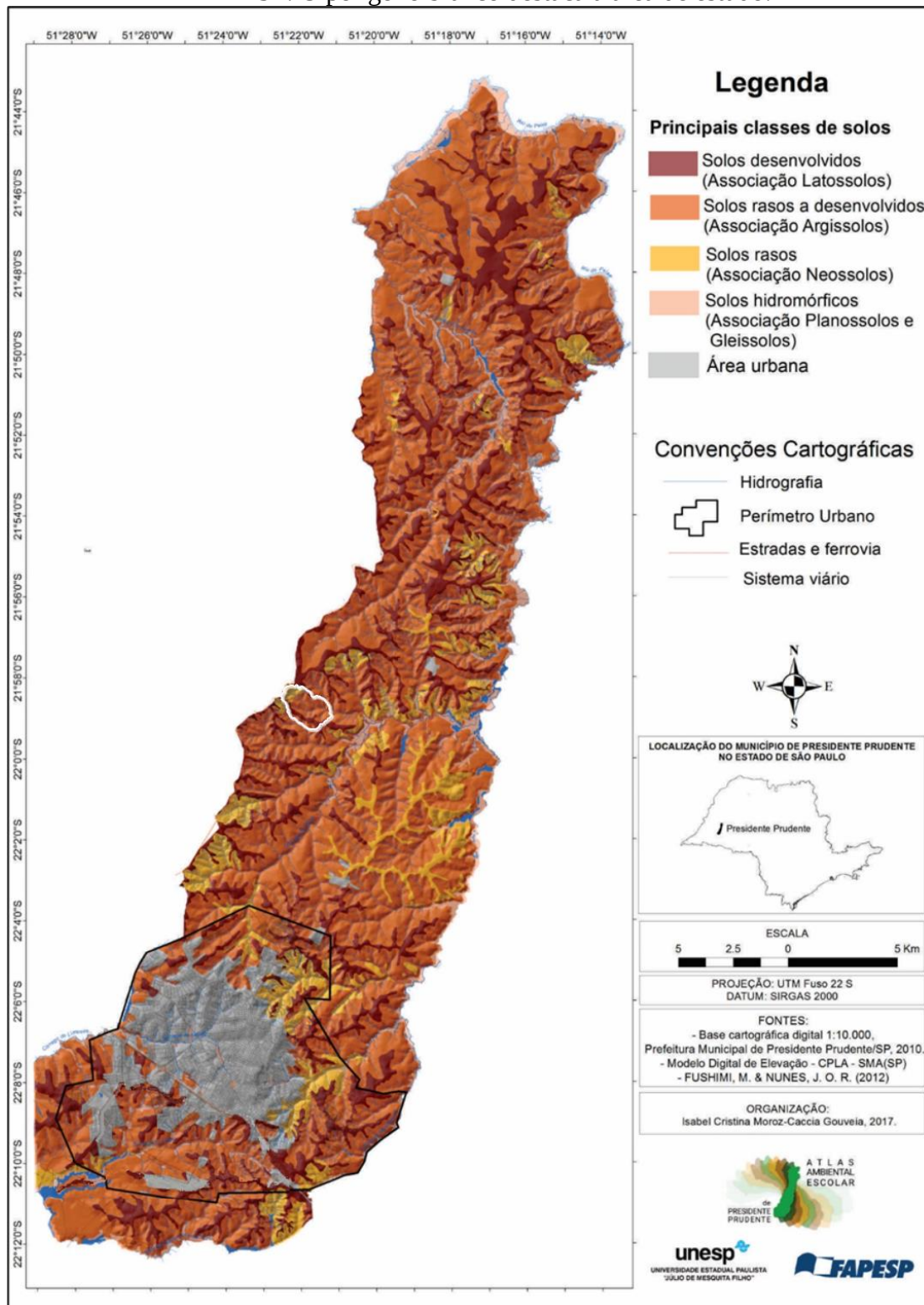
Morfologicamente, apresenta Depósitos Aluviais com declive em direção ao Rio Paraná, resultando em relevos estruturais (Bistrichi, 1981). De acordo com Mapa geológico do

Estado de São Paulo, escala 1: 750.000 – Perrota *et al.* (2005), a Formação Presidente Prudente – Grupo Bauru é descrita da seguinte forma:

A Formação Presidente Prudente, conforme descrita por Fernandes (1998), tem por área tipo as cabeceiras do Rio Santo Anastácio, nas cercanias da cidade de Presidente Prudente, e o interflúvio entre os rios Aguapeí e do Peixe, no oeste do Estado de São Paulo. A seção tipo aflora no km 442,4 da rodovia SP 425, ao sul da cidade de Presidente Prudente. Em conjunto com as formações Uberaba (não aflorante no estado de São Paulo), Vale do Rio do Peixe (K2vp), Araçatuba (K2ar), São José do Rio Preto (K2rp) e Marília (K2m), além de intercalações de rochas vulcânicas (Analcimitos Taiúva), compõe o Grupo Bauru, conforme a concepção de Fernandes e Coimbra (2000). Os grupos Bauru e Caiuá constituem a seqüência suprabasáltica neocretácea da Bacia Bauru, assim designada por Fernandes (1998). A Formação Presidente Prudente é composta predominantemente por arenitos muito finos a finos e por lamitos arenosos. Estas litologias encontram-se alternadas com arenitos na forma de lentes com estratificação cruzada acanalada (unidades de corte e preenchimento), arenitos tabulares com estratificação sigmoidal interna, arenitos a siltitos tabulares com estratificação plano-paralela e estruturas de fluxo aquoso e com lamitos argilosos maciços em estratos tabulares. O ambiente deposicional interpretado por Fernandes (1998) e Fernandes e Coimbra (2000), é de sistema fluvial meandrante com canais amplos e rasos e depósitos de arrombamento de diques marginais. As paleocorrentes indicam fluxo para sudoeste. O conteúdo fossilífero inclui restos de répteis, quelônios, invertebrados (bivalves, gastrópodes e crustáceos), restos transportados de dinossauros e de crocodilos, e feições tubulares em litofácies de planície de inundação indicando, provavelmente, moldes de raízes. (Perrota *et al.*, 2005 p.159)

Conforme indicado no Mapa Pedológico do Estado de São Paulo na escala de 1:500.000, referente à região do Oeste Paulista, identificam-se pelo menos oito tipos de solos, a saber: Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos (Oliveira, 1999). A figura 13 mostra a distribuição dos tipos de solo predominantes no município de Presidente Prudente – SP.

Figura 13 - Mapa simplificado semi-detalhado de solos do município de Presidente Prudente SP. O polígono branco destaca a área de estudo.



Fonte: Fushimi (2012).

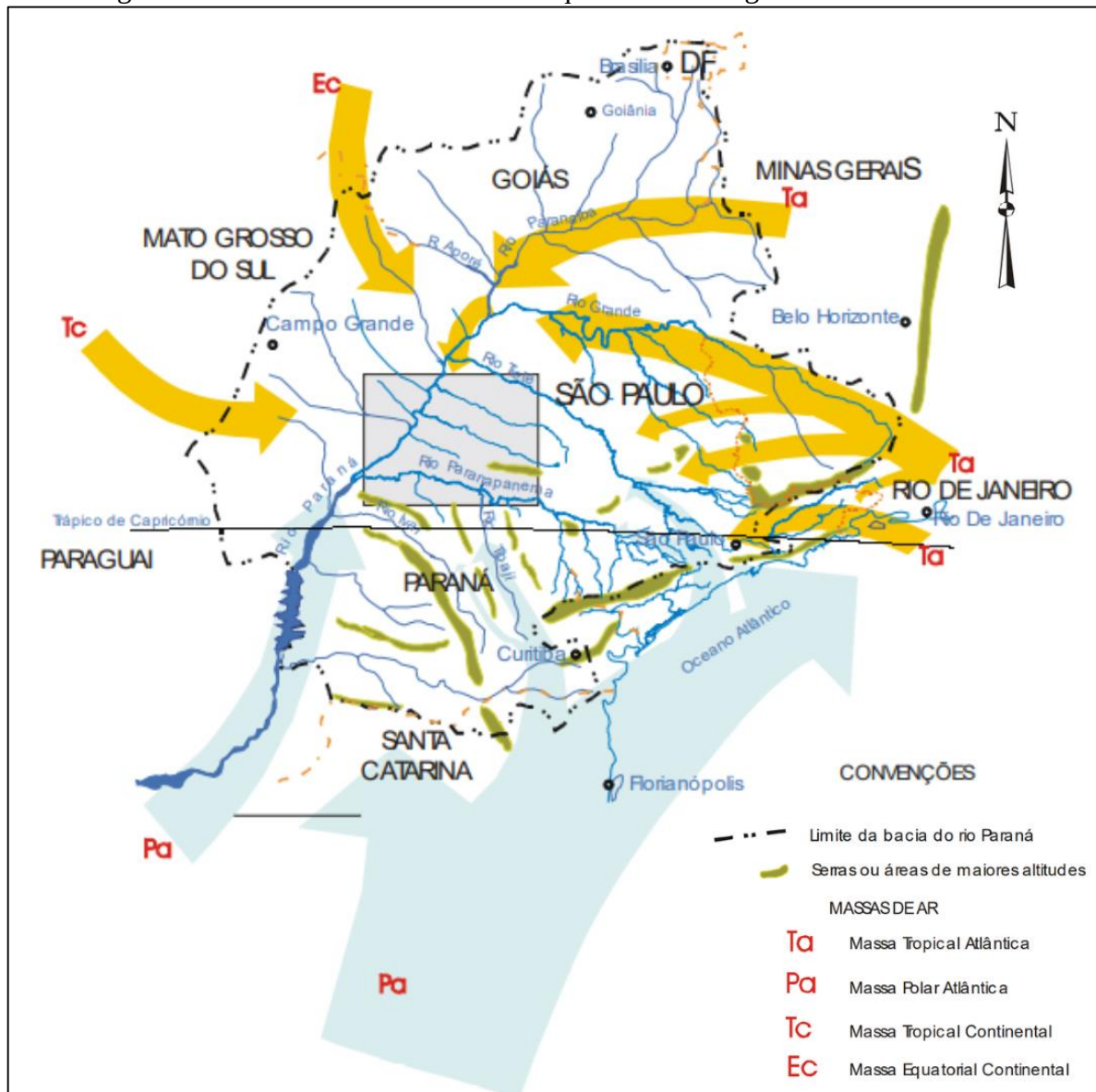
3.1.2. Clima

Com relação as características do clima em Presidente Prudente, a porção do estado correspondente ao Oeste Paulista localiza-se em uma faixa de transição climática, entre as zonas climáticas de domínio das massas tropicais e polares, além das perturbações frontais. (Sant'Anna Neto; Barrios. 2003). Segundo Nunes (2002):

[...] onde está localizado o município de Presidente Prudente, a precipitação se situa entre 1.300 e 1.400 mm anuais. Isto ocorre em função tanto da configuração do relevo (altimetria e orientação das vertentes), quanto da direção de entrada dos sistemas atmosféricos produtores das chuvas: a Frente Polar Atlântica. (Sant'Anna Neto e Barrios *apud* Nunes, 2002 p.169).

Durante a maior parte do ano, o município está sob a ação da massa Tropical Atlântica (Anticiclone semifixo do Atlântico Sul), que é uma massa de ar quente, estável e pouco úmida (Figura 14). Devido a esses fatores tem-se uma condição de temperaturas elevadas na maioria dos dias do ano. Além do sistema tropical continental que promove um aquecimento que resulta em temperaturas quentes e dias abafados, principalmente durante a primavera e verão (Sant'Anna Neto; Barrios. 2003; Boin, 2000).

Figura 14 - Dinâmica das massas de ar que atuam na região do Oeste Paulista.



Fonte: Boin (2000, p. 195).

Sobre a atuação das massas de ar na região do Oeste Paulista, Boin (2000) escreve o seguinte:

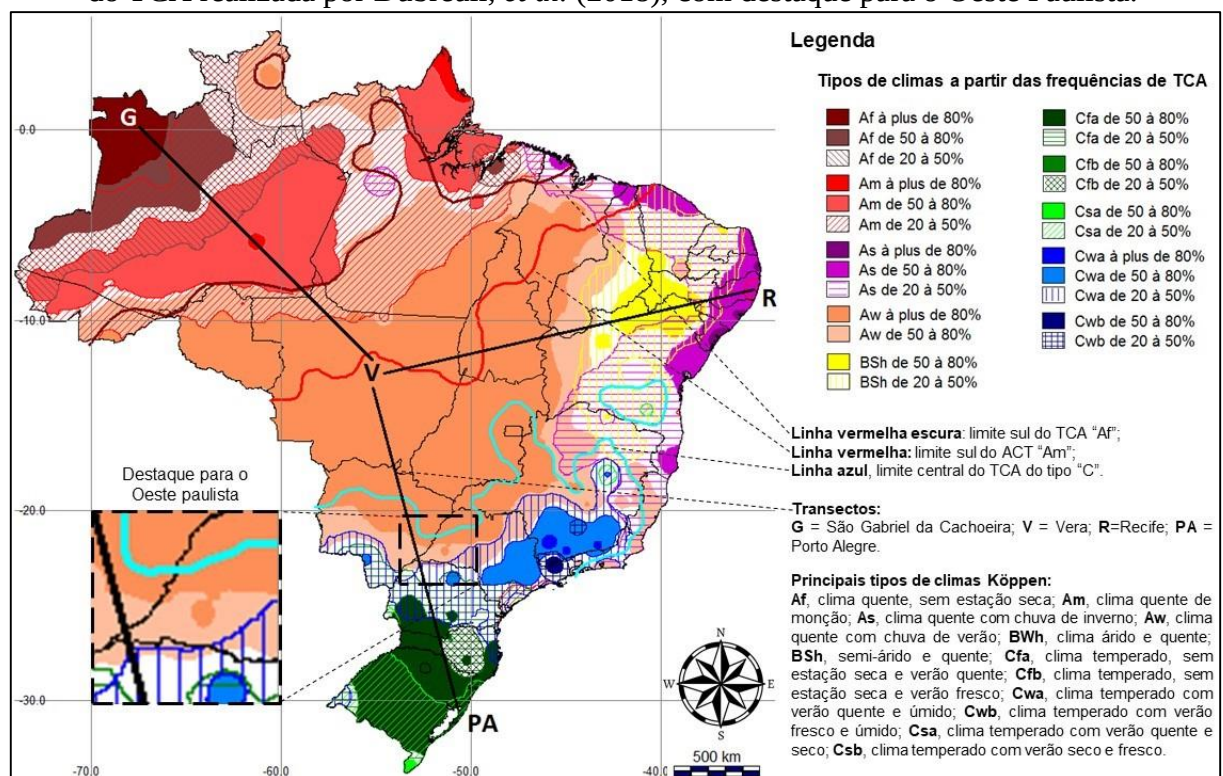
Como o Oeste do estado de São Paulo encontra-se numa área de transição climática, compartilhada pelos sistemas atmosféricos inter e extratropicais, nele ocorre conflito entre as massas Tropical Atlântica e Tropical Continental, e a massa Polar Atlântica, havendo ainda participação esporádica da massa Equatorial Continental (Boin, 2000 p.23).

O regime climático do oeste paulista é do tipo tropical, caracterizado pela presença de um período seco (inverno), sob influência predominante dos sistemas polares e um período chuvoso (verão), influenciado pelos sistemas tropicais, cuja precipitação anual média varia

entre 1200 e 1500 mm, enquanto a temperatura média anual permanece acima de 22°C. (Boin, 2000 p22-23).

Um trabalho recente efetuou a classificação dos tipos de climas anuais (T.C.A.) do Brasil (Dubreuil, *et al.*, 2018), a mesma é uma aplicação da classificação de Köppen (1900) efetuada com base em dados de temperaturas e de precipitações médias mensais correspondentes ao período de 1961 a 2015, (55 anos) em todo o território nacional. A Figura 15 mostra o resultado desse estudo.

Figura 15 - Tentativa de controle das condições climáticas no Brasil a partir das frequências do TCA realizada por Dubreuil, *et al.* (2018), com destaque para o Oeste Paulista.



Fonte: Dubreuil, *et al.* (2018), adaptado pelo autor (2024).

De acordo com essa classificação, o Oeste Paulista, região do estado de São Paulo que abrange Presidente Prudente, é definida como sendo do tipo climático anual (TCA) do tipo "A" (tropical), com predomínio do Aw, clima tropical com verão quente e chuvoso (Dubreuil, *et al.*, 2018).

3.1.3. Vegetação

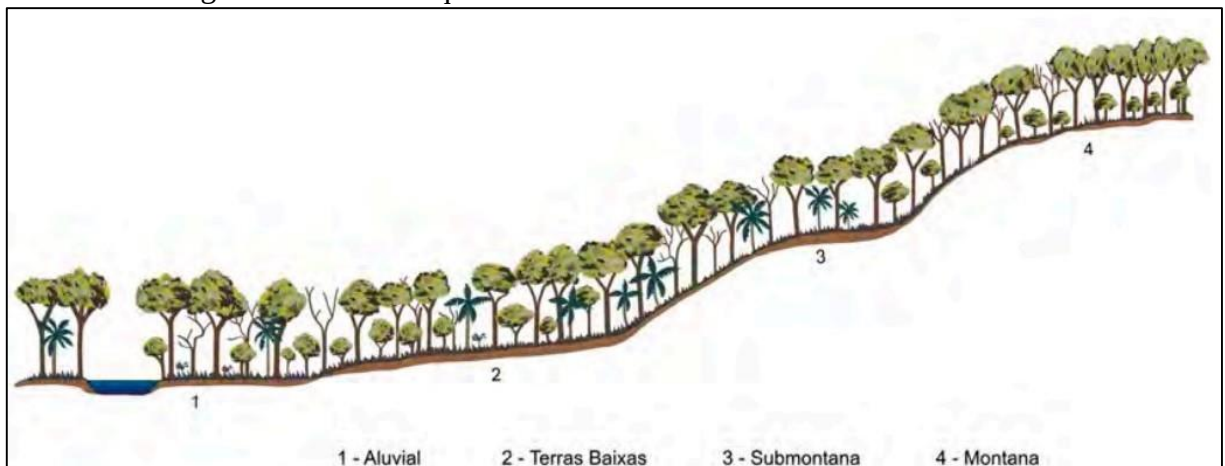
O município está inserido no bioma Mata Atlântica, a cobertura vegetal original do território era o da Floresta Estacional Semidecidual, com formações ciliares (Aluviais) e

submontanas, de acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Segundo o manual, a Floresta Estacional Semidecidual Submontana é definida da seguinte forma:

Esta formação ocorre frequentemente nas encostas interioranas das Serras da Mantiqueira e dos Órgãos, e nos planaltos centrais capeados pelos arenitos Botucatu, Bauru e Caiuá, dos períodos geológicos Jurássico e Cretáceo. Ocorre também na borda sul amazônica, no contato da Floresta Ombrófila com a Savana (Cerrado), revestindo, inclusive, terrenos terciários (IBGE, 2019, p. 94).

A figura 16 mostra um exemplo dessa vegetação, e suas variações de acordo com a altitude a qual se encontra no relevo.

Figura 16 – Perfil esquemático da Floresta estacional Semidecidual.



Fonte: Veloso, Rangel Filho e Lima (1991 *apud* IBGE 2012).

Essa vegetação, apesar de ter suas características bem delimitadas, sofreu ao longo dos séculos com o avanço da ocupação do município, com o desmatamento e os sucessivos ciclos de cultivos de diferentes tipos desde a extração madeireira, cultura cafeeira, algodoeira, pecuária e o cultivo de cana de açúcar em grandes extensões (Sposito, 1983; Branco, 2018).

3.1.3. O crescimento urbano e seus impactos no relevo: breve descrição histórica de Presidente Prudente – SP.

O município de Presidente Prudente originou-se das vilas Marcondes e Goulart, ambas consideradas “independentes” e dotadas de suas próprias infraestruturas, como cemitério, escola e igreja, entre outras. A área que atualmente corresponde à Vila Goulart foi a sede da estação ferroviária e, hoje, é o centro da cidade. Por outro lado, a Vila Marcondes surgiu nos

arredores do perímetro da estação ferroviária, onde foram estabelecidos armazéns para estoque de grãos, seguidos posteriormente pela instalação de indústrias, destinadas aos trabalhadores residentes na região (Heiras *et al.*, 2014; Whitacker, 2017). Conforme afirmado por Branco (2018):

O advento da ferrovia trouxe consigo a construção de um patrimônio arquitetônico industrial, sendo notável os galpões que davam suporte a ferrovia. Entre Indústrias Matarazzo, Anderson & Clayton, e Instituto Brasileiro de Café (IBC), destaca-se a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro – a Sanbra – construída em 1948 (Branco, 2018 p. 01).

Complementa-se a esse processo o surgimento dos ciclos de plantio e cultivos, conforme evidenciado no seguinte trecho de Costa e Ghirardello (2017):

[...] Presidente Prudente foi fundada em 1917, a inauguração da primeira estação ocorreu em 1919, a criação do município em 1921 e existiu íntima relação entre a gênese urbana, o cultivo do café e a ferrovia. A partir da década de 30 o algodão (e outras culturas como amendoim) substituíram o predomínio do cultivo do café, o beneficiamento de produtos agrícolas passou por descentralização no estado e indústrias como Matarazzo e SANBRA instalaram-se em cidades do interior, inclusive Presidente Prudente. O declínio desse ciclo agrícola aconteceu a partir da década de 60 resultando na desativação de indústrias (Costa, Ghirardello, 2017. Pg. 01).

O plano urbano irregular das moradias construídas “atrás” da estação de trem resulta do processo de ocupação desse espaço por pessoas de menor poder financeiro, sem um planejamento adequado dos padrões construtivos. A fusão das duas vilas deu origem ao município de Presidente Prudente, que, por estar localizado no final da estrada de ferro, assumiu papéis e funções urbanas, concentrando comércio, indústrias e um fluxo significativo de pessoas (Branco, 2018).

Ao longo das décadas, desde a ocupação do município por frentes pioneiras e mineiros nos séculos XIX e XX, ocorreram transformações no relevo e na paisagem. Isso iniciou-se com desmatamento, queimadas, caça predatória e exploração de habitats e espécies nativas para dar lugar a cultivos e loteamentos para a pecuária (Abreu, 1972; Sposito, 1983).

Com a expansão dos cultivos, inicialmente de café, seguido por algodão, amendoim e pecuária para criação de gado bovino, os solos foram intensamente explorados. Simultaneamente, a área urbana expandiu-se consideravelmente para suportar o crescimento populacional (Abreu, 1972; Sposito, 1983).

O aumento urbano e demográfico resultou em elevados índices de produção de resíduos sólidos e rejeitos, provenientes de frigoríficos, curtumes e resíduos domiciliares. Isso culminou na formação de áreas de descarte irregular, conhecidas como lixões, em diversas partes do perímetro urbano (Nunes, 2002; Silva, 2012; Silva, 2017).

Algumas pesquisas no município tiveram enfoque sobretudo nos impactos da ocupação de áreas de cabeceira de drenagem, como Pedro (2008); e Vagula (2011) que identificaram formações tecnogênicas em setores urbanizados da bacia do Córrego da Onça.

Como explicado por Silva (2017), tais práticas ocasionaram alterações diretas, como depósitos a céu aberto de resíduos sólidos domiciliares, e indiretas, como a remoção da cobertura vegetal, provocando modificações nos processos hidrodinâmicos e erosivos.

As Figuras 17 a 20 são o resultado de trabalhos de campos realizados na cidade de Presidente Prudente, SP com objetivo de mostrar o problema do descarte irregular de resíduos. Tal dado mostra um pouco dos impactos da urbanização somada ao manejo inadequado do relevo.

Figura 17 - Descarte irregular e acúmulo de resíduos úrbicos e garbicos nas proximidades da Av. Élson Neres da Silva - Jardim Sabara, em Presidente Prudente SP.



Fonte: Lopes, Silva e Lucas (2019), adaptado pelo autor (2024).

Figura 18 - Acúmulo de resíduos úrbicos em área urbana, sobre ponto canalizado de um afluente do Córrego do Veado em trecho da Rua Cassemiro Boscoli, Presidente Prudente SP.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 19 - Descarte irregular e acúmulo de resíduos úrbicos e garbicos no Córrego do Cedro, e a jusante do vertedouro da represa da SABESP (respectivamente).



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 20 - Acúmulo de resíduos úrbicos e garbicos sobre ponte em estrada rural que cruza o Rio Santo Anastácio, 8,6km à oeste da represa da Cica - SABESP.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A gestão dos resíduos sólidos em Presidente Prudente se mostrou como um desafio a ser superado até os dias atuais. E dentre os impactos causados por essa prática, destacam-se o assoreamento de corpos hídricos, a poluição do ambiente, e, ao longo das décadas, a formação de terrenos tecnogênicos em diversas áreas.

Este problema já suscitou estudos importantes com diferentes perspectivas, seja para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas (Dibieso, 2007; 2011; 2013), como também sobre terrenos tecnogênicos (Silva, 2012; Silva, 2017). Cabe fazer menção de um trabalho recente, que tem estudado a poluição por microplástico na Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro (Silva *et al.*, 2024).

Foi no contexto da destinação de resíduos sólidos que se originou a criação da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, sendo a primeira APA estabelecida no município de Presidente Prudente, SP (Lopes, Silva, 2022).

3.2. ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI

A Área de Preservação Ambiental (APA) do Timburi foi criada como resultado da colaboração entre os residentes dos assentamentos rurais do Timburi e 1º de Maio, juntamente com servidores públicos e a própria Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT/UNESP).

Havia uma proposta de construir um aterro sanitário na Fazenda Santa Apolônia, em meio aos assentamentos rurais (Nunes *et al.*, 2021; Lopes; Silva, 2022), a comunidade local manifestou-se contrária, devido aos impactos ambientais óbvios que prejudicaria diretamente a qualidade ambiental e de vida dos moradores.

Dessa forma, instituiu-se a Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, mediante a Lei Complementar nº235/19, com a finalidade de fomentar a recuperação das áreas degradadas, por meio da adoção de práticas mais adequadas e conscientes no uso e manejo da terra. Abaixo, será feita a sua caracterização geral.

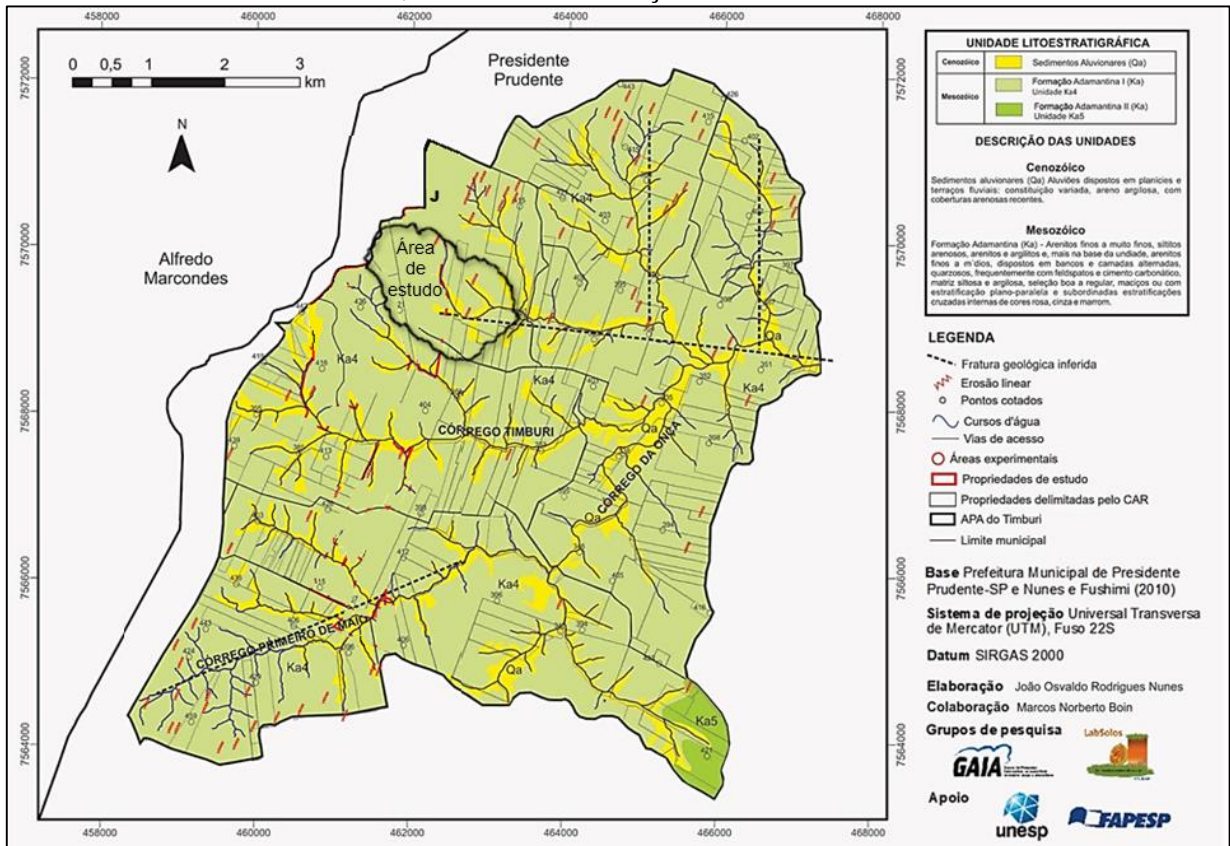
3.2.1. Geologia

A maioria da estrutura geológica no perímetro da APA (Figura 21) pertence principalmente à Formação Adamantina I (Ka – unidade Ka4), com pouca variação, seguida pela Formação Adamantina II (Ka – unidade Ka5). Os Sedimentos Aluvionares (Qa) predominam em áreas mais baixas, como as várzeas, conforme Nunes *et al.* (2021).

Ambas as Formações Adamantina estão inseridas na unidade Mesozoica, apresentando a seguinte descrição: arenitos finos a muito finos, siltitos arenosos e argilitos. Na base da unidade, encontram-se arenitos finos a médios, dispostos em bancos e camadas alternadas, quartzosos, frequentemente com feldspato e cimento carbonático, matriz siltosa e argilosa, de seleção boa a regular. Apresentam-se maciços ou com estratificação plano-paralela, e subordinadas estratificações cruzadas internas de cores rosa, cinza e marrom (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Os Sedimentos Aluvionares (Qa), localizados na unidade Cenozoica, manifestam-se como aluviões dispostos em planícies e terraços fluviais. Apresentam variação em sua composição, como areno-argilosa, com coberturas arenosas recentes (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Figura 21 - Mapa de geologia da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP com a localização da área de estudo.



Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

Geologicamente, na área da APA predominam os arenitos da Formação Adamantina, unidade (Ka4), e os Sedimentos Aluvionares (Qa) nas áreas de várzeas (IPT, 1981; Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

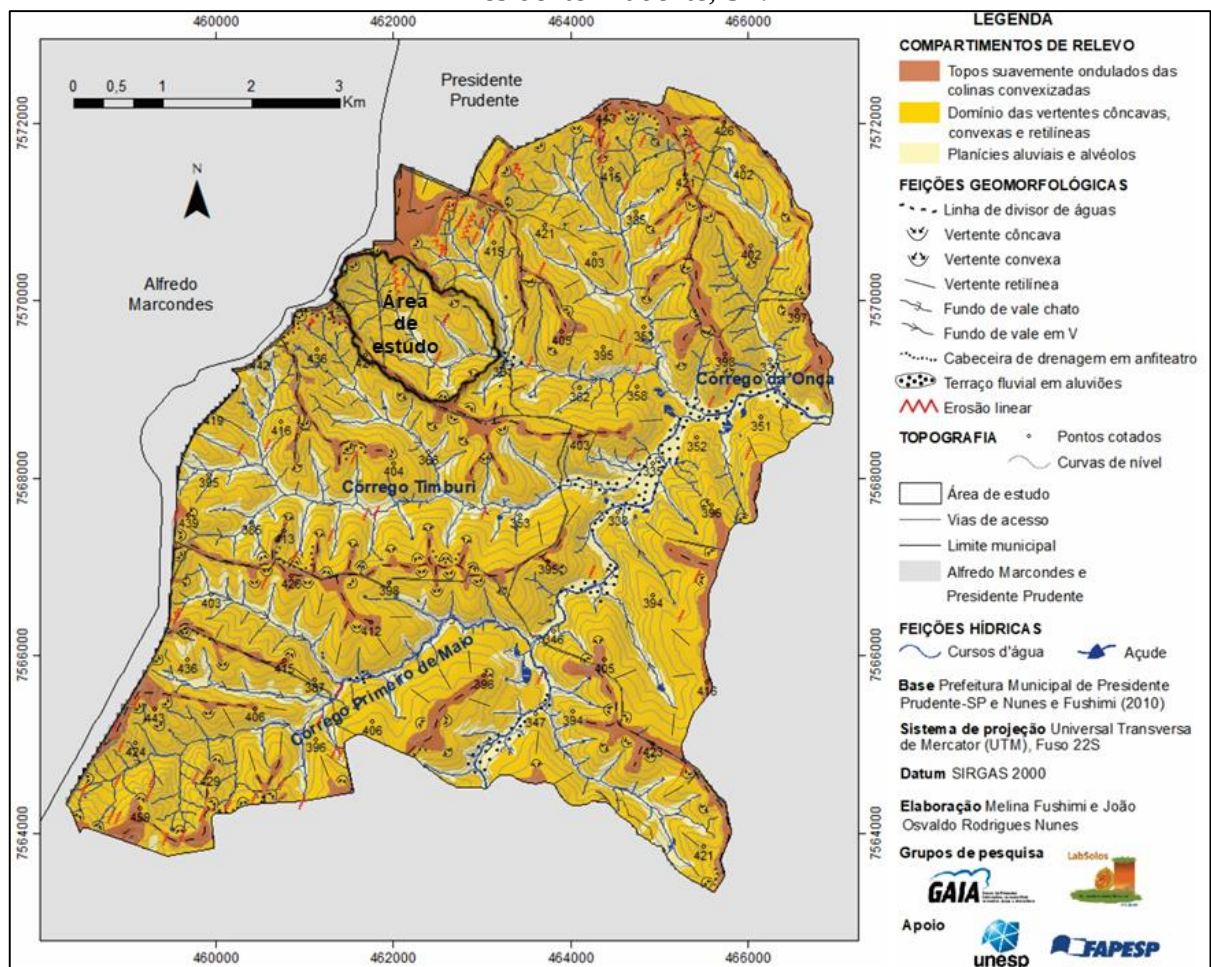
3.2.2. Geomorfologia

A Figura 22, corresponde ao mapa geomorfológico da APA do Timburi, quanto à caracterização dos aspectos físicos na área de estudo, de acordo com o mapa geomorfológico da Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi foram identificados três compartimentos de relevo predominantes, a saber:

1. Topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, com ocorrência dos topos para as médias altas vertentes de solos desenvolvidos (associação Latossolos Vermelhos) e, em alguns setores, solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos). Em alguns pontos, solos rasos (associação Neossolos Regolíticos) e afloramento dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina;
2. Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, com ocorrência de solos rasos a

desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos) e solos rasos (associação Neossolos Litólicos). É frequente o afloramento dos arenitos flúviolacustres da Formação Adamantina; 3. Planícies aluviais e alvéolos, com o predomínio de solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos) e materiais sedimentares e manufaturados de origem tecnogênica. Em alguns pontos, tem-se o afloramento dos arenitos flúviolacustres da Formação Adamantina (Fushimi, p.101, 2012).

Figura 22 - Mapa geomorfológico da Área de Proteção de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP.



Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

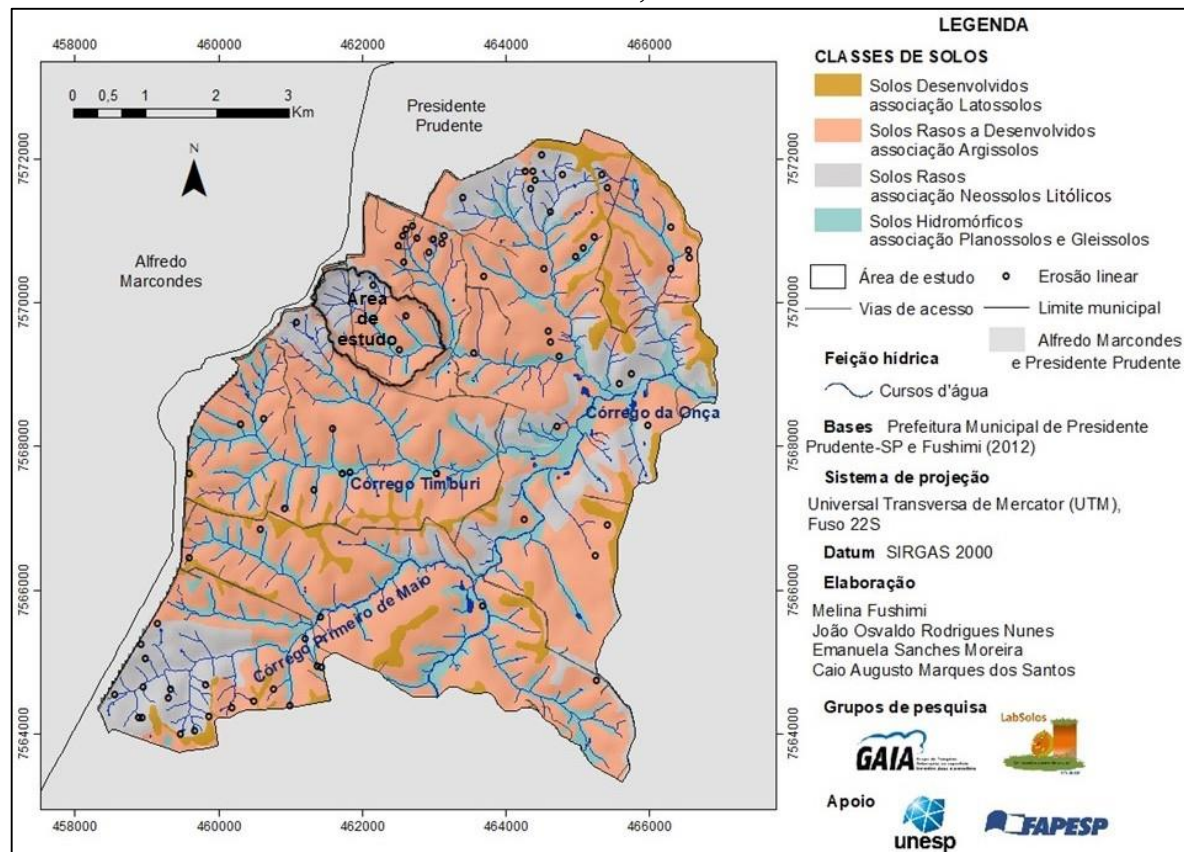
Ao analisar o mapa, nota-se a presença de algumas áreas com topos suavemente ondulados, caracterizando colinas convexizadas. Esse tipo de morfologia é identificado em regiões mais elevadas, principalmente nos divisores de água.

O relevo dominado por vertentes côncavas, convexas e retilíneas é predominante, abrangendo praticamente toda a área. As planícies aluviais, por sua vez, encontram-se nas proximidades dos corpos d'água. (Lopes, Silva, 2022). É o caso inclusive da área de estudo.

3.2.3. Solos

Em relação aos solos, predominam na APA (Figura 23) os Argissolos e Neossolos Litólicos nas vertentes; os Latossolos nos topos amplos; e os solos hidromórficos associados, aos Gleissolos, nas planícies aluviais. (Nunes *et al.*, 2021).

Figura 23 - Esboço simplificado das principais classes de solo da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.



Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (Santos *et al.*, 2018), os Latossolos têm origem em materiais facilmente intemperizados, apresentando solo altamente desenvolvido com consideráveis profundidades. Além disso, há pouca diferenciação entre os horizontes A, B, C, com transições geralmente difusas ou graduais. Esses solos variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram casos com cores pálidas, drenagem moderada ou mesmo imperfeita, transicionando para condições com um certo grau de gleização (Santos *et al.*, 2018, p. 83; Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

O Argissolo, mais prevalente dentro dos limites da APA, exibe características como profundidade variável, drenagem forte, coloração avermelhada ou amarelada, e textura que

varia de arenosa a argilosa no horizonte A, e média a muito argilosa no horizonte B (Santos *et al.*, 2018; Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Os Neossolos Litólicos, conforme Santos *et al.* (2018, p. 219) são descritos da seguinte forma:

Solos com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros (por exemplo, cascalheira de quartzo) com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões). Admitem um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a nenhum tipo de horizonte B diagnóstico. (Santos *et al.*, 2018, p.219).

Em Solos Hidromórficos os processos pedogenéticos, como a gleização, ferrólise e paludização, determinam características morfológicas, físicas, químicas, biológicas e mineralógicas específicas, estes processos podem variar conforme o grau de hidromorfismo, o material de origem, a granulometria e o uso e manejo dos solos (Neto, 2010, p. 03).

Ainda de acordo com Santos *et al.* (2018, p. 91), os Planossolos apresentam as seguintes características:

[...] compreende solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano. (Santos *et al.*, 2018, p.91).

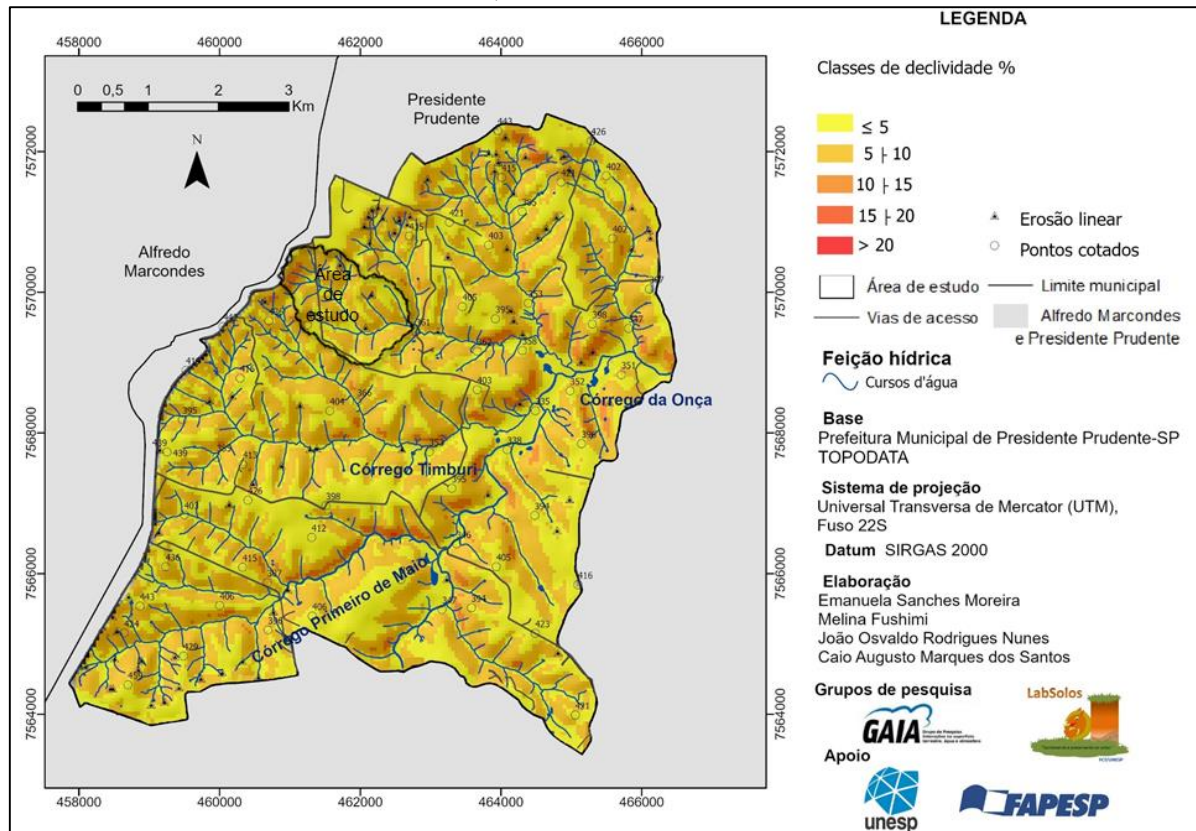
Os Gleissolos são compreendidos como solos hidromórficos, formados de material mineral. Tem espessura de 150cm da superfície do solo, abaixo de horizontes A ou E. Esse tipo de solo é caracterizado pelo excesso de saturação hídrica. Isso mostra que eles possuem drenagem deficiente, a tonalidade desse solo varia de acinzentadas, azuladas a esverdeadas (Santos *et al.*, 2018).

3.2.4. Clinografia

O mapa clinográfico (Figura 24) apresenta as principais classes de declividade da APA. Foram definidas cinco classes de declividade para a área de estudo, sendo elas: igual ou inferior

a 5%; de 5% a 10%; de 10% a 15%; de 15% a 20%; e igual ou superior a 20%. (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Figura 24 - Mapa Clinográfico da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.



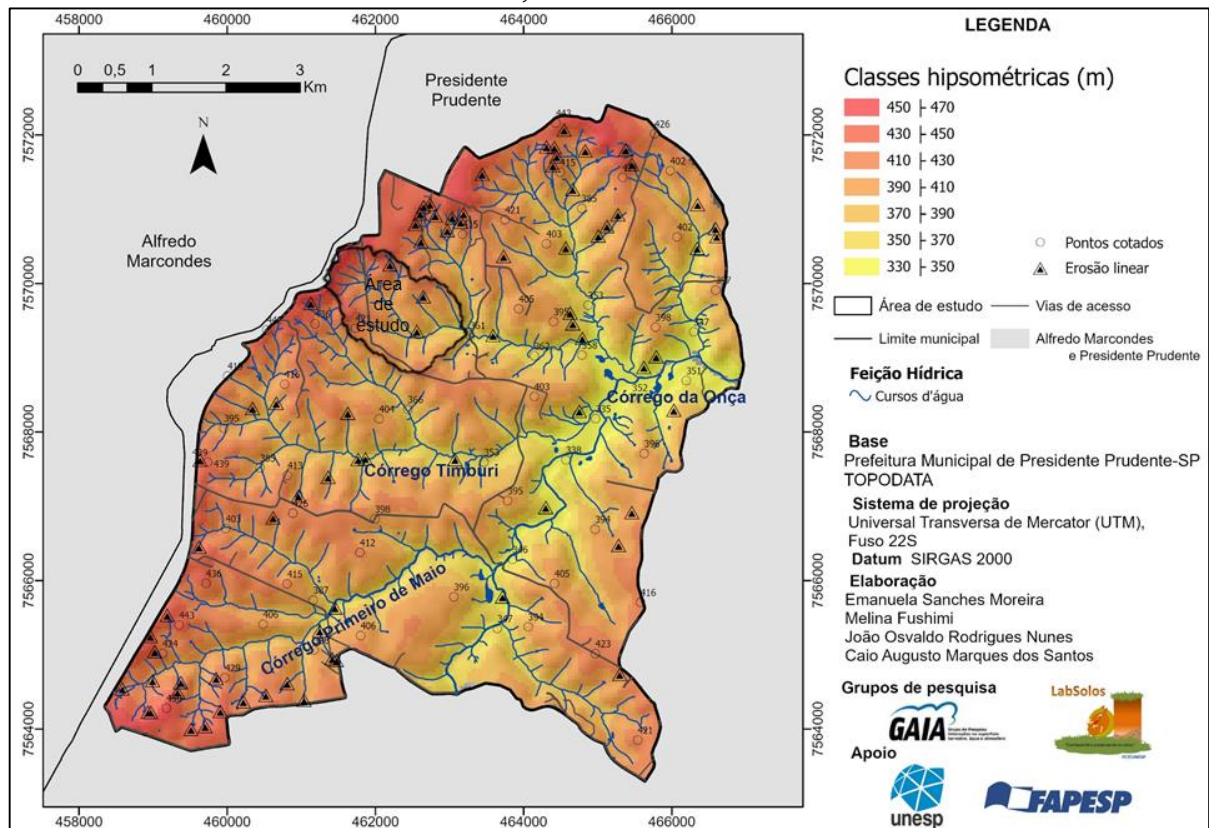
Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

As classes de 20 a 40% foram consolidadas em uma única classe (>20%) devido à região de Presidente Prudente apresentar declividades mais acentuadas em torno dos 20% (Moreira, 2021, p. 40). Observam-se maiores declividades nos taludes localizados próximos às áreas de Planícies Aluviais e Alvéolos, ou seja, próximos aos córregos e às partes mais baixas do relevo. (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

3.2.5. Hipsometria

A Figura 25 apresenta o mapa hipsométrico da APA do Timburi. As classes hipsométricas da área variam de 470 a 330 metros.

Figura 25 - Mapa de hipsometria da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente.



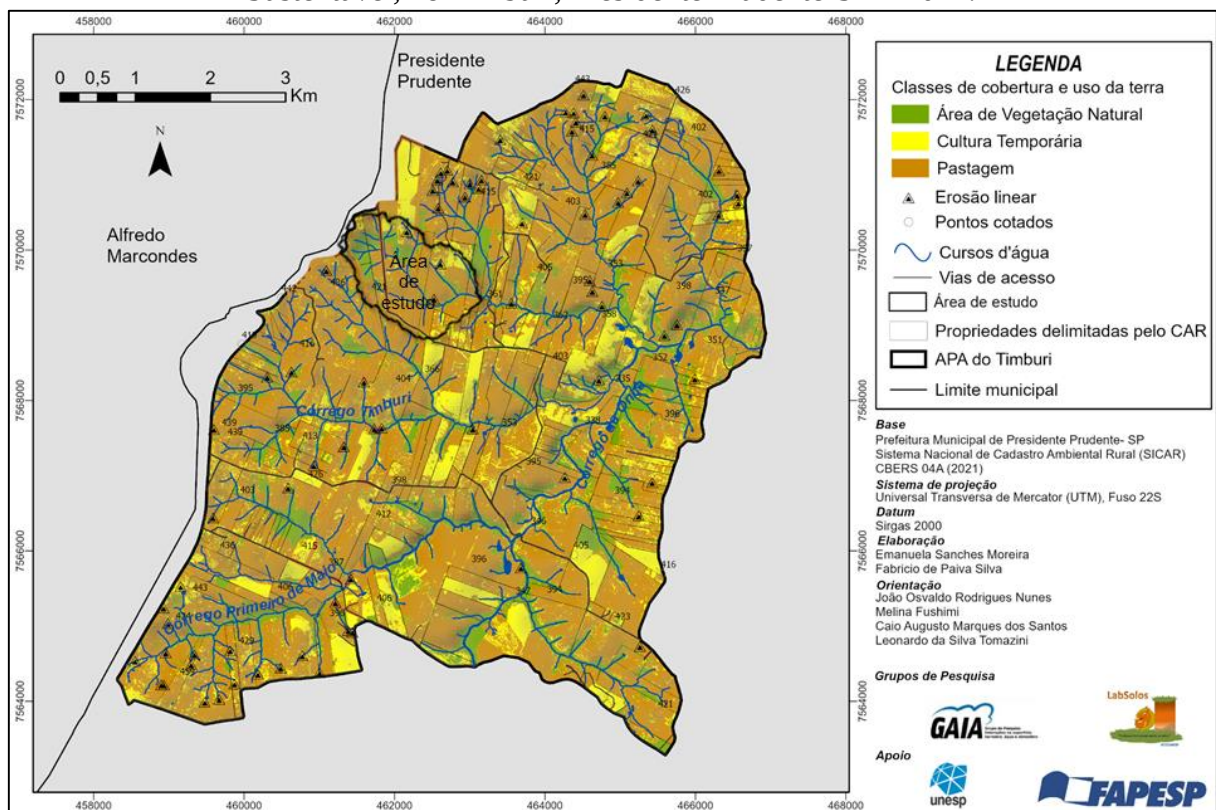
Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

A predominância de altitudes mais elevadas se dá principalmente nas extremidades norte, oeste e sudoeste do perímetro da APA, além dos divisores de água do Córrego da Onça, Córrego Timburi e Córrego Primeiro de Maio. As mais baixas se localizam nos fundos de vale, onde os corpos d'água passam, mais concentradas na parte leste, onde se observa a tonalidade de um amarelo mais intenso (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

3.2.6 Cobertura e uso da terra

No que concerne aos tipos de cobertura e uso da terra na APA (Figura 26). Há predominância de pasto e de cultura temporária, além da presença de poucos lugares com vegetação natural, geralmente no entorno dos corpos hídricos, sendo locais onde ocorrem processos erosivos de maneira mais intensa.

Figura 26 - Mapa de cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável, no Timburi, Presidente Prudente-SP – 2021.



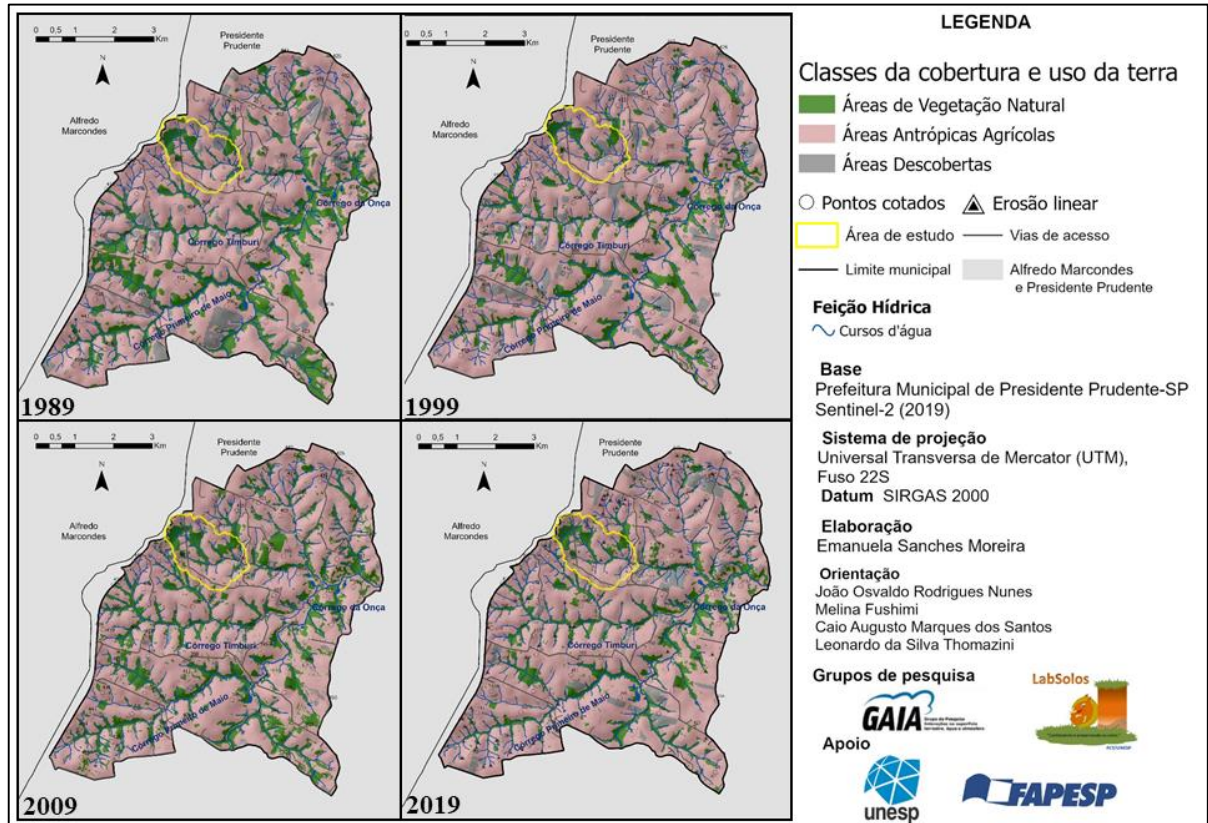
Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

De acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), as áreas agrárias utilizadas e ocupadas antropicamente antes de 22 de julho de 2008 são consideradas áreas rurais consolidadas, incluindo os espaços que desempenham a função ambiental de preservar os recursos hídricos. Nestes locais, também é necessário preservar o mínimo, como a largura da mata ciliar, lagos naturais, nascentes e outros corpos d'água, porém, com critérios diferentes das regras impostas para propriedades ocupadas após a referida data (22/07/08).

Na APA do Timburi, grande parte das propriedades se enquadra nessa nova regra estabelecida pelo novo Código Florestal. Além disso, a criação da APA reforça a necessidade

de seguir as normas estabelecidas. Como pode ser visto na figura 27, o padrão de cobertura e uso da terra manteve-se muito parecido desde pelo menos o período do final dos anos 80 até os dias atuais.

Figura 27 - Cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável, no Timburi, Presidente Prudente-SP comparação nos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019.



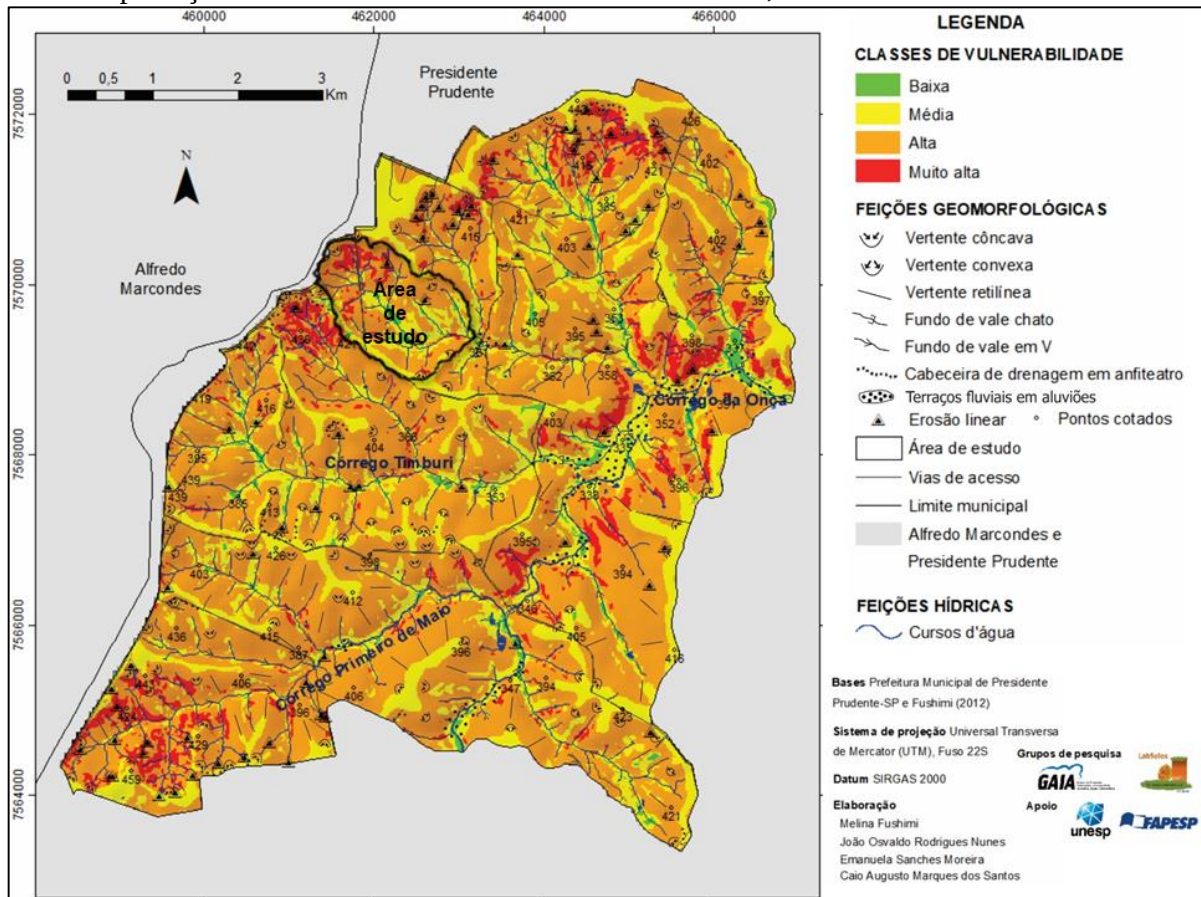
Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

Este dado possui grande importância, pelo fato de mostrar como os relevos da APA foram ocupados ao longo das décadas, trazendo a luz a questão de que os processos erosivos e a alteração do relevo dessa área se deve a relação com a qual a população tem feito uso e manejo do solo, o que por sua vez, remete ao próprio processo histórico de ocupação do município, já mencionado anteriormente.

3.2.7. Vulnerabilidade Ambiental

O Mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos Processos Erosivos Lineares (Figura 28), elenca 4 níveis de vulnerabilidade, sendo: baixa, média, alta e muito alta. Segue abaixo o mapa e uma breve discussão de cada uma das classes de vulnerabilidade elencadas.

Figura 28 - Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares da área de proteção Ambiental de uso sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.



Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

As áreas classificadas como de Baixa Vulnerabilidade são caracterizadas por topos amplos e suavemente ondulados das colinas com solos desenvolvidos, predominantemente associados aos Latossolos. Nessas áreas, encontram-se vertentes retilíneas, planícies aluviais e alvéolos com presença de terraços fluviais e solos hidromórficos, destacando-se as associações Planossolos e Gleissolos. A presença rara do maciço rochoso e do afloramento do aquífero freático suspenso é notada, com declividade inferior a 5%. A vegetação inclui gramíneas, capões de matas residuais e ciliares, com atividades humanas que empregam técnicas de manejo e conservação do solo. O índice de escoamento superficial é baixo, concentrando-se nos topos das colinas, e não há focos erosivos lineares evidentes (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Com relação as áreas de Média Vulnerabilidade, elas englobam topos ondulados das colinas com solos desenvolvidos a médios, predominantemente associados aos Latossolos e Argissolos. Nessas regiões, as vertentes são convexas e retilíneas, com presença de planícies aluviais e alvéolos contendo terraços fluviais e solos hidromórficos, destacando-se as associações Planossolos e Gleissolos. Há presença do maciço rochoso com afloramento do aquífero freático suspenso, e a declividade varia de 5% a 10%. A vegetação inclui gramíneas, com ausência de matas residuais e ciliares. A atividade humana apresenta baixo uso de técnicas de manejo e conservação, deixando o solo exposto. O índice de escoamento superficial é médio, e observam-se focos erosivos lineares, sulcos e ravinas (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Sobre as áreas de Alta Vulnerabilidade, apresentam vertentes côncavas e convexas das colinas com solos médios e rasos, especialmente Argissolos e Neossolos Litólicos. Nessas regiões, planícies aluviais e alvéolos assoreados contêm solos hidromórficos, destacando-se as associações Planossolos e Gleissolos, além da presença de materiais tecnogênicos. O maciço rochoso com afloramento do aquífero freático suspenso é identificado, e a declividade varia de 10% a 20%. A vegetação inclui gramíneas degradadas, com ausência de matas residuais e ciliares. A atividade humana ocorre sem o uso de técnicas de manejo e conservação, deixando o solo exposto. O índice de escoamento superficial é de médio a alto, e observam-se focos erosivos lineares, ravinas e voçorocas (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Por fim, as áreas com Muito Alta Vulnerabilidade correspondem a vertentes côncavas das colinas com solos rasos, especialmente Neossolos Litólicos. Nessas regiões, planícies aluviais e alvéolos assoreados contêm solos hidromórficos, destacando-se as associações Planossolos e Gleissolos, além da presença de materiais tecnogênicos. O maciço rochoso com afloramento do aquífero freático suspenso é identificado, e a declividade é superior a 20%. A vegetação inclui gramíneas degradadas, com ausência de matas residuais e ciliares. A atividade humana ocorre sem o uso de técnicas de manejo e conservação, deixando o solo exposto. O índice de escoamento superficial é alto, e observam-se focos erosivos lineares grandes, como as voçorocas (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Os próximos tópicos vão tratar mais detalhadamente da área de estudo, destacando as peculiaridades dos processos físicos e históricos da mesma, de maneira a traçar um panorama dessas alterações, destacando sobretudo a influência antrópica.

3.3. ÁREA DE ESTUDO

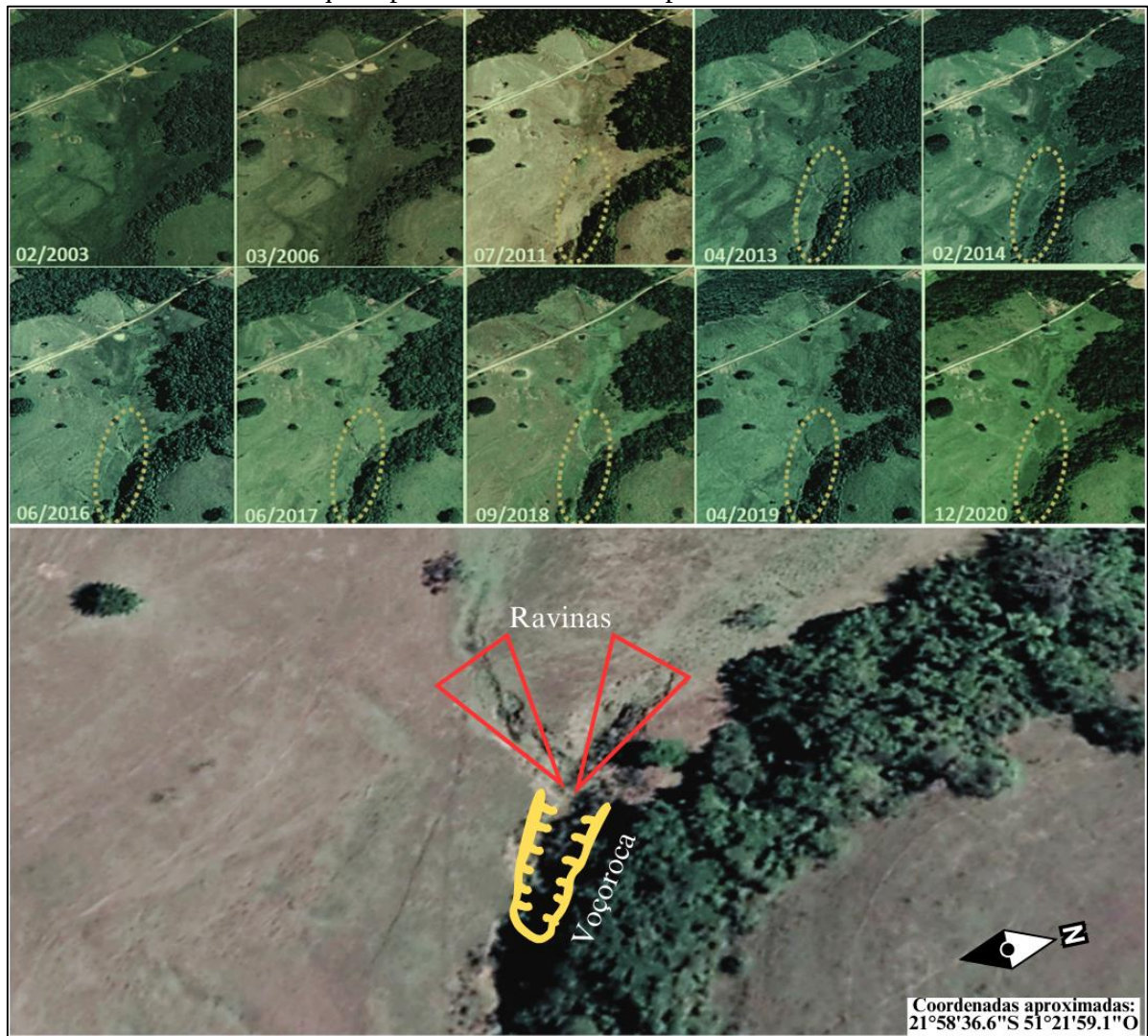
Conforme constatado numa fotografia aérea da Embrapa do ano de 1971, havia um canal fluvial que cruzava a área de estudo no sentido Leste-Oeste, tal informação consta também na Base Digital Planialtimétrica da prefeitura de Presidente Prudente de meados dos anos noventa, onde há a delimitação deste mesmo canal. Cabe destacar que a primeira informação obtida nesta pesquisa sobre a sua existência surgiu através de conversas com moradores locais, que conhecem a área em questão há décadas.

O que pôde ser apreendido a partir da pesquisa de campo, discussão com moradores e análise do material histórico supracitado, é que o ‘córrego’ em questão foi assoreado pela intensa deposição de sedimentos provenientes de processo erosivos das áreas a montante do entorno das vertes, essas que por sua vez, por estarem dispostas em forma de anfiteatro, confluem o escoamento superficial de forma intensa para a planície onde havia o curso hídrico, até acarretar o completo aterramento do mesmo.

Descrevendo o uso e cobertura da área de maneira geral, observa-se predominância de cobertura vegetal composta por gramíneas e fragmentos de mata residual nas partes elevadas, parte de seu terreno é dedicada a culturas temporárias que estão concentradas na porção norte, enquanto a área de pastagem está ao sul. A porção norte da área é caracterizada por topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, enquanto o restante apresenta predominância de vertentes côncavas, convexas e retilíneas, com a ocorrência de processos erosivos mais intensos na planície aluvial (Leste) (Lopes; Silva, 2022).

A Figura 29 feita a partir de imagens do *Google Earth Pro* de 2003 a 2020, ilustra os elementos da paisagem, e a dinâmica de formação e evolução de duas ravinas na porção a jusante da área; as erosões convergem em direção a uma voçoroca, onde ocorre o afloramento do aquífero freático suspenso.

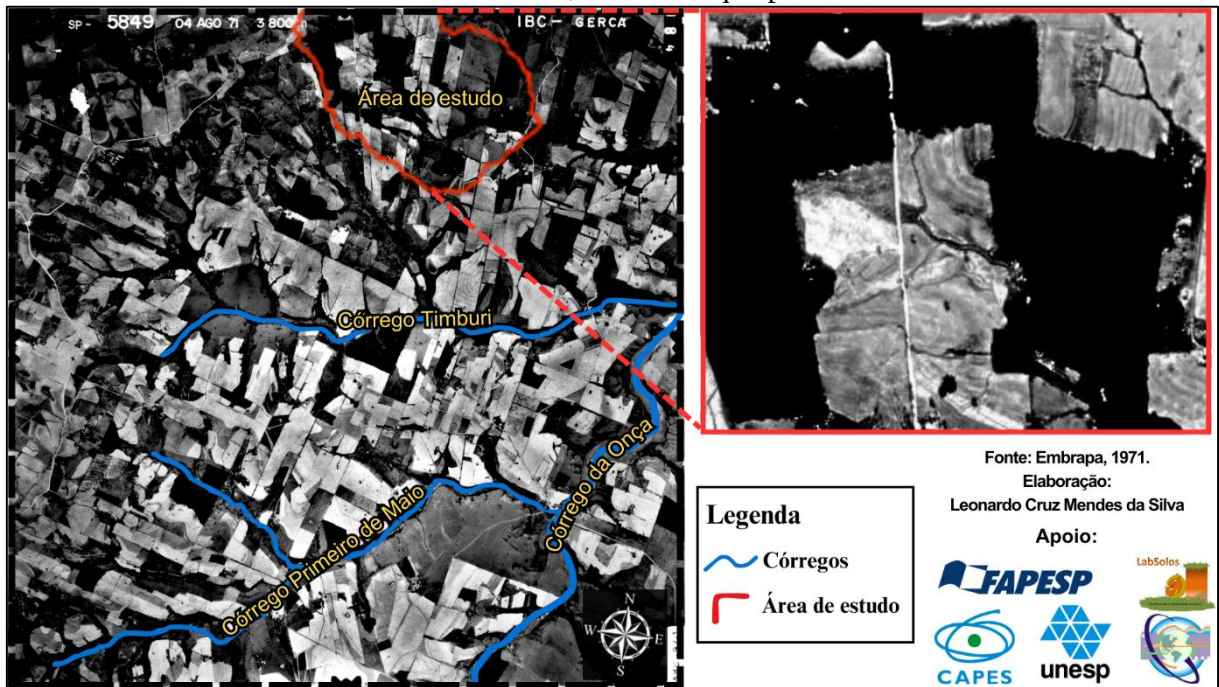
Figura 29 - Visualização no *Google Earth Pro* de elementos da paisagem da área de estudo, com destaque a processos erosivos no período de 2003 a 2020.



Fonte: *Google Earth Pro*, elaborado pelo autor (2024)

Conforme ilustrado nas Figuras abaixo (30 a 33), pelo menos até o ano de 1971, a paisagem da área de estudo caracterizava-se por um fundo de vale com um córrego bem definido, convergindo para dentro da área de mata. A Figura 30 oferece um panorama da área rural do entorno de onde atualmente está localizada a APA do Timburi. À direita, é possível observar a onde a área de estudo está situada.

Figura 30 - Imagem aérea de Maio de 04 de agosto de 1971 mostrando os assentamentos rurais do Timburi e 1º de Maio, com destaque para a área de estudo.

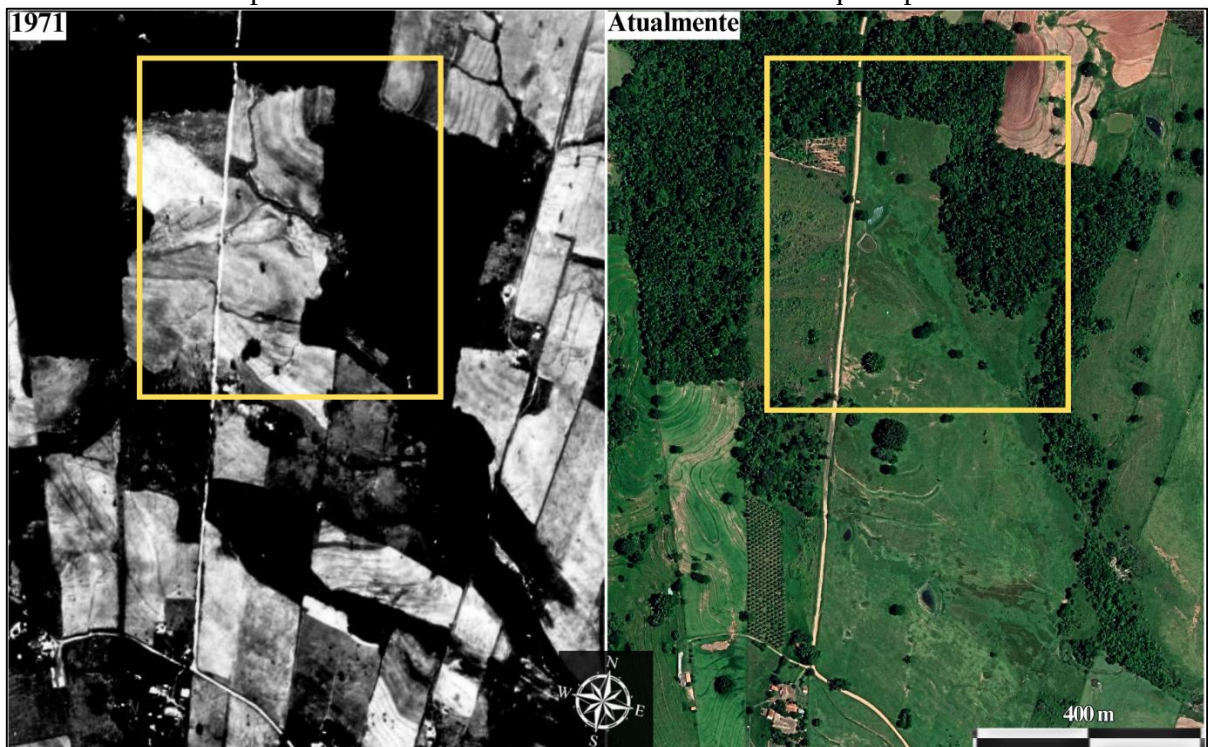


Fonte: Embrapa (1971) adaptado pelo autor (2024).

Conforme mostrado na parte ampliada da figura (canto superior direito), a presença de terraceamentos bem delimitados indicam áreas de cultivo, que contornam a área construída da propriedade rural, é possível notar a presença de nascentes também nesse trecho. Na parte inferior da imagem, observa-se a estrada rural e áreas aparentemente destinadas à pastagem para o gado, além do antigo córrego, que será melhor ilustrado adiante.

Na Figura 31 é feito um comparativo da área de estudo e seu entorno, no ano de 1971 e uma imagem de satélite do *Google Earth Pro* de 2020. Destacam-se os fragmentos de mata residual presentes no entorno do canal fluvial, acompanhando as áreas de topo do relevo que já estava bem delimitadas no passado, e que se mantiveram relativamente preservadas até os dias atuais na porção norte da imagem.

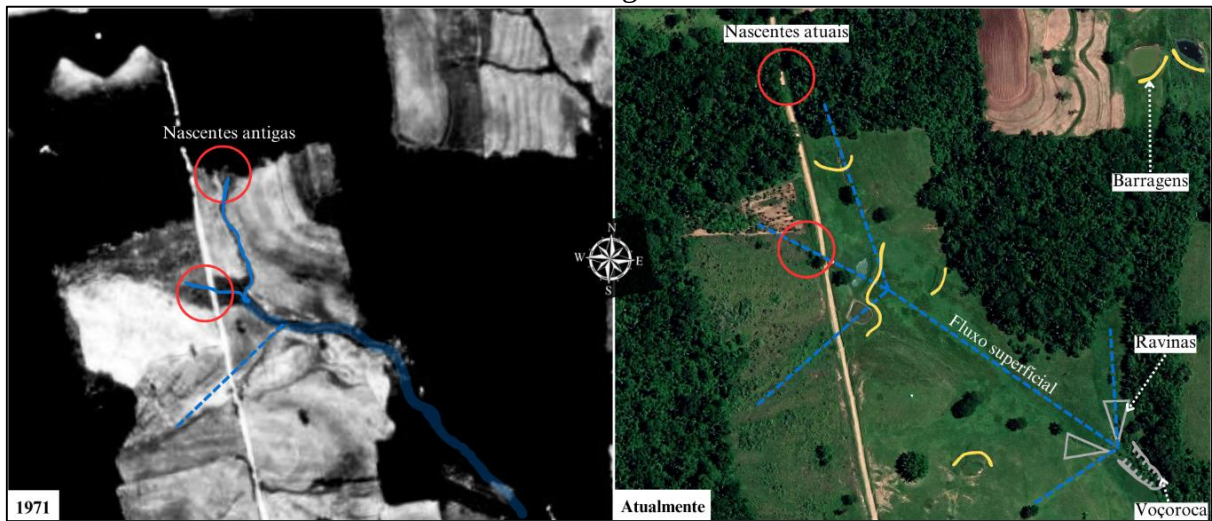
Figura 31 - Imagem aérea de 1971 e *Google Earth Pro* 2020 mostrando um comparativo temporal do entorno da área de estudo com destaque a planície.



Fonte: Embrapa (1971), *Google Earth Pro* (2023), elaborado pelo autor (2024).

Cabe destacar que os antigos córregos eram afluentes do Córrego da Onça. Outro aspecto percebido com relação às imagens é a diminuição da vegetação percebida sobretudo na parte inferior da imagem, onde atualmente é possível visualizar processos erosivos lineares. A Figura 32 mostra a área de estudo com mais detalhes. É possível ver o antigo canal fluvial bem delimitado, onde hoje se observa uma área de pastagem.

Figura 32 - Área de estudo – Embrapa 1971 e *Google Earth Pro*, com destaque para o antigo córrego.

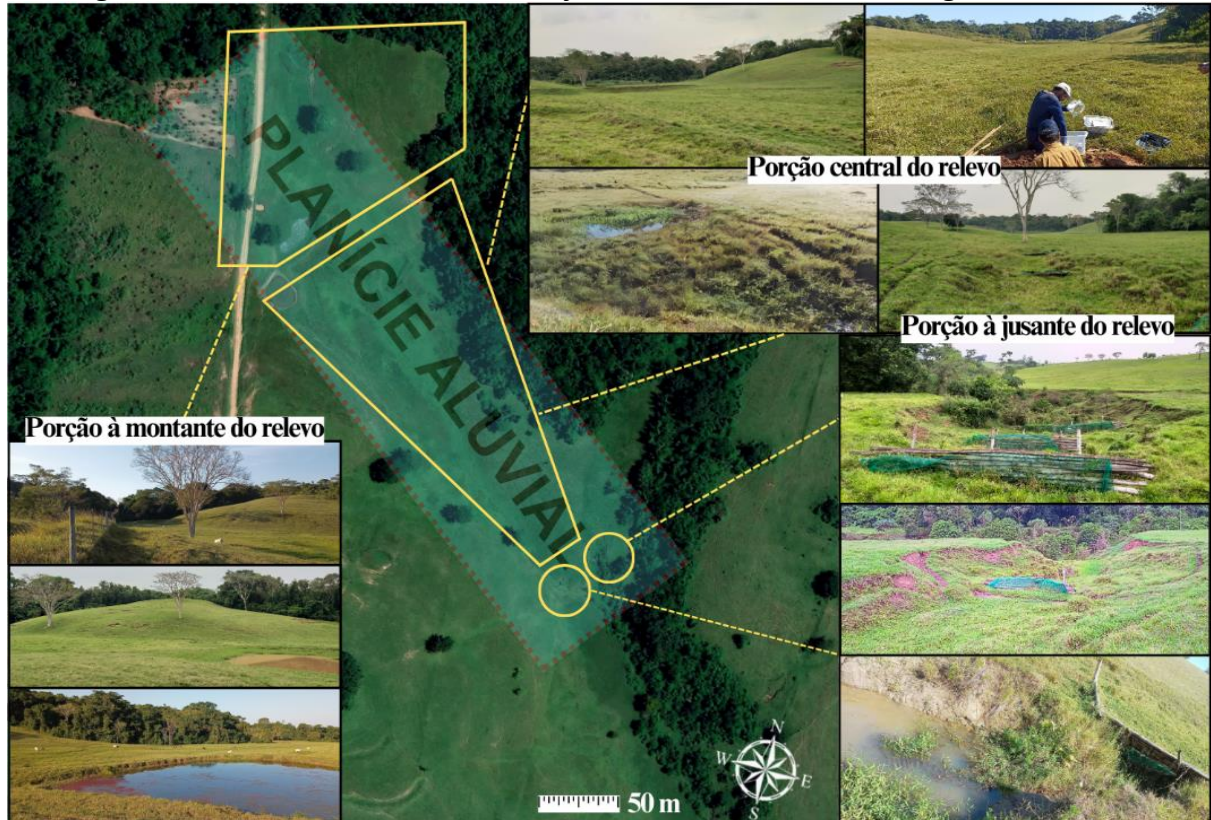


Fonte: Embrapa (1971), *Google Earth Pro* (2023), elaborado pelo autor (2024).

Nesta imagem é possível perceber onde possivelmente se encontravam as antigas nascentes do córrego (à esquerda) e as atuais (a direita), delimitadas pelos círculos vermelhos. Em amarelo estão delimitados alguns dos diversos açudes presentes na propriedade, vários dos quais coincidem com as antigas áreas de nascentes. A figura ilustra o processo de degradação e assoreamento dos corpos hídricos, como resultado de décadas de ocupação humana.

A Figura 33 ilustra um pouco de como o relevo atual se comporta com relação ao escoamento e afloramento da água. Da direita para esquerda, estão identificados os locais onde há um fluxo significativo, sobretudo em subsuperfície. Ressalta-se o fato de que ainda há afloramento de água nas duas extremidades a montante e jusante da área de estudos.

Figura 33 - Área de estudo, demonstração das características físicas gerais do relevo.

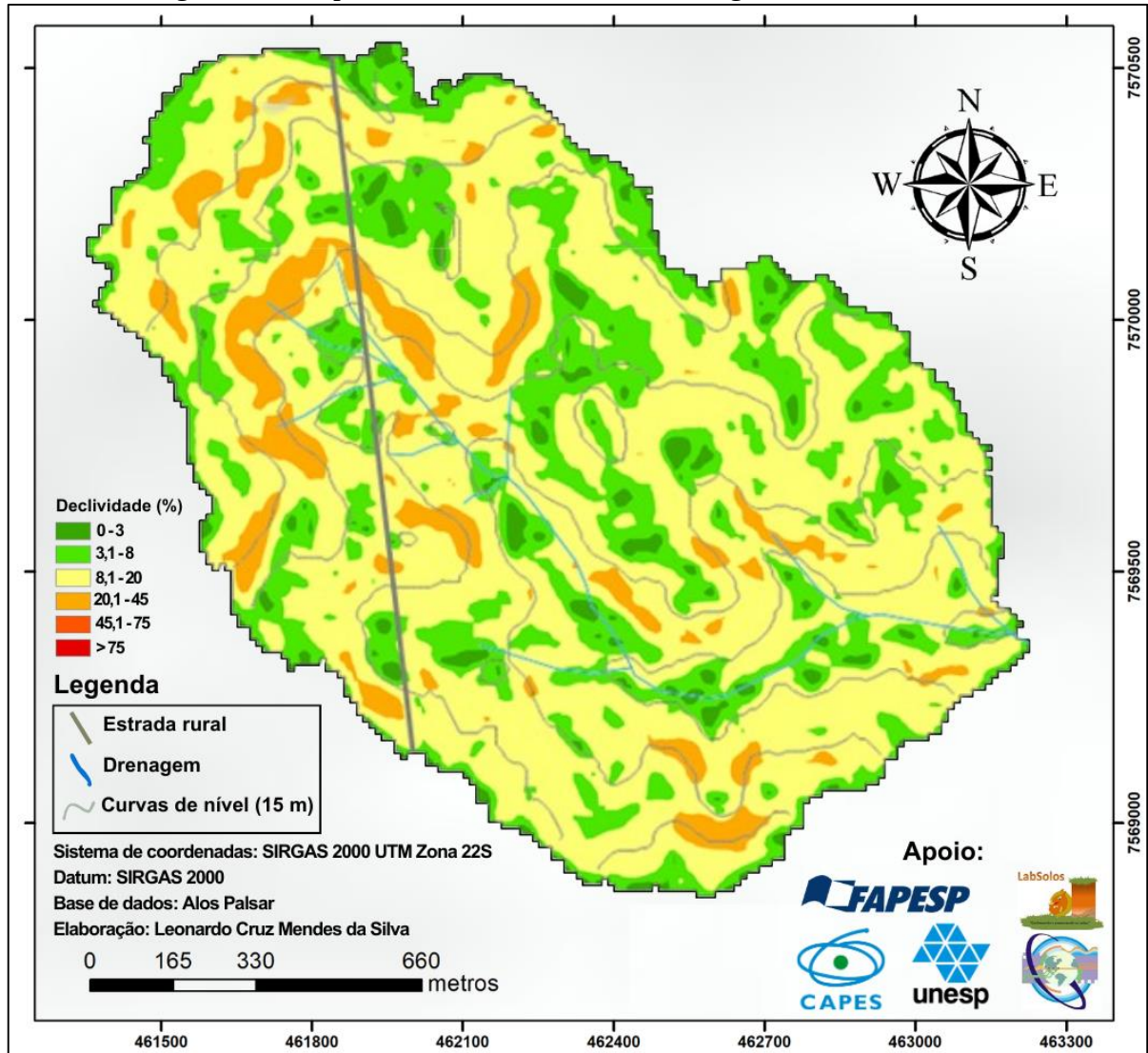


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

As maiores declividades estão presentes na porção do terreno que é parcialmente recoberta por cobertura vegetal arbórea, restando, contudo, alguns trechos cobertos apenas por gramíneas. De acordo com o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos de Nunes *et al.* (2021), a área apresenta baixa vulnerabilidade na porção norte do relevo onde se localizam os topos, enquanto que nas vertentes há predominância de média e alta vulnerabilidade.

Foi observado nível de vulnerabilidade muito alta no setor do relevo em que se localizam as ravinas e a voçoroca. A figura 34 ilustra mostra a declividade da microdrenagem onde se localiza a área de estudo.

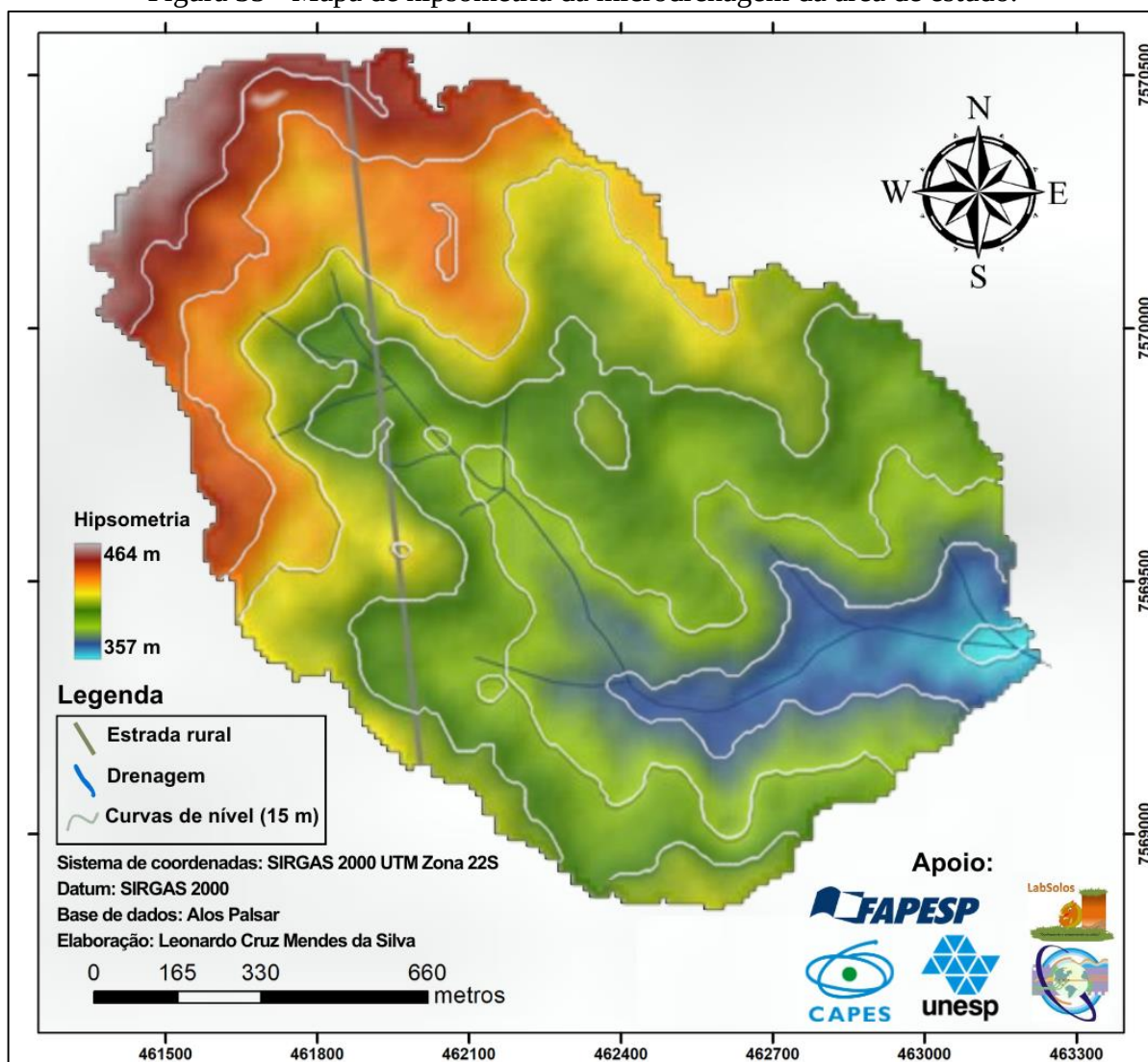
Figura 34 - Mapa de declividade da microdrenagem da área de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Nas áreas de topo e planícies são onde se verifica a predominância de declividades muito baixas do terreno ($<5\%$). O que se estende na maior parte da microdrenagem, onde há o afloramento do aquífero freático suspenso, intercalando-se com declividades de 5% a 10% e de 10% a 15%. Cabe destacar que em algumas áreas de nascente há presença de declividades mais acentuadas. A Figura 35 mostra o mapa de hipsometria da área de estudo.

Figura 35 - Mapa de hipsometria da microdrenagem da área de estudo.

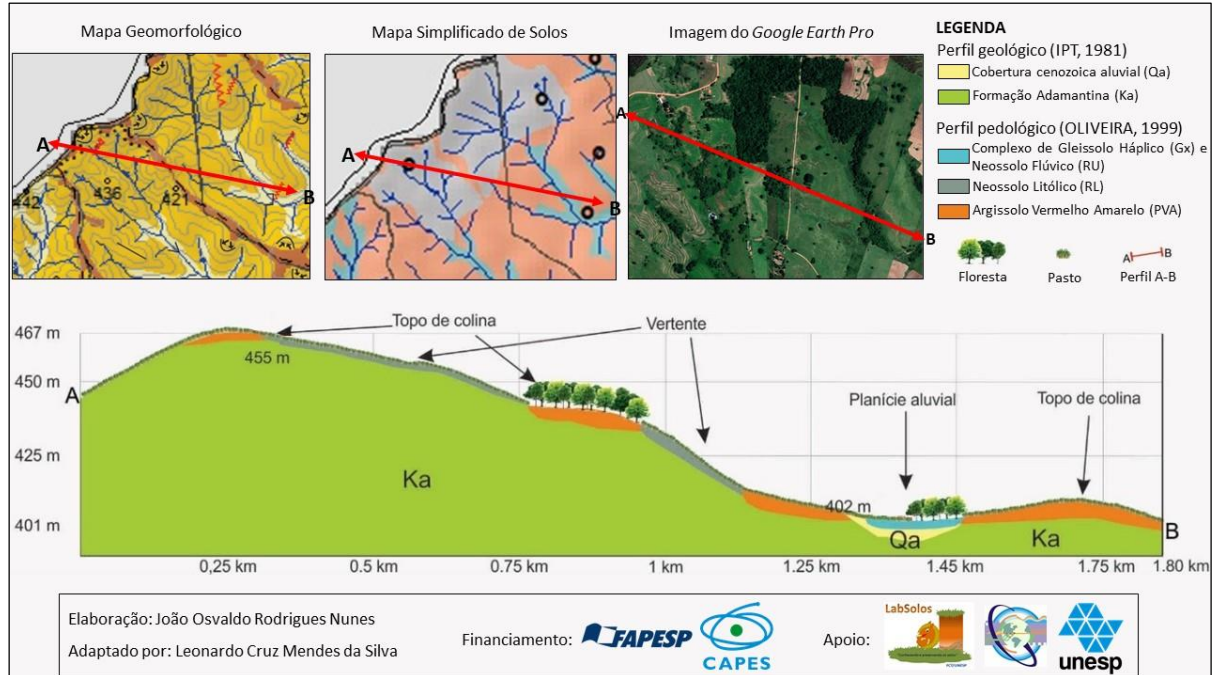


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Este mapa mostra como a área de estudo representa um local de recarga de aquífero, por ser parte da seção mais elevada da APA, além de reforçar a questão dos impactos das erosões hídricas, de modo que há uma diferença de altitude de mais de 100 metros entre porção superior esquerda e a porção inferior direita, montante-jusante respectivamente.

No que se refere à geologia e pedologia, a “planície aluvial” da área é composta de Sedimentos Aluvionares (Qa) e início/final de uma fratura geológica inferida. A Figura 36 de Nunes *et al.* (2021) mostra o perfil geológico e pedológico que foi traçado entre a área de estudo e um ponto na extremidade a montante próximo dos limites da APA. (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

Figura 36 - Perfil Geológico e Pedológico do relevo da área de estudo no sentido Oeste-Leste.



Fonte: Nunes *et al.* (2021). Adaptado pelo autor (2024).

Como já foi observado, a área encontra-se atualmente em uma planície aluvial cuja superfície é composta em parte por um complexo de Gleissolo Háplico (GX) e Neossolo Flúvico (RU), além de Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), seguida por uma camada logo abaixo, composta de Cobertura Cenozoica Aluvial. (Nunes *et al.*, 2021; Lopes, Silva, 2022).

O perfil também mostra a superfície do relevo da área, que se trata de uma cabeceira de drenagem em formato de anfiteatro, composta por topos de colina, vertente e planície aluvial. As áreas de topo mais elevadas possuem pouca cobertura vegetal, com predominância das gramíneas e alguns fragmentos de vegetação arbórea de mata residual nas APPs.

A figura 37 mostra um panorama visual da paisagem da área de estudo, com o objetivo de ilustrar melhor as feições descritas e todo o perímetro em que foram efetuadas as coletas e principais análises em campo.

Figura 37 - Representação do relevo da área de estudo - sentidos N-S e S-N em relação a estrada rural.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS



4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O tópico atual abrange a descrição dos procedimentos metodológicos, divididos em quatro etapas: a) etapa pré-campo, englobando a pesquisa preliminar de gabinete e a elaboração do roteiro/cronograma de trabalhos de campo; b) etapa de coleta de dados, compreendendo os trabalhos de campo, exploração da área de estudo, discussões iniciais de campo e coletas de amostras; c) etapa de laboratório, consistindo na análise e processamento das amostras coletadas em campo, de acordo com sua finalidade específica; e d) etapa da aplicação da classificação integrada dos terrenos tecnogênicos e a produção dos materiais síntese.

4.1. ETAPA PRÉ-CAMPO: LEVANTAMENTO DE DADOS PRELIMINARES.

Conforme anteriormente abordado, antecedendo o início das operações de campo e coleta de amostras, procedeu-se a um estudo preliminar fundamentado na análise de trabalhos, documentos e relatórios que continham informações acerca da APA do Timburi ou da Área de estudo em si. Em relação à visualização de imagens de satélite do *Google Earth Pro*, disponíveis no período entre 2003 e 2020 (mostradas no tópico anterior), observou-se um processo constante de deflagração de processos erosivos e exposição de vertentes e da planície. O que evidenciou tratar-se de uma área com intensa atividade erosiva.

No que concerne aos trabalhos analisados, merece destaque o relatório do Projeto Regular FAPESP intitulado “RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE USO SUSTENTÁVEL NO TIMBURI, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE – SP” (Processo: 2019/12164-4). Sob a coordenação do Professor Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes, esse projeto teve como propósito a implementação de técnicas de bioengenharia em cinco propriedades rurais (Nunes *et al.*, 2021) para a recuperação de áreas degradadas pela erosão hídrica linear.

Outra obra de fundamental importância para a presente pesquisa foi a de Lopes e Silva (2022), que precedeu o desenvolvimento deste trabalho, abordando uma área na mesma propriedade rural, embora com foco no controle de erosões hídricas lineares e no uso de bioengenharia. Abaixo, estão organizados alguns dos dados e informações mais pertinentes para a presente pesquisa, que representam os resultados obtidos na pesquisa anterior.

A pesquisa mencionada teve como objetivo principal promover o controle e a estabilização de processos erosivos lineares em duas ravinas localizadas a jusante da área de estudo atual, ambas dentro da mesma propriedade rural, na Área de Proteção Ambiental – APA

do Timburi, em Presidente Prudente – SP. No que diz respeito aos procedimentos metodológicos, foram coletadas amostras de solos para análises físicas e químicas, realizado ensaio de permeabilidade do solo e implantados barramentos de bambu, conforme representado na figura abaixo (Figura 38).

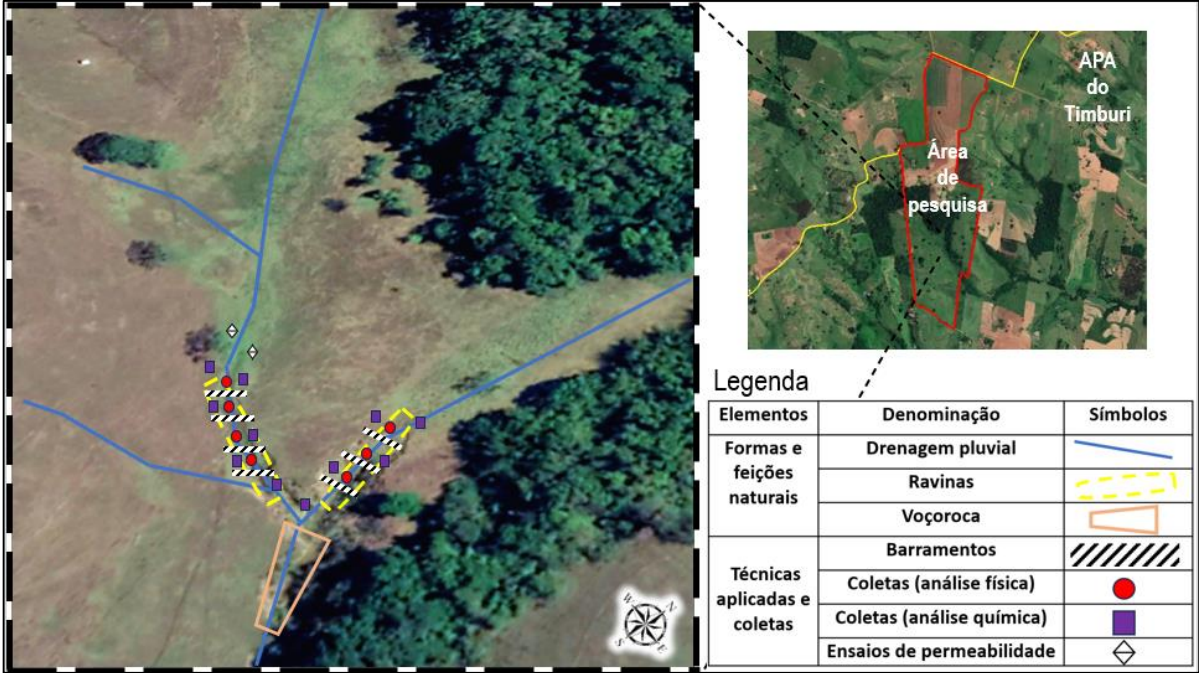
Figura 38 - Metodologias aplicadas na mesma propriedade rural, em pesquisa anterior voltada para estabilização de erosões lineares em ravinas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024) com base em Lopes, Silva (2022).

Os resultados da análise física revelaram solos predominantemente de classe textural arenosa. A análise química indicou a presença de acidez, enquanto a permeabilidade demonstrou condições de drenagem de lenta a moderada, associadas à presença de hidromorfismo. Esses dados evidenciam significativas alterações na área, como descrito por Silva, Lopes e Nunes (2023). A figura 39 ilustra o local onde foram realizadas as coletas e aplicadas as metodologias mencionadas.

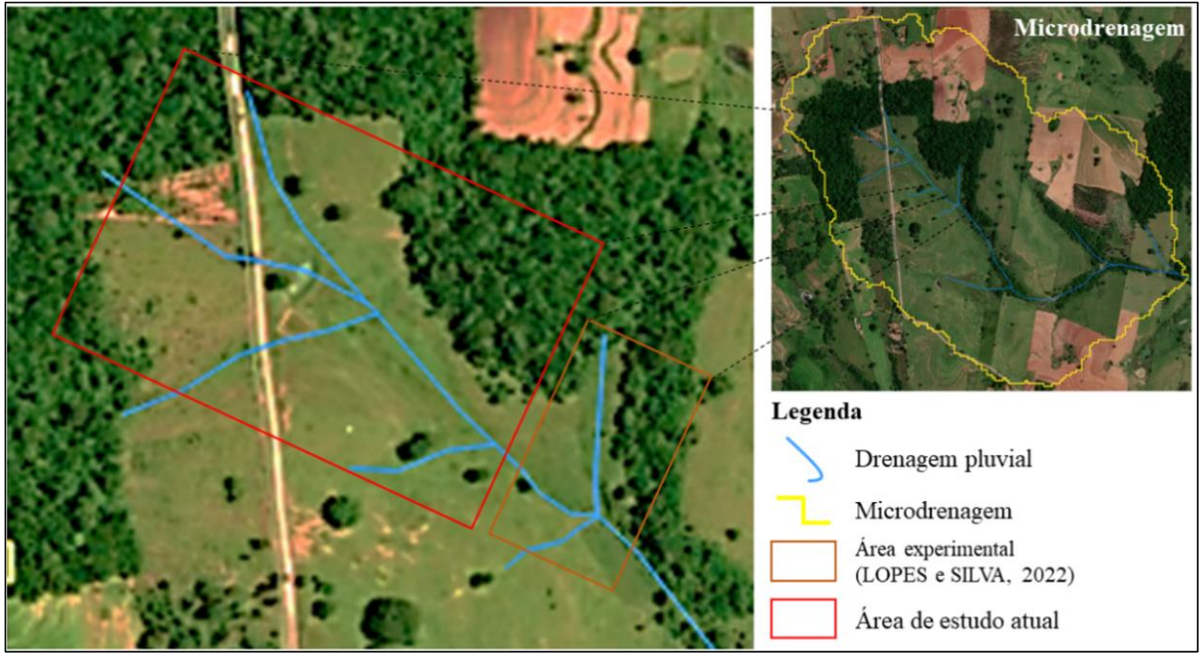
Figura 39 - Metodologias aplicas na pesquisa anterior.



Fonte: Silva, Lopes e Nunes (2023).

A Figura 40 ilustra os perímetros de efetuação das coletas e aplicação das metodologias. O polígono marrom representa a área da pesquisa anterior Lopes, Silva (2022), enquanto o polígono vermelho refere-se a pesquisa atual.

Figura 40 - Comparação da delimitação das áreas experimentais de Lopes e Silva (2022) e da área de estudo atual.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Este resgate serviu para destacar o caráter de continuidade entre a presente pesquisa e a pesquisa anterior, de maneira que anteriormente o estudo concentrou-se nos locais de foco erosivo (ravinas e voçoroca), e desta vez, teve um foco na planície aluvial como um todo e nas áreas do entorno, sob a perspectiva de estudo dos terrenos tecnogênicos.

4.2. ETAPA DOS TRABALHOS DE CAMPO

A descrição das atividades de campo parte da análise e varredura da área, seguida pelo planejamento do itinerário das atividades subsequentes e, por fim, a execução das coletas por meio de tradagens, abertura de trincheiras e tubos amostradores respectivamente.

4.2.1. Reconhecimento e investigação da área

As primeiras incursões de campo tiveram como propósito estudar e avaliar de modo geral, o estado de ocupação e uso do solo na APA do Timburi com enfoque nas propriedades do entorno da área de estudo. Os terraceamentos em algumas propriedades, incluindo aquelas nas proximidades a montante da área de estudo, apresentavam solo exposto, sugerindo manejo recente com maquinário. As estradas também exibiam sinais manutenção recente, com materiais trazidos de outras localidades para preenchimento de erosões.

Durante a observação da área de estudo, foi identificado a partir das suas formas, um relevo significativamente remobilizado e retrabalhado, especialmente no setor próximo do contato com a estrada rural, apresentando formas associadas ao “modelado antrópico”, representado por drenagens construídas sob a estrada, além de vários açudes na área da planície. Além disso, verificou-se a presença de materiais de origem antrópica, como restos de concreto, lonas, espumas, plásticos, seixos e demais fragmentos de detritos úrbicos e garbicos, distribuídos ao longo da estrada, conforme ilustrado na figura 41.

Figura 41 - Presença de artefatos de origem tecnogênica, e feições do modelado antrópico na estrada rural e em seu entorno.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Além das observações visuais e anotações a respeito dos elementos físicos e antrópicos do relevo, efetuou-se um levantamento dos melhores locais para efetuação das coletas, a partir de uma observação das formas do relevo e segmentação do mesmo em setores representativos das características de deposição e de fluxo superficial da água. A figura 42 exemplifica algumas das atividades mencionadas

Figura 42 – Exemplo de atividades preliminares efetuadas nos primeiros trabalhos de campo.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Além dos pontos já mencionados, outros dois merecem nota. Nos campos preliminares, a análise das características da estrada rural forneceu os primeiros insights sobre as dinâmicas do relevo estudado, isto porque a presença excessiva de entulho de construção civil, “lixo” plástico, e toda variedade de material manufaturado depositado na estrada, revelou que o trabalho de manutenção da mesma vem sendo feito com material inapropriado, e o alto volume desse material reflete o nível de poluição das áreas do entorno da estrada, com destaque a área de estudo, além do papel da estrada rural como uma das áreas fonte do depósito tecnogênico.

O segundo, e um dos pontos mais importantes desses campos, foi o diálogo com moradores antigos da APA, que possuem vasto conhecimento do local, e que forneceram informações relevantes sobre como era aquele local no passado, e como o relevo foi alterado ao longo das décadas. Tais informações foram incorporadas às demais análises da área de estudo. Portanto, o trabalho preliminar de levantamento em campo foi imprescindível, servindo de base para traçar os próximos passos da pesquisa, partindo da realidade concreta a respeito da condição em que a área se encontrava.

4.2.2. Tradagens e análise visual das amostras

Dando seguimento aos trabalhos de campo, foram efetuadas as tradagens a fim de aferir a espessura do pacote de sedimentos depositados na área de estudo, para tanto, houve a consulta de bibliografia para dar fundamentação metodológica, tomando como exemplo alguns manuais como (Santos, *et al.*, 2015), além de tomar por base alguns estudos que utilizaram essa metodologia para estudo de terrenos e depósitos tecnogênicos, a saber: (Silva, 2009; 2012; 2017).

A finalidade das tradagens foi de fazer perfurações no solo até que fosse identificada a profundidade dos arenitos da Formação Adamantina (IPT, 1981), que é a rocha base dos solos da área, para tanto, tomou-se por base a análise visual do material à medida que o mesmo era coletado, seguindo as características descritas nos manuais (Santos *et al.*, 2015; Soares *et al.*, 1980, *apud* IPT, 1981).

A figura 43 mostra o processo de tradagem, a análise geral das porções coletadas, alguns dos fragmentos do arenito que foram registrados, além da porção composta sendo coletada (que será melhor descrita na análise química).

Figura 43 - Processo de tradagem em campo e coleta de amostra composta.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Conforme exemplificado acima, foram observadas as características gerais das amostras de material conforme eram coletados, afim de observar os elementos presentes no ponto, bem como o afloramento da rocha base, até que fossem verificadas as características supracitadas. A maioria dos pontos apresentou um encharcamento excessivo em profundidades variáveis, o que inviabilizou uma medição precisa da profundidade do pacote de sedimentos.

O “problema” do encharcamento excessivo da área já havia sido registrado em pesquisa anterior Lopes e Silva (2022), e tem relação com as características físicas e geomorfológicas da área de estudo, que recebe uma alta carga do escoamento superficial e subsuperficial. A medida em que os pontos foram perfurados, suas coordenadas, profundidades, elevação, distâncias entre pontos, e distancia total dos transectos foram registradas numa planilha formulada previamente, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas UTM, elevação, distâncias entre os pontos e profundidade das tradagens.

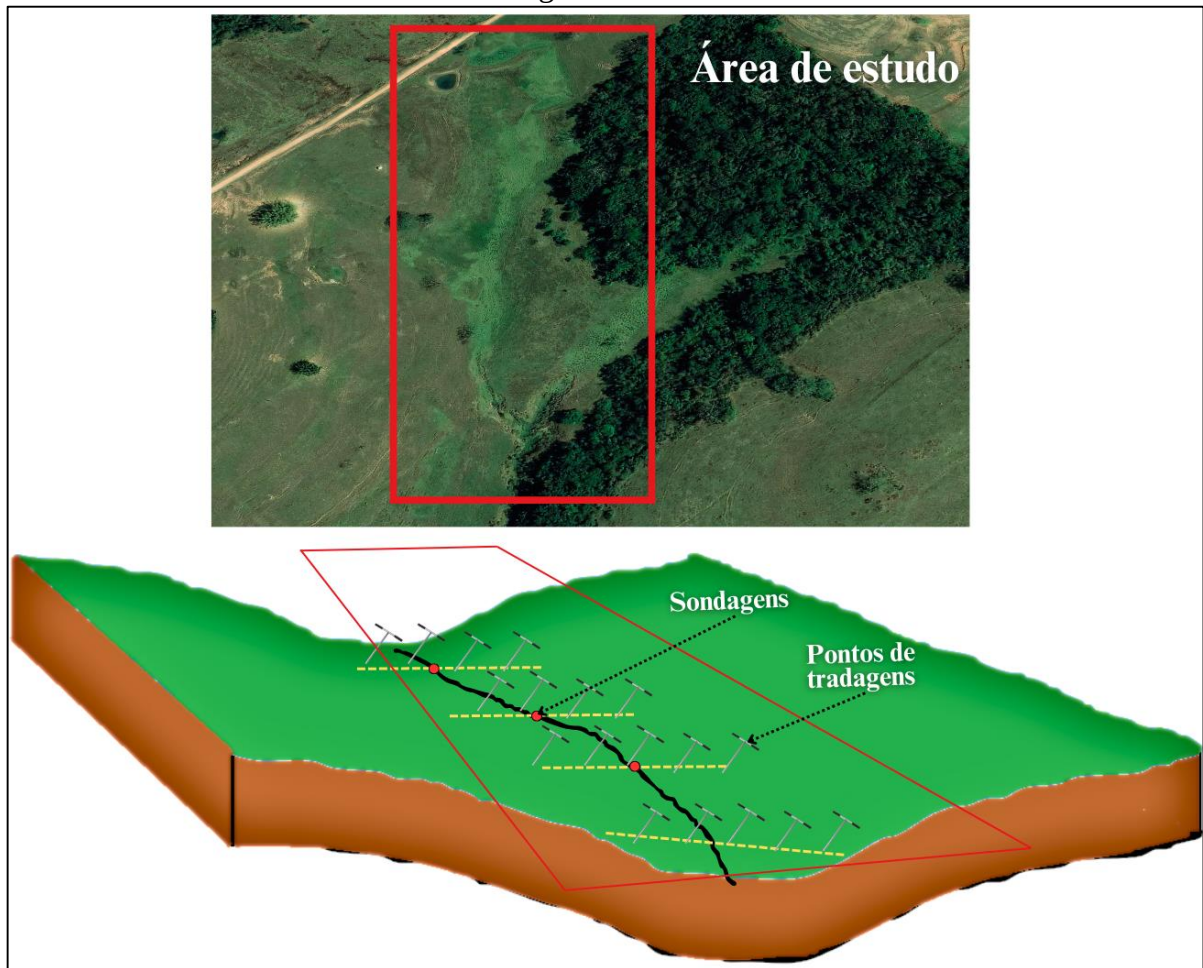
		Coordenadas UTM	Elevação	Profundidade	Distância entre pontos	Total		
Transecto/nº de pontos	1/4	P1 22K 0462103 7569703	390m	1,7m	-	74m	Distância entre os transectos	-
		P2 22K 0462113 7569703	389m	1,55m	1-2 11m			
		P3 22K 0462138 7569719	389m	4m+	2-3 27m			
		P4 22K 0462166 7569734	389m	2m+	3-4 36m			
	2/3	P1 22K 0462012 7569771	395m	1m	-	52m		1-2 125m
		P2 22K 0462023 7569783	394m	2m	1-2 19m			
		P3 22K 0462045 7569808	393m	2m	2-3 33m			
	3/3	P1 22K 0461956 7569823	391m	2m	-	72m		2-3 77m
		P2 22K 0461976 7569845	387m	0,5m	1-2 27m			
		P3 22K 0462007 7569877	393m	1,5m	2-3 45m			
	4/3	P1 22K 0461910 7569861	408m	80cm	-	60m		3-4 63m
		P2 22K 0461925 7569875	407m	1,28m	1-2 30m			
		P3 22K 0461943 7569908	409m	1,30m	2-3 30m			
Distância total dos transectos no sentido montante/jusante: 266m								

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

No total, foram realizadas perfurações em 13 pontos distribuídos por toda a extensão da área da planície, com distâncias variadas entre eles. A seleção de cada ponto ocorreu em conformidade com características visualmente marcantes da superfície, tais como diferenças na umidade superficial, desenvolvimento da vegetação (presença abundante ou escassa), elevação, entre outras.

A figura 44 mostra o modelo que serviu de base para o raciocínio utilizado na escolha dos pontos de tradagens. Os trabalhos de campo serviram para checar as adaptações que seriam necessárias.

Figura 44 - Esquema ilustrativo simplificado com a delimitação dos pontos de tradagens e sondagens com tubos.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Simultaneamente a esse procedimento, efetuou-se uma coleta em pontos aleatórios, na profundidade de 0-20 cm, dispostos em um padrão “em zig-zag”, com o propósito de constituir uma amostra composta para a realização da análise química do solo, conforme preconizado pelo Manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos *et al.*, 2015).

4.2.3. Campo de abertura de trincheira e coleta de amostras

Este campo teve por objetivo a abertura de uma trincheira, com a finalidade de visualizar as características estratigráficas da área de estudo. Para tanto, buscou-se os pontos que pudessem ser mais representativos, no sentido de demonstrar da melhor forma as características deposicionais da área, ou seja, deposições de arenito, fragmentos de carvão, resíduos de materiais antrópicos (os tecnofósseis), fragmentos remobilizados etc.

Todos os procedimentos seguiram os manuais (Santos *et al.*, 2015), e algumas adaptações foram necessárias, por exemplo, a profundidade máxima alcançada foi de cerca de 90 cm, pois abaixo disso encontrava-se uma zona saturada próxima a superfície do solo. Apenas em uma trincheira foi possível efetuar as coletas (figura 45), pelo motivo já citado, e as demais tentativas foram frustradas devido excessiva saturação do terreno.

Figura 45 - Trincheira aberta em campo.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na figura acima é possível observar o afloramento de água no fundo da cava. Na Tabela 3 estão as coordenadas UTM, elevação, dimensões da trincheira, além das coletas que foram efetuadas nas camadas delimitadas.

Tabela 3 - Coordenadas UTM, elevação e dimensões da Trincheira.

Coordenadas UTM	Elevação	Dimensões	Amostras coletadas
22K 0462073 7569763	393 m	Largura: 0,90cm; Comprimento: 0,90cm; Profundidade: 0,90cm.	Anel volumétrico; Amostra para análise química; Amostra para análise física

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Para realizar o procedimento de abertura da trincheira foram utilizadas enxadas, enxadões, cavadeiras e uma pá reta. As coletas para análise química e física se deram por meio de uma pá de coleta, e os materiais foram armazenados e identificados. Os anéis volumétricos utilizados foram previamente catalogados e medidos em laboratórios, além de estarem igualmente identificados. A figura 46 mostra os equipamentos e ferramentas utilizados em campo.

Figura 46 - Equipamentos e ferramentas utilizados para efetuar os procedimentos.



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Cabe destacar que outros pontos também foram escolhidos para abertura de trincheiras, porém não foi possível efetuar as coletas, devido ao encharcamento excessivo da água que aflorou do subsolo. A figura 47 mostra um exemplo do exposto.

Figura 47 - Afloramento de água que impediu a coleta nas outras trincheiras.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A delimitação das camadas da trincheira teve base sobretudo na observação visual. A classificação das cores de cada camada contou com o uso da Carta de Munsell. Seu objetivo foi o de possibilitar uma discriminação de cores a título de diferenciação, sendo apenas uma adaptação da metodologia, dado não se tratar de uma “classificação de solos” propriamente dita.

Como mostra a Figura 48, segue os detalhes do processo de abertura da trincheira, posicionamento da fita métrica, delimitação das camadas do terreno, coletas das amostras, registros fotográficos e anotações. Ao todo, identificou-se 5 camadas de espessuras e características variadas entre si.

Figura 48 – Ilustração do processo de abertura da trincheira e respectivas coletas de amostras.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Foram coletadas amostras indeformadas por meio do anel volumétrico, seguindo os devidos procedimentos preconizados pelo manual (Santos *et al.*, 2015), em cada uma das camadas foi retirada uma amostra para análise da densidade do solo, mais uma porção para análise física e outra para análise química.

Uma vez aberta, foi preciso efetuar a classificação das camadas e as coletas rapidamente, pois o terreno apresentava muita instabilidade devido ao encharcamento excessivo. Ao todo foram coletadas 15 amostras, sendo três em cada camada (1 amostra deformada para análise química + 1 amostra deformada para análise física + 1 amostra indeformada para densidade do solo). Por fim, todas as amostras foram levadas para o laboratório, para dar seguimento aos procedimentos de acordo com a finalidade de cada uma delas.

4.2.4. Campo de coleta dos perfis com tubos

Os equipamentos necessários para a realização das coletas foram previamente separados no campus da FCT/UNESP, e posteriormente transportados para a área de estudo. Para efetuar as coletas, foram empregados tubos de metal com 2 metros de comprimento, um “tampão” de nylon para ser posicionado na extremidade superior dos tubos afim de absorver o impacto direto da marreta de 5 kg, e uma escada pequena utilizada como plataforma durante a fase inicial do processo.

Os três pontos foram selecionados no terreno afim de abranger uma área mais representativa do mesmo, cobrindo a maior parte possível da área. A tabela 4 mostra as coordenadas UTM, elevação, dimensões dos três tubos, bem como a profundidade de cada um deles.

Tabela 4 - Coordenadas UTM, elevação e dimensões das sondagens.

Sondagem	Coordenadas UTM	Elevação	Profundidade
1	22 K 46194669 756985400	406 m	91 cm
2	22 K 46199831 756981200	404 m	109,5 cm
3	22 K 46207882 756974481	403 m	77,5 cm

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A remoção dos tubos foi realizada por meio de uma “manilha” presa a uma estrutura de cavaletes de metal dispostos ao redor do tubo. Este equipamento proporcionou a força mecânica necessária para extrair o testemunhador do solo com facilidade.

Um total de 03 pontos de amostragem foi coletado na área de estudo, conforme ilustrado na Figura 49. Após coletadas as colunas de amostras, os tubos foram colocados de volta no veículo, e levados de volta a FCT UNESP, onde foram armazenados na sala de ferramentas e equipamentos do laboratório.

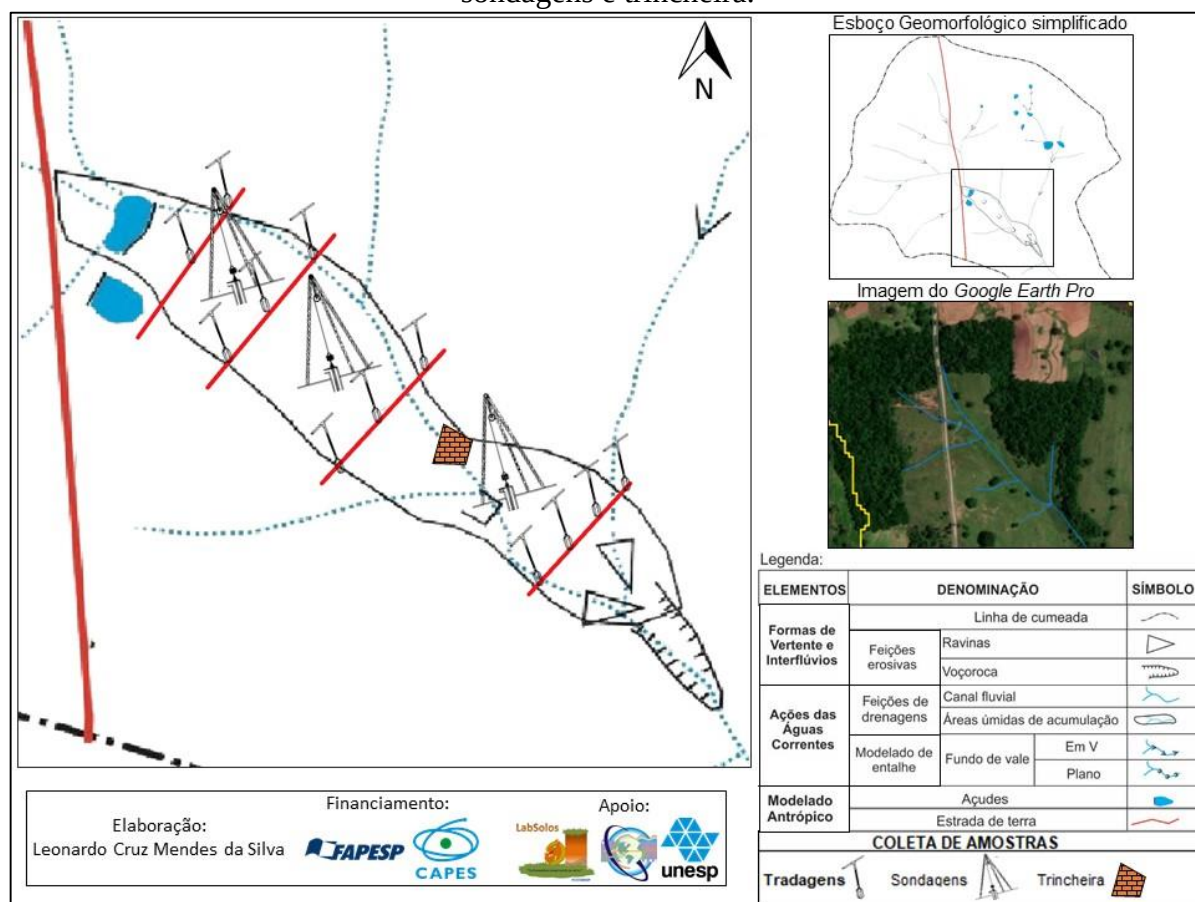
Figura 49 – Localização dos pontos de coleta e representação do procedimento de coleta com os tubos.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A figura 50 apresenta uma síntese que representa todas as coletas mencionadas. Nela, é possível visualizar a extensão abrangida pelas coletas, sendo, portanto, representativas da planície de estudo de maneira satisfatória.

Figura 50 - Ilustração das coletas de amostras efetuadas na área de estudo - tradagens, sondagens e trincheira.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Conforme destacado em vários momentos do texto, a principal dificuldade enfrentada foi o encharcamento do terreno, o que limitou a aplicação de alguns procedimentos, especialmente as tradagens, bem como a abertura de trincheiras. Nesse contexto, os tubos se mostraram a forma de coleta mais eficaz para lidar com esse obstáculo. A figura 51 mostra todas as amostras armazenadas no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos – LabSolos, na FCT UNESP.

Figura 51 - Registro das amostras coletadas em campo.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Dessa forma, foi finalizada a fase de coleta de materiais na área de estudo. No total, foram realizadas 19 coletas (1 amostra composta, 15 amostras na trincheira e 3 tubos), distribuídas ao longo de uma série de trabalhos de campo. No próximo segmento serão apresentados os procedimentos em laboratório, seguindo a mesma ordem previamente apresentada.

4.3. ETAPA DE LABORATÓRIO

4.3.1. Cortes dos tubos - marcenaria

Os tubos foram encaminhados à seção de marcenaria da FCT UNESP para efetuar o corte e abertura dos mesmos. Para isto, utilizou-se uma serra circular e discos para corte de ferro. A figura 52 ilustra o processo de corte dos tubos descrito.

Figura 52 – Corte, abertura e secagem dos tubos.



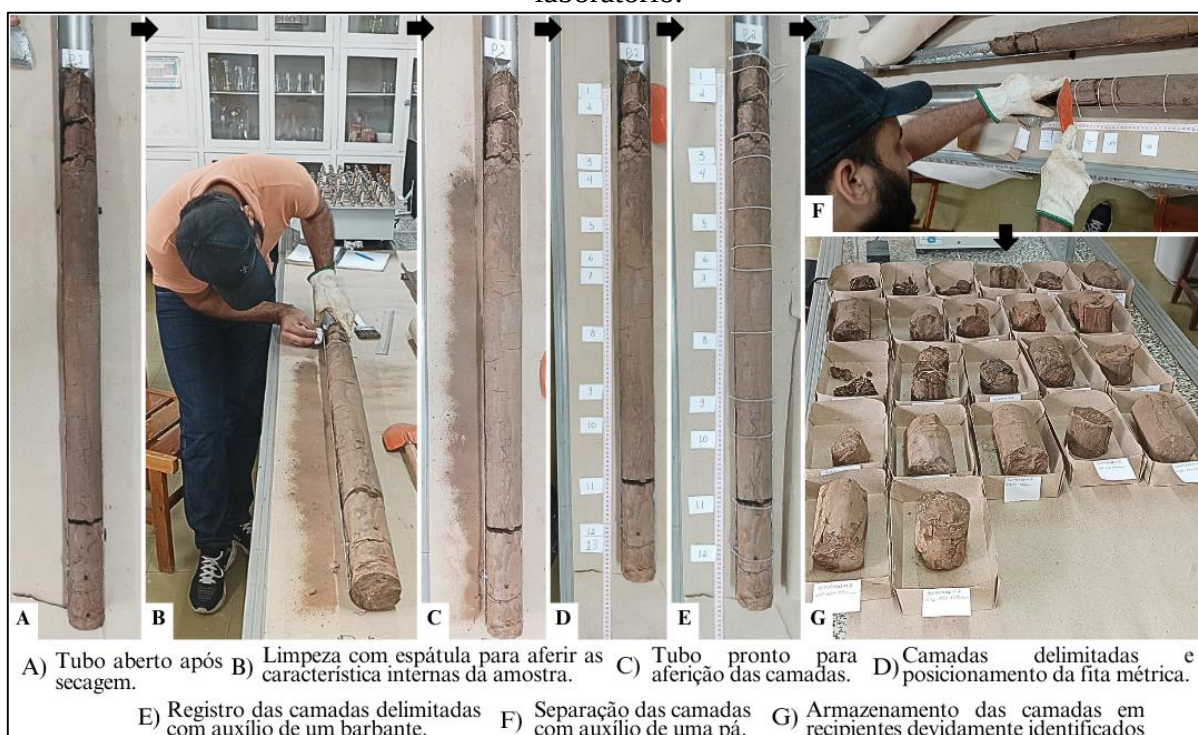
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Após o processo de corte, os tubos foram abertos e colocados para secar na bancada do laboratório por uma semana, até que se verificasse que estivessem completamente secos e prontos para serem manipulados nos passos subsequentes.

4.3.2. Análise visual das amostras - Classificação das cores (Munsell)

Cada estrato foi separado utilizando um pedaço de barbante para auxiliar na visualização e registro, e as espessuras foram aferidas com o auxílio de uma fita métrica. Posteriormente, as camadas foram removidas dos tubos com auxílio de uma pá coletora e armazenadas em um recipiente de papel pardo devidamente identificado. A Figura 53 mostra o processo descrito.

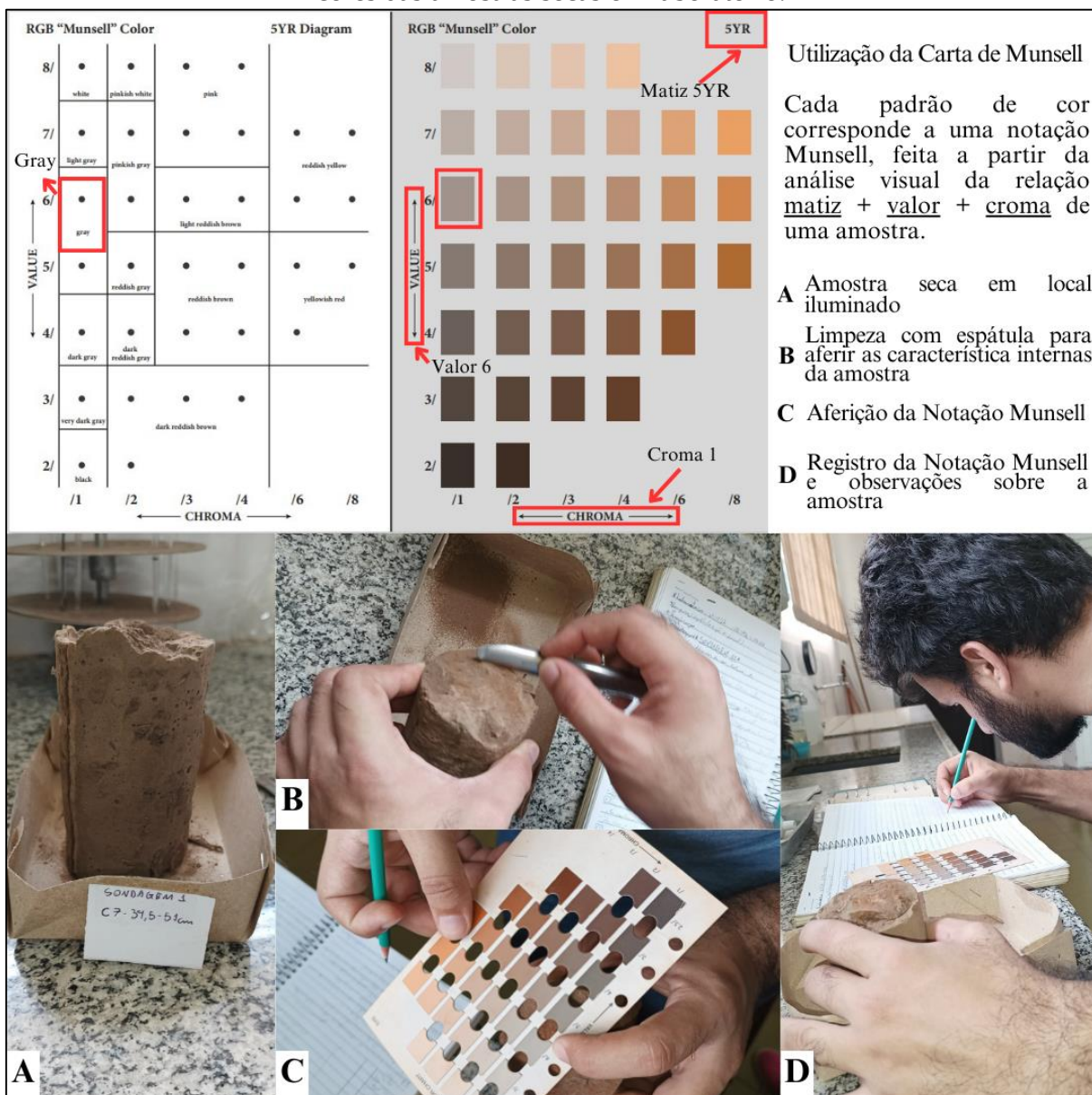
Figura 53 – Demonstração do processo de delimitação e separação das camadas dos tubos no laboratório.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A categorização das cores de cada camada baseou-se na aplicação da Carta de Munsell. O propósito foi efetuar a diferenciação das cores, sendo uma adaptação da metodologia, uma vez que não se trata de uma classificação de solos propriamente dita. Cada amostra foi exposta à luz natural solar para aferição das cores, considerando as percepções de Valor e Cromo (Figura 54).

Figura 54 – Esquema de utilização da Carta de cores Munsell, e processo de aferição das cores das amostras secas em laboratório.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Algumas camadas apresentavam mais de uma cor aparente, seja devido a um intenso processo de oxidação, presença de fragmentos de materiais com cores distintas, matéria orgânica, fragmentos do arenito intemperizado ou manchas de qualquer natureza.

4.3.3. Análise física das amostras - Destorroamento

A análise física/granulométrica das amostras coletadas na trincheira e nos tubos teve como objetivo determinar a distribuição dos materiais constituintes nas diferentes camadas elencadas e apresentar essas medidas em frações medidas em g.kg^{-1} , a fim de avaliar a textura dos solos. Além disso, buscou-se estabelecer um comparativo entre as diferentes camadas para visualizar padrões de continuidade ou descontinuidade textural.

Para realizar essa análise, foram seguidos os procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (Teixeira, *et al.*, 2017). A análise foi conduzida no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos – LabSolos, da FCT/UNESP, e representa uma adaptação do procedimento da Embrapa. A seguir, apresenta-se o passo a passo descritivo das etapas realizadas durante a análise, que consiste basicamente em: secagem – destorroamento/peneiramento – separação de porções de 10g – agitação – lavagem – pipetagem – pesagem final.

Secagem: As amostras foram transferidas para recipientes de papel pardo abertos para secagem ao ar, seguindo o padrão de Terra Fina Seca ao Ar – T.F.S.A, conforme preconizado por Teixeira *et al.* (2017). O período de secagem foi de aproximadamente uma semana, tanto para os tubos quanto para as camadas coletadas da trincheira.

Todos os utensílios e equipamentos necessários para a realização do procedimento foram previamente checados, incluindo a contagem das vidrarias, sua lavagem, a calibração das balanças granatárias semianalítica e analítica, e a preparação de quantidades suficientes de solução de hidróxido de sódio (NaOH). A figura 55 ilustra a pesagem inicial das vidrarias.

Figura 55 - Pesagem inicial das vidrarias (placas de petri e beckers) após calibração da balança analítica e registro dos valores na planilha.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Destorroamento e peneiramento: Cada amostra seca foi inserida em um almofariz de cerâmica e fragmentada com um pistilo de borracha, visando a quebra dos torrões mais robustos. O material desagregado foi então submetido a uma peneira de malha 2 mm para separação do material de interesse dos fragmentos maiores que a malha, os quais foram descartados. Após o peneiramento, as amostras foram ensacadas, identificadas e armazenadas para análises subsequentes. A figura 56 exibe as camadas dos três tubos antes e depois do destorroamento, no qual todo o material com granulometria superior à peneira de 2 mm foi removido. No total, foram destorroadas 35 amostras.

Figura 56 – Demonstração do processo de destorroamento e peneiramento das amostras.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Com a subdivisão de cada uma das amostras em triplicata (3 porções de 10g para cada camada), das 35 camadas foram geradas 105 porções. Para o controle e registro adequado de cada vidraria, os procedimentos foram subdivididos em remessas separadas por um número de camadas, conforme a seguinte organização: 1ª remessa: 6 camadas; 2ª remessa: 5 camadas; 3ª remessa: 6 camadas; 4ª remessa: 6 camadas; 5ª remessa: 7 camadas; 6ª remessa: 5 camadas. A tabela 5 apresenta essa organização.

Tabela 5 - Organização das amostras para a análise física.

Camadas por remessa		Código para as vidrarias*
Remessa/Tubos	1/1 C1;C2;C3;C4;C5;C6	T1.C1; T1.C1 ^l ; T1.C1 ^{ll} - T1.C2; T1.C2 ^l ; T1.C2 ^{ll} - T1.C3; T1.C3 ^l ; T1.C3 ^{ll} - T1.C4; T1.C4 ^l ; T1.C4 ^{ll} - T1.C5; T1.C5 ^l ; T1.C5 ^{ll} - T1.C6; T1.C6 ^l ; T1.C6 ^{ll}
	2/1 C7;C8;C9;C10;C11	T1.C7; T1.C7 ^l ; T1.C7 ^{ll} - T1.C8; T1.C8 ^l ; T1.C8 ^{ll} - T1.C9; T1.C9 ^l ; T1.C9 ^{ll} - T1.C10; T1.C10 ^l ; T1.C10 ^{ll} - T1.C11; T1.C11 ^l ; T1.C11 ^{ll}
	3/2 C1;C2;C3;C4;C5;C6	T2.C1; T2.C1 ^l ; T2.C1 ^{ll} - T2.C2; T2.C2 ^l ; T2.C2 ^{ll} - T2.C3; T2.C3 ^l ; T2.C3 ^{ll} - T2.C4; T2.C4 ^l ; T2.C4 ^{ll} - T2.C5; T2.C5 ^l ; T2.C5 ^{ll} - T2.C6; T2.C6 ^l ; T2.C6 ^{ll}
	4/2 C7;C8;C9;C10;C11;C12	T2.C7; T2.C7 ^l ; T2.C7 ^{ll} - T2.C8; T2.C8 ^l ; T2.C8 ^{ll} - T2.C9; T2.C9 ^l ; T2.C9 ^{ll} - T2.C10; T2.C10 ^l ; T2.C10 ^{ll} - T2.C11; T2.C11 ^l ; T2.C11 ^{ll} - T2.C12; T2.C12 ^l ; T2.C12 ^{ll}
	5/3 C1;C2;C3;C4;C5;C6;C7	T2.C1; T2.C1 ^l ; T2.C1 ^{ll} - T2.C2; T2.C2 ^l ; T2.C2 ^{ll} - T2.C3; T2.C3 ^l ; T2.C3 ^{ll} - T2.C4; T2.C4 ^l ; T2.C4 ^{ll} - T2.C5; T2.C5 ^l ; T2.C5 ^{ll} - T2.C6; T2.C6 ^l ; T2.C6 ^{ll} - T2.C7; T2.C7 ^l ; T2.C7 ^{ll}
	Trincheira C1;C2;C3;C4;C5	C1; C1 ^l ; C1 ^{ll} - C2; C2 ^l ; C2 ^{ll} - C3; C3 ^l ; C3 ^{ll} - C4; C4 ^l ; C4 ^{ll} - C5; C5 ^l ; C5 ^{ll}
Nº total de camadas: 35		Nº total de amostras: 105

*T1.C1 = Tubo 1 Camada 1.

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Segue abaixo uma descrição passo a passo dos procedimentos da análise granulométrica:

Separação das amostras em frações de 10g: a pesagem de frações de 10g de cada uma das amostras foi realizada em uma balança granataria semi-analítica e transferida para um Erlenmeyer. Neste estágio, para cada camada (dos tubos e da trincheira), foram isoladas três frações de 10g cada (método de triplicata), visando obter dados mais precisos e prevenir perdas de informações durante o processo decorrentes de acidentes ou situações adversas.

Agitação na mesa agitadora: no Erlenmeyer, foram adicionados 20 ml de água deionizada com uma proveta, juntamente com uma solução de 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH) por meio de uma pipeta automática. Os Erlenmeyers foram colocados em uma mesa agitadora, onde permaneceram por 6 horas para assegurar a separação completa das partículas de areia, silte e argila (figura 57).

Figura 57 - Pesagem das frações de 10g de amostras, adição de NaOH + água deionizada e agitação.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Lavagem: visando a separação das frações granulométricas, as amostras foram transferidas dos Erlenmeyers para uma peneira com malha de 0,053 mm (ANBT 270), posicionada dentro de um funil. Em seguida, foram submetidas à lavagem com água deionizada. O material líquido contendo as partículas de silte e argila foi coletado em provetas de 1000 ml (1L), enquanto a areia retida na peneira foi disposta em uma placa de Petri. As provetas foram reservadas, e as placas de Petri foram inseridas em uma estufa a uma temperatura de 105 graus Celsius, onde permaneceram por um período de 24 horas. A figura 58 ilustra todo esse procedimento.

Figura 58 - Lavagem das amostras + secagem da areia na estufa.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Agitação da proveta: realizou-se a medição prévia da temperatura da água nas provetas. O valor dessa temperatura determina o intervalo de tempo que deve ser aguardado entre a agitação das provetas e a pipetagem, ou seja, o período de decantação das partículas de silte, seguindo os preceitos estabelecidos pela Lei de Stokes (ver Tabela 6).

Tabela 6 - Tempo de decantação segundo a Lei de Stokes, disponível no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos FCT- UNESP, Presidente Prudente.

Temperatura (°C)	Tempo de Decantação
15	4h e 19min
16	4h e 12min
17	4h e 05min
18	3h e 59min
19	3h e 53min
20	3h e 48min
21	3h e 42min
22	3h e 37min
23	3h e 32min
24	3h e 27min
25	3h e 22min
26	3h e 18min
27	3h e 13min
28	3h e 09min

Fonte: LabSolos (2024).

A tabela 7 mostra os valores das temperaturas da água, e o tempo de decantação correspondente para cada remessa de amostra. As provetas foram agitadas por 1 minuto, com intervalos de 1 minuto entre a agitação de cada uma. Após isso, a solução manteve-se em repouso para a decantação das partículas.

Tabela 7 - Tempo de decantação das amostras para pipetagem.

Remessa Tubos	Camadas por remessa	Temperatura	Tempo de decantação
1/1	C1 – C6	19 °C	3h e 53min
2/1	C7 - C11	26 °C	3h e 18min
3/2	C1 - C6	27 °C	3h e 13min
4/2	C7 - C12	27 °C	3h e 13min
5/3	C1 - C7	27 °C	3h e 13min
Trincheira	C1 - C5	28 °C	3h e 09min

Nº de camadas: 35 Nº de amostras: 105

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Pipetagem: este procedimento teve o fim de coletar da argila suspensa nas provetas, utilizando uma pipeta automática de 5 ml, e transferindo o líquido para um béquer de 50 ml. Os béqueres foram colocados na estufa sob temperatura de 105° C, onde permaneceram por um período de 24 horas (figura 59).

Figura 59 – Procedimentos de aferição da temperatura, agitação, pipetagem e secagem da argila.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Pesagem final: as vidrarias (béqueres e placas de petri) foram retiradas da estufa após o período determinado e transferidas para um dessecador por cerca de 2h até atingirem a temperatura ambiente. Logo em seguida foram pesados, obtendo a quantidade de areia total e argila (g.kg-1) e suas participações percentuais (figura 60).

Figura 60 - Pesagem final das vidrarias (placas de petri com areia e beckers com argila) após calibração e taragem da balança analítica.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Os valores das pesagens (inicial e final) das vidrarias foram lançados em uma tabela do Excel, onde foram efetuados os cálculos de acordo com os seguintes parâmetros: Peso das Frações Granulométricas (g); Percentagem das Frações Granulométricas e Média (g. Kg^{-1}), conforme é mostrado abaixo:

Porcentagem de areia:

$$M_{\text{areia}} = P2 \text{ (peso da placa com areia)} - P1 \text{ (peso da placa vazia)}$$

$$10\text{g} \quad 10\%$$

$$M_{\text{areia}} \quad X\%$$

Porcentagem de argila:

$$M_{\text{argila}} = P2 \text{ (peso do Béquer com a argila)} - P1 \text{ (peso do Béquer vazio)}$$

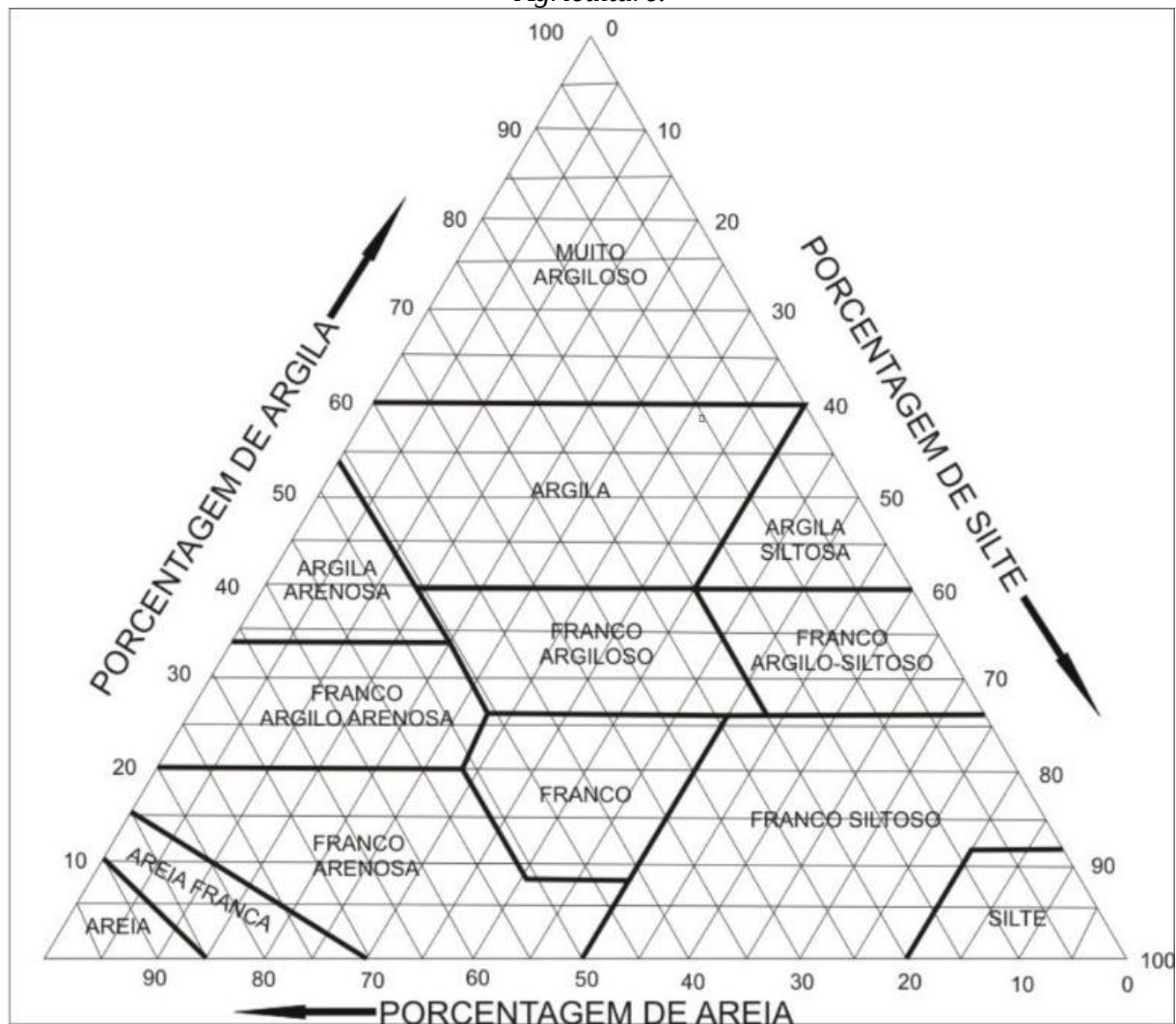
$$\% \text{ argila} = (M_{\text{argila}} - 0,002) \times 2000$$

Porcentagem de silte:

$$\% \text{ silte} = 100\% - \% \text{ areia} - \% \text{ argila}$$

Esses valores foram então incorporados ao Diagrama de Classes Texturais, conforme estabelecido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (U.S.D.A, 1951), como pode ser visto na figura 61.

Figura 61 - Diagrama de classes texturais proposto pelo *United States Department of Agriculture*.



Fonte: U.S.D.A (1951).

A areia restante da análise granulométrica foi reservada em embalagens identificadas para ser utilizada no fracionamento. Esta etapa que será descrita no subtópico abaixo.

4.3.4. Fracionamento

O fracionamento da areia tem como principal objetivo fornecer dados sobre o material de origem de uma determinada deposição ou terreno. Inicialmente, fundamenta-se no conhecimento prévio do material sedimentar de origem dos relevos estudados, sendo, neste caso, a Formação Adamantina.

Conforme descrito por Soares *et al.* (1980, *apud* IPT, 1981), a área de estudo, possui em seu material de origem, uma rocha sedimentar, cuja granulação predominante de areia é fina e

muito fina. Ou seja, frações de areia maiores do que essas podem ter origem “alóctones”, provenientes das mais diversas fontes, incluindo aquelas relacionadas à ação humana sobre o meio.

Estudos dessa natureza, utilizando o fracionador, já foram realizados em pesquisas desenvolvidas em Presidente Prudente (Silva, 2009; 2012; 2017; Silva, 2011; Takata, 2012), sobretudo em áreas urbanas e periurbanas. Os mesmos constataram a presença de material de origem tecnogênica, tanto pela presença de outras frações de areia quanto pela visualização de fragmentos tecnogênicos entre as amostras ao observá-las na lupa estereoscópica.

A tabela 8 apresenta as medidas granulométricas das peneiras do fracionador, bem como a classificação da fração de areia correspondente ao tamanho. A escala de abertura das peneiras tem por base a proposta de Wentworth (1927), *apud* Suguio (1973), e Embrapa (1997), conforme uma adaptação utilizada por Silva (2017).

Tabela 8 - Classificação da fração de areia de acordo com a abertura das peneiras do fracionador.

Abertura das peneiras	Classificação
2,000 mm – 1,000 mm	Areia muito grossa
1,000 mm – 0,500 mm	Areia grossa
0,500 mm – 0,250 mm	Areia média
0,250 mm – 0,125 mm	Areia fina
0,125 mm – 0,053 mm	Areia muito fina
Menor que 0,053 mm	Fundo do fracionador

Fonte: elaborado pelo autor (2024) com base em Wentworth (1927 *apud* Suguio 1973).

A areia presente nas placas de Petri foi transferida para a porção superior do fracionador, que foi adequadamente vedado e fixado. O equipamento foi calibrado para operar com uma frequência de 5,0 Hertz durante um intervalo de 5,0 minutos. Após o processo de fracionamento, o equipamento foi desligado, e o material foi transferido novamente para as placas de Petri, sendo estas identificadas conforme a peneira correspondente (figura 62).

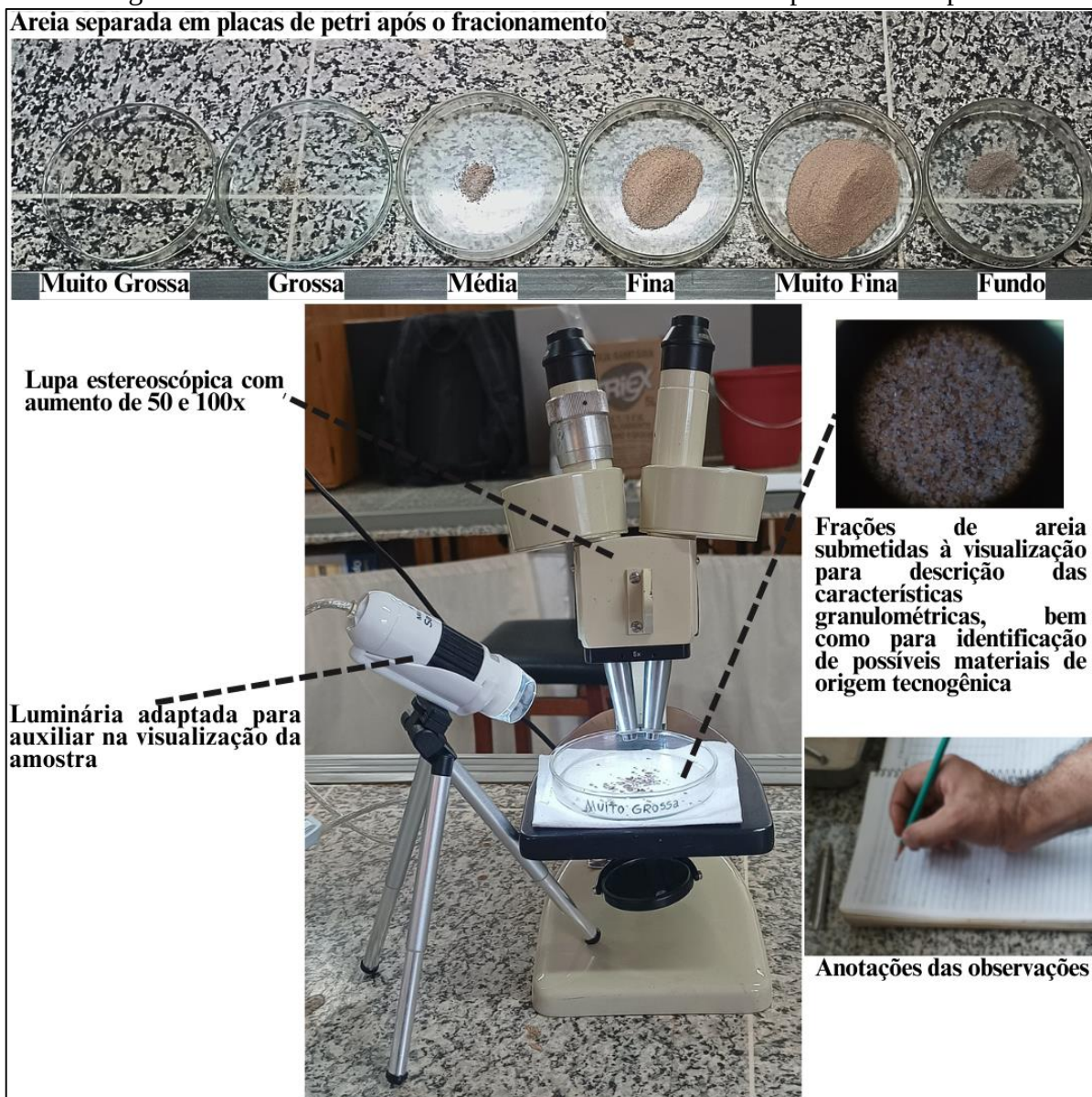
Figura 62 – Representação do procedimento de separação, pesagem e fracionamento das amostras de areia.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A retirada da areia das peneiras foi efetuada com auxílio de um pincel, e com um pedaço de papel colocado debaixo da placa de petri, garantindo a transferência integral de toda a areia, sem que qualquer porção da amostra permanecesse alojada nos poros da peneira, ou fosse despejada fora da placa (figura 63).

Figura 63 - Processo de análise das amostras de areia na lupa estereoscópica.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

No total, foram fracionadas 35 porções de areia, as quais representam o material proveniente das 35 camadas separadas dos 3 tubos, mais as 5 coletas efetuadas na trincheira, visando estabelecer uma comparação entre os materiais coletados em ambos os pontos.

4.3.5. Análise química

As amostras destinadas à análise química foram coletadas de duas maneiras distintas. A primeira ocorreu na profundidade de 0 a 20 cm, em pontos alternados ao longo de toda a área de estudo. Após a coleta, o solo foi homogeneizado em um recipiente para gerar a porção composta, conforme descrito no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos *et al.*, 2015). Essa coleta foi realizada simultaneamente às tradagens. A segunda coleta ocorreu na trincheira, sendo retirada uma amostra de cada camada, com profundidades diversas, seguindo metodologias já empregadas (Silva *et al.*, 2020, p. 47846; Santos *et al.*, 2017; Ronquim, 2010, p. 11; Santos *et al.*, 2018).

Todas as amostras foram devidamente identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Análise e Consultoria Agrícola e Ambiental – Ciência em Solo, em São José do Rio Preto – SP, certificado pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC. O propósito dessa análise consistiu em verificar as condições químicas do solo e, afim de fornecer um diagnóstico geral das características do terreno e complementar os dados da análise física.

Para obter uma compreensão abrangente, foi analisada a composição química completa do solo, incluindo os seguintes itens: Índice de acidez (pH em CaCl_2); Teor de matéria orgânica (MO), expresso em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Fósforo (P) – resina, expresso em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Teor de potássio (K), expresso em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Teor de cálcio (Ca), expresso em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Teor de magnésio (Mg), expresso em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; $\text{H}+\text{Al}$, expresso em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Soma de bases ($\text{SB} = \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}$), expressa em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Capacidade de Troca Catiônica ($\text{CTC} = \text{SB} + \text{H} + \text{Al}$), expressa em $\text{mmol}_c/\text{dm}^{-3}$; Saturação por bases (V), expressa em porcentagem e dada pela fórmula: $V = 100 \cdot (\text{SB}/\text{T})$, enxofre e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn).

O Quadro 5 apresenta a relação dos procedimentos realizados no laboratório para obtenção da análise química completa.

Quadro 5 - Metodologias para determinação dos atributos químicos das amostras.

pH da solução do solo, determinado em solução de cálcio;
P: fósforo disponível, P (res): extração por resina de troca iônica; P (Mehlich); extração por solução duplo ácida (Mehlich-1) e determinação por colorimetria;
S-SO ₄ ²⁻ : Enxofre na forma de sulfatos, extração por solução de fosfato de cálcio e determinação por turbidimetria;
Si: silício “disponível”, extração por solução de cloreto de cálcio e determinação por colorimetria;
K ⁺ , Ca ²⁺ e Mg ²⁺ : potássio, cálcio e magnésio trocáveis, extração por resina de troca iônica e determinação por espectroscopia;
Na ⁺ : sódio trocável, extração por solução de cloreto de amônio e determinação por espectroscopia.
Al ³⁺ : alumínio trocável do solo, extração por solução de cloreto de potássio e determinação por titulometria;
H+Al ³⁺ : acidez total do solo, determinada em solução tampão SMP a Ph 7,5;
MO e CO: matéria orgânica e carbono orgânico, oxidação via úmida por solução sulfocrômica e determinação por colorimetria;
SB: soma de bases (K ⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺);
CTC: capacidade de troca de cátions (K ⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺ + H+Al ³⁺);
V: saturação por base do solo (relação SB/CTC)
m: saturação por alumínio (relação Al ³⁺ / (SB + Al ³⁺));
B: Boro, extração por micro-ondas e determinação por colorimetria;
Cu, Fe, Mn e Zn: cobre, ferro, manganês e zinco, extraídos por solução DTPA-TEA e determinação por espectroscopia.

Fonte: Laboratório Ciência em Solo de São José do Rio Preto - SP - adaptado pelo autor (2024).

A qualidade do solo é um conceito multifacetado que demanda a análise de diversos parâmetros relacionados à sua composição química, tais como pH, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al), os quais, por sua vez, influenciam a nutrição das culturas (Silva *et al.*, 2020). A saturação por base (V%) expressa a porcentagem ocupada pelos elementos essenciais (Ca, Mg e K) na troca de cátions (CTC).

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a acidez ou alcalinidade do solo, sendo que valores mais baixos indicam maior acidez, enquanto valores mais altos indicam maior alcalinidade. Solos com baixo pH podem apresentar carência de minerais básicos, como cálcio e magnésio, elevado teor de alumínio tóxico, excesso de manganês, alta fixação de fósforo nos colóides do solo e deficiência em micronutrientes (Ronquim, 2010).

A presença de matéria orgânica no solo (MOS) sustenta diversas trocas físico-químicas e biológicas, retendo nutrientes e realizando ciclagem de minerais. Esses processos contribuem para a agregação do solo, mantendo sua estabilidade e favorecendo a atividade dos microrganismos e da microfauna. Portanto, a ausência de matéria orgânica pode resultar em

desequilíbrios e degradação do solo, frequentemente associados a práticas de uso e manejo inadequadas. A análise da matéria orgânica (MO) e do carbono orgânico (CO) figura como indicadores essenciais desses desequilíbrios (Santos *et al.*, 2017).

A saturação por bases (V%) refere-se à proporção de cátions básicos trocáveis e está relacionada à fertilidade do solo. Uma elevada saturação pode indicar solos eutróficos e férteis, enquanto o oposto caracteriza solos distróficos e menos férteis (Santos *et al.*, 2018; Ronquim, 2010). A redução da saturação por base pode resultar em uma maior absorção de elementos tóxicos (Silva *et al.*, 2020). Nesse contexto, esta métrica desempenha o papel crucial descrito no trecho subsequente.

Refere-se à proporção (taxa percentual, $V\% = 100 \times S/T$) de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada a pH 7 (valor S refere-se à soma de bases). A expressão “alta saturação” se aplica a solos com saturação por bases igual ou superior a 50% (eutrófico) e “baixa saturação” a solos com valores inferiores a 50% (distrófico). Utiliza-se, ainda, o valor $V \geq 65\%$ para identificação do horizonte A chernozêmico. Para a distinção entre classes de solos por esse critério, é considerada a saturação por bases no horizonte diagnóstico subsuperficial (B ou C). Na ausência desses horizontes, a aplicação do critério é definida para cada classe específica. Quando o solo tiver saturação por bases alta e simultaneamente caracteres sódico e/ou sálico ou salino, a saturação por base não é indicativa de fertilidade alta, pelo teor de sódio elevado e/ou pelos altos teores de sais solúveis. Também não é indicativa de fertilidade alta nos solos com textura nas classes areia e areia franca e valor de S inferior a 1,0 cmolc kg⁻¹. (Santos *et al.*, 2018, p. 30).

Em resumo, como afirmado por Ronquim (2010, p. 10), “A maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5”. Com base nessa análise, é possível avaliar os impactos decorrentes do manejo de uma área, determinar nutrientes e minerais que estão em déficit, avaliar quais processos químicos, físicos e biológicos estão comprometidos ou não, e, por fim, adotar medidas de recuperação e manejo em caso de degradação.

4.4. APLICAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO INTEGRADA DE TERRENOS TECNOGÊNICOS E PROCEDIMENTOS DE MAPEAMENTOS

Esta etapa compreendeu uma revisão bibliográfica acerca das características do relevo da área, visando construir uma base sólida para a aplicação da classificação integrada proposta por Peloggia (2017). No que concerne à classificação integrada de terrenos tecnogênicos, foram consultadas bibliografias desde a primeira versão da proposta em Peloggia (1999) abrangendo suas atualizações até a versão mais recente de Peloggia *et al.* (2017). Esta última versão ampliou o escopo da classificação, integrando-a ao estudo da ordem dos antropossolos (fato já mencionado no referencial teórico).

Além disso, foram consultadas as diretrizes propostas por Moura *et al.* (2023), que discutem a classificação e o mapeamento de formas de relevo tecnogênicas. As obras mencionadas foram minuciosamente analisadas e constituem parte essencial do referencial teórico, estando presentes na seção final do mesmo.

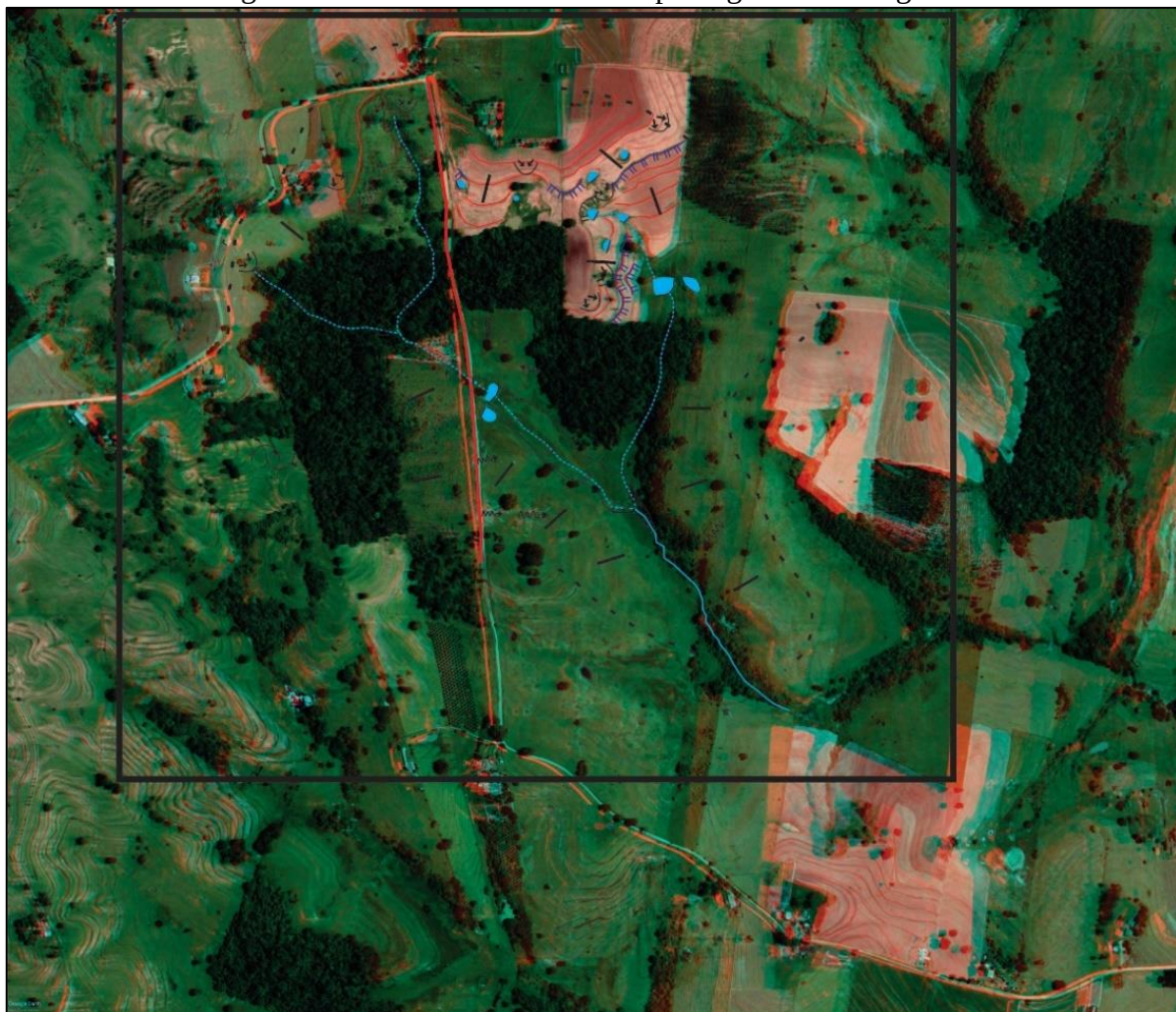
Algumas fotografias aéreas foram obtidas através da Embrapa, e chegou-se a uma imagem referente ao ano de 1971 (escala de 1:25.000), a qual foi de maior utilidade. Também foram consultadas as fotografias aéreas disponíveis no Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera (GAIA) de 1962 na escala de 1:25.000, mas sem sucesso.

Quanto aos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019, já possuem amplo material cartográfico que foi produzido em pesquisas de anos anteriores (Nunes *et al.*, 2021; Moreira, 2021), e foi apresentado na descrição da área de estudo e incorporados a discussão. Como forma de representar o relevo tecnogênico atual, optou-se pela confecção de um esboço geomorfológico da área de estudo.

4.4.1. Elaboração do esboço geomorfológico

Para a elaboração do esboço geomorfológico em escala de semidetalhes da área de estudo, foi utilizado o programa “*StereoPhoto Maker 6.02*”, com a geração de anaglifos a partir de imagens de satélite do *Google Earth Pro*, e visualização tridimensional, com a técnica de estereoscopia digital, permitindo o mapeamento detalhado das feições geomorfológicas como as formas das vertentes, fundos de vales e divisores d’água, ações erosivas etc. A figura 64 ilustra o processo de estereoscopia digital.

Figura 64 – Processo de estereoscopia digital com anaglifos.



Fonte: do autor (2024).

As nomenclaturas e símbolos presentes na legenda do esboço geomorfológico foram baseadas em Tricart (1965) e Verstappen e Zuidam (1975) e descrevem elementos ligados a paisagem da área, a partir das formas do relevo, elementos da dinâmica fluvial e pluvial, feições erosivas e o modelado antrópico (figura 65).

Figura 65 - Simbologia utilizada no esboço geomorfológico.

Legenda:

ELEMENTOS	DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO	
Formas de Vertente e Interflúvios	Vertentes	Côncava		
		Convexa		
		Retilínea		
	Colo topográfico			
	Linha de cumeada			
	Feições erosivas	Sulcos		
		Ravinas		
		Voçoroca		
	Topografia e morfometria	Ponto cotado	•450	
		Curva de nível		
Ações das Águas Correntes	Feições de drenagens	Canal fluvial		
		Canal pluvial		
		Áreas úmidas de acumulação		
	Modelado de entalhe	Rupturas topográficas		
		Com afloramento de lençol		
		Fundo de vale	Em V	
			Plano	
Modelado Antrópico	Açudes			
	Terraços agrícolas			
	Estrada de terra			

Fonte: Tricart (1965); Verstappen e Zuidam (1975).

Na elaboração do esboço geomorfológico procurou-se destacar as formas erosivas (sulcos, ravinas e voçoroca), o modelado antrópico, as formas de vertentes e ações das águas correntes; para isso, utilizou-se de símbolos que apresentavam destaque. Esta metodologia de mapeamento geomorfológico vem sendo utilizada em uma série de pesquisas como por

exemplo Pedro (2008); Santos (2009,2014); Vagula (2011); Fushimi (2012); Nunes *et al.* (2021); Zanatta, (2018) entre outras, de modo que há um vasto arcabouço metodológico.

Após gerada a base geomorfológica, realizou-se o processo de georreferenciamento da mesma. Foi utilizado o software QGis versão 3.12.2 e pontos cotados com o GPS Garmin em trabalhos de campo. O sistema de projeção utilizado foi o Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 22 Sul.

Com o uso do esboço geomorfológico gerado através da técnica de estereoscopia foi possível delimitar, no *software* QGis, a microbacia hidrográfica pluvial, assim como a rede de drenagem pluvial e as feições de relevo que, posteriormente, serviram para a base da construção dos demais mapas presentes nesta pesquisa.

4.4.2. Mapas de declividade e hipsometria

A elaboração dos mapas de declividade e hipsometria teve como objetivo principal auxiliar na interpretação das características do relevo da área de estudo. Para isso, utilizou-se imagens do ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) abrangendo a área de estudo (APA do Timburi). As principais informações/especificações técnicas sobre o ALOS estão presentes no quadro 6.

Quadro 6 - Especificações do satélite ALOS.

Sensor	Canais/Bandas Espectrais	Frequência	Ângulo de Visada	Polarização	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Área Imageada
Palsar	Fine - single	1270 MHz (Banda L)	8° - 60°	HH ou VV	7 - 44 m	5 bits	40 - 70 km
	Fine - dual			HH+HV ou VV+VH	14 - 88 m		
	ScanSAR		18° - 43°	HH ou VV	100 m	3 a 5 bits	250 - 350 km
	Polarimetric		8° - 30°	HH+HV+ VH+VV	24 - 89 m		20 - 65 km

Fonte: Embrapa (2024). Adaptado pelo autor (2024).

Diante do exposto, tem-se que as principais etapas do processo foram as seguintes: 1 - Download das imagens abarcando a região de Presidente Prudente (SP) no site do *Alaska Satellite Facility* (<https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS>), instituição que faz parte do Instituto Geofísico da Universidade do Alasca Fairbanks, nos Estado Unidos; 2 – Delimitação da área que compreende a APA do Timburi por meio da ferramenta Define Polygon Area; 3 – Processamento, via software QGis versão 3.12.2, do Modelo Digital de Elevação- MDE

proveniente do sensor *PALSAR* (*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*), que está acoplado ao satélite *ALOS*.

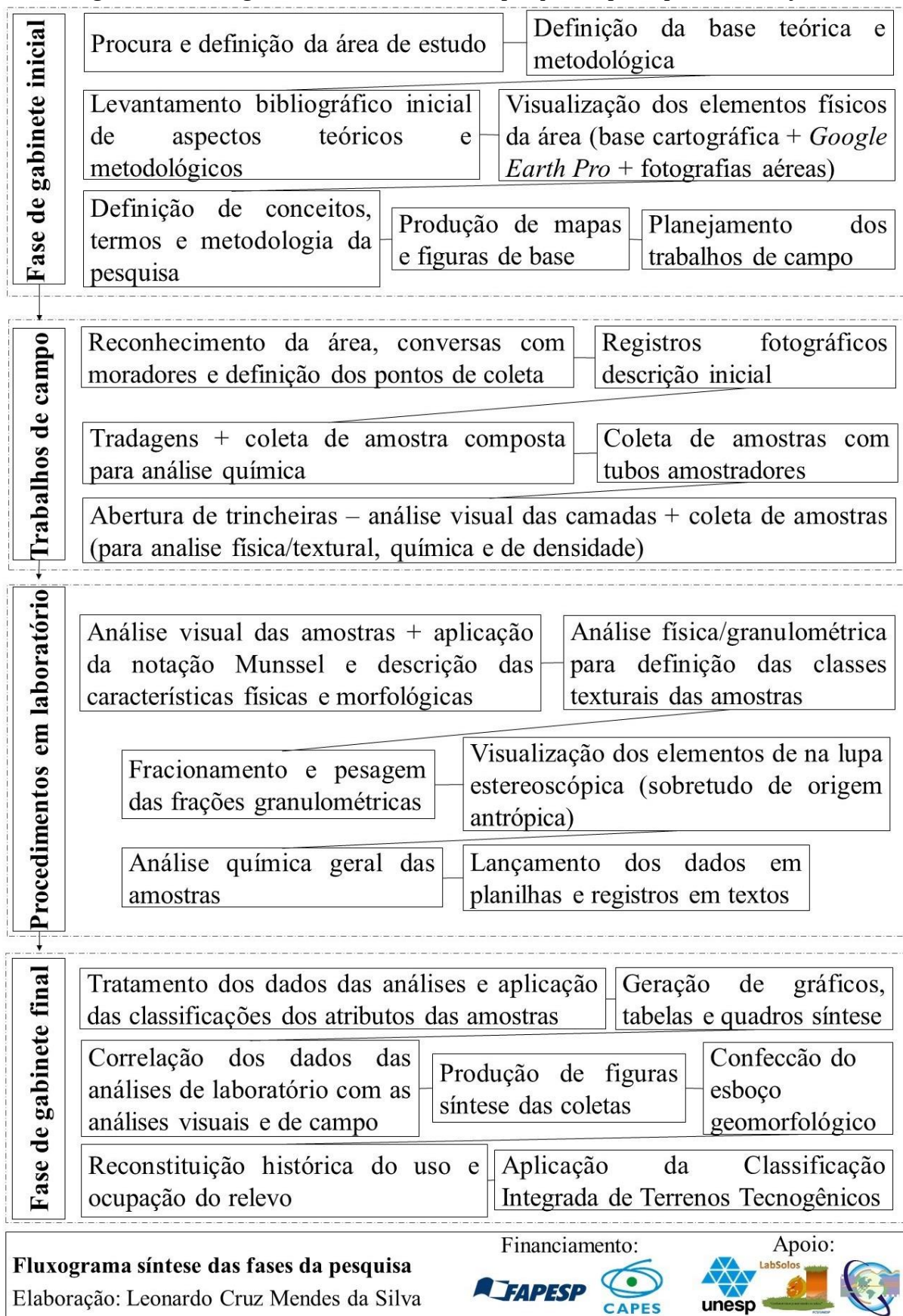
Para delimitar a área, foram realizados os seguintes passos: Conversão do sistema de coordenadas geográficas para métricas; eliminação de erros sistemáticos da imagem; geração de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC); estabelecimento das direções das drenagens; delimitação das bacias e sub-bacias; conversão da imagem raster para vetorial.

Assim como as etapas anteriores, a coleta e análise dos dados gerados também abrangeram diferentes etapas operacionais que aconteceram tanto no campo quanto no laboratório. Na etapa de laboratório estão inclusos os procedimentos realizados para processar tanto os dados adquiridos na plataforma do *Alaska Satellite Facility* quanto os provenientes das expedições ao campo a partir da utilização do GPS (*Global Positioning System*). Quanto ao GPS, sua utilização objetivou imprimir uma maior precisão geoespacial.

No que se refere aos mapas de hipsometria e declividade, ambos foram gerados, respectivamente, a partir de critérios estipulados pelo pesquisador e de parâmetros definidos por instituição consolidada. Frente ao exposto, as classes/intervalos de altitude presentes no mapa Hipsométrico foram definidas a partir de uma série de testes. Quanto a declividade, todos os intervalos seguiram as utilizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

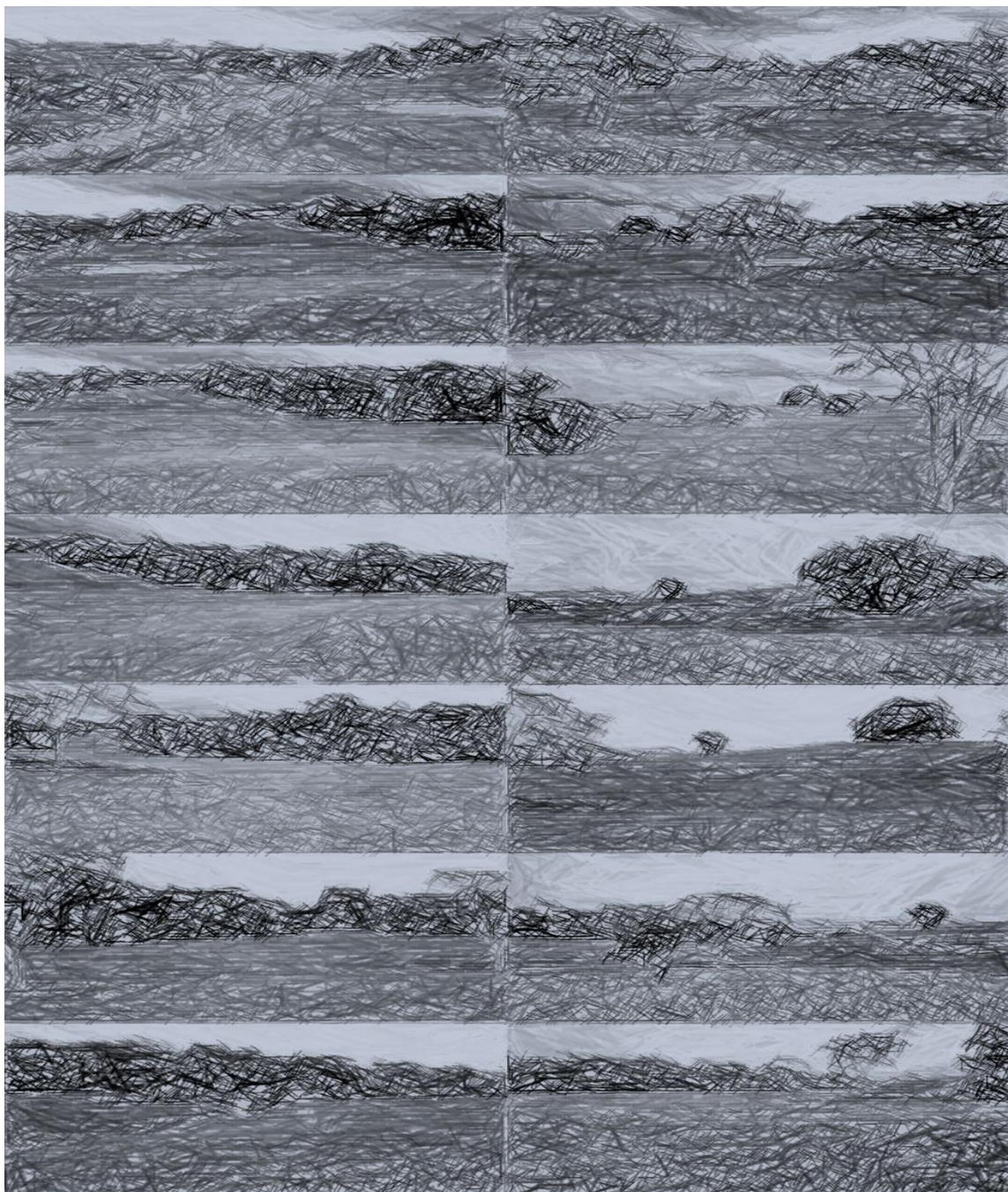
As metodologias de mapeamento também foram embasadas teoricamente em referências de pesquisas, como Tricart (1965); Verstappen e Zuidam (1975); Jesus *et al.* (2023); Silva *et al.*, (2021); Silva (2022), entre outras. A Figura 66 contém um fluxograma com a junção e síntese de todos os procedimentos metodológicos de acordo com as fases da pesquisa, resumindo as principais informações sobre o processo de planejamento e operacionalização da mesma.

Figura 66 - Fluxograma síntese das fases da pesquisa e principais informações.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O texto a seguir está organizado na mesma ordem do tópico dos procedimentos metodológicos, com os resultados dos procedimentos realizados em campo e análises em laboratório (análise granulométrica, fracionamento e análise química) além da apresentação de figuras sínteses dos tubos e das trincheiras, e, por fim, a aplicação da classificação integrada de terrenos tecnogênicos, Peloggia (2017) esboço geomorfológico da área.

5.1. TRADAGENS

Observou-se uma inconstância nas medidas de profundidade dos pontos tradados, tornando impossível estabelecer um padrão para mensurar a espessura do pacote de sedimentos. A metodologia enfrentou significativas dificuldades na mensuração devido ao encharcamento excessivo do terreno, que ocasionava um “colapsamento” das camadas em subsuperfície (ver Figura 67).

A presença de arenito em alguns pontos, a profundidades relativamente rasas, sugere a possibilidade de uma deposição alóctone de fragmentos do arenito no local. Essa deposição pode ter sido ocasionada por remobilização mecânica (aração, gradagem, subsolagem), e por transporte de material exposto de montante (vertentes e topos) por meio de erosões hídricas intensas durante precipitações.

Figura 67 - Amostras e trado cobertos de lama com fragmento do arenito impregnado.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A Tabela 9 mostra os registros referentes as características observadas no terreno a medida em que os pontos de tradagem foram perfurados. O aquífero freático suspenso aflorou na grande maioria dos pontos, em alguns casos, antes mesmo de ser possível observar os fragmentos do arenito intemperizado.

Tabela 9 - Profundidade das tradagens e descrição geral dos pontos.

Transecto/n° de pontos	Profundidade	Descrição do ponto
1/4	P1 1,7m	Lençol à 1m, afloramento do arenito 1,5m.
	P2 1,55m	Lençol 0,85 cm, afloramento do arenito 1,55m.
	P3 4m+	Lençol à + 4m, presença de encharcamento. Arenito não encontrado.
	P4 2m+	Colapsou por encharcamento.
2/3	P1 1m	Lençol à – 40cm, arenito não encontrado.
	P2 2m	Colapsou por encharcamento, arenito não encontrado.
	P3 2m	Lençol à 1,2m, arenito não definido.
3/3	P1 2m	Material mosqueado a 1.20m. Sem afloramento do lençol.
	P2 0,5m	A estrutura colapsou, não foi possível descrever.
	P3 1,5m	Afloramento do arenito
4/3	P1 80cm	Arenito aflorado, presença do lençol à 1 m
	P2 1,28m	Afloramento do arenito
	P3 1,30m	Afloramento do arenito

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Neste procedimento, a questão do encharcamento impossibilitou uma aferição da espessura total do pacote sedimentos, e também houve dificuldade em fazer a própria descrição mais detalhada das camadas deformadas, como por exemplo, observar a presença de material manufaturado nas amostras, devido ao aspecto, e também porque algumas amostras escorriam do trado antes que fosse possível analisá-la.

5.2. ANÁLISE FÍSICA

5.2.1. Trincheira

Observou-se a ocorrência de uma deposição horizontal de arenito na 3º camada da trincheira, à uma profundidade de 38-50 cm, isso reforçou a tese levantada a partir das tradagens, ou seja, a presença de fragmentos do arenito no meio do perfil, deste modo, concluiu-se que não se trata do afloramento/contato natural da rocha base, mas sim de um material que foi remobilizado do seu local de origem, transportado e depositado.

Isso pode ter ocorrido através de processos erosivos de influência antrópica indireta, como também de forma direta, considerando a possibilidade de ter sido depositado através do uso de maquinário pesado (retroescavadeiras e afins), com objetivo de conter erosões.

Destaca-se a identificação de um tecnofóssil na mesma camada, trata-se de um macroplástico de aproximadamente 2,5 cm que foi encontrado à uma profundidade entre 38-50 cm dentro da trincheira (Figura 68), tal dado chama atenção, pelo fato de a trincheira ter sido aberta no ponto mais a jusante com relação a estrada rural, a algumas centenas de metros à jusante, o que dá uma noção da extensão do terreno tecnogênico em questão.

Devido a degradação do material, não foi possível identificar sua origem exata, com tudo, trata-se de ser um material relativamente rígido, e de cor branca, isto mostra que o material depositado nas áreas adjacentes a planície (sobretudo na manutenção da estrada) possui alta carga de resíduos provenientes da atividade de consumo humano, além de que, a julgar pela distância em relação a estrada, e a profundidade em que foi encontrado, dá a ideia de que esta prática tem sido realizada há um bom tempo.

Figura 68 - Macroplástico encontrado à profundidade de 38-50 cm na trincheira.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Na tabela abaixo (tabela 10) estão os resultados da análise granulométrica das cinco amostras coletadas na trincheira, bem como sua classe textural correspondente.

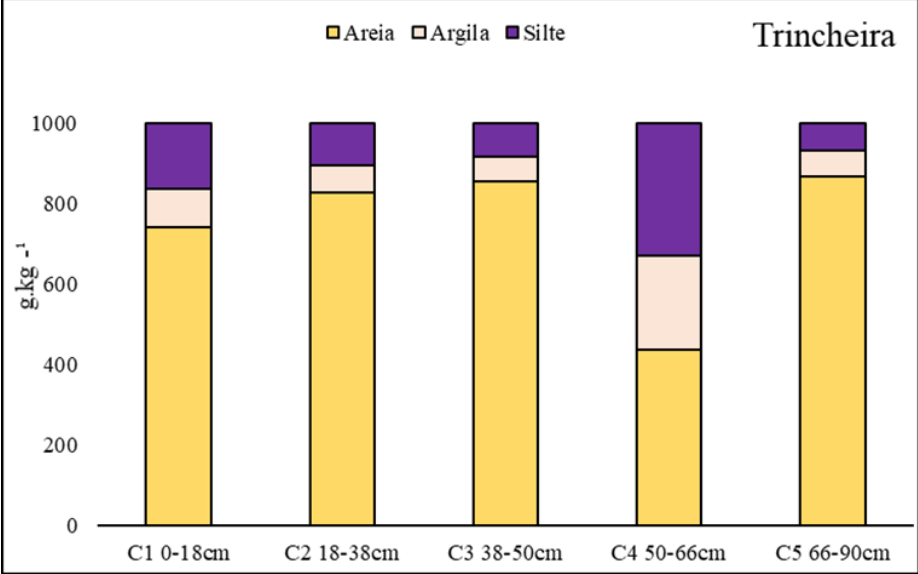
Tabela 10 - Análise granulométrica, resultados das camadas da trincheira.

	Areia g/Kg	Argila g/Kg	Silte g/Kg	classe textural
C1	743	95	162	Areia franca
C2	828	69	103	Areia franca
C3	856	63	81	Areia franca
C4	438	233	329	Franco arenosa
C5	870	63	67	Areia franca

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Segue também o gráfico 1 mostrando de forma mais visual a distribuição das frações de areia, argila e silte das amostras.

Gráfico 1 - Análise granulométrica, resultados das camadas da trincheira.

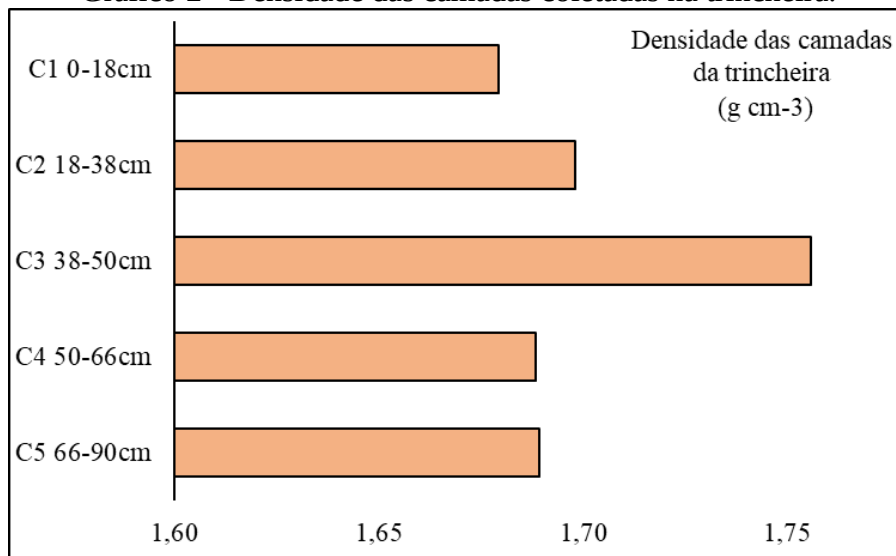


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A análise granulométrica das camadas da trincheira apresentou resultados de classe textural predominantemente de “areia franca”, o que se deve a característica de superfícies formadas sobre as rochas do arenito da Formação Adamantina-Grupo Bauru (IPT, 1981). Como já mencionado nos procedimentos metodológicos, também foram coletadas amostras indeformadas nas camadas da trincheira, afim de fornecer dados da densidade dessas camadas.

O gráfico abaixo (Gráfico 2) mostra o resultado dos valores de densidade identificados em cada uma das 5 camadas da trincheira.

Gráfico 2 - Densidade das camadas coletadas na trincheira.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Curiosamente, a camada 3 apresentou uma maior densidade em comparação com as demais camadas, nesta mesma camada foi identificada uma intensa deposição de fragmentos de arenito, além do macroplástico, a soma dessas três informações faz supor que a maior compactação possa ter relação com a forma com que o material foi depositado, tendo sido compactada por algum fator externo, como pisoteio do gado, ou em virtude do uso de mecanização no solo (ou ambos os fatores).

As demais camadas não apresentaram valores muito variados. Além disto, os dados de densidade elevada indicam o grau de compactação do solo da área, resultado do uso da terra atual pela presença constante de gado. Quanto a descrição das camadas, de acordo com o que foi observado e registrado em campo constatou-se o seguinte:

- Camada 1 [0-18 cm]: Mais escura devido à presença de matéria orgânica (gramíneas, raízes, microrganismos e afins) com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Mais aerado, com pouca compactação aparente do solo. Cor segundo a Carta Munsell - *Brown* (código: 7.5YR V5 C3);

- Camada 2 [18-38 cm]: cor menos escura que a 1º camada, presença menor de matéria orgânica, mas com uma raiz sobressalente, e sistemas radiculares de bioturbação, com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell - *Light Brown* (código: 7.5YR V6 C4);

- Camada 3 [38-50 cm]: apresenta clareamento (em relação a 2º camada), com menos matéria orgânica composta de poucas raízes, com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Nesta camada foi encontrada uma deposição de arenito disposta horizontalmente

de forma homogênea por toda a camada, esta camada também apresentava cores em tons de amarelo e laranja. Cor segundo a Carta Munsell – *Light Brown* (código: 7.5YR V6 C4);

- Camada 4 [50-66 cm]: cor mais clara, com presença de uma raiz grande (semelhante à camada 2). Cor segundo a Carta Munsell – *Brown* (código: 7.5YR V4 C4);

- Camada 5 [66-90 cm]: cor difícil de definir devido ao encharcamento, sem presença de fragmentos de matéria orgânica. Cor segundo a Carta Munsell (não identificada em campo).

Obs: após a profundidade de 90 cm a água estava aflorando.

5.2.2. Tubo 1: porção mais à montante do terreno

A primeira sondagem foi realizada em um ponto mais a montante da área, e mais próximo da estrada rural. O tubo extraído do terreno resultou em uma coluna de 91 cm. Após a análise visual em laboratório, foram identificadas 11 camadas horizontais, cujas principais distinções referiram-se à cor, presença de matéria orgânica, microrganismos, entre outros. Na tabela 11 estão os resultados da análise granulométrica referente as 11 camadas que foram separadas no tubo 1, bem como sua classe textural correspondente de cada camada.

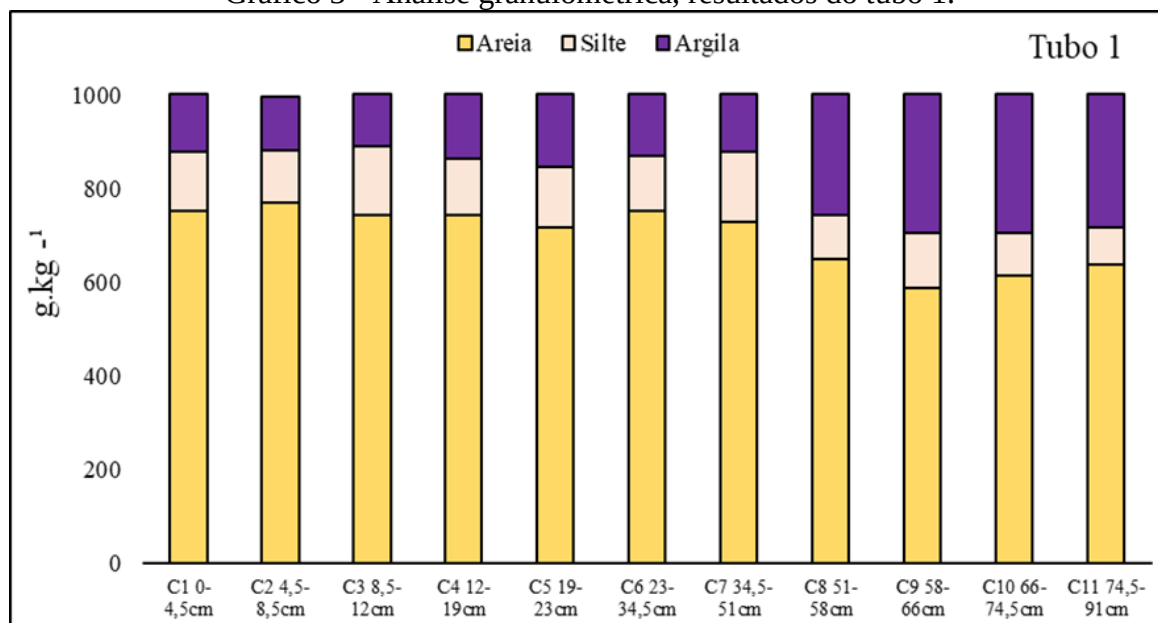
Tabela 11 - Análise granulométrica, resultados do tubo 1.

	Areia g/Kg	Argila g/Kg	Silte g/Kg	Classe textural
C1	751	122	127	franco arenoso
C2	768	116	112	franco arenoso
C3	743	110	147	franco arenoso
C4	742	137	121	franco arenoso
C5	716	155	129	franco arenoso
C6	751	130	119	franco arenoso
C7	728	123	149	franco arenoso
C8	648	256	96	franco argilo arenosa
C9	588	295	117	franco argilo arenosa
C10	615	296	89	franco argilo arenosa
C11	637	285	79	franco argilo arenosa

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Segue também o gráfico 3 com a distribuição das frações de areia, argila e silte das amostras do tubo 1.

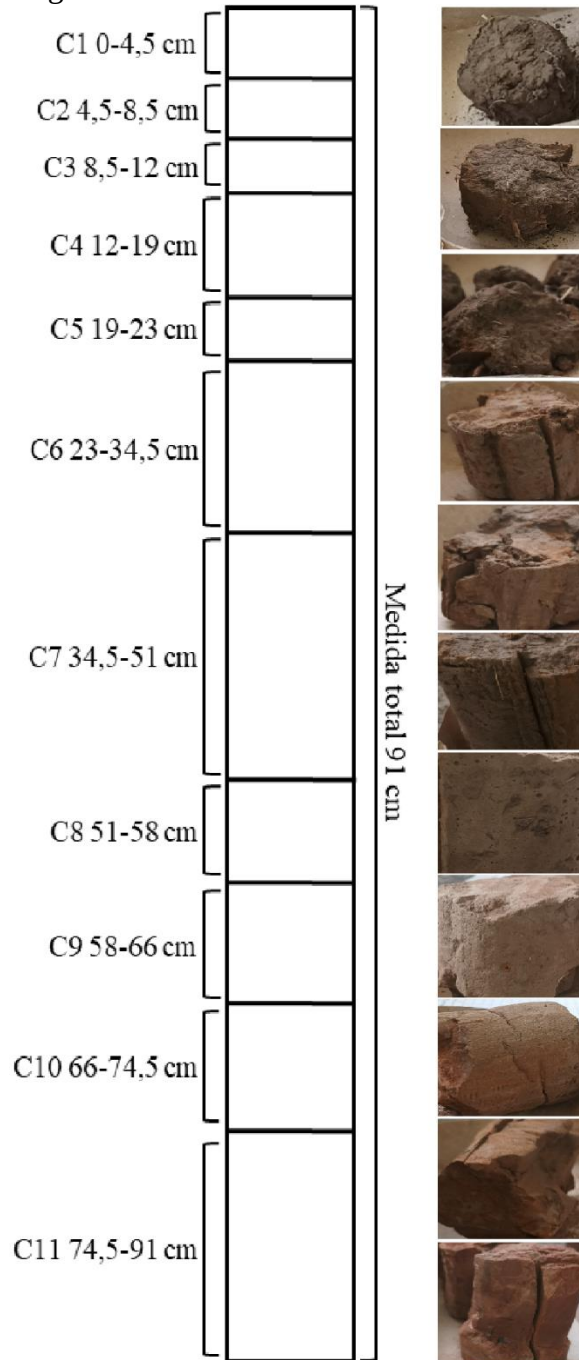
Gráfico 3 - Análise granulométrica, resultados do tubo 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A análise granulométrica das camadas do terreno estudado apresentou resultados de classe textural predominantemente de “franco arenoso”, o que se mantém dentro da característica de superfícies oriundas de rochas do arenito da Formação Adamantina-Grupo Bauru (IPT, 1981). A Figura 69 ilustra as medidas da separação das camadas no laboratório.

Figura 69 - Divisão das camadas no tubo 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Descrição das camadas:

Camada 1 [0-4,5 cm]: Mais escura devido à presença de matéria orgânica (gramíneas, raízes, microrganismos e afins) com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Mais aerado, com pouca compactação aparente do solo. Cor segundo a Carta Munsell – *Dark Reddish Gray/Reddish Gray* (código: 5YR V4/5 C2).

Camada 2 [4,5-8,5 cm]: Escura (menos que a 1º camada), presença de matéria orgânica (raízes e gramíneas em decomposição) com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V5 C1).

Camada 3 [8,5-12 cm]: apresenta clareamento (em relação a 2º camada), com matéria orgânica composta de raízes, com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V5 C1).

Camada 4 [12-19 cm]: cor mais clara, com raízes, pontos avermelhados (mosqueados e variegados), camada maior compactação aparente, e com trincas. Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V6 C1 + manchas 5YR V5/6 C6).

Camada 5 [19-23 cm]: mais claro (em relação a 4º camada) com uma nuance de cor mais escura, presença de algumas raízes pontos avermelhados (mosqueados e variegados). 2 cores segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V5 C1 + V5 C6 *Yellowish Red*).

Camada 6 [23-34,5 cm]: cor mais clara, poucas raízes aparentes, pontos avermelhados (mosqueados e variegados), fragmentos do arenito. As “manchas” apresentaram medidas em torno de 4 milímetros. Cor segundo a Carta Munsell – *Dark Gray* (código: 5YR V4 C1 + manchas 5YR V5 C8 *Yellowish Red*).

Camada 7 [34,5-51 cm]: cor mais clara, “pontos” escuros e poros com medidas em torno de 1 a 5 milímetros, fragmentos de matéria orgânica, sobretudo gramíneas e raízes, pontos avermelhados (mosqueados e variegados). 2 cores segundo a Carta Munsell – *Dark Gray* (código: 5YR V4 C1 + V5 C1 *Gray*).

Camada 8 [51-58 cm]: cor mais clara, pontos escuros em menor quantidade, menos poros, um ponto vermelho com 5 milímetros (mosqueado e variegado). Cor segundo a Carta Munsell – *Reddish Gray* (código: 5YR V5 C2).

Camada 9 [58-66 cm]: Transição de cores, de mais clara para mais avermelhada, pouca matéria orgânica, trincamentos, 2 poros. 2 cores segundo a Carta Munsell – *Reddish Brown* (código: 5YR V4 C4 + V5 C1 *Gray*).

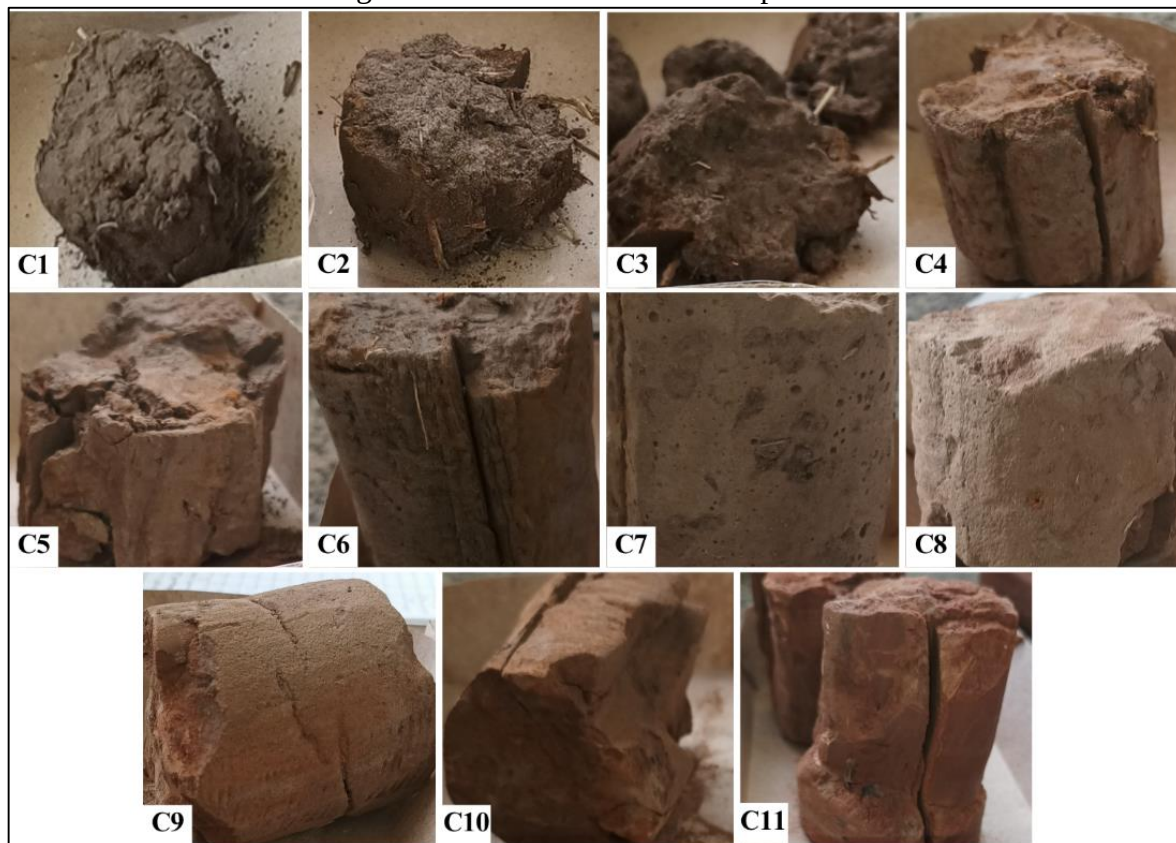
Camada 10 [66-74,5 cm]: Cor avermelhada, ausência de matéria orgânica, um trincamento, fragmentos de arenito, “traços” de cor mais acinzentada dispostos de forma irregular, maior compactação aparente. Cor segundo a Carta Munsell – *Yellowish Red* (código: 5YR V4 C6 + traços 5YR V5 C1 *Gray*).

Camada 11 [74,5-91 cm]: Cor avermelhada com poucos fragmentos orgânicos, mas há presença de raízes e gramíneas, marcas amareladas de fragmentos do arenito com dimensões variadas (de 2 a 10 milímetros) e duas manchas escuras horizontais com dimensões de 5

milímetros de altura por 35 milímetros de largura. Cor segundo a Carta Munsell – *Yellowish Red* (código: 5YR V4 C6).

A Figura 70 mostra com mais detalhes as camadas separadas referentes ao tubo 1.

Figura 70 - Camadas do tubo 1 separadas.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

5.2.3. Tubo 2: porção central do terreno

A segunda sondagem foi conduzida em uma seção mais central da área, na parte mais central da planície. O tubo retirado do terreno gerou uma coluna de 109,5 cm. Após a análise visual em laboratório, foram identificadas 12 camadas horizontais, cujas distinções referiram-se à cor, presença de matéria orgânica, microrganismos e afins. Na tabela 12 estão os resultados da análise granulométrica referente cada uma das 12 camadas que foram separadas no tubo 2, bem como sua classe textural correspondente.

Tabela 12 - Análise granulométrica, resultados do tubo 2.

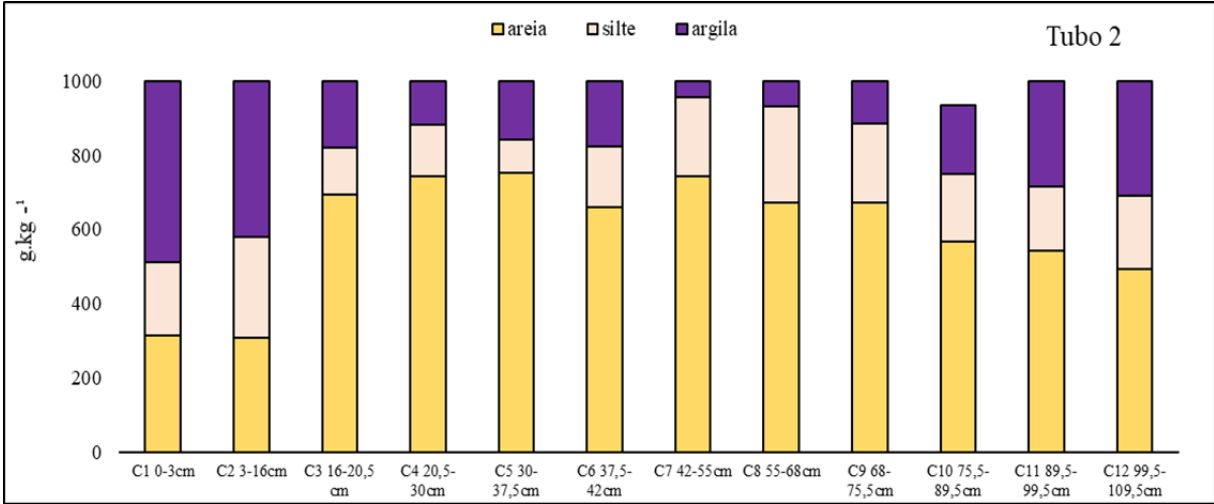
	Areia g/Kg	Argila g/Kg	Silte g/Kg	Classe textural
C1	314	489	197	Argila
C2	307	420	273	Argila
C3	692	181	127	franco arenoso
C4	743	149	180	franco arenoso
C5	752	159	88	franco arenoso
C6	660	177	163	franco argilo-siltoso
C7	742	45	213	areia fr/fr arenoso
C8	671	69	260	franco arenoso
C9	670	116	214	franco arenoso
C10	566	186	183	franco arenoso
C11	541	284	175	franco arenoso
C12	492	311	197	fr. siltoso/fr. arenoso

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A análise física mostrou que nas camadas superficiais (camadas 1 e 2) houve uma maior presença de material argiloso, o que, dadas as condições em que o ponto de coleta se posiciona no relevo, pode significar se tratar de uma área em que a porção referente ao solo possua maior presença de matéria orgânica.

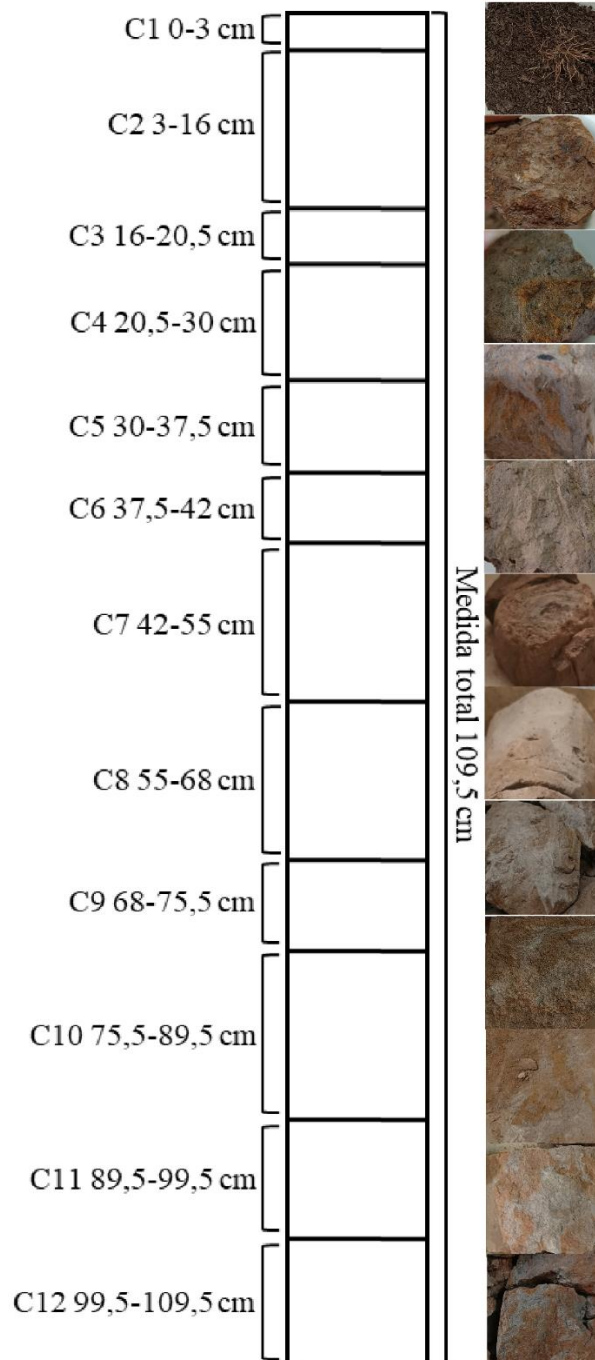
Nas demais camadas (3-11) as classes texturais das amostras seguiram um padrão mais homogêneo, também dentro da normalidade para as características da área. Segue abaixo o gráfico das frações de areia, argila e silte das amostras (gráfico 4), e a Figura 71 ilustra as medidas da separação das camadas no laboratório.

Gráfico 4 - Análise granulométrica, resultados do tubo 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 71 - Divisão das camadas no tubo 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Descrição das camadas:

Camada 1 [0-3 cm]: Cor mais escura, presença de matéria orgânica (gramíneas, raízes, material decomposto) com dois pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell – *Very Dark Gray ou Dark Reddish Brown* (código: 5YR V3 C1 ou V2,5 C3).

Camada 2 [3-16 cm]: Cor escura, maior dureza (em comparação à 2ª camada), presença de matéria orgânica (raízes e gramíneas) pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell – *Dark Gray* (código: 5YR V4 C1).

Camada 3 [16-20,5 cm]: Camada com transição de cor da escura para mais clara, compactação aparente, pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell – *Dark Gray* (código: 5YR V4 C1).

Camada 4 [20,5-30 cm]: Mistura de cores claras e escuras com alternância irregular e ondulatória e manchas escuras na parte inferior, alguns poros, fragmentos de raízes, traços pretos, camada mais friável (em comparação com as anteriores), fragmentos do arenito, manchas avermelhadas (mosqueados e variegados). Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V6 C1).

Camada 5 [30-37,5 cm]: Divisão de cor clara e escura separada por uma forma ondulatória, poucas raízes, marcas avermelhadas (mosqueados e variegados) com dimensões de 5 por 10 milímetros e alguns poros. Cor segundo a Carta Munsell – *Light Reddish Brown* (código: 5YR V6 C4).

Camada 6 [37,5-42 cm]: Cor mais clara, presença de poros, trincamentos horizontais, pontos vermelhos (mosqueados e variegados) e pontos pretos. 2 cores segundo a Carta Munsell – *Light Reddish Brown* (código: 5YR V6 C4).

Camada 7 [42-55 cm]: Mais claro e homogêneo, com porosidade e sem matéria orgânica. Cor segundo a Carta Munsell – *Light Gray* (código: 5YR V7 C1).

Camada 8 [55-68 cm]: Cor clara com um tom pouco mais avermelhado, camada porosa e homogênea com dois traços pretos. Cor segundo a Carta Munsell – *Reddish Gray* (código: 5YR V6 C2).

Camada 9 [68-75,5 cm]: Cor um pouco mais clara, textura mais porosa, presença de fragmentos de raízes, pontos vermelhos (mosqueados e variegados). 2 cores segundo a Carta Munsell – *Light Reddish Brown* (código: 5YR V6 C4 + V6 C1 *Gray*).

Camada 10 [75,5-89,5 cm]: Cor mais escura que a camada anterior, textura mais porosa, fragmentos de raízes e pontos pretos. Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V6 C1 + pontos V2.5 C1 *Black*).

Camada 11 [89,5-99,5 cm]: Cor mais avermelhada, menor porosidade aparente/visível em relação a camada anterior, ausência de matéria orgânica. Cor segundo a Carta Munsell – *Yellowish Red* (código: 5YR V4 C6).

Camada 12 [99,5-109,5 cm]: Cor mais escura que a camada anterior, com trincamentos, sem matéria orgânica e com presença de manchas pretas. Cor segundo a Carta Munsell – *Reddish Gray* (código: 5YR V5 C2).

A Figura 72 mostra com mais detalhes as camadas separadas referentes ao tubo 2.

Figura 72 - Divisão das camadas no tubo 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

5.2.4. Tubo 3: porção mais à jusante do terreno

A terceira sondagem foi efetuada na seção mais à jusante da área, na porção mais rebaixada da planície. O tubo retirado do terreno gerou uma coluna de 77,5 cm. Após a análise visual no laboratório, foram identificadas 7 camadas horizontais, cujas diferenças remeteram a cor, presença de matéria orgânica, microrganismos e afins. Na tabela 13 estão os resultados da análise granulométrica referente cada uma das 7 camadas que foram separadas no tubo 3, bem como sua classe textural correspondente.

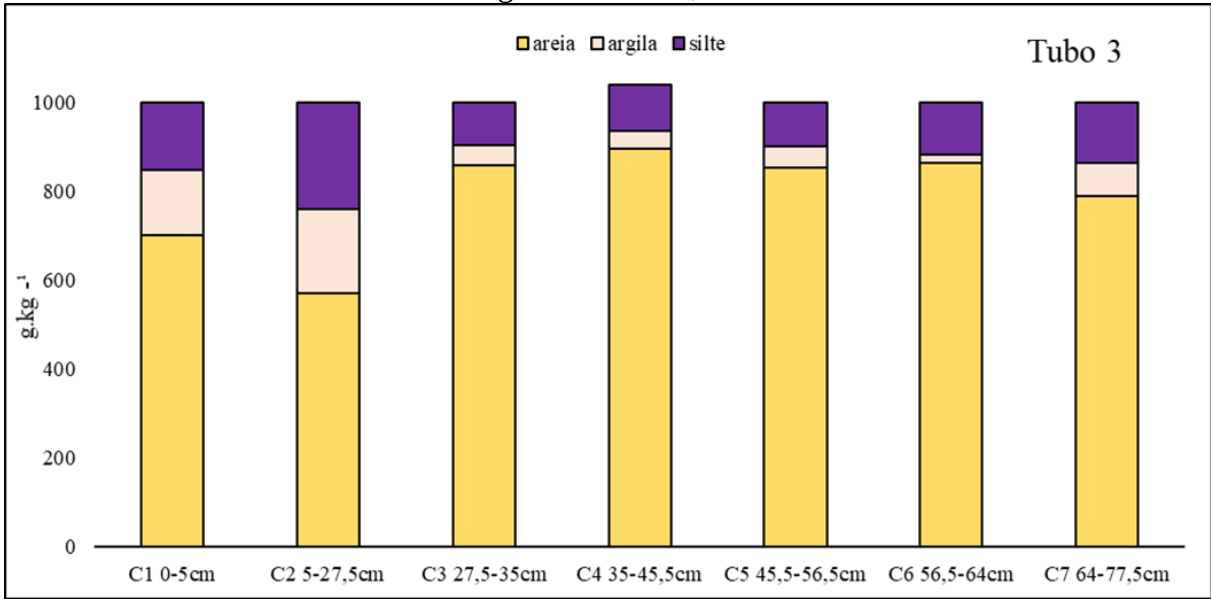
Tabela 13 - Análise granulométrica, resultados do tubo 3.

	Areia g/Kg	Argila g/Kg	Silte g/Kg	Classe textural
C1	701	147	152	franco arenoso
C2	572	188	240	franco arenoso
C3	860	45	95	areia
C4	897	38	104	areia
C5	854	47	99	areia/areia franca
C6	864	17	118	areia/areia franca
C7	790	73	137	areia franca

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

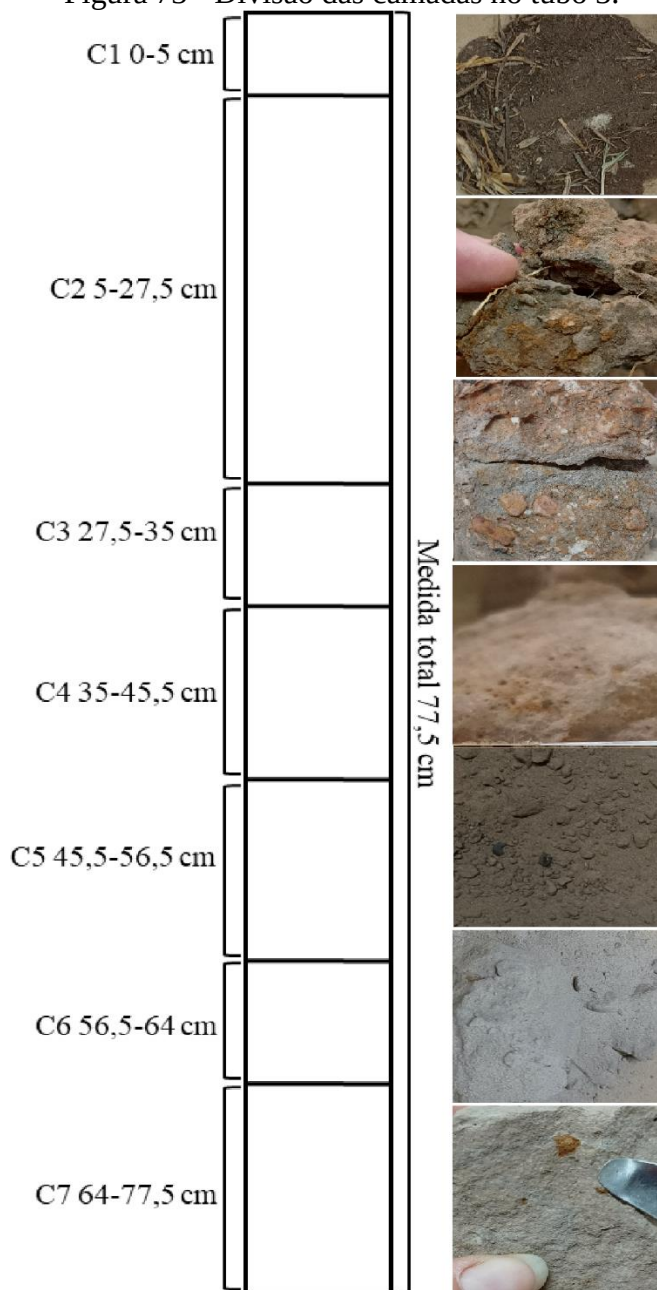
A análise granulométrica das camadas do tubo 3 apresentou resultados de classes texturas semelhantes entre si, o que se mantém dentro da característica de superfícies oriundas de rochas do arenito da Formação Adamantina-Grupo Bauru, com mais de 700 g·kg⁻¹ em seis das sete camadas. O Gráfico 5 mostra a distribuições das frações de areia, silte e argila das amostras do tubo 3, e a Figura 73 ilustra as medidas da separação das camadas no laboratório.

Gráfico 5 - Análise granulométrica, resultados do tubo 3.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 73 - Divisão das camadas no tubo 3.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Descrição das camadas:

Camada 1 [0-5 cm]: Cor mais escura, presença de matéria orgânica (gramíneas, raízes, material decomposto). Cor segundo a Carta Munsell – Gray (código: 5YR V5 C1).

Camada 2 [5-27,5 cm]: Cor mais clara presença de raízes, dois trincamentos, alguns fragmentos de deposição de arenito. Cor segundo a Carta Munsell – Gray (código: 5YR V6 C1).

Camada 3 [27,5-35 cm]: Cor mais clara e acinzentada, maior porosidade aparente e material friável, presença de raízes e riscos pretos, alguns fragmentos de deposição de arenito. 2 cores segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V6 C1 + V5 C6 *Yellowish Red*).

Camada 4 [35-45,5 cm]: Cor mais clara com alguns pontos claros (rosados) e mancha avermelhada, porosidade aparente e material friável. Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 5YR V6 C1).

Camada 5 [45,5-56,5 cm]: Cor clara com uma mancha cinza escura de 50x20 milímetros, presença de raízes e poros. Cor segundo a Carta Munsell – *Gray* (código: 10YR V6 C1).

Camada 6 [56,5-64 cm]: Camada mais clara da coluna, característica semelhante a “areia lavada”. Cor segundo a Carta Munsell – *Light Gray* (código: 10YR V7 C1).

Camada 7 [64-77,5 cm]: Cor mais escura que a camada anterior, textura friável e porosidade, um pouco mais densa que a camada anterior. Cor segundo a Carta Munsell – *Light Brownish Gray* (código: 10YR V7 C2).

A Figura 74 mostra com mais detalhes as camadas separadas referentes ao tubo 3.

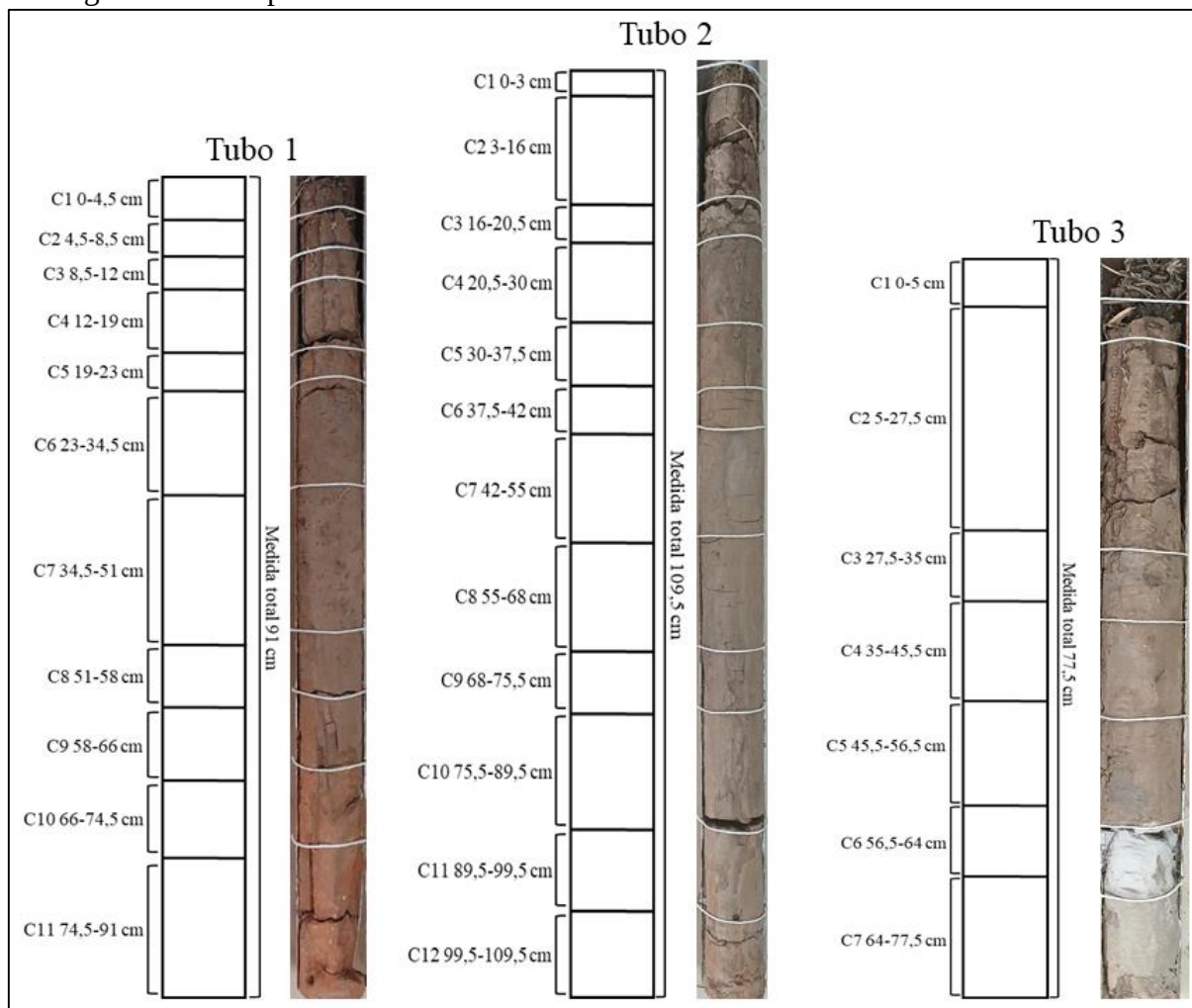
Figura 74 - Divisão das camadas no tubo 3.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A Figura 75 exibe os três tubos em conjunto, permitindo observar as variações de tamanho entre eles. Cada sondagem foi realizada até encontrar resistência à penetração no terreno.

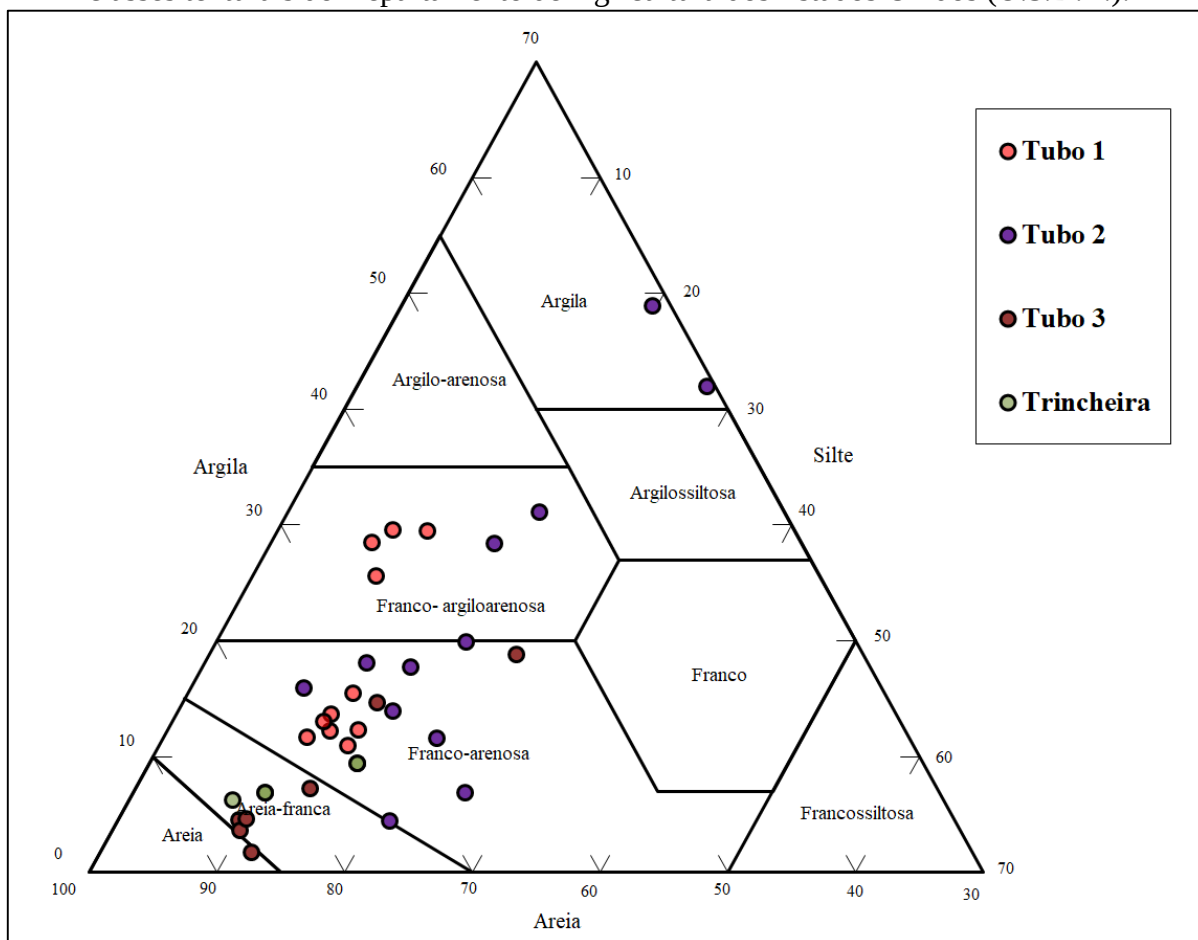
Figura 75 - Comparativo visual das divisões das camadas e de tamanho dos três tubos.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A partir dos dados apresentado na Figura 76, conforme o Diagrama de classes texturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (U.S.D.A. 1951), segue a relação das texturas de todas as amostras coletadas, que resultaram nas seguintes classes texturais: Franco-arenosa (16 amostras); Areia-franca (6 amostras), areia (1 amostras) e franco-argiloarenosa (6 amostras) e Argila (2 amostras).

Figura 76 - Classes texturais das amostras dos tubos e da trincheira conforme o diagrama de classes texturais do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (U.S.D.A.).



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Como foi mostrado, os tubos tiveram diferentes tamanhos, uma das inferências tiradas disso é a respeito da compactação do terreno, que se distribuiu de forma diferente, mas que reflete a ação conjunta do pisoteio do gado, o uso de maquinário para obras de intervenção, além da própria alteração promovida no terreno de forma indireta, como a ação das chuvas sobre o solo exposto.

A textura do solo desempenha um papel determinante em sua capacidade de resistência à erosão hídrica e na quantidade de material transportado por essa ação. Em solos arenosos, a presença de uma considerável porosidade permite a absorção/infiltração da água em eventos de chuvas de menor intensidade e volume. Contudo, em condições de maior volume de água, pode ocorrer o deslocamento de uma quantidade significativa de solo (Kämpf; Curi, 2015; Bertoni; Lombardi Neto, 1999; Fushimi e Nunes, 2022).

Considerando esses dados físicos, somados as informações obtidas nas conversas com moradores, o padrão conhecido de uso e cobertura do solo nas últimas décadas e os dados da imagem de 1971, é possível inferir ou pressupor que sucessivos mecanismos de erosões das

vertentes – deposição de sedimentos – e entalhamento das porções mais baixas da planície ocorreram ao longo das décadas, de maneira que a planície atual é fruto de intensas alterações no terreno, muitas dessas flagrantemente causadas em consequência da intervenção humana.

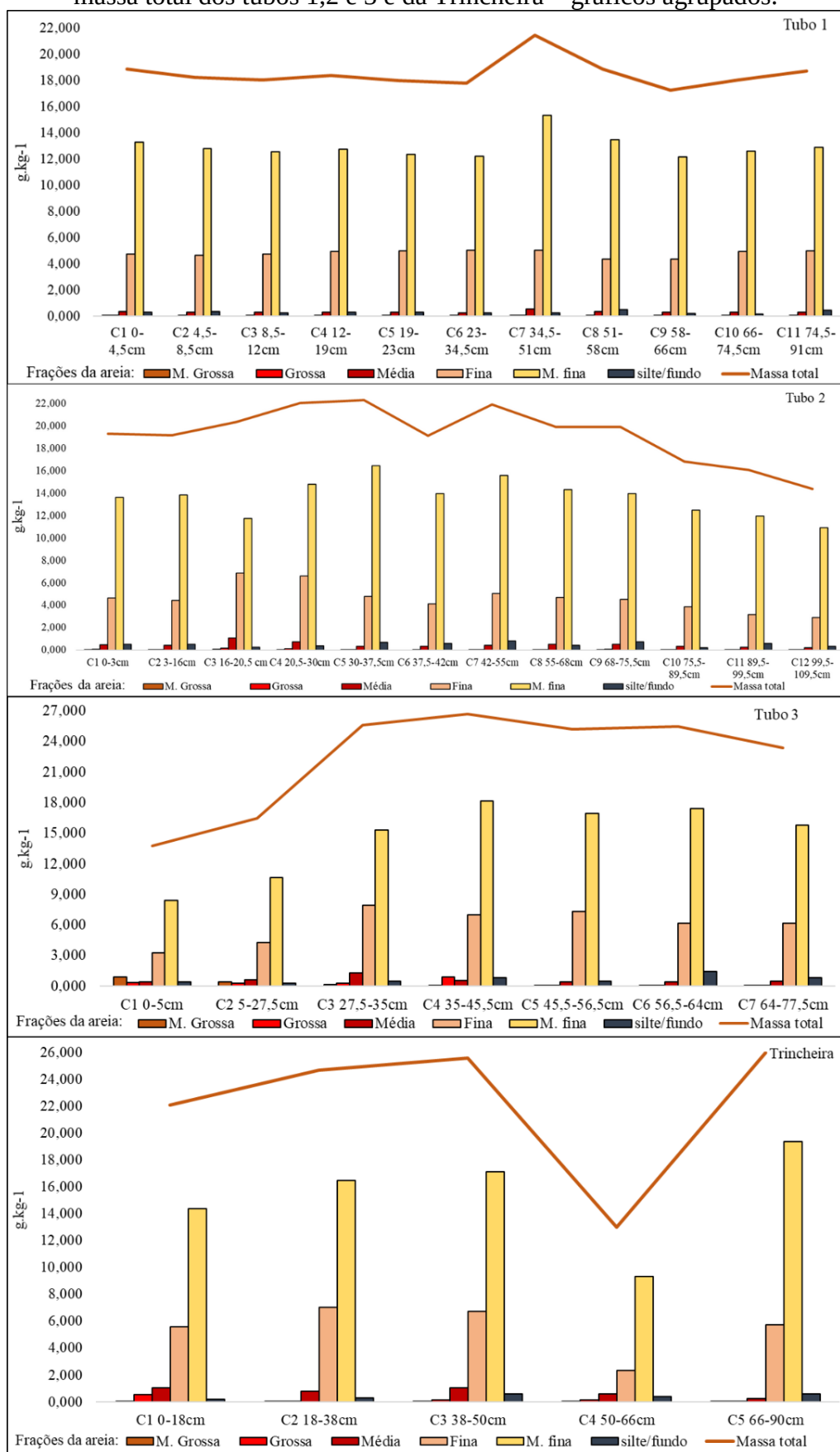
5.3. FRACIONAMENTO

Os gráficos gerados como resultado do fracionamento mostram a distribuição das frações de areia proveniente das amostras de areia lavada, de acordo com o tamanho dos grãos de areia. Observa-se a predominância das frações de areia de granulometria “fina” a “muito fina”, o que está dentro do esperado para ambientes naturais advindos de rochas do arenito da Formação Adamantina-Grupo Bauru (IPT, 1981), conforme evidenciado na Figura 77.

Tal dado é justificado pela localização da área de estudo, que, por ser rural e não possuir qualquer proximidade com locais densamente ocupados, não está sujeita a receber uma intensa carga de materiais constituídos de areias com outras granulometrias, como ocorrem em terrenos tecnogênicos formados próximos a loteamentos urbanos, áreas industriais e afins.

Mesmo havendo a questão já destacada a respeito da estrada rural receber uma carga de sedimentos tecnogênicos (fragmentos de materiais de construção, resíduos provenientes de atividade de consumo e bota-fora em geral), isso não ocorre com tanta intensidade e volume a ponto de provocar alteração física da estrutura do terreno (na forma de inconsistências na relação das frações de areia e a rocha base), haja visto que a maior fonte do material constituinte do terreno permanece sendo aquele proveniente das áreas do entorno.

Figura 77 – Resultado do fracionamento das amostras, distribuição das frações de areia e massa total dos tubos 1,2 e 3 e da Trincheira – gráficos agrupados.



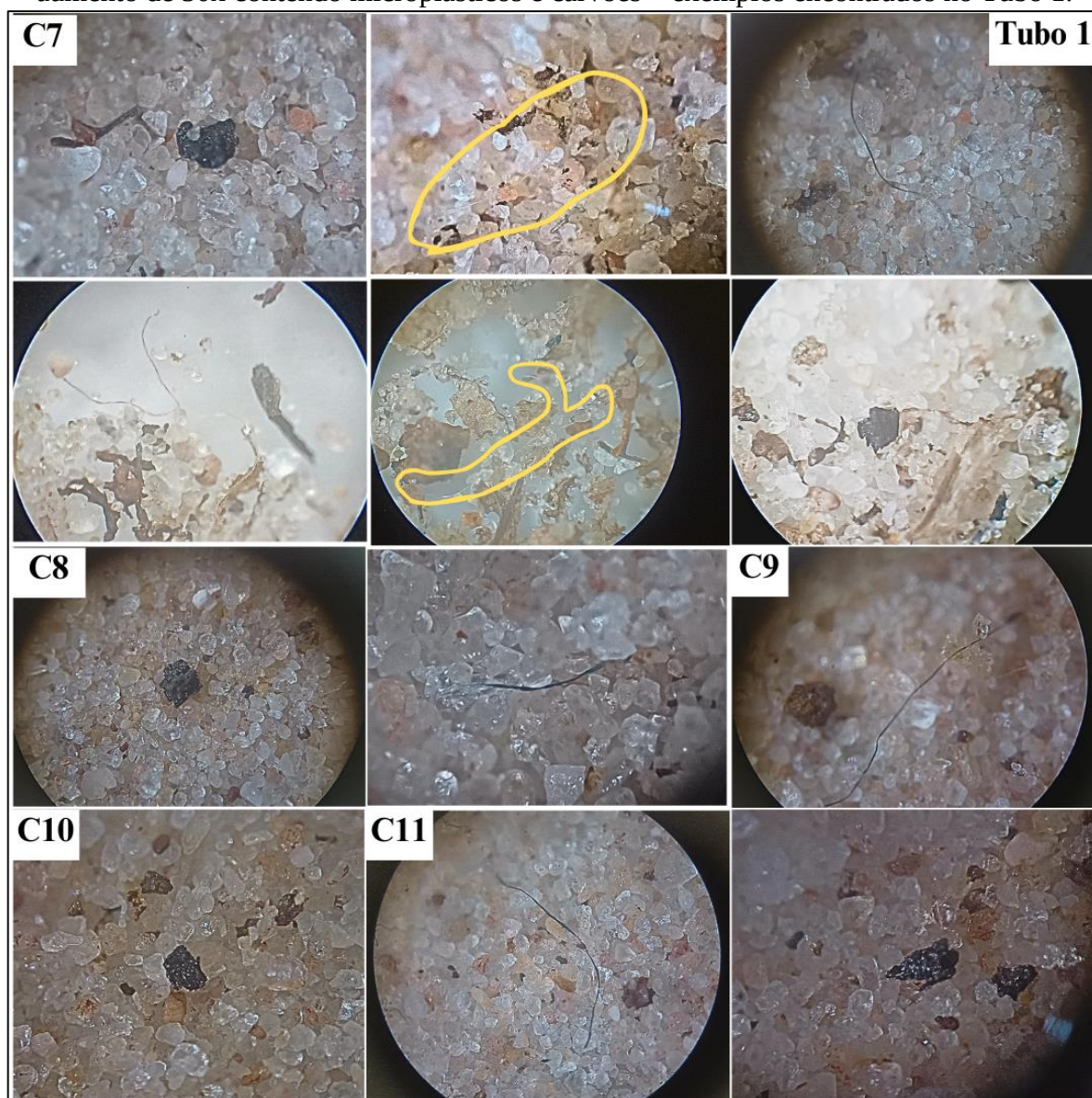
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A seguir serão apresentados os resultados das análises visuais feitas com a lupa estereoscópica.

5.3.1. Visualização na Lupa Estereoscópica

As amostras que foram visualizadas na Lupa Estereoscópica com aumento máximo de 50x, são aquelas provenientes do fracionamento, as mesmas revelaram a presença de material manufaturado, com destaque aos microplásticos e carvões. A Figura 78 ilustra alguns exemplos dos materiais identificados nas amostras do tubo 1.

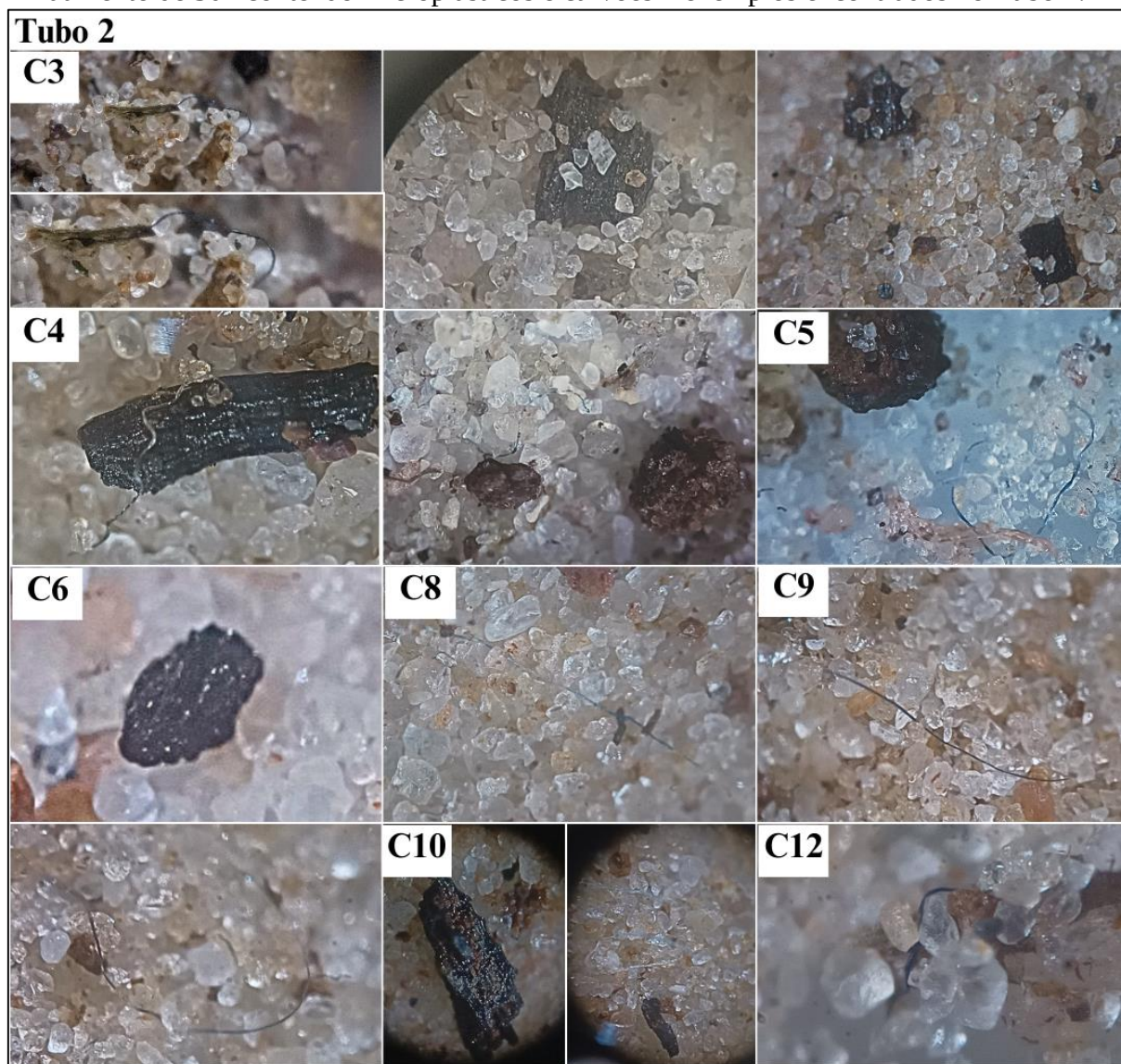
Figura 78 – Resultados da visualização das frações de areia na Lupa Estereoscópica com aumento de 50x contendo microplásticos e carvões – exemplos encontrados no Tubo 1.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Na camada 7, os dois exemplos circulados em amarelo são de microplásticos de cor transparente, e de difícil identificação até mesmo com a lupa, os demais fragmentos apresentaram cores mais escuras, em tons de azul e preto. A Figura 79 tem mais alguns exemplos de microplásticos e carvões encontrados nas camadas do Tubo 2.

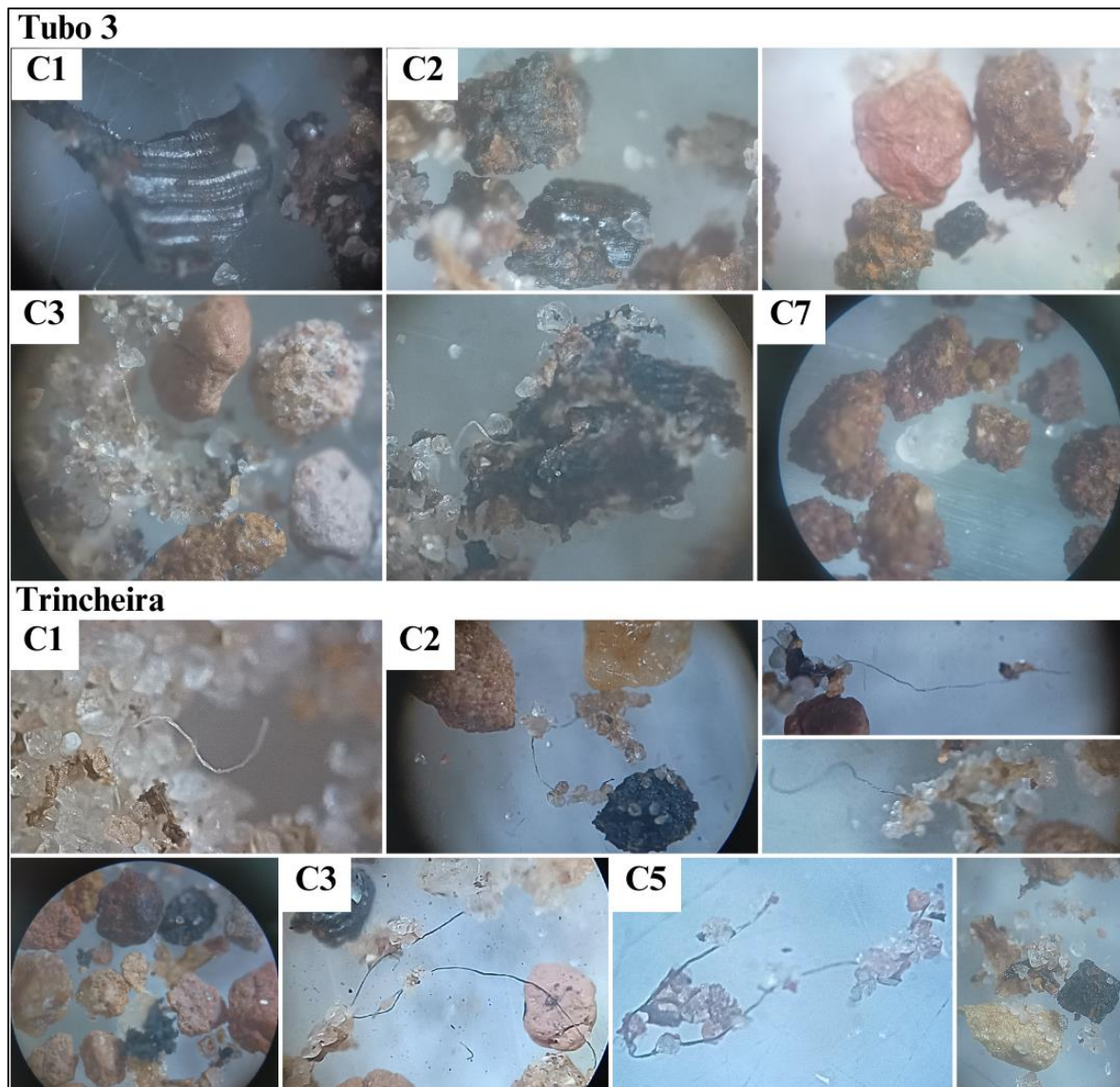
Figura 79 - Resultados da visualização das frações de areia na Lupa Estereoscópica com aumento de 50x contendo microplásticos e carvões – exemplos encontrados no Tubo 2.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

No tubo 2 apareceram fragmentos de carvão em tamanhos variados, e microplásticos de cor predominantemente azuis. A Figura 80 é uma junção dos materiais encontrados no Tubo 3 e na Trincheira, como apresentaram menor número de camadas, foram agrupados numa mesma figura.

Figura 80 - Visualização da lupa de frações de areia contendo microplásticos e fragmentos de carvão.

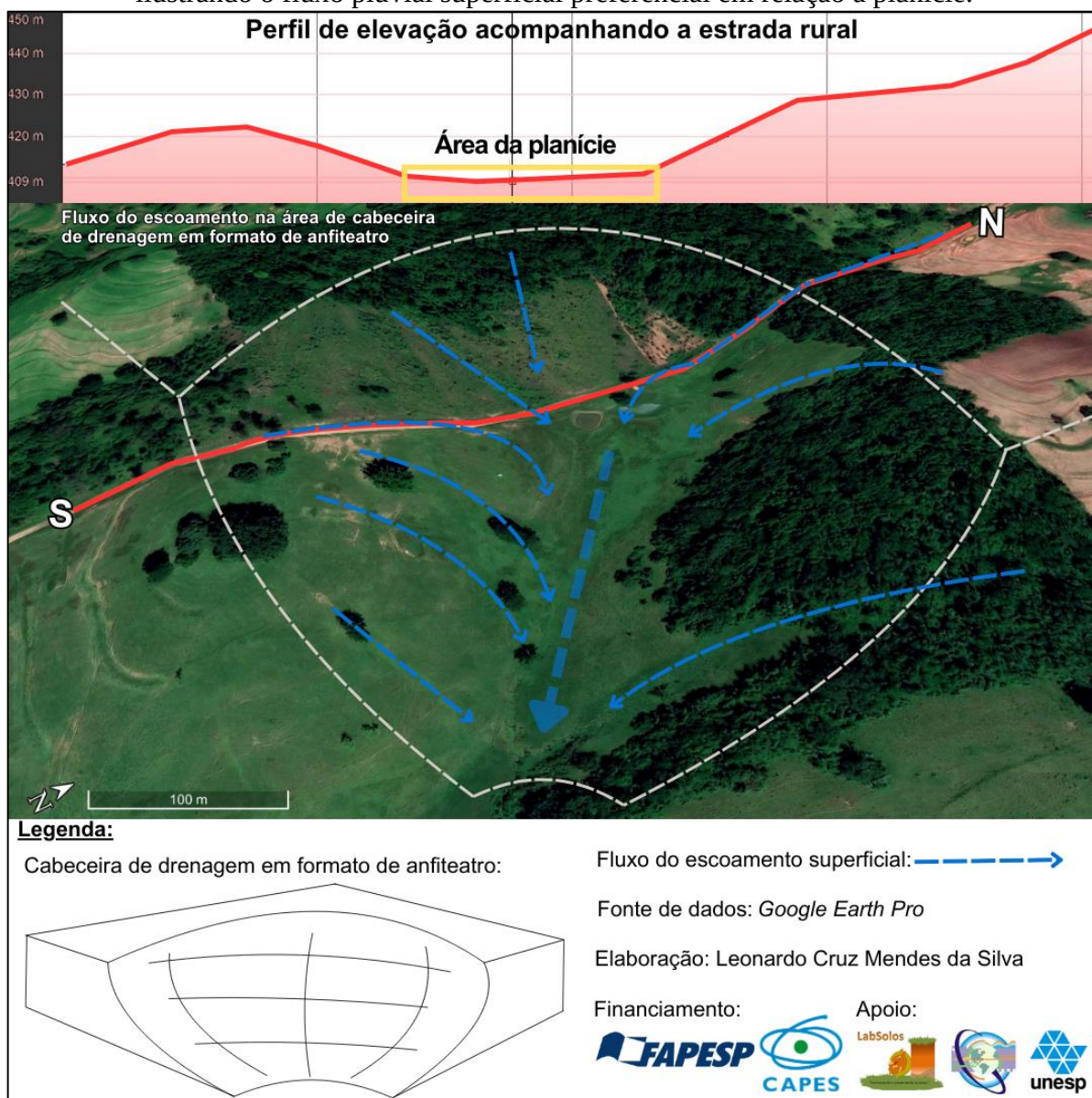


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A visualização na lupa mostrou, além das frações de areia e de resquícios de matéria orgânica, muitos fragmentos de materiais manufaturados. Os fragmentos de carvão e microplásticos apareceram em todas as camadas, mesmo que em pequenas quantidades. A presença desses materiais, especialmente aqueles localizados nas camadas mais profundas indicam que possivelmente a sua deposição se deu ao longo das décadas, a partir da fragmentação de materiais maiores, presentes nos entulhos despejados ao longo dos topos e áreas elevadas do entorno, com destaque a estrada rural, onde foram encontrados grandes volumes de materiais tecnogênicos.

A Figura 81 ilustra a elevação acompanhando a estrada rural no sentido N-S, além da direção do fluxo pluvial superficial preferencial em relação a planície, demonstrando o mecanismo pelo qual os sedimentos, bem como os materiais manufaturados foram transportados para a área de estudo, como descrito acima.

Figura 81 – Perfil de elevação simplificado acompanhando a estrada rural no sentido N-S ilustrando o fluxo pluvial superficial preferencial em relação a planície.

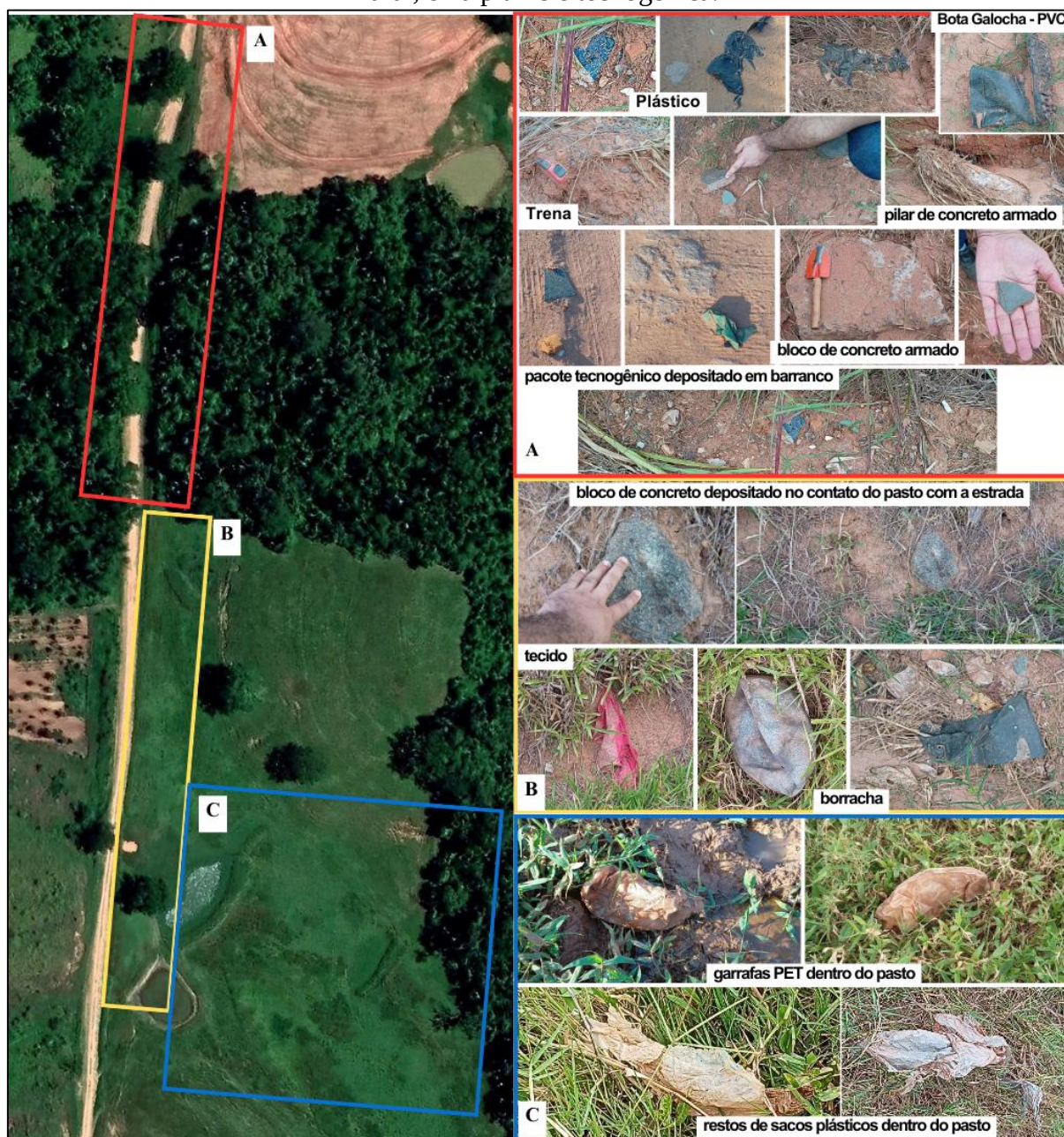


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Cabe destacar que os fragmentos de carvão podem ser de origem tanto do mesmo processo já descrito, quanto pode ter se depositado junto com o material erodido das vertentes e topos das áreas elevadas do entorno, tendo origem majoritariamente advinda das queimadas induzidas no passado, o que pode explicar a abundância desse material nas amostras.

A Figura 82 traz uma informação bastante discutida ao longo do texto, mas que guarda relação com a hipótese mais forte a respeito da origem principal dos materiais manufaturados identificados na visualização com a lupa.

Figura 82 - Registros de materiais tecnogênicos, artefatos/tecnofósseis localizados na estrada rural, e na planície tecnogênica.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Esta figura é de grande importância para a análise desta pesquisa como um todo, uma vez que representa no tempo presente as fases de formação do terreno tecnogênicos estudado,

na “Parte A” estão os materiais tecnogênicos depositados na porção mais elevada da estrada, que foram depositados a tempos, e que estão sendo expostos devido a ação da erosão hídrica.

A “Parte B” da figura mostra esses materiais depositados na porção da estrada que cruza a planície da área de estudo, alguns desses sendo expostos das camadas onde foram depositados, enquanto outros foram transportados para o pasto, provavelmente por ação hídrica.

Por fim, a “Parte C” da figura mostra os materiais tecnogênicos transportados para dentro da planície, coincidentemente representados por plásticos na forma de fragmentos de embalagens e de garrafas PET. Esses plásticos foram carregados com maior facilidade pelo fato de serem mais leves que os outros materiais manufaturados, e esse mecanismo explica como as camadas do terreno tecnogênico em questão apresentam majoritariamente este tipo de material.

Vale lembrar que embora essa hipótese seja a que parece mais lógica à primeira vista, por ser observável no presente, a formação do terreno tecnogênico não se restringe a apenas esse mecanismo, e se trata de um processo complexo e que ocorreu ao longo de várias décadas.

5.4. ANÁLISE QUÍMICA

Segue a tabela 14 que é baseada em recomendações da Embrapa e em outras pesquisas da área (Ronquim, 2010; Sobral *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020) que mostra a relação dos componentes e atributos químicos das amostras analisadas.

Tabela 14 - Relação dos componentes químicos das amostras.

Amostra	Elementos			g.kg ⁻¹	Saturação na CTC (%)			Relações			g.kg ⁻¹	Enxofre	Micronutrientes			
nº.	Ca	Mg	Al	M.O.	Ca	Mg	K	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	C		B	Cu	Mn	Zn
1	Alto	Alto	Baixo	Médio	Alto	Médio	Baixo	Alto	Alto	Médio	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo
2	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Alto	Baixo
3	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Médio	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Baixo
4	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Médio	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto	Baixo
5	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto	Baixo
6	Alto	Alto	Baixo	Alto	Alto	Médio	Baixo	Alto	Alto	Alto	Médio	Alto	Médio	Médio	Alto	Médio

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Os valores de pH obtidos estiveram praticamente todos abaixo de 6, o que indicou solo moderadamente ácido (Sobral *et al.*, 2015). Tal resultado está diretamente associado à baixa capacidade dos solos arenosos de reter bases, em especial Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{2+} . A tabela 15 mostra os valores de pH das amostras.

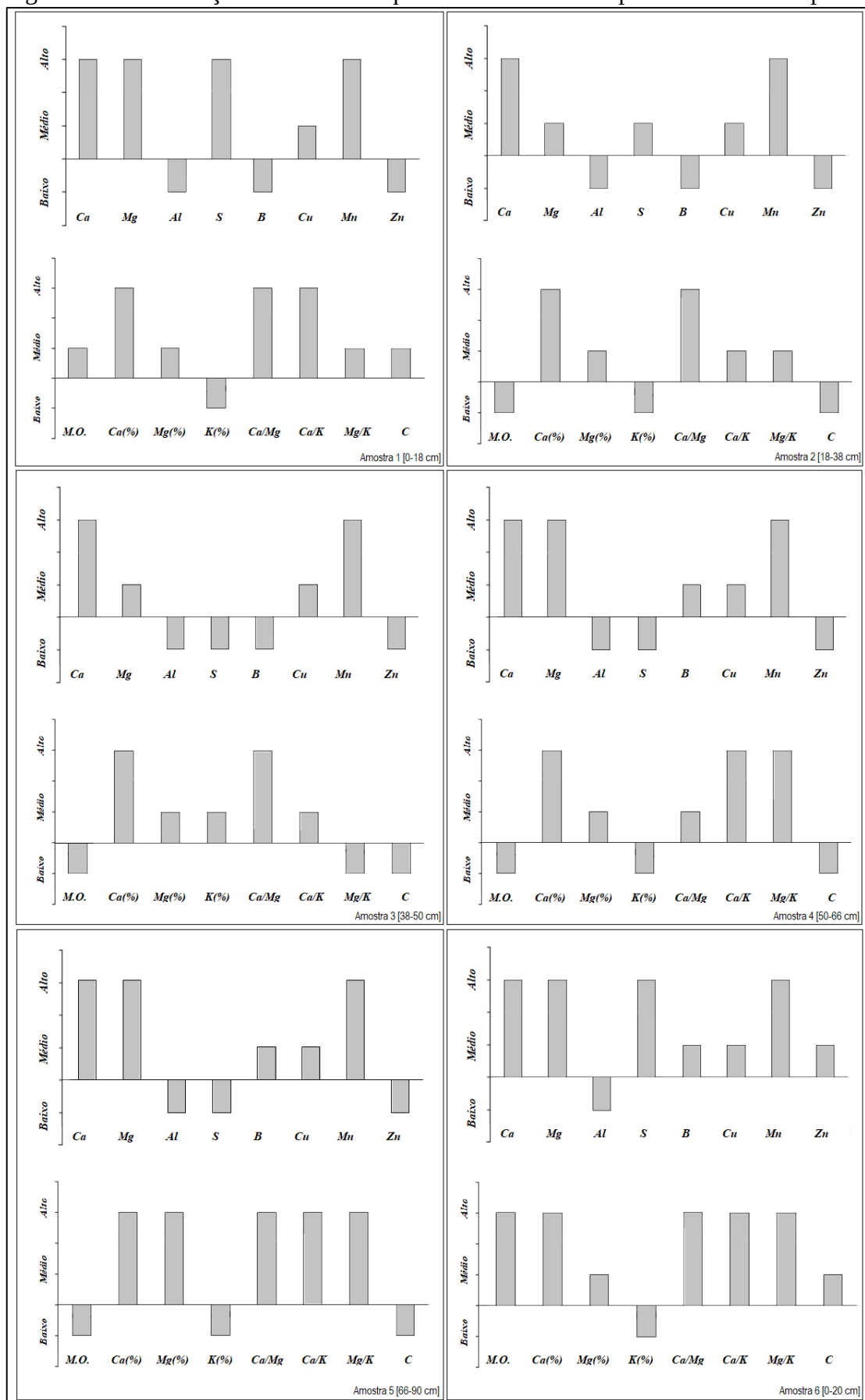
Tabela 15 - Valores do pH.

Amostra	profundidade	Valores de pH
01	0-18cm	5,2
02	18-38cm	5,2
03	38-50cm	5,3
04	50-66cm	5,4
05	66-90cm	5,8
06	0-20cm	6,0

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A Figura 83 é uma junção em formato de gráficos dos resultados de todas as 6 amostras analisadas. As amostras de 1-5 são referentes as 5 camadas da trincheira, enquanto a amostra 6 refere-se à porção composta. A mesma também é uma adaptação de um modelo da Embrapa (Ronquim, 2010; Sobral *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020).

Figura 83 - Distribuição dos atributos químicos das amostras por camadas e composta.

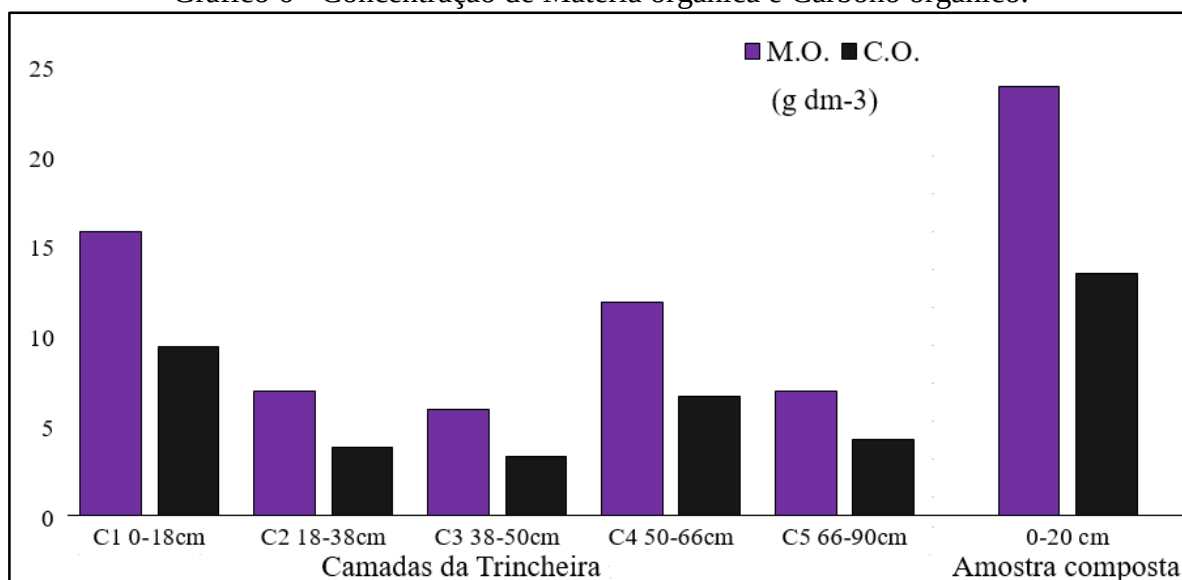


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Os valores resultantes de fósforo (P), soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) e teor de argila foram considerados adequados para as camadas mais superficiais (0-20 cm; 20-40 cm; 50 cm) que são as camadas de mais interesse da análise química (Ronquim, 2010; Sobral *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2020).

O gráfico a seguir (Gráfico 06) mostra os valores obtidos referente a concentração de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico (CO) nas amostras.

Gráfico 6 - Concentração de Matéria orgânica e Carbono orgânico.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Através da análise dos atributos químicos das amostras, foi possível extrair insights importantes sobre as condições químicas do solo da área de estudo. Notou-se que a pastagem e o pisoteio do gado não tem exercido impacto a ponto de comprometer as funções e processos naturais do solo, e que a gramínea está em condições visualmente boas de preservação.

Em um estudo conduzido por Santos *et al.* (2017), observou-se uma dinâmica semelhante em relação à matéria orgânica e ao carbono orgânico, considerando atributos químicos, em uma área com características de uso e cobertura muito semelhantes às da área de estudo. Os resultados da análise química enriqueceram a caracterização da área de estudo, as condições do terreno, que de maneira geral podem ser descritas como boas para os padrões da APA, considerando que outras propriedades apresentaram deficiência em vários dos atributos químicos analisados (Nunes *et al.*, 2021), e para o que se espera de uma análise química.

Do ponto de vista do estudo dos terrenos tecnogênicos, o conjunto das análises mostraram, de modo geral, condições de estabilidade e pedogênese nos setores mais aplainados do terreno, o que faz sentido de certa forma, considerando que a finalidade das intensas obras de intervenção mecânica efetuadas na área foi a de promover a estabilização do terreno frente as intensas erosões hídricas que ocorriam, e que o último caso de erosões intensas na planície da área pôde ser estabilizado por meio de técnicas de bioengenharia, sem necessidade de utilização de novas obras pesadas (Lopes e Silva, 2022; Silva, Lopes, Nunes, 2023). Ainda assim, processos erosivos foram identificados nos setores de maior declividade, e nos topos do entorno da área.

5.5. FIGURAS SÍNTESE DO MATERIAL COLETADO EM CAMPO

As figuras a seguir foram elaboradas com a finalidade de juntar todas as principais informações levantadas a partir das análises realizadas em laboratório (granulometria + fracionamento + visualização na lupa + descrição visual simplificada), com a finalidade de proporcionar um produto didático com todas essas informações. Segue abaixo a sequência de quatro figuras referentes aos três tubos e a trincheira (Figuras 84 a 87).

Figura 84 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo 1.

	C1 [0-4,5 cm] Carta Munsell: 5YR V4/5 C2 - Dark Reddish Gray/Redish Gray. Descrição: Presença de matéria orgânica, com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C2 [4,5-8,5 cm] Carta Munsell: 5YR V5 C1 - Gray. Descrição: Presença de matéria orgânica, com pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C3 [8,5-12 cm] Carta Munsell: 5YR V5 C1 - Gray. Descrição: Mais clara em relação a 2ª camada, com matéria orgânica e pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C4 [12-19 cm] Carta Munsell: 5YR V6 C1 - Gray + mescla 5YR V5/6 C6 - Yellowish Red/Redish Yellow. Descrição: Cor mais clara, com raízes e pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C5 [19-23 cm] Carta Munsell: (2 cores) 5YR V5 C1 - Gray; V5 C6 - Yellowish Red. Descrição: Nuance de cores, presença de algumas raízes pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C6 [23-34,5 cm] Carta Munsell: 5YR V4 C1 - Dark Gray + mescla 5YR V5 C8 - Yellowish Red. Descrição: Cor mais clara, pontos avermelhados (mosqueados e variegados) e fragmentos do arenito. Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C7 [34,5-51 cm] Carta Munsell: (2 cores) 5YR V4 C1 - Dark Gray; 5YR V5 C1 - Gray. Descrição: Cor mais clara com pontos escuros, fragmentos de matéria orgânica, e pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C8 [51-58 cm] Carta Munsell: 5YR V5 C2 - Reddish Gray. Descrição: Cor mais clara, um ponto vermelho com 5 milímetros (mosqueado e variegado). Classe textural: Franco argilo arenosa Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C9 [58-66 cm] Carta Munsell: (2 cores) 5YR V4 C4 - Reddish Brown; 5YR V5 C1 - Gray. Descrição: Transição de cores, de mais clara para mais avermelhada. Classe textural: Franco argilo arenosa Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C10 [66-74,5 cm] Carta Munsell: Principal 5YR V4 C6 - Yellowish Red + mescla 5YR V5 C1 - Gray. Descrição: Cor avermelhada, fragmentos de arenito, "traços" de cor mais acinzentada dispostos de forma irregular. Classe textural: Franco argilo arenosa Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C11 [74,5-91cm] Carta Munsell: 5YR V4 C6 - Yellowish Red. Descrição: Cor avermelhada, marcas amareladas de fragmentos do arenito com dimensões variadas, duas manchas escuras horizontais. Classe textural: Franco argilo arenosa Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.

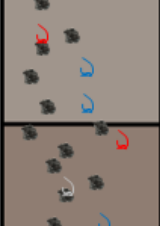
Legenda:

 Microplástico

 Carvão

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 85 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo 2.

	C1 [0-3 cm] Carta Munsell: 5YR V3 C1/2,5 C3 - Very Dark Gra/Dark Reddish Brown. Descrição: Cor escura, presença de matéria orgânica e 2 pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Argila Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C2 [3-16 cm] Carta Munsell: 5YR V4 C1 - Dark Gray. Descrição: Cor escura, maior dureza aparente que à 2ª camada, presença de matéria orgânica e pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Argila Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C3 [16-20,5 cm] Carta Munsell: 5YR V4 C1 - Dark Gray. Descrição: Transição de cor da escura para mais clara, compactação aparente, pontos avermelhados (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C4 [20,5-30 cm] Carta Munsell: 5YR V6 C1 - Gray. Descrição: Cores claras e escuras com alternância irregular, fragmentos do arenito, manchas avermelhadas (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C5 [30-37,5 cm] Carta Munsell: 5YR V6 C4 - Light Reddish Brown. Descrição: Cor clara e escura separada por uma forma ondulatória, poucas raízes, marcas avermelhadas (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C6 [37,5-42 cm] Carta Munsell: (2 cores) 5YR V6 C1 - Gray; V6 C2 - Pinkish Gray. Descrição: Cor mais clara, trincamentos horizontais, poros, pontos pretos e pontos vermelhos (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco argilo-siltoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C7 [42-55 cm] Carta Munsell: 5YR V7 C1 - Light Gray. Descrição: Mais claro e homogêneo, com porosidade e sem matéria orgânica. Classe textural: Areia franca/franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C8 [55-68 cm] Carta Munsell: 5YR V6 C2 - Pinkish Gray. Descrição: Cor clara com tom mais avermelhado, camada porosa e homogênea com 2 traços pretos. Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C9 [68-75,5 cm] Carta Munsell: (2 cores) 5YR V6 C4 Light - Reddish Brown; V6 C1 Gray . Descrição: Cor mais clara, textura mais porosa, fragmentos de raízes, pontos vermelhos (mosqueados e variegados). Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C10 [75,5-89,5 cm] Carta Munsell: 5YR V6 C1 - Gray + manchas V2,5 C1 - Black. Descrição: Cor mais escura que a camada anterior, textura mais porosa, fragmentos de raízes e pontos pretos. Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C11 [89,5-99,5 cm] Carta Munsell: 5YR V4 C6 - Yellowish Red. Descrição: Cor mais avermelhada, menor porosidade aparente/visível em relação a camada anterior, ausência de matéria orgânica. Classe textural: Franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.
	C12 [99,5-119,5 cm] Carta Munsell: 5YR V5 C2 - Reddish Gray . Descrição: Cor mais escura que a camada anterior, com trincamentos, e com manchas pretas. Classe textural: Franco siltoso/franco arenoso Fracionamento: Areia fina à muito fina Visualização na lupa: Fragmentos de carvão, fibras de microplástico.

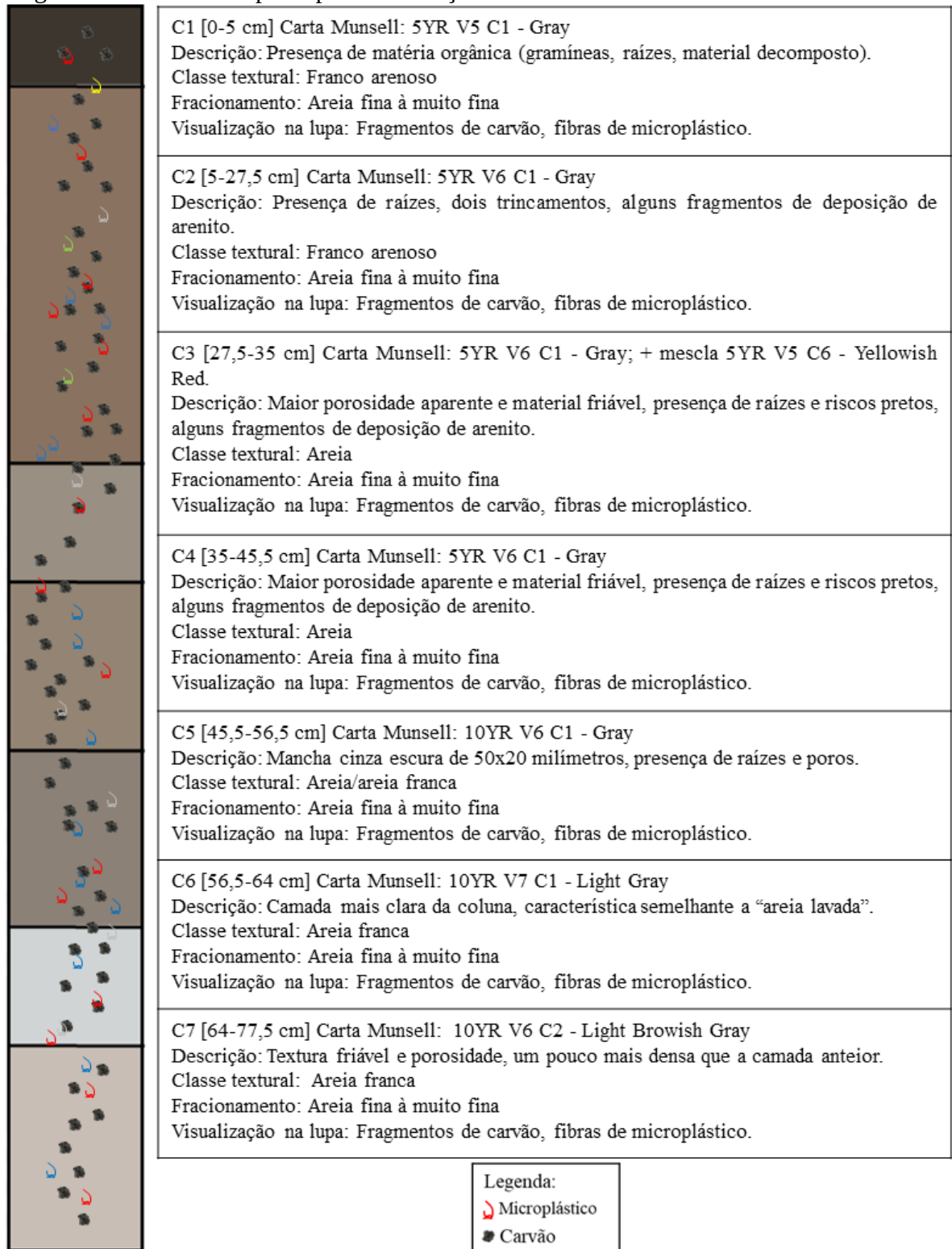
Legenda:

 Microplástico

 Carvão

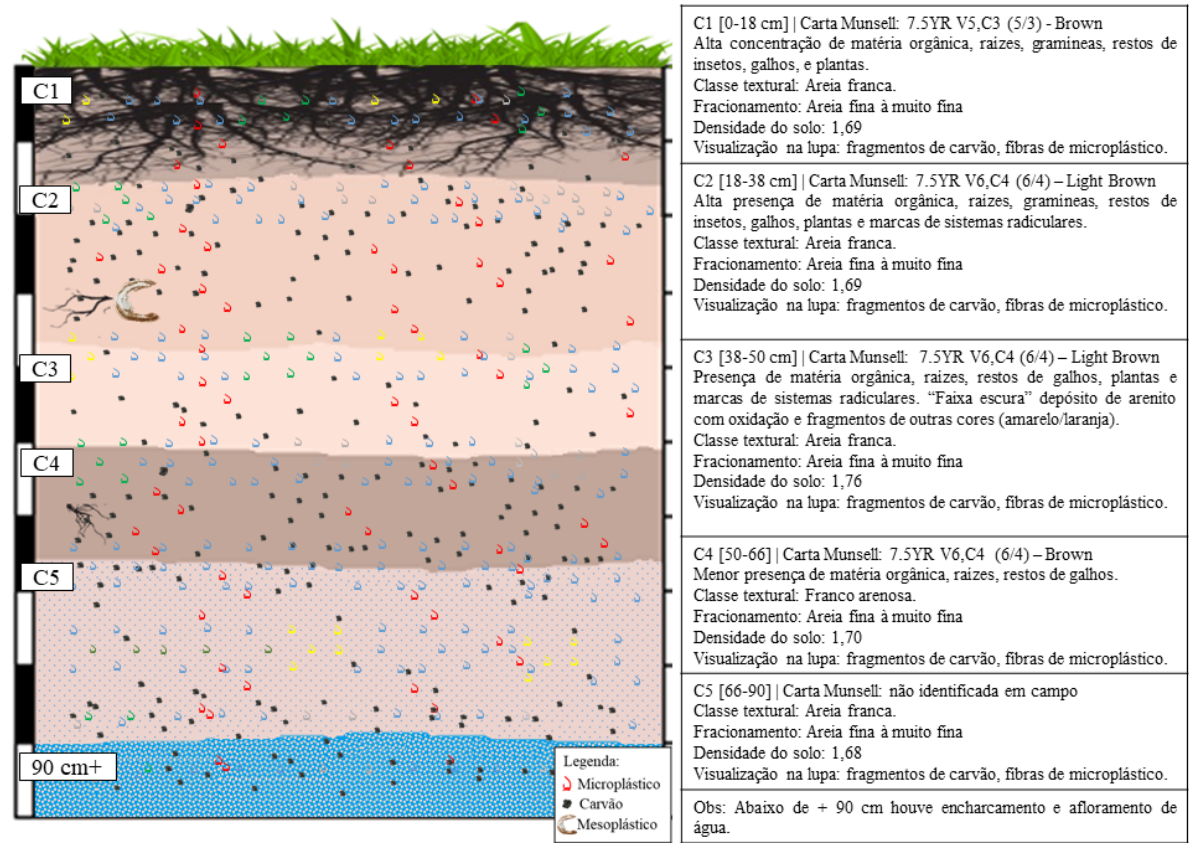
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 86 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo 3.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 87 - Síntese das principais informações referentes as análises realizadas no Tubo trincheira.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Ao interpretar as transformações do relevo, é crucial considerar não apenas suas características e processos naturais, mas também a intervenção humana na configuração atual da área de estudo. Apesar de aparentar total naturalidade à primeira vista, o relevo resulta de uma alteração na planície provocada pela ação humana, e não meramente pela erosão decorrente das forças naturais.

5.6. CLASSIFICAÇÃO DO TERRENO TECNOGÊNICO: SÍNTESE DAS METODOLOGIAS E PROCEDIMENTOS EMPREGADOS.

Nesse contexto, é necessário realizar um esforço de diferenciação/comparação dos efeitos da ação humana no registro sedimentar com os efeitos dos processos geológicos/climáticos naturais (Peloggia, 1999). Isso leva à descoberta da agência geológica humana no meio, evidenciando que não foi “a dinâmica da natureza sem a presença humana” por si só que gerou, por meio de instabilidades, uma determinada formação em uma área, mas sim “a influência humana na estrutura superficial da paisagem” (Peloggia, 1999).

Com base em todos os dados apresentados até aqui, analisando criteriosamente os resultados obtidos, conclui-se que a área de estudo pode enquadrar-se na seguinte definição, de acordo com a classificação integrada de Peloggia (2017): Trata-se de um terreno tecnogênico de agradação, formado por depósito tecnogênico produzido, espólico em camada, recobrando sedimentos anteriores em ambiente de planície tecnogênica rural.

De acordo com a classificação de terrenos tecnogênicos proposta por Peloggia *et al.* (2014), com contribuições de Peloggia (2015) e Vitorino *et al.* (2016), revista e ampliada, conforma a Tabela 16, a área se enquadra da seguinte forma:

Tabela 16 - Classificação do terreno tecnogênico da área de estudo.

Classe	Categoria Geológica	Tipo	Camada ou Feição Tecnogênica
terreno tecnogênico de agradação	formações superficiais antropogênicas depósito tecnogênico	terreno tecnogênico sedimentar	depósitos tecnogênicos induzidos de vertentes

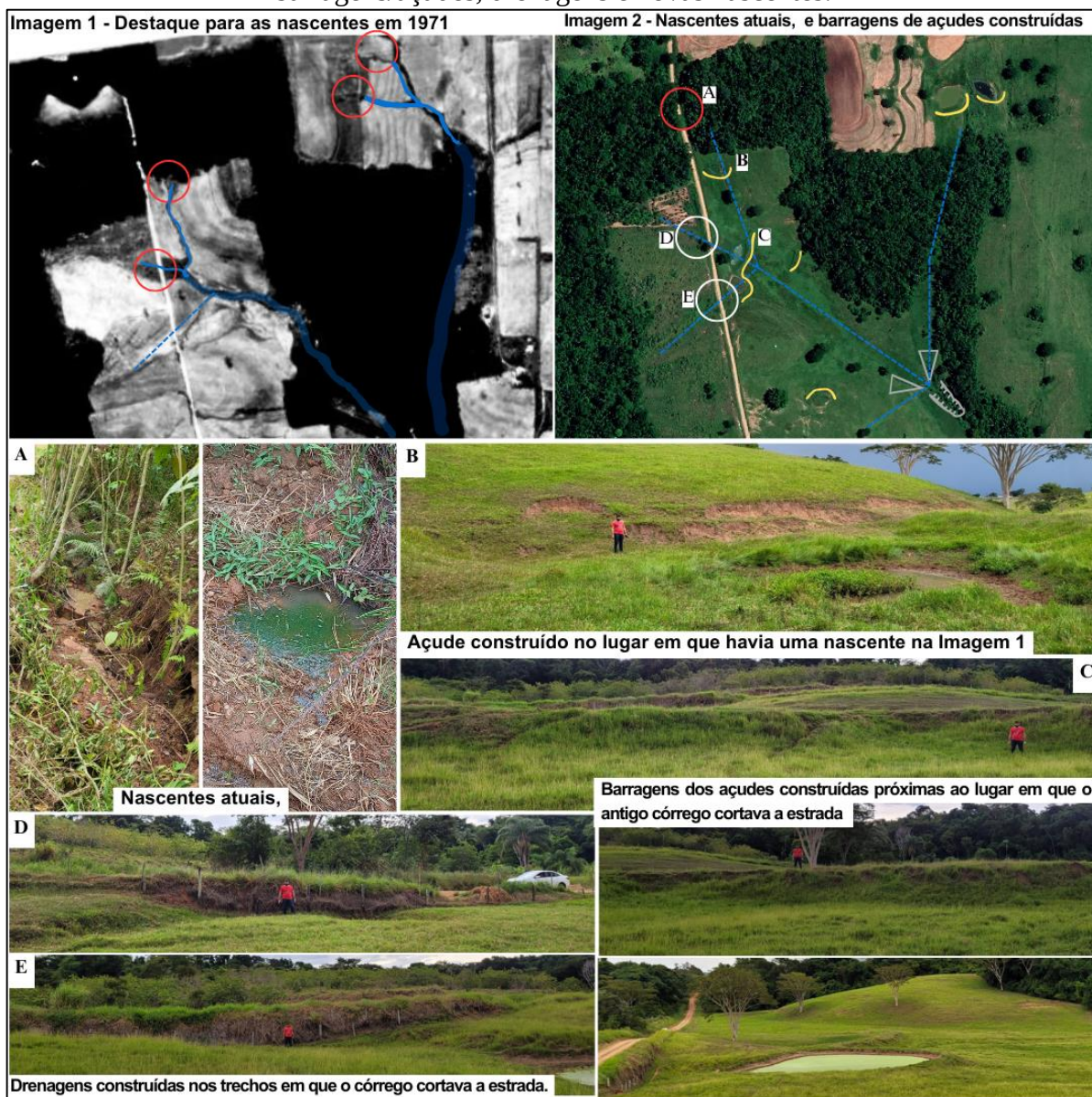
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

As razões que levam à compreensão de que a planície tecnogênica se formou na área de estudo podem ser atribuídas à soma das ações humanas sobre o relevo ao longo das décadas. Isso inclui, como já mencionado, a convergência do escoamento superficial das vertentes para a planície, transportando uma carga de material particulado resultante da ocupação pelos produtores rurais.

Além disso, uma significativa intervenção de engenharia, relacionada à construção/manutenção da estrada rural, às curvas de nível nas vertentes e planície, barragens de água pluvial e suas manutenções ao longo das décadas, processos esses, que somados, ocasionaram o assoreamento do antigo canal fluvial, formando uma espessa camada de material retrabalhado mecanicamente.

A Figura 88 mostra um comparativo da mesma área em 1971 e atualmente, com destaque para as feições produzidas por obras de remobilização mecânica do relevo, que são as feições do modelado antrópico, destaca também as áreas onde se encontravam as antigas nascentes, e as que estão ativas atualmente.

Figura 88 - Comparação da área de estudo em 1971 com o córrego, e atualmente com as barragens/açudes, drenagens e novas nascentes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os mapeamentos realizados com imagens de satélite a partir de 1989 (Nunes *et al.*, 2021; Moreira, 2021) mostram que a partir dessa data o córrego já havia sido completamente assoreado, e a área que antes era uma planície fluvial, passou a ser uma paleo-planície aluvial.

Contudo, o modelado antrópico representado nas barragens (existem diversas delas ao longo da área de estudo) mostram também que houve e ainda há um processo contínuo de deposição de sedimentos provenientes de erosões, de modo que os próprios açudes estão sendo assoreados lentamente. Cabe destacar que, a partir de conversas com o proprietário da área descobriu-se que há intenção de retirar o excesso de sedimentos desses açudes (desassorear), o que irá demandar o uso de maquinário pesado.

O esboço geomorfológico da área (Figura 89) mostra um pouco a respeito do que foi discutido até aqui. Sobre as formas de vertentes e interflúvios, a área possui vertentes côncavas, convexas e retilíneas, e colos topográficos nas porções mais elevadas da linha de cumeada. As feições erosivas existentes são compostas por sulcos em maior quantidade e ocorrência, duas ravinas que confluem numa voçoroca.

As feições de drenagem existentes consistem em canais pluviais, e a área úmida de acumulação, localizada no terreno tecnogênicos, o qual está constantemente encharcado, conforme já foi enunciado.

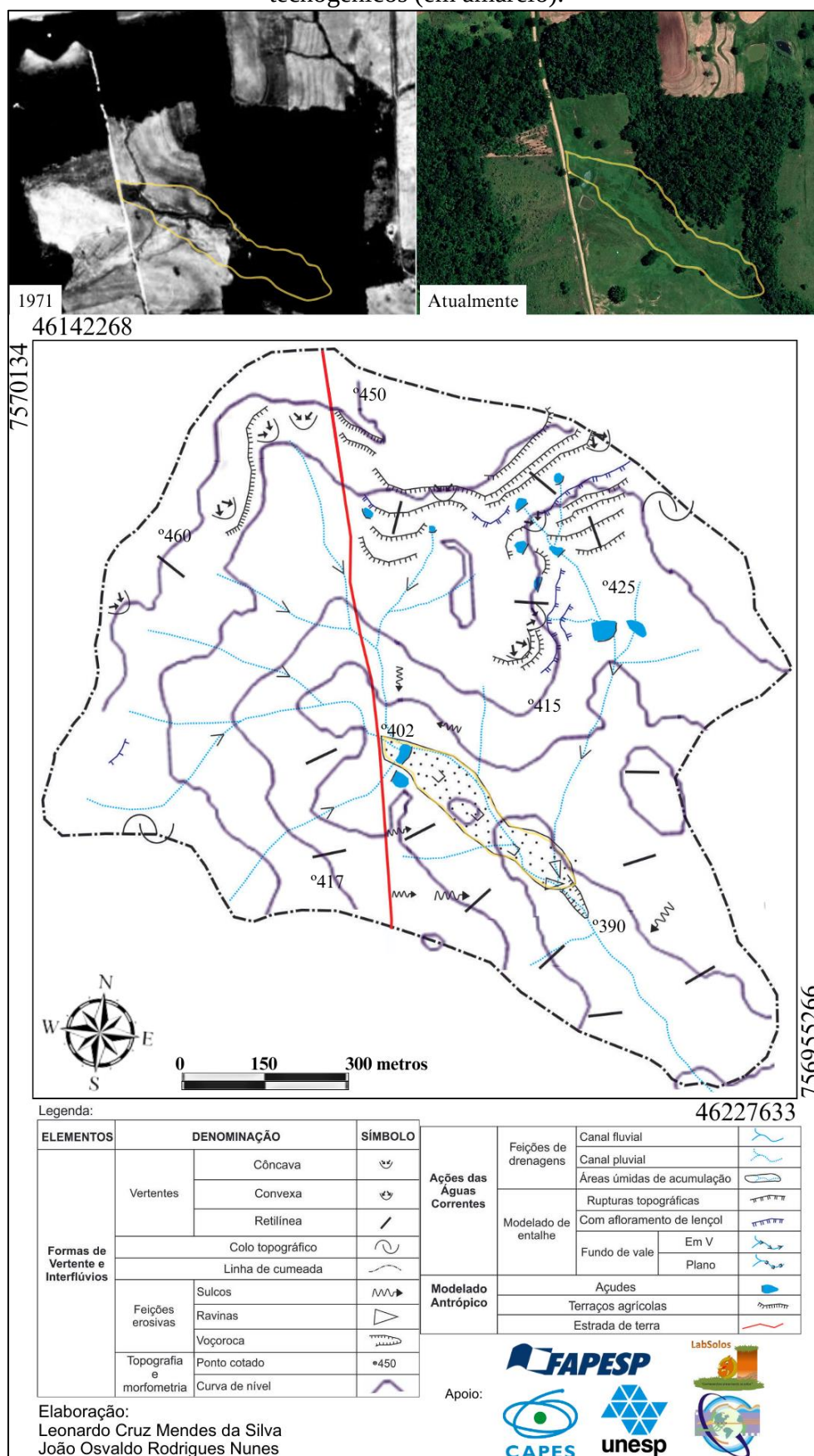
O modelado de entalhe é composto por rupturas topográficas, algumas das quais apresentam afloramento de lençol. E os fundos de vale apresentam formas “em v”, e no caso do terreno tecnogênico, em formato plano.

A figura 90 tem por objetivo fazer uma síntese de toda a discussão desta pesquisa com caráter de transposição didática, de modo que nela estão contidas as informações obtidas através da análise das imagens (de satélite, aéreas e do *Google Earth Pro*), das observações feitas nos trabalhos de campo e através de conversas com os moradores da APA, além dos aspectos físicos, ambientais e sociais da área de estudo.

As hipóteses referentes as datas aproximadas dos acontecimentos seguiram a mesma lógica descrita anteriormente, de modo que algumas datas puderam ser melhores aferidas através das imagens disponíveis, enquanto que outras dependeram em parte dos relatos dos moradores que acompanharam toda a transformação/alteração do relevo (sobretudo as partes D; E e F da figura).

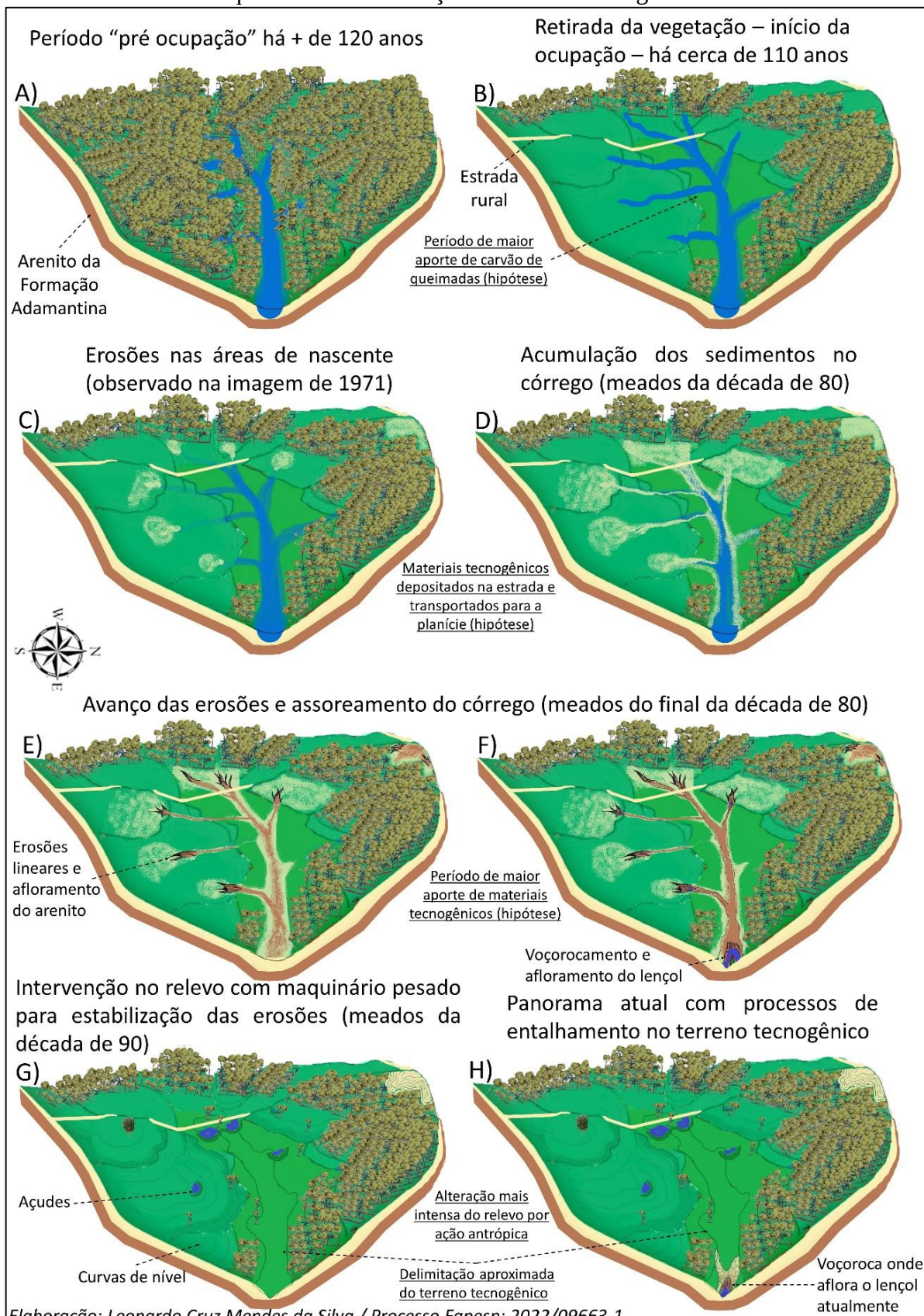
Cabe reforçar que todas as inferências/hipóteses apresentadas na última figura também têm por base a somatória de todas as análises feitas a partir das coletas de campo, discussões e reflexões acerca da transformação do relevo.

Figura 89 - Esboço geomorfológico da área de estudo, com destaque para o terreno tecnogênicos (em amarelo).



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 90 – Ilustração das transformações do relevo da área de estudo. Hipótese das alterações que levaram a formação do terreno tecnogênico.



Com base em todo o material produzido como resultado das metodologias aplicadas na área de estudo, tornou-se possível uma percepção mais precisa da alteração do relevo e dos processos que conduziram a área à sua configuração atual. Observa-se que, embora existam evidências nítidas da influência humana na região (como modelado antrópico, tecnofósseis e formas do relevo), o terreno tecnogênico se confirma, sobretudo, através de seu processo de formação, isto é, sua gênese fundamental ocorreu devido à intervenção humana, que alterou mecanicamente sua forma original, ao longo de vários anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos argumentos e evidências a respeito do Antropoceno, assume-se que o mesmo possui grande potencialidade como pressuposto para estudos de cunho geográfico, ou mesmo que abordem a relação sociedade-natureza, e que é inegável a influência do ser humano sobre o meio, numa relação quase sempre predatória de apropriação e alteração indiscriminada das dinâmicas naturais, e que isso difere-se do Holoceno, em gênese, processo e forma. Os terrenos tecnogênicos como uma expressão dessa relação, possuem parte importante das “marcas” e/ou registros que são deixados no ambiente, neste caso, no relevo. Deste modo, acredita-se que o presente estudo, partindo dessa premissa, alcançou êxito em termos de perspectiva de análise, escala de abordagem, seja geográfica ou temporal.

A área de estudo trouxe um dado bastante relevante para a discussão, haja visto se tratar de uma área rural, que está distante do perímetro urbano cerca de 26 km, não tendo qualquer conexão geográfica direta ou indireta com ocupação urbana, no que se refere a transporte de sedimentos, ou atividades industriais e/ou de construções, ainda sim, possui uma alta carga de material tecnogênicos, incluindo tecnofósseis e artefatos antrópicos manufaturados, que foram trazidos para a área sobretudo em virtude da manutenção da estrada rural.

Embora há de se considerar que o terreno tecnogênico em questão, do ponto de vista da gênese, tenha sido produzido pela ação antrópica, não estando preso a presença do material em questão. De todo modo, os dados observados acendem o questionamento a respeito do manejo das estradas rurais, e faz questionar os impactos da introdução desse tipo de material nessas áreas, que por sua vez, poluem o ambiente, e podem gerar diversos problemas ambientais. Este ponto envolve a gestão pública no que diz respeito ao planejamento territorial, além do cuidado com as áreas protegidas por lei, incluindo APPs, áreas de mananciais e corpos hídricos. Todo esse debate gira em torno também dos impactos diretos e indiretos que o avanço da urbanização tem provocado no meio rural.

Com relação aos procedimentos metodológicos, no quadro geral, os resultados se mostraram positivos, cumprindo a finalidade para a qual foram propostos. Sobre o trabalho de investigação preliminar da área de estudo, a análise de imagens de satélite do *Goolge Earth* trouxe importante base para o planejamento de ação, ao passo que a imagem aérea de 1971 foi a prova maior da transformação da planície, denunciando o processo, infelizmente muito frequente de assoreamento dos córregos e áreas de mananciais. Cabe destacar a contribuição do material cartográfico existente sobre a APA do Timburi, que também auxiliou no diagnóstico das características físicas e sociais da área de estudo e do entorno.

No que diz respeito aos trabalhos de campo, além das razões óbvias de para sua importância, destacam-se dois pontos de grande relevância para esta pesquisa, as conversas com moradores locais, que compartilharam informações históricas precisas sobre a área de estudo, dado o fato de possuírem conhecimento prático da mesma. Outro ponto de igual destaque foi a constatação visual de que a estrada rural é uma das grandes fontes do material tecnogênicos, compôs, e que esse material tem origens das mais diversas, não sendo possível identificar seus locais de origem, restando apenas o fato de que são provenientes de sucessivas manutenções efetuadas por intermédio da gestão pública, o que traz à tona novamente o problema da destinação correta dos resíduos sólidos em Presidente Prudente.

Quanto a coleta das amostras em campo, ambos procedimentos experimentados se mostraram eficazes, e foram efetuados sem grandes problemas. O encharcamento excessivo do terreno foi um fator limitante para o estabelecimento de uma medição minimamente precisa do pacote de sedimentos presente na área de estudo, embora este fato prove em partes que a área possui grande disponibilidade hídrica, por se tratar, como já é sabido, de um antigo canal fluvial, isso mostrou-se um desafio que não foi totalmente superado na presente pesquisa, mas que pode ser colocado a prova em pesquisas futuras, com outras formas de coleta e medição.

A análise granulométrica, somada ao fracionamento forneceram um diagnóstico das características físicas do terreno, e a análise química serviu como fonte de dados sobre as condições de fertilidade e de “qualidade” dos solos. A visualização na lupa estereoscópica trouxe a constatação mais nítida sobre o terreno tecnogênicos, pelo fato de comprovar que os materiais tecnogênicos estavam presentes em todas as camadas analisadas, na forma dos microplásticos, mesoplastico e carvões, estes últimos, por sua vez, representando as marcas da prática de queimada muito comum no passado como prática nos cultivos, ressalta-se aqui, se tratar de uma inferência, uma vez que, tais materiais foram encontrados juntamente aos microplásticos em mesma camada. O somatório das análises – química e física + lupa proporcionaram um embasamento completo das características do terreno, permitindo um melhor diagnóstico.

O esboço geomorfológico contendo os diferentes focos erosivos, e o modelado antrópico, evidenciou como as formas de uso e ocupação são historicamente predatórias, de maneira que a configuração das formas de uso e ocupação permanecem semelhantes aquelas notadas na imagem aérea da década de 1971, ou dos mapas de uso e ocupação de 1989; 1999; 2009; 2019, o que se refletiu na deflagração de todos os problemas ambientais abordados até aqui.

A Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi possui grande relevância para o município de Presidente Prudente, desempenhando uma função fundamental no estímulo a práticas mais conscientes de uso, manejo e conservação dos recursos naturais. A socialização das informações sobre os impactos da ação humana no meio ambiente é uma estratégia de conscientização, capaz de gerar mudanças nas relações de uso e incentivar a capacitação das pessoas para dar continuidade a essas práticas.

Há de se considerar a relevância de desenvolver estudos subsequentes com intuito não só de ampliar as áreas de investigação dentro da APA do Timburi, como também trabalhar meios de “mensurar” os impactos que os materiais de origem antrópica trazem para o próprio ambiente, e para os demais seres vivos (incluindo aos seres humanos), destaca-se o estudo do microplástico, considerando que este foi o elemento mais abundante encontrado nas amostras estudadas.

É esperado que os resultados apresentados na presente pesquisa contribuam com trabalhos futuros em caráter de educação e conscientização ambiental, e que também sirva como fonte de informações no ato da construção do plano de manejo da APA do Timburi, que até o presente momento não foi produzido.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D. S. Formação histórica de uma cidade pioneira paulista: Presidente Prudente. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Presidente Prudente, 1972.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 4ª. ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BOIN, M. N. Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - IGCE/UNESP – Rio Claro, 2000.
- BRANCO, M. S.; Reminiscências urbanas: o caso da Sanbra em Presidente Prudente. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação - Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/203366>>. Acesso em: 15 mar. 2020.
- BRISTRICHI, C. A. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo: 1:1.000.000. São Paulo: IPT, vol. II, 1981.
- CHEMEKOV, Y. F., 1983. Technogenic Deposits. XI INQUA Congress. 1982. Abstracts Vol III. p.62.
- CHWAŁCZYK, F. Around the Anthropocene in eighty names—Considering the Urbanocene proposition. Sustainability, v. 12, n. 11, p. 4458, 2020.
- COHEN, K.M., FINNEY, S.C., GIBBARD, P.L. & FAN, J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart. (2013; updated) International Commission on Stratigraphy, IUGS. Episodes 36: 199-204. Disponível em: <<https://stratigraphy.org/chart#latest-version>>. Acesso em 26 de mar de 2024.
- COSTA, B. E. D. GHIRARDELLO, N. TOMBAMENTO COMO INSTRUMENTO DE PRESERVAÇÃO ARQUITETÔNICA: estudo de caso da SANBRA de Presidente Prudente. I Congresso Nacional para Salvaguarda do Patrimônio Cultural: fronteiras do patrimônio: preservação como fortalecimento das identidades e da democracia 03 a 07 de outubro de 2017 - Cuiabá (MT), Brasil.
- CRUTZEN, P. J., Geology of mankind. NATURE. Vol 415, 2002.
- CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The Anthropocene. IGBP Global Change News. 41, p. 17–18, 2000.
- DIAS, M. B. G. Aplicação da abordagem geotecnogênica no entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, Oeste Paulista, Brasil. 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/204208>>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- DIAS, M. B. G. Depósitos tecnogênicos na região noroeste de Goiânia (GO). 2015. 138 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/127689>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

DIBIESO, E. P., Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro Presidente Prudente-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia), Presidente Prudente. FCT/UNESP, 2007.

DIBIESO, E. P.; Leal, A. C. Uso da água na bacia hidrográfica do manancial do alto curso do rio Santo Anastácio/SP. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió. 2011.

DIBIESO, Eduardo Pizzolim. Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio/SP. Tese (Doutorado em Geografia), Presidente Prudente. 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solos. 2^a. ed. Rio de Janeiro, 212p. Il. (EMRAPA – CNPS. Documentos; 1), 1997.

FANNING, D. J.; FANNING, M. C. B. Soil: morphology, genesis and classification. New York: John Wiley & Sons, 1989.

FUSHIMI, M. Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2012. 141 p.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Vulnerabilidade aos sulcos e ravinas em setores de gramínea de Presidente Prudente - SP como subsídio ao planejamento ambiental. GEOFRONTER, v. 8, 2022.

GODOY, M. C. T. F. de. Estudo hidrogeológico das zonas não saturada e saturada da formação Adamantina, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo. 1999. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1999. 172p.

GZH. Lago Crawford no Canadá prova que Antropoceno já começou, dizem cientistas. Online, 2023, 11 jul. 2023. Disponível em: <<https://gauchazh.clicrbs.com.br/tecnologia/noticia/2023/07/lago-crawford-no-canada-prova-que-antropoceno-ja-comecou-dizem-cientistas-cljykg4sb002v01gx67ufdj0c.html>>. Acesso em 29 jul. 2023.

HEIRAS, A. C. de M.; FERREIRA, C. de S.; ELIAS, F. A.; MARIA, Y. R. Vazios Urbanos: Quadrilátero Central de Presidente Prudente – SP. Colloquium Humanarum. Presidente Prudente, vol.11, n. Especial, p.261 – 268, Jul – Dez, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. In Manuais Técnicos em Geociências, nº 1, 2^a ed. (revista e ampliada), Rio de Janeiro: IBGE, 2012, 271p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada, 2021. Disponível em: <cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES - IUGS E INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY – ICS. The Anthropocene Statement. Short version. Pequim: IUGS-ICS, 2024. Disponível em: <https://www.iugs.org/_files/ugd/f1fc07_23c6f9e723bc47b9b5fdcd300f806f25.pdf?index=true>. Acesso em: 05 abr. 2024.

INTERNATIONAL UNION OF GEOLOGICAL SCIENCES - IUGS E INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY – ICS. The Anthropocene Statement. Extended version. Pequim: IUGS-ICS, 2024. Disponível em: <https://www.iugs.org/_files/ugd/f1fc07_40d1a7ed58de458c9f8f24de5e739663.pdf?index=true>. Acesso em: 05 abr. 2024.

IPT - Instituto De Pesquisas Tecnológicas Do Estado De São Paulo. Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p. 46-8; 69 (Publicação IPT 1184).

JESUS, G. P. de; PISTUNE, H. F. de M.; SILVA, M. A. S. da, FARIA, A. L. L. de. Applications of computing in geomorphology studies – a case study. *Iberoamerican Journal of Applied Computing*, v. 11, n. 1, 2023.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C. *et al.* (Ed.). *Pedologia: fundamentos*. Viçosa: SBCS, 2015.

LEMO, R. C.; SANTOS, D. S. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1996.

LEWIS, S. L.; MASLIN, M. A. Defining the Anthropocene. *Nature*, v. 519, p. 171–180, 2015.

LOPES, G. F.; SILVA, L. C. M. da. Recuperação de área degradada por meio de técnicas de bioengenharia na Área de Proteção Ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP. Trabalho de conclusão de Curso, 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/242610>>. Acesso em: 11 mar. 2022.

LOPES, G. F.; SILVA, L. C. M.; LUCAS, Y. L. Erosão urbana e educação ambiental: estudo de caso no Jardim Sabará em Presidente Prudente (SP). *Revista Geografia em Atos (GeoAtos online)*, n. 14, v. 7, p. 181-202, 2019.

MARSHALL, M. G. *et al.* Annual-scale assessment of mid-20th century anthropogenic impacts on the algal ecology of Crawford Lake, Ontario, Canada. *PeerJ*, v. 11, p. e14847, 2023.

MCCARTHY, Francine MG *et al.* The varved succession of Crawford Lake, Milton, Ontario, Canada as a candidate Global boundary Stratotype Section and Point for the Anthropocene series. *The Anthropocene Review*, v. 10, n. 1, p. 146-176, 2023.

MENEZES, F. B; *et al.* Sistemas Depositionais Fluviais: Análise Estratigráfica das Unidades Sedimentares da Formação Boa Vista, Nordeste da Bacia do Tacutu, RR. *Revista Geografica Academica*, v. 14, n. 1, 2020. 69-93 p.

MIYAZAKI, L. C. P. Depósitos tecnogênicos: uma nova perspectiva de leitura geográfica. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 5, n. 2, 2014.

MOREIRA, E. S. Elaboração de bases cartográficas como subsídio para implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente-SP. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2021. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/210888>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MOREIRA, E. S. *et al.* Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP). Geografia, Rio Claro, v. 45, n. 1, p. 163-184, jan./jun. 2020. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15397/11798>>. Acesso em: 20 agosto 2021.

MOURA, N. S. V. *et al.* Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 24, n. 4, 2023.

MUNSELL. Soil Color Charts. New Windsor, NY: Kollmorgen Instruments, Macbeth Division, 2000.

NETO, L. F. S. Pedogênese e Matéria Orgânica de Solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre. 2010. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/26878>>. Acesso em: 01 jan. 2022.

NUNES, J. O. R. *et al.*, Recuperação de áreas degradadas da área de proteção ambiental de uso sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente/SP. Presidente Prudente: FAPESP, 2021.

NUNES, J. O. R. Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente-SP. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2002.

NUNES, J. O. R; FUSHIMI, M. Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário, 2012.

NUNES, J. O; FERNANDES, B M; PIROLI, E. L; MANTIN, E. S; TOMMASELLI, J. T. G; AMORIM, M. C. DE C.T; PERUSI, M. C; DOS SANTOS, M; GUIMARÃES, R. B; ARAUJO, R. R. DE; VERISSIMO, V. E. A; DOS SANTOS, C. A. M; MATHIAS, D. T; PEDRO, L. C; FUSHIMI, M; BOIN, M. N; DE OLIVEIRA, R. C. Recuperação de áreas degradadas da área de proteção ambiental de uso sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente - SP. Presidente Prudente: FAPESP, 2021.

OLIVEIRA A.M.S., BRANNSTROM C., NOLASCO M., PELOGGIA A.U.G., PEIXOTO M.N.O., COLTRINARI L. 2005. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. (Eds.) Quaternário do Brasil, Ribeirão Preto (SP): Holos, Cap.17, p.363-378.

OLIVEIRA, A. M. dos S. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: exemplo do reservatório de capivara, rio Paranapanema. 1994. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. Disponível em: < <https://repositorio.usp.br/item/000739518>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

OLIVEIRA, A. M. S. A Abordagem Geotecnogênica: a Geologia de Engenharia no Quinário. In: BITAR, O. Y. (coord.). Curso de Geologia aplicada ao Meio Ambiente. ABGE: IPT, 1995. P. 231-241.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados a erosão atual. In: Congresso Brasileiro de geologia de Engenharia, 6, 1990, Salvador. Anais do 6o CBGE e IX COBRAMSEF. Salvador: ABGE: ABMS, 1990. p. 411-416.

OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. Quaternary and Environmental Geosciences, vol. 5, n. 2, 2014, p. 103-111.

OLIVEIRA, J. B. de. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999.

PEDRO, L. C. Ambiente e apropriação dos compartimentos geomorfológicos do Conjunto Habitacional Jardim Humberto Salvador e Condomínio Fechado Damha, Presidente Prudente (SP). Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2008. 153p.

PELOGGIA A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografia dos solos e depósitos tecnogênicos. In: PELOGGIA A. U. G. (org.) Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I). Prefeitura do Município de São Paulo/ GT-GEOTEC, São Paulo, 1999, p. 35-50.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, v. 16, 2005. 24-31 p.

PELOGGIA, A. U. G. Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo: as consequências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. 1996, 162f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PELOGGIA, A. U. G. O Antropoceno: uma introdução aos conceitos e significados. In: Revista do ILP, São Paulo, vol.2, N.3, 2021.

PELOGGIA, A. U. G. O problema estratigráfico dos depósitos tecnogênicos. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. 2003.

PELOGGIA, A. U. G. O que produzimos sob nossos pés? Uma revisão comparativa dos conceitos fundamentais referentes a solos e terrenos antropogênicos. *Revista Geociências-UNG-Ser*, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografia dos solos e depósitos tecnogênicos. In: PELOGGIA A. U. G. (org.) *Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I)*. Prefeitura do Município de São Paulo/ GT-GEOTEC, São Paulo, 1999, p. 35-50.

PELOGGIA, A. U. G.; ORTEGA, A. M. Lyell, a agência geológica humana e o antropoceno: Em busca de uma epistemologia geológica e arqueológica. *Revista Geociências-UNG-Ser*, v. 15, n. 2, p. 106-127, 2016.

PELOGGIA, A. U. G.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. Technogenic landforms: conceptual framework and application to geomorphologic mapping of artificial ground and landscape as transformed by human geological action. In: *Revista Quaternary and Environmental Geosciences*, Curitiba, v.5, n.2, p. 67-81, 2014.

PERROTA, M.M; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. 2005. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil, CPRM, São Paulo. 2005.

PRESIDENTE PRUDENTE. Lei Complementar Municipal N° 235, de fevereiro de 2019. Cria a Área de Proteção Ambiental do Timburi. Presidente Prudente, 2019.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SANTOS, C. A. M. dos. Cronogeomorfologia do relevo da cidade de Marília através do método de traços de fissão-MTF. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. 134 p.

SANTOS, C. A. M. O relevo e o sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade de Marília-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2009. 192 f.

SANTOS, F. A. *et al.* Microplasticrusts on the remote Trindade Island-Brazil [resumo]. In: MICRO2020 International Conference. Proceedings [recurso eletrônico]. Online. 2020.

SANTOS, F. A. S; PIERANGELI, M. A. P; SILVA, F. L; SERAFIM, M. E; SOUSA, J. B. DE; OLIVEIRA, E. B. DE. Dinâmica do carbono orgânico de solos sob pastagens em Campos de Murundus. *Scientia Agrária*. Curitiba, v. 18, n. 2, abr. – jun., 2017, p. 43-53. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/995/99551919005.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2021.

SANTOS, F. A., DIÓRIO, G. R., GUEDES, C. C. F., FERNANDINO, G., GIANNINI, P. C., ANGULO, R. J., SOUZA, M. C., CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F., DOS SANTOS OLIVEIRA, A. R. 2022. Plastic debris forms: Rock analogues emerging from marine pollution. *Marine*

Pollution Bulletin, 182, 114031. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114031>>. Acesso em 20 de novembro de 2023.

SANTOS, F. A.; OLIVEIRA, A. R.; DIÓRIO, G. R.; GUEDES, C. C.; FERNANDINO, G.; GIANNINI, P. C.; ÂNGULO, R. J.; SOUZA, M. C. DE; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F. Polymers combined with geological material as a human legacy in earth's record. Proceedings of the 17th Brazilian Polymer Conference (17° CBPol), October 29-November 02, 2023, Joinville-SC, Brazil. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/375231927_POLYMERS_COMBINED_WITH_GEOLOGICAL_MATERIAL_AS_A_HUMAN_LEGACY_IN_EARTH'S_RECORD>. Acesso em 20 de novembro de 2023.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B DE; CUNHA, T. J. F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1094003>>. Acesso em: 06 de janeiro de 2022.

SANTOS, R. D. DOS; SANTOS, H. G. DOS; KER, J. C; ANJOS, L. H. C. DOS; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SILVA, E. C. N. Formação de depósitos tecnogênicos e relações com o uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Presidente Prudente – SP. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2012. 183 p.

SILVA, E. C. N. Formação de depósitos tecnogênicos nas proximidades do Conjunto Habitacional Jardim Humberto Salvador e Augusto de Paula na cidade de Presidente Prudente – SP. Monografia (Bacharelado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2009. 89 p

SILVA, É. C. N. Reconstituição Geomorfológica do Relevo Tecnogênico em Presidente Prudente-SP. - Presidente Prudente. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia [s.n], 2017 246 p.

SILVA, L. C. M. da. IDENTIFICAÇÃO DE DEPÓSITO TECNOGÊNICO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI - PRESIDENTE PRUDENTE/SP. Presidente Prudente: FAPESP, 2022. Processo: 2022/09663-1.

SILVA, L. C. M.; LOPES, G. F.; NUNES, J. O. R. Contenção e estabilização de erosões lineares por meio de técnicas de bioengenharia em propriedade da Área de Proteção Ambiental do Timburi, Presidente Prudente-SP. Geografar Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR, v. 18, n. 2, p. 351-374, 2023. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/91531/51243>>. Acesso em 28 dez. 2023.

SILVA, L. J. P. da. Estudo sobre depósitos tecnogênicos no entorno da represa da Sabesp em Presidente Prudente-SP. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) -

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/121231>>. Acesso em: 06 jan. 2022.

SILVA, M. A. S. da. Análise de impacto climático extremo, a partir de imagens de sensores remotos, nos manguezais da Reserva Municipal de Desenvolvimento Sustentável do Piraquê Açu- Mirim em Aracruz (ES). 2022. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2022. DOI: <<https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.061>>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SILVA, M. A. S. da; MOREIRA, J. S.; FARIA, A. L. L. de; CIVALE, L.; uso de sensores remotos para identificar mudanças na paisagem provocadas por mineração nos municípios de Teixeiras e Pedra do Anta, Minas Gerais. *Revista de Ciências Humanas*, v. 1, n. 21, 2021.

SILVA, M. A. S.; LACERDA, H. C.; TOMMASELLIE, J. T. G.; NUNNES, J. O. R.; FARIA, A. L. L. Metodologia para definir locais de coletas de água e sedimentos para análises de contaminação ambiental por microplásticos. In: SEMINÁRIO DA PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 3., 2024, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 2024. (No prelo).

SILVA, M. O. VELOSO, C. L.; NASCIMENTO, D. L. D.; OLIVEIRA, J. D.; PEREIRA, D. D. F.; COSTA, SILVA, K. D. D. Indicadores químicos e físicos de qualidade do solo. *Brazilian Journal of Development*. Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47838-47855, jul. 2020. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13360/11223>>. Acesso em: 07 out. 2021.

SOBRAL, L. F. *et al.* Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. 2015. – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206). Disponível em: <www.bdpa.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. United States: Department of Agriculture, 1951 (Handbook 18).

SPOSITO, M. E. B. O chão em Presidente Prudente: a lógica da expansão territorial urbana. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 1983. Disponível em: (<http://hdl.handle.net/11449/202451>). Acesso em: 05 jun. 2020

SUERTEGARAY, D. M. A., NUNES J.O.R. A natureza da Geografia Física na Geografia. *Revista Terra Livre*, n. 17, 2º semestre, São Paulo, 2001. 11-23 p. Disponível em: <http://www.agb.org.br/files/TL_N17.pdf>. Acesso em: 11 maio 2021.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Ed. Edgard Blüncher.; Universidade de São Paulo, 1973.

TAKATA, L. T. O. Aplicação de técnicas alternativas para recuperação de foco erosivo em área rural situada no município de Álvares Machado–SP Presidente Prudente 2012.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K; FONTANA, A; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. Brasília: Embrapa, p. 573, 2017.

TER-STEPANIAN G. Beginning of a new period: the Technogene. International Geological Congress, 29, Kyoto, Proceedings... 1992, Part B: Quaternary Environmental Changes. Utrecht: VSP, 1994, p.286-288.

TER-STEPANIAN G. Did the Quinary start? In: INQUA Congress, 11, Moscow, Abstracts... 1983, p.260.

TER-STEPANIAN, G. Beginning of the Technogene. Bulletin I.A.E.G., 38 p.133-142. 1988.

TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. Paris: Masson, 1965, 496p.

VAGULA, P. R. Impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização nas cabeceiras de drenagem do Córrego da Onça no município de Presidente Prudente–SP. Monografia (Bacharelado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2011. 66p.

WATERS, C. N. *et al.* Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and how to look for potential candidates. Earth-Science Reviews, v. 178, p. 379-429, 2018.

WATERS, C. N. *et al.* Locais candidatos e outras seções de referência para a Seção e Ponto do Estratótipo da Fronteira Global da série Antropoceno. A Revisão do Antropoceno, v. 1, pág. 3-24, 2023.

WATERS, C. N., *et al.*, The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. SCIENCE, v. 351, n. 6269, pág. aad2622, 2016.

WHITACKER, A. M. Origem do núcleo urbano e expansão territorial de Presidente Prudente. Atlas Ambiental Escolar de Presidente Prudente, Presidente Prudente-SP, 2017. Formação Socioespacial – Espaço urbano. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/formacao-socioespacial/>>. Acesso em: mar. 2023.

WINGE, M. *et. al.* 2001 - 2023 Glossário Geológico Ilustrado. (Online). Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>> Acesso em 29 de Jan de 2023.

ZANATTA, F. A. S. Limitação física em área rural degradada: busca metodológica para definir o uso adequado das terras. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018. 168 p.