



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Campus de Presidente Prudente

MARCEL BORDIN GALVÃO DIAS

**APLICAÇÃO DA ABORDAGEM
GEOTECNOGÊNICA NO ENTENDIMENTO
DAS TRANSFORMAÇÕES DA PAISAGEM NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MANDAGUARI, OESTE PAULISTA, BRASIL**

Presidente Prudente
2020

MARCEL BORDIN GALVÃO DIAS

**APLICAÇÃO DA ABORDAGEM
GEOTECNOGÊNICA NO ENTENDIMENTO
DAS TRANSFORMAÇÕES DA PAISAGEM NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MANDAGUARI, OESTE PAULISTA, BRASIL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Livre-Docente João Osvaldo Rodrigues Nunes

Presidente Prudente
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

D541a

Dias, Marcel Bordin Galvão

Aplicação da abordagem geotecnogênica no entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, Oeste Paulista, Brasil / Marcel Bordin Galvão Dias. -- Presidente Prudente, 2020

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

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes

1. Geografia. 2. Paisagem. 3. Bacia hidrográfica. 4. Abordagem geotecnogênica. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Aplicação da abordagem geotecnológica no entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do Rio Mandaguari, Oeste Paulista, Brasil

AUTOR: MARCEL BORDIN GALVÃO DIAS

ORIENTADOR: JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

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

Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia / UNESP



Prof. Dr. PAULO CESAR ROCHA
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia / UNESP



Profa. Dra. ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia / UNESP



Prof. Dr. ANTONIO MANOEL DOS SANTOS OLIVEIRA
- / -



Prof. Dr. ALEX UBIRATAN GOOSSENS PELOGGIA
Instituto do Legislativo Paulista / ALESP



Presidente Prudente, 03 de abril de 2020

À tod@s que acreditam no poder transformador da educação.

Agradecimentos

À Deus, pela força e proteção diária.

Aos meus pais, Ana Paula e Jader, pela vida e por todos os ensinamentos.

À minha família, pelas orações, apoio e torcida desde o início dessa jornada.

À minha companheira, Raquel, pelo amor, carinho, cuidado e compreensão.

Aos amigos que estiveram presentes, de longe ou de perto, durante essa trajetória, pela amizade, companheirismo e torcida. Um agradecimento especial aos amigos Caio, Érika, Melina, Robson, Dener, Jéssica, Karime, Mari, Vivi, Nayara, Heitor, Mateus, Thaís e Thalita.

Ao amigo e orientador João Osvaldo, pela orientação cuidadosa, pelas idas a campo (incluindo as rastejadas por debaixo da cerca (risos)) e por todos os momentos vividos ao longo destes anos de convivência iniciada no mestrado. Muito obrigado, João!

Ao amigo Jhonatan, pela amizade, companheirismo e toda a ajuda dada durante os trabalhos de campo e em outros “botes errados” (risos).

Aos integrantes do Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos, pelo companheirismo e momentos de descontração. Um agradecimento especial aos amigos Ana, Mari, Ribas, Carol e Alessandro.

Ao pessoal do “Clube de Sexta”, pela acolhida e momentos de descontração.

Aos colegas da pós-graduação em Geografia da FCT-UNESP, pelos diálogos sempre proveitosos e a troca de experiências.

Ao Victor, pela ajuda com a realização das análises granulométricas.

Ao prof. Antonio Manoel dos Santos Oliveira, pela indicação da área e por toda contribuição dada ao trabalho com os depósitos tecnogênicos.

À Thais, pelo auxílio com a elaboração dos mapas que compõe este trabalho.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação, pelo auxílio com as burocracias rotineiras. Um agradecimento especial à Aline, pela atenção e presteza que sempre dispensou aos alunos do PPGG.

Aos professores e coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia, por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas durante estes anos de doutoramento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelo auxílio financeiro com as diárias para custear as idas a campo.

Aos membros da banca do exame geral de qualificação, pelas valiosas contribuições dadas ao trabalho.

Aos membros da banca de defesa pública da tese, pela disposição em colaborar com a construção do trabalho.

Aos colegas professores e funcionários, coordenadores, diretores da Unoeste e do Colégio Anglo Prudentino, pela convivência diária, apoio e parceria.

Por último, e não menos importante, um agradecimento especial aos meus alunos, por me ensinarem tanto todos os dias.

À tod@s que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse possível.

MUITO OBRIGADO!

Tudo aquilo que o homem ignora, não existe para ele. Por isso, o Universo de cada um se resume ao tamanho do seu conhecimento.

Frase atribuída à Albert Einstein (1879-1955).

Resumo

Os depósitos tecnogênicos originam-se a partir da ação geológica humana, capaz de alterar as características dos processos superficiais e, com isso, as formas de relevo e os materiais constituintes. O presente trabalho propôs-se a investigar as transformações na paisagem ocorridas na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, situada no oeste paulista, utilizando como foco analítico as deposições tecnogênicas ocorrentes nos fundos de vale. Para tanto, elegeu-se como ferramenta analítica a abordagem geotecnogênica, a qual pressupõe que os processos e materiais geológicos estão sujeitos aos condicionantes tecnogênicos, representativos da ação geológica humana transformadora da superfície terrestre. A referida abordagem considera a utilização de procedimentos típicos das Geociências para a análise do meio físico, acrescidos do resgate histórico do uso e ocupação da terra, necessário para a compreensão da dinâmica geotecnogênica. Os procedimentos adotados neste estudo envolveram atividades de gabinete, como revisão da literatura e elaboração de mapeamentos; de campo, para identificação das deposições tecnogênicas e coleta de amostras; e de laboratório, como a realização de análise granulométrica e de datação das amostras coletadas. A partir dos procedimentos executados, foi possível caracterizar as deposições tecnogênicas amostradas, de textura majoritariamente arenosa, estratificação plano-paralela, com ou sem a presença de artefatos, constituídas por materiais oriundos dos processos erosivos instalados nas vertentes, responsáveis pela produção dos sedimentos que entulharam os fundos de vale, resultando na formação de depósitos tecnogênicos, posteriormente retrabalhados pela atividade fluvial, o que evidencia o caráter descontínuo dos processos erosivos, condicionados pelos diferentes usos da terra implementados na área ao longo tempo. Assim, a abordagem geotecnogênica e os procedimentos adotados mostraram-se adequados aos propósitos do trabalho, ao considerar as práticas de uso da terra e seus desdobramentos sobre a dinâmica dos processos superficiais, fornecendo elementos para o entendimento da dinâmica e evolução da paisagem.

Palavras-chave: Paisagem. Bacia hidrográfica. Rio Mandaguari. Abordagem geotecnogênica.

Abstract

Technogenic deposits originate from human geological action, capable of altering the characteristics of surface processes and, with this, the forms of relief and constituent materials. The current work aimed to investigate the transformations in the landscape that occurred in the hydrographic basin of the Mandaguari river, located in the west of São Paulo state, using as an analytical focus the technogenic depositions occurring in valley bottoms. To this end, the geotechnogenic approach was chosen as an analytical tool, which assumes that geological processes and materials are subject to technogenic conditions, representative of the human geological action that transforms the earth's surface. This approach considers the use of typical Geoscience procedures for the analysis of the physical environment, in addition to the historic use and occupation of the land, necessary to understand the geotechnogenic dynamics. The procedures adopted in the study involved office activities, such as literature review and mapping; field activities, to identify technogenic depositions and sample collection; and laboratory activities, such as carrying out granulometric analysis and dating the collected samples. From the procedures performed, it was possible to characterize the sampled technogenic depositions, mostly sandy in texture, plane-parallel stratification, with or without the presence of artifacts, consisting of materials from the erosive processes on the slopes, responsible for the production of the sediments deposited on valley bottoms, resulting in the formation of technogenic deposits, later reworked by river activity, which demonstrates the discontinuous nature of erosion processes, conditioned by the different land uses implemented in the area over time. Thus, the geotechnogenic approach and procedures adopted proved to be adequate to the purposes of the work, when considering land use practices and their consequences on the dynamics of surface processes, providing elements for understanding the dynamics and evolution of the landscape.

Key-words: Landscape. Hydrographic basin. Mandaguari river. Geotechnogenic approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Mandaguari	19
Figura 2. Fluxograma contendo os procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho	21
Figura 3. Mapa com a localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Mandaguari	24
Figura 4. Procedimento para caracterização dos perfis de deposição na área de estudo	26
Figura 5. Amostras em processo de secagem antes do início da análise granulométrica	27
Figura 6. Amostra bruta sendo peneirada utilizando-se peneira de 1 mm de abertura	28
Figura 7. Almofariz e pistilo utilizados no destorroamento das amostras	28
Figura 8. Pesagem de 10 g de amostra no erlenmeyer utilizando-se a balança semi-analítica	29
Figura 9. Erlenmeyers contendo amostras com NaOH e água deionizada na mesa agitadora	30
Figura 10. Pesagem da vidraria (placa de Petri) utilizando a balança semi-analítica	30
Figura 11. Conjunto de pisseta com água deionizada, peneira de 0,053 mm, funil e proveta de 1000 ml utilizado para a separação da areia	31
Figura 12. Placa de Petri contendo areia após secagem na estufa e pesagem utilizando balança semi-analítica	32
Figura 13. Provetas contendo silte e argila antes do processo de agitação	32
Figura 14. Pipetagem da argila na proveta e transferência do conteúdo para o béquer	33
Figura 15. Diagrama de classes texturais proposto pela U.S.D.A (1951)	34
Figura 16. Coleta de amostra para datação utilizando tubo coletor de PVC	36
Figura 17. Obra “O Banho de Diana” do pintor francês François Clouet, pintada entre os anos de 1559 e 1560	39
Figura 18. Obra “As exéquias de amar” do pintor francês Toussaint Dubreuil, pintada no século XVI	40
Figura 19. Esboço de uma definição teórica de geossistema	46
Figura 20. Balanço morfogenético das vertentes	48
Figura 21. Esquema síntese sobre os meios morfodinâmicos propostos por Tricart (1977)	48
Figura 22. Desenhos esquemáticos realizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP) para ilustrar a ocupação de trecho do Maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro (RJ), ao longo do tempo	51
Figura 23. Proposta de classificação genética integrada de tipos de superfície tecnogênica	67
Figura 24. O ciclo geológico antropogênico (adaptado de Peloggia (2018))	71
Figura 25. Forma típica de ocorrência de um depósito tecnogênico entalhado por canal fluvial	75
Figura 26. Forma hipotética da curva de produção de sedimentos do Planalto Ocidental Paulista	77

Figura 27. Fases hipotéticas de formação e evolução de depósitos tecnogênicos relacionados ao uso urbano do solo no Planalto Ocidental Paulista conforme Oliveira (1995)	78
Figura 28. Vista do depósito tecnogênico de Andradina estudado em 1989	80
Figura 29. Mapa litoestratigráfico da porção oriental da Bacia Bauru	83
Figura 30. Seções-tipo das formações integrantes do Grupo Caiuá	83
Figura 31. Mapa de unidades litoestratigráficas ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Mandaguari	85
Figura 32. Carta geológica do Oeste Paulista. Adaptada por Boin (2000) do mapa geológico do estado de São Paulo (IPT, 1981)	88
Figura 33. Relações estratigráficas entre as formações cretáceas suprabasálticas nos diferentes compartimentos do Grupo Bauru no Estado de São Paulo (modificado de Paula e Silva, 2003)	90
Figura 34. Perfil de referência da Formação Adamantina	91
Figura 35. Mapa geológico da área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná com localização da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná - BHARP	92
Figura 36. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo com destaque para a localização do município de Presidente Prudente, que ocupa a porção oeste da área de estudo	94
Figura 37. Mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente (SP)	96
Figura 38. Mapa de curvatura vertical do terreno da bacia hidrográfica do rio Mandaguari	98
Figura 39. Mapa altimétrico da bacia hidrográfica do rio Mandaguari	99
Figura 40. Perfil longitudinal do rio Mandaguari com indicação dos pontos de coleta	99
Figura 41. Mapa clinográfico da bacia hidrográfica do rio Mandaguari	100
Figura 42. Mapa pedológico do estado de São Paulo revisado e ampliado (ilustração) com indicação da localização do município de Presidente Prudente, que ocupa a porção oeste da área de estudo	101
Figura 43. Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Mandaguari	102
Figura 44. Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município de Presidente Prudente (SP)	106
Figura 45. Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista, inferidos da pluviosidade média de trinta anos (1967-1996)	108
Figura 46. Efeitos do desmatamento no fluxo de um rio	112
Figura 47. Perfil esquemático da Floresta Estacional Semidecidual	113
Figura 48. Área de ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual no estado de São Paulo com indicação da localização do município de Presidente Prudente, que ocupa a porção oeste da área de estudo	114
Figura 49. Redução da vegetação nativa no estado de São Paulo desde a situação primitiva até o ano de 2000	115
Figura 50. Evolução da cobertura florestal do estado de São Paulo	117

Figura 51. Perfil geocológico traçado transversalmente ao espigão do alto curso do rio Santo Anastácio até o rio do Peixe, no sentido NNE-SSO, passando pela cidade de Presidente Prudente (SP)	118
Figura 52. Ensaio de carta agrícola da franja pioneira paulista em 1946	120
Figura 53. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 1985	122
Figura 54. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 1990	123
Figura 55. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 1995	124
Figura 56. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2000	125
Figura 57. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2005	126
Figura 58. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2010	127
Figura 59. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2015	128
Figura 60. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2017	129
Figura 61. Mapa da bacia hidrográfica do rio Mandaguari com indicação dos pontos estudados por Baumgardner Jr. nos anos de 1970, com destaque dos pontos de coleta	132
Figura 62. Vista do rio Mandaguari a partir do local de coleta no ponto RM1	133
Figura 63. Perfil do depósito no ponto RM1 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	134
Figura 64. Gráfico contendo resultados da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM1	135
Figura 65. Registro fotográfico do ponto RM1 feito por Baumgardner Jr. em 1978	136
Figura 66. Área de cultivo de cana de açúcar as margens ao rio Mandaguari no trecho do ponto RM1	137
Figura 67. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM1 nos anos de 2008 (a), 2011 (b), 2016 (c), 2017 (d) e 2019 (e)	138
Figura 68. Vista a partir do local de coleta no ponto RM2	139
Figura 69. Registro fotográfico do ponto RM2 feito por Baumgardner Jr. em 1978	140
Figura 70. Deposição marginal no rio Mandaguari registrada por Baumgardner Jr. em 1978	140
Figura 71. Banco de areia no leito do rio Mandaguari no trecho do ponto RM2	141
Figura 72. Perfil do depósito no ponto RM2 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	142
Figura 73. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM2	143
Figura 74. Fragmento de carvão encontrado na camada 5 do depósito identificado no ponto RM2	144

Figura 75. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM2 nos anos de 2003 (a), 2008 (b), 2013 (c), 2017 (d) e 2019 (e)	145
Figura 76. Vista do rio Mandaguari no ponto RM3	146
Figura 77. Focos erosivos no entorno do local de coleta no ponto RM3	147
Figura 78. Lagoa marginal sazonal próxima ao local de coleta no ponto RM3	147
Figura 79. Perfil do depósito no ponto RM3 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	148
Figura 80. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM3	149
Figura 81. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM3 nos anos de 2003 (a), 2008 (b), 2013 (c), 2016 (d) e 2019 (e)	152
Figura 82. Vista do rio Mandaguari no ponto RM4	153
Figura 83. Trecho do rio Mandaguari no ponto RM4 no qual nota-se a presença de banco arenoso indicativo de assoreamento	154
Figura 84. Registro fotográfico do ponto RM4 feito por Baumgardner Jr. em 1978	154
Figura 85. Perfil do depósito no ponto RM4 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	156
Figura 86. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM4	157
Figura 87. Fragmento de carvão encontrado na camada 3 do depósito identificado no ponto RM4	158
Figura 88. Fragmento de plástico encontrado na camada 7 do depósito identificado no ponto RM4	158
Figura 89. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM4 nos anos de 2003 (a), 2010 (b), 2014 (c), 2016 (d) e 2019 (e)	160
Figura 90. Vista do rio Mandaguari no ponto RM5	161
Figura 91. Banco de areia no trecho do rio Mandaguari no ponto RM5	162
Figura 92. Registro fotográfico do ponto RM5 feito por Baumgardner Jr. em 1978	162
Figura 93. Perfil do depósito no ponto RM5 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	164
Figura 94. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM5	165
Figura 95. Fragmento de plástico encontrado na transição entre as camadas 6 e 7 do depósito identificado no ponto RM5	166
Figura 96. Fragmento de plástico encontrado na camada 13 do depósito identificado no ponto RM5	166
Figura 97. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM5 nos anos de 2003 (a), 2010 (b), 2013 (c), 2016 (d) e 2019 (e)	167
Figura 98. Vista do rio Mandaguari no ponto RM6	168
Figura 99. Animais pastando as margens do rio Mandaguari no trecho do ponto RM6	169
Figura 100. Resíduos sólidos descartados as margens do rio Mandaguari no trecho do ponto RM6	169
Figura 101. Registro fotográfico do ponto RM6 feito por Baumgardner Jr. em 1978	170

Figura 102. Perfil do depósito no ponto RM6 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	171
Figura 103. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM6	172
Figura 104. Fragmento de cerâmica encontrado na camada 10 do depósito identificado no ponto RM6	173
Figura 105. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM6 nos anos de 2003 (a), 2011 (b), 2013 (c), 2016 (d) e 2019 (e)	174
Figura 106. Vista do rio Mandaguari no ponto RM7	175
Figura 107. Pequena queda d'água em afluente do rio Mandaguari no trecho do ponto RM7	176
Figura 108. Perfil do depósito no ponto RM7 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	177
Figura 109. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM7	178
Figura 110. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM7 nos anos de 2003 (a), 2006 (b), 2010 (c), 2014 (d) e 2019 (e)	179
Figura 111. Vista do rio Mandaguari no ponto RM8	180
Figura 112. Ocorrência de solapamento basal em talude situado na margem direita do rio Mandaguari no trecho do ponto RM8	181
Figura 113. Pequena corredeira a jusante do local de coleta no ponto RM8	182
Figura 114. Registro fotográfico do ponto RM8 feito por Baumgardner Jr. em 1978	182
Figura 115. Perfil do depósito no ponto RM8 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras	184
Figura 116. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM8	185
Figura 117. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM8 nos anos de 2003 (a), 2007 (b), 2011 (c), 2016 (d) e 2019 (e)	186
Figura 118. Gráfico contendo as médias de cada fração granulométrica identificada nos pontos de amostragem	189

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Elevação e coordenadas UTM dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Mandaguari	25
Tabela 2. Exemplos de processos tecnogênicos comparados aos naturais citados por Ter-Stepanian (1988)	54
Tabela 3. Proposta de classificação dos terrenos tecnogênicos	64
Tabela 4. Principais características dos terrenos tecnogênicos	65
Tabela 5. Proposta de classificação genética de terrenos tecnogênicos	66
Tabela 6. Classificação de terrenos tecnogênicos proposta por Peloggia et al. (2014), com colaborações de Peloggia (2015a) e Vitorino et al. (2016), revista e ampliada	68
Tabela 7. Classificação de fácies em camadas tecnogênicas, modificado de Vitorino et al. (2016), com base em Peloggia (1999) e Fanning e Fanning (1989)	69
Tabela 8. Análise comparativa entre as propostas de classificação das formações antropogênicas	70
Tabela 9. Características principais de depósitos tecnogênicos de fundo de vale, induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista	76
Tabela 10. Evolução da área ocupada (em km ²) pelas diferentes classes de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Ilustração cronológica da proposta conceitual de Ter-Stepanian (1988)	56
Quadro 2. Quadro comparativo do tempo geológico convencional e as propostas de Pavlov (1922), Ter-Stepanian (1988) e Crutzen e Stoermer (2000)	58
Quadro 3. Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos	62
Quadro 4. Registro fotográfico e classificação dos depósitos tecnogênicos amostrados na bacia hidrográfica do rio Mandaguari	193
Quadro 5. Registro fotográfico e classificação dos depósitos tecnogênicos amostrados na bacia hidrográfica do rio Mandaguari (continuação)	194

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	20
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.1 Procedimentos para a caracterização dos aspectos socioambientais da área de estudo	21
3.2 Procedimentos para a análise dos depósitos tecnogênicos identificados na área de estudo	23
3.2.1 Identificação e coleta de materiais na área de estudo	23
3.2.2 Análise granulométrica dos materiais em laboratório	27
3.2.3 Tentativa de datação dos materiais utilizando a LOE	34
3.3 Procedimentos para correlação entre alterações morfológicas e processos atuantes e elaboração do prognóstico de transformação da paisagem	37
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	38
4.1 Paisagem: da construção conceitual às paisagens tecnogênicas	38
4.2 A ação humana e as formações tecnogênicas	53
4.3 Os depósitos tecnogênicos no Planalto Ocidental Paulista	74
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	82
5.1 Geologia	82
5.1.1 Formação Vale do Rio do Peixe (K2vp)	85
5.1.2 Formação Presidente Prudente (K2pp)	86
5.2 Geomorfologia	94
5.3 Solos	101
5.4 Clima e Regime Hidrológico	108
5.5 Cobertura Vegetal	113
5.6 Uso da terra	116
6 CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS AMOSTRADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANDAGUARI	132
6.1 Ponto RM1	133
6.2 Ponto RM2	139
6.3 Ponto RM3	146
6.4 Ponto RM4	153
6.5 Ponto RM5	161
6.6 Ponto RM6	168

6.7 Ponto RM7	175
6.8 Ponto RM8	180
7 OBSERVAÇÕES GERAIS A PARTIR DAS ATIVIDADES DE CAMPO E DOS RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO	187
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	195
REFERÊNCIAS	200
APÊNDICES	209
ANEXOS	217

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da técnica, as mudanças provocadas pela sociedade no ambiente, especialmente após a industrialização, atingem a escala global, assim como as marcas da ação humana na paisagem. Tais marcas, claramente demarcadas no tempo geológico, extrapolam os limites do local e possibilitam a identificação da ação humana em escala planetária.

As ações humanas passam a ser capazes de interferir em fenômenos e processos que, em períodos anteriores, ocorreriam de modo mais lento e gradual no transcorrer do tempo geológico. Desta forma, a alteração das dinâmicas da natureza por parte da sociedade vem sofrendo contínua aceleração, iniciada a partir da primeira grande revolução agrícola, momento em que os grupos humanos sedentarizam-se, fixando-se a terra e cultivando-a para seu sustento.

Inicia-se um processo de alteração das condições naturais, a começar pela conversão de florestas em pastagens e áreas de cultivo, no intuito de facilitar a instalação dos grupos humanos e possibilitar a extração dos recursos necessários à sua sobrevivência. Com o desenvolvimento da agricultura, ocorrem mudanças nos processos de dinâmica superficial, a exemplo da erosão, que passou a ocorrer em locais onde pelas condições naturais não ocorreria, intensificando-se em outros, adquirindo novo *modus operandi*.

Conforme Oliveira (1990), a Revolução Neolítica, quando o Homem encerra sua fase coletora ao desenvolver técnicas de produção de alimentos, representa um momento de mudança, no qual a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da superfície terrestre, desencadeando processos cuja intensidade supera significativamente a dos processos naturais. O Homem passa então, na condição de novo agente geológico, a transformar a natureza, através do trabalho e da técnica, conforme seus interesses e, deste modo, tem-se a conformação de uma nova natureza (tecnificada).

Com a referida tecnificação, os estudos ambientais, desenvolvidos em âmbito nacional e internacional, passaram a se atentar ao entendimento dos processos atuais considerando a ação humana (socialmente diferenciada) e as alterações quanti-qualitativas que promove nas dinâmicas da natureza, resultando em modificações na fisionomia da paisagem que, por sua vez, acarretam em alterações em sua fisiologia, com reciprocidade.

Os produtos da ação humana sobre as dinâmicas da natureza são diversos. Dentre eles, os depósitos tecnogênicos, entendidos como depósitos geológicos resultantes da atividade humana (CHEMEKOV, 1982; TER-STEPANIAN, 1988) modificadora dos processos de dinâmica superficial por meio das diferentes formas de uso e ocupação das terras.

No Brasil, devido à crescente presença de deposições tecnogênicas em ambientes urbanos e rurais, os estudos que buscam compreendê-las, no que se refere aos materiais

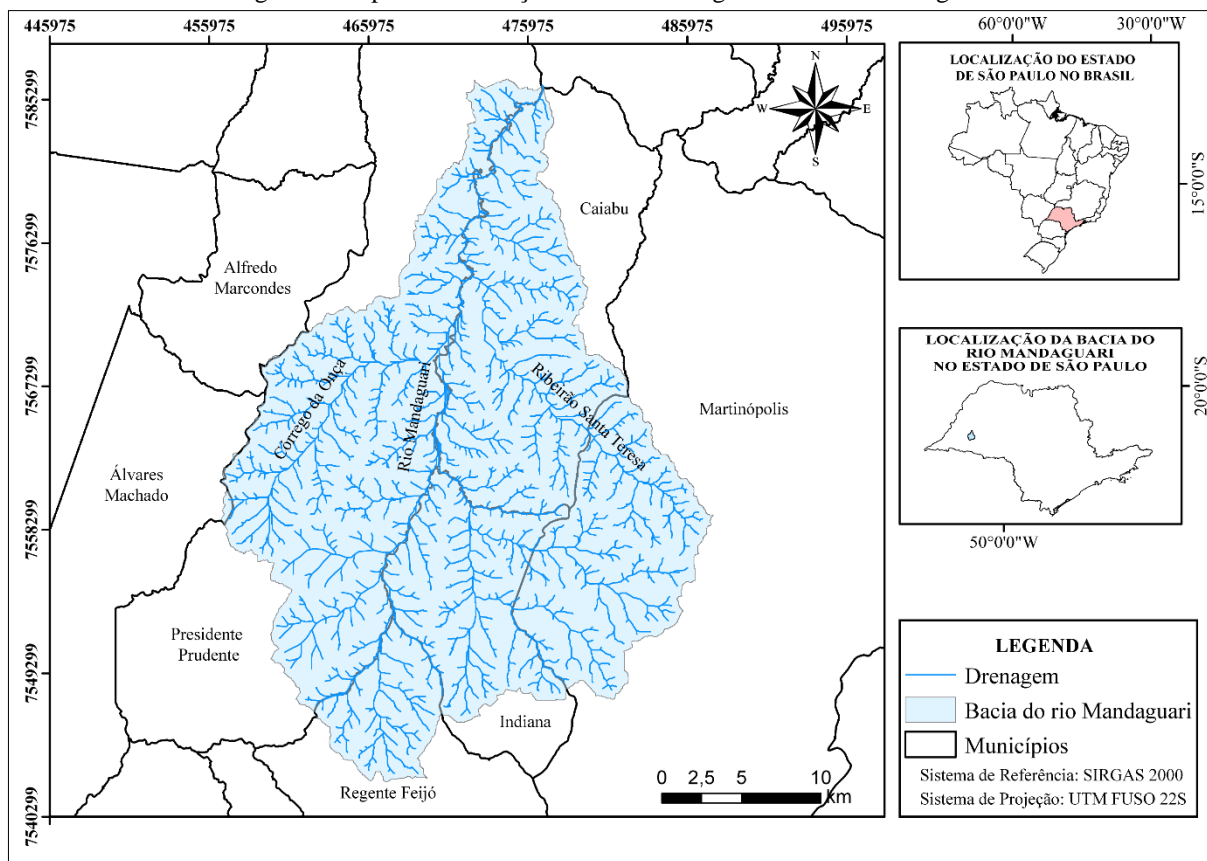
constituintes, as características físicas (estratigrafia, volume, textura, dentre outras) e aos processos geradores, têm crescido nas últimas décadas. Destacam-se, a partir da década de 1990, os trabalhos desenvolvidos por Oliveira (1994), Peloggia (1996) e Nolasco (2002) no intuito de compreender a gênese dessas formações e sua relação com as diversas intervenções humanas para a produção e transformação do espaço geográfico.

Neste contexto, Oliveira (1995) propõe a denominada abordagem geotecnogênica do meio físico, a qual pressupõe que os processos e materiais geológicos estão sujeitos aos condicionantes tecnogênicos, representativos da ação geológica humana transformadora da dinâmica dos processos superficiais. No entanto, a ação geológica humana já era considerada em clássicos da Geologia. Conforme Peloggia (2005), Charles Lyell (1797-1875), em *Principles of Geology*, faz menção as atividades humanas relacionadas à drenagem de lagos e pântanos e aos efeitos dos desmatamentos extensivos em regiões montanhosas na produção de sedimentos que vão alterar planícies e linhas costeiras.

Na perspectiva da abordagem geotecnogênica, o presente trabalho propõe-se a analisar as transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari (Figura 1), cujos limites abarcam os municípios de Regente Feijó, Indiana, Martinópolis, Caiabu e Presidente Prudente, no oeste paulista, tendo como foco analítico as deposições tecnogênicas ocorrentes nos fundos de vale, partindo-se do pressuposto de que estas são testemunhadoras da dinâmica dos processos superficiais, modificada pelos usos da terra implementados ao longo do tempo. Os diferentes usos responderam pelo incremento e a mudança qualitativa da erosão e a consequente produção de sedimentos que entulharam os fundos de vale, resultando em inúmeras deposições de caráter tecnogênico.

Em termos de perspectiva analítica, a utilização da abordagem geotecnogênica mostra-se adequada ao possibilitar o entendimento das transformações da paisagem na área de estudo mediante a análise morfoestratigráfica das deposições tecnogênicas, que permite a correlação entre as formas geradas, os materiais constituintes e os processos responsáveis por sua gênese.

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Mandaguari



Org.: do autor

A escolha da área de estudo justifica-se pelo fato de os distintos usos da terra e sua evolução espaço-temporal responderem por alterações no comportamento das águas superficiais e pelo desencadeamento de impactos ambientais, como erosão acelerada e assoreamento dos canais de drenagem, que atuaram para a gênese de depósitos tecnogênicos.

Além disso, merece destaque o fato de a área ter sido documentada por estudo anterior, elaborado por Baumgardner Jr. (1979), intitulado “*A Quantitative Geomorphic Study of the Ribeirão do Mandaguari, São Paulo, Brazil*”, no qual o autor analisa os atributos morfométricos da bacia hidrográfica do rio Mandaguari, bem como identifica processos erosivos nas áreas adjacentes, associados ao uso urbano da terra.

No entanto, inexistem para a referida bacia estudos voltados a compreender as transformações na paisagem a partir da análise das deposições tecnogênicas ocorrentes, considerando-as indicadoras da ação geológica humana transformadora da dinâmica dos processos superficiais. Assim, a realização de tais estudos pode fornecer subsídios importantes para o entendimento das dinâmicas dos processos atuais e também possibilitar a elaboração de prognósticos, com vistas ao planejamento e gestão ambiental eficientes.

2 OBJETIVOS

O presente estudo tem por objetivo central compreender as transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari a partir da análise dos depósitos tecnogênicos ocorrentes nos fundos de vale da área, considerando-os como produtos das mudanças no uso e ocupação da terra e seus desdobramentos sobre a dinâmica dos processos superficiais.

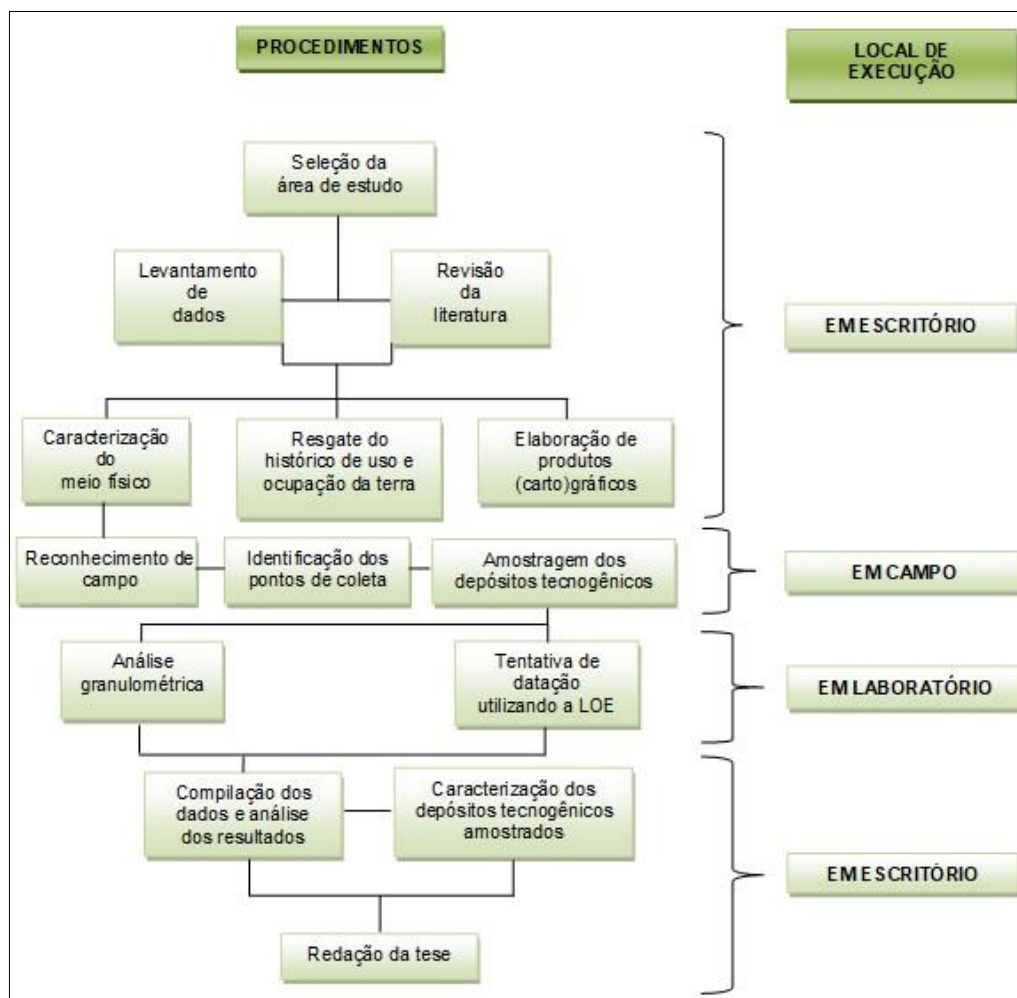
Com a finalidade de atingir o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- Reconstituir o histórico de uso e ocupação da terra na bacia, evidenciando como as transformações no uso da terra contribuíram para a modificação dos processos superficiais e a gênese dos depósitos tecnogênicos identificados na área;
- Caracterizar os depósitos tecnogênicos amostrados na área, com base nos critérios estabelecidos pela literatura existente sobre o tema;
- Correlacionar as alterações identificadas na morfologia do canal principal com os processos superficiais atuantes;
- Elaborar um prognóstico a respeito da dinâmica de transformação da paisagem com base nas tendências evolutivas dos diferentes usos da terra existentes na bacia.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento deste trabalho contemplou um conjunto de procedimentos inerentes a abordagem geotecnogênica, executados em escritório, campo e laboratório. Em escritório, foram realizadas as revisões de literatura para a construção da fundamentação teórica na qual se alicerçam as análises dos resultados obtidos em campo e laboratório, bem como a elaboração dos produtos gráficos e cartográficos que compõem o trabalho. Em campo, foram realizadas a identificação e coleta de amostras em deposições tecnogênicas ocorrentes em áreas marginais ao rio Mandaguari; e em laboratório as análises granulométricas para caracterização textural e datação do material coletado. A Figura 2, a seguir, apresenta em fluxograma os procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho, descritos subsequentemente.

Figura 2. Fluxograma contendo os procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho



Fonte: adaptado de Oliveira (2014)

3.1 Procedimentos para a caracterização dos aspectos socioambientais da área de estudo

A caracterização dos aspectos socioambientais da área de estudo contemplou o resgate dos aspectos do meio físico, tais como a geologia, os solos, a vegetação, o clima e os diferentes atributos do relevo, como declividade, altimetria e curvatura vertical do terreno; e também as transformações no uso e ocupação da terra, identificadas através de imagens de satélite, disponíveis para a área no período de 1985 a 2017¹.

O recorte da área de estudo foi feito com base no mapeamento de sub-bacias elaborado por São Paulo (2013). Já a caracterização do meio físico considerou a compilação de informações oriundas de livros, trabalhos acadêmicos, manuais técnicos e obras diversas, bem

¹ A escolha desse recorte temporal deveu-se a disponibilidade de imagens em formato digital, o que facilita a realização de mapeamentos em ambiente SIG. No entanto, vale registrar a existência de imageamento por fotografia aérea realizado no ano de 1962 em escala aprox. 1:100.000, abrangendo toda a bacia, disponível no acervo do Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto “Prof. Ailton Luchiari” (Lasere), da Universidade de São Paulo, porém em formato não digital, o que dificulta sua utilização para fins de mapeamento.

como a elaboração de produtos cartográficos representativos dos referidos aspectos, gerados utilizando-se o software ArcGis^{®2} 10.5.

Os mapas temáticos representativos dos aspectos geológicos e das classes de solos foram gerados a partir do recorte da área de estudo nos mapas geológico e pedológico do estado de São Paulo. O mapa geológico foi elaborado por Perrotta et al. (2006) e publicado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, enquanto o mapa pedológico foi revisado e ampliado por Rossi (2017) e publicado pelo Instituto Florestal, ambos em escala 1:750.000.

Os mapas de uso da terra foram gerados a partir do recorte da área de estudo dos produtos de classificação do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias), Coleção 3, que inclui dados anuais de cobertura e uso do solo para o período de 1985 a 2017. Os mapas anuais de cobertura e uso do solo do MapBiomias³ são produzidos a partir da classificação de imagens de satélites da série *Landsat*, em escala 1:250.000. Para a área de estudo, o mapeamento foi elaborado em intervalos de 5 anos, com início em 1985 e término em 2017, último ano disponível no acervo de imagens consultado.

Para a caracterização geomorfológica foram elaborados mapas temáticos representativos da curvatura vertical do terreno, altimetria e clinografia. Os dois últimos foram gerados em escala 1:250.000 utilizando-se as variáveis geomorfométricas derivadas de dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), disponibilizados pelo Centro de Distribuição de Dados da USGS (*United States Geological Survey*), constantes no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e processadas em ambiente SIG.

Já o mapa de curvatura vertical do terreno foi elaborado a partir da inserção, no ambiente SIG, dos dados do TOPODATA/INPE de curvatura vertical como Modelo Numérico do Terreno (MNT) e fatiado em classes temáticas. O “fatiamento” consiste na conversão de um Modelo Numérico em um Modelo Temático. Após sua execução, gerou-se o mapa de curvatura vertical, com as classes côncava, convexa e retilínea.

O perfil longitudinal do rio Mandaguari foi executado em ambiente SIG com base nos dados do *Google Earth*[®], conforme a proposta metodológica elaborada por Suizu e Rocha (2017)⁴.

² ArcGis é marca registrada pela Esri.

³ A metodologia completa do MapBiomias para gerar os mapas de cobertura e uso do solo está disponível para consulta em: <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso em: 10 jan. 2020.

⁴ Disponível na íntegra em: <http://www.ub.edu/geocrit/ aracne/ aracne-219.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2020.

3.2 Procedimentos para a análise dos depósitos tecnogênicos identificados na área de estudo

A análise dos depósitos tecnogênicos ocorrentes na área de estudo compreendeu as etapas de identificação das deposições, suas respectivas camadas e a coleta de material em cada camada identificada; em sequência, os materiais coletados foram submetidos à análise granulométrica em laboratório, para determinação das classes texturais; posteriormente, algumas amostras foram submetidas ao procedimento de datação a partir da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). Tais procedimentos serão detalhados a seguir.

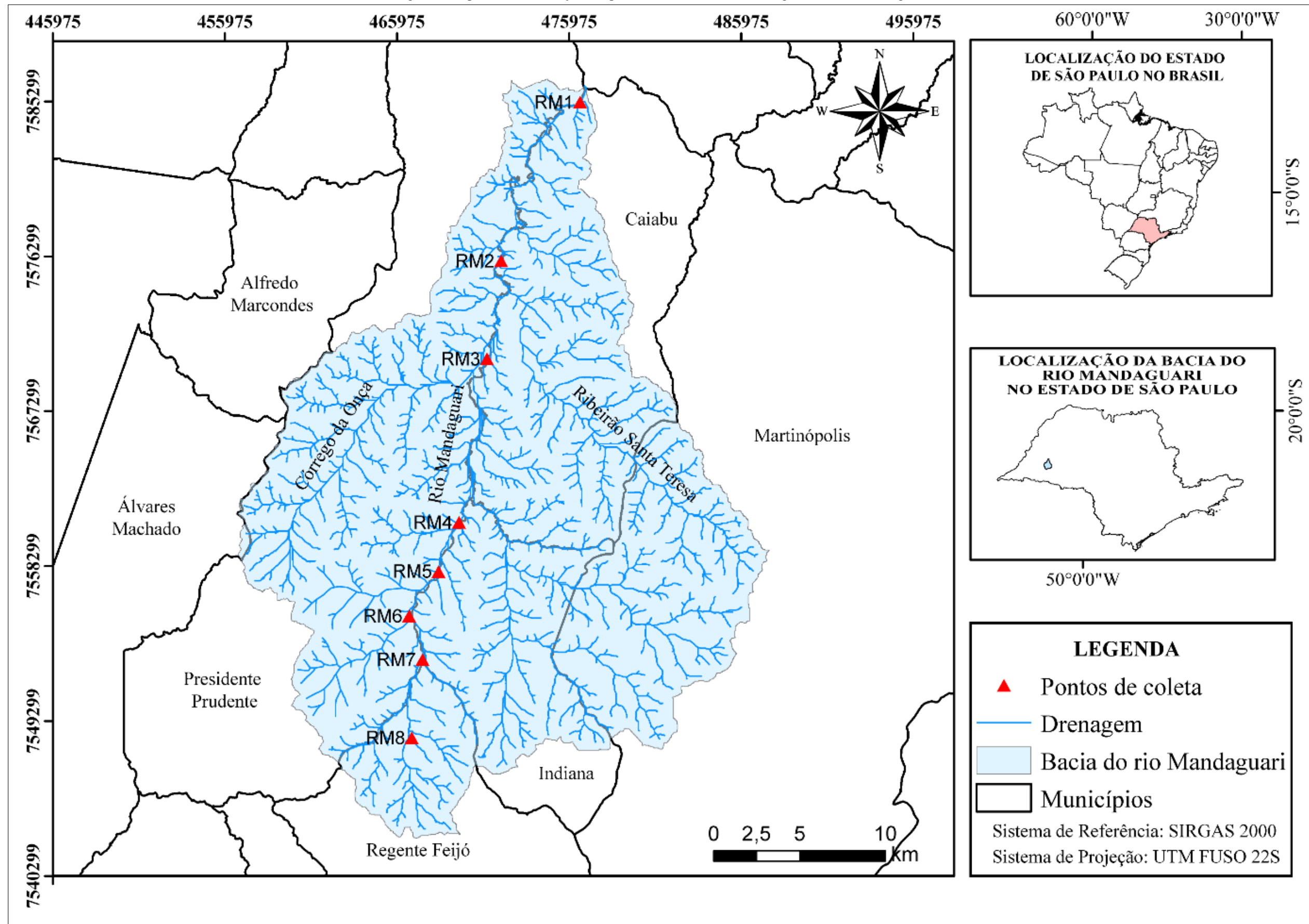
3.2.1 Identificação e coleta de materiais na área de estudo

As atividades de campo para identificação das deposições e coleta de materiais ocorreram concomitantemente a realização da revisão de literatura e a elaboração dos produtos cartográficos representativos dos aspectos ambientais da área de estudo. As primeiras atividades de campo ocorreram no intuito de identificar pontos potenciais de amostragem na bacia, tendo como referência os pontos amostrados por Baumgardner Jr. (1979), considerando a existência de registro fotográfico feito a época pelo autor para alguns trechos da área.

Posteriormente, foram eleitos 8 (oito) pontos de amostragem (Figura 3) ao longo do canal principal, considerando-se o fato dessas áreas, de planície, serem as mais sensíveis às mudanças antrópicas; a existência de registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. (1979); e a logística de acesso ao local para a realização da coleta de materiais.

Os pontos de amostragem foram nomeados seguindo a mesma nomenclatura adotada pelo pesquisador texano, o qual utilizou as iniciais RM, em referência à rio Mandaguari, sucedida pelo respectivo número do ponto de coleta, num intervalo de 1 a 8, sendo que os números crescem de jusante para montante.

Figura 3. Mapa com a localização dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Mandaguari



A Tabela 1 contém as informações referentes a elevação e as coordenadas UTM dos pontos de coleta, obtidas em campo por meio da utilização do GPS Garmin® 76CS x.

Tabela 1. Elevação e coordenadas UTM dos pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Mandaguari

Ponto de coleta	Coordenadas UTM	Elevação
RM1	0476603 7585237	302 m
RM2	0472015 7576021	320 m
RM3	0471196 7570334	322 m
RM4	0469572 7560834	338 m
RM5	0468373 7557990	349 m
RM6	0466668 7555405	354 m
RM7	0467441 7552876	364 m
RM8	0466817 7548323	387 m

Org.: do autor

Em campo, foram coletadas 108 amostras, distribuídas entre os 8 pontos de amostragem, sendo todas as coletas realizadas em taludes marginais ao rio Mandaguari, utilizando-se metodologia adaptada de Lemos e Santos (1996). Devido à friabilidade do material, de textura majoritariamente arenosa, as coletas não foram realizadas utilizando-se testemunhadores de PVC. Optou-se por identificar e coletar o material a partir do corte do talude marginal no qual encontrava-se o perfil de deposição, conforme a Figura 4.

Figura 4. Procedimento para caracterização dos perfis de deposição na área de estudo



Fonte: acervo pessoal do autor

Após a limpeza dos perfis, procedeu-se a identificação e descrição das diferentes camadas de deposição quanto a espessura e eventual presença de artefatos relacionados as atividades humanas. A identificação das camadas foi feita com base nas variações de cor e de textura tátil, este último aspecto observado por meio da coesão/friabilidade do material presente em cada camada.

Na sequência, foram realizadas as coletas de material em cada camada identificada utilizando-se pá pequena e sacos plásticos para acondicionar e transportar o material coletado. As camadas foram nomeadas com a inicial C, em referência à camada, sucedida por numeração progressiva em ordem crescente do topo em direção a base do depósito.

Também foi realizado o registro fotográfico do perfil coletado e do seu entorno, bem como a coleta de informações necessárias para a caracterização do ponto de coleta, como as coordenadas UTM e a elevação.

As amostras coletadas foram levadas para o Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da UNESP/Campus de Presidente Prudente, para serem submetidas a análise granulométrica, a fim de identificar a classe textural predominante em cada amostra. Os procedimentos realizados em laboratório constam a seguir.

3.2.2 Análise granulométrica dos materiais em laboratório

A análise granulométrica do material coletado na área de estudo foi executada seguindo a metodologia constante no Manual de Métodos de Análise de Solo elaborado pela Embrapa (1997), com adaptações, dada à inexistência de uma metodologia de análise laboratorial específica para este tipo de material (tecnogênico).

As amostras coletadas foram retiradas das embalagens plásticas e colocadas em recipientes plásticos para secagem pelo período de uma semana, antes do início da análise granulométrica (Figura 5).

Figura 5. Amostras em processo de secagem antes do início da análise granulométrica



Fonte: acervo pessoal do autor

Após a secagem, as amostras foram peneiradas utilizando peneira com abertura de 1 mm para separar os sedimentos de outros materiais eventualmente presentes nas camadas, como fragmentos de carvão, plásticos, madeira etc. (Figura 6).

Figura 6. Amostra bruta sendo peneirada utilizando-se peneira de 1 mm de abertura



Fonte: acervo pessoal do autor

Após a separação dos materiais, a amostra foi destorroada utilizando-se o almofariz de porcelana e o pistilo (Figura 7), a fim de homogeneizá-la.

Figura 7. Almofariz e pistilo utilizados no destorroamento das amostras



Fonte: acervo pessoal do autor

A etapa seguinte consistiu na pesagem de 10 g de amostra de material de cada camada, utilizando-se um erlenmeyer (Figura 8). Cabe mencionar que, para cada camada reconhecida, foram realizadas três repetições. Portanto, houve a pesagem de 10 g de material de cada camada em três erlenmeyers distintos.

Figura 8. Pesagem de 10 g de amostra no erlenmeyer utilizando-se a balança semi-analítica



Fonte: acervo pessoal do autor

Na sequência, adicionou-se 20 ml de água deionizada e 10 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) em cada erlenmeyer, utilizando-se uma pipeta volumétrica automática de 10 ml. Na sequência, os erlenmeyers foram agitados com o auxílio da mesa agitadora por um período de 6 horas, para possibilitar a desagregação das partículas (Figura 9).

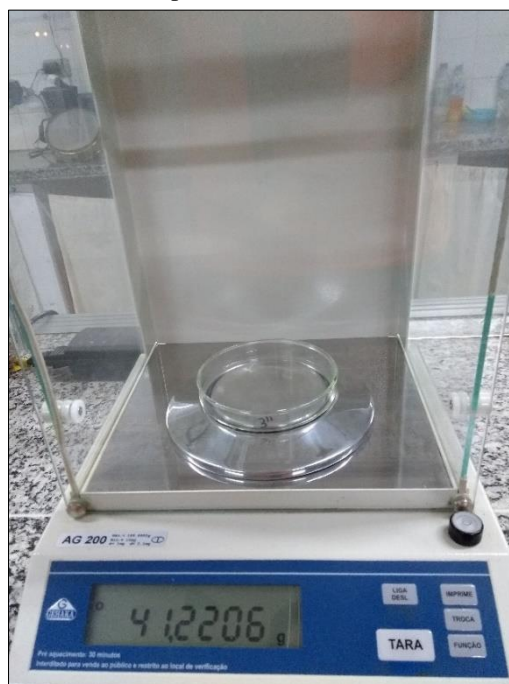
Figura 9. Erlenmeyers contendo amostras com NaOH e água deionizada na mesa agitadora



Fonte: acervo pessoal do autor

Antes da retirada dos erlenmeyers da mesa agitadora, foi realizada a pesagem das vidrarias. Cada vidraria (placas de Petri e béqueres) foi identificada com o número da amostra e da repetição, seca na estufa por uma hora a 105°C , transferida para o dessecador para resfriamento e posteriormente pesada na balança semi-analítica (Figura 10).

Figura 10. Pesagem da vidraria (placa de Petri) utilizando a balança semi-analítica



Fonte: acervo pessoal do autor

Decorridas as 6 horas, os erlenmeyers foram retirados da mesa agitadora para realização do processo de separação da areia. Para isso, utilizou-se uma peneira com abertura de 0,053 mm, encaixada a um funil. Este conjunto foi acoplado em uma proveta de 1000 ml (Figura 11). O material contido no erlenmeyer foi depositado na peneira de 0,053 mm com o auxílio de uma pisseta com água deionizada, com o cuidado de retirar todo o material contido, bem como evitar que o volume d'água ultrapasse a marca dos 1000 ml da proveta.

Figura 11. Conjunto de pisseta com água deionizada, peneira de 0,053 mm, funil e proveta de 1000 ml utilizado para a separação da areia



Fonte: acervo pessoal do autor

Com o auxílio de uma pisseta com água deionizada, a areia retida na peneira é transferida para uma placa de Petri, cujo peso inicial já é conhecido. A placa é levada para secagem em estufa, a uma temperatura de 105°C, durante 24 horas. Transcorridas as 24 horas, a placa é retirada e levada ao dessecador para resfriamento para que o vapor exalado não influencie na posterior pesagem. Após o resfriamento, a placa é pesada para determinar o peso total da fração areia em cada amostra (Figura 12).

Figura 12. Placa de Petri contendo areia após secagem na estufa e pesagem utilizando balança semi-analítica



Fonte: acervo pessoal do autor

A solução contendo silte e argila presente nas provetas tem sua temperatura aferida para iniciar o processo de separação da argila (Figura 13). De acordo com a temperatura medida é estabelecido o tempo entre a agitação da primeira proveta e a coleta da argila. Cada proveta foi agitada com o auxílio de um bastão metálico durante 30 segundos, com um intervalo de 1 minuto entre o início da agitação de uma proveta e outra. O tempo de espera é contabilizado após a agitação da primeira proveta.

Figura 13. Provetas contendo silte e argila antes do processo de agitação



Fonte: acervo pessoal do autor

Ao término do tempo estipulado em função da temperatura, iniciou-se a pipetagem da argila, com o auxílio de uma pipeta automática de 5 ml, inserida a uma profundidade de 5 cm na proveta. Os 5 ml de solução, contendo argila, foram transferidos para um béquer de 40 ml, ao qual foi adicionado mais 5 ml de água deionizada (Figura 14).

Figura 14. Pipetagem da argila na proveta e transferência do conteúdo para o béquer



Fonte: acervo pessoal do autor

Após o término da pipetagem, os béqueres foram levados para a estufa para secagem e, após o resfriamento no dessecador, foram pesados para a obtenção dos valores de argila presentes na amostra.

Concluídos estes procedimentos, os percentuais de areia, silte e argila presentes em cada amostra analisada foram obtidos através os seguintes cálculos:

Porcentagem de areia:

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

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

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

Porcentagem de argila:

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

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

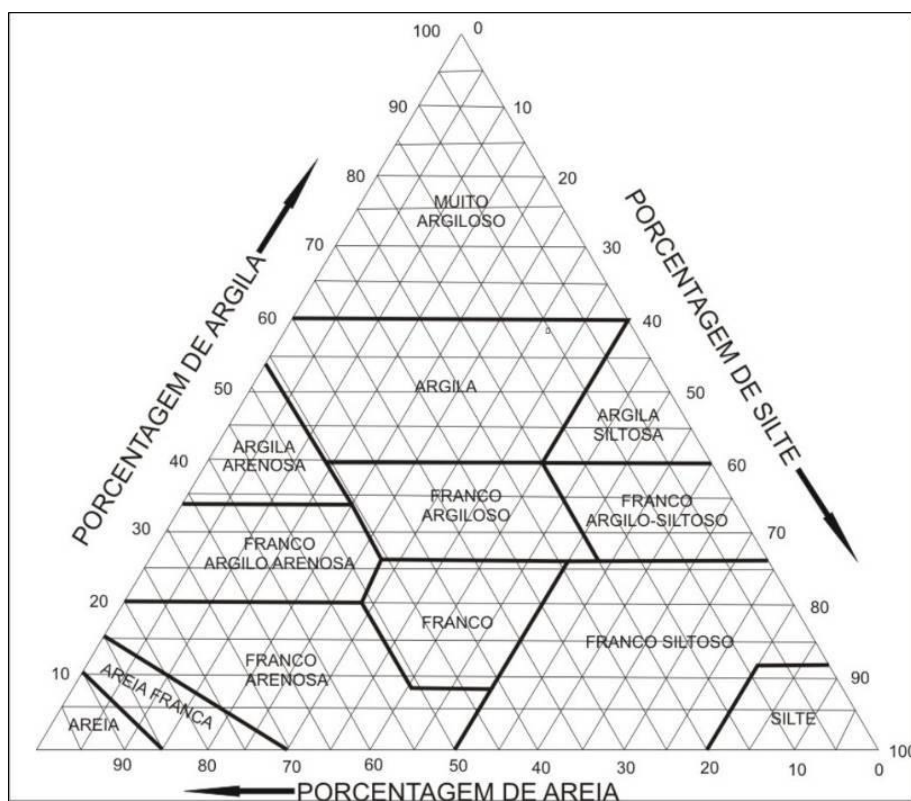
* subtrai-se 0,002 obtendo-se, dessa forma, o peso dispersante.

Porcentagem de silte:

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

Com a média das porcentagens das três repetições, os valores são transpostos para o Diagrama de Classes Texturais proposto pelo *United States Department of Agriculture* (U.S.D.A.), presente em Lemos e Santos (1996) (Figura 15). Desta forma, foi possível o reconhecimento das texturas de cada amostra coletada na área de estudo.

Figura 15. Diagrama de classes texturais proposto pela U.S.D.A (1951)



Fonte: Lemos e Santos (1996)

Os resultados obtidos com a realização da análise granulométrica foram transpostos para $g.Kg^{-1}$, conforme recomendação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), e constam no item 6, referente a caracterização dos depósitos tecnogênicos amostrados na área de estudo, em gráficos inseridos ao longo do texto. Já as classes texturais obtidas em cada camada analisada constam em tabelas nos apêndices do trabalho.

3.2.3 Tentativa de datação dos materiais utilizando a LOE

Posteriormente à análise granulométrica dos materiais coletados, procedeu-se a tentativa de datação de algumas amostras por meio da Luminescência Opticamente Estimada (LOE ou *OSL*, em inglês), método que permite determinar quando o mineral foi exposto a luz solar pela última vez, ou seja, determina quanto tempo o mineral permaneceu soterrado, estabelecendo uma idade numérica para um depósito sedimentar (SALLUN et al., 2007).

As vantagens do método da LOE sobre os demais procedimentos de datação de sedimentos recentes, como o C^{14} , por exemplo, advêm do fato de este explorar uma propriedade física – a luminescência – inerente aos sólidos cristalinos (minerais) encontrados no próprio depósito, prioritariamente o quartzo e os feldspatos. Assim sendo, a LOE se converte em método de datação absoluta de eventos deposicionais (CORRÊA; ESPÍNDOLA; MENDES, 2002, p. 46).

Sawakuchi et al. (2016, p. 209) complementam que

O desenvolvimento da datação de sedimentos por luminescência opticamente estimulada (optically stimulated luminescence, OSL) proporcionou considerável avanço na geocronologia do Quaternário. A datação por OSL constitui técnica bem estabelecida para determinar idades de deposição de sedimentos com algumas dezenas de anos até poucas centenas de milhares de anos. Estudos recentes demonstraram que os sedimentos Quaternários do Brasil são dominados por grãos de quartzo com elevada sensibilidade de luminescência, o que permite a obtenção de idades de soterramento precisas e confiáveis.

A luminescência é o fenômeno de emissão de luz por certos materiais que foram previamente expostos à radiação ionizante e posteriormente submetidos a um agente excitante. No caso da LOE, o agente excitante é a luz. Conforme Guedes et al. (2011, p. 805-806),

[...] a intensidade da emissão de luz é em geral proporcional à quantidade ou dose absorvida de radiação ionizante a que o material foi previamente exposto. Os sedimentos, quando transportados, sofrem fotoesvaziamento pela luz solar, sobrando somente o nível de LOE residual. Uma vez soterrado, o sedimento fica protegido da exposição ao Sol e a energia da radiação ionizante ambiental começa a acumular-se nos minerais. Desta maneira, a idade de sedimentação pode ser determinada dividindo-se a dose acumulada desde o soterramento do sedimento pela dose anual (taxa de dose) de radiação natural. [...] A taxa de dose de radiação natural é resultado da soma da radiação ionizante originada principalmente pelo decaimento radioativo dos elementos ^{232}Th , ^{238}U e ^{40}K presentes nos minerais com a radiação cósmica no local da amostra. [...] A dose acumulada pode ser medida tanto por TL quanto por LOE. A LOE tem sido preferida para estimativa de dose acumulada para datação pela sua maior semelhança com os processos naturais (fotoesvaziamento por exposição solar) e maior rapidez da aquisição e análise de dados.

As estimativas de dose acumulada para datação de sedimentos utilizando a LOE são frequentemente realizadas por meio do protocolo SAR⁵ (do inglês, *single aliquot regenerative-dose*), elaborado por Murray e Wintle (2000) e revisto por Wintle e Murray (2006).

No Brasil, a utilização do referido protocolo tem sido observada, por exemplo, em estudos que se valem da LOE para datar sedimentos em planície de cordões litorâneos arenosos de margem lagunar, como o desenvolvido por Bitencourt et al. (2017) na porção norte do litoral do Rio Grande do Sul. O mesmo protocolo foi utilizado por Rocha et al. (2019) para a

⁵ A descrição pormenorizada do protocolo SAR pode ser encontrada em Wintle e Murray (2006).

reconstrução paleogeográfica de planícies costeiras durante o Quaternário, a partir da datação de cristas de praia no delta do rio Paraíba do Sul, na região do Norte Fluminense.

Em ambientais fluviais, conforme Sawakuchi et al. (2016), estudos utilizando a LOE e o protocolo SAR foram realizados para datar sedimentos presentes em megaleques fluviais do Pantanal; terraços dos rios Parnaíba e Canindé, no nordeste brasileiro; e sedimentos fluviais carbonatados (tufas) da Serra da Bodoquena (MS) e Vale do Ribeira (SP). Também merece destaque o trabalho desenvolvido por Silva (2011) no médio vale do rio Paraíba do Sul, objetivando a datação de depósitos coluviais e alúvio-coluviais ocorrentes na localidade.

Todavia, não foram identificados estudos dedicados a datação de depósitos tecnogênicos a partir da aplicação da LOE. Por isso, esse estudo se propôs a executar o procedimento de datação na área de estudo no intuito de corroborar, a partir do estabelecimento da idade deposicional dos materiais amostrados, as hipóteses sobre as fases de deposição dos mesmos, atrelando-as às mudanças no uso da terra na bacia, que por sua vez alteram o comportamento hidrodinâmico das águas superficiais e os processos atuantes nas vertentes e fundos de vale.

O procedimento foi executado por laboratório especializado, denominado Datação, Comércio e Prestação de Serviços Ltda, com sede na cidade Mogi Mirim (SP). Os sedimentos para datação foram coletados em talude marginal ao rio Mandaguari no ponto RM3, situado na transição do médio para o baixo curso, em duas profundidades distintas.

Conforme orientação do laboratório, utilizou-se tubo de PVC de cor escura, para evitar a entrada de luz solar, com diâmetro de 5 cm e comprimento de 30 a 40 cm. O tubo foi inserido horizontalmente em talude marginal com auxílio de martelo de borracha para impulsionar a inserção e garantir que o tubo fosse completamente enterrado (Figura 16).

Figura 16. Coleta de amostra para datação utilizando tubo coletor de PVC



Fonte: acervo pessoal do autor

Após o tubo estar completamente preenchido com material, a ponta exposta foi fechada com tampa de PVC, de forma que não houvesse mais exposição à luz. O tubo foi retirado do talude, sendo a outra extremidade também fechada com tampa de PVC, e fez-se a indicação de direção de inserção do mesmo no talude. Depois, o tubo foi armazenado em saco plástico preto e encaminhado ao laboratório, acompanhado de formulário com as coordenadas do ponto de coleta e a profundidade na qual o material foi coletado.

Os procedimentos de preparação das amostras e execução do procedimento constam em documento elaborado pelo laboratório responsável, presente nos anexos. Já os resultados do procedimento e as respectivas discussões constam no subitem 6.3.

3.3 Procedimentos para correlação entre alterações morfológicas e processos atuantes e elaboração do prognóstico de transformação da paisagem

Após a caracterização granulométrica e a tentativa de datação das amostras coletadas nos pontos de amostragem, buscou-se identificar alterações na morfologia do canal fluvial. Para tanto, elaborou-se para cada ponto amostrado uma sequência de imagens extraídas do *Google Earth*[®] contemplando o entorno dos locais de coleta em diferentes anos das décadas de 2000 e 2010, de acordo com a disponibilidade e representatividade das imagens.

Com base nesse levantamento, foram identificadas mudanças na morfologia fluvial, a exemplo das tentativas de abertura de novos canais de escoamento, da ampliação da sinuosidade em decorrência da erosão de taludes marginais e da existência de meandros ativos e abandonados. Em sequência, buscou-se estabelecer correlações entre as alterações observadas e os processos atuantes, descritas no item 6 em conjunto com os resultados das análises laboratoriais realizadas nos materiais coletados.

Já o prognóstico referente a dinâmica de transformação da paisagem foi elaborado a partir da evolução espaço-temporal dos diferentes usos e coberturas da terra, identificada nos mapeamentos temáticos elaborados para a área de estudo. Com base nesses mapeamentos, buscou-se identificar uma tendência evolutiva para os usos da terra na bacia. Nessa análise, ponderou-se que a expansão de certos usos pode contribuir ou não para a atenuação dos processos erosivos, a depender da adoção de práticas conservacionistas. Com a erosão atenuada nas vertentes, reduz-se a entrada de materiais nos fundos de vale, o que favorece o trabalho erosivo da drenagem sobre os depósitos originados em períodos anteriores.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Paisagem: da construção conceitual às paisagens tecnogênicas

O conceito de paisagem é resultado de uma construção histórica e gradual, iniciada a partir das observações realizadas por artistas, poetas e pintores desde a Antiguidade. No mundo ocidental, especialmente a partir da escola alemã, iniciam-se análises mais sistematizadas da paisagem, entendendo-a como o produto das interações entre elementos naturais e sociais.

A noção de paisagem é anterior à elaboração do conceito, de caráter polissêmico, fruto de uma representação social e filosófica. Enquanto representação, a paisagem é carregada de simbolismos, resultantes da ação dos sujeitos sobre o território, historicamente determinado, atribuindo-lhe, portanto, uma função social. É através do conceito de paisagem que a sociedade transforma culturalmente a natureza, agregando forma e conteúdo ao território, através da técnica (VITTE, 2007a).

Ressalta-se que as condições ambientais tiveram significativa influência na relação estabelecida entre os diferentes grupos sociais e a superfície terrestre, resultando em noções de paisagem fundamentadas por aspectos políticos, filosóficos, estéticos, religiosos e científicos.

A diversidade de noções acerca da paisagem explica-se a partir da análise conjuntural da relação sociedade-natureza. Ao longo do tempo, diferentes civilizações configuraram sua organização socioespacial a partir das condições naturais, adaptando suas edificações às características do relevo, ao regime climático, aos solos e à cobertura vegetal. Os povos da Mesopotâmia são um exemplo eloquente. Suas terras situavam-se nas planícies dos rios Tigre e Eufrates, permitindo-lhes o aproveitamento da cheia dos rios para a irrigação das terras e a construção de oásis no interior de suas cidades, cercadas por muros destinados a protegê-los de ameaças externas e de forças naturais, ainda pouco conhecidas (MAXIMIANO, 2004).

Nota-se que a percepção da paisagem pelas antigas civilizações ancorava-se em uma perspectiva de “precaução”, mediante o conhecimento limitado acerca do contexto ambiental regional, selecionando os elementos necessários para a construção da paisagem e deslocando-os para o sítio onde houvesse maior segurança física. Na atualidade, a seleção dos elementos constitutivos da paisagem, segue a lógica dos valores econômicos, representativos da segurança moderna.

Em praticamente todas as civilizações o conceito mais elaborado de paisagem tanto nas artes como na aplicação em jardins, foi, até quase o século XX, um assunto para poucos. [...] No Ocidente, o primeiro termo para designar a paisagem foi a palavra alemã *landschaft*. Este termo existe desde a Idade Média, para designar uma região de dimensões médias, em cujo território desenvolviam-se pequenas unidades de

ocupação humana. Com o “século das luzes”, o termo assimilou também um senso semântico, com a noção de quadro, arte e/ou natureza (MAXIMIANO, 2004, p. 85).

O Renascimento, especialmente na França, fez surgir o termo *paysage*, com uma conotação notadamente espacial, semelhante à alemã (*landschaft*), utilizada para a delimitação de uma dada porção do espaço e seus arredores. Concomitantemente, o termo *paysage* associou-se à estética, contemplando os aspectos naturais e a representação da paisagem, iniciada pela pintura. A arte francesa utilizava-se da simetria para tornar a natureza “civilizada” em suas telas, a exemplo da “arte dos jardins”, expressa nas obras de pintores como François Clouet (Figura 17) e Toussaint Dubreuil (Figura 18).

Figura 17. Obra “O Banho de Diana” do pintor francês François Clouet, pintada entre os anos de 1559 e 1560



Fonte: <http://warburg.chaa-unicamp.com.br/artistas/view/1440>. Acesso em: 17 jul. 2019

Figura 18. Obra “As exéquias de amar” do pintor francês Toussaint Dubreuil, pintada no século XVI



Fonte: <https://pt.wahooart.com/@/9CW366-as-ex%C3%A9quias-dos-amar>. Acesso em: 17 jul. 2019

A Europa foi pioneira na representação gráfica da paisagem, posteriormente denominada como “paisagismo”, influenciando significativamente na construção da concepção de paisagem no mundo ocidental, aliado a outras influências advindas do Oriente Médio, do Mediterrâneo e do Extremo Oriente. É atribuído ao ensaísta francês Michel de Montaigne (1533-1592) as primeiras observações e representações da paisagem através de manuscritos, nos quais o escritor relata viagem à Itália no século XVII.

Em período análogo, o pintor alemão Albrecht Dürer (1471-1528) representa em aquarela os Alpes italianos. Em ambos, nota-se evidente separação da sociedade em relação à natureza, até então considerada como algo rústico e selvagem.

No contexto da representação da paisagem, é com Jan van Eyck (1390-1441), considerado o inventor da pintura a óleo, que o espaço passará a ocupar posição central nos objetivos do artista, por meio da *perspectiva atmosférica*, demonstrando a profundidade do espaço e a conseqüente amplidão da cena. [...] Para da Vinci, a paisagem era um *hieróglifo* e expressava uma conexão entre os elementos do mundo, que apresentava uma ordem que estava além da imperfeição (VITTE, 2007b, p. 73).

A pintura holandesa, por sua vez, buscou a combinação da linearidade com as cores e a luz, desenvolvendo a noção de profundidade em suas obras. Os italianos, adeptos aos ideais neoplatônicos, acreditavam que o pintor representava um ponto de vista pré-existente, servindo

como medida para a representação do mundo. Assim, o corpo masculino assume papel de proporção e escala para a representação dos demais objetos. Os holandeses, influenciados pelas descobertas no campo da óptica, abandonam o corpo como referência e colocam o pintor como pertencente à realidade observada. Atribui-se, neste período, grande valor ao desenho nos campos da História Natural, na Geografia e na Cartografia, ancorados na convicção de que ver, pintar e desenhar eram maneiras de conhecer a realidade (ÉVORA, 1994).

Em meados do século XVIII tem início o movimento artístico-literário e filosófico conhecido como Romantismo. O movimento surgiu como reação ao racionalismo preconizado pelos ideais do Iluminismo francês no século XVII, os quais defendiam a elevação do pensamento racional em detrimento às crenças religiosas e ao misticismo. A época romântica foi, assim, uma tentativa de reestabelecer as emoções, as aventuras da alma, os sonhos e o desejo de transcendência, em consonância ao racionalismo cartesiano dominante na Idade Moderna.

O espírito romântico volta suas atenções para o indivíduo, retratando os dramas humanos, sua subjetividade e utopias, intensificando-se a partir de três grandes fatos históricos: a Revolução Francesa, a Revolução Industrial e a Era da Restauração. Destacam-se, neste período, autores como Herder, Goethe, Schelling, Schiller, Fichte e Schopenhauer.

A estética romântica, através do princípio da contemplação, procurou romper com a dualidade sujeito-objeto, defendendo a percepção e a observação como meios essenciais para o conhecimento da natureza. Para os românticos, a observação, também denominada de experimentação, possuía um caráter místico, constituindo-se como caminho único para se atingir o conhecimento. A observação, por sua vez, conduziria à reflexão, o estágio final do processo de conhecimento, momento em que sujeito e objeto fundem-se no Eu Absoluto (BENJAMIN, 2002).

O princípio da contemplação foi desenvolvido por Kant, segundo a assertiva que o prazer deveria ser desinteressado, apenas uma mera imagem do objeto sem qualquer interesse material [...] A partir do princípio da contemplação a natureza passou a ser tratada como um objeto, possuidora de uma linguagem. Para Kant, a beleza, o sublime, estava na natureza e não na obra de arte, que é apenas uma representação [...] (SILVEIRA; VITTE, 2009, p. 14).

Nesta perspectiva, as paisagens representariam a conexão entre a natureza e a cultura, resultando em formas distintas, responsáveis por atribuir-lhe identidade. A cultura romântica proporcionou o avanço do “eu” sobre o mundo, inclusive no tocante à relação do mesmo com a natureza, a partir da qual surgiu o que hoje denominamos como “paisagem”. A concepção desta foi modificada em consonância aos aspectos econômicos, sociais, tecnológicos e culturais. Segundo Barbosa (2011), a paisagem enquanto intermediária do “eu” com o mundo

romântico foi forjada categoricamente no sentimentalismo, portanto, vê o mundo com a perspectiva e a expectativa de emocionar positivamente através do que é significativamente perfeito e belo.

O romantismo buscou a idealização do mundo, portanto, relacionava-se ao “eu” e, assim, a subjetivação do mundo ocorria a partir do percebido, observado e apropriado pelos indivíduos. Neste sentido, o olhar do indivíduo no e para o mundo foi agenciado coletivamente, isto é, nunca de modo singular e único, pois os indivíduos são seres dialéticos, que entendem o mundo a partir de uma estrutura coletiva, sendo tais entendimentos de mundo “pré-programados” culturalmente, socialmente, economicamente, politicamente, esteticamente (GUATTARI, 2006).

Assim, o romantismo proporcionou um novo olhar sobre o mundo, ao mesmo tempo em que o mundo proporcionava as condições necessárias para o avanço das ideias românticas e, para que tais ideias avançassem, foram necessários pensadores que organizaram o mundo por meio das ideias (BARBOSA; NUNES, 2008).

As ideias de Immanuel Kant (1724-1804) merecem destaque neste período. Precursor da estética e da moral, o filósofo foi responsável pelo fortalecimento do idealismo alemão no século XVIII, especialmente a partir de seus estudos sobre o conhecimento, investigando seus limites, possibilidades e aplicações, compilados em sua obra “A Crítica da Razão Pura”, publicada em 1781. Em Kant, o sujeito assumia condição prioritária em relação ao mundo, interpretando-o de acordo com seus conhecimentos e experiências.

A partir destes pressupostos, Kant resgata na filosofia aristotélica a expressão “*a priori*”, utilizada para fazer referência ao conhecimento inerente ao sujeito, independentemente da experiência. O sujeito é o resultado das relações (empíricas e subjetivas) que estabelece com o mundo, regulável pela moral e pela estética, conforme preconizado em “A Crítica da Faculdade do Juízo”, publicado em 1790.

A preocupação kantiana quanto ao juízo estético e sua concepção de mundo atrelaram-se aos pensadores do romantismo alemão, e posteriormente francês, tornando possível a elaboração do conceito de paisagem enquanto experiência moral e estética e permitindo à Geografia fundamentar-se categoricamente neste. É atribuído a Kant, por meio do criticismo, a inserção das questões empíricas na Geografia, ressignificando a relação entre o geógrafo e o objeto, de modo que o objeto não se limitaria àquilo observado e descrito, mas estaria sujeito às impressões do observador. A partir de então, entende-se o espaço sob a ótica da paisagem, utilizando-se dos sentidos e da razão para a compreensão do mundo.

Os princípios da filosofia kantiana influenciaram significativamente a elaboração do conceito de paisagem pela escola alemã. No século XIX, o geógrafo e naturalista Alexander Von Humboldt (1769-1859) fez referência à paisagem em seus estudos, demonstrando interesse na observação dos aspectos fisionômicos da vegetação, do clima e sua influência sobre os seres vivos. Humboldt acreditava que a natureza manifestava-se diferenciada na superfície terrestre em função do arranjo entre seus elementos, partindo da observação para caracterizar o espaço e das diferenças da paisagem para aplicar o método explicativo e comparativo, em simultaneidade.

A partir do século XIX, o termo *paisagem* é profundamente utilizado em Geografia e, em geral, se concebe como o conjunto de “formas” que caracterizam um setor determinado da superfície terrestre. A partir dessa concepção que considera puramente as formas, o que se distingue é a heterogeneidade da homogeneidade, de modo que se podem analisar elementos em função de sua forma e magnitude e assim obter uma classificação de paisagens: morfológicas, vegetais, agrárias etc. Esse conceito de paisagem foi introduzido em Geografia por A. Hommeyerem mediante a forma alemã *Landschaft*, entendendo exatamente por esse termo o conjunto de elementos observáveis desde um ponto alto (PASSOS, 2006, p. 40).

A escola alemã, representada pelas figuras de Humboldt, Ritter e Ratzel, contribuiu significativamente para o desenvolvimento científico do conceito de paisagem. As primeiras abordagens científicas sobre a paisagem na Geografia possuem forte influência naturalista, conforme se pode verificar em Humboldt. Ratzel, por sua vez, influenciou o conhecimento das paisagens através de suas análises sobre as relações causais existentes na natureza. A nova ciência das paisagens, denominada *Landschaftkunde*, ancora-se sobre uma óptica territorial, como expressão das estruturas naturais organizadas pelo conjunto de leis cientificamente observáveis.

Na virada do século, seguem-se as análises da paisagem com foco na identificação das estruturas da natureza e a relação entre seus elementos. Neste período, o edafólogo russo V. V. Dokouchaev (1848-1903) definiu o Complexo Territorial Natural⁶ a partir dos ideais holísticos da filosofia da natureza e da necessidade de aproveitamento dos recursos naturais do território russo.

A Ciência da Paisagem russa (*Landschaftovedenie*), antes denominada Geografia Física Complexa, teve forte influência da escola geográfica germânica. É sob tal influência que Dokouchaev elabora sua teoria sobre os solos e o conceito de “esfera físico-geográfica”,

⁶ Rougerie e Beroutchatchvili (1991) definem o Complexo Territorial Natural como um complexo espacial formado pela interação de componentes bióticos e abióticos, constituindo a expressão da vida dos sistemas que regem este complexo.

atentando-se para os elementos interagentes e dinâmicos da paisagem, fundando assim as bases para o desenvolvimento do conceito de geossistema.

A relação entre os elementos naturais será objeto constante na análise da paisagem pelas diferentes escolas do pensamento geográfico. Neste contexto, surgiram outras abordagens, especialmente na Alemanha e no Leste Europeu, seguindo os parâmetros utilizados por Humboldt. Destacam-se neste período as ideias do biogeógrafo alemão Carl Troll (1899-1975), principal expoente da Ciência da Paisagem naquele país. Troll incorporou o conceito de paisagem à abordagem ecológica, definindo o termo “Ecologia da Paisagem”, posteriormente denominado de “Geoecologia”. Seu objetivo era conciliar a dimensão espacial (horizontal) da abordagem geográfica com a dimensão funcional (vertical) da abordagem ecológica.

Em meados do século XX,

Com uma proposta conceitual voltada para o estudo da paisagem, dando ênfase aos problemas de ordenação ambiental do espaço, Carl Troll (1950), no artigo "A paisagem geográfica e sua investigação", [...] caracterizou a paisagem como o local onde se expressam todos os fenômenos observáveis da superfície terrestre, sendo o espaço a sua unidade. A paisagem é concebida como uma unidade orgânica, que deve ser estudada no seu ritmo temporal e espacial (NUNES, 2002, p. 34-35).

Assim, Troll elabora suas reflexões sobre a paisagem natural (*Naturlandschaft*) e a paisagem cultural (*Kulturlandschaft*), incorporando o conceito de sistema aos estudos da paisagem, considerada como um sistema aberto (PASSOS, 2006).

Ainda no âmbito da “Ecologia da Paisagem” surge o conceito de “georelevo”, elaborado pelo geógrafo alemão Siegfried Passarge (1866-1958). O georelevo, definido segundo os princípios de totalidade e harmonia natural, seria responsável pela definição de uma estrutura territorial dotada de um potencial biológico e de ocupação.

Em suas obras, com destaque para *Pysiologische Morphologie*, publicada em 1912, Passarge tem como eixo estruturador a fisiologia da paisagem, compreendendo os processos genéticos das paisagens naturais, associado a um instrumental cartográfico. Analisa a gênese das feições de relevo associada à dinâmica climática e à vegetação, entendendo os elementos climáticos como responsáveis pela destruição das formas e a vegetação por sua conservação.

A definição da paisagem geográfica ocorreu neste momento, sendo compreendida como resultante da interação entre o georelevo e as paisagens naturais, em associação com a ação humana na superfície (paisagens culturais). Inicialmente, pretendia-se o desenvolvimento de um conceito integrador e transdisciplinar, no qual a paisagem seria o produto da conexão entre as várias esferas (atmosfera-hidrosfera-litosfera-biosfera) e não apenas a sobreposição das esferas naturais e culturais. Assim, o geógrafo alemão Otto Schlüter (1872-1959) lança o termo

naturlandschaft-kulturlandschaft, com a intenção de que a descrição fisionômica da paisagem associasse elementos da natureza e da cultura.

A incorporação da abordagem sistêmica iniciada em Carl Troll expande-se na Ciência da Paisagem, especialmente entre os anos de 1930 e 1960, através dos estudos elaborados por A. A. Grigoriev, L. S. Berg, N. A. Solncev e A. G. Isachenko, no âmbito da Geofísica da Paisagem. Neste período, particularmente nos anos de 1950/60, podemos destacar a consolidação doutrinal da escola russa (*Landschaftovedenie*) e a transição da abordagem territorial característica dos complexos naturais (territoriais) para a abordagem sistêmica, típica das ciências contemporâneas.

Em 1963, Viktor Borisovich Sotchava (1905-1978), fundador da Escola Siberiana de Geografia, lança o termo e a noção de “geossistema”, idealizada a partir das teorias da paisagem de Berg, Humboldt e Dokouchaev, à luz da Teoria Geral dos Sistemas, formulada originalmente pelo biólogo austríaco Ludwing Von Bertalanffy (1901-1972) nos anos de 1950.

A teoria de Bertalanffy pressupunha uma episteme complexa que buscava, essencialmente, uma linguagem científica universal que englobasse todos os campos do conhecimento. Nela, os sistemas podem ser definidos como o conjunto de elementos com variáveis e características diversas, que mantêm relações entre si e entre o meio ambiente, podendo-se analisar este sistema sob a ótica de sua estrutura, comportamento, trocas de energia, limites, ambientes ou parâmetros (GREGORY, 1992).

Na Geografia, a inserção de teoria sistêmica ocorreu de modo significativo na Geografia Física, tendo em vista sua abordagem eminentemente positivista e sua natureza preferencialmente indutiva, através da elaboração de proposta de modelos conceituais, morfológicos e de classificação dos sistemas, incluindo-se os sistemas naturais (RODRIGUES, 2001).

Nas palavras de Sotchava:

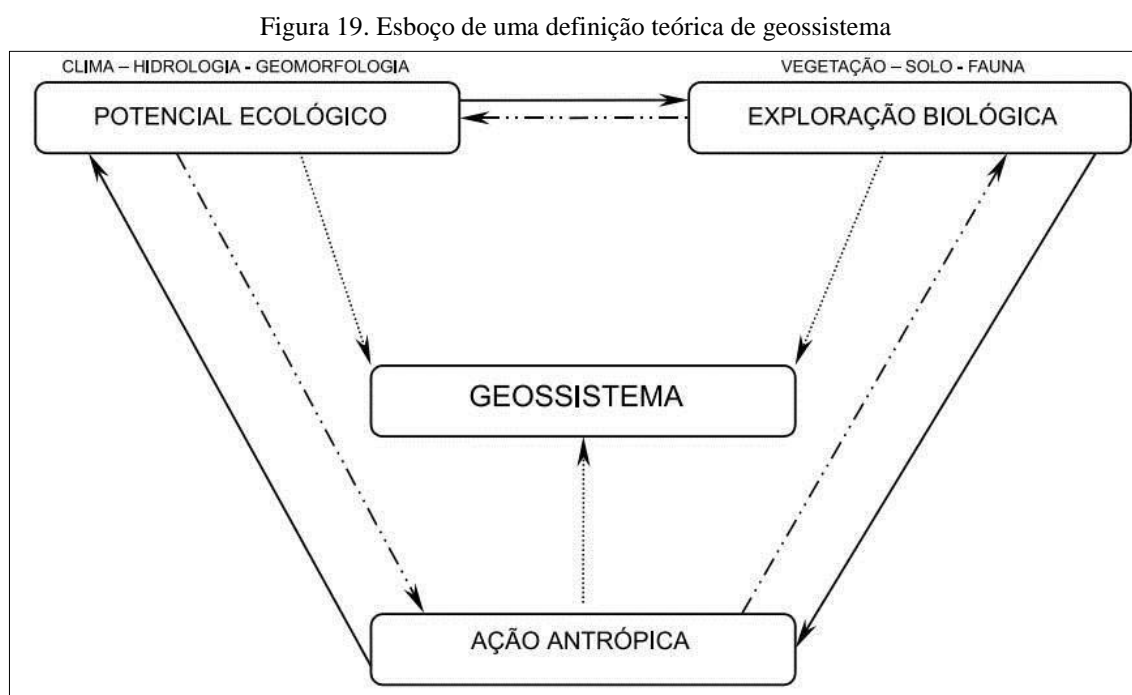
Os geossistemas são os sistemas naturais, de nível local, regional ou global, nos quais o substrato mineral, os solos, as comunidades de seres vivos, a água e as massas de ar, particulares às diversas subdivisões da superfície terrestre, são interconectados por fluxos de matéria e de energia, em um só conjunto (PASSOS, 1998, p. 66).

O geossistema, deste modo, é definido a partir da combinação de matéria e energia, sendo a paisagem a expressão de diferentes combinações. Sinteticamente pode-se entender o geossistema como a combinação do Complexo Territorial Natural e a “ação antrópica” (SOTCHAVA, 1977). A noção assemelha-se à de “ecossistema”, lançada por A. G. Tansley na

Ecologia, avançando em relação à primeira por considerar, indistintamente, todos os elementos e as trocas de matéria e energia estabelecidas entre eles, a partir da ação da energia cinética.

O conceito geossistêmico foi fundamental para a aplicação da abordagem sistêmica na Geografia. Diversos autores, tais como Stoddart, Neff, Tricart, Chorley, Kennedy, analisaram e aplicaram-no em seus estudos, porém é atribuído a Georges Bertrand (1935-) sua simplificação e flexibilização através da definição de escalas taxonômicas, em escala físico-territorial, denominadas de *zona*, *domínio*, *região natural*, *geossistema*, *geótopos* e *geofácies*.

Bertrand idealiza o conceito de paisagem entendendo-a como a expressão concreta da relação sociedade-natureza, sob uma perspectiva histórica. Ao final dos anos 60, o geógrafo francês apresenta o “geossistema” como uma categoria espacial, composta pela ação antrópica, a exploração biológica e o potencial ecológico, conforme a Figura 19, a seguir.



Fonte: Bertrand (2004)

Para Bertrand (2004, p. 141), a paisagem

[...] não é a simples adição de elementos geográficos dispartados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

O geossistema se coloca como um modelo teórico-conceitual da paisagem, isto é, uma tentativa de modelização da relação sociedade-natureza a partir de sua expressão espacial. A

modelagem da paisagem e dos sistemas naturais (abertos) pressupõe a ponderação do conceito de equilíbrio, aplicado por Georges Bertrand através da ideia de bioestasia e resistasia de Henri Erhart (1898-1982), identificando ambientes em equilíbrio (biostáticos), nos quais predomina a pedogênese, e em desequilíbrio (resistáticos), quando predomina a morfogênese.

A teoria biorresistásica de Erhart (1956) baseia-se na ação geoquímica exercida pelas florestas sobre os processos de dinâmica superficial. A biostasia é caracterizada pela presença de vasta cobertura vegetal, propiciadora do aprofundamento do manto intempérico. A erosão mecânica é praticamente nula, porém ocorre intensa denudação química, que remove dos solos os elementos solúveis. Assim, há domínio da pedogênese sobre a morfogênese.

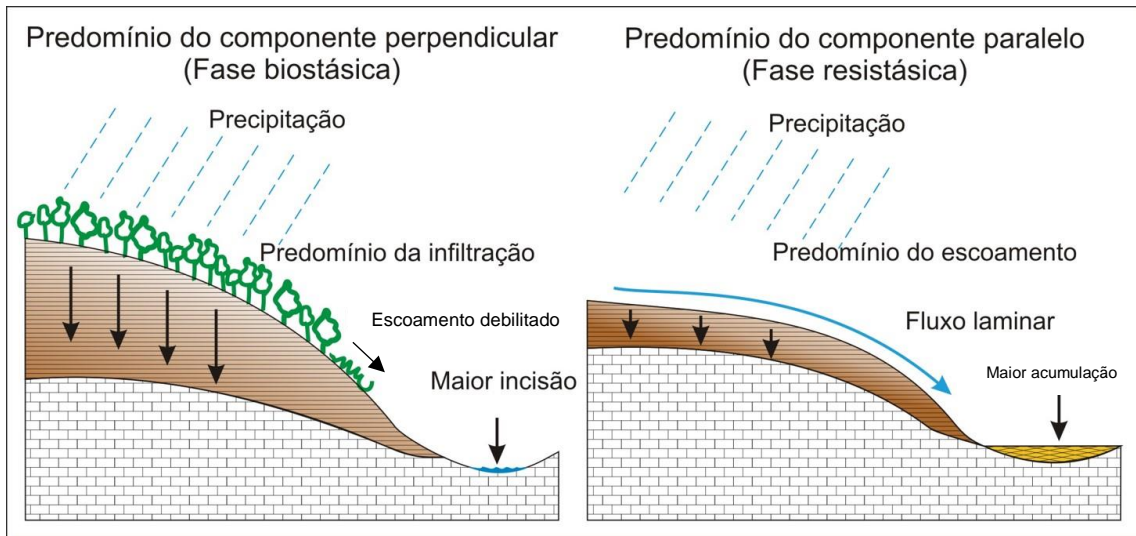
Já na resistasia a retração da cobertura vegetal, resultante de alterações climáticas, na escala do tempo geológico, ou por ações antrópicas, na escala do tempo histórico, e a consequente exposição do manto intempérico contribuem para o incremento da erosão mecânica, responsável pela retirada do material intemperizado, com consequente assoreamento dos vales. Assim, na resistasia, a morfogênese domina a dinâmica da paisagem.

Casseti (2005, p. 185) complementa que

O conceito biorresistásico, fundamentado na relação morfogênese-pedogênese, apresenta estreita relação com o “balanço de denudação” proposto por Jahn (1968), onde os processos em uma vertente se reduzem a dois componentes: o primeiro, denominado perpendicular, caracterizado pela infiltração, responsável pela intemperização que permite o desenvolvimento da pedogenização, proporcionando a formação de material para eventual transporte; e o segundo, denominado paralelo – paralelo à vertente ou à superfície - refere-se ao processo denudacional (morfogênese) responsável pela retirada, transporte e acumulação do material pré-elaborado.

Casseti (2005) atribui a Tricart a substituição do conceito de “balanço denudacional” por “balanço morfogenético”, considerado de maior abrangência terminológica, visto que incorpora erosão e acumulação. O autor refere-se à relação entre as componentes perpendicular e paralela: enquanto a perpendicular demonstra a ação da infiltração, o que pode ser favorecido pela cobertura vegetal, a paralela se caracteriza pelos efeitos erosivos, decorrentes da retirada da cobertura vegetal, favorecendo a ação direta dos elementos do clima (Figura 20).

Figura 20. Balanço morfogenético das vertentes

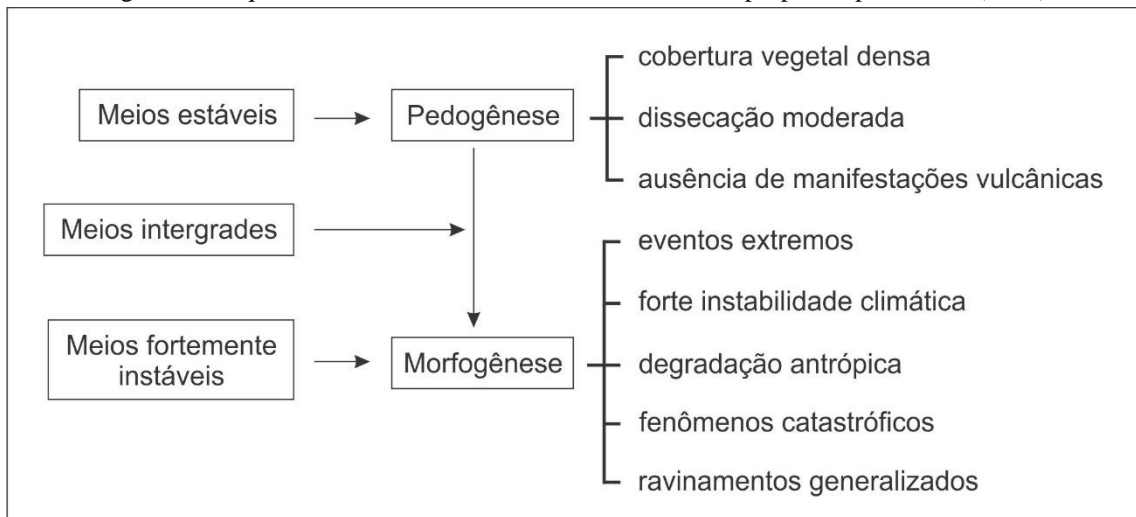


Fonte: adaptado de Caseti (2005)

A noção de equilíbrio, nos domínios da relação morfogênese-pedogênese, é aplicada por Jean Tricart (1920-2003), em sua obra “Ecodinâmica”, através de classificação dos meios em três estágios: estáveis, fortemente instáveis e intergrades. Na classificação, Tricart (1977) relaciona os meios estáveis à bioestasia (equilíbrio), caracterizados pelo predomínio da pedogênese; os meios fortemente instáveis à resistasia (desequilíbrio), nos quais tem-se o predomínio da morfogênese; e os meios intergrades como designadores da passagem gradual dos meios estáveis para os meios fortemente instáveis, caracterizados pela coexistência e interferência permanente da morfogênese e da pedogênese em um mesmo espaço.

A Figura 21 representa um esquema síntese dos meios morfodinâmicos propostos por Tricart (1977), suas principais inter-relações e características.

Figura 21. Esquema síntese sobre os meios morfodinâmicos propostos por Tricart (1977)



Fonte: Fushimi (2012)

A construção do conceito de paisagem pela Geografia brasileira teve forte influência da escola geográfica francesa, especialmente através dos trabalhos de Jean Tricart. No Brasil, merecem destaque os estudos sobre a paisagem realizados por Aziz Ab'Saber (1924-2012).

Ab'Saber (1969) resgata, ao propor a sistematização da pesquisa geomorfológica, o conceito de “fisiologia da paisagem”, correspondendo ao terceiro nível de abordagem do relevo, além da compartimentação topográfica e da estrutura superficial. Conforme Casseti (2005, p. 182), a fisiologia da paisagem refere-se

[...] ao estudo da situação do relevo atual, fruto das relações morfodinâmicas resultantes da consonância entre os fatores intrínsecos, ou seja, inerentes ao próprio relevo, e os fatores extrínsecos, dando ênfase ao uso e ocupação do modelado enquanto interface das forças antagônicas.

A respeito do estudo da fisiologia da paisagem, Casseti (2005, p. 182-183) destaca que este

[...] reveste-se de grande importância na análise do relevo por incorporar conhecimentos envolvendo fatos de interesses diversos e atuais. Por inserir o homem na análise dos processos, assume relevância enquanto temática de interesse geográfico. A apropriação do relevo pelo homem, como recurso ou suporte, é responsável por alterações substanciais do seu estado natural, como a implementação de cultivos que ocasionam desmatamento, modificando radicalmente as relações processuais: do predomínio da infiltração para o domínio do fluxo por terra; o desenvolvimento da morfogênese em detrimento da pedogênese; as atividades erosivas em relação ao comportamento biotástico relativo ao estágio precedente; as perdas de recursos para adoção de medidas corretivas em detrimento de investimentos que poderiam ser destinados a benefícios sociais.

Conforme Vitte (2007b, p. 75), “o resgate do conceito de fisiologia da paisagem por Ab'Saber (1969) foi a maior contribuição aos estudos sobre as paisagens naturais no Brasil, promovendo uma renovação metodológica e instrumental nas pesquisas geomorfológicas”. A renovação, porém, não se limitou ao campo metodológico e instrumental da Geomorfologia.

Nos anos de 1960 e nas décadas subsequentes, as mudanças no campo da ciência, particularmente na Física, resignificaram um conjunto de concepções, incluindo o espaço. Este passa a ser visto como um conjunto de objetos, no qual as relações estruturais e funcionais criam uma totalidade que não se obtém somando-se individualmente as partes. Assim, o objeto de estudo da Geografia passa a ser a organização espacial, resultado da interação entre o geossistema e o sistema sócio-econômico-cultural (VITTE, 2007b).

Ao longo da história do pensamento geográfico, a paisagem foi considerada como o resultado da relação entre a natureza e a sociedade, mediada pelo trabalho. Tal concepção buscou compreender a paisagem em sua totalidade, investigando a gênese e dinâmica dos

elementos naturais e sua relação com o meio. Porém, a separação dos pares dialéticos (natureza-sociedade, espaço-tempo) na análise geográfica promoveu a perda da noção de complexidade, intensificada pela institucionalização disciplinar iniciada com a Revolução Científica Moderna.

Os avanços no campo técnico-instrumental possibilitaram às diferentes ciências avançar na delimitação, análise e experimentação de seus objetos, em um contínuo processo de especialização e fragmentação. As inovações tecnológicas possibilitaram à compreensão das leis e processos naturais, permitindo à sociedade intervir e modificar a natureza de acordo com as demandas determinadas pela cultura.

Segundo Santos (1996), a intencionalidade da ação humana sobre a superfície terrestre é estabelecida de acordo com as estruturais culturais vigentes em cada sociedade, partindo-se de uma visão de mundo coletiva. Deste modo, cada sociedade imprime determinada plasticidade aos processos e dinâmicas da natureza, resultando em espaços diferenciados, com forma e conteúdo determinados pelos usos e significados ali presentes. A paisagem é, portanto, a representação do espaço geográfico em um determinado momento histórico, contendo as marcas impressas pela sociedade através dos meios técnicos e científicos.

Ao mesmo tempo que as inovações tecnológicas modificaram a forma como as sociedades compreendem a natureza, suas leis e dinâmicas, também permitiram uma ampliação de sua capacidade interventora sobre a mesma, sobretudo a partir da Revolução Industrial, quando os avanços no campo técnico-instrumental maximizaram a capacidade de transformá-la e apropriar-se de seus recursos para suprir a crescente demanda da época. Desde então, as ações antrópicas têm adquirido maior abrangência, em termos escalares, e magnitude, em termos dos efeitos sobre a natureza e suas dinâmicas, muitas vezes superando em intensidade os processos naturais, causando inúmeros desequilíbrios nos sistemas terrestres.

Com a Revolução Técnico-Científica no século XX, as mudanças provocadas pelas sociedades no ambiente, especialmente após a industrialização, atingem a escala global, assim como as marcas da ação humana sobre a paisagem (DIAS, 2015). Conforme Rohde (2005), as modificações contemporâneas da paisagem, denominadas efetuações paisagísticas, incluem as feições geomorfológicas antrópicas, a aceleração da erosão dos solos e episódios de poluição. Além das efetuações paisagísticas, o autor ainda destaca a denominada efetuação litológica.

“A efetuação litológica é a atividade humana mais conspicuamente “geológica”: a criação de depósitos geológicos artificiais e a destruição ou modificação (quanti ou qualitativa) de formações geológicas “naturais” preexistentes”. Os depósitos geológicos efetuados por intervenção humana são, em geral, chamados “tecnogênicos” (...) expressão que veio da Geologia russa (Chemekov, 1982). Além deste transporte e sedimentação (ou “agradação”) antrópicos, em que podem ser incluídas as áreas agrícolas, camadas culturais e a deposição de resíduos sólidos,

existe toda a gama de atividades minerárias e de construção civil que, da mesma forma, originam depósitos tecnogênicos (ROHDE, 2005, p. 148).

Além das deposições tecnogênicas, é possível identificar em diversas localidades (urbanas e rurais) o surgimento de feições de relevo tecnogênico, como terraços e planícies, resultantes das alterações impressas aos materiais, processos e formas pela ação humana, por meio de escavações, aterramentos e/ou erosão acelerada. Logo, as transformações na fisiografia da paisagem implicam em transformações em sua fisiologia, com reciprocidade, haja visto os rearranjos nos processos atuantes a partir da inserção de novos materiais e formas.

Tem-se assim o surgimento de paisagens tecnogênicas (Figura 22), isto é, grandes áreas extensivamente transformadas pela ação humana por meio do aparato técnico-instrumental moderno, resultante das inovações no campo científico e tecnológico, que ampliou significativamente a capacidade interventora das sociedades sobre as dinâmicas naturais.

Figura 22. Desenhos esquemáticos realizados pelo Instituto Pereira Passos (IPP) para ilustrar a ocupação de trecho do Maciço da Tijuca, no Rio de Janeiro (RJ), ao longo do tempo



A – Paisagem no ano de 1500, com presença da Mata Atlântica; B – Paisagem tecnogênica no ano 2000, mostrando o acentuado crescimento ocupacional e, ainda, as áreas representadas pela cor amarela em C representando os trechos em que ocorreram aterros.

Fonte: Castro e Silva (2014)

Desta forma, a paisagem é o produto imediato da intencionalidade humana na superfície terrestre. Em tempos pretéritos ou atuais, de acordo com as condições técnicas disponíveis, a sociedade imprime sua marca no espaço que fica registrada na paisagem. Assim, a paisagem é uma representação do espaço geográfico em diferentes recortes temporais, possibilitando o acompanhamento da produção e transformação do referido espaço, e mostra-se adequada, enquanto categoria analítica, aos estudos destinados a compreender os produtos da ação humana sobre as dinâmicas da natureza, caso dos depósitos e feições de relevo tecnogênico.

Para tanto, faz-se necessário o entendimento da ação geológica humana, suas particularidades e seus efeitos em termos de modelagem da paisagem, sobretudo em ambientes densamente modificados, nos quais os modelos interpretativos convencionais podem não mais elucidar, satisfatoriamente, as questões relacionadas à dinâmica e evolução da paisagem.

4.2 A ação geológica humana e as formações tecnogênicas

A ação humana sobre a natureza, através das diversas atividades produtivas, tem produzido efeitos geológico-geomorfológicos que se acumulam em quantidade e se diversificam em qualidade e intensidade. Peloggia (1997) menciona que tal ação tem consequências referíveis a três níveis de abordagem, considerando as proposições metodológicas de Ab'Saber (1969) para os estudos sobre o Quaternário, em termos de formas, processos, formações e depósitos superficiais do ambiente geológico. São eles:

1. Na modificação do relevo e alterações fisiográficas da paisagem (por exemplo, retificações de canais fluviais, terraplanagem, voçorocas, áreas erodidas, áreas mineradas etc.). Ter-Stepanian (1988) refere-se a tais efeitos como "*novos tipos de relevo tecnogênico*"; Fanning & Fanning (1989) chamam de "*superfícies decapadas*" (*scalped land surfaces*) a estas paisagens resultantes da ação do homem como agente geomórfico.
2. Em alterações na fisiologia das paisagens (os processos geomórficos, pedogênicos e sedimentares atuais): criação, indução, intensificação ou modificação do comportamento de processos da dinâmica externa (incremento da erosão e da carga sedimentar correlativa, escorregamentos em geral, infiltração e escoamento, drenagem pluvial e fluvial, taxas de sedimentação, fluxos subterrâneos etc), de porte comparável aos resultantes de variações climáticas ou efeitos tectônicos; nas áreas urbanas, resultando em uma outra organização da fisiologia da paisagem criada pelo construtivismo.
3. Na criação de depósitos superficiais correlativos, comparáveis aos quaternários (os depósitos tecnogênicos), os quais vão se constituir em marcos estratigráficos: este caráter é indiretamente ressaltado por Fanning & Fanning (1989): "*Do ponto de vista de gênese dos solos, a destruição e formação de solos pelo homem, pela grande manipulação física dos materiais terrosos, são eventos catastróficos que criam novos pontos de partida para a formação dos solos*" (tradução e grifos do autor citado) (PELOGGIA, 1997, p. 258).

Em mesma publicação, Peloggia (1997) também faz menção ao trabalho elaborado por Goudie (1990), que descreve a ação humana na morfogênese e na alteração do *modus operandi* dos processos geomorfológicos, como intemperismo, erosão e deposição. O autor mencionado elenca formas produzidas pelo que denomina processos antropogênicos diretos (atividades construtivas, escavações e mineração e interferências hidrológicas) e indiretos (aceleração da erosão e sedimentação, subsidências, movimentos de massa, geração de sismos).

Conforme Oliveira et al. (2005, p. 365), "a caracterização da ação geológica do homem geralmente resulta da comparação que pode ser feita entre os processos naturais (sem a participação do homem) e os processos antrópicos na transformação da Terra". Para exemplificar, os autores citam a extensa lista de comparações entre os processos naturais e tecnogênicos elaborada por Ter-Stepanian (1988), sendo alguns exemplos apresentados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2. Exemplos de processos tecnogênicos comparados aos naturais citados por Ter-Stepanian (1988)

Processos naturais	Processos tecnogênicos
Intemperismo	Moagem de rochas na mineração
Formação do relevo	Modificações por construções e cortes
Denudação	Perda de solo agrícola
Dinâmica fluvial	Canalizações e retificações
Formação de cavernas	Obras subterrâneas, metrô e túneis
Subsidência dos terrenos por carstificação	Subsidência por colapso de minas
Sismos naturais	Sismos induzidos por grandes reservatórios

Fonte: Oliveira et al. (2005)

Considerando-se a expressão da ação geológica-geomorfológica humana sobre a superfície terrestre, que abrange vastas extensões de terras em diferentes contextos ambientais, inculcando transformações por meio da agricultura, do extrativismo ou da expansão urbana, têm-se condição suficiente para validar a ideia que os processos geológicos atuais estão sujeitos aos condicionantes tecnogênicos, justificando a adoção de uma nova abordagem no estudo de tais processos, especialmente os de dinâmica superficial, denominada por Oliveira (1995) como abordagem geotecnogênica do meio físico.

Sobre a referida abordagem, Oliveira (1995, p. 239) aponta que

[...] mais que geológica, ela incorpora a compreensão do papel do homem como novo agente geológico. A percepção deste papel implica considerar, primeiramente, seu caráter de transformador do meio. [...] Além da transformação, outras qualidades podem ser consideradas, tais como a aceleração dos processos de transformação, sua irreversibilidade, seu interrelacionamento, enfim todas as qualidades que fazem convergir as histórias do planeta e do homem numa só história.

A respeito da abordagem geotecnogênica, Peloggia (1997, p. 263) salienta que

A "abordagem geotecnogênica do meio físico", na forma proposta por Oliveira (1995), apresenta uma contradição nos termos: tal abordagem, segundo o autor citado, "pode ser denominada geotecnogênica porque, mais que geológica, ela incorpora a compreensão do papel do homem como novo agente geológico". Ou seja, uma abordagem geológica. O problema é que não se trata de uma questão de método - no sentido gnóstico-epistêmico-, como acreditamos pretender o autor (uma abordagem que se diferencie pela forma), mas de objeto. Isso não implica necessariamente em procedimentos geológicos novos na identificação dos processos e depósitos tecnogênicos, mas sim a consideração das determinações não-geológicas (socio-econômico-culturais, enfim, humanas) de sua gênese.

A abordagem geotecnogênica, assim, mostra-se adequada os estudos destinados a compreender os processos de dinâmica superficial e sua relação com as intervenções humanas desenvolvidas durante o uso e ocupação das terras, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Tais intervenções estão diretamente relacionadas às formas de organização social e ao modo de

produção vigente, que modificam as condições naturais do meio no intuito de adequá-lo às diversas atividades produtivas.

Na atual lógica de produção capitalista, as ações humanas têm transformado cada vez mais rápida e intensamente os ambientes, resultando numa realidade que é objeto de estudo de vários campos da ciência, inclusive da Geologia e da Geomorfologia, posto que tais ações promovem mudanças que, em vários casos, podem ser comparadas a transformações que ocorrem numa escala de tempo muito maior que a escala do tempo histórico, ou seja, na escala do tempo geológico. Apesar do tempo de existência humana ser irrisório em relação à história geológica da Terra, a intensidade dos processos que desencadeia e seus efeitos frequentemente superam os equivalentes naturais.

Lal (1988), por exemplo, estima que os sedimentos lançados pelos rios nos oceanos passaram de 10 bilhões de toneladas por ano, antes da intervenção do homem, para um valor entre 25 e 50 bilhões após a introdução da agricultura intensiva, pastagens e outros usos do solo. Esse incremento notável corresponde à erosão que tem sido classificada como acelerada, antrópica ou atual, desencadeada pela ação humana, que se processa a taxas (m^3 ou $t/km^2/ano$ ou mm de denudação) muito superiores às da erosão frequentemente chamada de geológica ou natural. Essa erosão antrópica é a responsável pela formação de depósitos tecnogênicos, que constituem o principal objeto dos estudos que caracterizam a ação geológica do homem, à semelhança da abordagem geológica que estuda os depósitos naturais, ou seja, as formações geológicas, interpretando os ambientes passados e seus agentes (OLIVEIRA et al., 2005, p. 365-366).

Partindo-se do reconhecimento do homem como agente geológico-geomorfológico, Pavlov (1922) apud Gerasimov (1979) propõe o termo Antropógeno em substituição ao Quaternário, período caracterizado pelo surgimento e expansão das civilizações humanas no planeta. Assim, os eventos ocorridos neste período seriam denominados antropogênicos, estando ou não relacionados às atividades humanas.

Oliveira (1995, p. 231) salienta que “para definir uma origem ligada à atividade do homem, seria mais conveniente usar o termo *tecnogênico*. Assim, todo evento tecnogênico (origem) seria antropogênico (período), o inverso não sendo necessariamente verdadeiro”.

Em publicação intitulada “*Beginning of the Technogene*”, Ter-Stepanian (1988) propõe um novo período geológico, o Quinário, e sua época correspondente, o Tecnógeno.

O referido autor,

[...] tendo em conta as profundas mudanças do ambiente provocadas pelo que denomina “*novo e inesperado agente geológico*”, propõe que “*o Holoceno seja considerado a época de transição do Quaternário ou Pleistoceno, para o Quinário ou Tecnógeno*”. O autor explica que o começo da época da transição foi caracterizado pela completa configuração quaternária da paisagem, há cerca de 10.000 anos, enquanto seu fim será marcado, no futuro, pela completa configuração quinária. Em

resumo, afirma: “*O Holoceno é o começo do Tecnógeno*” (OLIVEIRA et al., 2005, p. 364).

O Quadro 1, que ilustra essa proposta, mostra que o Holoceno tem início há cerca de 10.000 anos, com o final da última glaciação, quando as condições ambientais, especialmente os processos geológicos superficiais, ainda não tinham sido substancialmente alterados pelas ações antropogênicas. O final do Holoceno, conforme Ter-Stepanian (1988), corresponderá ao momento em que as condições ambientais modificadas (tecnogênicas) serão preponderantes na Terra (OLIVEIRA et al., 2005).

Quadro 1. Ilustração cronológica da proposta conceitual de Ter-Stepanian (1988). Idades segundo a IUGS.

PERÍODO	ÉPOCA	PAISAGENS
QUINÁRIO	Tecnógeno	Tecnogênicas
QUATERNÁRIO	Holoceno 10.000 a	Naturais
	Pleistoceno 1,81 Ma	

Fonte: Oliveira et al. (2005)

A denominada “Geologia do Tecnógeno” dedica-se ao estudo dos depósitos e feições geradas diretamente ou influenciados pela ação humana, como também de seus processos específicos, que atuam sobre os referidos depósitos assim como sobre maciços e relevos pré-existentes, sendo, portanto, “uma disciplina ao mesmo tempo da história da natureza e da história humana, em função do inseparável relacionamento dialético entre ambas” (PELOGGIA, 1997, p. 263).

Peloggia (1998) ressalta que, do ponto de vista estratigráfico, a passagem do Quaternário para o Quinário não é igualitária em todo o planeta, pois depende do desenvolvimento e difusão das técnicas que, como é sabido, não ocorre de maneira uniforme. No mesmo sentido, Nir (1983) salienta que a ação humana não ocorre de igual maneira em toda a superfície terrestre, dependendo dos seguintes fatores:

1. The destruction by a single human activity and its global impact on the Earth’s surface (Collier, 1972), by multiplying it by the world population, i.e., the demographic factor.

2. The time interval over which these activities have occurred (intensive land occupancy in some areas has continued without a break for 6,000 to 15,000 years (ibid., 1972), i.e., the historical factor.
3. Man's increasing capacity to modify the landscape by new technologies and by capital investment, i.e, the economic factor.
4. The growing demand and need for a higher standard of living, which involves further intervention in natural processes, i.e., the socioeconomic factor (NIR, 1983, p. 8).

Nir (1983), considerando o estudo das dinâmicas naturais sob a ação humana, propôs um novo campo de pesquisa denominado de Antropogeomorfologia. Tal campo, a partir da abordagem sistêmica e de ferramentas clássicas da Geomorfologia, dedica-se a avaliar os efeitos das ações humanas nas dinâmicas naturais dos diversos ambientes existentes no planeta.

Segundo Goudie (1986), a antropogeomorfologia subdivide-se em duas principais áreas de investigação: a primeira direcionada aos impactos da atividade humana nos solos, analisando as mudanças das propriedades físicas e químicas dos mesmos; e a segunda visando compreender as alterações sobre as formas de relevo. Para o autor, os processos antropogénicos podem ocorrer de forma direta ou indireta. Os diretos decorrem de mudanças na estrutura, que podem ser incisivas (compactação ou desfragmentação do solo) ou graduais (terraços ou aração). Enquanto as ações indiretas, ocorrem como processos de aceleração da erosão e sedimentação, potencializados principalmente pelas atividades agrícolas, desmatamento, urbanização, em áreas de mineração, de ocupação de setores cársticos ou de falhamento e interferências em tremores de terra, como, por exemplo, com a construção de reservatórios hídricos em um plano de falha (STEFANUTO; ZANATTA; LUPINACCI, 2017, p. 96).

Mais recentemente, Crutzen e Stoermer (2000) propõem o termo Antropoceno⁷ para se referir a época geológica atual, considerando-o apropriado para enfatizar o papel central da humanidade em termos geológicos e ecológicos. Segundo os autores, o Antropoceno começou na última parte do século XVIII, quando as análises do ar aprisionado no gelo polar mostraram o início de concentrações globais crescentes de dióxido de carbono e metano.

O Quadro 2, a seguir, contém um comparativo entre o tempo geológico convencional e as propostas⁸ de Pavlov (1922), Ter-Stepanian (1988) e Crutzen e Stoermer (2000).

⁷ O termo foi usado pela primeira vez pelo biólogo Eugene F. Stoermer na década de 1980, mas só foi formalizado em 2000, numa publicação conjunta com o Prêmio Nobel de Química, Paul Crutzen, na Newsletter do *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP) do mês de maio do referido ano.

⁸ Propostas ainda não inclusas oficialmente na Tabela Cronoestratigráfica Internacional.

Quadro 2. Quadro comparativo do tempo geológico convencional e as propostas de Pavlov (1922), Ter-Stepanian (1988) e Crutzen e Stoermer (2000)

Eventos	Tempo histórico	Tempo geológico convencional (anos AP)		Tempo geológico proposto (anos AP)		
				Pavlov (1922)	Ter-Stepanian (1988)	Crutzen; Stoermer (2000)
Revolução Industrial	Contemporânea 1800	QUATERNÁRIO	Holoceno	ANTROPÓGENO	Transição para o Tecnógeno/Quinário	Antropoceno
Revolução Agrícola	Neolítica		Holoceno			
Uso do Fogo	Paleolítica		Pleistoceno			
Ferramentas Líticas						

Fonte: Oliveira (2014)

No âmbito internacional, o Antropoceno ganhou destaque em relação às demais propostas, sobretudo, após sua utilização em artigo elaborado por Paul Crutzen (1933-) e Eugene F. Stoermer (1934-2012) no ano 2000, e sua inclusão como uma nova época geológica está em debate na Comissão Internacional de Estratigrafia desde 2009, quando foi formado um grupo de trabalho, denominado Grupo de Trabalho do Antropoceno, composto por especialistas de diferentes áreas, como Geologia, Química, Biologia e História, para estudar as possíveis evidências geológicas de uma nova era (SILVA; ARBILLA, 2018).

No debate internacional, há evidente consenso de que o planeta vive uma nova época geológica, o Antropoceno, porém ainda está em discussão o seu marco inicial. Apesar de Crutzen e Stoermer terem proposto que o início do Antropoceno coincide com o início da Revolução Industrial no século XVIII, especificamente com o desenvolvimento da máquina a vapor, há outras propostas, a maioria delas indicando o início do Antropoceno para o período entre 1610 e 1964 (SILVA; ARBILLA, 2018).

Apesar de as propostas de inclusão de uma nova época geológica citadas terem sido formuladas no século XX, já em meados do século XIX observavam-se estudos acerca das transformações ocasionadas pela ação humana na Terra. Oliveira et al. (2005) citam vários exemplos de estudos desenvolvidos nesta perspectiva, como Marsh (1965 [1864]), nos Estados Unidos, um dos pioneiros dos estudos sistemáticos da transformação da superfície da Terra, o qual enfatizou que, na história da humanidade, muitos dos impactos ambientais resultaram de ações cujos efeitos ultrapassaram os âmbitos restritos e imediatos que eram esperados.

Outra vertente dos estudos das transformações da Terra pelo homem desenvolveu-se na Rússia, com raízes em Vernadsky (1998 [1926]), que enriqueceu a abordagem, discutindo os conceitos de Biosfera e de Noosfera e destacando como agentes geológicos as diversas formas de vida e a humanidade. Em meados do século XX, foram publicados estudos de várias regiões do mundo por Thomas Jr. (1956), levantando diversas causas para explicar os impactos ambientais: a modernidade, com seus altos níveis de consumo e urbanização, o crescimento da população humana, a cultura e a ideologia ambiental. Entre essas vertentes analíticas, destaca-se a análise de problemas ambientais como resultado do crescimento da população, cujas raízes remontam ao pensamento malthusiano (Thomas Malthus, 1766-1834) (OLIVEIRA et al., 2005, p. 364).

Já no final do século XX, pesquisadores de vários países publicaram um conjunto de estudos mais elaborados, interpretando as mudanças ambientais como resultado de forças principais, forças mitigadoras e o comportamento humano, distanciando-se das análises malthusianas, pois consideraram a dinâmica da população como um fator igualmente importante a tecnologia e a organização social (OLIVEIRA et al., 2005).

No Brasil, as primeiras pesquisas considerando o homem como agente geológico-geomorfológico remontam as décadas de 1990 e 2000, com trabalhos como o de Oliveira (1994), Peloggia (1996), Brannstrom (1998), Cunha (2000) e Nolasco (2002). Os referidos trabalhos, desenvolvidos em diferentes localidades do território brasileiro, propuseram-se a compreender a dinâmica de formação das deposições denominadas tecnogênicas e sua relação com a (ocupação) humana desenvolvida no local e entorno.

Oliveira (1994, p. 4) caracteriza os depósitos tecnogênicos como

[...] depósitos resultantes da atividade humana (CHEMEKOV, 1982; TER-STEPANIAN, 1988). O conceito abrange tanto os depósitos construídos, como os aterros de diversas espécies, quanto os depósitos induzidos, como os corpos aluvionares resultantes de processos erosivos, desencadeados pelo uso do solo.

Quanto à classificação dos depósitos tecnogênicos, Peloggia (1999) propõe as seguintes categorias:

1) depósitos de *primeira ordem* ou *geração*, a partir da sistemática geral proposta por Oliveira (1990), que diferencia depósitos *construídos* (resultantes da ação humana direta; por exemplo, aterros), *induzidos* (resultantes de processos naturais modificados, por exemplo assoreamento produzido por erosão antrópica) e *modificados* (depósitos naturais preexistentes, mas alterados, como solo contaminado); e

2) de *segunda ordem*, depósitos *remobilizados* (por exemplo, depósitos de fundos de vale, formados por escorregamentos de aterros) e *retrabalhados* (propostos por Nolasco (1998), por exemplo aterros ravinados).

Nolasco (2002) apresenta outra classificação para os depósitos tecnogênicos, sendo:

1) diretos, depósitos *construídos* (realizados pelo homem, como aterros) e *induzidos* (realizados pela ação humana com o uso planejado de outro agente, como são os depósitos resultantes de escorregamentos provocados em minerações); e

2) indiretos, resultantes da soma de ações do agente homem, sem intencionalidade, com as de outros agentes (por exemplo, leques de escorregamento de encosta em áreas urbanas por acúmulo de lixo e peso de construções).

Já no que diz respeito à classificação quanto ao material constituinte dos depósitos de origem tecnogênica, Fanning e Fanning (1989) os categorizam em:

1 - Materiais “úrbicos” (do inglês *urbic*): tratam-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, freqüentemente em fragmentos, como tijolos, vidro, concreto, asfalto, pregos, plástico, metais diversos, pedra britada, cinzas e outros, provenientes por exemplo de detritos de demolição de edifícios.

2 - Materiais “gárbicos” (do inglês *garbage*): são depósitos de material detrítico com lixo orgânico, de origem humana e que, apesar de conterem artefatos em quantidades muito menores que a dos materiais úrbicos, são suficientemente ricos em matéria orgânica para geram metano em condições anaeróbicas.

3 - Materiais “espólicos” (do inglês *spoil*): materiais escavados e redepositados por operações de terraplanagem em minas a céu aberto, rodovias ou outras obras civis. Incluiríamos aqui também os depósitos de assoreamento induzidos pela erosão acelerada. Seja como for, os materiais contêm muito pouca quantidade de artefatos, sendo assim identificados pela expressão geomórfica “não natural”, ou ainda por peculiaridades texturais e estruturais em seu perfil.

4 - Materiais “dradagos”: materiais terrosos provenientes da dragagem de cursos d’água e comumente depositados em diques em cotas topográficas superiores às da planície aluvial (PELOGGIA, 1998, p. 74).

Já quanto ao *ambiente sedimentar tecnogênico*, Nolasco (1998) propõe a diferenciação entre ambientes (continentais) industriais, mineiros, urbanos e rurais (ou agropecuários), nos quais certos depósitos têm ocorrência hegemônica.

Peloggia (1999), considerando o caráter complementar das classificações citadas, propõe a *classificação integrada dos depósitos tecnogênicos*, contemplando os processos responsáveis por sua gênese, os materiais que o constituem e sua localização ou expressão no relevo, podendo-se adicionar o ambiente deposicional tecnogênico, sendo os dois primeiros parâmetros essenciais e os dois últimos, complementares. Estes parâmetros são descritos pelo referido autor, adaptando as classificações já mencionadas, da seguinte forma:

1) Quanto à gênese: compõem este parâmetro os depósitos de *primeira ordem* e os de *segunda ordem*. Os de primeira ordem englobam os depósitos resultantes de forma direta de certo processo tecnogênico, ou seja, os depósitos *construídos*, *induzidos* e *modificados*, conforme a classificação proposta por Oliveira (1990). Já os de segunda ordem englobam os

depósitos *retrabalhados*, conforme proposto por Nolasco (1998), e os *remobilizados*, que são resultantes da remobilização espacial de outros depósitos;

2) Quanto à composição: têm-se primeiramente os depósitos *úrbicos*, *gárbicos* e *espólicos* (com o abandono da categoria *dragados*, por serem passíveis de inclusão nos espólicos e por terem conotação genética e não referente à constituição), e a inclusão dos depósitos *líticos* para os depósitos onde ocorre o predomínio de blocos ou fragmentos rochosos. Com relação aos depósitos induzidos, têm-se os depósitos no qual a influência humana ocorreu somente nos processos e sendo o material constituinte natural, podendo possuir artefatos em pequena quantidade. Para esse caso, adota-se a categoria *sedimentar*. Nos casos de o depósito se constituir em sedimentos aluviais compostos por partículas naturais e tecnogênicas, como fragmentos de vidro, de materiais de construção e detritos industriais, por exemplo, adota-se o termo *tecnogênico-aluvial*, proposto por Osovetskiy (1996);

3) Quanto à estrutura: de acordo com a organização interna dos depósitos tecnogênicos pode-se ter depósitos *estratificados*, quando apresentam estruturas sedimentares resultantes de processos naturais ou artificiais; *acamadados*, quando apresentam sobreposições horizontais, com características distintas ou não; *em células*, como por exemplo, os aterros sanitários; *maciços*, quando demonstram características e distribuição do material homogêneos, sem estruturação interna definida; e *irregulares*, quando o arranjo interno é aleatório;

4) Quanto à forma de ocorrência: algumas situações de ocorrência dos depósitos são passíveis de comparação com as formas de ocorrência de depósitos naturais, como as análogas aos aluviões (os depósitos de assoreamento) e aos colúvios (as coberturas remobilizadas), recebendo as denominações *aluviformes* e *coluviformes*. No entanto, formas originais também são registradas, sem análogos naturais, como maciços isolados ou lençóis de aterramento (amplas superfícies recobertas por depósitos tecnogênicos pouco espessos, em geral antigas várzeas);

5) Quanto ao ambiente: neste parâmetro estão presentes os ambientes mencionados por Nolasco (1998), ou seja, ambientes *industriais*, *mineiros*, *urbanos* e *rurais*, sendo a categoria *peri-urbanos* incluída pelo autor como complemento aos ambientes urbanos.

O Quadro 3, a seguir, resume a proposta de Classificação Integrada elaborada por Peloggia (1999).

Quadro 3. Classificação integrada dos depósitos tecnogênicos

Parâmetro	Gênese	Composição	Estrutura	Forma de ocorrência	Ambientes
Depósito Tecnogênico (d.t.)	1ª. 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 Coluviformes Aluviformes	Industriais ^B Mineiros ^B Urbanos ^B e peri-urbanos Rurais ^B
	2ª. ORDEM Retrabalhados ^B Remobilizados	Sedimentares Tecnogênico- Aluviais ^D			

Referências: A) Oliveira, 1990; B) Nolasco, 1998; C) Fanning & Fanning, 1989; D) Osovetskiy, 1996.

Fonte: Peloggia (1999)

No âmbito da ciência do solo, Curcio, Lima e Giarola (2004) propõem uma classificação para os antropossolos, ou seja, os solos produzidos pela ação humana, concebidos como perfis de solo constituídos por uma ou mais camadas antrópicas (com pelo menos 40 cm de espessura), formadas por material orgânico ou inorgânico e criadas apenas devido às interferências humanas. Para estes solos, os autores apresentam uma proposta de classificação considerando subordens, grandes grupos e subgrupos. Em relação às subordens, tem-se:

Antropossolos Líticos: volumes constituídos exclusivamente por materiais orgânicos e/ou inorgânicos de fabricação humana, nocivos ao ambiente, podendo estar misturados ou em camadas;

Antropossolos Decapíticos: volumes de solos decapitados por ação humana direta, com exposição superficial de qualquer tipo de horizonte genético ou diagnóstico de subsuperfície, assim como saprolitos em estágios iniciais de pigmentação por matéria orgânica;

Antropossolos Sômicos: volumes constituídos por ação humana direta, depositados em camadas ou misturados, utilizando-se de partes de outros solos ou de solos do próprio local, podendo ocorrer mistura de fragmentos e/ou saprolitos de rocha, com adição de materiais antrópicos não nocivos ao ambiente;

Antropossolos Móviles: volumes constituídos por ação humana direta, depositados em camadas ou misturados, sobre solos que foram decapitados, utilizando-se de partes de outros solos ou do solo do próprio local, admitindo a presença de fragmentos e/ou saprolitos de rocha (CURCIO; LIMA; GIAROLA, 2004, p. 26-27).

Peloggia et al. (2014) propõem uma nova classificação, especificamente geológica (denominada geotecnogênica), para os terrenos artificiais, ou seja, os novos terrenos formados como resultado direto ou indireto da ação humana, seja esta relacionada à processos erosivos ou deposicionais ou ainda a transformações *in situ* dos terrenos naturais. Nesta proposta, os terrenos tecnogênicos são classificados em quatro categorias principais: *terrenos de agradação*, *terrenos de degradação*, *terrenos modificados* e *terrenos mistos*, sendo cada categoria subdividida em tipos genéticos específicos.

A proposta de classificação foi baseada em pesquisas anteriores e utiliza alguns conceitos essenciais: solo tecnogênico, camadas tecnogênicas, depósitos tecnogênicos e horizontes tecnogênicos do solo, conforme descrito a seguir.

1) *Technogenic (or artificial) ground*: represents all new geologic substratum or land surface created directly or indirectly through human action, by accumulation or removal of material.

2) *Technogenic layer*: a general term used to indicate any category of technogenic deposit or soil horizon, and specifically used to describe the ground classes in which there is a superposition of technogenic materials.

3) *Technogenic deposit*: a category of superficial formation (*sensu* Campy & Macaire, 1989) created by direct or induced deposition processes.

4) *Technogenic soil horizon*: an in situ soil layer modified through human action (PELOGGIA et al., 2014, p. 33).

Ancorada nos conceitos supracitados, a proposta classifica os “terrenos tecnogênicos” mencionados em quatro classes (ou categorias) principais, de acordo sua gênese, sendo: 1) aquele formado pela acumulação de material geológico; 2) aquele produzido pela remoção ou deslocamento de material geológico; 3) aquele criado através da transformação de material geológico antigo e, 4) aquele criado pela superposição de diferentes processos genéticos no mesmo local. As Tabelas 3 e 4, a seguir, contemplam a proposta de classificação dos terrenos tecnogênicos e suas principais características, respectivamente.

Tabela 3. Proposta de classificação dos terrenos tecnogênicos

CLASSE DE TERRENO TECNOGÊNICO	CONCEITO	CATEGORIAS DE MAPEAMENTO	CLASSIFICAÇÃO GENÉTICA DE TIPOS DE TERRENOS, SOLOS E DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS	EXEMPLOS TÍPICOS	
TERRENO TECNOGÊNICO DE AGRADAÇÃO	Depósito tecnogênico sobre terreno natural ou escavado	Depósitos tecnogênicos	Depósito construído de 1ª geração	Depósito Construído (depósito sobre terreno natural)	Aterros em geral Diques e Barragens de Terra Botas-fora
			Depósito induzido de 1ª geração	Depósito Construído de Preenchimento (depósito sobre terreno escavado ou erodido)	Depósitos de Lixo e Aterros Sanitários Enrocamentos
				Depósito Sedimentar Induzido Aluvial (depósito de fundo de vale)	Depósitos Sedimentares relacionados às redes de drenagem atuais
				Depósito Sedimentar Induzido Coluvial (depósito de encosta)	
			Depósito de 2ª geração	Depósito Remobilizado	Quaisquer depósitos formados por retrabalhamento de depósitos previamente existentes
TERRENO TECNOGÊNICO DE DEGRADAÇÃO	Terreno natural ou tecnogênico alterado em sua morfologia por perda de volume de material	Cicatrices tecnogênicas induzidas		Terreno Erodido (cicatrices erosivas)	Sulcos Ravinas Voçorocas
				Terreno Escorregado (cicatrices de deslizamentos)	Escorregamentos em geral
				Terreno Afundado (afundamentos por subsidência ou colapso)	Dolinas Poços Sumidouros Depressões
			Terreno Escavado (superfície de escavação)	Cortes de terraplanagem Cavas de mineração	
TERRENO TECNOGÊNICO MODIFICADO	Terrenos in situ Modificados	Horizontes alterados		Solo Quimicamente Alterado (horizontes com alteração química)	Solo contaminado com efluentes ou pesticidas
				Solo Mecanicamente alterado (horizontes compactados ou revolvidos)	Solo compactado Subsolagem de solo agrícola
TERRENO TECNOGÊNICO MISTO	Terreno resultante da superposição de ações antrópicas	Unidades Compostas		Camadas Sobrepostas	Aterro (depósito construído) sobre depósito de assoreamento (induzido)
				Camadas Complexas (unidade indiferenciada)	Aterro alterado por efluentes (depósitos construído e modificado) Camadas arqueológicas

Fonte: Peloggia et al. (2014)

Tabela 4. Principais características dos terrenos tecnogênicos

CLASSE DE TERRENO TECNOGÊNICO	UNIDADE DE MAPEAMENTO	CONSTITUIÇÃO	ESTRUTURA INTERNA	ALGUNS EXEMPLOS GEOGRÁFICOS BRASILEIROS E REFERÊNCIAS	
TERRENO TECNOGÊNICO DE AGRADAÇÃO	Depósito tecnogênico	Construído de 1ª geração	Materiais terrosos, rochosos, com entulho, lixo, resíduos industriais ou misturas.	Maciça ou estratificada	Aterros nas antigas planícies aluviais na cidade de São Paulo (1) Aterros na Baía da Guanabara (2) Antigos aterros na cidade do Recife (3)
		Induzido de 1ª geração	Sedimentos clásticos com ou sem artefatos	Frequentemente estratificada quando originado por deposição. Maciça quando originado por movimento de massa.	Aloformações Carrapato e Resgate no Vale do Rio Paraíba (SP/RJ) (4) Depósitos de assoreamento do Reservatório Santa Bárbara (RS) (5) Depósitos tecnogênicos no Planalto Ocidental Paulista (6)
		2ª geração	Dependente da constituição do depósito de origem	Dependente do processo de formação	Coberturas remobilizadas na Cidade de São Paulo (7) Depósitos de assoreamento do Reservatório de Capivara (SP/PR) (8)
TERRENO TECNOGÊNICO DE DEGRADAÇÃO	Cicatriz tecnogênica induzida	Não se aplica	Não se aplica	Escorregamento da Serra do Mar (9) Depressões de Cajamar (SP) e Sete Lagoas (MG) (10) Voçorocas de São Pedro (SP) (11)	
	Cicatriz tecnogênica construída				
TERRENO TECNOGÊNICO MODIFICADO	Horizontes alterados	Alteração química	Solo original com perda ou acréscimo de substâncias	Estrutura do solo não necessariamente modificada	
		Alteração Física	Solo com mudanças de densidade e porosidade	Estrutura do solo reconfigurada	
TERRENOS TECNOGÊNICOS MISTOS	Unidades	Composta	Específica de cada terreno	Contato bem definido entre camadas. Pode ser estratificado.	Unidades geológico-geotécnicas de superposição na cidade de São Paulo (12) Sambaqui de Cananeia (SP) (13) Terra Preta de Índio (13) Aterro de Bugre do Pantanal (MT) (13) Depósitos do Rio Meia Ponte (GO) (14)
		Complexa		Contatos irregulares ou indefinidos	Perfis tecnogênicos da cidade de Presidente Prudente (15)

(1) Peggia (1998), Kutner & Bjornberg (1997); (2) DGM (1965); (3) Gusmão (1993) (4) Mello et al. (1995); (5) Korb (2006); (6) Brannstrom & Oliveira (1999); (7) Peggia (1994); (8) Oliveira (1990); (9) Ab'Saber (1985); (10) Prandini, (1990); (11) Capellari & Castro (1996); (12) Barros & Peggia (1993); (13) Kipnis & Scheel-Ybert. (2005); (14) Rubin et al. (2008); (15) Silva (2012).

Fonte: Peggia et al. (2014)

A partir desta classificação foi possível ampliar as classificações já existentes, inserindo novas categorias e agrupando os terrenos tecnogênicos em quatro categorias principais. Em

sentido análogo, Peloggia, Silva e Nunes (2014) propõem classificar as formações tecnogênicas de acordo com o tipo de movimentação do material geológico, estando este sujeito a deposição (formas agradativas), remoção (formas degradativas) ou deslocamento *in situ* (formas movimentadas). Esta proposta permite enquadrar os terrenos tecnogênicos em três categorias genéticas, conforme a Tabela 5, a seguir.

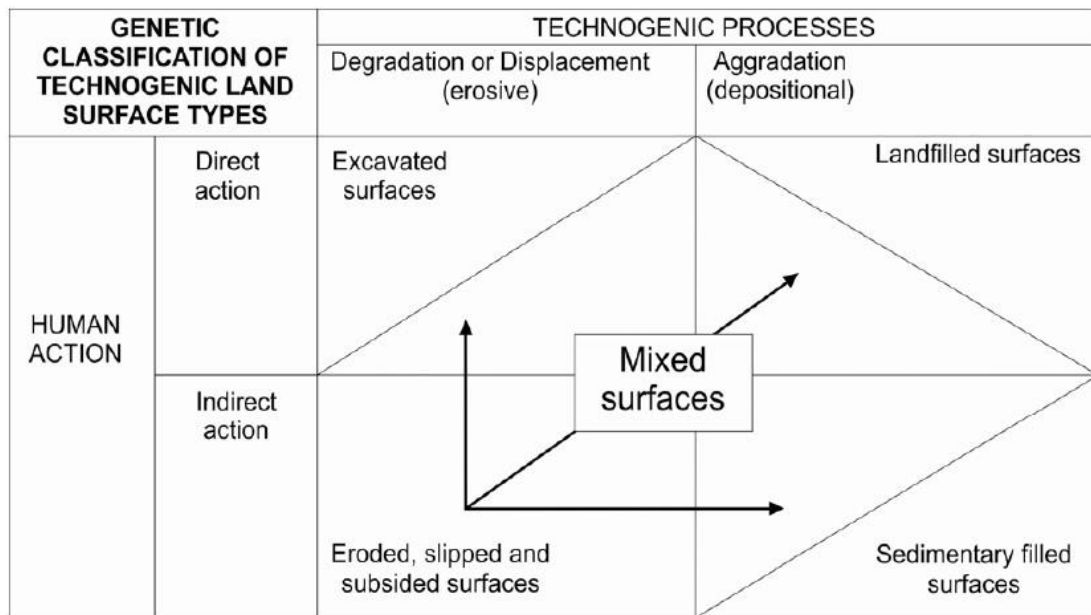
Tabela 5. Proposta de classificação genética de terrenos tecnogênicos

PRINCIPAIS CATEGORIAS	GÊNESE	TIPOS COMUNS
Formas agradativas	Superfícies geomórficas produzidas por processos de elevação topográfica devida à acumulação de material, notadamente aterramento, ou pela intensificação da deposição de sedimentos.	(1) Formas deposicionais sedimentares. (2) Aterros em geral.
Formas degradativas	Superfícies geomórficas produzidas ou modificadas pela remoção de material geológico: diretamente por ação mecânica humana ou indiretamente pela intensificação da erosão, ou mesmo pela erosão natural agindo sobre depósitos tecnogênicos antigos.	(1) Superfícies naturais que sofreram processos de erosão acelerada induzidos. (2) Depósitos tecnogênicos anteriores erodidos posteriormente. (3) Superfícies diretamente escavadas.
Formas movimentadas	Superfícies e sistemas geomórficos alterados topograficamente por movimentação <i>in situ</i> de material geológico devida a movimentos de massa superficiais ou subterrâneos induzidos.	(1) Superfícies naturais que sofreram processos de subsidência ou colapso. (2) Formas tecnogênicas agradativas anteriores posteriormente movimentadas. (3) Padrões fluviais modificados.

Fonte: Peloggia, Silva e Nunes (2014)

Os referidos autores propõem então uma classificação integrada associando a natureza da ação humana, a natureza dos processos tecnogênicos e a movimentação de material geológico, conforme a Figura 23.

Figura 23. Proposta de classificação genética integrada de tipos de superfície tecnogênica



Fonte: Peloggia, Silva e Nunes (2014)

Peloggia (2017) realiza uma análise comparativa a respeito dos principais conceitos e classificações utilizadas para o estudo das formações antropogênicas no Brasil, com foco nas propostas da Geodiversidade Tecnogênica, elaborada por Peloggia et al. (2014), e da Ordem dos Antropossolos, elaborada por Curcio, Lima e Giarola (2004), já descritas anteriormente. O intuito do autor “é o de verificar a correlação das unidades classificatórias propostas e a possibilidade de unificação das mesmas, uma vez que tratam essencialmente da mesma realidade, porém vista com vieses epistemológicos distintos” (PELOGGIA, 2017, p. 103).

Na proposta de Curcio, Lima e Giarola (2004) há quatro conceitos centrais: *material antrópico*, *antropogênese*, *camada antrópica* e *antropossolo*, sendo os dois primeiros basilares para os seguintes. Já a proposta de Peloggia et al. (2014) resulta da unificação dos conceitos de terrenos artificiais utilizados pelos britânicos e dos conceitos de depósitos tecnogênicos desenvolvidos no Brasil desde a década de 1990. Nesse sentido, propõe-se uma distinção conceitual clara para o uso dos termos terreno (*ground*), camada (*layer*), depósito (*deposit*) e solo (*soil*).

Dessa maneira, Peloggia et al. (2014a), com contribuições posteriores de Peloggia (2015) e Vitorino et al. (2016), distinguem a diversidade de terrenos tecnogênicos em quatro classes: terrenos de agradação, degradação, modificados e complexos. 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).

A Tabela 6 traz a classificação de terrenos tecnogênicos proposta por Peloggia et al. (2014), com colaborações de Peloggia (2015a) e Vitorino et al. (2016), revista e ampliada. Observa-se que para cada uma das classes estabelecidas a especificidade das camadas ou feições tecnogênicas (depósitos, solos ou formas de exposição ou mobilização dos substratos) define tipos particulares de terrenos, e também incluem depósitos de caráter induzido e remobilizado, solos tecnogênicos e terrenos erodidos ou escorregados.

Tabela 6. Classificação de terrenos tecnogênicos proposta por Peloggia et al. (2014), com colaborações de Peloggia (2015a) e Vitorino et al. (2016), revista e ampliada

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	Depósitos Tecnogênicos	Terreno produzido	Terreno aterrado Terreno acumulado	Depósitos tecnogênicos construídos Camadas tecnogênicas culturais (de ocupação, construção ou destruição) acumuladas sucessivamente		
			Terreno preenchido		Depósitos tecnogênicos construídos recobrimdo terreno escavado		
			Terreno tecnogênico sedimentar	Aluvial Coluvial	Depósitos tecnogênicos induzidos de fundos de vale 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 complexo	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)

Vitorino et al. (2016), com base em Peloggia (1999) e Fanning e Fanning (1989), acrescentam ainda à classificação o detalhamento da diferenciação descritiva da composição dos materiais dos depósitos tecnogênicos, com a utilização do conceito de *fácies tecnogênicas*, seguindo a definição elaborada por Peloggia et al. (2014):

[...] uma vez que todos os depósitos ou solos tecnogênicos são formados pela acumulação de material ou pela transformação de material original não tecnogênico, em ambas as situações o aspecto do material acumulado ou transformado é frequentemente uma característica fundamental para identificação e classificação, do mesmo modo que nos depósitos sedimentares naturais (PELOGGIA, 2017, p. 109).

A Tabela 7, a seguir, traz a classificação de fácies em camadas tecnogênicas, modificado de Vitorino et al. (2016), com base em Peloggia (1999) e Fanning e Fanning (1989).

Tabela 7. Classificação de fácies em camadas tecnogênicas, modificado 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.
Espóico	Material proveniente de escavação do manto de intemperismo, eventualmente com material rochoso subordinado.
Sedimentar	Material sedimentar, frequentemente com clastos tecnogênicos de qualquer granulacão.
Lítico	Material rochoso de granulacão 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)

Para possibilitar a análise comparativa das propostas anteriormente apresentadas, Peloggia (2017) elaborou uma tabela (Tabela 8) correlacionando as categorias utilizadas em cada proposta. O autor ressalta ter partido da classificação da geodiversidade tecnogênica por ser mais abrangente, ou seja, apresentar maior quantidade de categorias, acrescentando-se então colunas correspondentes à classificação britânica de terrenos artificiais, representada por McMillan e Powell (1999), Rosembaum et al. (2003), Price et al. (2004), Price et al. (2011), e à classificação dos materiais de solos produzidos pela humanidade elaborada por Fanning e Fanning (1989), por terem sido usadas como bases da anterior. Por fim, acrescentou-se a coluna referente à proposta dos Antropossolos, de Curcio, Lima e Giarola (2004).

Tabela 8. Análise comparativa entre as propostas de classificação das formações antropogênicas

TERRENOS TECNÔGENICOS (1)	TERRENOS ARTIFICIAIS (ARTIFICIAL GROUND) (2)	MATERIAIS DE SOLO PRODUZIDOS PELO HOMEM (3)	ANTROPOSOLOS (SUBORDENS) (4)	
	Terreno produzido	Made Ground	Material úrbico Material espólico Material dragado	Antropossolo sômico
	Terreno preenchido	Infilled Ground	Material gárbico	Antropossolo lítico Antropossolo móbilico
Depósitos Tecnogênicos	Terreno tecnogênico sedimentary	-	-	-
	Terreno tecnogênico de escorregamento	-	-	-
	Terreno tecnogênico remobilizado	-	-	-
	Terreno tecnogênico misto	Made Ground	-	-
	Terreno de composição alterada	-	-	-
Solos Tecnogênicos	Terreno mecanicamente alterado	-	-	-
	Terreno erodido	-	-	-
Substrato exposto	Terreno escorregado	-	-	-
	Terreno movimentado ou afundado	Disturbed Ground	-	-
	Terreno escavado	Worked Ground	Superfícies decapadas	Antropossolo decapítico
Paisagem tecnogênica	Terreno complexo	Landscaped Ground	-	-

(1) Modificado de Peloggia et al. (2014), Peloggia (2015) e Vitorino et al. (2016).

(2) McMillan e Powell (1999), Rosembaum et al. (2003), Price et al. (2004), Price et al. (2011).

(3) Fanning e Fanning (1989).

(4) Curcio, Lima e Giarola (2004).

Fonte: Peloggia (2017)

Peloggia (2017) aponta que a análise comparativa deixa evidente a total possibilidade de correlação entre as categorias classificatórias utilizadas pelas propostas, em termos de equivalência conceitual, e que a classificação da geodiversidade tecnogênica não só engloba as demais como também disponibiliza categorias adicionais, agrupadas em quatro classes principais, subdivididas em tipos de terrenos criados por distintos processos tecnogênicos.

Tendo em vista a intensidade e diversidade dos processos e materiais geológicos produzidos pela humanidade que caracterizam o período atual, Peloggia (2018) propõe que estes sejam incluídos ao denominado “Ciclos das Rochas”, um modelo teórico amplamente utilizado no campo e no ensino das Geociências para elucidar a transformação dos materiais terrestres ao longo do tempo geológico.

Conforme o autor, os produtos e registros do que denomina como agência geológica humana, expressão que será tratada mais adiante, estão ausentes nas representações referentes ao “Ciclo das Rochas”, no entanto,

[...] have been treated in the geological and natural sciences literature since the nineteenth century and the beginning of the twentieth century, and in Brazil such studies have been systematically carried out from the beginning of the 1990s, from

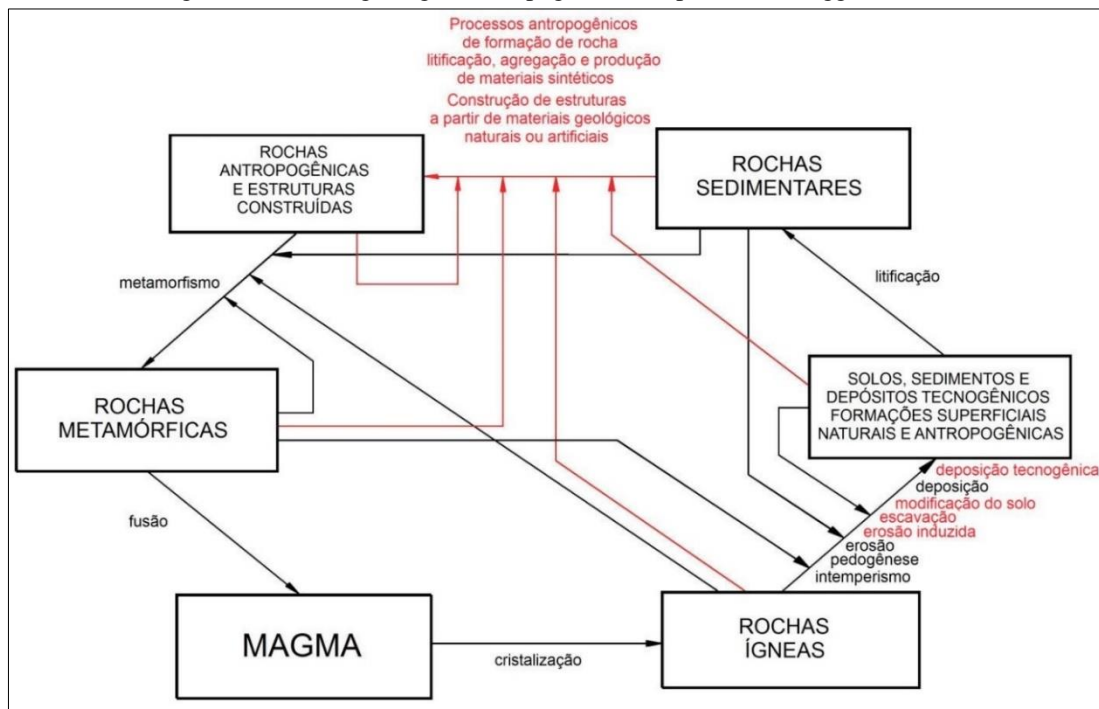
the concepts of “technogenic deposits” and “Technogene” or “Quinary” Periods proposed by Soviet Engineering Geology (CHEMEKOV 1983; TER-STEPANIAN 1983, 1988, 1994), and subsequently incorporating categories from British Geology [...] (PELOGGIA, 2018, p. 2).

Evidencia-se, assim, a necessidade de revisão e atualização do “Ciclo das Rochas”, incorporando, juntamente com processos e materiais geológicos naturais, aqueles produtos da ação geológica humana. Neste sentido, Peloggia (2019, p. 9-10) destaca que

A ocorrência de novos processos geodinâmicos, a produção de novos materiais sintéticos equivalentes a minerais e rochas e a formação de camadas tecnogênicas permite a reconfiguração do conhecido modelo conceitual do ciclo das rochas, ou ciclo geológico, com a inserção desses elementos. Tal ciclo, em que a importância estratigráfica de novos materiais como concreto e plástico tem sido apontada, vem se configurando progressivamente em função da intensificação da agência geológica humana ao longo do Quaternário, e deve se consolidar como o ciclo típico do Antropoceno.

A Figura 24 contém um novo esquema para o “Ciclo das Rochas”, denominado “Ciclo geológico antropogênico”, elaborado por Peloggia (2019) considerando que ação geológica humana produz não apenas rochas (materiais consolidados), mas também materiais não consolidados, o que inclui sedimentos e solos, isto é, formações superficiais.

Figura 24. O ciclo geológico antropogênico (adaptado de Peloggia (2018))



Fonte: Peloggia (2019)

Para Peloggia (2019, p. 2), a proposição do Antropoceno traz um desafio epistemológico para as Geociências e as Ciências Ambientais, haja visto o “complexo o debate acerca das implicações para a sociedade, e para a relação desta com a natureza, do reconhecimento de se estar vivendo em um tempo geológico gerado pela própria humanidade”.

No entanto, ressalta que

[...] o amplo desenvolvimento teórico dessa discussão, nas décadas de 2000 e 2010, no campo específico das Geociências e em nível internacional [...], de certo modo deixou de lado algumas contribuições antecessoras de grande importância, como o conceito de Tecnógeno ou Quinário (TER STEPANIAN 1988), que havia fornecido a base para os estudos da atuação geológica e geomorfológica da humanidade, que no Brasil se desenvolveram a partir da década de 1990, nomeados como “Geologia do Tecnógeno”, “Abordagem Geotecnogênica” e “Antropogeomorfologia” (PELOGGIA, 2019, p. 2).

Em mesma publicação, o autor propõe a utilização do termo “agência geológica humana” em detrimento ao termo “ação”, sob a justificativa de que tal ideia, oriunda do campo arqueológico, é “necessária para caracterizar a originalidade da atuação humana e sua diferenciação dos “agentes naturais”, cuja ação se dá em função de leis físicas ou de mecanismos puramente biológicos” (PELOGGIA, 2019, p. 2).

Isso posto, fica evidente que

[...] a especificidade da agência humana, portanto, envolve a consideração de fatores teleológicos, isto é, referentes à intencionalidade, inserindo assim a dimensão do psíquico, do racional e consciente, mas também do inconsciente, na forma como os seres humanos, genericamente, interferem nos processos geológicos e geomorfológicos naturais ou criam novos fenômenos. Esta análise implica, portanto, a consideração do papel da dimensão mental dos seres humanos na reconfiguração do planeta (PELOGGIA, 2019, p. 2-3).

Em termos analíticos, o entendimento das especificidades da agência geológico-geomorfológica humana tem se mostrado compatível com o método proposto por Ab’Saber (1969), anteriormente descrito, para os estudos do Quaternário. Conforme Peloggia (2019), deve-se considerar para essa análise três níveis, sendo estes: os processos; o registro estratigráfico; e a configuração (modelado) da paisagem.

Neste contexto, denomina-se como geotecnogênese o conjunto constituído pelos três níveis supracitados, cuja ocorrência não se dá de forma independente. Assim, é possível a fragmentação da geotecnogênese, para fins analíticos, considerando a tecnogênese dos processos, a morfotecnogênese e a tecnogênese dos depósitos ou estratigráfica (PELOGGIA, 2019).

É de interesse notar que o conhecimento produzido pela análise de terrenos antropogênicos é baseado, antes de tudo, na observação da realidade em campo, como todo procedimento geológico básico. O método fundamental é a análise morfoestratigráfica, que permite a correlação entre as formas de relevo antropogênicas e seus processos de formação com o registro deposicional correlativo. Esta abordagem é complementada por procedimentos geológicos e geomorfológicos usuais, de coleta e análise de material, datação, mapeamento etc., mas também recorre a fontes históricas, iconográficas e literárias, ou mesmo verbais, o que a aproxima dos métodos arqueológicos (PELOGGIA, 2019, p. 3).

Assim, vale ressaltar a importância da observação de campo para o entendimento das transformações resultantes da ação, ou melhor, da agência geológica humana nos diversos ambientes, e também da análise morfoestratigráfica, que possibilita correlações diversas entre os materiais, os processos e as formas.

Por isso, este trabalho utilizou-se dessa perspectiva analítica e dos procedimentos que a complementam para realizar um exercício interpretativo das transformações ocorridas na área de estudo, a partir da análise e caracterização das deposições tecnogênicas identificadas nos pontos de amostragem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari.

A seguir serão apresentados aspectos relativos aos depósitos tecnogênicos no Planalto Ocidental Paulista, morfoescultura na qual se insere a área de estudo.

4.3 Os depósitos tecnogênicos no Planalto Ocidental Paulista

As mudanças no uso da terra ocorridas no Planalto Ocidental Paulista foram responsáveis por reduzir as áreas com vegetação nativa e assim reordenar a dinâmica de escoamento superficial das águas. A esse respeito, Oliveira e Queiroz Neto (1994, p. 100), concordam que o povoamento do Planalto Ocidental Paulista,

[...] iniciado há cerca de um século, é o principal responsável pelos intensos processos erosivos que se manifestam até hoje, respondendo às diversas formas de uso do solo que se sucederam após os extensos desmatamentos. Esta erosão reflete não somente a radical alteração da cobertura vegetal, mas também a introdução do manejo do solo urbano ou rural, em terras virgens, responsáveis por extraordinárias mudanças do comportamento erosivo, sofrido pelo Planalto Ocidental paulista.

As alterações ocorridas na dinâmica hídrica superficial foram caracterizadas pela intensificação e concentração dos fluxos de escoamento, resultando na formação de feições erosivas (lineares e laminares). Tais mudanças colaboraram para o incremento da produção de sedimentos em quantidade muito superior ao quadro primitivo, resultando na gênese dos depósitos tecnogênicos (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 1994).

Oliveira (1994) complementa que

Marcada pela manifestação da erosão linear, o caráter da fase erosão acelerada do Planalto não se limitaria, portanto, a uma intensificação ou aceleração dos processos erosivos, em relação àqueles atuantes no quadro primitivo, mas incluiria uma mudança qualitativa da classe de erosão predominante. É esta mudança que pode explicar a elevada produção dos sedimentos que colmataram os fundos dos vales (OLIVEIRA, 1994, p. 202).

Oliveira e Queiroz Neto (2019, p. 91-92) destacam que “estes processos erosivos não pertencem mais à dinâmica geológica, mas a uma nova dinâmica, que pode ser denominada geotecnogênica, pois só se manifestaram devido à ação antrópica”. Os autores complementam ainda que

Milhares de voçorocas e ravinas eclodiram assim na região como processo de busca de reajuste dos solos e vertentes às novas condições, em direção a um novo equilíbrio do balanço hídrico, durante a transição do ambiente natural para o antropizado. A perda de solos na região foi intensa e produziu uma carga instantânea de sedimentos que colmataram os cursos d'água formando depósitos colúvio-aluvionares, de caráter denominado tecnogênico, uma vez que não existiriam sem a ação do ser humano (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019, p. 92-93).

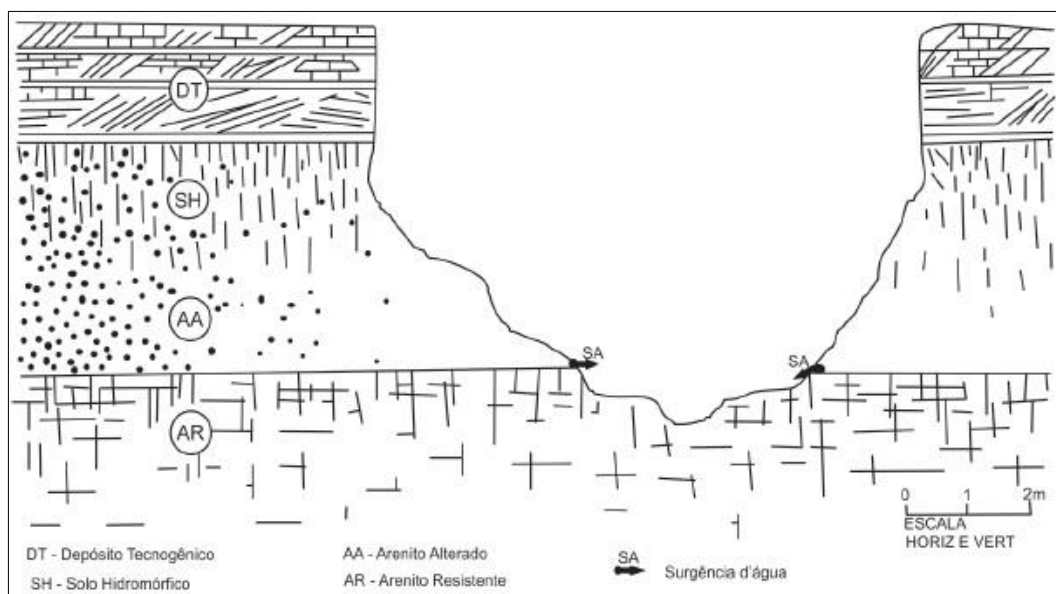
Em levantamento realizado pelo DAEE (1989), foram cadastradas cerca de 300 ravinas de grande porte e de voçorocas, nas áreas urbanas, e quase 1000 na área rural das bacias do Peixe e do Paranapanema. Oliveira (1990) elaborou croquis das ocorrências erosivas, em

escalas da ordem de 1:1.000, nos quais os depósitos tecnogênicos passaram a ser reconhecidos em separado, porém associados, das demais formações geológicas/pedológicas.

Os primeiros relatos a respeito dessas deposições foram divulgados nos anos de 1990, em trabalhos publicados em anais de eventos, como Oliveira (1990), e artigos científicos, como Oliveira e Queiroz Neto (1994). A partir dos levantamentos realizados, estima-se, para todo o Planalto Ocidental Paulista, a existência de milhares de voçorocas e ravinas de grande porte, com depósitos tecnogênicos correlatos nos fundos dos vales a jusante (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019).

Com base nesses reconhecimentos, Oliveira (1990) elaborou representação referente a forma mais comum de ocorrência de um depósito tecnogênico (Figura 25), quando se encontra exposto pelo entalhamento de um canal fluvial.

Figura 25. Forma típica de ocorrência de um depósito tecnogênico entalhado por canal fluvial



Fonte: Oliveira e Queiroz Neto (2019)

Quanto as características dessas deposições (tecnogênicas), Oliveira e Queiroz Neto (1994, p. 110) apontam que

A espessura mais frequente é da ordem de 1 a 3 m, mas já foram reconhecidos depósitos com até 8 m. Assoreiam as planícies de inundação ou formam terraços aluvionares, com larguras de 50 a 100 ou mesmo 200 m, podendo assim se estender por centenas e mesmo milhares de metros ao longo dos fundos dos vales. Em geral, os depósitos podem ser correlacionados a fontes importantes de sedimentos, representadas por feições erosivas lineares de grande porte, ravinas ou voçorocas, a montante das ocorrências. Sua presença pode também ser denunciada por moradores locais que tenham vivenciado a colmatação dos cursos d'água.

Os autores ainda complementam que

[...] os depósitos são predominantemente arenosos e com estratificação plano-paralela, conferida pela intercalação de camadas arenosas de 10 a 100 cm de espessura e camadas mais argilosas de 1 a 10 cm. Estas têm cores mais brunas que as arenosas. As camadas arenosas apresentam, frequentemente, estratificação cruzada, e nelas podem ser encontrados restos de artefatos (pedaços centimétricos de tijolos, de telhas, de vidros, plásticos etc.), especialmente quando associados à ocupação urbana. Na base, podem ser encontrados pedaços de carvão e restos de madeira, parcial ou totalmente carbonizada, como prováveis testemunhos das primeiras queimadas (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 1994, p. 111).

Oliveira (1994) elaborou uma síntese (Tabela 9) contendo as principais características (substrato, conteúdo e forma de ocorrência) de depósitos tecnogênicos de fundo de vale, induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista.

Tabela 9. Características principais de depósitos tecnogênicos de fundo de vale, induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista

	<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
<i>Da Forma da Ocorrência</i>	Feições morfológicas	Planície de inundação, com lâmina d'água rasa, formada por filetes anastomosados e sem canal definido. Terraço aluvionar com curso d'água em canal entalhado, com paredes abruptas, submetido a erosão fluvial.
	Cobertura vegetal	Solo nu ou coberto por taboas ou gramíneas com arbustos esparsos. Mata ciliar morrendo ou ausente.
	Feições de erosão correlatas	Voçorocas. Ravinas.
	Em fotos aéreas	Faixas e linhas brancas alongadas, sinuosas e em leque, representando deposições recentes de sedimentos, sem cobertura vegetal.
	Na análise dinâmica	Desaparecimento progressivo da mata ciliar. Aumento lateral do depósito e progressão para jusante. Definição e entalhamento progressivo do canal do curso d'água.
	Em relatos de moradores	Soterramento de pontes, monjolo, cercas. Entupimento ou colmatação de canais e poços de pesca. Assoreamento de açudes.
	<i>Do Conteúdo</i>	Cor
Textura		Sedimentos predominantemente arenosos.
Estratificação		Plano-paralela: camadas arenosas decimétricas de cores vermelhas e amarelas e camadas areno-argilosas centimétricas de cores brunas. Estratificação cruzada nas camadas arenosas.
Comportamento mecânico		Sedimentos pouco coesos. Camadas arenosas friáveis. Baixa resistência à penetração do trado. Liquefação das areias nos furos à trado, sob o lençol freático.
Artefatos e obras		Presença eventual de restos de tijolos, telhas, madeiras, vidro, etc. Possíveis cercas, monjolos, pontes, etc.
Da base do depósito		Matéria orgânica abundante. Restos vegetais. Carvão e madeira carbonizada.
<i>Do Substrato</i>	Contato brusco com o depósito. Solo hidromórfico ou substrato rochoso. Resistência à penetração do trado.	

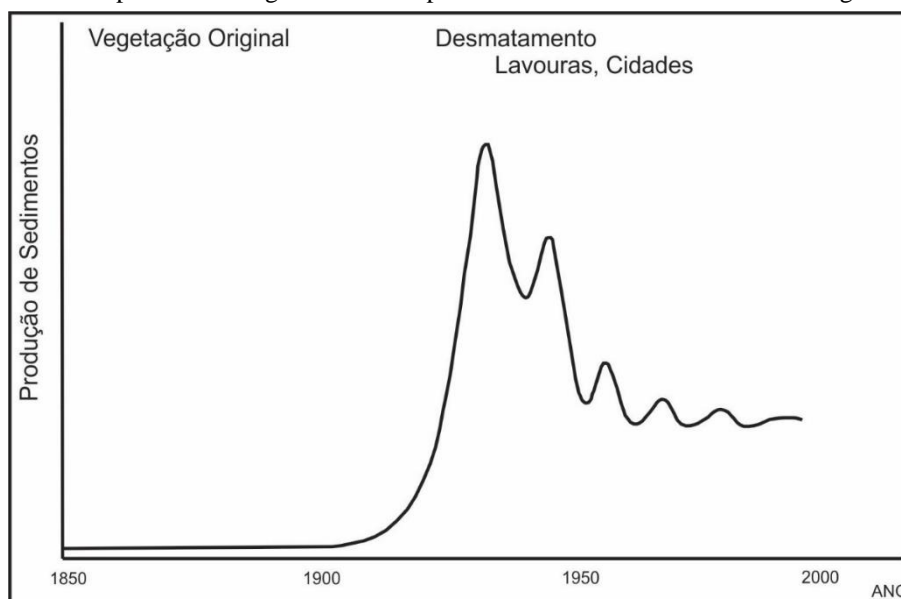
Fonte: Oliveira e Queiroz Neto (2019)

Oliveira e Queiroz Neto (1994) pontuam que as transformações no meio físico do Planalto Ocidental Paulista, intensificadas pela expansão cafeeira na transição do século XIX para o XX, continuam em curso, induzidas pelas mudanças no uso agrícola da terra e pela expansão dos núcleos urbanos. Com isso, “daqueles primeiros depósitos alguns estão sendo cultivados, outros estão sendo incorporados ao assentamento urbano nas periferias das cidades e, ainda, outros foram quase totalmente erodidos” (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 1994, p. 115). Ao mesmo tempo, novas deposições continuam a se formar, sobretudo em áreas onde o

uso da terra, desprovido de práticas adequadas de manejo, atua para o desenvolvimento de intensos processos erosivos.

Neste contexto, considerando o histórico de uso da terra e da dinâmica de erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista, Oliveira (1994) idealizou um modelo hipotético de produção de sedimentos (Figura 26) que representa a tendência geral de atenuação dos processos erosivos lineares ao longo do tempo.

Figura 26. Forma hipotética da curva de produção de sedimentos do Planalto Ocidental Paulista. Válida para a compreensão do comportamento regional. Não é aplicável diretamente a uma bacia hidrográfica específica.



Fonte: Oliveira (1994)

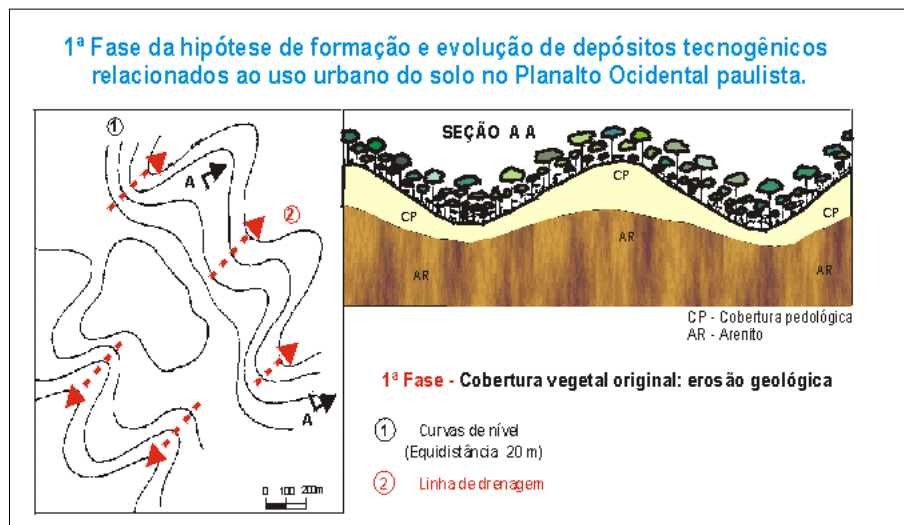
Segundo o autor, essa tendência histórica de redução da produção de sedimentos tem propiciado o entalhe das deposições tecnogênicas formadas nos primórdios da ocupação do Planalto Ocidental Paulista, porém a mesma não ocorre em locais onde as práticas de uso da terra, a exemplo das expansões urbanas, são realizadas sem critérios técnicos e com vistas a conservação dos solos.

Oliveira (1994) destaca ainda que a erosão linear, gradativamente atenuada na zona rural, deslocou-se para as zonas urbanas, acompanhando o êxodo do rural e a migração para as cidades ocorridos no final dos anos de 1960. Nas áreas urbanas, a rápida expansão das cidades desencadeou a reativação, nas periferias, de processos erosivos que estavam apenas iniciados como resposta aos desmatamentos.

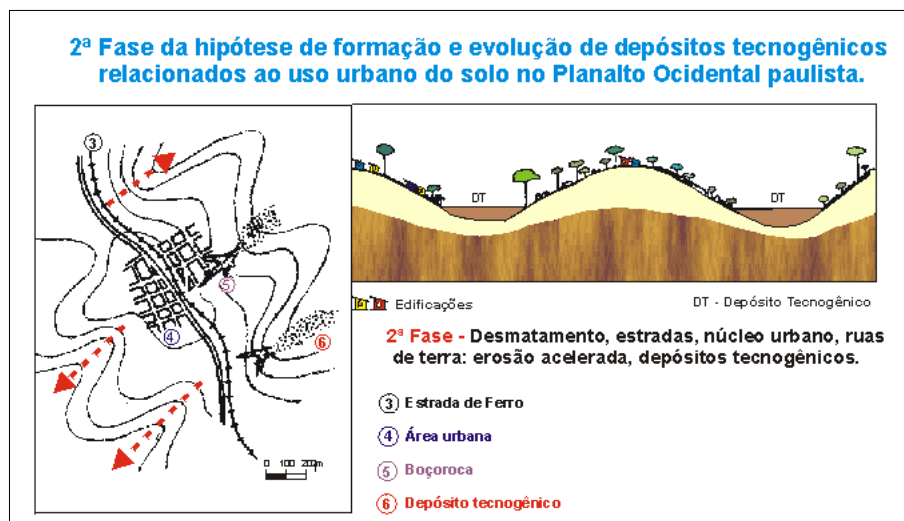
Em publicação posterior, Oliveira (1995) defende que o surgimento e a intensificação dos processos erosivos nas áreas urbanas do Planalto Ocidental Paulista possibilitaram o acúmulo de sedimentos em setores a jusante das áreas ocupadas, especialmente nos fundos de

vale, resultando na formação dos depósitos tecnogênicos. Com o incremento da urbanização, os depósitos tecnogênicos localizados nos fundos de vales passaram a ser retrabalhados. A esse respeito, Oliveira (1995) elaborou um esquema ilustrativo representativo das fases (hipotéticas) de formação e evolução de depósitos tecnogênicos relacionados ao uso urbano do solo no Planalto Ocidental Paulista (Figura 27).

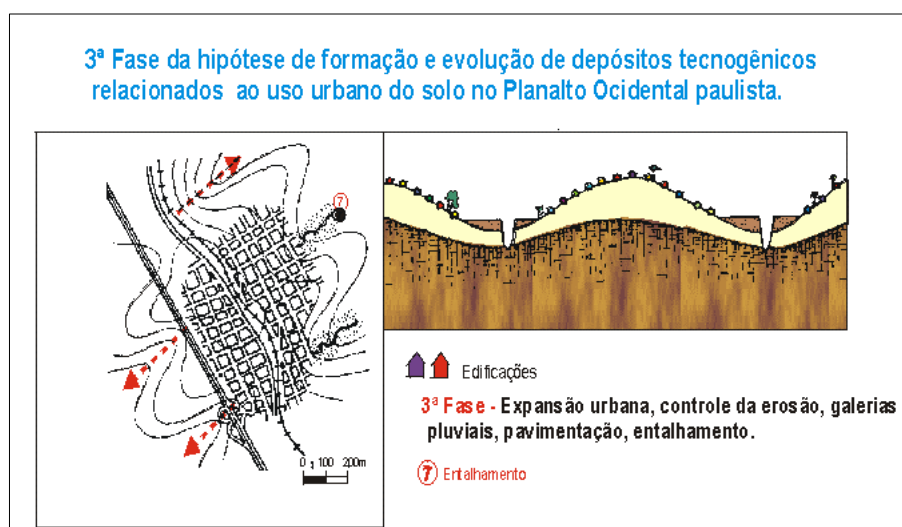
Figura 27. Fases hipotéticas de formação e evolução de depósitos tecnogênicos relacionados ao uso urbano do solo no Planalto Ocidental Paulista conforme Oliveira (1995)



1ª fase: A retirada e queima da cobertura vegetal foram amplamente executadas na região, gerando desequilíbrio no balanço hídrico e conseqüente surgimento e/ou intensificação de processos erosivos.



2ª fase: O acúmulo de sedimentos em setores a jusante das áreas ocupadas, especialmente nos fundos de vale, proporcionou a formação dos depósitos tecnogênicos.



3ª fase: Com o avanço das ocupações nos topos e vertentes das colinas, pavimentando ruas, construindo galerias pluviais, e outras ações, os depósitos tecnogênicos que estavam nos fundos de vales passaram a ser retrabalhados.

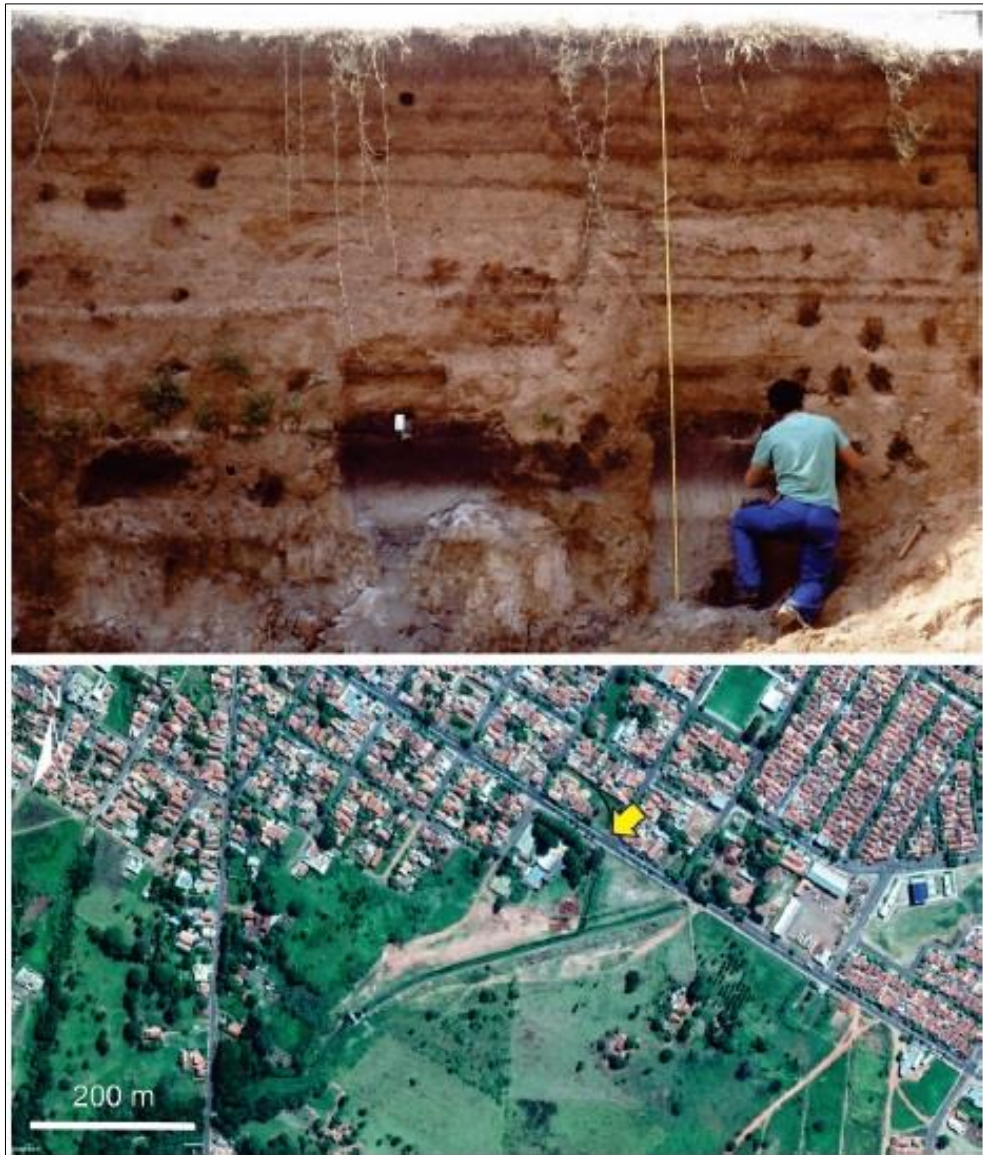
Em período mais recente, outros impactos iniciaram-se como resultado de mudanças no uso das terras do Planalto Ocidental Paulista, tais como as mudanças de culturas, por exemplo o avanço da cana de açúcar sobre áreas de pastagem e de culturas anuais em alguns locais; a implantação de rede viária, linhas de transmissão, dutos etc., conforme mencionam Oliveira e Brannstrom (2004).

Deste modo, os depósitos tecnogênicos ocorrentes no Planalto Ocidental Paulista testemunham não apenas o caráter descontínuo da erosão, mas também o caráter histórico dos processos de erosão acelerada na região, de modo que sua análise deve ser feita considerando-se aspectos históricos, geológico-geomorfológicos, hidrológicos etc. (OLIVEIRA, 1994).

Oliveira e Queiroz Neto (2019, p. 97) defendem que “a aplicação do conceito de Aloformação é adequada à nomenclatura estratigráfica dos depósitos dos fundos dos vales do Planalto Ocidental Paulista, pois registram e expressam o efeito regional de um evento histórico expressivo no oeste do estado de São Paulo”.

Assim, propõem a designação Aloformação Andradina, denominação em referência a localidade que teve o primeiro depósito tecnogênico estudado por Oliveira (1990) (Figura 28) e onde é possível reconhecer a referida Aloformação como “um estratótipo, não resultante de um evento fortuito ou localizado, mas sim a expressão do quadro geológico configurado pela ação do homem como agente geológico no Planalto Ocidental Paulista” (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019, p. 97).

Figura 28. Vista do depósito tecnogênico de Andradina estudado em 1989. Abaixo, imagem de satélite Digital Globe (Fonte: Google Earth) da área (Córrego Pereira Jordão, afluente do Rio Moinho, Bacia do Rio Paraná, município de Andradina, SP)



Fonte: Oliveira e Queiroz Neto (2019)

A proposição de uma unidade aloestratigráfica referente às deposições tecnogênicas ocorrentes no Planalto Ocidental Paulista soma-se a outras proposições elaboradas por diversos autores para designar estratigraficamente os depósitos tecnogênicos, como a Aloformação Carrapato⁹, referida como depósito tecnogênico de encosta na região de Bananal; a Aloformação Resgate¹⁰, constituída por depósitos tecnogênico-aluviais na região de Bananal; a Aloformação Ribeirão Mombaça¹¹, referida como depósito de baixo terraço e planícies de

⁹ Ver Moura e Mello (1991).

¹⁰ Ver Mello et al. (1995).

¹¹ Ver Mello (1997).

inundação de cursos d'água do médio vale do rio Doce; a Formação Várzea do Carmo¹², para designar o conjunto de depósitos tecnogênicos formados nas planícies fluviais da cidade de São Paulo (SP) (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019); e a Formação Rio Una¹³, contemplando depósitos sedimentares induzidos por processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do Rio Una, município de Taubaté (SP).

As referidas Aloformações compartilham a ideia de que as deposições denominadas como tecnogênicas são a expressão dos efeitos decorrentes da ação geológica humana, em uma dada região, a exemplo dos processos erosivos tecnogênicos, responsáveis por ampliar o aporte de sedimentos, que colmatam os fundos de vale, como ocorrido no Planalto Ocidental Paulista. O mesmo cenário pode ser observado na bacia do rio Mandaguari, onde foram identificadas deposições tecnogênicas nos fundos de vale, conforme será descrito no item 6.

¹² Ver Peloggia (1998).

¹³ Ver Peloggia, Capellari e Shikako (2015).

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A seguir serão descritos os aspectos referentes ao meio físico da área de estudo, bem como questões relacionadas ao uso da terra, considerando não apenas o contexto local, mas também o regional.

5.1 Geologia

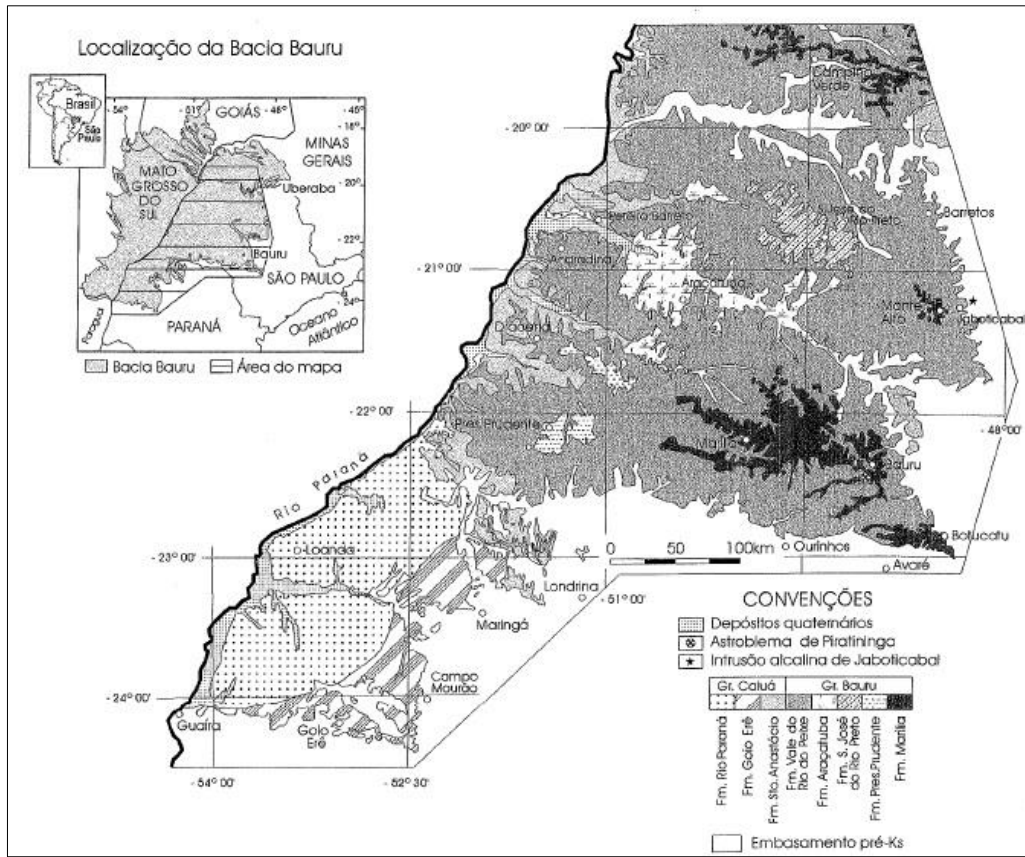
A bacia hidrográfica do rio Mandaguari encontra-se, do ponto de vista geológico, inserida nos domínios da Bacia Bauru que, conforme mapeamento elaborado por Perrotta et al. (2006) e publicado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM, juntamente com a Bacia do Paraná integra a chamada Província Paraná.

Conforme Fernandes e Coimbra (2000), a Bacia Bauru teve origem no Neocretáceo, no centro-sul da Plataforma Sul-Americana, em evento de compensação isostática posterior ao acúmulo de quase 2.000 m de lavas basálticas, ocorrido no Cretáceo Inferior.

Desenvolveu-se como bacia continental pós-ruptura do continente gondwânico, acumulando uma sequência sedimentar essencialmente arenosa, hoje com espessura máxima de cerca de 300 m e área de 370.000 km². A sequência como substrato basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), dos quais é separada por não-conformidade, e limite superior erosivo, demarcado pela Superfície Sul-Americana ou sua posterior dissecação. No Brasil, ocorre na parte ocidental do estado de São Paulo, no noroeste do Paraná, no leste e Mato Grosso do Sul, no Triângulo Mineiro e no sul de Goiás (FERNANDES; COIMBRA, 2000, p. 717).

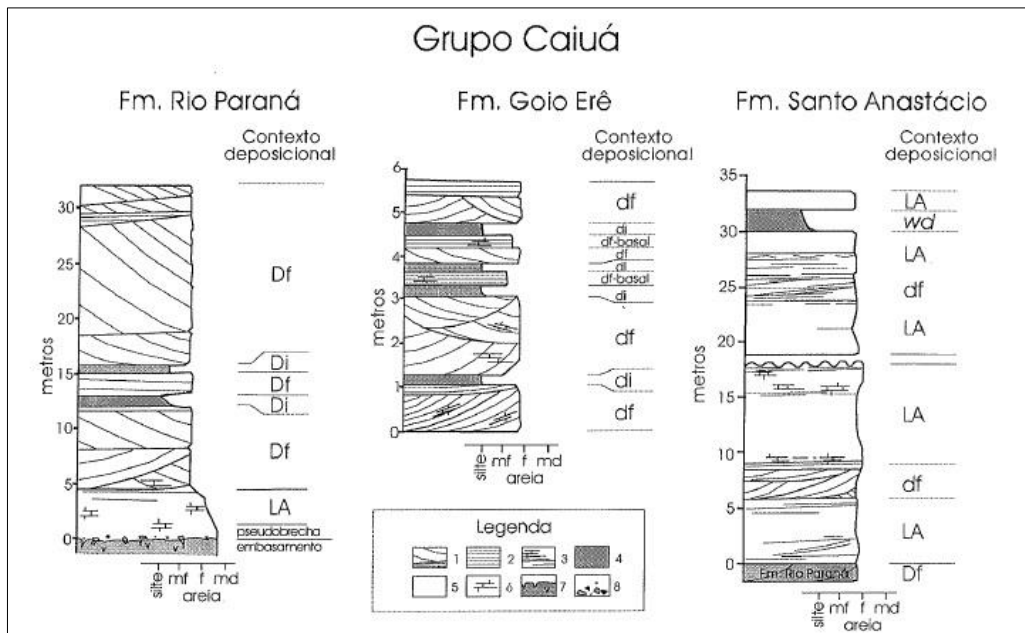
Na porção oriental da Bacia Bauru (Figura 29), onde se encontra a área de estudo, a sequência suprabasáltica neocretácea é formada pelos Grupos Bauru e Caiuá. O Grupo Caiuá é composto pelas formações Rio Paraná, Santo Anastácio e Goio Erê (Figura 30), sendo esta última de ocorrência restrita ao extremo sudeste da bacia, no estado do Paraná.

Figura 29. Mapa litoestratigráfico da porção oriental da Bacia Bauru



Fonte: Fernandes e Coimbra (2000)

Figura 30. Seções-tipo das formações integrantes do Grupo Caiuá



Convenções: 1. arenito com estratificação cruzada, 2. arenito maciço a mal estratificado, 3. arenito com cimento e nódulos de CaCO₃, 4. lamito arenoso, 5. arenito maciço, 6. cimento CaCO₃, 7. basalto, 8. arenito maciço com fragmentos de basalto, nódulos de argila e carbonato. Depósitos: frontais de dunas de grande porte (Df), de interdunas secas (Di), frontais de dunas de pequeno-médio porte (df), de interdunas úmidas (di), de lençóis de areia (LA), de wadi (wd).

Fonte: Fernandes e Coimbra (2000)

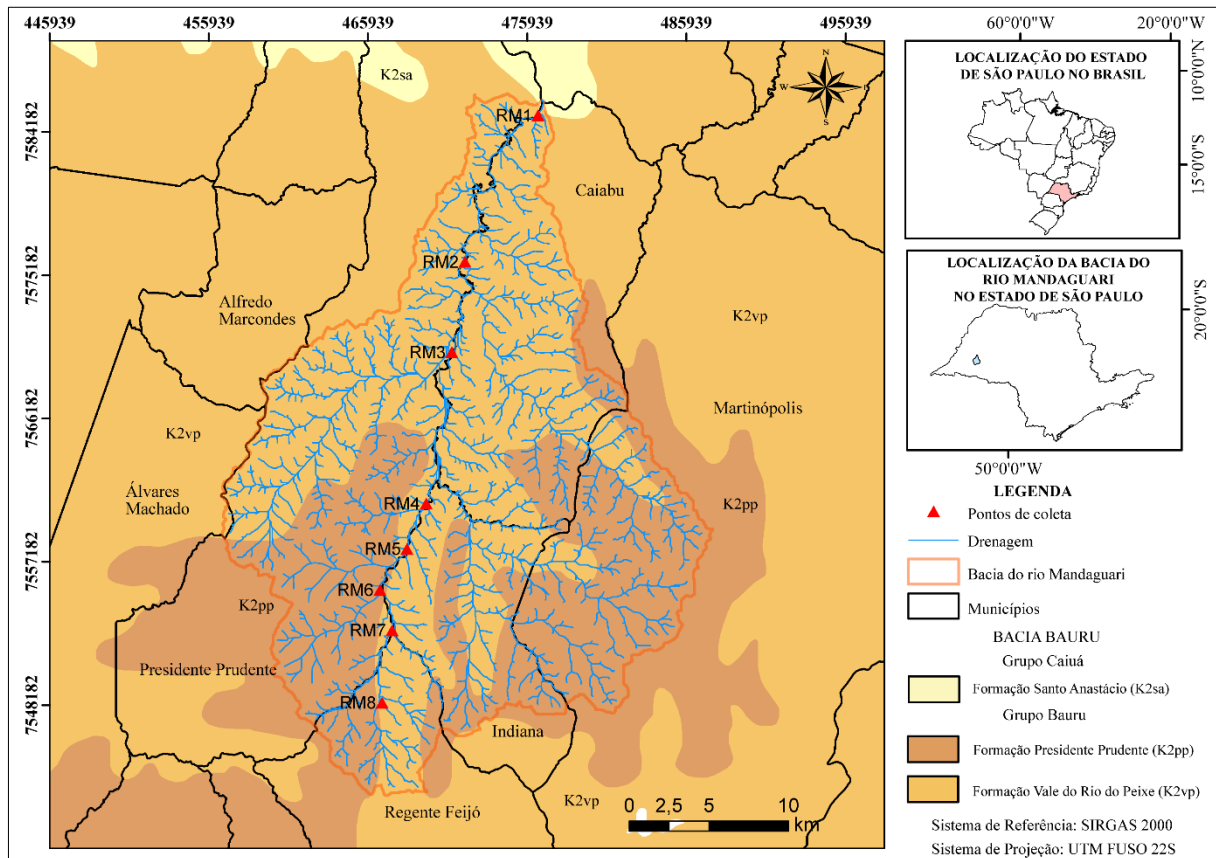
Nenhuma das formações integrantes do Grupo Caiuá encontra-se inserida nos limites da área de estudo, no entanto, a formação Santo Anastácio (K2sa) tangencia a porção norte da bacia, na foz com o rio do Peixe, do qual o rio Mandaguari é afluente. Ressalta-se que esta formação apresenta passagens graduais e recorrentes para as formações Rio Paraná (K2pa), também do Grupo Caiuá, e Vale do Rio do Peixe (K2vp), do Grupo Bauru, esta sim ocorrente na área de estudo.

Conforme Fernandes e Coimbra (2000), a formação Santo Anastácio (K2sa) tem ocorrência frequente nas calhas dos baixos vales dos afluentes do rio Paraná, no trecho paulista, com espessura máxima preservada de 70 a 100 m.

Caracteriza-se por apresentar estratos arenosos tabulares, de aspecto maciço típico, com espessura decimétrica (até 1 m) e raras intercalações de estratos de lamitos e argilitos. Constitui-se de arenitos quartzosos subarcoseanos, quase sempre maciços, finos a muito finos, pobremente selecionados, com a fração silte subordinada, e pequena quantidade de matriz silto-argilosa. Os grãos são subangulosos a subarredondados, foscos, encobertos por uma película de óxido de ferro. O contexto deposicional consiste de depósitos de lençóis de areia, essencialmente secos, acumulados em extensas e monótonas planícies desérticas, marginais dos grandes complexos de dunas do *sand sea* (Deserto Caiuá). Mais raramente, depósitos de enxurradas de chuvas torrenciais esporádicas (*wadis*) (FERNANDES; COIMBRA, 2000, p. 720).

Já o Grupo Bauru possui como unidades litoestratigráficas as formações Vale do Rio do Peixe (K2vp), Araçatuba (K2ar), São José do Rio Preto (K2rp), Presidente Prudente (K2pp) e Marília (K2m). Assenta-se sobre basaltos do Grupo São Bento (Formação Serra Geral), do qual é separado por não-conformidade, e apresenta passagem gradual, lateral e recorrente para o Grupo Caiuá. Na área de estudo (Figura 31) observa-se a ocorrência das formações Vale do Rio do Peixe (K2vp) e Presidente Prudente (K2pp), descritas em sequência.

Figura 31. Mapa de unidades litoestratigráficas ocorrentes na bacia hidrográfica do rio Mandaguari



Org.: do autor

5.1.1 Formação Vale do Rio do Peixe (K2vp)

A Formação Vale do Rio do Peixe é a unidade de maior extensão aflorante na porção leste da Bacia Bauru, constituindo o substrato atual de grande parte da região oeste do estado de São Paulo e do Triângulo Mineiro. Repousa diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral (K1 β sg), do Grupo São Bento, passando gradualmente, a oeste e sudoeste, para a Formação Santo Anastácio, encobrendo-a. Nos médios vales dos rios Tietê, Aguapeí e S. José dos Dourados contorna - por ser em parte contemporânea - a Formação Araçatuba, recobrendo-a nos seus limites. Geralmente, este contato é gradual, todavia, pode apresentar passagem brusca local, às vezes recorrente (FERNANDES; COIMBRA, 2000).

Quanto à composição, os referidos autores descrevem que a formação em questão é composta por

[...] estratos de espessura submétrica (geometria tabular típica), de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos, de contatos não ou pouco erosivos. Os arenitos são muito finos a finos, marrom-claro rosado a alaranjado, de seleção moderada a boa. Têm aspecto maciço ou estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte. O contexto deposicional consiste de depósitos essencialmente eólicos, acumulados em extensas áreas planas, na forma de lençóis de areia, com

campos de dunas baixas, alternados com depósitos de loesse. Provavelmente, os lamitos foram fixados em depressões, em corpos aquosos rasos e efêmeros, criados em períodos de elevação do nível freático (FERNANDES; COIMBRA, 2000, p. 720-721).

Fernandes (1998) salienta que a Formação Vale do Rio do Peixe (K2vp) tem contato marcado por diastemas, intervalos de tempo referente a uma descontinuidade de sedimentação por não deposição e/ou por erosão de camadas já depositadas, com as formações Presidente Prudente (K2pp) e São José do Rio Preto (K2rp), transicionando gradualmente para unidades do Grupo Caiuá (Santo Anastácio, Goio Erê e Rio Paraná), no sudoeste e oeste da Bacia Bauru, onde dominam estratos arenosos com maior frequência de intercalações de unidades com estratificação cruzada. Já na borda leste da Bacia Bauru, a formação apresenta granulação relativamente mais grossa (arenitos finos a médios), mantendo, porém, suas características básicas (geometria e estruturas sedimentares).

5.1.2 Formação Presidente Prudente (K2pp)

A Formação Presidente Prudente, conforme descrito por Fernandes e Coimbra (2000), ocorre na parte superior de interflúvios dos rios do Peixe e Paranapanema (região de Presidente Prudente), assim como dos rios Aguapeí e do Peixe (espigão Osvaldo Cruz-Adamantina-Pacaembu), com boas exposições nas imediações de Presidente Prudente e Adamantina. A ocorrência dessa formação está relacionada às cotas mais altas dos interflúvios regionais, abaixo das quais aflora a Formação Vale do Rio do Peixe. O contato entre elas é interdigitado, denotando a gradual instalação da primeira (depósitos fluviais) sobre a segunda (depósitos eólicos).

Os referidos autores apontam que a Formação Presidente Prudente é constituída por

[...] arenitos muito finos a finos (dominantes) e lamitos arenosos, em alternância de: 1) lentes arenosas com estratificação cruzada acanalada, isoladas ou múltiplas (unidades de corte-e-preenchimento); 2) arenitos com corpos tabulares com estratificação sigmoidal interna; 3) arenitos a siltitos em camadas tabulares, com estratificação plano-paralela e estruturas de fluxo aquoso de regime inferior dominante; e 4) lamitos argilosos em geral maciços, em estratos tabulares. Os arenitos têm cores marrom-avermelhado claro a bege, seleção moderada a má, matriz lamítica; os lamitos argilosos têm cor marrom-escuro (chocolate). Eventualmente, a fração areia média pode ocorrer nos arenitos, em menor porcentagem. Não raro, os estratos e lentes arenosas formam "mantas" suavemente onduladas, com cimentação carbonática posterior à deformação por sobrecarga (diagenética) (FERNANDES; COIMBRA, 2000, p. 726).

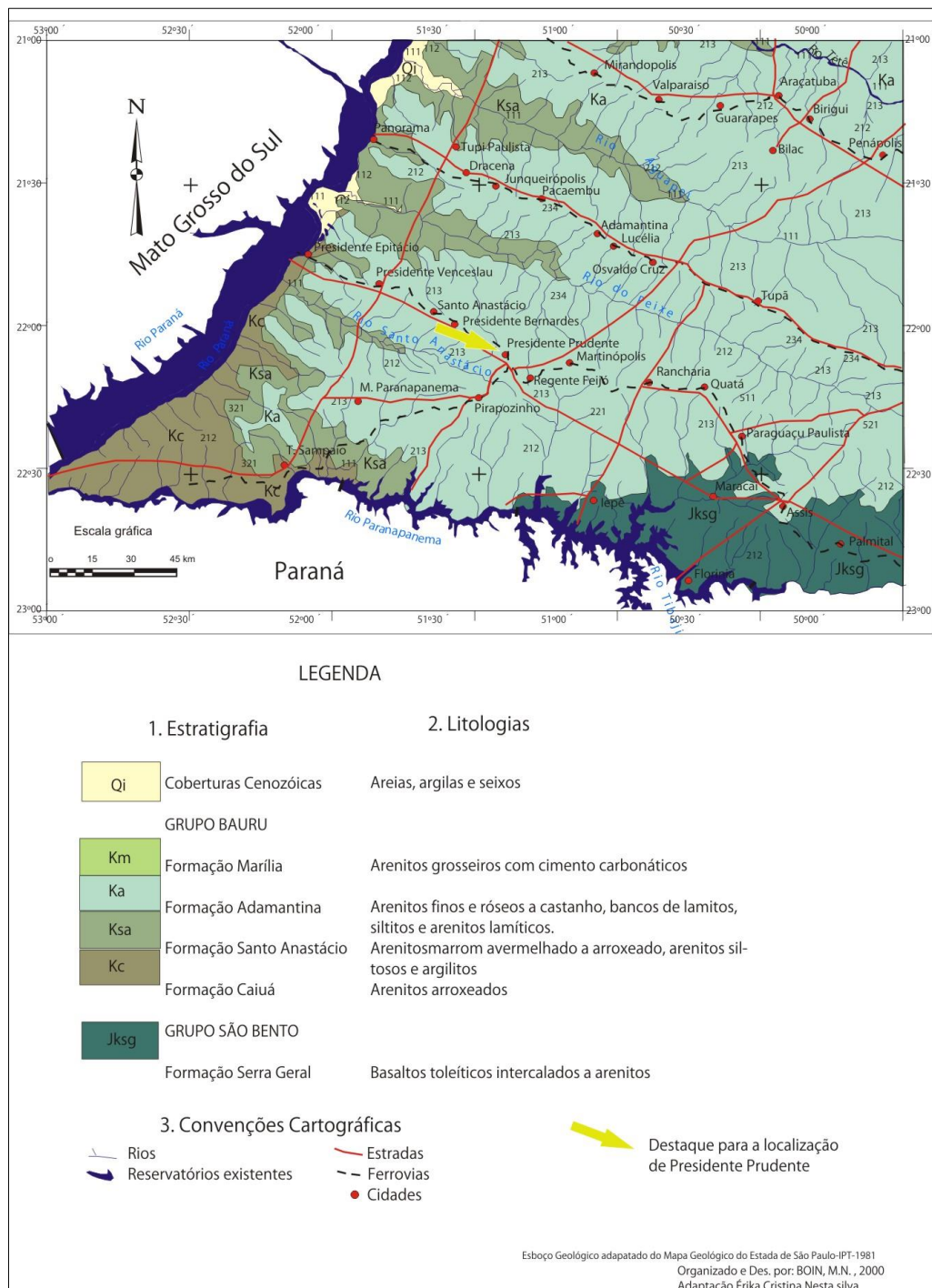
Fernandes (1998) aponta que os arenitos frequentemente apresentam-se cimentados por carbonato de cálcio, em especial como estratos de aspecto maciço. Nestes casos, conforme o

autor, “a cimentação mascara estruturas sedimentares de pequeno porte, como laminação por migração de ondulações. [...] A cimentação preferencial de arenitos provavelmente decorre de sua maior permeabilidade original” (FERNANDES, 1998, p. 96).

Quanto ao ambiente deposicional, Fernandes e Coimbra (2000) salientam que a Formação Presidente Prudente se depositou em sistema fluvial meandrante arenoso fino, de canais rasos com sinuosidade relativamente baixa. A unidade é composta pela alternância de depósitos de preenchimento de canais amplos e rasos, com depósitos de planícies de inundação/arrombamento de diques marginais (*crevasse*). Provavelmente, o caráter meandrante foi determinado pela baixa declividade regional das áreas mais interiores da Bacia Bauru.

Em termos de equivalência à classificação adotada pelo IPT (1981) para o mapeamento geológico do estado de São Paulo, a área em estudo encontra-se nos domínios da Formação Adamantina (Cretáceo Superior), pertencente ao Grupo Bauru (Figura 32).

Figura 32. Carta geológica do Oeste Paulista. Adaptada por Boin (2000) do mapa geológico do estado de São Paulo (IPT, 1981). Em destaque, a localização do município de Presidente Prudente, que ocupa o setor oeste da bacia hidrográfica do rio Mandaguari.



Fonte: Silva (2017)

A respeito da referida formação, Paula e Silva, Chang e Caetano-Chang (2003, p. 28) apontam que

A formação Adamantina foi formalmente proposta por Soares et al. (1980) como um conjunto de fácies compostas por bancos de arenito portando estratificação cruzada, intercalados a bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos. Nessa proposta, os

referidos autores justificaram, ainda, a manutenção de denominações regionais, como São José do Rio Preto, Taciba e Ubrajara, em razão da diversidade litofaciológica da unidade.

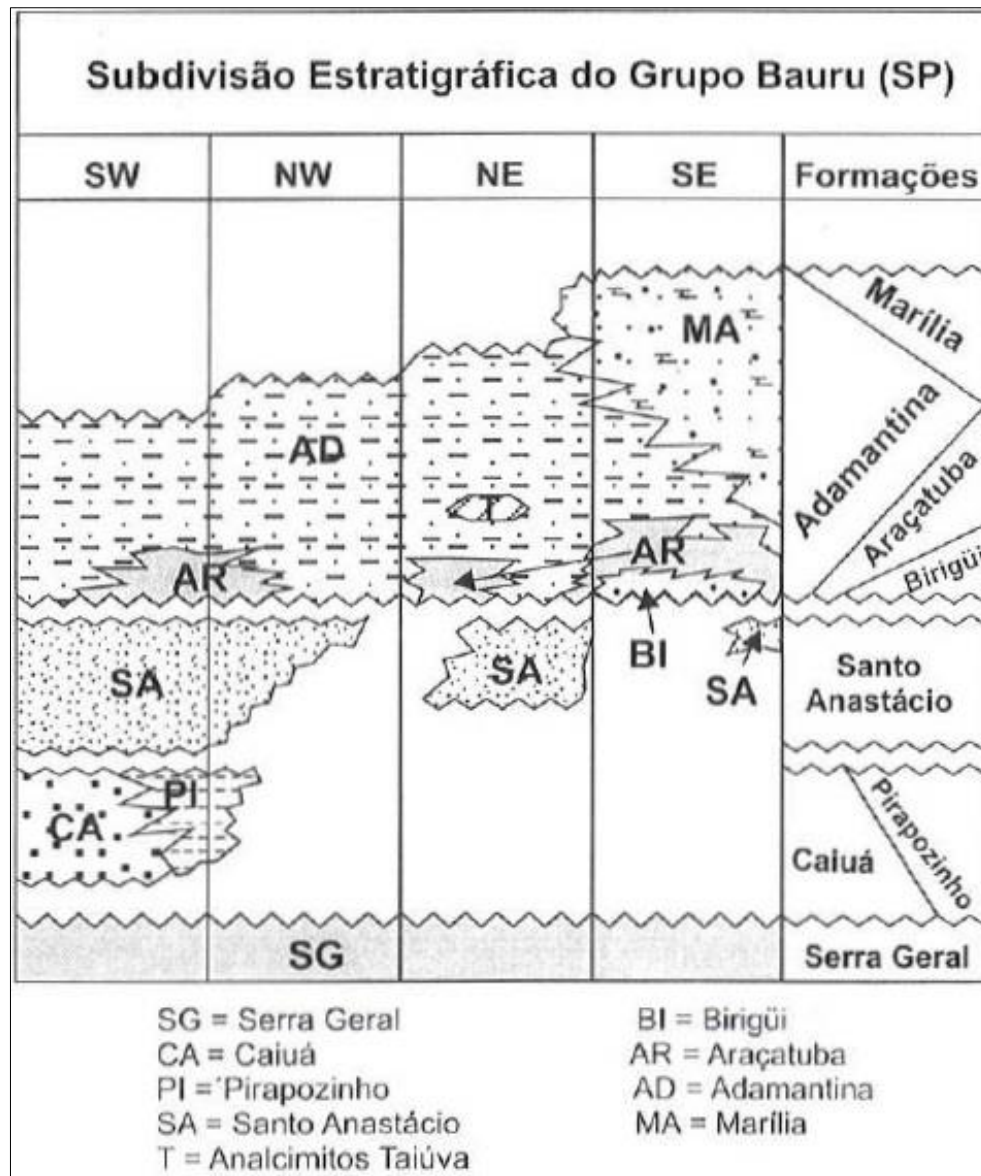
Além da Formação Adamantina, no Grupo Bauru também estão presentes as formações Caiuá, Santo Anastácio e Marília, sendo que, segundo Soares et al. (1980, apud IPT (1981)), a Formação Adamantina situa-se estratigraficamente entre a Formação Santo Anastácio e a Formação Marília. O contato inferior, de acordo com o IPT (1981), pode ocorrer, também, diretamente sobre o embasamento basáltico (contato erosivo).

No entanto, Fernandes (1998), em sua proposta de subdivisão estratigráfica dos sedimentos cretáceos suprabasálticos, sugere o abandono do termo Adamantina e a fragmentação da unidade nas formações São José do Rio Preto (K2rp), Vale do Rio do Peixe (K2vp) e Presidente Prudente (K2pp).

Porém, nos anos 2000, estudos executados por Paula e Silva (2003) e Paula e Silva, Chang e Caetano-Chang (2005) retomam a designação Adamantina por entenderem que a característica principal dessa unidade é a variabilidade litofaciológica lateral e vertical. Nestes estudos, os autores identificaram a configuração do arcabouço estratigráfico de subsuperfície do Grupo Bauru baseados em perfis geofísicos e dados de poços profundos perfurados para captação de água subterrânea em diferentes localidades do estado de São Paulo.

Nos trabalhos citados, foram identificadas as formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina, Marília (segundo concepção de Soares et al. (1980)) e Araçatuba (conforme redefinição de Batezelli et al. (1999)), e reconhecidas duas novas unidades, de ocorrência restrita à subsuperfície, denominadas Pirapozinho e Birigui, conforme (Figura 33), a seguir.

Figura 33. Relações estratigráficas entre as formações cretáceas suprabasálticas nos diferentes compartimentos do Grupo Bauru no Estado de São Paulo (modificado de Paula e Silva, 2003)



Fonte: Paula e Silva, Chang e Caetano-Chang (2003)

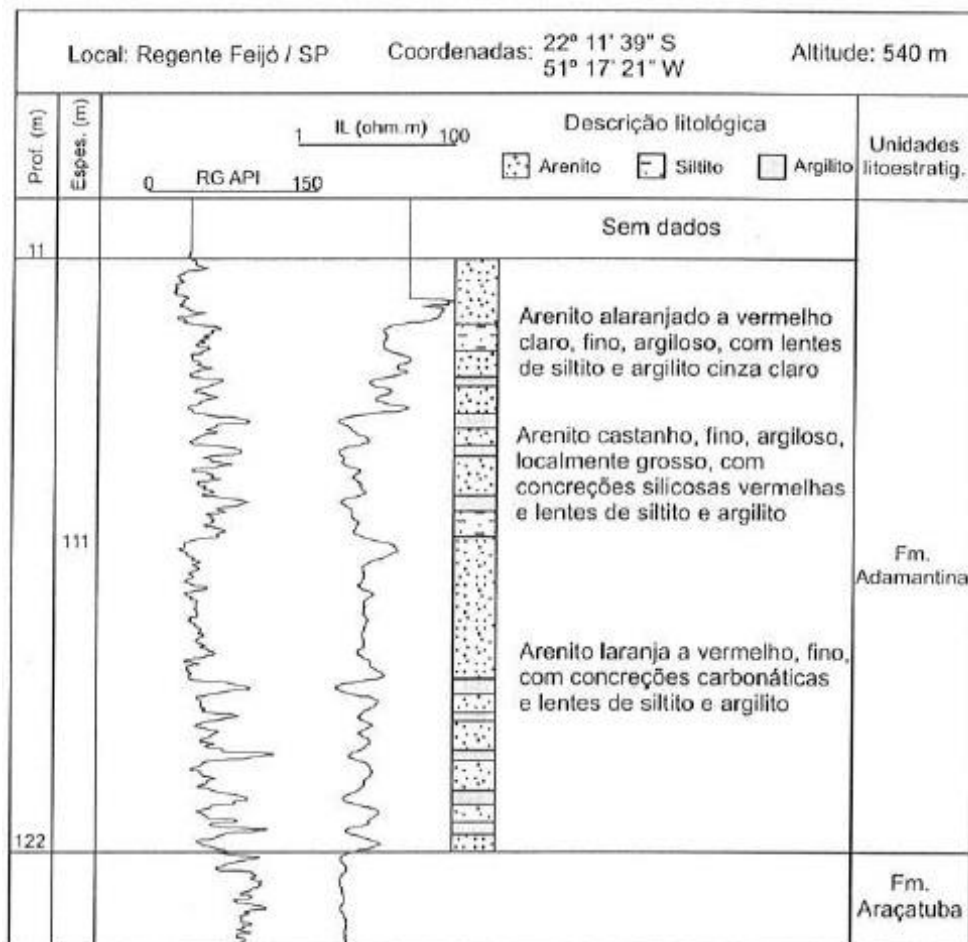
A partir do perfil contendo as relações estratigráficas entre as formações constituintes do Grupo Bauru, os autores apontam que

A Formação Adamantina aflora de modo generalizado em praticamente toda a área de ocorrência do Grupo Bauru, estando recoberta apenas parcialmente pela Formação Marília no compartimento centro-oriental da bacia. [...] O contato inferior da Formação Adamantina é discordante com os basaltos da Formação Serra Geral e com a Formação Santo Anastácio, e concordante interdigitado, localmente erosivo, com a Formação Araçatuba; o contato superior é concordante interdigitado a abrupto com a Formação Marília (PAULA e SILVA; CHANG; CAETANO-CHANG, 2003, p. 29).

Do ponto de vista composicional, Paula e Silva et al. (1994) indicam para a Formação Adamantina a presença, em subsuperfície, de arenitos avermelhados a acastanhados, finos a

muito finos, argilosos, carbonáticos, quartzosos, intercalados por camadas de lamito marrom a avermelhado, arenoso, carbonático. A Figura 34 contém o perfil de referência da Formação Adamantina, extraído de poço perfurado na cidade de Regente Feijó (SP), localidade onde se encontram algumas das nascentes do rio Mandaguari e de seus afluentes. Neste trecho da Formação Adamantina, segundo a sondagem realizada por Paula e Silva, Chang e Caetano-Chang (2005), encontram-se arenitos intercalados com lentes de siltito e argilito.

Figura 34. Perfil de referência da Formação Adamantina



Fonte: Paula e Silva, Chang e Caetano-Chang (2005)

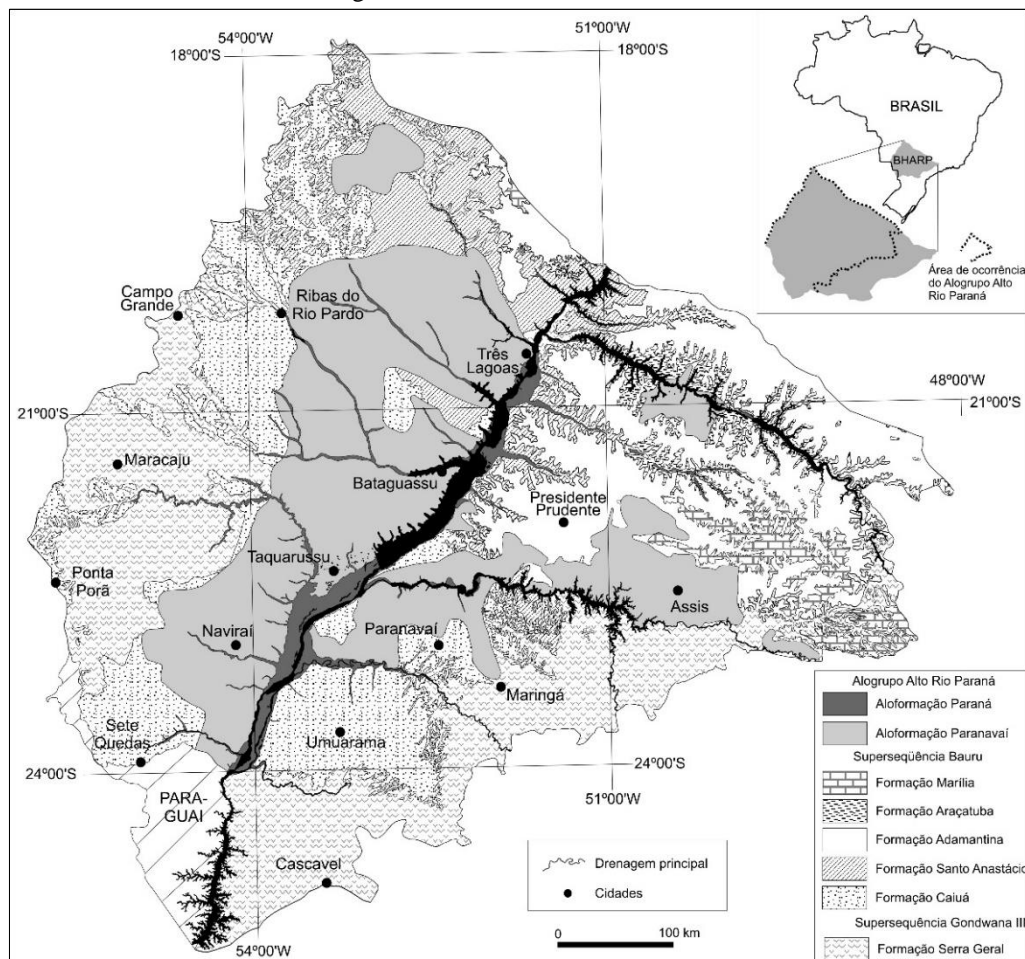
Do ponto de vista das formações terciárias, não há reconhecimento por parte de diversos autores estudiosos do tema a respeito da existência dessas formações no Planalto Ocidental Paulista, onde se localiza a área de estudo, detalhado no item referente à Geomorfologia.

SALLUN & SUGUIO (2006) também destacam a ausência de depósitos terciários no Planalto, sugerindo que neste período, prevaleceram processos essencialmente erosivos na região em contínuo soerguimento. De fato, PONÇANO et al. (1981) identificaram as coberturas cenozoicas do Planalto Ocidental Paulista constituídas essencialmente por depósitos aluvionares, elúvios e colúvios quaternários com

distribuição restrita e governada pelos grandes cursos d'água (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019, p. 88).

Oliveira e Queiroz Neto (2019) complementam ainda que vários autores destacaram a presença de depósitos cenozoicos no Planalto Ocidental Paulista, atribuindo-lhes denominações diversas, como terraços, depósitos superficiais cenozoicos ou formações superficiais. A esse respeito, Sallun, Suguio e Stevaux (2007) propõem o Alogrupo¹⁴ Alto Rio Paraná (Figura 35), que considera os depósitos cenozoicos relativos a depósitos coluvionares (Aloformação Paranaíba) e aluviais (Aloformação Paranaíba) e aluviais (Aloformação Paranaíba).

Figura 35. Mapa geológico da área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná com localização da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná - BHARP



Fonte: Sallun, Suguio e Stevaux (2007)

¹⁴ O Código Estratigráfico Norte-Americano (NACSN, 1983), considerando a necessidade de uma base de classificação estratigráfica mais adequada às particularidades dos depósitos quaternários, introduziu a unidade aloestratigráfica, definida como um corpo sedimentar estratiforme, mapeável, definido e identificado com base em suas descontinuidades limitantes.

A respeito das Aloformações que integram o Alogruppo Alto Rio Paraná, os autores descrevem que

A Aloformação Paranaíba é composta por depósitos arenáceos e rudáceos superpostos às unidades litoestratigráficas mesozóicas da Superseqüência Bauru e da Formação Serra Geral da Superseqüência Gondwana III, na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná. Os depósitos são principalmente arenáceos e homogêneos, com estrutura maciça e espessura exposta de 0,50 a 17 m. São constituídas por areias muito finas a grossas inconsolidadas, em sua maioria formada por grãos monocristalinos de quartzo, que exibem coloração avermelhada devida à presença de óxidos e hidróxidos de ferro, que ocorrem impregnados nos grãos e como cimento (SALLUN; SUGUIO; STEVAUX, 2007, p. 56).

Já a Aloformação Paraná é constituída por terraços de origem fluvial, associados à paleodrenagem do Alto Rio Paraná, além do seu curso atual e afluentes, embutidos na Aloformação Paranaíba. Os terraços são compostos de depósitos arenáceos e rudáceos (areias com níveis cascalhosos e conglomerados limonitizados) maciços de coloração esbranquiçada a cinza escuro, na maioria formada por grãos individuais de quartzo.

Para concluir, Sallun, Suguio e Stevaux (2007, p. 62-63) destacam que

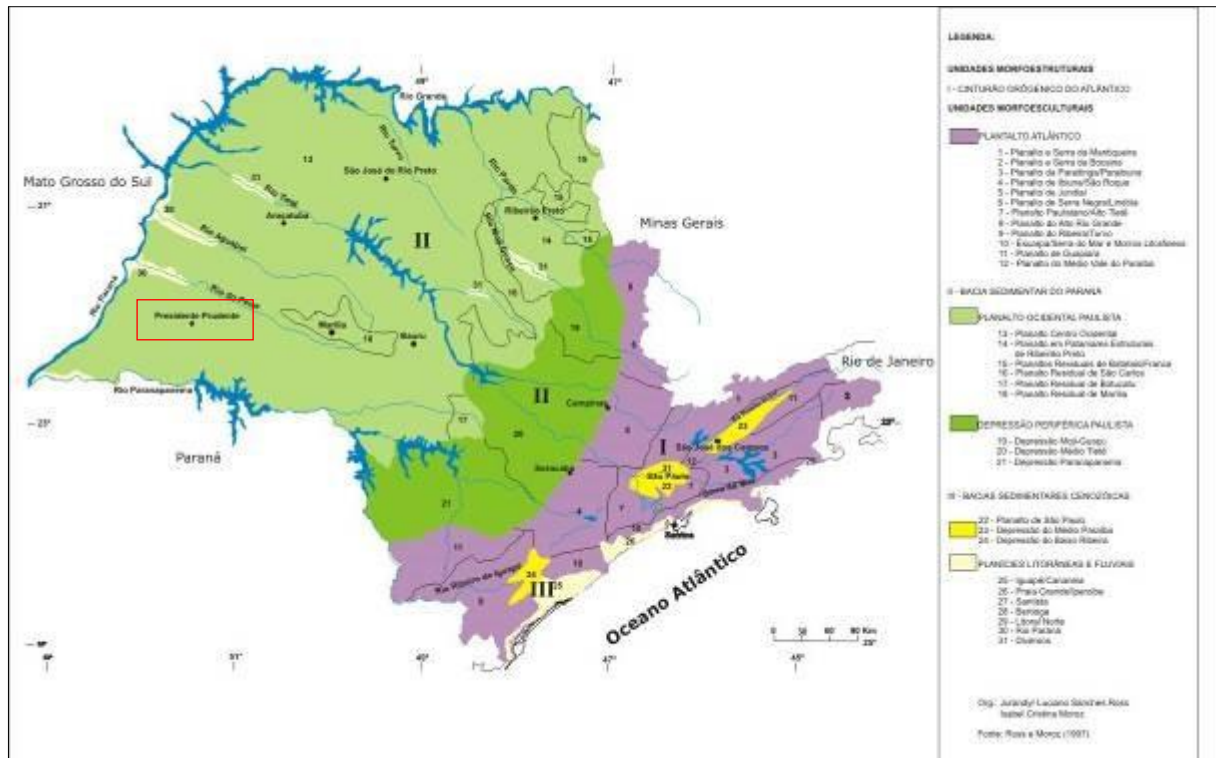
Os registros dessa sedimentação testemunhariam importantes mudanças paleoclimáticas e/ou eventos neotectônicos, que modificaram os níveis de base e reafeiçoaram o relevo. O reconhecimento e o estabelecimento de unidades geológicas permitem sistematizar as fases evolutivas geológico-geomorfológicas cenozóicas do Alto Rio Paraná, ainda tão pouco conhecidas, bem como fornecer subsídios para o enfrentamento de questões ligadas à suscetibilidade e à erosão acelerada, bem como outras questões ambientais.

No entanto, Oliveira e Queiroz Neto (2019, p. 88) apontam que os estudos referentes às deposições cenozoicas no Planalto Ocidental Paulista “não fazem menção à presença de formações de origem antrópica. De maneira geral, no Brasil, ainda são poucos os trabalhos que identificam depósitos com essa possível origem, sob a perspectiva geológica”. Por este motivo são propositores da Aloformação Andradina, ocorrente nos fundos dos vales de primeira e segunda ordens do Planalto Ocidental Paulista, conforme apresentado no item 4.3.

5.2 Geomorfologia

A respeito da Geomorfologia, a área de estudo (Figura 36) está inserida, conforme a proposta de Ross e Moroz (1997), na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, na unidade do Planalto Centro Ocidental.

Figura 36. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo com destaque para a localização do município de Presidente Prudente, que ocupa a porção oeste da área de estudo



Fonte: Ross e Moroz (1997)

Conforme Ross e Moroz (1997), o Planalto Ocidental Paulista ocupa praticamente 50% da área total do estado de São Paulo, sendo o relevo dessa morfoescultura levemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplainados. Nesta morfoescultura é possível identificar variações fisionômicas regionais, que possibilitaram delimitar unidades morfológicas distintas, como o Planalto Centro Ocidental.

Esta unidade é descrita pelos referidos autores da seguinte forma:

Nesta unidade predominam formas de relevo denudacionais cujo modelado constitui-se basicamente em colinas amplas e baixas com topos convexos (Dc) e topos aplanados ou tabulares (Dt). Os tipos de Padrões de Formas Semelhantes são Dc13, Dc14, Dt11 e Dt12, significando que os entalhamentos médios dos vales são inferiores a 20m e as dimensões interfluviais médias predominantes estão entre 1.750 e 3.750m. As altimetrias variam de 400 e 700m e as declividades médias predominantes das vertentes estão entre 10% e 20% (ROSS; MOROZ, 1997, p. 42).

Referente aos padrões de formas semelhantes citados acima, têm-se os seguintes tipos de relevos denudacionais:

- Dt11: formas com topos tabulares, com grau de entalhamento dos vales muito fraco (< de 20 m) e densidade de drenagem muito baixa (> 3750 m).
- Dt12: formas com topos tabulares, com grau de entalhamento dos vales muito fraco (< de 20 m) e densidade de drenagem baixa (1750 a 3750 m).
- Dc13: formas com topos convexos, com grau de entalhamento dos vales muito fraco (< de 20 m) e densidade de drenagem média (750 a 1750 m).
- Dc14: formas com topos convexos, com grau de entalhamento dos vales muito fraco (< de 20 m) e densidade de drenagem alta (250 a 750 m).

Há também nos domínios do Planalto Ocidental Paulista, associadas aos grandes canais de drenagem (rios do Peixe, Aguapeí e Tietê) que cortam essa morfoescultura, áreas pertencentes à morfoestrutura das Bacias Sedimentares Cenozoicas e à morfoescultura das Planícies Litorâneas e Fluviais, em específico às Planícies Fluviais do Rio Paraná. Nessas áreas, as feições dominantes são as planícies e os terraços fluviais, com declividades inferiores a 2%, formados por Gleissolos e sedimentos arenosos e argilosos inconsolidados.

No tocante a drenagem, o Planalto Ocidental Paulista tem como principais rios o Paraná, o Grande, o Tietê, o Aguapeí, o do Peixe e o Paranapanema, que apresentam como característica principal um padrão paralelo, uma vez que seus traçados foram estabelecidos numa superfície aplainada e ligeiramente inclinada para o eixo do rio Paraná.

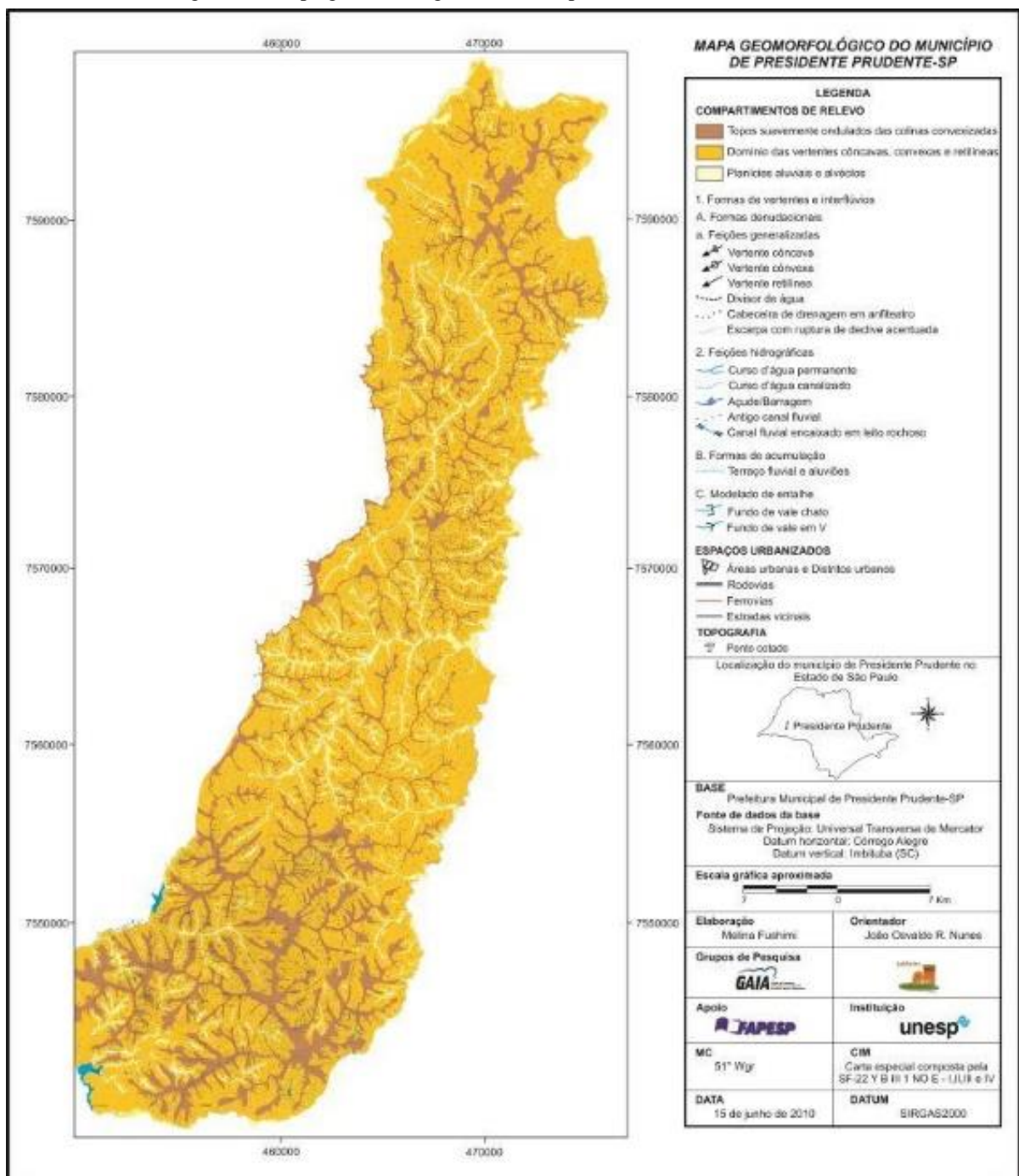
Na região dos rios Aguapeí e do Peixe, onde se situa a área de estudo, o Planalto Ocidental Paulista tem drenagem

[...] composta predominantemente por rios consequentes, que tem seu desenvolvimento essencialmente dentro dos limites da morfoescultura. A rede de drenagem principal mostra paralelismo de eixos na direção NW-SE, com os rios de maior porte apresentando planícies aluviais de dimensões variadas. A presença corredeiras é comum ao longo dos principais cursos d'água que cortam a região, estando, geralmente, condicionadas ao embasamento basáltico (CBH-AP, 1997, p. 27).

A densidade de drenagem apresenta variações de acordo com o relevo. No geral, é nas proximidades dos divisores d'água principais, na região das cabeceiras, onde são mais numerosas as ramificações da drenagem e, por conseguinte, maior a densidade, que pode chegar a média, e até mesmo alta. A densidade de drenagem nas áreas de colinas amplas situadas sobre rochas sedimentares é ligeiramente maior do que a densidade sobre o mesmo sistema, quando implantado sobre basaltos, indicando controle estrutural (CBH-AP, 1997).

Registra-se a inexistência de mapeamento geomorfológico em escala de detalhe para a totalidade da área em estudo. No entanto, Nunes e Fushimi (2010) elaboraram mapeamento geomorfológico para o município de Presidente Prudente (SP) (Figura 37), que ocupa a porção oeste da bacia do rio Mandaguari, com base em fotografias aéreas na escala 1:25.000, representando os diferentes compartimentos de relevo e os processos morfodinâmicos relacionados à dinâmica atual.

Figura 37. Mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente (SP)



Fonte: Nunes e Fushimi (2010)

A partir da realização do mapeamento, os autores identificaram três compartimentos de relevo, que aproximadamente se associam, topograficamente, com as seguintes formações geológicas e pedológicas:

1. *Topo suavemente ondulado das colinas convexizadas* (420 a 500 m), com ocorrência dos topos para as médias altas vertentes de Latossolos Vermelhos e, em alguns setores, Argissolos Vermelho Amarelos. Em alguns setores, afloram os arenitos da Formação Adamantina;

2. *Domínio das vertentes convexo-côncavas e retilíneas* (340 a 420 m), com ocorrência de Argissolos Vermelho Amarelos e Neossolos Regolíticos. É frequente o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina;

3. *Planícies aluviais e alvéolos* (280 a 340 m), com predomínio de Formações Aluviais Quaternárias e Planossolos Hidromórficos e Gleissolos.

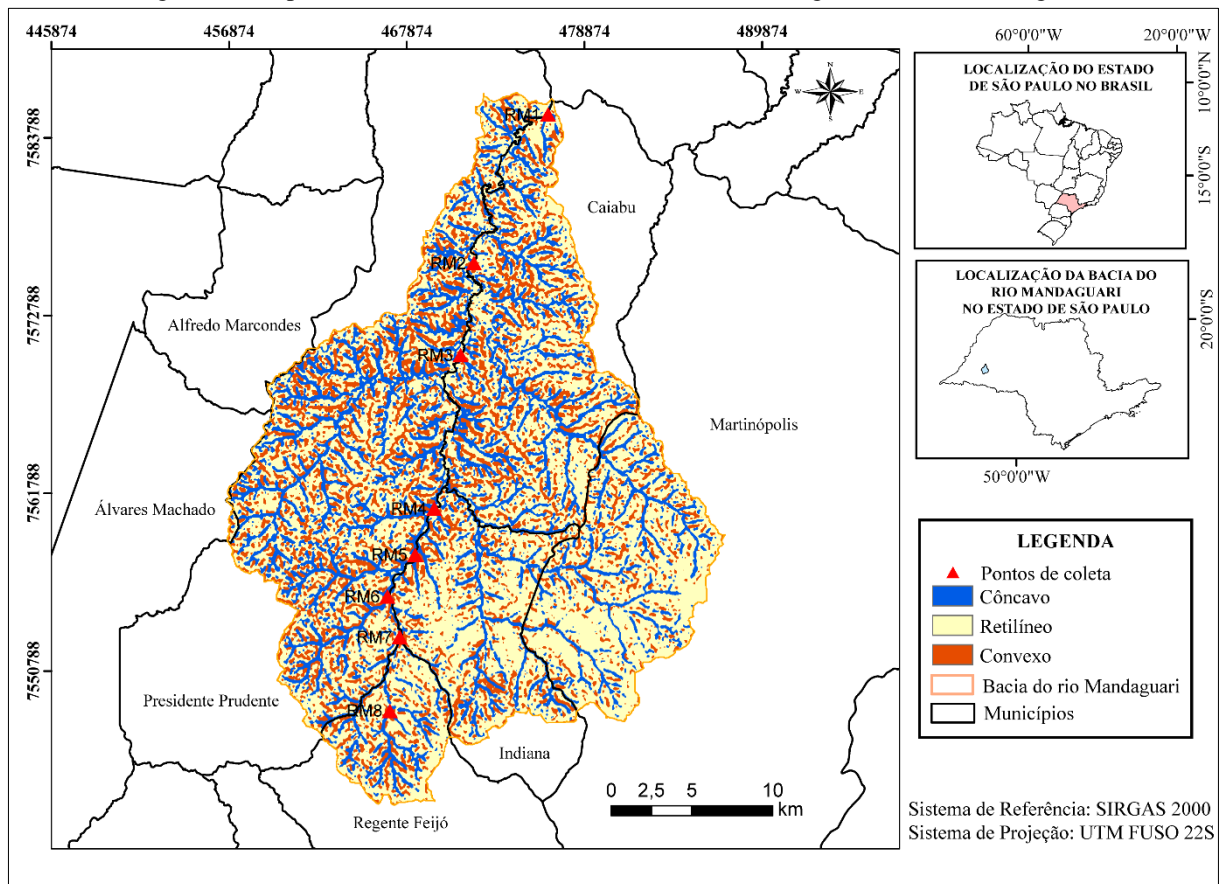
Conforme Nunes e Fushimi (2010, p. 15)

De maneira geral, o município de Presidente Prudente como um todo, é constituído por colinas amplas de topos suavemente ondulados, cujas declividades variam entre 2 a 5% com predomínio de Latossolos. Em alguns trechos, apresentam-se menos extensas com topos poucos aguçados, declividades entre 15 a 20% com predomínio de Argissolos e Neossolos. Importante destacar que essa diferença morfológica, principalmente em relação à predominância de colinas com topos aguçados e vertentes íngremes, está associada à estrutura geológica constituída por rochas sedimentares da Formação Adamantina, cujo agente cimentante predominante é o carbonato de cálcio. Assim, predominam na maior parte da área de estudo, as vertentes côncavas e convexas e, em direção ao norte do município, próximo ao Distrito de Ameliópolis, as vertentes retilíneas.

A bacia hidrográfica do rio Mandaguari situa-se nesse contexto geomorfológico marcado por relevo suavemente ondulado com predomínio de colinas amplas e baixas com topos convexizados. Para a caracterização geomorfológica da área de estudo foram elaborados mapas temáticos relativos a altimetria, clinografia e curvatura vertical do terreno.

No mapeamento referente a curvatura vertical do terreno (Figura 38) é possível observar um cenário diferenciado nos setores leste e oeste da bacia. No setor leste, em especial no sudeste, é possível identificar o predomínio de morfologias retilíneas; enquanto no setor oeste há maior ocorrência de morfologias convexas, o que coaduna com a descrição apresentada por Nunes e Fushimi (2010) no mapeamento geomorfológico elaborado para o município de Presidente Prudente (SP), situado nesse setor da bacia.

Figura 38. Mapa de curvatura vertical do terreno da bacia hidrográfica do rio Mandaguari



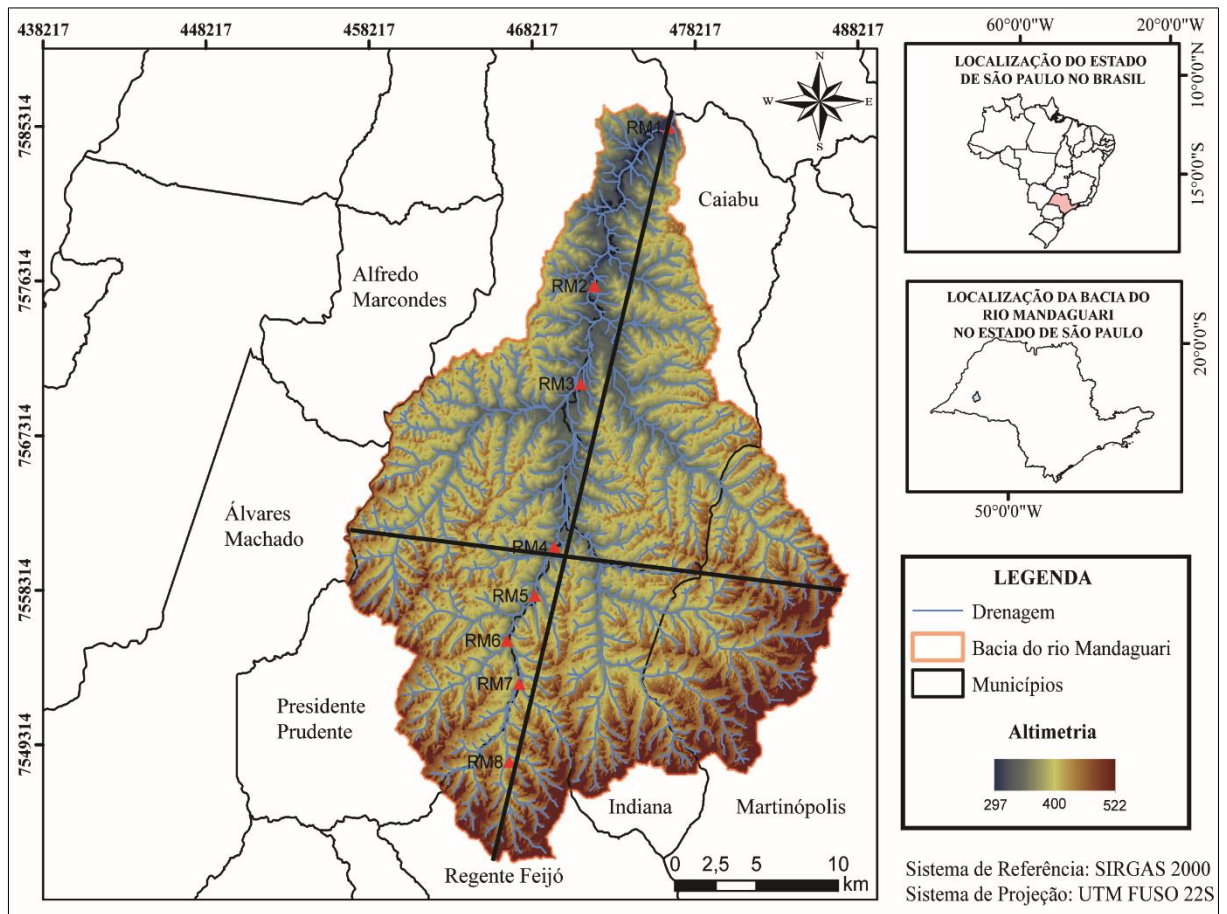
Org: do autor

As altitudes na área de estudo (Figura 39) atestam o predomínio de formas denudacionais características da morfoescultura (Planalto Ocidental Paulista) na qual a bacia se insere. As maiores altitudes encontram-se nos setores sul-sudeste e sul-sudoeste da bacia, onde estão localizadas as nascentes do rio Mandaguari e de afluentes importantes, como o córrego da Onça, na margem esquerda, e o ribeirão Santa Teresa, na margem direita.

Em complemento, foi elaborado o perfil longitudinal do rio Mandaguari (Figura 40), também contendo a indicação dos pontos de amostragem dos depósitos tecnogênicos. Conforme Christofletti (1981), o perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade, ou gradiente, constituindo-se como uma representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento do curso d'água.

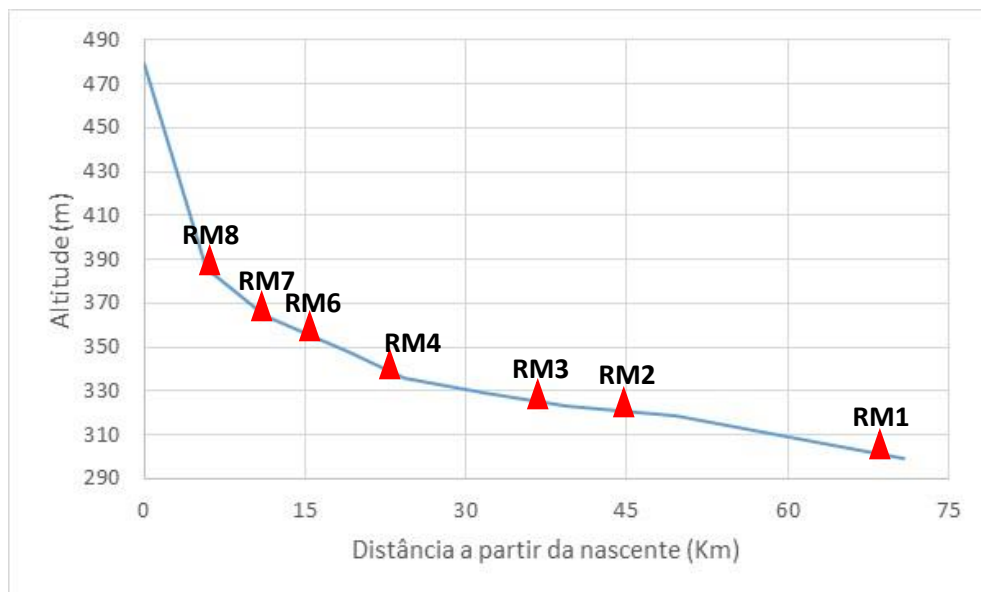
O rio Mandaguari possui extensão de 66,5 km e o fluxo se dirige para o norte, onde deságua no rio do Peixe, do qual é afluente da margem esquerda. Apresenta cota de 475 m na cabeceira e de 299 m na foz, resultando em uma amplitude altimétrica de 176 m.

Figura 39. Mapa altimétrico da bacia hidrográfica do rio Mandaguari



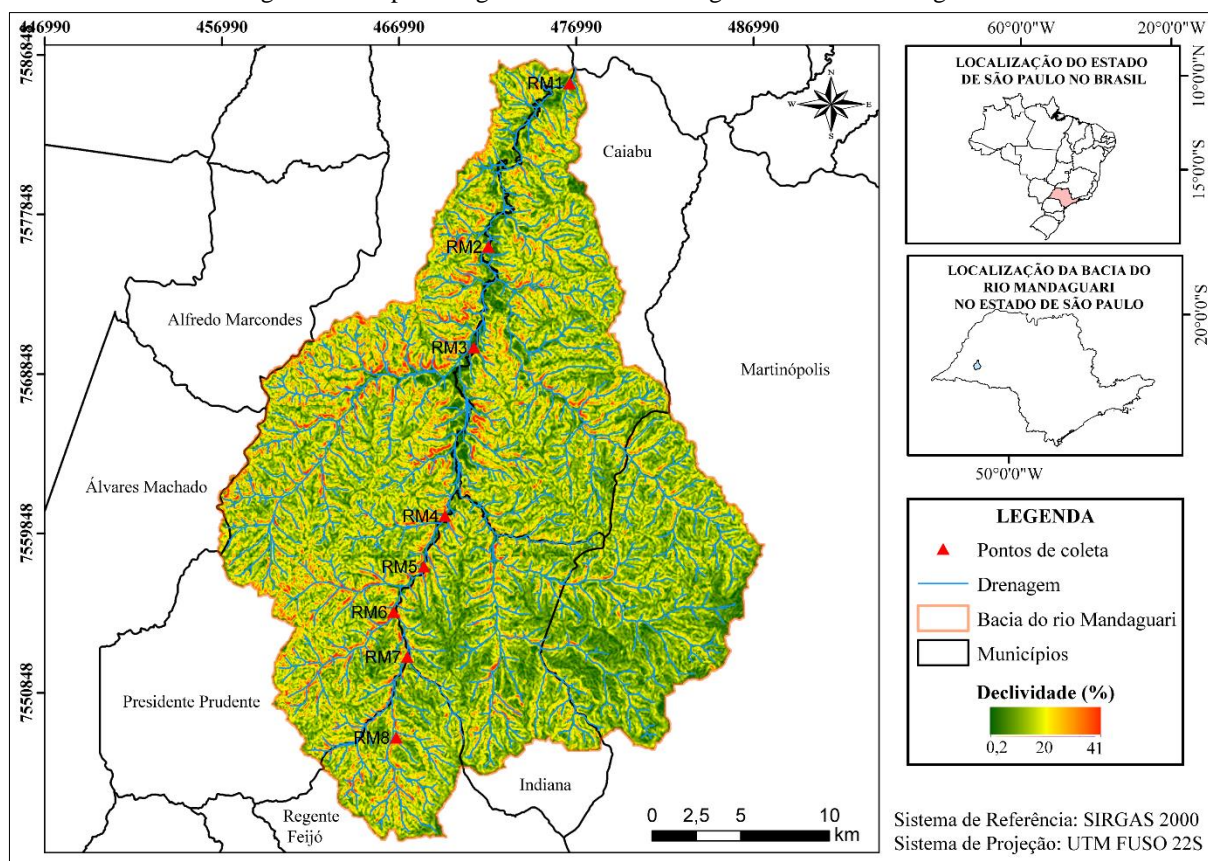
Org: do autor

Figura 40. Perfil longitudinal do rio Mandaguari com indicação dos pontos de coleta



O mapa clinográfico (Figura 41) atesta o predomínio de declividades que geralmente não ultrapassam os 20%, comuns a unidade morfológica (Planalto Centro Ocidental) na qual se insere a área de estudo, com exceção das áreas de cabeceiras de drenagem ou aquelas nas quais há maior entalhamento dos canais, acentuando as declividades, que podem alcançar a casa dos 40%, com destaque para a porção oeste da bacia. Em oposição, o setor sudeste é o que apresenta as menores declividades.

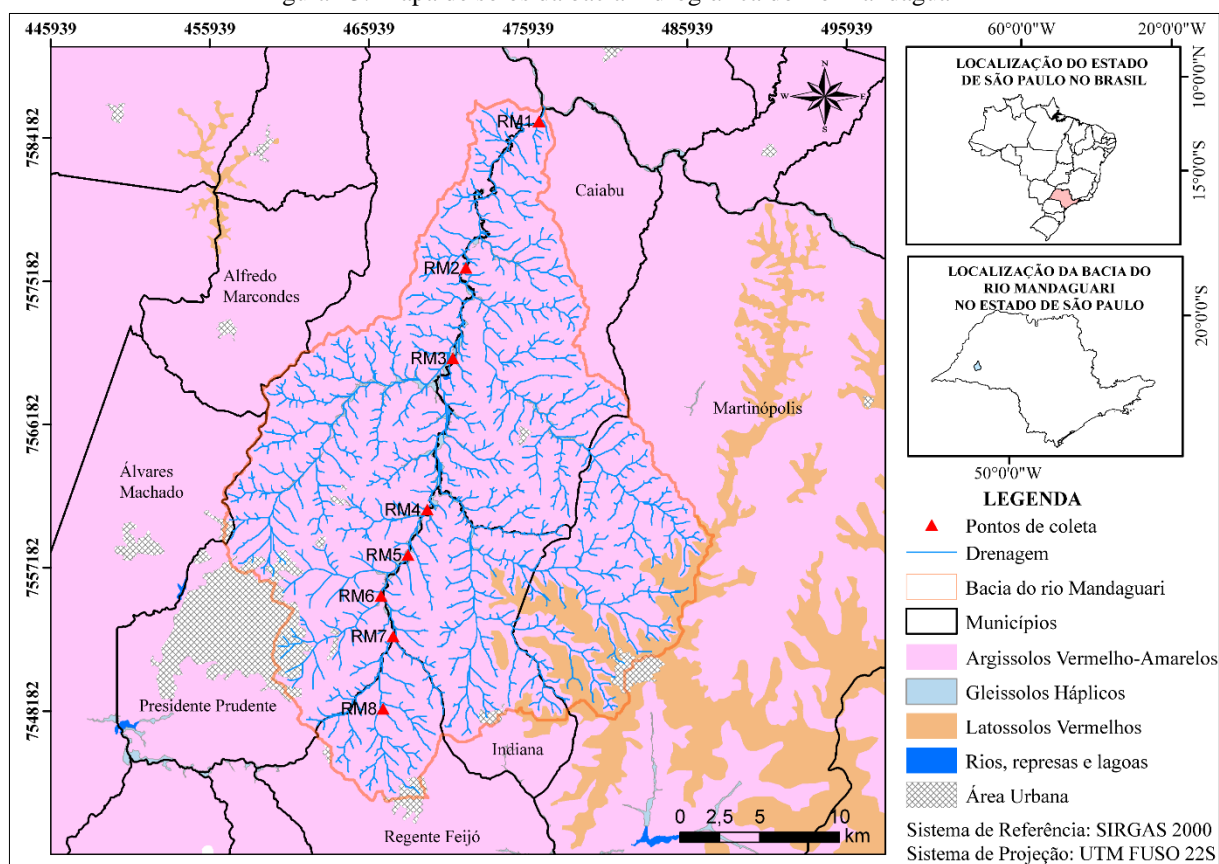
Figura 41. Mapa clinográfico da bacia hidrográfica do rio Mandaguari



Org: do autor

A declividade tem relação direta com a ocorrência dos processos erosivos. Quanto mais acentuada a declividade, mais rápida a energia potencial das águas transforma-se em energia cinética e maior é a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pela erosão (CREPANI et al., 2001). Por isso, é variável importante para a compreensão da dinâmica erosiva, associada a outras, como o tipo de solo e suas propriedades físicas (textura, estrutura, permeabilidade), as condições climáticas e a cobertura e uso da terra. Tais variáveis, em conjunto, são utilizadas no estabelecimento dos índices de vulnerabilidade a erosão.

Figura 43. Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Mandaguari



Org: do autor

O mapa pedológico do estado de São Paulo elaborado por Rossi (2017) constitui-se de 247 unidades de mapeamento, representadas por unidades de mapeamento simples (uma classe de solos), por associação de duas ou mais classes e/ou por grupamentos de solos, pertencentes a 12 classes de 1º nível taxonômico (Ordem), sendo elas: Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Luvisolo, Neossolo, Nitossolo, Organossolo, Planossolo e Plintossolo. Conforme a legenda expandida do mapa, os solos ocorrentes na área de estudo são descritos como:

- PVA31: Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO e VERMELHO latossólico ou típico, álico ou não álico, A moderado ou fraco, textura argilosa ou médio/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO/AMARELO típico A moderado, textura argilosa, ambos Distróficos, fase relevo ondulado¹⁵.

¹⁵ Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variáveis de 8% a 20%.

- LV21: LATOSSOLO VERMELHO ou VERMELHO-AMARELO Distrófico, típico A moderado ou fraco, textura média, álico ou não álico, fase relevo suave ondulado¹⁶.
- GX2: Complexo Indiscriminado de GLEISSOLO HÁPLICO ou MELÂNICO com ou sem ocorrência de ORGANOSSOLO, fase relevo plano¹⁷.
- GX5: Complexo de GLEISSOLO HÁPLICO e NEOSSOLO FLÚVICO, ambos Distróficos, típico A moderado ou proeminente textura indiscriminada, todos fase relevo plano.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na última edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, define os Argissolos como:

[...] solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:

- a. Horizonte plúntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolos;
- b. Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolos (EMBRAPA, 2018, p. 152).

Quanto aos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, estes são caracterizados como “solos com saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)” (EMBRAPA, 2018, p. 159).

Já os Latossolos são definidos como solos “constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura” (EMBRAPA, 2018, p. 274).

Os Latossolos Vermelhos são caracterizados como “solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA)” (EMBRAPA, 2018, p. 276).

Os solos hidromórficos ocorrentes na área de estudo estão vinculados aos Gleissolos, situados nas proximidades dos cursos d’água, sobretudo, nas planícies aluviais. Os Gleissolos são definidos como

[...] solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo, ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico em posição diagnóstica para Vertissolos ou textura

¹⁶ Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, predominantemente variáveis de 3% a 8%.

¹⁷ Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0% a 3%.

exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. Horizonte plânico, horizonte plúntico, horizonte concrecionário ou horizonte litoplúntico, se presentes, devem estar à profundidade maior que 200 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018, p. 244).

Os solos desta classe são saturados permanente ou periodicamente pela água, exceto se drenados artificialmente. A água permanece estagnada no interior ou se dá pelo fluxo lateral do solo. Assim, se caracterizam por forte gleização, em decorrência do ambiente redutor possivelmente livre de oxigênio dissolvido (EMBRAPA, 2018).

Associados aos Gleissolos, do ponto de vista da condição de relevo em que ocorrem, estão os Neossolos Flúvicos, definidos como

Solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre camada ou horizonte C e que apresentam caráter flúvico dentro de 150 cm a partir da superfície do solo. Admitem um horizonte Bi com menos de 10 cm de espessura. Ausência de gleização expressiva dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2018, p. 311).

Quanto a erodibilidade das classes de solos ocorrentes na área de estudo, Oliveira (1999, p. 10) menciona que

Os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS apresentam em geral maior relação textural entre os horizontes A ou E e o horizonte B textural do que os ARGISSOLOS VERMELHOS, sendo por isso, em igualdade de condições de relevo, de cobertura vegetal e de manejo, mais suscetíveis à erosão do que estes. A erodibilidade é, em geral, exacerbada nos solos que apresentam mudança textural abrupta.

Oliveira (1999), se referindo a classe dos Latossolos, classifica-os, devido à boa permeabilidade interna e capacidade de infiltração, além da localização em áreas de relevo pouco declivoso, como solos com baixa erodibilidade quando de textura argilosa. Já aqueles de textura franco arenosa, devido à coesão e adesão baixas, são mais suscetíveis à erosão, fato este amenizado pelas condições de relevo, geralmente aplainado ou suave ondulado, nas quais ocorrem estes solos.

Em levantamento pedológico realizado para o município de Presidente Prudente (SP), Fushimi (2012) complementa, ao tratar dos Latossolos Vermelhos, o exposto por Oliveira (1999). Conforme a autora, identificou-se

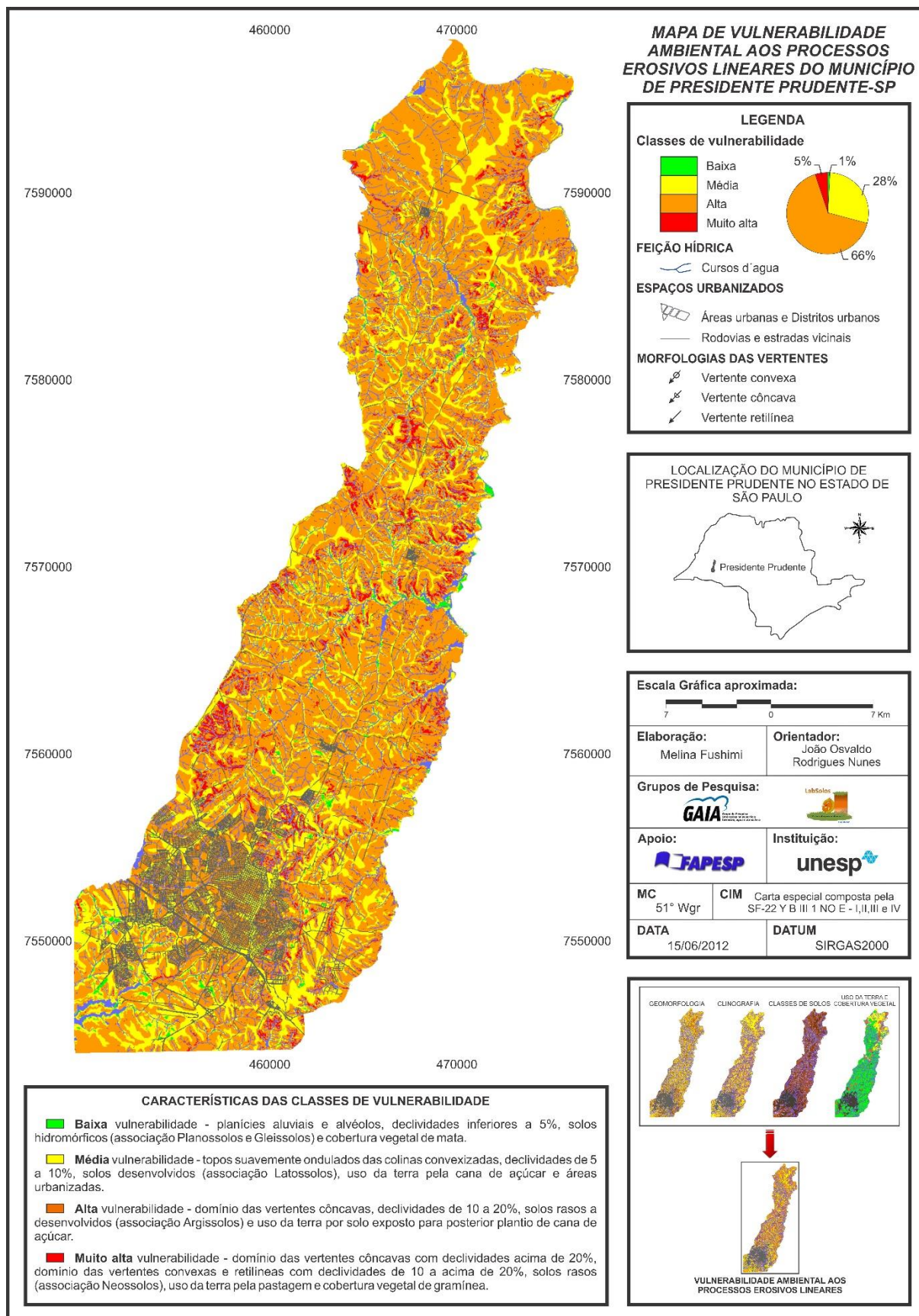
[...] nos horizontes pedológicos, a predominância da classe textural “Franco Arenosa”, que conforme a história de uso e ocupação na região de Presidente Prudente-SP gerou um quadro de degradação formado por processos erosivos laminares e lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) (FUSHIMI, 2012, p. 99).

No caso dos Gleissolos, seus atributos físicos e seu local de ocorrência (áreas de várzea) impõem limitações determinadas pela presença do lençol freático a pouca profundidade, tornando-os suscetíveis a inundações periódicas responsáveis por criar condições de hidromorfismo. Os Neossolos Flúvicos, que se encontram associados aos Gleissolos, também apresentam como fator limitante a presença do lençol freático, o qual geralmente encontra-se mais profundo quando comparado aos Gleissolos. Por situarem-se em áreas de planície aluvial, são desprovidos de limitações quanto à erodibilidade apresentando, quando de textura arenosa e média, em geral, boa permeabilidade (OLIVEIRA, 1999).

Ressalta-se que a maior ou menor tendência a erosão (erodibilidade), considerando-se os atributos naturais dos solos, pode ser modificada pelo uso da terra, de acordo com as atividades econômicas nela desenvolvidas e as técnicas de manejo utilizadas.

Fushimi (2012), no intuito de compreender a morfodinâmica da paisagem das áreas rurais de Presidente Prudente (SP), elaborou o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município (Figura 44), que ocupa a porção oeste da área de estudo, em escala 1:25.000.

Figura 44. Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município de Presidente Prudente (SP)



Fonte: Fushimi (2012)

O mapeamento considerou para o estabelecimento das classes de vulnerabilidade as características do relevo, dos solos e os distintos usos e coberturas da terra no município. Foram estabelecidas 4 classes de vulnerabilidade: muito alta, alta, média e baixa. A classe alta é predominante, ocupando 66% da área mapeada, seguida pela média, que ocupa 28%, em sequência a muito alta, com 5%, e finalmente a baixa, com apenas 1% do total.

A classe de baixa vulnerabilidade está elencada com a presença de matas ciliares e residuais de encostas, influenciando na estabilidade do meio morfodinâmico. Dessa forma, localiza-se nos fundos de vales e em alguns pontos das baixas vertentes. [...] A classe de média vulnerabilidade está relacionada principalmente aos solos com textura arenosa (solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos), os quais são especialmente vulneráveis à erosão. Tais atributos estão situados no compartimento do topo. [...] A classe de alta vulnerabilidade está espacializada nas vertentes com formato côncavo (340 a 400 metros), especificamente nas médias-baixas vertentes com declividades aproximadas entre 10 a 20% e solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos). [...] Os meios de muito alta vulnerabilidade são caracterizados por paisagens degradadas, sobretudo nas vertentes íngremes, com declividades acentuadas acima de 20% (FUSHIMI, 2012, p. 129-130).

No referido trabalho, a autora também descreve os fundos de vale da área mapeada, considerando seus atributos pedogeomorfológicos, cobertura vegetal e degradação pelas atividades antrópicas. Conforme a autora,

Os fundos de vales, sendo eles com fundo chato ou entalhado (em V), estão altimetricamente entre 280 a 340 metros, com declives inferiores a 5%. Nos fundos de vales em berço têm-se planícies aluviais, com a vegetação do tipo taboa e alvéolos muitos degradados pela ação antrópica, solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos) e depósitos tecnogênicos. A maioria dos cursos d'água encontra-se assoreado, como o ribeirão do Mandaguari, fenômeno potencializado pela retirada das matas ciliares (FUSHIMI, 2012, p. 129).

Na área mapeada, observou-se a ocorrência de manifestações erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), decorrentes da associação entre as características naturais dos solos e usos da terra desprovidos de técnicas de manejo conservacionistas, indicando que os processos erosivos ainda estão ativos.

5.4 Clima e Regime Hidrológico

O extremo oeste paulista, onde se localiza a área de estudo, encontra-se, conforme Sant'Anna Neto e Tommaselli (2009), sob um regime de clima tropical, numa área de transição climática, sofrendo a atuação da maioria dos sistemas atmosféricos presentes na América do Sul. Enquanto os sistemas tropicais lhe conferem elevadas temperaturas de primavera e verão, os sistemas extratropicais ocasionam episódios de invasão das frentes frias e do ar polar no outono e inverno, provocando baixas temperaturas.

No mesmo sentido, Boin (2000) já havia apontado que o extremo oeste paulista se encontra em área de transição dos sistemas atmosféricos inter e extratropicais, onde ocorre o encontro entre as massas Tropical Atlântica (mTa) e Tropical Continental (mTc), e a massa Polar Atlântica (mPa), havendo ainda participação esporádica da massa Equatorial Continental (mEc). A Figura 45 representa os trajetos preferenciais das referidas massas de ar na região, cujas espessuras indicam qualitativamente sua intensidade de ação.

Figura 45. Trajetos preferenciais das massas de ar que atingem o Oeste Paulista, inferidos da pluviosidade média de trinta anos (1967-1996)



Fonte: Boin (2000)

Boin (2000) discorre ainda que a gênese das chuvas está ligada às passagens de frentes frias e, em menor proporção, às correntes do Sul, com os avanços da massa Polar Atlântica (mPa), ora com percursos de longitudes orientais e úmidas, ora ocidentais e secas, manifestando-se mais intensamente quando canalizadas pelos vales dos rios que as orientam.

A massa Tropical Atlântica (mTa) reproduz o comportamento das massas polares e também se desloca com maior força pelos vales dos rios que fluem nas direções SE-NW e NE-SW. Já as massas Tropical Continental (mTc) e Equatorial continental (mEc) apresentam, de modo geral, menor participação na geração de chuvas (BOIN, 2000), havendo alternância entre um período com temperaturas mais elevadas e altos índices pluviométricos (de outubro a março) e outro com temperaturas amenas e menores índices pluviométricos (de abril a setembro), quando as temperaturas podem cair bastante em episódios de massas polares (SANT'ANNA NETO; TOMMASELLI, 2009).

Pelo exposto, diferentes sistemas atuam na região do extremo oeste paulista, contribuindo para configurar a dinâmica atmosférica regional. Particularmente, o regime pluviométrico merece destaque no contexto deste estudo. A entrada de água no sistema (bacia) é influenciadora da frequência e intensidade do escoamento superficial, que responde pela remobilização dos materiais das áreas-fonte para os locais de deposição, modelando a superfície.

Sant'Anna Neto (2000), ao analisar as chuvas no estado de São Paulo, considerando a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos, hierarquizou o território paulista em oito unidades regionais, sendo uma delas a Oeste, na qual se encontra a área de estudo. Sobre a referida unidade e seu regime pluviométrico, o autor assim descreve:

Ocupando quase 44,3% do Estado de São Paulo, é a unidade de maior extensão territorial e, também, a mais homogênea. Situada no Planalto Ocidental, apresenta as altitudes mais baixas do Estado (excetuando-se a zona costeira), que variam de 300 a 600 m. As pequenas variações espaciais das chuvas acontecem mais em função da distribuição latitudinal e dos fatores locais (áreas em fundos de vale ou topo de espigões). A pluviosidade anual é das menores do Estado, situando-se entre 1.100 e 1.500 mm (SANT'ANNA NETO, 2000, p. 104).

O regime pluviométrico deve ser analisado sob dois aspectos: o volume e a distribuição das chuvas, pois estes irão determinar a sua erosividade. Sudo (2000, p. 129), discorrendo sobre a relação chuva x remobilização dos materiais nas vertentes, menciona que

[...] com a humanização efetiva da Natureza, que começou com o desmatamento e uso intensivo do solo, inicialmente voltado às necessidades agrícolas e mais modernamente para a expansão urbana, a relação pluviosidade/estabilidade dos materiais de encostas passou a ser negativa para esta última. A erosão passou a ser,

em diversos momentos e lugares, sempre associada a chuvas intensas, um evento muito acelerado, muitas vezes com efeitos catastróficos como é o caso das voçorocas em terrenos muito arenosos e dos deslizamentos de mantos de alteração em encostas serranas, refletindo o desequilíbrio do sistema ambiental natural.

Em relação à erosividade das chuvas, Oliveira e Queiroz Neto (2019, p. 92) concordam que

[...] chuvas de elevada intensidade, acima de 25 mm/hora (OLIVEIRA 1994), são capazes de deflagrar erosões de forma catastrófica, com mobilização imediata de muitas toneladas de sedimentos, como assinalado por PELLERIN et al. (1975) na região de Marília em outubro de 1972, quando estas chegaram a atingir 300 mm em 4 dias, promovendo a evolução das cabeceiras das voçorocas da região e fenômenos de liquefação de areias gerando ravinas. Estes autores relatam também a evolução de ravinas com chuvas acumuladas de 40 mm em três horas e meia na mesma região.

Ressalta-se que a análise dos dados referentes à precipitação em dada localidade deve ser balizada nos dois aspectos anteriormente mencionados (volume e distribuição), pois é possível a existência de anos mais chuvosos e com chuvas bem distribuídas, e anos menos chuvosos com chuvas mais concentradas, portanto mais erosivas. Para este tipo de análise, é adequada a utilização de dados horários de precipitação, visando identificar episódios de chuvas torrenciais, com maior capacidade erosiva.

No caso da área de estudo, os dados pluviométricos estão disponíveis no Banco de Dados Hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), com recortes diário e mensal. Tais dados foram obtidos a partir de três estações pluviométricas instaladas nos municípios de Presidente Prudente, Indiana e Caiabu. Esta situação traz duas implicações que comprometem a realização de uma análise espacial consistente da precipitação e de sua relação com o regime fluviométrico. São elas:

1^a) Os dados diários mascaram episódios torrenciais, pois informam apenas o volume precipitado no dia, mas não permitem o conhecimento a respeito da distribuição deste.

2^a) As estações pluviométricas mencionadas acima não recobrem toda a área da bacia, inviabilizando uma análise espacial consistente da precipitação, diante da ausência de dados para certos setores da área de estudo.

Posto isso, torna-se inviável a identificação de episódios de chuvas potencialmente erosivas na área de estudo, a exemplo do que fora relatado por Pellerin et al. (1975) para a região de Marília (SP), conforme citado por Oliveira e Queiroz Neto (2019).

Merece destaque também a variabilidade do regime hidrológico regional. Conforme Tucci (2002), tal variabilidade é controlada por diversos elementos que caracterizam a bacia

hidrográfica, tais como litologia, relevo, solos, cobertura vegetal e também por fatores climáticos, tais como precipitação, radiação solar e evaporação.

Neste sentido, Rocha e Santos (2018) realizaram uma análise da variação espacial da produção hídrica por unidade de área nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe, sendo o rio Mandaguari integrante dessa última, tomando-se como referência diferentes períodos hidrológicos da série histórica de dados.

A partir do levantamento e análise de dados fluviométricos, os autores identificaram, considerando a série de dados utilizada, três períodos hidrológicos distintos, sendo um primeiro período até 1972; outro entre 1972 e 1984; outro a partir de 1985. Além disso, sinalizam que é provável que este último período tenha terminado em 2001, quando um novo período hidrológico possa ter começado, contudo a série de dados avaliada não permite melhor detalhamento a respeito desse novo período, abrindo espaço para estudos futuros.

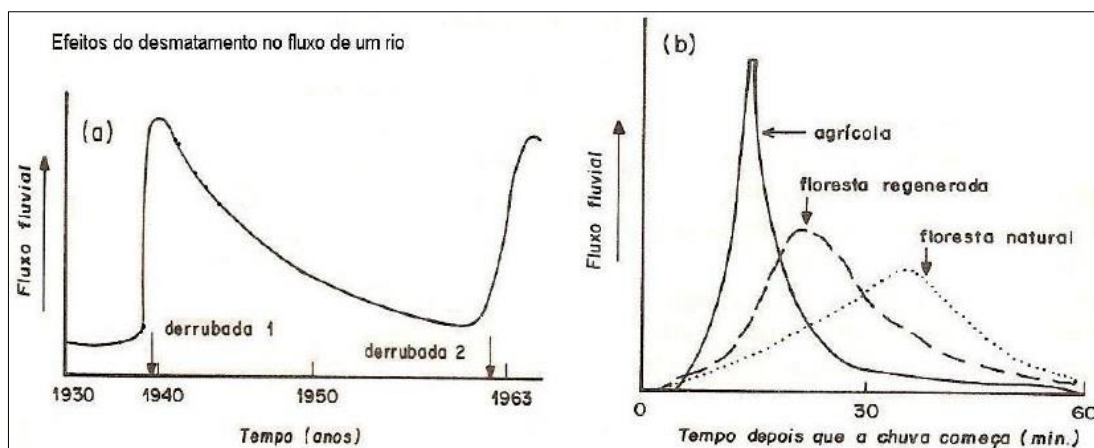
Segundo os autores,

As alterações interanuais no regime hidrológico de rios são reflexos de duas componentes:

- 1) da variabilidade pluviométrica (climática), como processo natural na escala de tempo avaliada;
- 2) interferências antrópicas alterando a cobertura da terra, com os processos de desmatamento e implementação de vários ciclos de culturas e pecuária ao longo do tempo modificam qualitativamente e quantitativamente as relações hidrológicas na interface precipitação - escoamento fluvial (ROCHA; SANTOS, 2018, p. 15-16).

A cobertura vegetal, por exemplo, quando presente, amplia as taxas de infiltração, reduzindo as taxas de escoamento superficial e, por consequência, o fluxo direto da água para os rios. Em contrapartida, a perda de cobertura arbórea, em curto prazo, provoca maior escoamento das águas na superfície do terreno, visto que a antiga vegetação e a manta amortecedora de folhas caídas foram substituídas pelo solo nu ou por culturas com menor potencial de armazenagem. Assim, o mais provável é o aumento do fluxo direto da água para os rios (DREW, 1998). A Figura 46 ilustra o efeito do desmatamento no fluxo fluvial de pequenas bacias hidrográficas.

Figura 46. Efeitos do desmatamento no fluxo de um rio. Em (a) alteração do fluxo fluvial após o desmatamento. Em (b) os diferentes hidrogramas após a chuva em bacias da mesma área com diferentes usos da terra.



Fonte: Drew (1998)

Na área de estudo, como será detalhado no item referente ao uso da terra, assim como ocorrido no Planalto Ocidental Paulista, houve intensa retirada da cobertura vegetal nativa para dar lugar a outros usos, o que resultou na ampliação dos fluxos de escoamento superficial.

5.5 Cobertura Vegetal

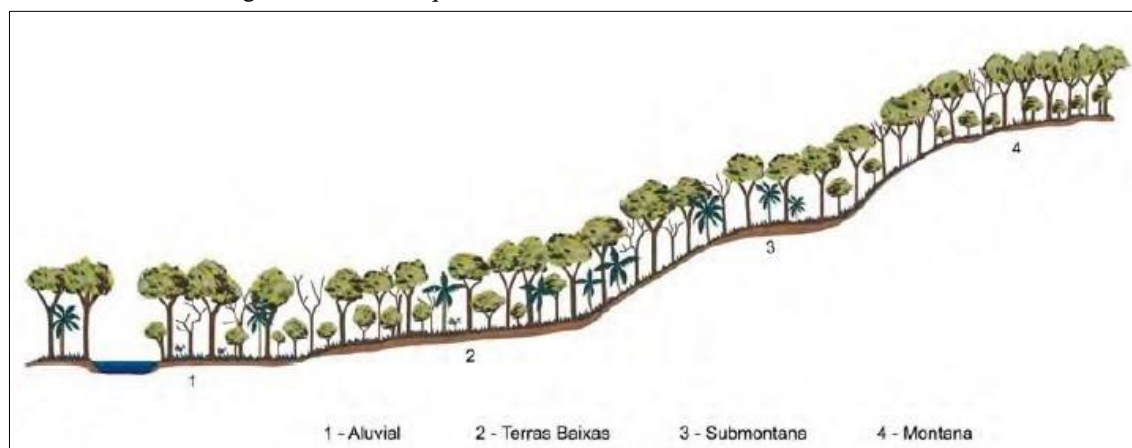
A respeito da cobertura vegetal, de acordo com Francisco (1989, p. 112), “pode-se, pois, concluir que as florestas que se situam no Sudoeste Paulista se encontram na região ecológica da Floresta Estacional Semidecidual, no geral, e, no específico, na Floresta Estacional Semidecidual da Formação Adamantina”.

A Floresta Estacional Semidecidual é caracterizada por espécies arbóreas, endêmicas, com alta diversidade e dossel em torno de 20 metros. Conforme o IBGE (2012, p. 93),

O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e por intensas chuvas de verão; na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15° C), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem.

A referida floresta apresenta quatro formações: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana, estabelecidas de acordo com as faixas altimétricas de ocorrência. A Figura 47 contém o perfil esquemático da Floresta Estacional Semidecidual.

Figura 47. Perfil esquemático da Floresta Estacional Semidecidual



Autores: Veloso, Rangel Filho e Lima (1991)

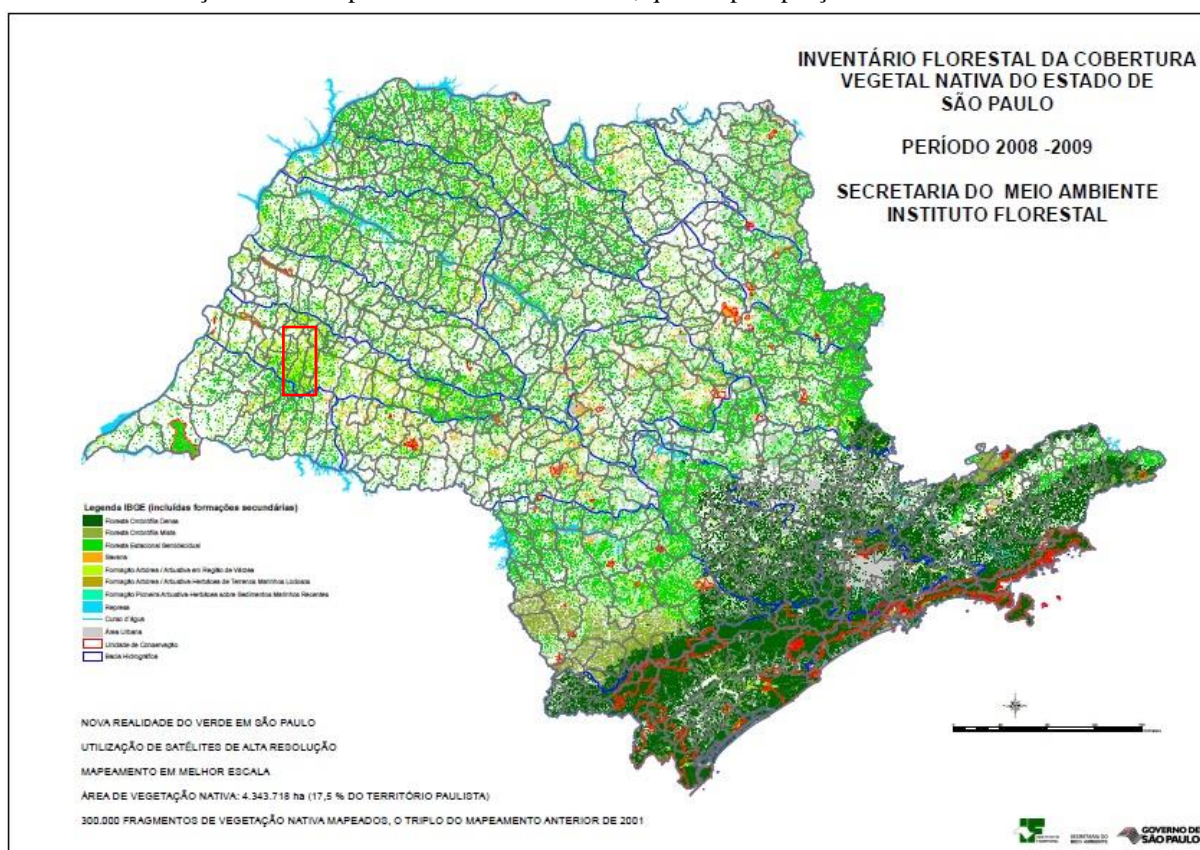
Fonte: IBGE (2012)

Em sentido análogo, Oliveira e Brannstrom (2004, p. 2) apontam que

Sob estas condições climáticas, desenvolveu-se a cobertura vegetal da Mata Atlântica, constituída, na maior parte, por floresta mesofítica semi-decídua (Salis et al., 1995; Torres, et al., 1997; Brannstrom, 2002). Ocorriam também cerrado e cerradão em áreas mais restritas (Leitão, 1992; Victor, 1974).

A área de ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual pode ser observada na Figura 48, constante no Inventário Florestal da Cobertura Vegetal Nativa do estado de São Paulo no período 2008-2009, elaborado pelo Instituto Florestal do estado de São Paulo (IF-SP).

Figura 48. Área de ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual no estado de São Paulo com indicação da localização do município de Presidente Prudente, que ocupa a porção oeste da área de estudo



Fonte: Instituto Florestal (2010)

Conforme mencionado, Oliveira e Brannstrom (2004) apontaram a ocorrência de cerrado e cerradão em áreas mais restritas do Planalto Ocidental Paulista. Fiori e Fioravanti (2001, p. 40) definem que o Cerrado

[...] tem várias fisionomias, que variam de campestre a florestal e dependem principalmente da disponibilidade de água e nutrientes. O cerrado propriamente dito (cerrado *stricto sensu*) tem vegetação herbácea e árvores esparsas. O chamado cerradão é a forma florestal, enquanto no campo sujo e no campo cerrado predomina a vegetação herbácea (rasteira), com capim e outras plantas pequenas.

Os autores ainda complementam que

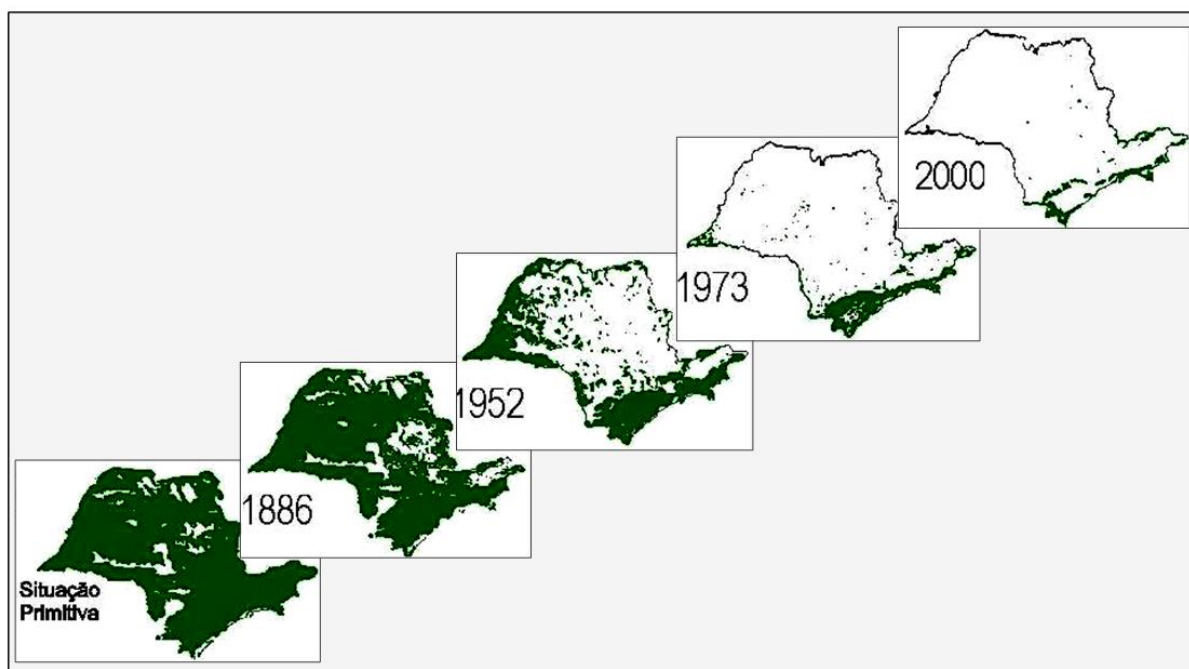
Mais para oeste, em Taciba e Martinópolis, predomina novamente o cerradão, com algumas pequenas manchas de cerrado denso e árvores menores, mais espaçadas e tortuosas. Ao norte, encontramos raras manchas de cerradão e muitos fragmentos com

a vegetação de transição entre o Cerrado e a Floresta Estacional Semidecidual (FIORI; FIORAVANTI, 2001, p. 43).

Os poucos remanescentes de fragmentos do Cerrado ainda existentes no estado de São Paulo estão resguardados em Unidades de Conservação e de Reserva Legal. O mesmo ocorre com os remanescentes de Mata Atlântica, protegidos por dispositivos legais criados nos anos 2000 (Lei Federal 11.428/2006 e Decreto 6.660/2008).

A criação de mecanismo legais de proteção aos remanescentes de Mata Atlântica denota a necessidade de preservação destes, haja vista a devastação da vegetação nativa (Figura 49) em virtude das atividades antrópicas desenvolvidas ao longo da ocupação do território paulista.

Figura 49. Redução da vegetação nativa no estado de São Paulo desde a situação primitiva até o ano de 2000



Fonte: Martinelli (2010)

No caso do Oeste Paulista, a expansão cafeeira iniciada no século XIX, bem como outras atividades agropecuárias, responderam pela derrubada de inúmeros hectares de vegetação nativa, conforme será descrito no item a seguir, referente ao uso da terra.

5.6 Uso da terra

Com base nos trabalhos de Fonzar (1981), Monbeig (1984), Oliveira e Queiroz Neto (1994), Dean (1996) e Oliveira e Queiroz Neto (2019) foi realizado um breve resgate histórico sobre o uso e a ocupação da terra no extremo Oeste Paulista, destacando os eventos mais relevantes sob o viés da modificação da paisagem regional e dos processos atuantes, em especial a erosão, acelerada pela retirada da vegetação primitiva para dar lugar as atividades agropecuárias. Ao final, são apresentadas as transformações no uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari.

A respeito da ocupação primitiva da região, Fonzar (1981), ao estudar as questões relacionadas ao conforto térmico na Alta Sorocabana¹⁸, aponta que os habitantes primitivos eram indígenas, principalmente, das tribos Corados, Caiuá e Xavantes.

O primeiro movimento de penetração pioneira processou-se através de mineiros, atraídos para o Estado pelo êxito da cafeicultura. Procuravam os espaços livres, as extensões de pastos naturais que permitissem a prática de sua atividade tradicional, o pastoreio; não havia a procura de solos virgens para a agricultura. Eles traçaram os caminhos que seriam seguidos mais tarde pelos fazendeiros do café. À medida que iam tomando posse das terras, fundavam futuros núcleos de povoamento, que mais tarde seriam a base para a irradiação do povoamento (FONZAR, 1981, p. 32).

A autora ainda complementa que o movimento pioneiro liderado pelos fazendeiros de café iniciou-se entre 1810-1910. Estes procuravam solos virgens, deslocando-se sempre em direção ao oeste, acompanhando os divisores de água, onde, ao longo deles, fundaram núcleos urbanos. Merece destaque também o fato de o povoamento da região e a cafeicultura estarem intimamente ligados à ferrovia. A esse respeito, Fonzar (1981, p. 35) menciona que

A estrada de ferro incentivou a colonização, auxiliou a agricultura e a indústria, promovendo a fundação de cidades, ou lhes dando uma configuração especial, notadamente naquelas que podem ser caracterizadas como cidades ferroviárias. Muitas delas precederam o povoamento, imprimiram sua marca na paisagem e foram povoadoras por excelência.

Com relação ao *modus operandi* do povoamento regional, Fonzar (1981) destaca que a ocupação da Alta Sorocabana passou por uma série de adaptações acompanhando as fases econômicas. Assim,

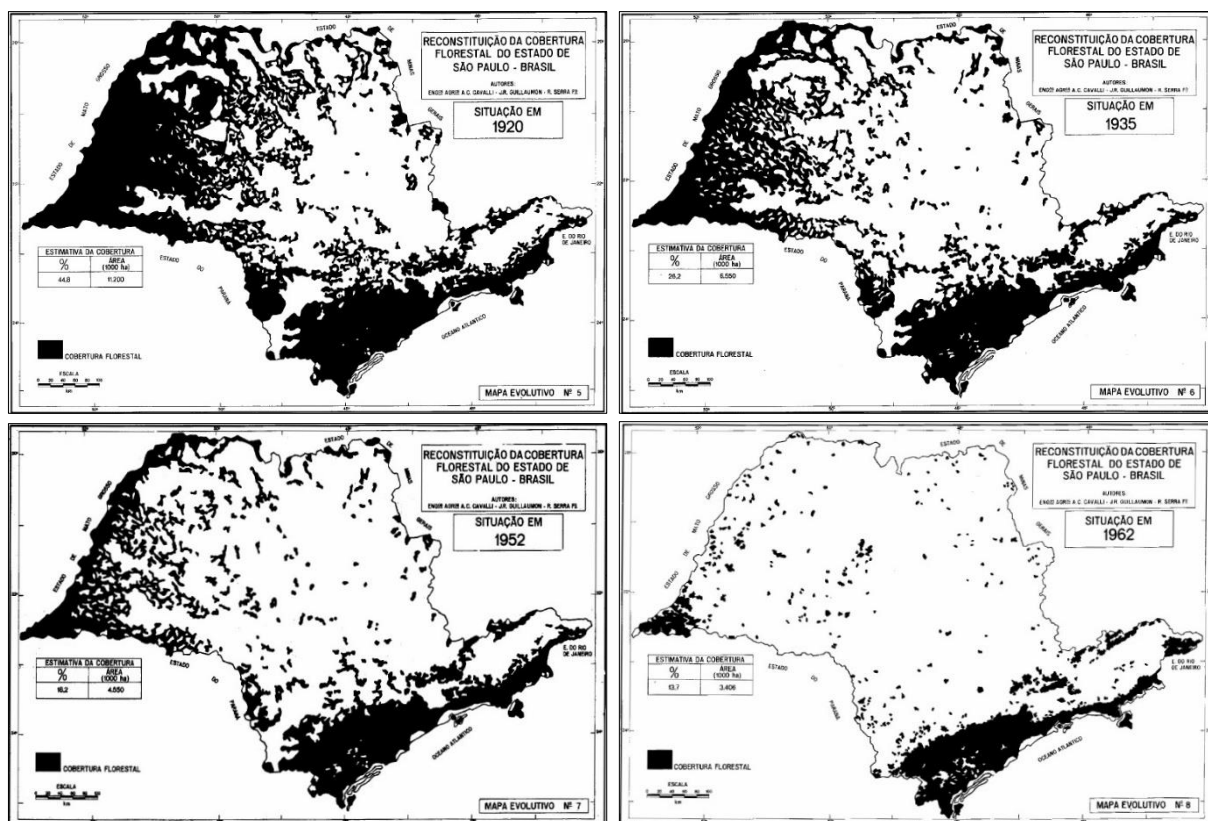
Até o fim da primeira guerra mundial, houve a fase do pastoreio aproveitando a vegetação menos densa. Ocupando as áreas de cerrado, os mineiros deixaram praticamente intocada a exuberante mata, salvo alguns pontos. Uma segunda fase – a do café – é marcada por forte produção de madeira extraída da mata. O café é

¹⁸ Refere-se ao conjunto de municípios situados entre Paraguaçu Paulista, a leste, e Presidente Epitácio, a oeste.

responsável pela devastação em grande escala das florestas, no estado de São Paulo e também na Alta Sorocabana, por ser uma cultura exigente quanto à fertilidade do solo e ao clima, procurando o “humus” das terras de mata. Com a exaustão da terra, novas matas são sacrificadas para em seu lugar serem plantados cafeeiros. Plantam-se ainda o algodão e cereais e finalmente se tornam pastagens. Forma-se assim o ciclo usual do estado que perdura também aqui: “mata-agricultura-pasto” (FONZAR, 1981, p. 50).

Os desdobramentos da ocupação regional sobre a cobertura vegetal nativa podem ser observados no mapeamento evolutivo constante em Victor et al. (2005). O desflorestamento fica evidente ao comparar-se o cenário nos anos de 1920, 1935, 1952 e 1962 (Figura 50).

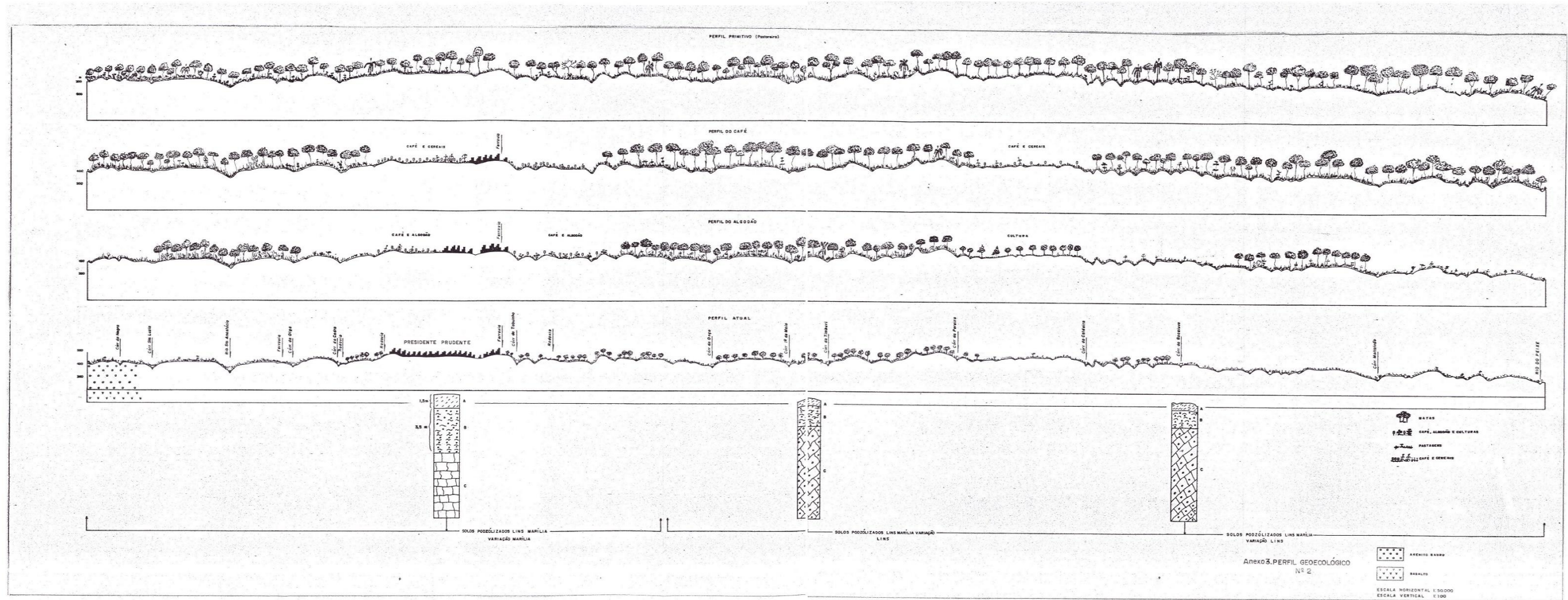
Figura 50. Evolução da cobertura florestal do estado de São Paulo



Fonte: Victor et al. (2005)

Fonzar (1981, p. 52), ao analisar a situação da Alta Sorocabana, pontua que “a área é despida de toda a sua floresta, restando apenas o Pontal do Paranapanema. Persistem alguns pontos isolados, toda margem do rio Paranapanema e do Paraná vê suas florestas desaparecerem”. A esse respeito, a autora elaborou o que denominou de perfis geocológicos (Figura 51), nos quais procurou representar as transformações pelas quais a região da Alta Sorocabana passou e seu estado atual.

Figura 51. Perfil geocológico traçado transversalmente ao espigão do alto curso do rio Santo Anastácio até o rio do Peixe, no sentido NNE-SSO, passando pela cidade de Presidente Prudente (SP)¹⁹



Fonte: Fonzar (1981)

¹⁹ Figura reproduzida da dissertação elaborada por Fonzar (1981), disponível na biblioteca da Unesp, campus de Presidente Prudente (SP). A qualidade da reprodução deve-se às características e ao estado de conservação do documento original.

A respeito do referido perfil, a autora assim o descreve:

A cobertura original era a floresta. A ferrovia incentivou o povoamento, o desenvolvimento urbano e as plantações de café sempre acompanhadas de cereais. Essas culturas vão ocupar o lugar das florestas, tem início o desmatamento. Após a crise do café de 1929, ele é substituído em parte pelo algodão, mas o desmatamento é progressivo. Com a crise do algodão, há desenvolvimento das pastagens, mas aqui seu domínio não é absoluto pela estrutura fundiária formada em grande parte de pequenos proprietários. Nos sítios, a criação extensiva é impraticável e no perfil atual há grande extensão de culturas, principalmente nas partes mais altas do espigão. A pecuária domina as encostas suaves e as planícies (FONZAR, 1981, p. 70-71).

O cenário descrito por Fonzar (1981) não se restringiu apenas aos limites da Alta Sorocabana, mas pode ser observado no Planalto Ocidental Paulista como um todo.

Monbeig (1984) destaca que o uso da terra no Planalto Ocidental Paulista teve impulso no período 1880 e 1910, sob comando dos cafeicultores que iniciaram desmatamentos extensivos, tendo como precursores os índios, sendo o grupo mais importante o dos tupis-guaranis, e os mineiros, que a partir de 1850 se chocaram com os índios.

Importante considerar que a ocupação indígena do planalto também provocou alterações na cobertura vegetal, devido a prática de agricultura itinerante. Os terrenos submetidos a este manejo indígena podem ter se recuperado espontaneamente ao longo dos anos na forma de cerradinhos ou quiçaças, formações vegetais secundárias, sobretudo quando ocorrem próximos a cursos d'água, sítios preferidos pelos índios para instalar suas aldeias, como aventa MONBEIG (1984). [...] Entretanto, as ações indígenas permaneceram pontuais e, de uma maneira geral, todos os autores convergem para a configuração da paisagem “primitiva” de que havia em quase todo o Planalto uma densa cobertura vegetal, sendo a sua constituição associada aos solos e nuances climáticas (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019, p. 90).

No entanto, os primeiros usos extensivos da terra não se limitaram aos cultivos de café, mas incluíram sequencialmente os de algodão e as pastagens. Em período mais recente, e posterior à decadência do ciclo do café, Monbeig (1984) identifica uma nova fase no uso da terra no Planalto Ocidental Paulista, marcada pela expansão das áreas de pastagem (Figura 52).

e a rede viária, compondo um quadro diversificado de usos que, além de suas agressividades específicas, apresentam em comum, em contraste com o quadro primitivo, um elemento inusitado: *a feição linear*. São os caminhos, as cercas, as ruas, os carreadores, etc.

A esta primeira alteração ambiental promovida pela colonização, sucederam-se outras desencadeadas pela urbanização a partir dos anos de 1960; pela substituição dos cultivos agrícolas por outros e pela pecuária; pela construção de barragens de grande porte nos principais rios da região, como o Grande, o Paraná e o Paranapanema, transformando os principais cursos d'água em lagos artificiais, durante os anos de 1960 a 1990 (DEAN, 1996).

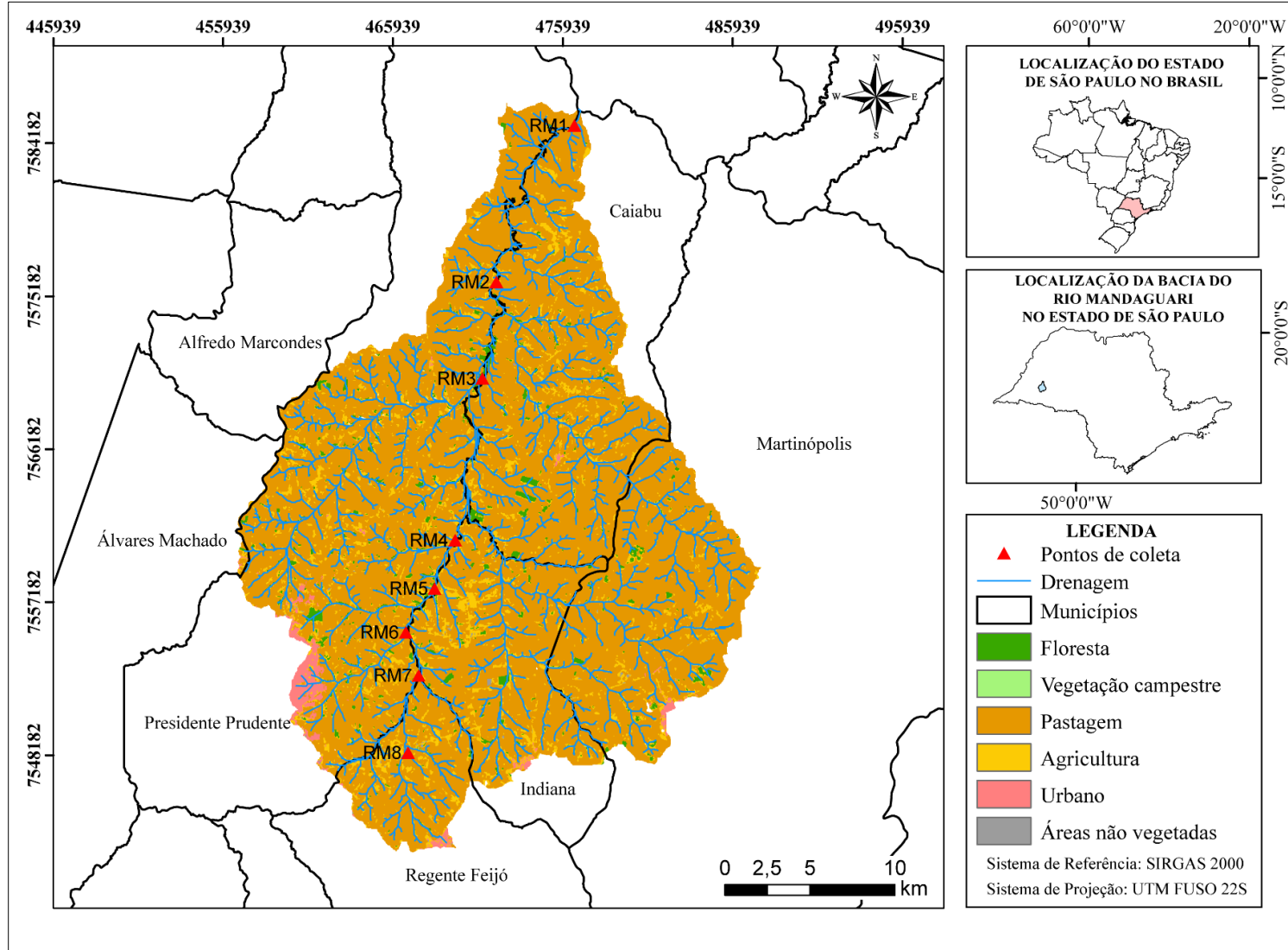
Entretanto, deve-se reconhecer a superioridade da intensidade da primeira intervenção sobre as seguintes, pelo simples fato de que, em poucos anos, foi praticamente suprimido o componente biótico natural do meio ambiente e introduzido o componente civilizatório trazido pelos colonizadores (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019, p. 91).

Oliveira e Queiroz Neto (2019) complementam ainda que, depois de milhares de anos de uma dinâmica natural dos processos superficiais, a eliminação do meio biótico alterou de forma drástica o balanço hídrico e o comportamento das águas de escoamento e infiltração nos terrenos agora desprovidos de cobertura vegetal. Esse desequilíbrio na dinâmica hídrica passou a promover a degradação dos solos que, em geral, são muito sensíveis ao comportamento das águas, por sua natureza arenosa nos locais de ocorrência das formações do Grupo Bauru.

Assim, solos com alta erodibilidade passaram a sofrer entalhes erosivos, sulcos e ravinas, e a manifestar erosão interna na forma de voçorocas nas cabeceiras das nascentes dos cursos d'água, cujos sedimentos entulharam os fundos de vale de primeira e segunda ordem formando os depósitos tecnogênicos (OLIVEIRA; QUEIROZ NETO, 2019).

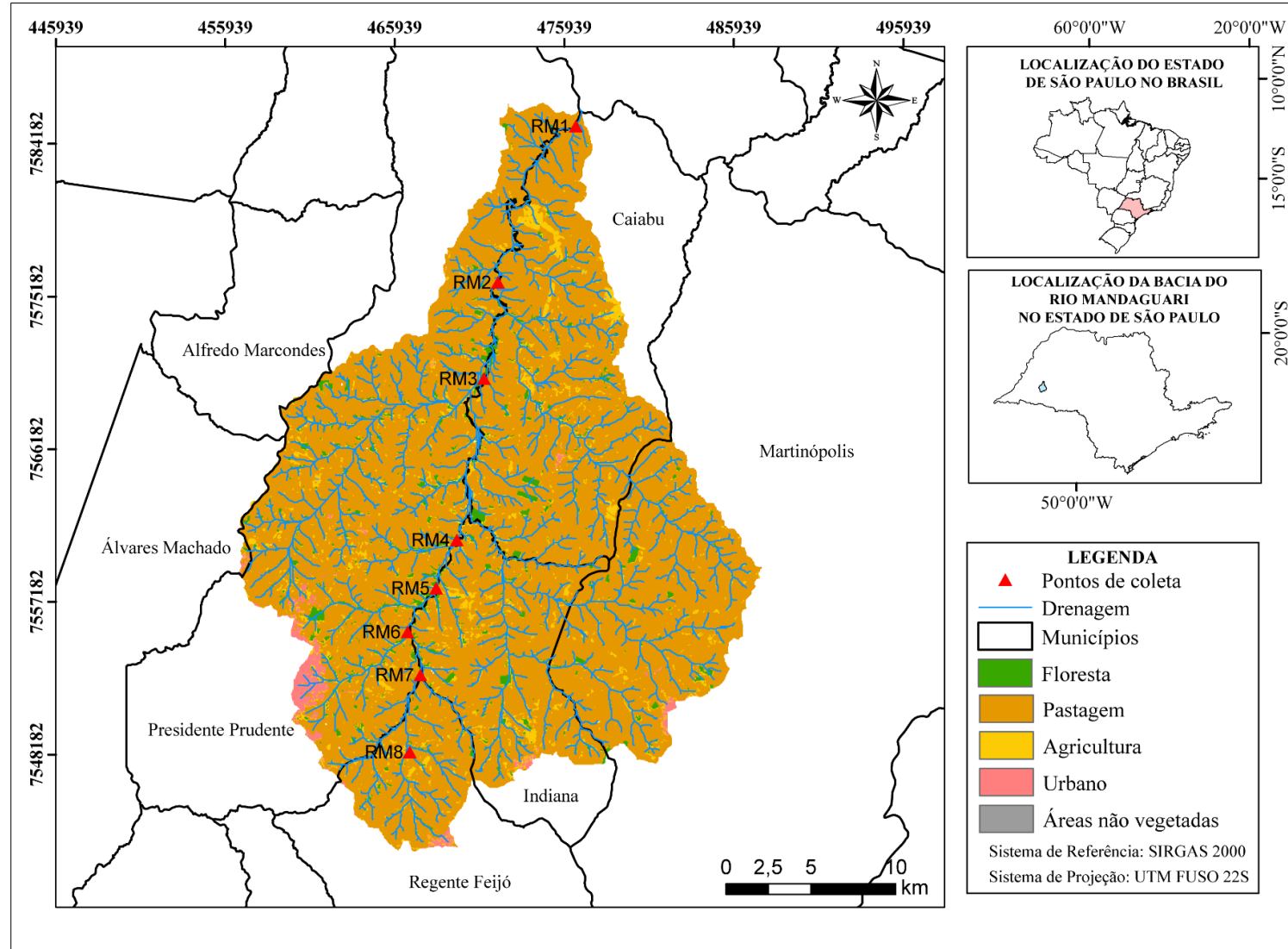
A bacia hidrográfica do rio Mandaguari situa-se nesse contexto ambiental caracterizado por intensa antropização, responsável por alterar os processos de dinâmica superficial. As transformações no uso da terra na área de estudo são notáveis nos mapeamentos elaborados para este trabalho, que constam nas figuras de 53 a 60, a seguir.

Figura 53. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 1985



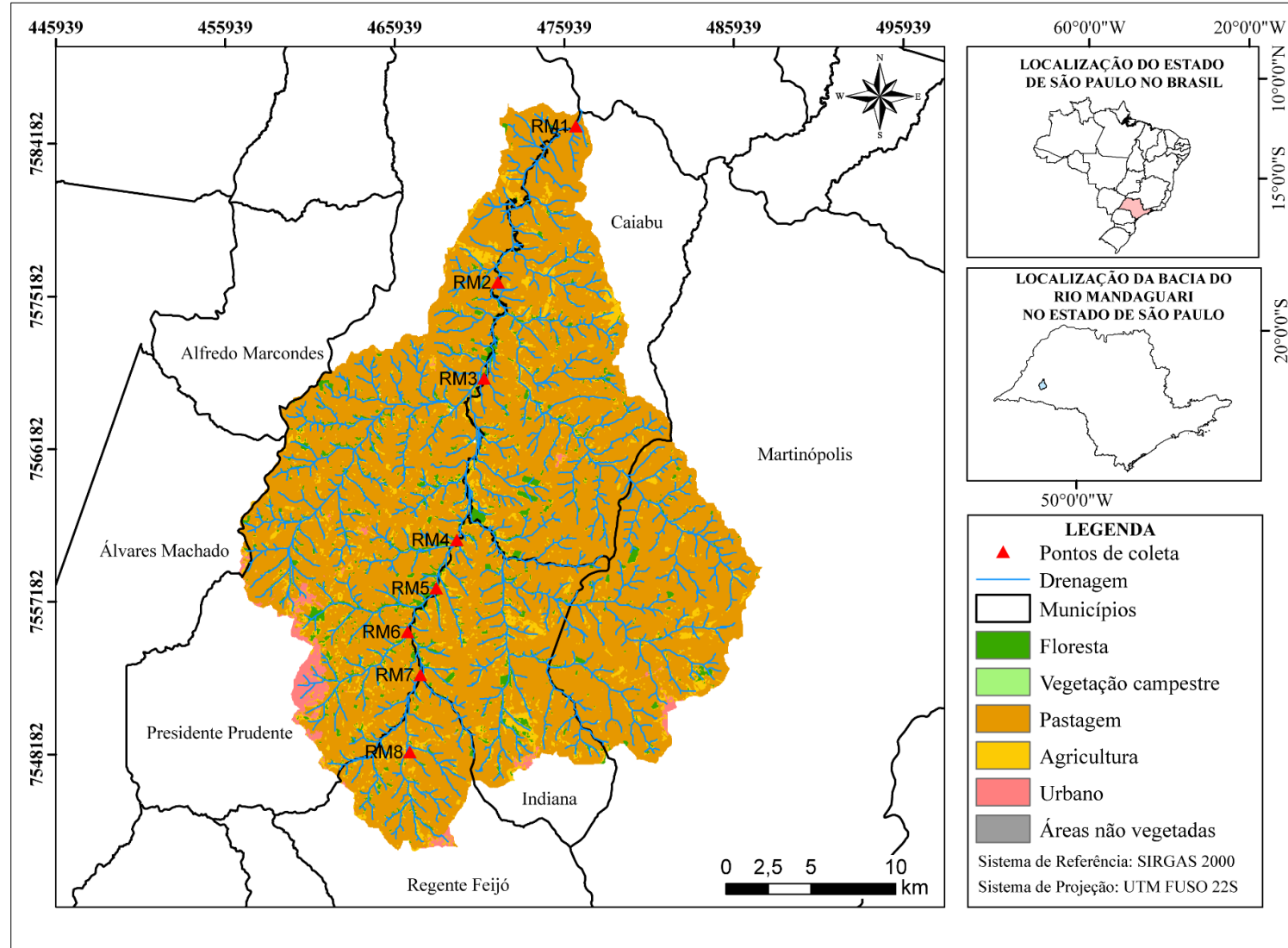
Org.: do autor

Figura 54. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 1990



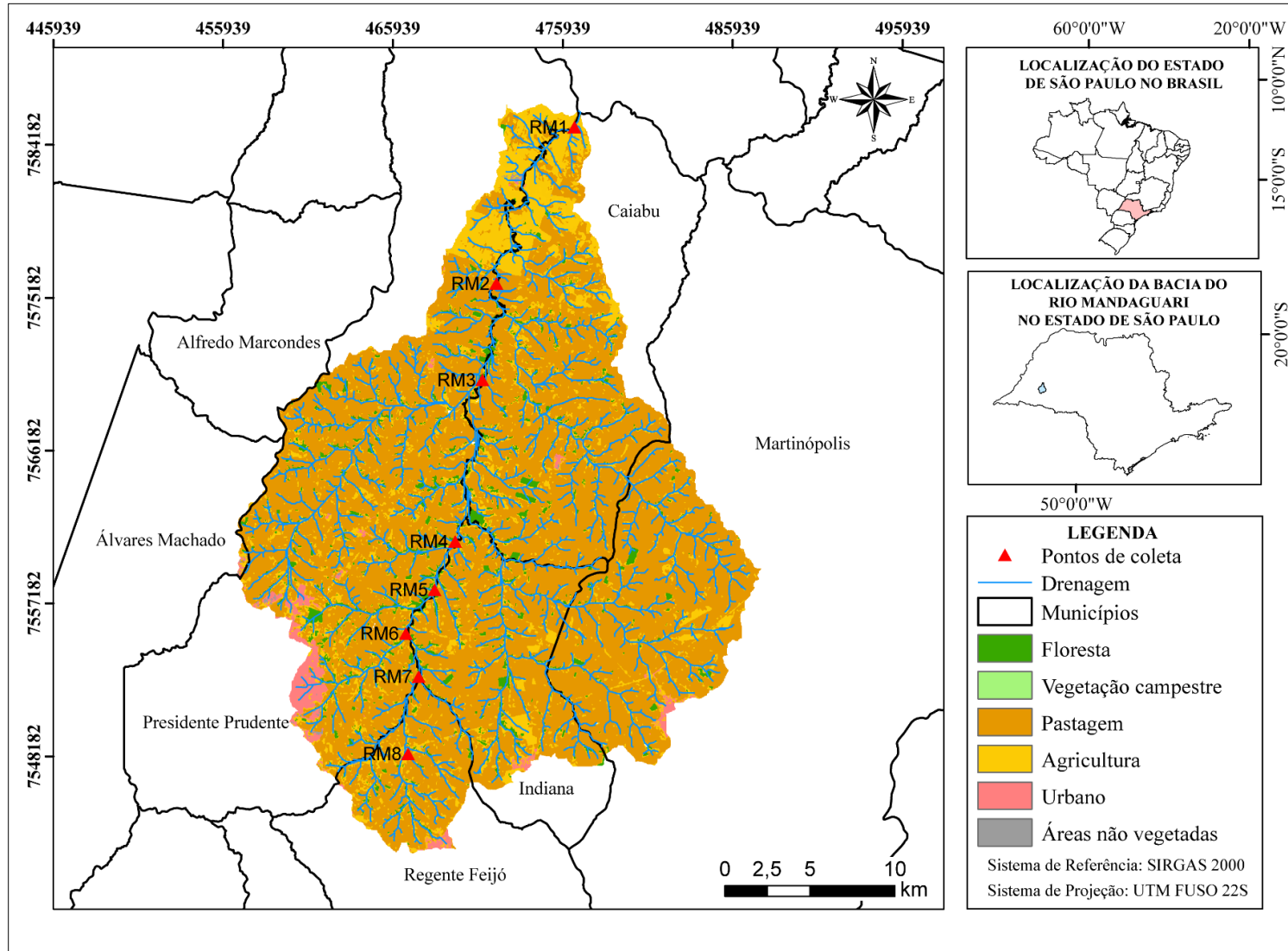
Org.: do autor

Figura 55. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 1995



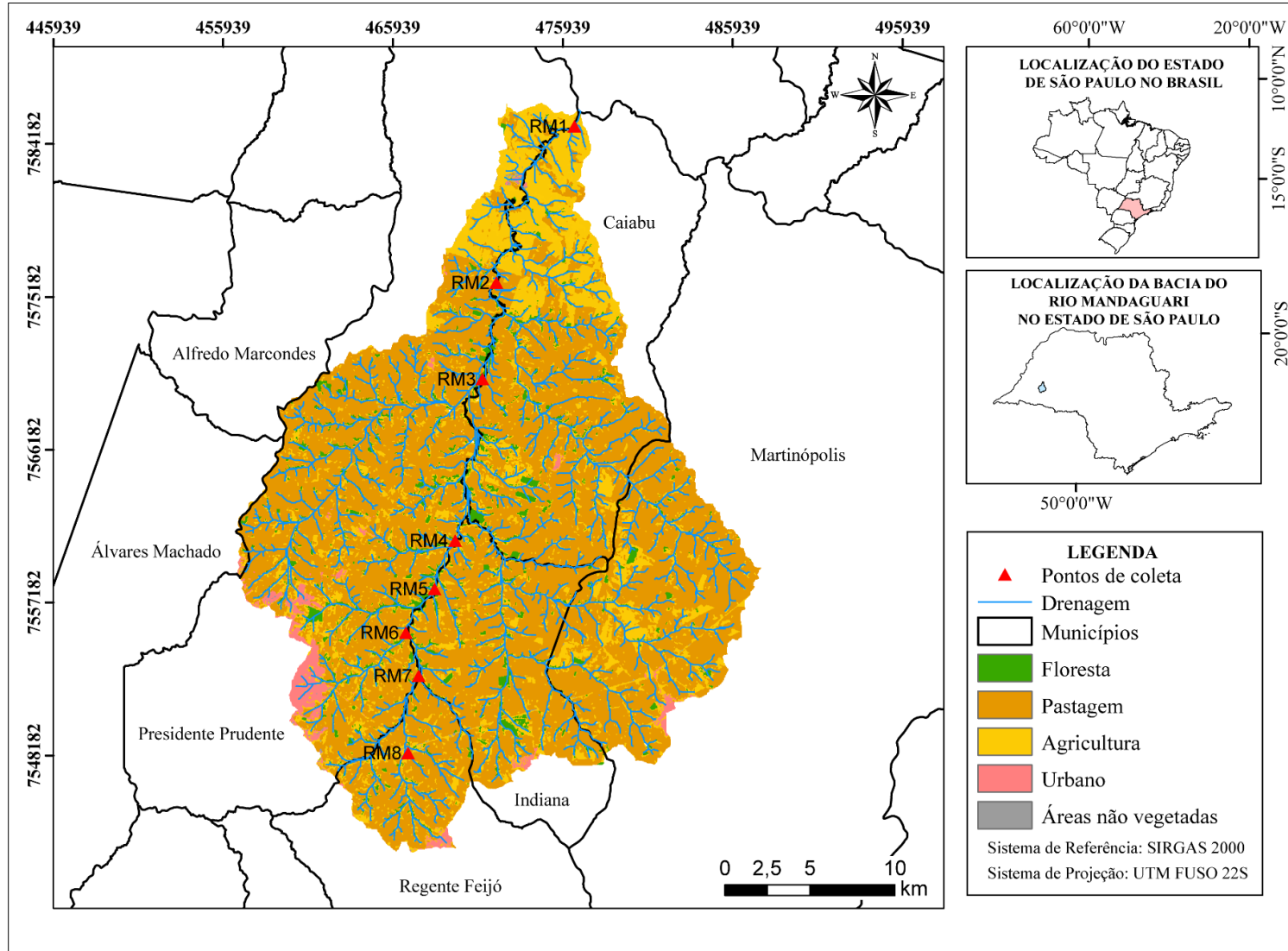
Org.: do autor

Figura 56. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2000



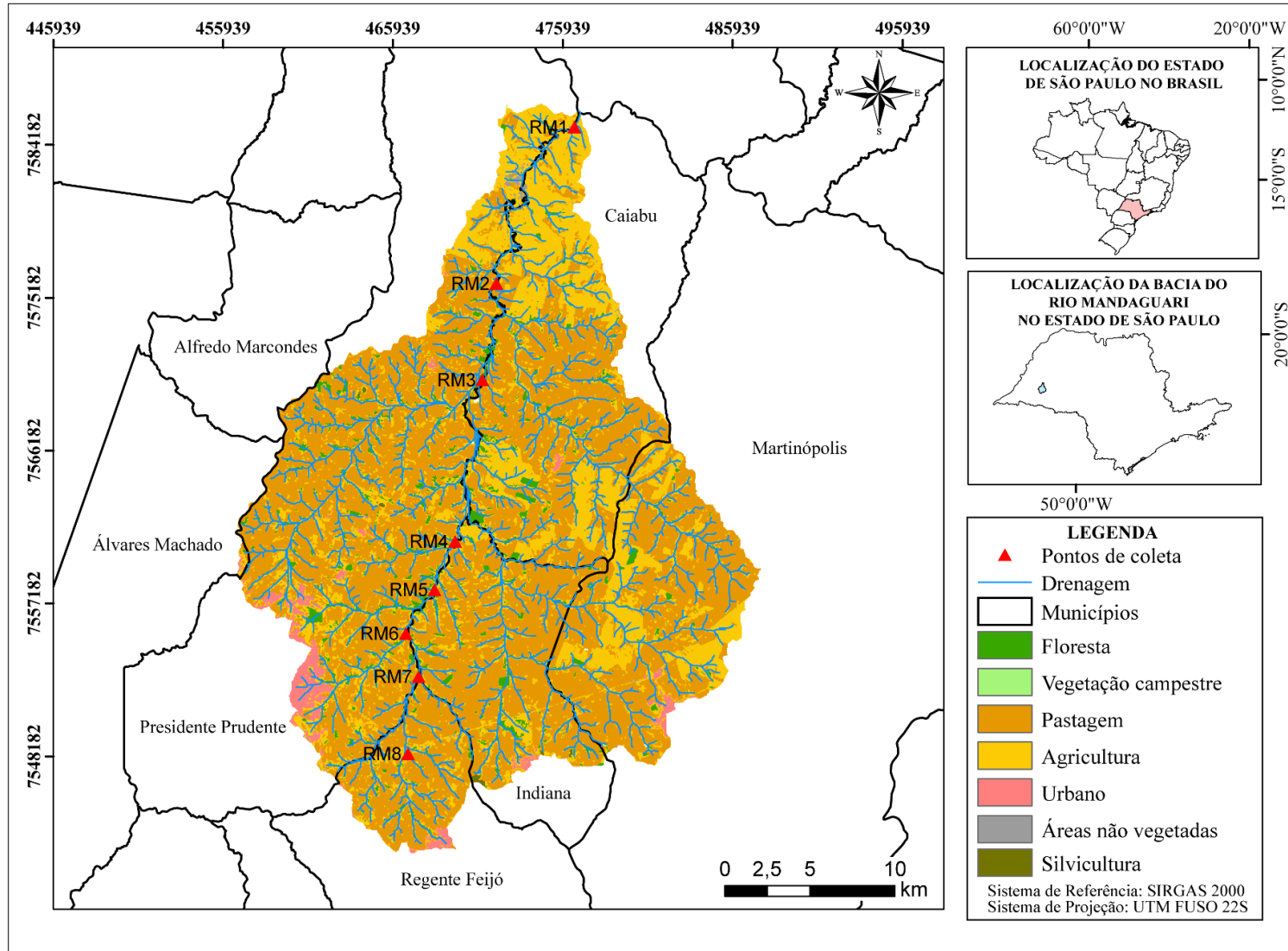
Org.: do autor

Figura 57. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2005



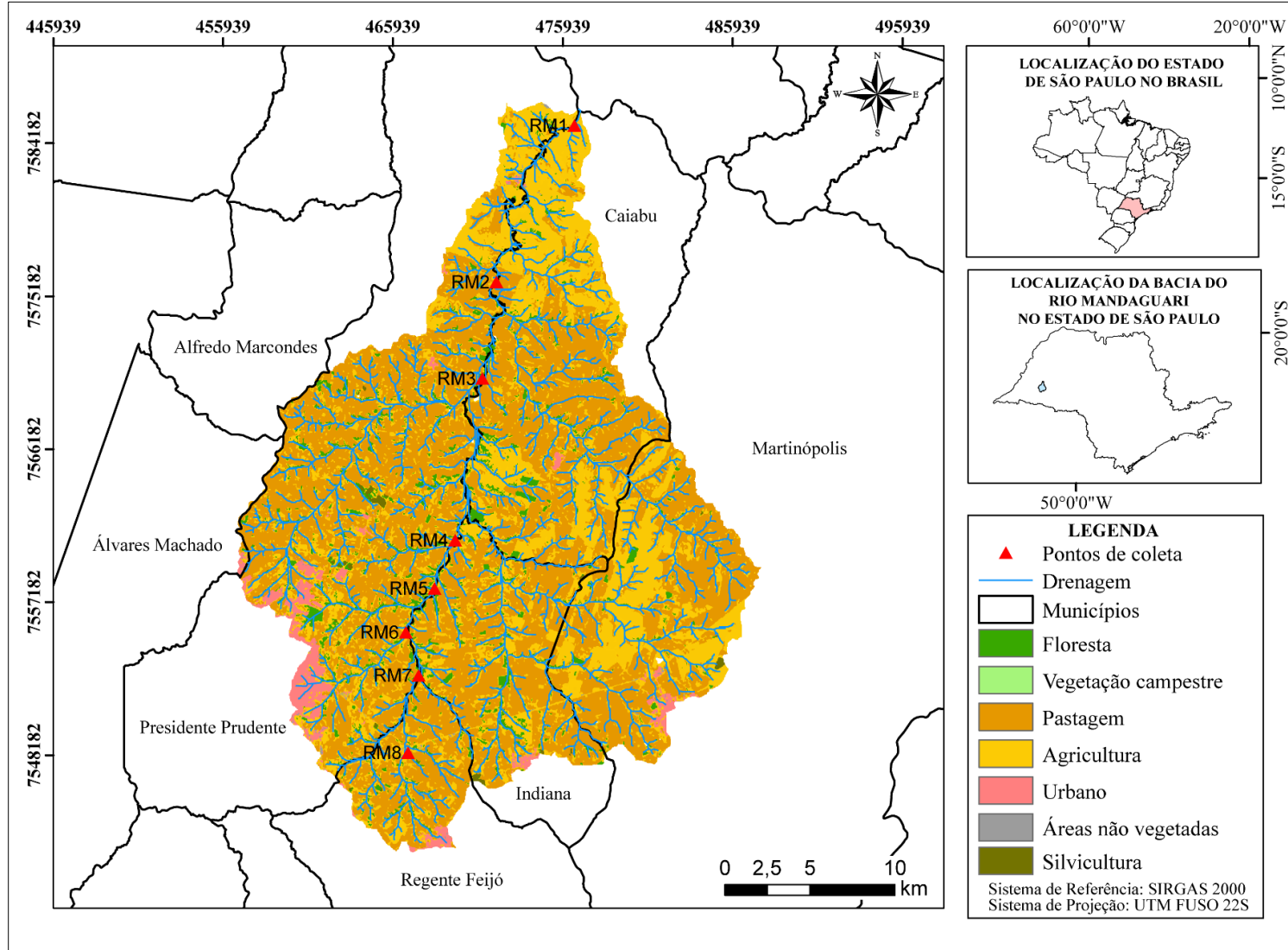
Org.: do autor

Figura 58. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2010



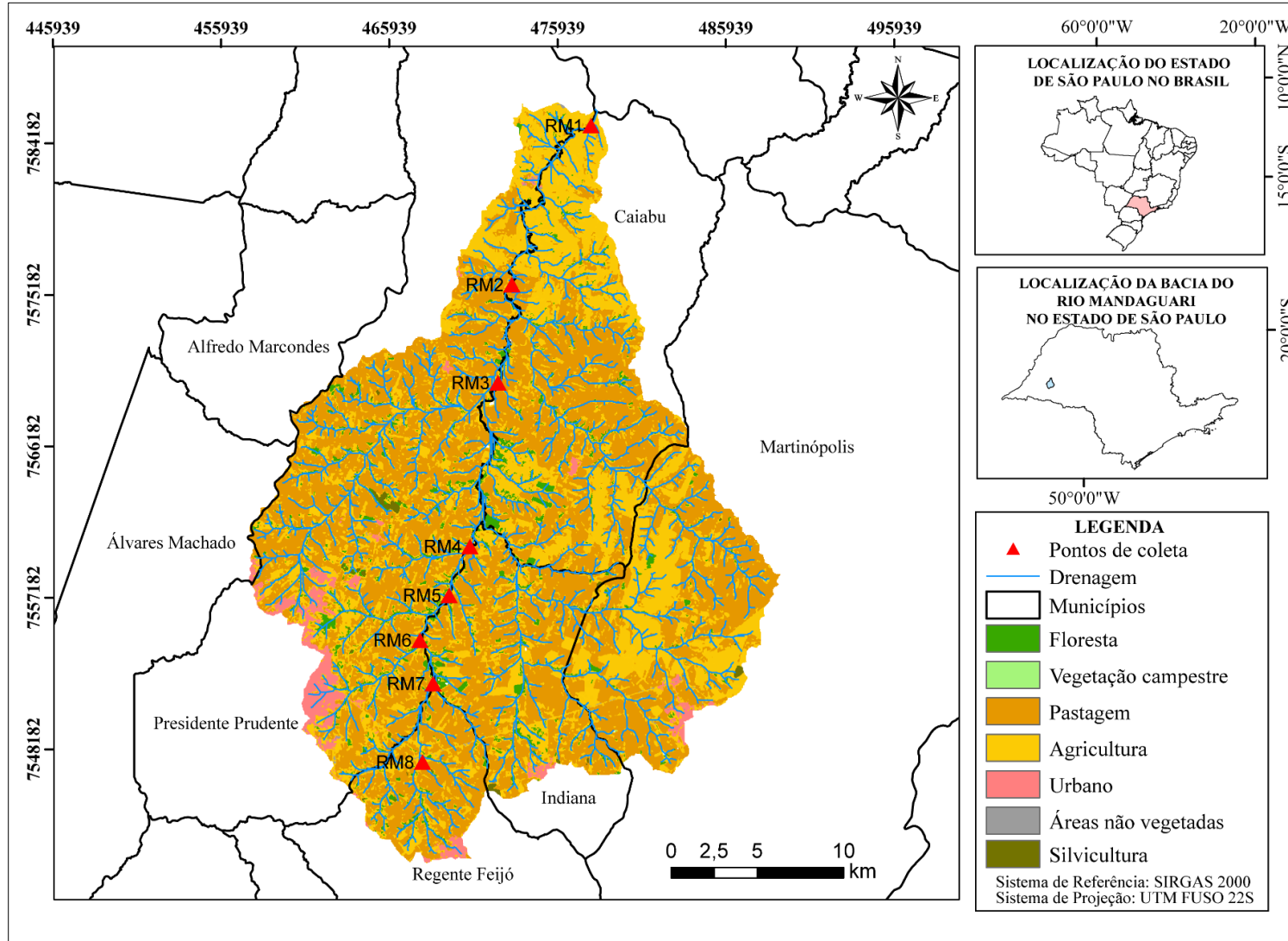
Org.: do autor

Figura 59. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2015



Org.: do autor

Figura 60. Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari no ano de 2017



Org.: do autor

Além dos produtos cartográficos, foram gerados também os dados referentes à área ocupada (em km²) pelos diferentes usos identificados na bacia hidrográfica do rio Mandaguari nos períodos amostrados pelo mapeamento. Os dados constam na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10. Evolução da área ocupada (em km²) pelas diferentes classes de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Mandaguari

Anos	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017
Classes								
Floresta	18,47	24,96	32,57	34,88	36,57	31,09	41,63	33,65
Vegetação Campestre	0,05	0	0	0	0	0,02	0,04	0
Pastagem	634,87	652,52	618,15	548,46	502,68	461,09	399,99	385,46
Agricultura	75,27	51,72	77,41	142,08	185,60	230,97	277,16	299,61
Urbano	8,65	9,38	10,34	11,78	12,84	13,27	17,01	17,10
Áreas não vegetadas	1,39	0,26	0,30	1,42	1	1,7	1,05	0,77
Silvicultura	0	0	0	0	0	0,52	1,8	2,02
Água	0,22	0,07	0,14	0,28	0,22	0,25	0,25	0,2
Total	739	739	739	739	739	739	739	739

Org.: do autor

A partir da análise comparativa entre os anos amostrados é possível destacar alguns pontos, sendo:

- Desde a década de 1980, e conforme a literatura até mesmo em período anterior, as pastagens ocupam área significativa na bacia hidrográfica do rio Mandaguari. Nota-se que até o início dos anos de 1990 as áreas de pastagem encontram-se em expansão. A partir de 1995, observa-se um declínio da área por ela ocupada, tendência que se manterá nos anos posteriores, indicando sua substituição por outros usos, em especial, a agricultura.

- As áreas com remanescentes da vegetação nativa (Floresta Estacional Semidecidual), ocorrendo majoritariamente em áreas de nascente e confluência de canais, permaneceram praticamente inalteradas a partir de 1995, o que pode ser atribuído a ampliação da atividade fiscalizadora por parte dos órgãos ambientais competentes.

- A expansão da área urbana dos municípios que integram a bacia (Presidente Prudente, Regente Feijó, Indiana, Martinópolis e Caiabu) é evidente, tendo como setores preferenciais os espigões divisores de água, com declividades pouco acentuadas na porção leste da bacia e mais acentuadas na porção oeste. A ocupação dessas áreas responde, muitas vezes, por um quadro de degradação das nascentes e seu entorno em decorrência da urbanização.

- As áreas não vegetadas permaneceram reduzidas durante a década de 1990. Nas décadas seguintes, em especial nos anos 2000 e 2010, observa-se ligeiro aumento da área ocupada por

essa classe. Esse incremento pode estar associado, nas áreas urbanas, à criação de novos loteamentos/bairros quando ocorre a remoção da área vegetada, deixando o solo exposto, e a terraplanagem do local; e nas áreas rurais à conversão das pastagens, por exemplo, em cultivos de cana de açúcar, momento em que o solo fica exposto.

- A silvicultura passa a integrar, de modo tímido, a paisagem da bacia a partir de 2010. O mapeamento realizado indica que a silvicultura passou a ocupar áreas antes ocupadas por pastagem ou cultivos agrícolas, em especial os temporários, fato este que pode ser atribuído à valorização do produto no mercado, seja para utilização como eucalipto tratado, para fabricação de carvão ou como lenha em fornos.

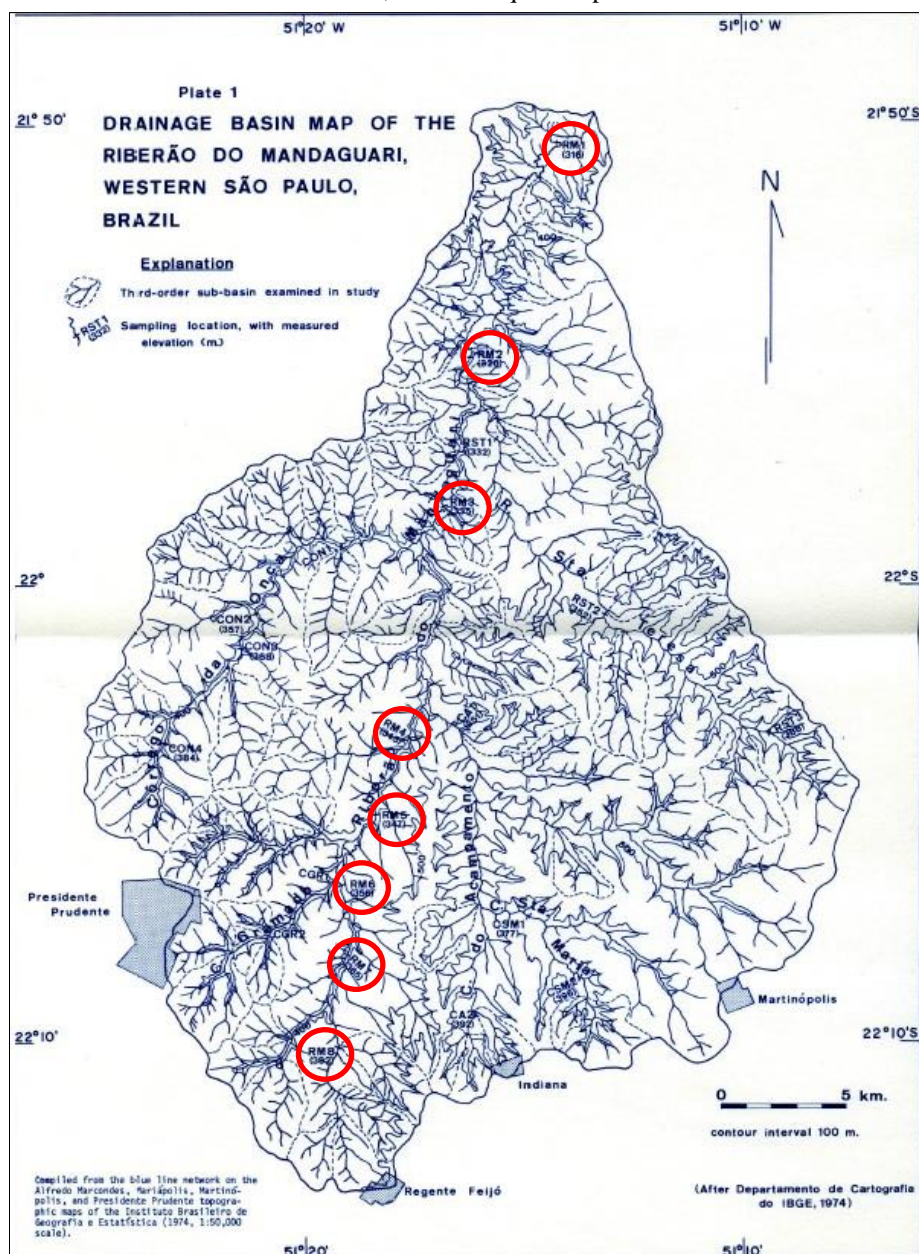
- Por último, destaca-se a expansão da área agrícola em meados da década de 1990, em detrimento da redução das áreas destinadas às pastagens, em especial nas porções norte e leste da bacia, fato este evidenciado também nos mapeamentos mais recentes, por exemplo, ao se comparar a situação do referido uso em 2015 e em 2017, atestando que as mudanças no uso da terra na bacia ainda estão em curso.

- A partir das atividades de campo desenvolvidas na área, observou-se que parte expressiva das áreas agrícolas é ocupada pelos cultivos de cana de açúcar, em especial nos setores da bacia, como o leste/sudeste, onde as declividades são pouco acentuadas, o que favorece a implementação de cultivos mecanizados.

6 CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS TECNÔGENICOS AMOSTRADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANDAGUARI

Neste item serão apresentados e analisados, em conjunto com as observações feitas em campo, os resultados das análises laboratoriais as quais foram submetidos os materiais coletados nas deposições tecnôgenicas amostradas na área de estudo. Conforme exposto, foram eleitos 8 pontos de amostragem localizados em taludes marginais ao canal principal, denominados como RM1, RM2, RM3, RM4, RM5, RM6, RM7 e RM8, mesma nomenclatura utilizada por Baumgardner Jr. (1979) ao estudar a área nos anos de 1970 (Figura 61).

Figura 61. Mapa da bacia hidrográfica do rio Mandaguari com indicação dos pontos estudados por Baumgardner Jr. nos anos de 1970, com destaque dos pontos de coleta



Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

6.1 Ponto RM1

No ponto RM1 a mata ciliar, composta por vegetação arbórea e gramíneas, está preservada (Figura 62), o que pode ser creditado ao fato do ponto situar-se em área de preservação permanente (APP)²⁰.

Figura 62. Vista do rio Mandaguari a partir do local de coleta no ponto RM1



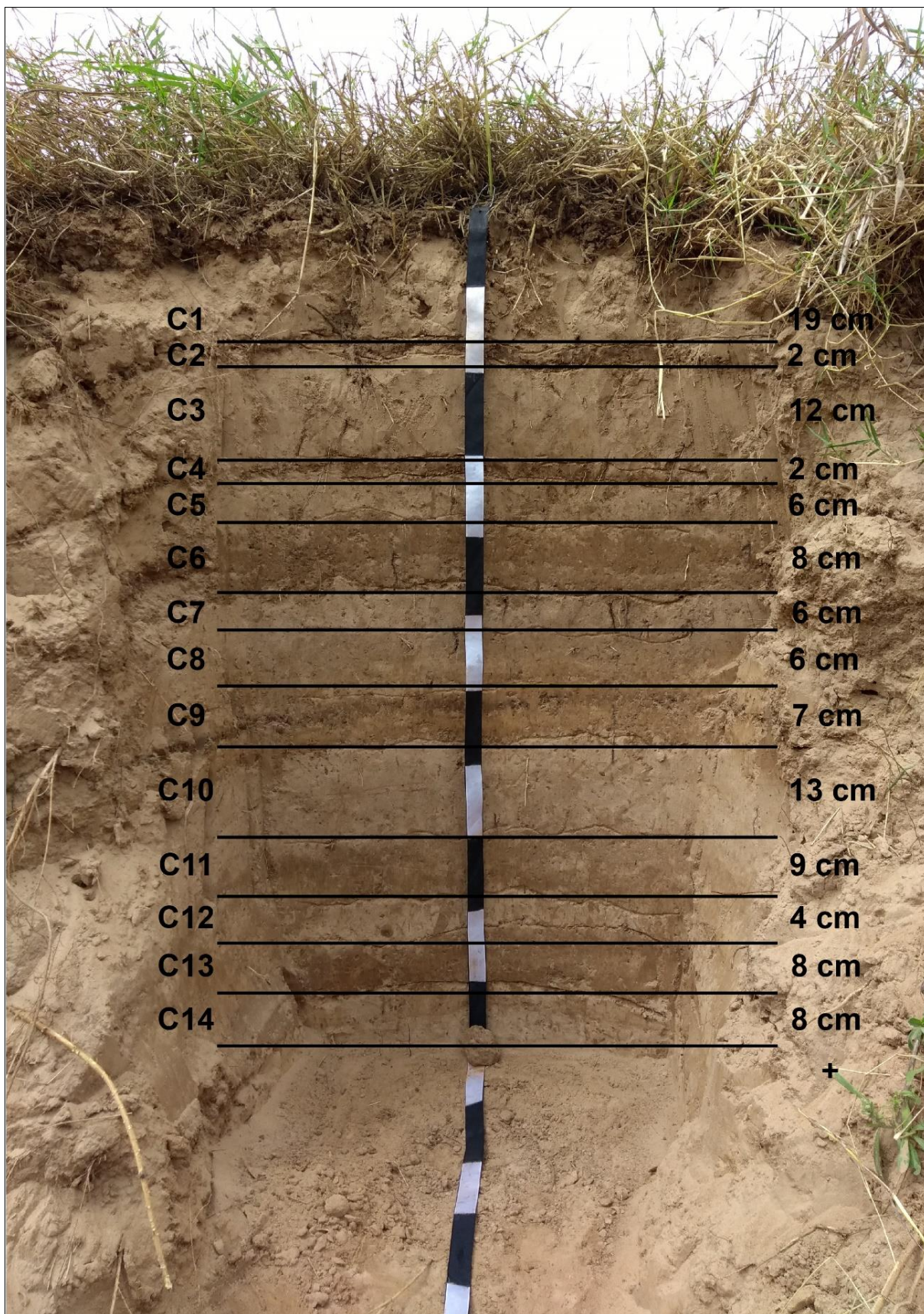
Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

Em ambas as margens do canal, o uso da terra é dominado pelo cultivo mecanizado de cana de açúcar, considerando que este trecho do canal se encontra nos limites da Unidade Floresta da Usina Alto Alegre S/A. A época da coleta, o solo estava recoberto por palhada de cana de açúcar e foi possível observar a presença de curvas de nível, com vistas a evitar a perda de solo por erosão, mesmo a área situando-se numa condição geomorfológica caracterizada por declividades pouco acentuadas (< 10%).

Nesse ponto de amostragem o depósito identificado apresentou espessura de 1,10 m e foram identificadas visualmente em campo 14 camadas de deposição (Figura 63).

²⁰ Conforme definição da Lei n. 12.651/2012, a Área de Preservação Permanente é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

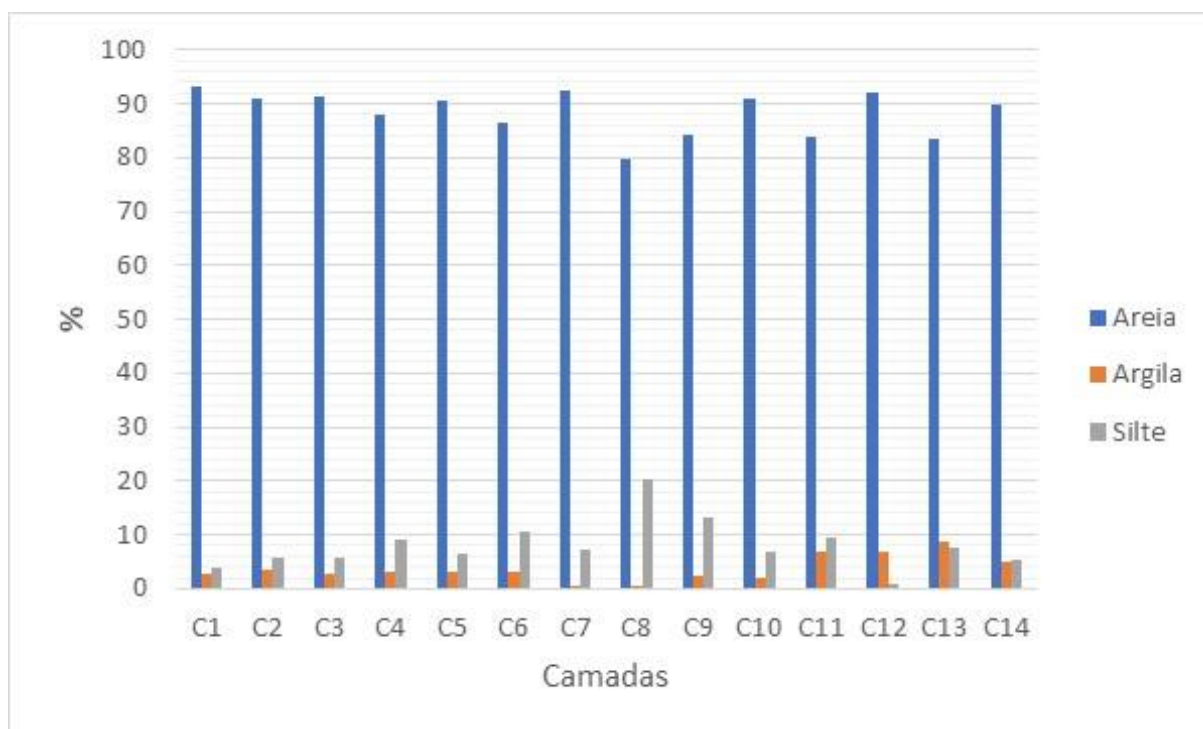
Figura 63. Perfil do depósito no ponto RM1 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

A análise granulométrica (Figura 64) indicou a predominância de material arenoso em todas as camadas, sendo que as situadas no terço inferior da deposição apresentam maiores teores de argila quando comparadas as demais. Já os teores de silte apresentaram variação considerável em todo o perfil.

Figura 64. Gráfico contendo resultados da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM1



Org.: do autor

Conforme mencionado no item 3.2.2, anteriormente a realização da análise granulométrica, as amostras foram submetidas ao peneiramento no intuito de identificar e separar elementos como fragmentos de carvão, indicativos da realização de queimadas, plástico, vidro, tecido, entre outros. No depósito identificado no ponto RM1 observou-se a ocorrência de fragmentos de carvão nas camadas 1, 3 e 12, e de plástico na camada 6. A presença de raízes foi observada, em maior ou menor quantidade, em todas as camadas.

As diferentes espessuras das camadas de deposição indicam que os processos deposicionais variaram ao longo do tempo. Sabe-se que tais processos estão sujeitos à alteração em decorrência do uso da terra, que responde pelo incremento ou redução do aporte de sedimentos lançados nos canais de drenagem por meio do escoamento superficial nas vertentes, como também pela modificação do regime fluvial, o que repercute sobre o comportamento dos canais no que tange à erosão, transporte e deposição.

Como já referido no item referente ao uso da terra, a porção norte da bacia hidrográfica do rio Mandaguari teve, a partir de meados da década de 1990, a conversão de inúmeras áreas utilizadas para pastagem em cultivos agrícolas, sobretudo de cana de açúcar.

O registo fotográfico feito por Baumgardner Jr. neste setor da bacia indica a predominância das áreas de pastagem as margens do canal principal, bem como a presença de ravinamentos cuja origem está relacionada às características texturais dos solos da região, descritas anteriormente, à ocorrência de morfologias côncavas (coletoras das águas de escoamento superficial) nesse setor da bacia, e ao pisoteio e compactação do solo pelo gado criado extensivamente (Figura 65), que colabora para o escoamento concentrado das águas.

Figura 65. Registro fotográfico do ponto RM1 feito por Baumgardner Jr. em 1978



Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

O cenário registrado por Baumgardner Jr. na década de 1970 difere-se substancialmente do atual, quando se observa a mudança no uso da terra, com a pecuária dando lugar as áreas de cultivo de cana de açúcar, e a adoção de práticas conservacionistas, como as curvas de nível (Figura 66). Somado a isso, tem-se a ampliação das áreas vegetadas marginais ao rio Mandaguari, fato este que pode ser creditado ao cumprimento de legislação voltada à preservação dos recursos hídricos, mediante a ampliação da atividade fiscalizatória.

Figura 66. Área de cultivo de cana de açúcar as margens ao rio Mandaguari no trecho do ponto RM1



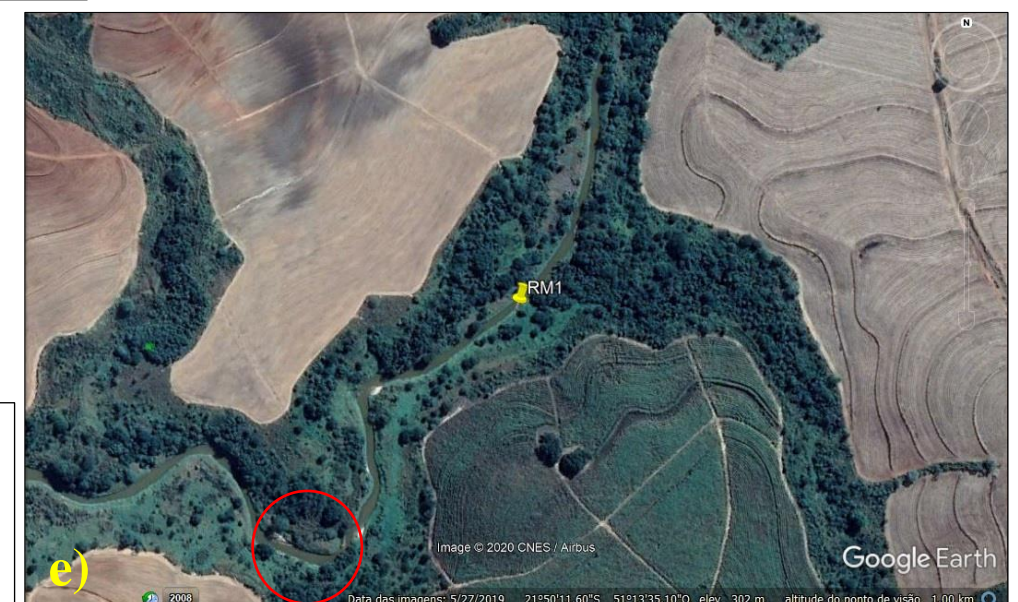
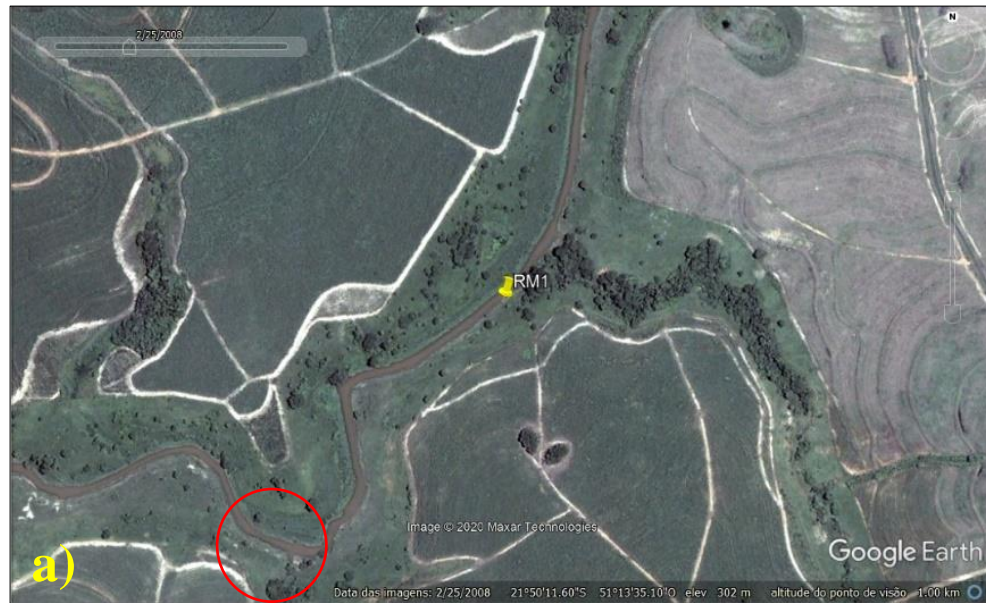
Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

A Figura 67 traz a sequência de imagens referentes ao entorno do local de coleta no ponto RM1 na qual é possível observar as curvas de nível nas áreas de cultivo de cana de açúcar e a ampliação da vegetação marginal ao rio Mandaguari ao longo do tempo. Também é possível constatar fases distintas no que se refere à deposição e ao entalhamento pelo canal fluvial.

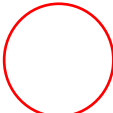
Pela sequência de imagens, pode-se perceber que nos anos amostrados o canal está erodindo os materiais depositados em períodos anteriores, sobretudo aqueles situados em taludes da margem esquerda. Este cenário se contrapõe ao encontrado por Baumgardner Jr. nos anos de 1970 quando os canais de drenagem se encontravam assoreados, devido às fontes de produção de sedimentos estarem superativas, devido aos intensos processos erosivos ocorrentes a época, quando o uso da terra era dominado pelas pastagens.

Na atualidade, a adoção de práticas conservacionistas de uso da terra e a ampliação da vegetação marginal têm contribuído para a atenuação do aporte de sedimentos lançados pelos fluxos de escoamento superficial nos fundos de vale, possibilitando maior trabalho erosivo da drenagem sobre as deposições existentes.

Figura 67. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM1 nos anos de 2008 (a), 2011 (b), 2016 (c), 2017 (d) e 2019 (e)



LEGENDA

 Trecho no qual nota-se a erosão do talude marginal pelo curso d'água.

6.2 Ponto RM2

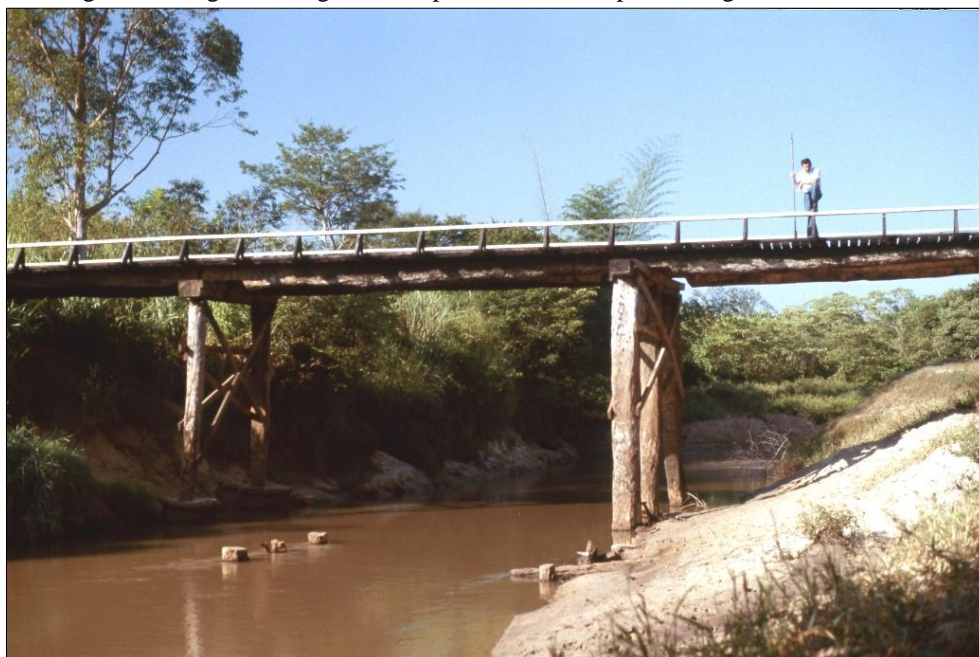
No ponto RM2 a vegetação marginal também está preservada (Figura 68). O uso da terra no entorno do local de coleta é dominado pelas pastagens e cultivos temporários, sendo possível observar a ocorrência de focos erosivos deflagrados pelo pisoteio de animais que utilizam o rio Mandaguari para dessedentação. O local de amostragem foi o mesmo registrado por Baumgardner Jr. nos anos de 1970. No registro feito pelo pesquisador texano é possível observar a presença de vegetação marginal mais densa que a atual (Figura 69).

Figura 68. Vista a partir do local de coleta no ponto RM2



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jun. 2018.

Figura 69. Registro fotográfico do ponto RM2 feito por Baumgardner Jr. em 1978



Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

A época do registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. era possível observar a ocorrência de deposições marginais ao canal do rio Mandaguari (Figura 70). Na atualidade, as deposições ainda são observáveis, assim como é possível observar também a existência de banco de areia no leito fluvial (Figura 71), indicativo de assoreamento do canal.

Figura 70. Deposição marginal no rio Mandaguari registrada por Baumgardner Jr. em 1978



Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

Figura 71. Banco de areia no leito do rio Mandaguari no trecho do ponto RM2



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jun. 2018.

O depósito amostrado nesse ponto foi dividido em duas seções por localizar-se em talude íngreme, sendo necessária a divisão para possibilitar a identificação das camadas e a coleta de material. A seção 1 apresentou espessura de 1,15 m e foram identificadas visualmente em campo 9 camadas de deposição, e a seção 2 apresentou espessura de 60 cm com 3 camadas de deposição (Figura 72).

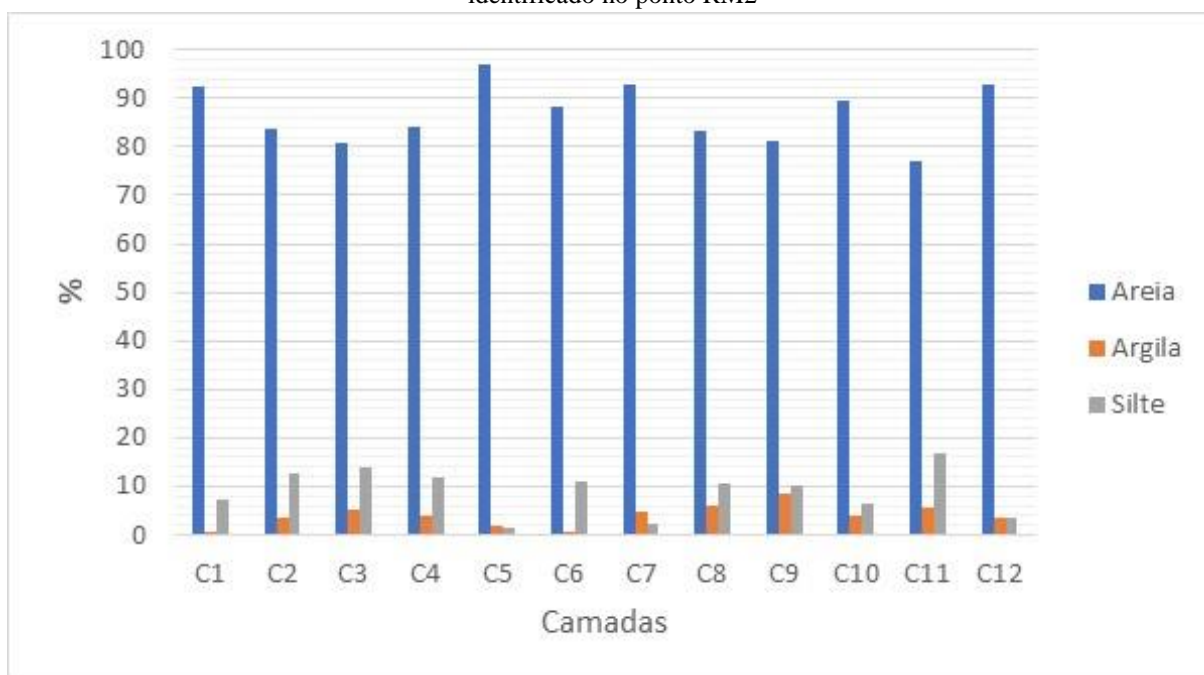
Figura 72. Perfil do depósito no ponto RM2 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jun. 2018.

A análise granulométrica (Figura 73) indicou a predominância de material arenoso em todas as camadas, com teores de argila variando entre 3 e 9% na maior parte das camadas, com exceção das camadas 1, 5 e 6 nas quais os percentuais de argila são inferiores a 3%. Os teores de silte variam ao longo do perfil, apresentando-se muito reduzidos, com valores inferiores a 5%, nas camadas 5, 7 e 12.

Figura 73. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM2



Org.: do autor

Observou-se também a ocorrência de fragmentos de carvão (Figura 74) nas camadas 4, 5, 7 e 12. A presença de raízes foi observada, em maior ou menor quantidade, em todas as camadas. A presença de fragmentos de carvão pode ser testemunho da realização de queimadas no intuito de converter áreas com vegetação nativa em pastagem, uso que predomina na localidade onde se situa o ponto de amostragem pelo menos desde a metade da década de 1980, quando os mapeamentos de uso da terra que compõem esse trabalho foram elaborados.

Figura 74. Fragmento de carvão encontrado na camada 5 do depósito identificado no ponto RM2



Fonte: acervo pessoal do autor

A Figura 75 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM2. Nela, é possível observar curvas de nível nas áreas de pastagem marginais ao rio Mandaguari e a existência de focos erosivos devido ao pisoteio e compactação do solo pelo gado.

Também é possível observar a tendência de entalhe do canal, fato este evidenciado no imageamento referente ao ano de 2003 (a), quando se nota a tentativa do curso d'água de criar um novo canal de escoamento, erodindo a deposição existente. No entanto, as imagens relativas aos anos posteriores indicam o insucesso desse entalhe, o que pode ser creditado ao fato de as fontes de produção de sedimentos ainda estarem ativas, contribuindo para o acréscimo de material nos fundos de vale. Já no canto superior esquerdo da imagem é possível observar um meandro abandonado, mostrando o antigo trecho percorrido pelo canal fluvial.

Figura 75. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM2 nos anos de 2003 (a), 2008 (b), 2013 (c), 2017 (d) e 2019 (e)



LEGENDA

- Trecho no qual nota-se tentativa do curso d'água de criar um novo canal de escoamento.
- Meandro abandonado.

6.3 Ponto RM3

No ponto RM3 a vegetação marginal é dominada por gramíneas e esparsas espécies arbóreas (Figura 76). O uso da terra no entorno do local de coleta é dominado pelas pastagens, degradadas em alguns setores por erosão linear (Figura 77) resultante da combinação das declividades um pouco mais acentuadas nesse trecho, da vulnerabilidade natural dos solos a erosão e do pisoteio e compactação do solo por animais criados extensivamente.

Figura 76. Vista do rio Mandaguari no ponto RM3



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, fev. 2017.

Figura 77. Focos erosivos no entorno do local de coleta no ponto RM3



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jun. 2018.

Também foi possível observar durante as atividades de campo evidências da inundação da área de planície a partir do acúmulo de água em embaciamento formando uma lagoa marginal sazonal (Figura 78). Ressalta-se que para este ponto não há registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. nos anos de 1970.

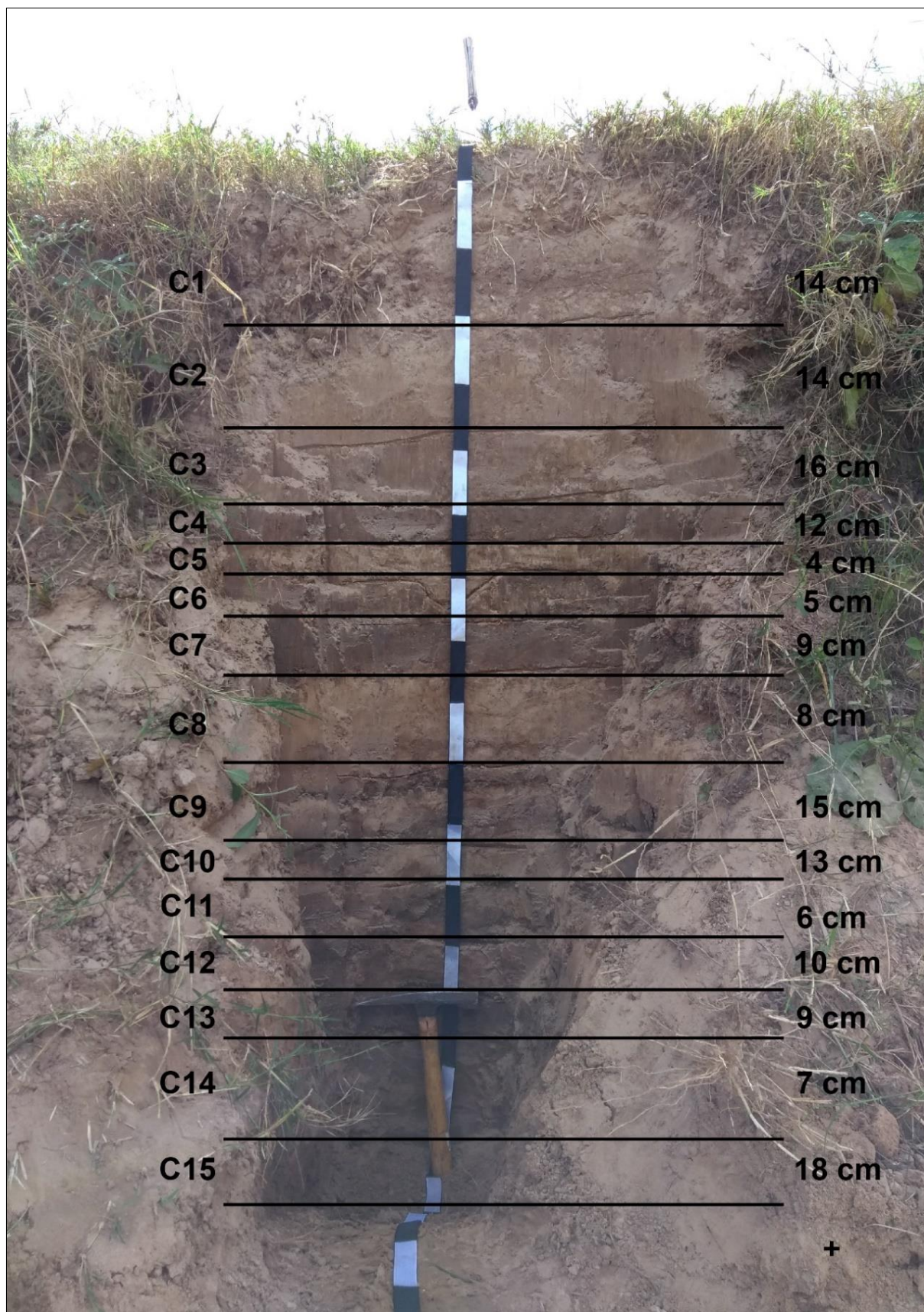
Figura 78. Lagoa marginal sazonal próxima ao local de coleta no ponto RM3



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jul. 2017.

O depósito amostrado neste ponto apresentou espessura de 1,60 m e foram identificadas visualmente em campo 15 camadas de deposição (Figura 79).

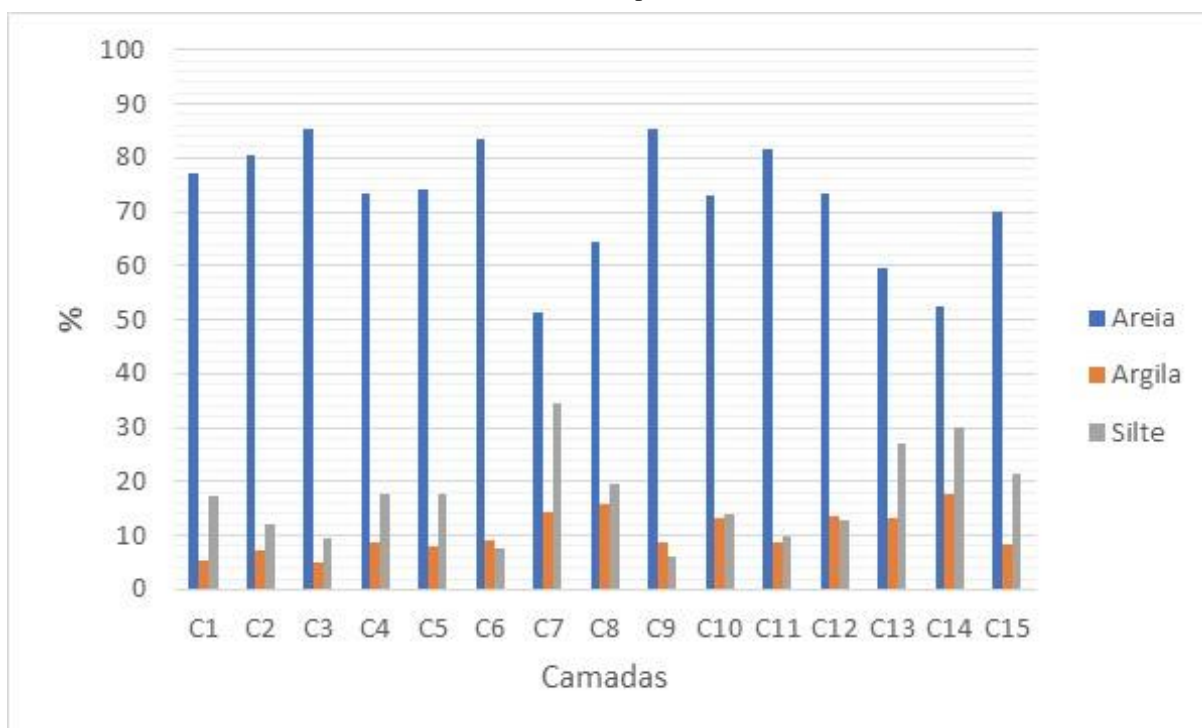
Figura 79. Perfil do depósito no ponto RM3 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jun. 2018.

A análise granulométrica (Figura 80) indicou a predominância de material arenoso em todas as camadas, porém, diferentemente dos pontos RM1 e RM2, os teores de silte e argila nessa deposição são mais expressivos.

Figura 80. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM3



Org.: do autor

A alternância de camadas cuja participação de silte e argila é maior ou menor pode ser indicativa do comportamento diferencial da atividade deposicional realizada pelo canal fluvial.

Sabe-se que para ambientes fluviais correntes moderadamente fortes são responsáveis pelo transporte e deposição de partículas médias, como as areias; enquanto as correntes fracas respondem pelo deslocamento e deposição de partículas finas, como silte e argila. Assim, é válido considerar que as diferentes vazões, sujeitas a variações sazonais, podem elucidar a variação na participação do silte e da argila nas camadas identificadas no depósito amostrado.

Nesse ponto de amostragem, além das análises granulométricas, as amostras também foram submetidas ao procedimento de datação utilizando a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), descrita anteriormente. Foram coletadas amostras em duas profundidades diferentes, analisadas mediante a aplicação do protocolo SAR com diferentes alíquotas, no intuito de aprimorar a acurácia dos resultados.

Na primeira tentativa, o material foi coletado a 83 cm de profundidade e submetido ao protocolo SAR com 5 alíquotas. Nele, são feitas 5 curvas de calibração e encontradas 5 idades, para se obter uma média. Sabe-se que quanto maior o número de alíquotas, maior a acurácia dos resultados, porém, devido aos custos do procedimento, optou-se por fazê-lo, num primeiro momento, com 5 alíquotas. Obteve-se para a amostra em questão a idade de 720 ± 75 anos, conforme relatório de ensaio constante nos anexos.

O resultando mostrou-se incongruente com o histórico de uso e ocupação da área, de caráter mais recente. Por isso, optou-se por refazer o procedimento a partir de material coletado no mesmo ponto, porém a uma profundidade menor, de 17 cm, e utilizando o protocolo SAR com 10 alíquotas, a fim de melhorar a acurácia dos resultados. Obteve-se para a amostra em questão a idade de 620 ± 130 anos, conforme relatório de ensaio constante nos anexos, também incompatível com o histórico de uso e ocupação da área em estudo.

Considerando-se os resultados obtidos nas duas tentativas de datação realizadas, foi possível realizar duas leituras:

1) O método, cuja abrangência temporal vai de algumas dezenas até poucas centenas de milhares de anos, contemplando assim eventos deposicionais ocorridos ao longo do Quaternário, mostrou-se inadequado para datar os materiais coletados na área de estudo, considerando-se o período (mais recente) em que ocorreu sua deposição;

2) A idade média encontrada pelo método é a data na qual a amostra foi exposta por um longo tempo (de 10 a 16 horas) à luz solar pela última vez, sendo que amostras com exposições de curta duração ou em várias épocas diferentes podem levar a interpretações errôneas.

Essa última leitura pode mostrar-se coerente ao considerar-se que os processos deposicionais na bacia foram modificados pelas ações antrópicas nos últimos 100 anos, de modo que os sedimentos foram remobilizados-depositados-remobilizados inúmeras vezes, ficando expostos a luz solar por curtos períodos de tempo ou em várias épocas diferentes. Silva (2011) complementa que eventos de alta energia, como episódios de chuvas torrenciais, causam rápida erosão e transporte de sedimentos, limitando também a exposição a luz solar.

Deste modo, a datação dos materiais coletados utilizando a LOE não foi plenamente exitosa pois não forneceu resultados que subsidiassem o entendimento das fases de deposição. Assim, abre-se a possibilidade de aplicação de outros métodos de datação para a geocronologia de sedimentos em ambientes intensamente modificados pela ação geológica humana, como, por

exemplo, o $^{210}\text{Pb}^{21}$, um radionuclídeo natural, cujo tempo de meia vida é de 22,2 anos, o que pode ser útil em estudos dedicados a compreensão das mudanças ambientais antropogênicas.

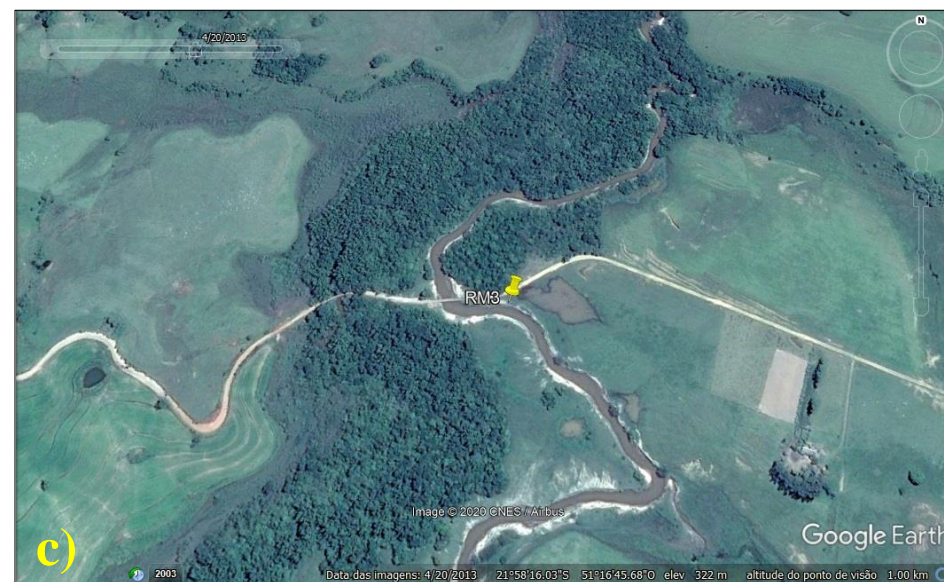
Do ponto de vista das alterações ambientais, a Figura 81 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM3. É possível observar a existência dos focos erosivos anteriormente mencionados e de remanescentes da cobertura vegetal, em especial, na margem esquerda do curso d'água.

O cenário observado nesse ponto assemelha-se ao descrito no ponto RM2. Nos imageamentos é possível identificar a tentativa de entalhe pelo curso d'água e a criação de um novo canal de escoamento, evento que não se concretiza. A tentativa de uma nova incisão pode estar associada a episódios de chuvas torrenciais, que incrementam as vazões e potencializam o trabalho erosivo da drenagem.

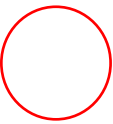
É possível observar o trabalho erosivo em ambas as margens, inclusive no trecho da margem direita onde localiza-se o depósito amostrado. Ao comparar-se o cenário em 2003 (a) e 2019 (e) percebe-se o recuo do talude marginal, evidenciando o trabalho erosivo executado pelo curso d'água.

²¹ Ver Godoy (2018)

Figura 81. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM3 nos anos de 2003 (a), 2008 (b), 2013 (c), 2016 (d) e 2019 (e)



LEGENDA

 Trecho no qual nota-se tentativa de criação de um novo canal de escoamento pelo curso d'água.

6.4 Ponto RM4

No ponto RM4 a cobertura vegetal marginal ao canal é representada por gramíneas e vegetação arbórea esparsa. A área encontra-se acometida por feições erosivas (lineares), deflagrada pelo pisoteio do gado que utiliza o curso d'água para dessedentação (Figura 82), considerando que o uso da terra no entorno do local de coleta é dominado pelas pastagens. Nesse trecho do canal é também possível identificar a ocorrência de banco arenoso no leito fluvial (Figura 83), indicativo de assoreamento.

O assoreamento evidencia que as fontes de produção de sedimentos ainda estão ativas, não permitindo ao rio entalhar mais, indicando que o uso da terra na bacia ainda está contribuindo para tal fato.

Figura 82. Vista do rio Mandaguari no ponto RM4



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

Figura 83. Trecho do rio Mandaguari no ponto RM4 no qual nota-se a presença de banco arenoso indicativo de assoreamento



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

O local de amostragem foi registrado por Baumgardner Jr. nos anos de 1970. Na imagem (Figura 84) é possível observar a existência de banco arenoso no leito fluvial, indicativo de assoreamento e, ao fundo (à direita da foto), a ocorrência de erosão linear (ravinação).

Figura 84. Registro fotográfico do ponto RM4 feito por Baumgardner Jr. em 1978

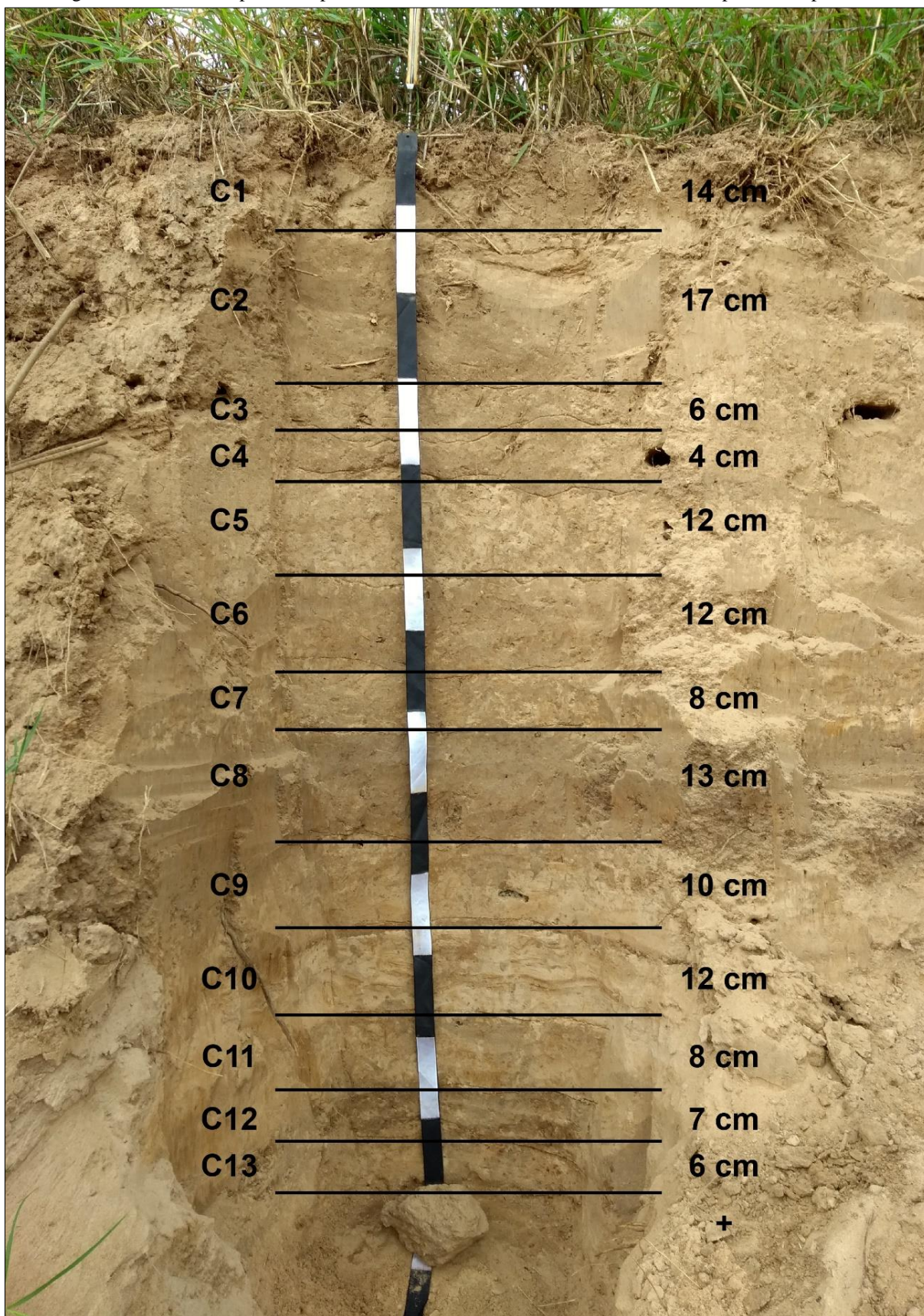


Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

Conforme o registro fotográfico feito por Baumgardner Jr., os processos erosivos atuam na localidade há tempos, variando em intensidade conforme o uso da terra e as técnicas de manejo implementadas, contribuindo em maior ou menor intensidade para a produção de sedimentos, que constituirão as deposições ocorrentes nos fundos de vale.

Nesse ponto de amostragem o depósito identificado apresentou espessura de 1,29 m e foram identificadas visualmente em campo 13 camadas de deposição (Figura 85).

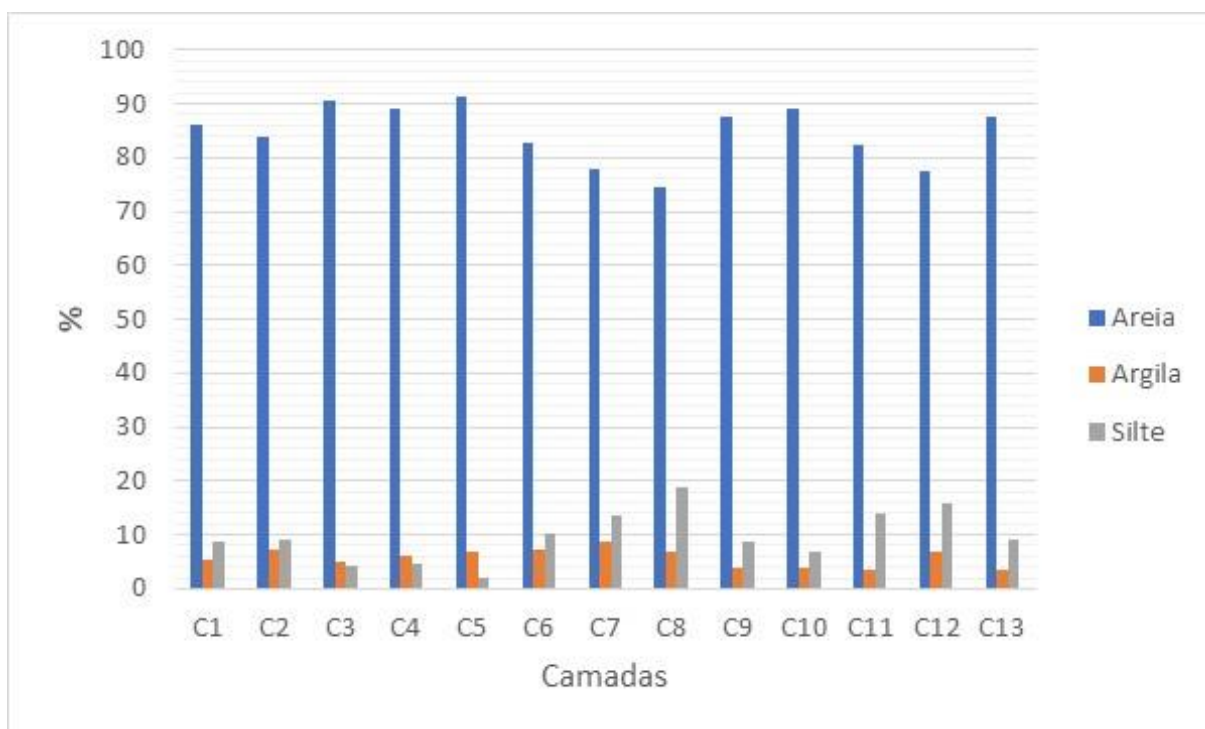
Figura 85. Perfil do depósito no ponto RM4 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

A análise granulométrica (Figura 86) indicou predominância da fração areia, a exemplo dos pontos anteriormente descritos. Os teores de argila não ultrapassam os 9%, enquanto os de silte apresentam variação considerável, porém sem ultrapassar os 19%. Há de se considerar no entendimento dessa distribuição granulométrica as características texturais do material erodido das vertentes, compostas por solos de textura majoritariamente arenosa.

Figura 86. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM4



Org.: do autor

Observou-se a presença de fragmentos de carvão (Figura 87) nas camadas 1, 2, 3, 6, 9, 10 e 12. Conforme já exposto, esse tipo de elemento pode ser considerado indicativo da ocorrência de queimadas, destinadas a remoção da vegetação nativa. Em campo, durante a identificação das camadas e coleta de material para análise granulométrica, foi identificado junto à camada 7 um fragmento de plástico (aparentemente PVC) (Figura 88), indicativo do caráter recente da deposição. Ressalta-se que não foi possível extraí-lo do talude pois o mesmo estava muito compactado, dificultando a remoção.

Figura 87. Fragmento de carvão encontrado na camada 3 do depósito identificado no ponto RM4



Fonte: acervo pessoal do autor

Figura 88. Fragmento de plástico encontrado na camada 7 do depósito identificado no ponto RM4



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

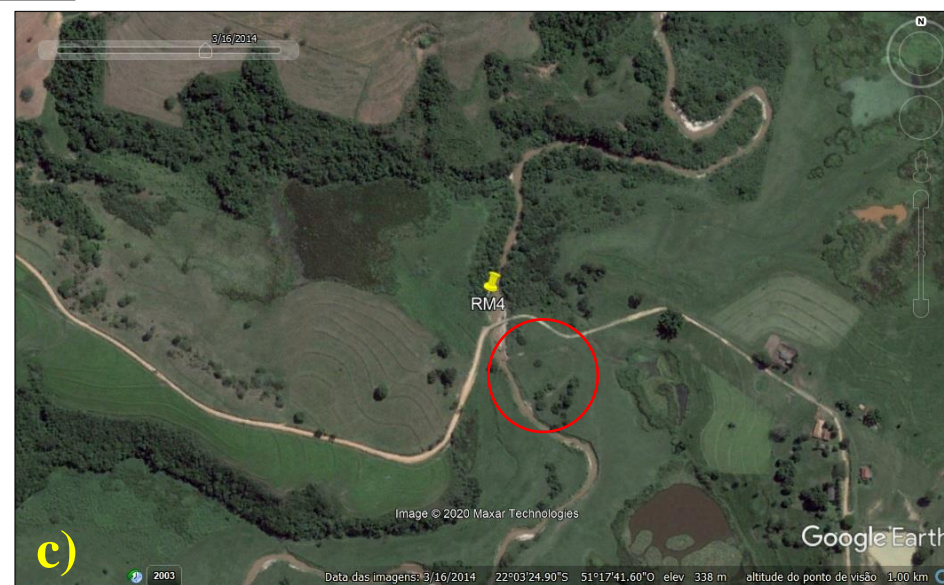
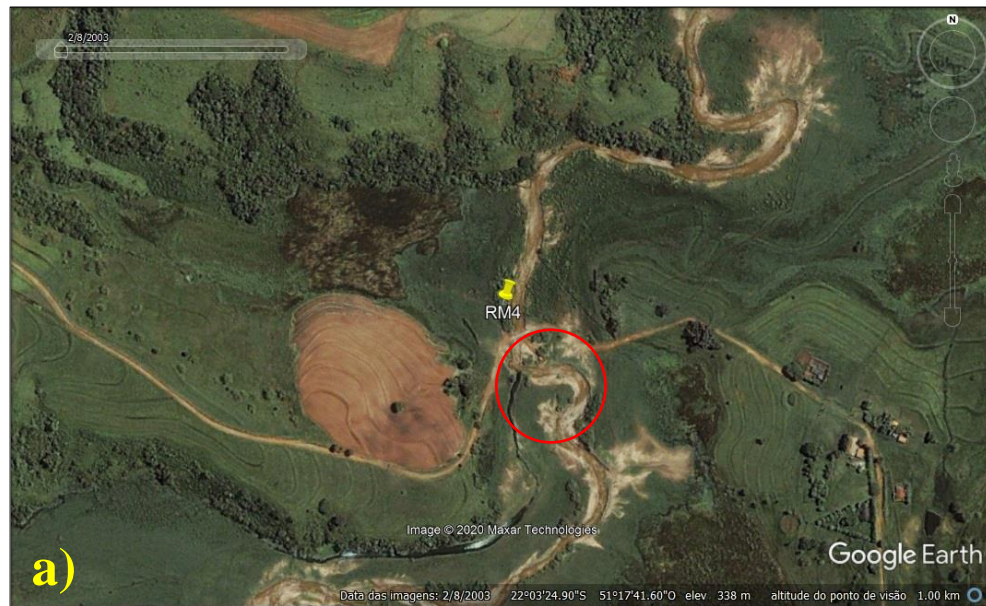
A Figura 89 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM4. É possível observar a partir do imageamento a atividade erosiva do curso d'água, abrindo um novo canal para o escoamento das águas, fato este que pode ser constatado ao comparar-se as

imagens referentes aos anos de 2003 (a) e 2010 (b). Em sequência, é possível observar o entulhamento do meandro abandonado, conforme as imagens referentes aos anos de 2014 (c), 2016 (d) e 2019 (e).

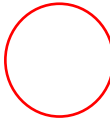
Nas imagens referentes aos anos de 2016 (d) e 2019 (e) é possível também observar a poucos metros a montante do meandro abandonado um meandro ativo, erodindo o talude da margem direita e salientando a sinuosidade do curso d'água.

A partir do registro fotográfico realizado por Baumgardner Jr. e pela sequência acima descrita, é possível inferir que o trecho passou por diferentes períodos em termos da deposição e remobilização dos materiais, sendo estes: produção de sedimentos (fase erosiva registrada por Baumgardner Jr.), entalhamento (mais moderado), entulhamento e novo entalhamento (mais intenso quando comparado ao primeiro devido às atuais práticas de manejo da terra).

Figura 89. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM4 nos anos de 2003 (a), 2010 (b), 2014 (c), 2016 (d) e 2019 (e)



LEGENDA

 Trecho no qual se observa meandro abandonado e, poucos metros a montante, meandro ativo (seta).

6.5 Ponto RM5

No ponto RM5 a cobertura vegetal marginal ao canal é representada essencialmente por vegetação arbórea, estando os taludes marginais parcialmente recobertos por gramíneas (Figura 90). O uso da terra no entorno do local de coleta é caracterizado por áreas de pastagem e cultivos agrícolas.

Figura 90. Vista do rio Mandaguari no ponto RM5



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

Durante a atividade de campo para identificação do depósito e coleta de amostras, foi possível observar a existência de banco de areia, inclusive com vegetação de gramíneas instalada e indícios da existência de vegetação arbórea (troncos) (Figura 91).

Figura 91. Banco de areia no trecho do rio Mandaguari no ponto RM5



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

O registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. nos anos de 1970 nesse trecho do rio Mandaguari (Figura 92) indicava, já naquela ocasião, a presença de vegetação marginal ao canal e a presença de banco arenoso no leito fluvial, indicativo do assoreamento do canal, que no momento do registro encontrava-se espreado e com profundidade reduzida.

Figura 92. Registro fotográfico do ponto RM5 feito por Baumgardner Jr. em 1978

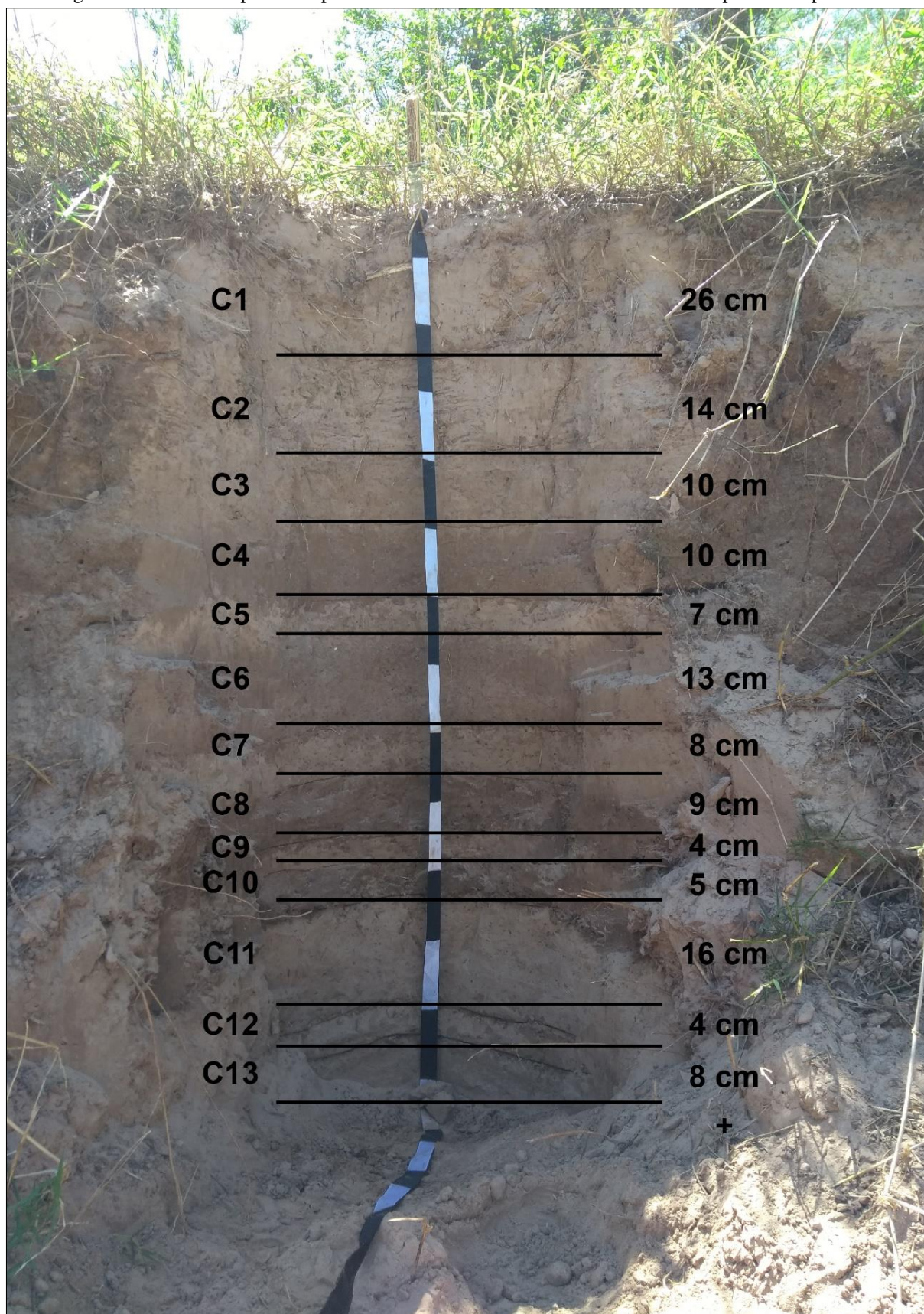


Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

Comparando-se o cenário registrado por Baumgardner Jr. com o atual, é possível perceber que na década de 1970, assim como descrito no ponto RM4, os taludes marginais apresentavam menor entalhamento quando comparado aos dias atuais, considerando haver maior contribuição das fontes de produção de sedimentos naquela época quando comparada aos dias atuais, impossibilitando entalhamento mais intenso por parte do canal de drenagem.

Nesse ponto de amostragem o depósito identificado apresentou espessura de 1,34 m e foram identificadas visualmente em campo 13 camadas de deposição (Figura 93).

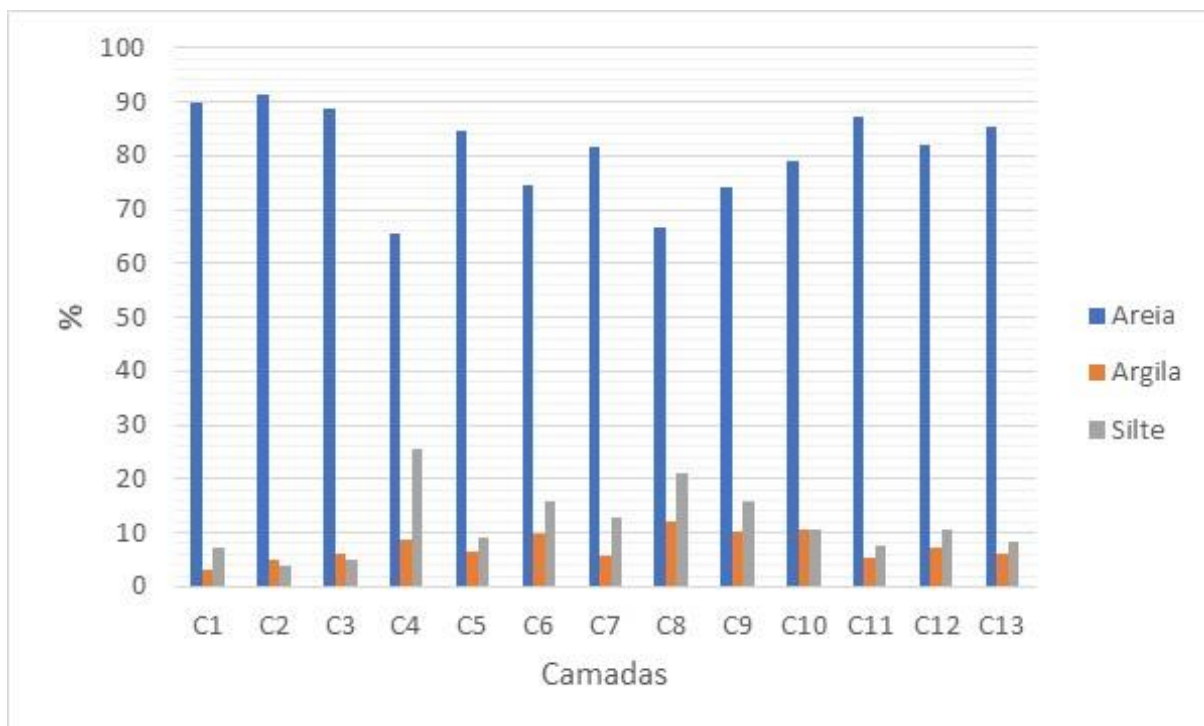
Figura 93. Perfil do depósito no ponto RM5 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

A análise granulométrica (Figura 94) indicou teores de areia superiores a 80% em grande parte das camadas analisadas, com exceção das camadas C4, C6, C8, C9 e C10. Dentre essas camadas, os teores de argila são superiores a 10% apenas nas camadas C8, C9 e C10, e os de silte mostram-se muito expressivos (> 20%) nas camadas C4 e C8.

Figura 94. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM5



Org.: do autor

Observou-se a presença de fragmentos de carvão nas camadas 1, 2, 3, 6, 11, 12 e 13. Também vale destacar que durante a coleta de material em campo foi identificado na transição entre as camadas 6 e 7 um fragmento de plástico (Figura 95). Na camada 13, além do carvão, também foi encontrado fragmento de material plástico (Figura 96).

A presença de fragmentos de plástico em meio às camadas corrobora o caráter recente da deposição amostrada. Há de se considerar que estes materiais e outros resíduos sólidos são inerentes às sociedades contemporâneas e, quando depositados em locais inadequados, estão sujeitos ao transporte pelo escoamento superficial nas vertentes, chegando aos canais de drenagem que se encarregam de depositá-los juntamente com o material clástico.

Figura 95. Fragmento de plástico encontrado na transição entre as camadas 6 e 7 do depósito identificado no ponto RM5



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

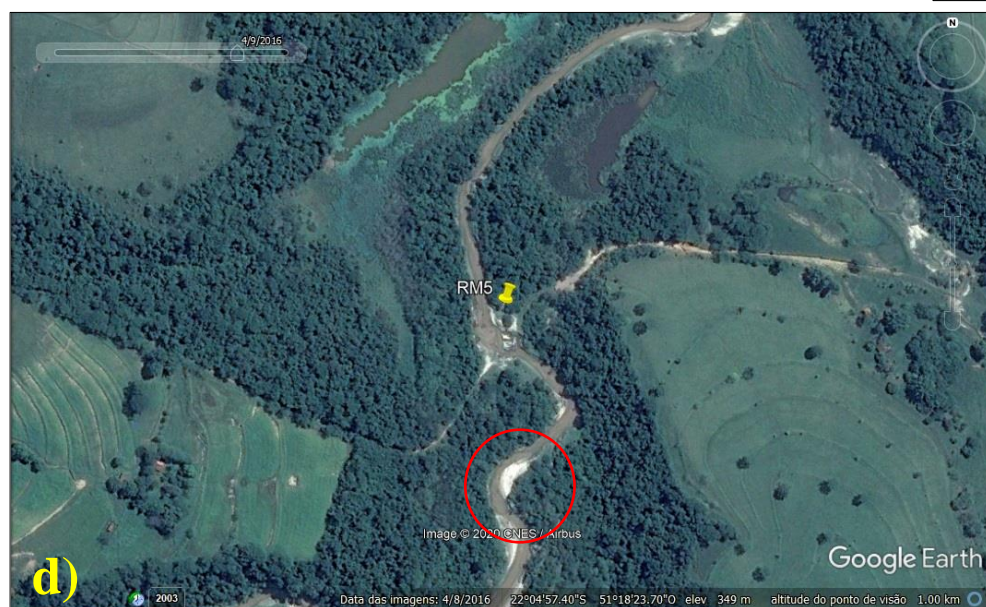
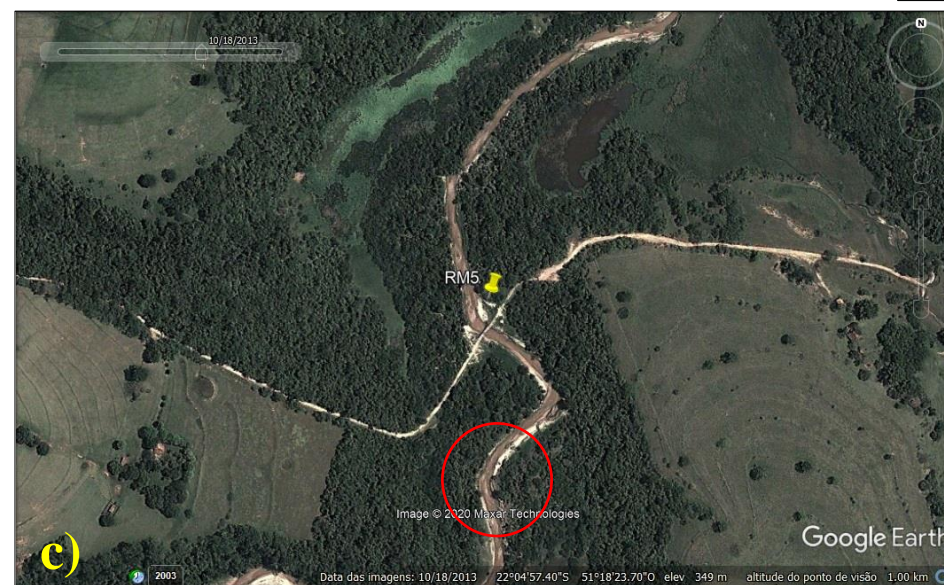
Figura 96. Fragmento de plástico encontrado na camada 13 do depósito identificado no ponto RM5



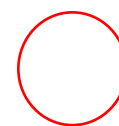
Fonte: acervo pessoal do autor

A Figura 97 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM5. É possível observar a partir do imageamento certo adensamento da vegetação marginal ao curso d'água, o que contribui para a redução do escoamento e da entrada de sedimentos no canal. Também se evidencia o trabalho erosivo da drenagem sobre os depósitos marginais, com aumento da sinuosidade ao longo do tempo.

Figura 97. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM5 nos anos de 2003 (a), 2010 (b), 2013 (c), 2016 (d) e 2019 (e)



LEGENDA



Trecho no qual nota-se trabalho erosivo da drenagem sobre os depósitos marginais, com aumento da sinuosidade ao longo do tempo.

6.6 Ponto RM6

O ponto RM6 situa-se próximo a confluência com o córrego Gramado, cujas nascentes estão inseridas na área urbana de Presidente Prudente. Nesse trecho, o canal encontra-se intensamente assoreado, com inúmeros bancos de areia em seu leito, sendo a cobertura vegetal marginal representada essencialmente por gramíneas, com vegetação arbórea em menor proporção (Figura 98).

Figura 98. Vista do rio Mandaguari no ponto RM6



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

O uso da terra no entorno é caracterizado por áreas de pastagem. Os animais são criados extensivamente, alimentando-se de gramíneas que recobrem a planície e utilizando o rio Mandaguari para dessedentação, contribuindo para a degradação da vegetação e do solo nos locais utilizados como trilhas para acessar o curso d'água (Figura 99).

Também foi possível observar durante a atividade de campo nesse trecho o descarte de resíduos sólidos, como pneus, espumas, plásticos, galhadas oriundas da poda de árvores, entre outros, as margens do curso d'água (Figura 100). Estes materiais podem, a depender das condições de escoamento, ser transportados para o interior do canal e posteriormente incorporados as deposições marginais.

Figura 99. Animais pastando as margens do rio Mandaguari no trecho do ponto RM6



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

Figura 100. Resíduos sólidos descartados as margens do rio Mandaguari no trecho do ponto RM6



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

O registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. nos anos de 1970 nesse trecho do rio Mandaguari (Figura 101) já indicava o assoreamento do canal. Nota-se na foto feita a jusante da confluência entre o córrego Gramado e o rio Mandaguari, a vegetação marginal mais densa e a presença de banco de areia no leito do rio Mandaguari, que nesse trecho se apresentava espreado e pouco profundo.

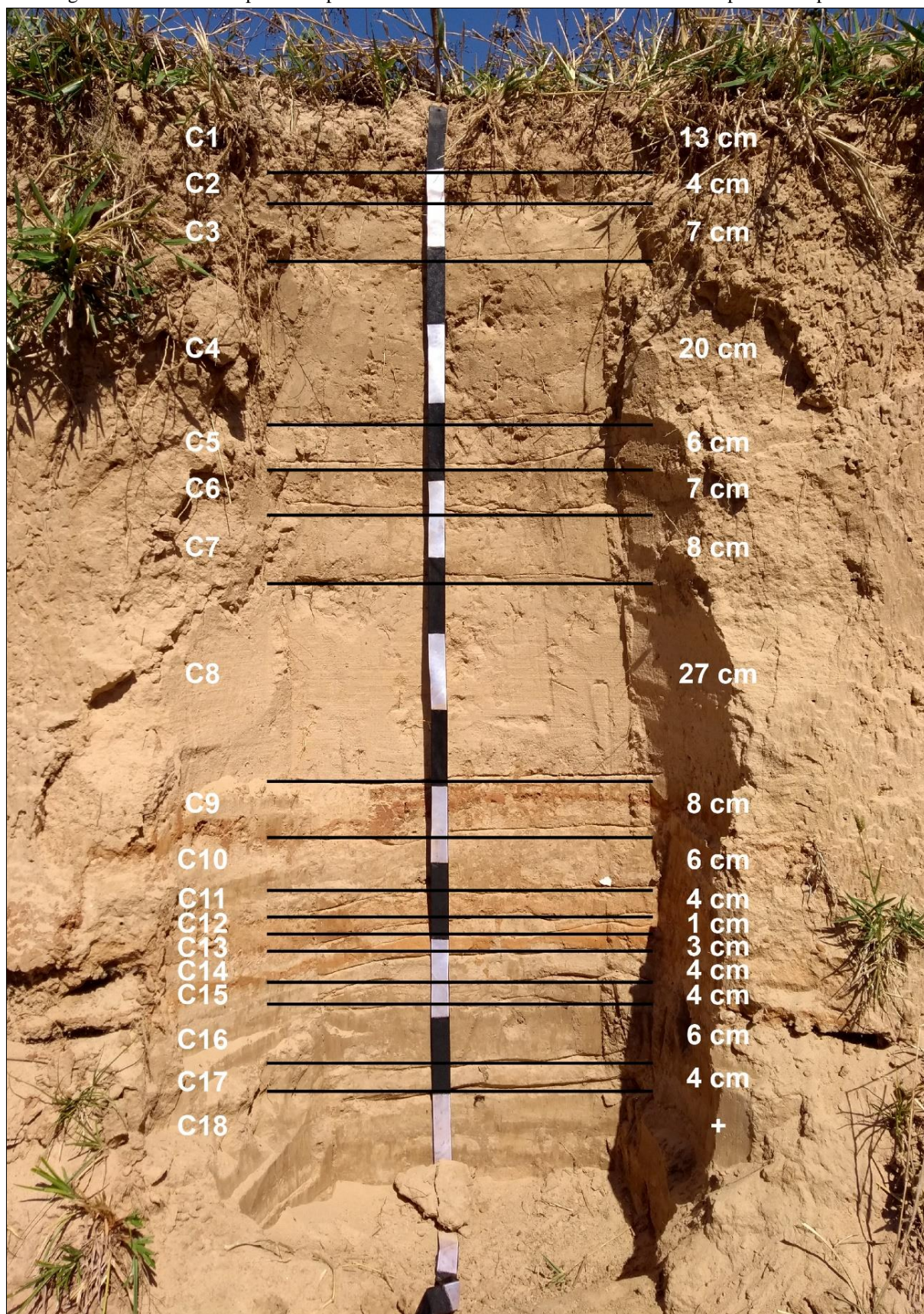
Figura 101. Registro fotográfico do ponto RM6 feito por Baumgardner Jr. em 1978



Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

O depósito amostrado nesse ponto apresentou espessura de 1,44 m e foram identificadas visualmente em campo 18 camadas de deposição (Figura 102), colocando-o como o de maior número de camadas identificadas entre todas as deposições amostradas no trabalho.

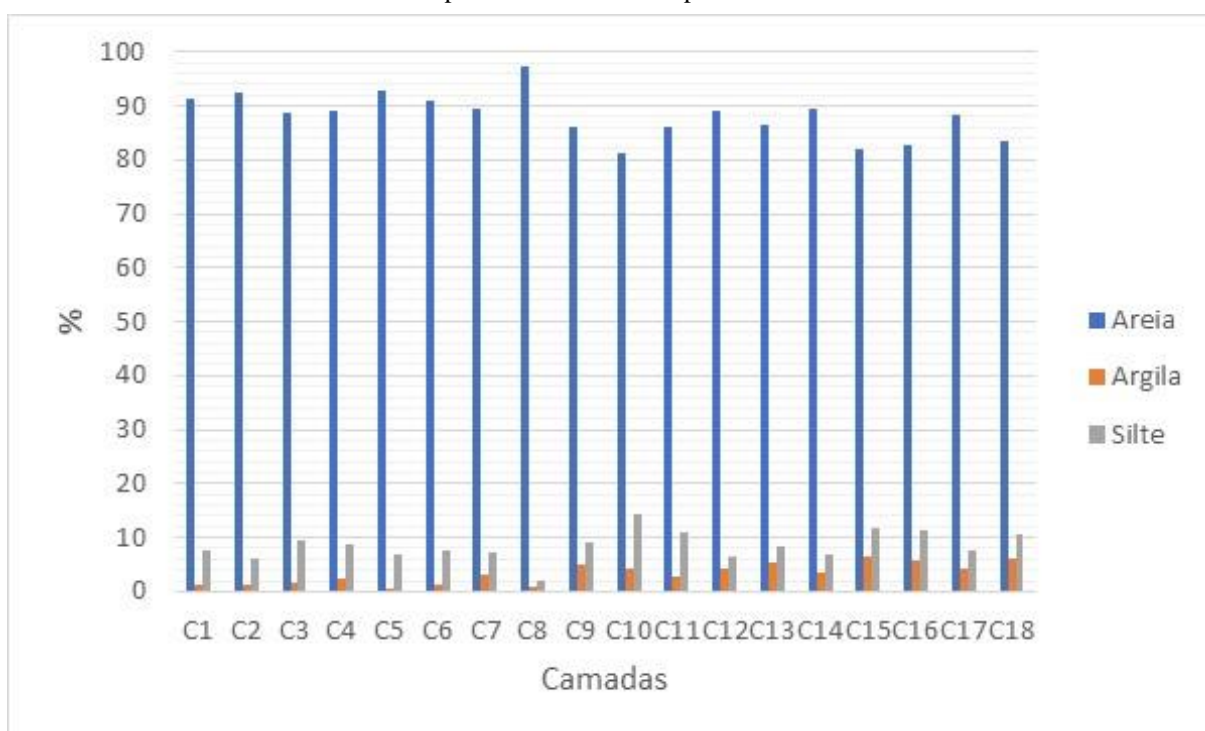
Figura 102. Perfil do depósito no ponto RM6 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, set. 2018.

A análise granulométrica (Figura 103) indicou teores de areia superiores a 80% em todas as camadas analisadas, sendo que nas camadas 1, 2, 5, 6 e 8 os teores de areia superam os 90%. Os teores de argila permanecem baixos em todas as camadas analisadas, não ultrapassando os 7%. Em alguns casos, como nas camadas 5 e 8, são inferiores a 1%. Já o silte apresenta participação variável, no intervalo entre 2 e 15%.

Figura 103. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM6



Org.: do autor

A composição majoritariamente arenosa das camadas constituintes relaciona-se aos processos erosivos atuantes a montante do ponto de coleta, onde o canal erode diretamente os arenitos que sustentam o relevo dos espigões divisores da região, conforme será descrito no item 6.8, referente ao ponto RM8.

Observou-se a presença de fragmentos de carvão nas camadas 1, 3, 4, 5, 12, 17 e 18 e na camada 10 identificou-se a presença de fragmento de material cerâmico (Figura 104).

Figura 104. Fragmento de cerâmica encontrado na camada 10 do depósito identificado no ponto RM6



Fonte: acervo pessoal do autor

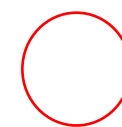
A Figura 105 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM6. É possível observar que o espriamento do canal identificado no registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. na década de 1970 não ocorre mais na atualidade. O que se observa no período atual é a ocorrência de inúmeras deposições marginais, indicativas de que as fontes de produção de sedimentos ainda estão ativas, como já mencionado em pontos anteriores, e a tentativa de entalhe erosivo por parte dos cursos d'água (rio Mandaguari e córrego Gramado), com mudanças em sua morfologia, como a acentuação ou atenuação das sinuosidades.

Em relação as fontes de sedimentos, há de se considerar, no caso do rio Mandaguari, os já referidos processos erosivos atuantes a montante, e no caso do córrego Gramado, o fato de suas nascentes situarem-se na área urbana de Presidente Prudente, o que incrementa a produção de sedimentos a partir das práticas de expansão urbana desprovidas de uma mentalidade conservacionista, como abertura de loteamentos, arruamentos no sentido do declive e remoção da cobertura vegetal, contribuindo para a formação de novos depósitos.

Figura 105. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM6 nos anos de 2003 (a), 2011 (b), 2013 (c), 2016 (d) e 2019 (e)



LEGENDA



Trecho no qual nota-se tentativa de entalhe erosivo por parte dos cursos d'água (rio Mandaguari e córrego Gramado).

6.7 Ponto RM7

O ponto RM7 situa-se a montante da confluência do rio Mandaguari com um de seus afluentes da margem direita. A cobertura vegetal marginal está preservada, com a presença de gramíneas e vegetação arbórea (Figura 106). O uso da terra no entorno é caracterizado por pastagens e cultivos agrícolas temporários. No entanto, a área encontra-se isolada por cercas, o que impede a entrada de animais e contribui para a preservação da vegetação e dos solos.

Figura 106. Vista do rio Mandaguari no ponto RM7



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, maio de 2018.

O afluente que deságua no rio Mandaguari próximo ao ponto RM7 escava leito rochoso. Pode-se observar a presença de pequena queda d'água, constituindo uma pequena soleira rochosa, e de resíduo sólido (pneu) no leito do rio e parcialmente soterrado por material sedimentar (Figura 107). O aparecimento da queda d'água é indicativo do entalhe do depósito que anteriormente recobria o leito fluvial, atestando a atividade erosiva do canal tributário.

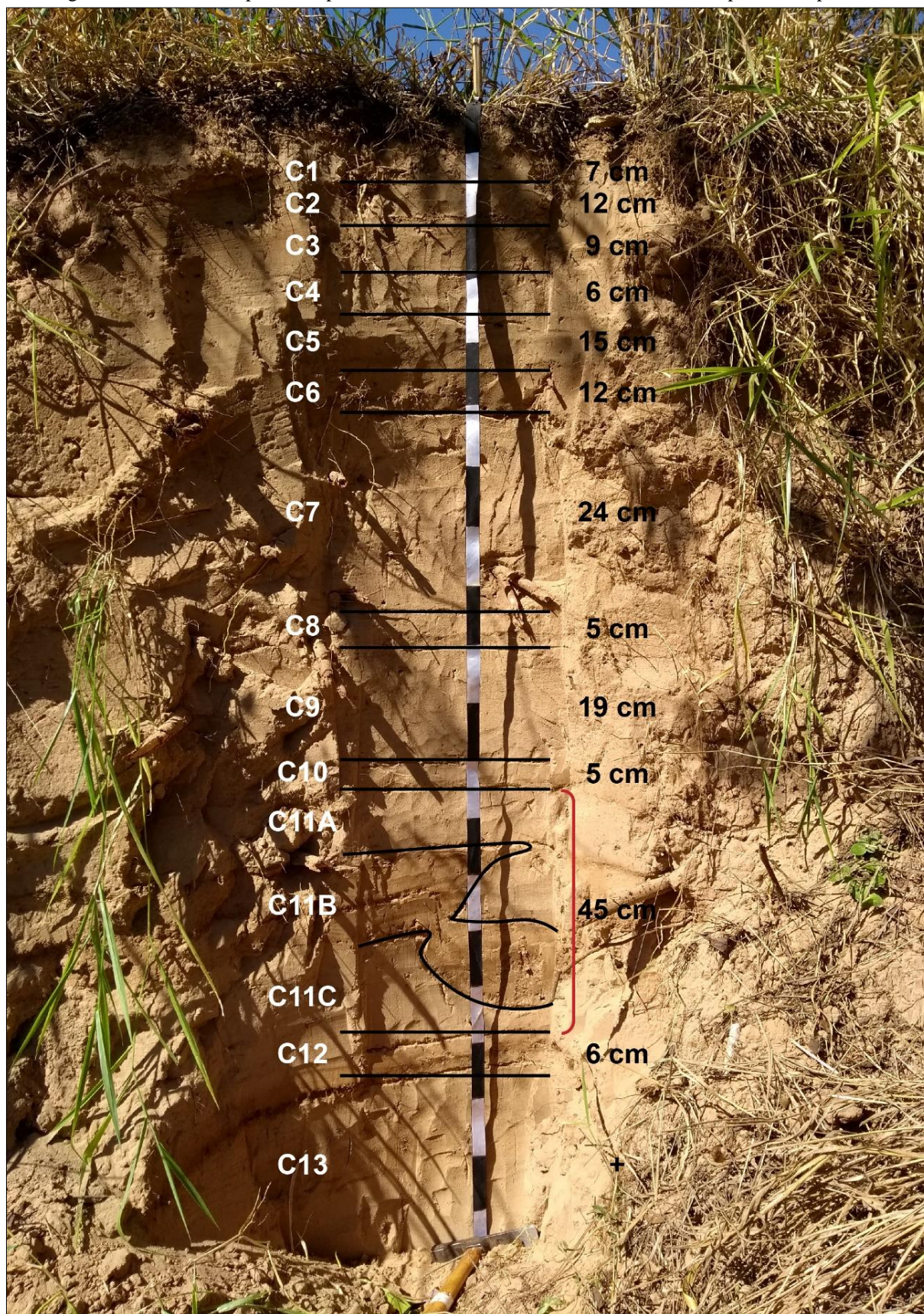
Figura 107. Pequena queda d'água em afluente do rio Mandaguari no trecho do ponto RM7. Observa-se também a presença de resíduo sólido (pneu) no leito fluvial.



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, maio de 2018.

Assim como no ponto RM3, para esse ponto de amostragem não há registro fotográfico feito por Baumgardner Jr. nos anos de 1970. O depósito amostrado nesse ponto apresentou espessura de 1,65 m e foram identificadas visualmente em campo 13 camadas de deposição (Figura 108), sendo a camada 11 setorizada em 3 compartimentos (A, B e C) devido às variações de coloração do material.

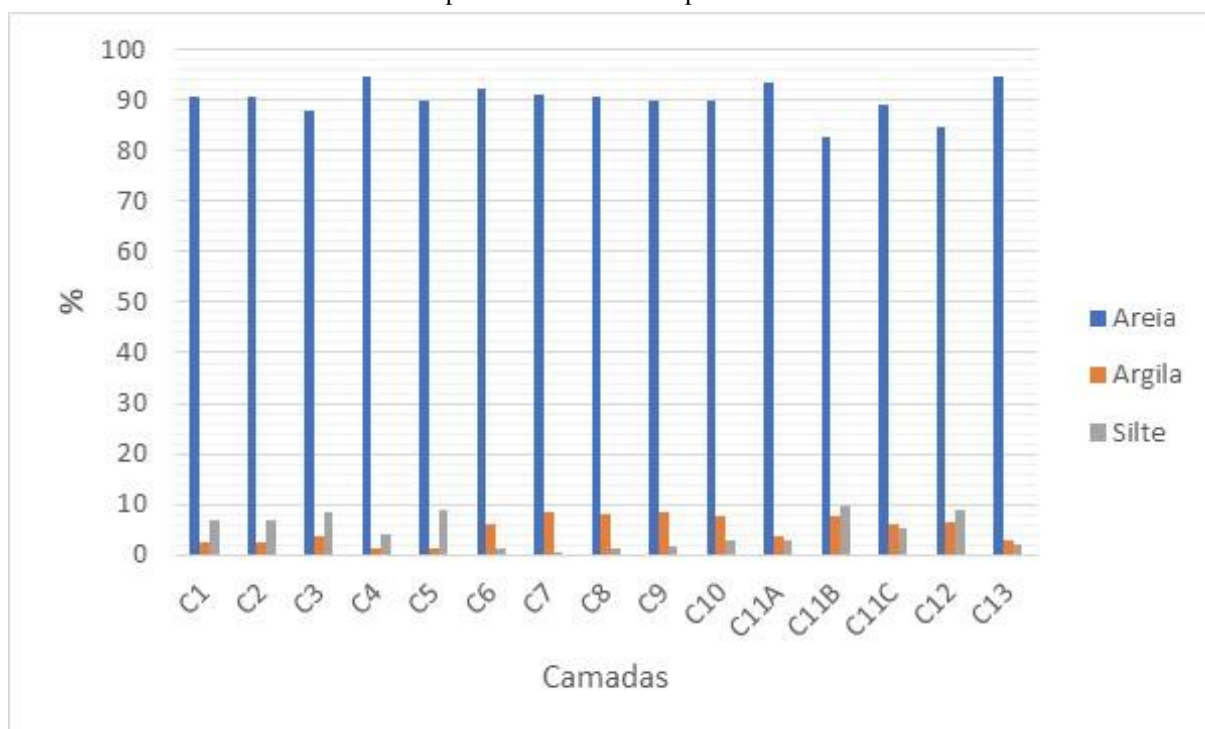
Figura 108. Perfil do depósito no ponto RM7 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, maio de 2018.

A análise granulométrica (Figura 109) indicou teores de areia superiores a 90% em quase todas as camadas analisadas, com exceção das camadas 3, 9, 10, 11 B, 11 C e 12. Os teores de argila permanecem reduzidos em todas as camadas, não ultrapassando os 10% em nenhuma delas. Em alguns casos, como nas camadas 4 e 5, os valores são inferiores a 2%. O silte apresenta valores que não ultrapassam os 10%, com participação muito reduzida (< 2%) nas camadas 6, 7, 8 e 9.

Figura 109. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM7



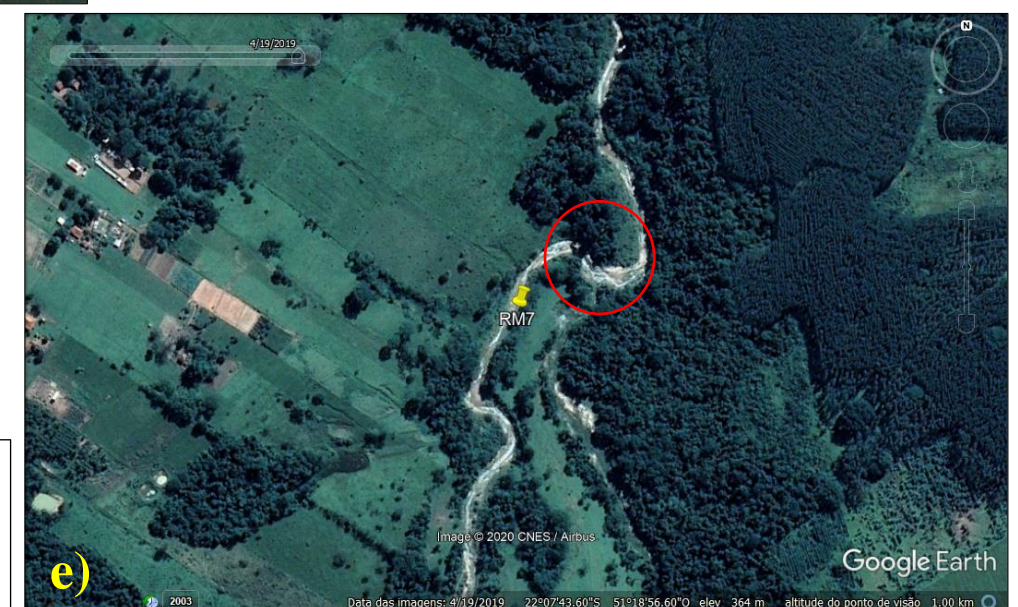
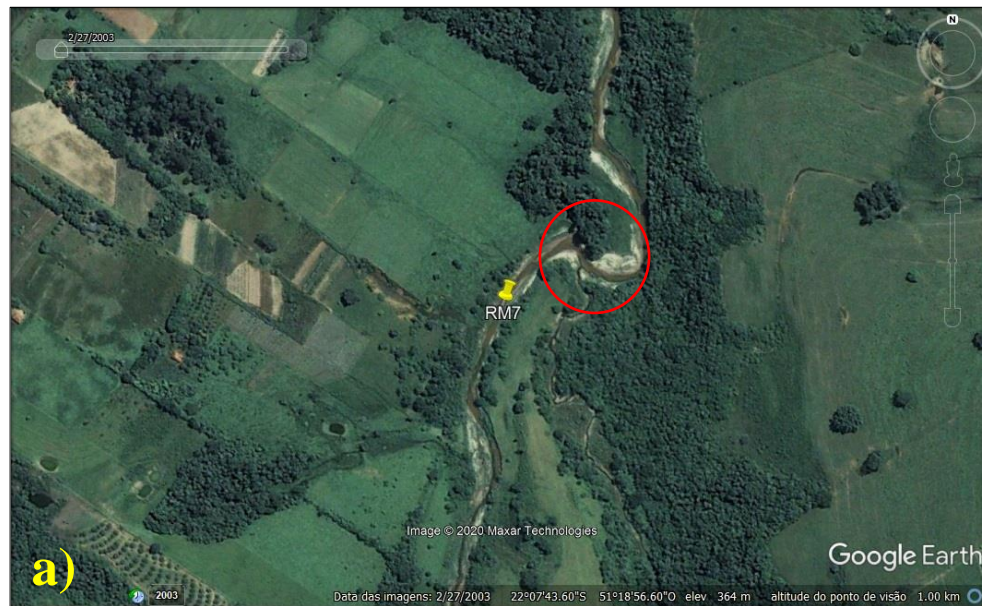
Org.: do autor

A predominância da fração areia nas camadas da deposição pode ser elucidada, assim como mencionado para o ponto RM6, pelo fato de os materiais arenosos erodidos a montante, onde se situam as cabeceiras de drenagem, áreas-fonte de material arenoso, serem transportados para cotas altimétricas inferiores, onde podem ser depositados e retrabalhados pelo canal.

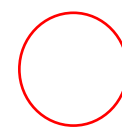
Quanto à presença de elementos relacionados às atividades humanas, foram identificados apenas pequenos fragmentos de carvão em meio as camadas 8, 9, 10 e 12.

A Figura 110 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM7. Nesse ponto também é possível observar a atividade erosiva do canal sobre as deposições marginais, remobilizando os materiais erodidos para cotas altimétricas inferiores.

Figura 110. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM7 nos anos de 2003 (a), 2006 (b), 2010 (c), 2014 (d) e 2019 (e)



LEGENDA



Trecho no qual nota-se a atividade erosiva do canal sobre as deposições marginais.

6.8 Ponto RM8

O ponto RM8 é o mais próximo as nascentes do rio Mandaguari, localizadas parcialmente na área urbana do município de Regente Feijó (SP). A vegetação marginal é representada por gramíneas recobrendo os taludes e vegetação arbórea em segundo plano (Figura 111). O uso da terra no entorno é caracterizado por pastagens e cultivos agrícolas.

Figura 111. Vista do rio Mandaguari no ponto RM8



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, maio de 2018.

Conforme pode ser observado na figura anterior, nesse trecho o canal encontra-se encaixado ao vale. Nota-se, conforme a Figura 112, a ocorrência de solapamento basal do talude situado na margem direita, evidenciando o trabalho erosivo do rio nesse trecho e a friabilidade do material constituinte do talude. O solapamento basal, por sua vez, contribui para a maior entrada de sedimentos no canal.

Figura 112. Ocorrência de solapamento basal em talude situado na margem direita do rio Mandaguari no trecho do ponto RM8



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jul. 2017.

Em comparação com os demais pontos amostrados, o ponto RM8 destaca-se pelo fato de os taludes apresentarem maior entalhamento. Vale ressaltar que, considerando os pontos amostrados, o entalhamento dos taludes intensificou-se de jusante a montante, indicando que o trabalho erosivo do rio Mandaguari se deu de forma diferenciada ao longo do seu curso.

Poucos metros a jusante do local onde fora realizada a coleta de amostras, o rio Mandaguari escava leito rochoso. Nesse trecho, nota-se o estreitamento do canal e a presença de pequena corredeira (Figura 113), indicando a ocorrência de entalhamento do depósito que anteriormente recobria todo o trecho, conforme o registro feito por Baumgardner Jr. que será apresentado em sequência.

Figura 113. Pequena corredeira a jusante do local de coleta no ponto RM8



Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, jul. 2017.

O local de coleta fica poucos metros a montante, devido à logística de acesso, do local registrado por Baumgardner Jr. nos anos de 1970 (Figura 114). No trecho fotografado pelo pesquisador texano é possível observar vertentes com declividades um pouco mais acentuadas e a presença de deposição marginal ao canal fluvial, estando os taludes menos entalhados quando comparado aos dias atuais.

Figura 114. Registro fotográfico do ponto RM8 feito por Baumgardner Jr. em 1978



Fonte: Baumgardner Jr. (1979)

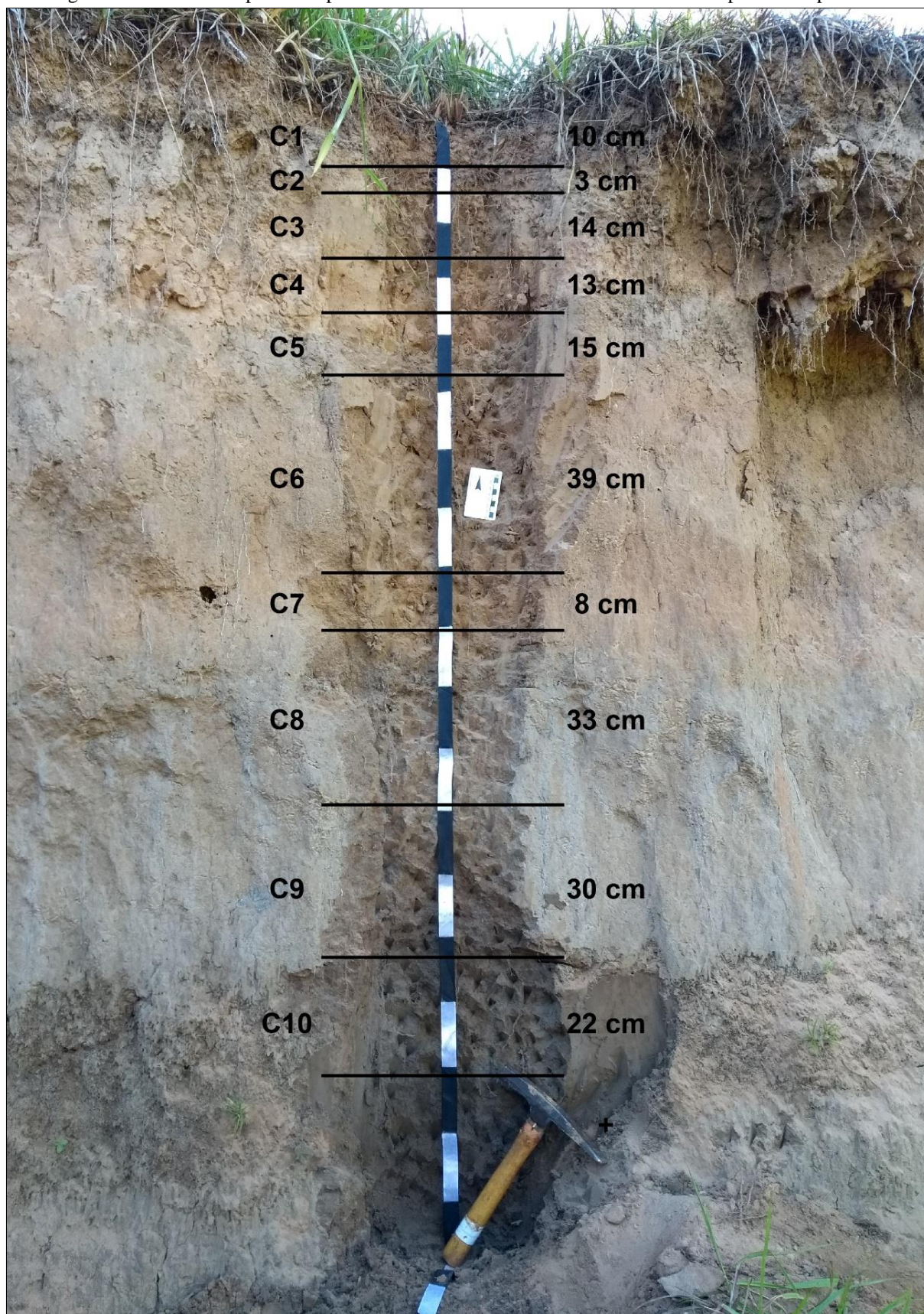
As deposições registradas por Baumgardner Jr. indicam que as fontes de produção de sedimentos estavam superativas a época, assoreando os canais de drenagem, que estavam, portanto, entulhados por material detrítico.

No caso da área de estudo, é nas cabeceiras de drenagem que se localizam as áreas urbanas dos municípios abrangidos pela bacia e as áreas-fonte de material arenoso, gerado a partir da erosão dos solos e das rochas sedimentares menos resistentes, que irá dominar a composição das deposições a jusante visto que os sedimentos erodidos dos pontos a montante são depositados a jusante, configurando os pontos a montante como áreas-fonte secundárias.

Nos pontos a jusante, a adoção de práticas conservacionistas de uso da terra, que minimizam as fontes de produção de sedimentos, possibilitará a intensificação do entalhe e o retrabalhamento do material depositado.

O depósito amostrado nesse ponto apresentou espessura de 1,87 m e foram identificadas visualmente em campo 10 camadas de deposição (Figura 115).

Figura 115. Perfil do depósito no ponto RM8 com camadas identificadas e suas respectivas espessuras

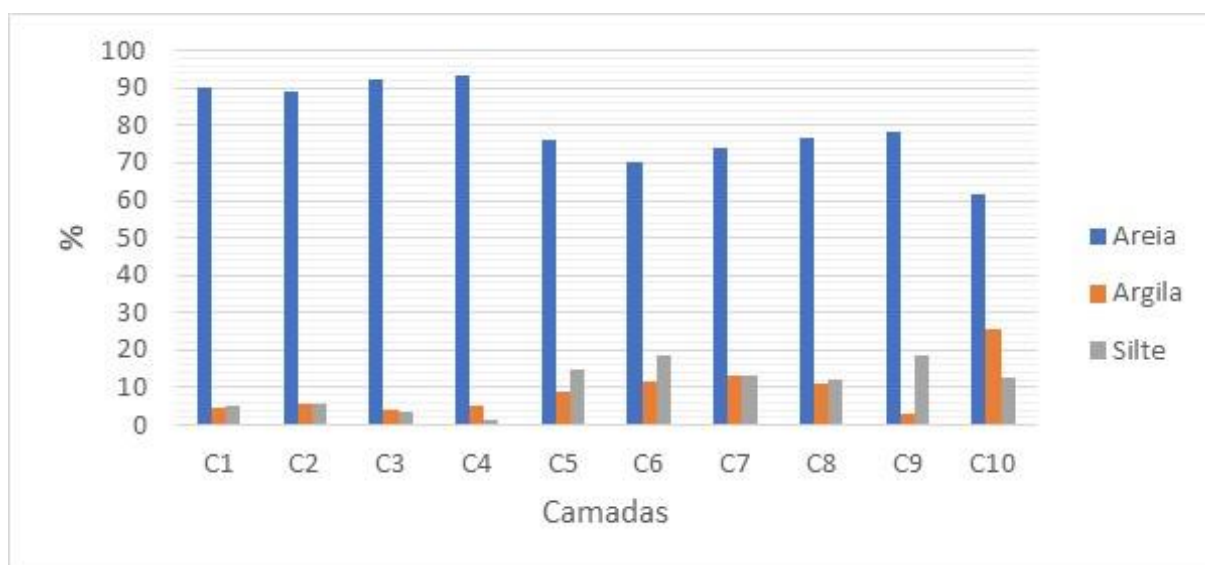


Fonte: acervo pessoal do autor, trabalho de campo, maio de 2018.

A análise granulométrica (Figura 116) indicou teores de areia acima de 60% em todas as camadas identificadas, sendo que estes superam os 80% nas camadas 1, 2, 3 e 4.

Os teores de argila variam ao longo do perfil, porém são mais elevados ($> 10\%$) nas camadas situadas na porção inferior da deposição, com exceção da camada 9, com pouco mais de 3%, podendo superar os 25%, caso da camada 10. O silte apresenta variação considerável ao longo do perfil, com teores entre 1 e 20%, sendo mais elevado ($> 10\%$) nas camadas inferiores da deposição, onde nota-se redução dos percentuais de areia e elevação dos de silte e/ou argila.

Figura 116. Gráfico contendo resultado da análise granulométrica realizada nas camadas constituintes do depósito identificado no ponto RM8



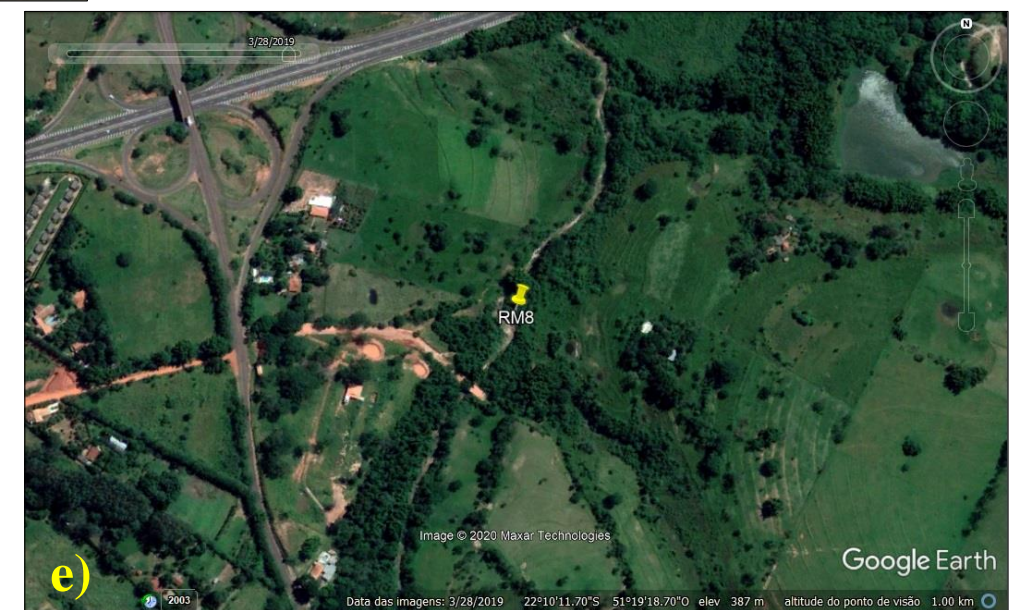
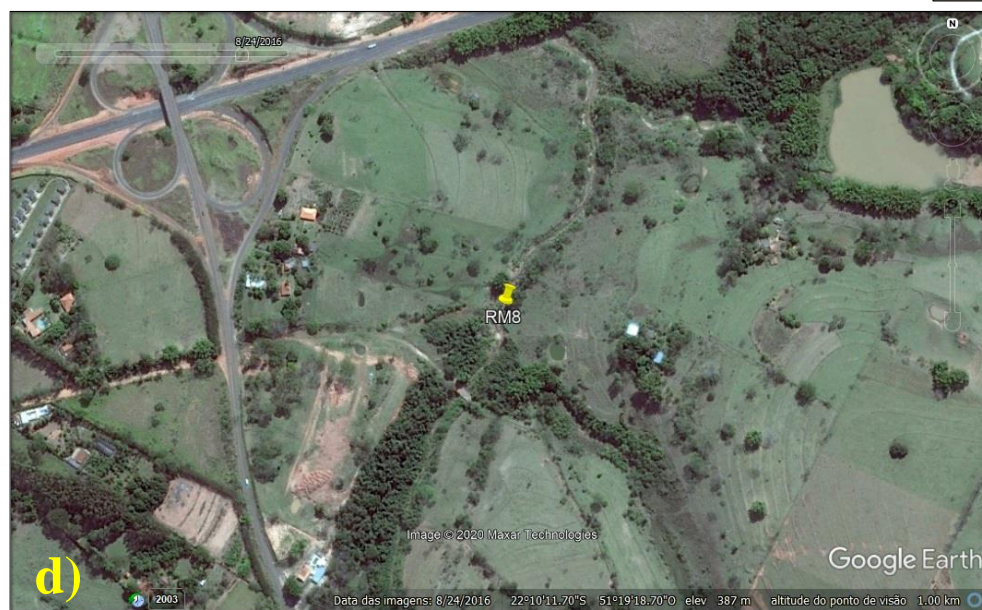
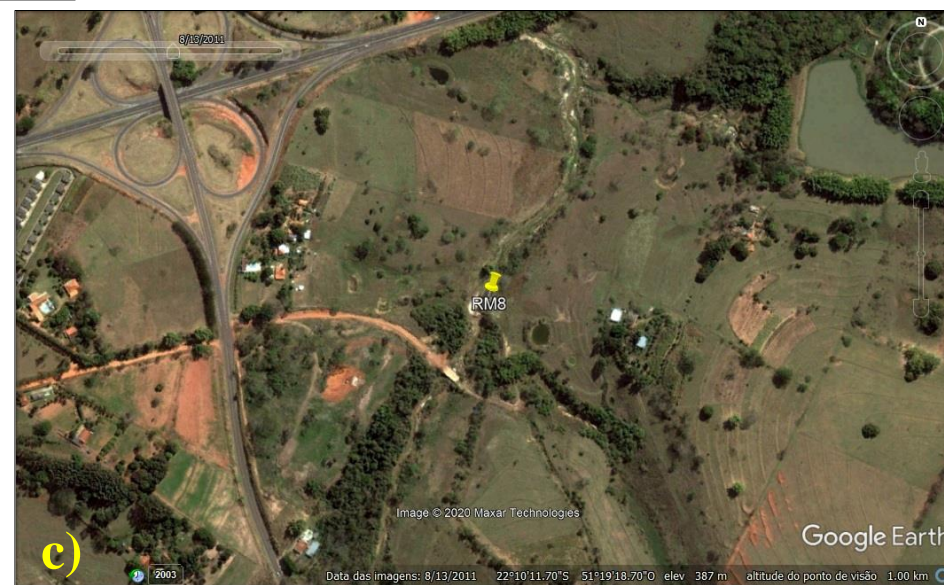
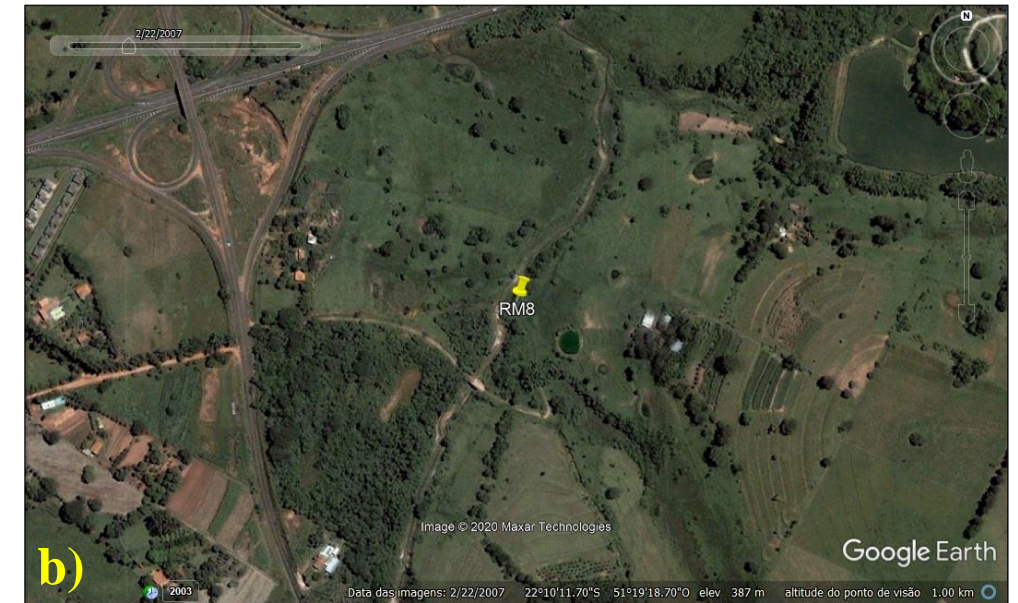
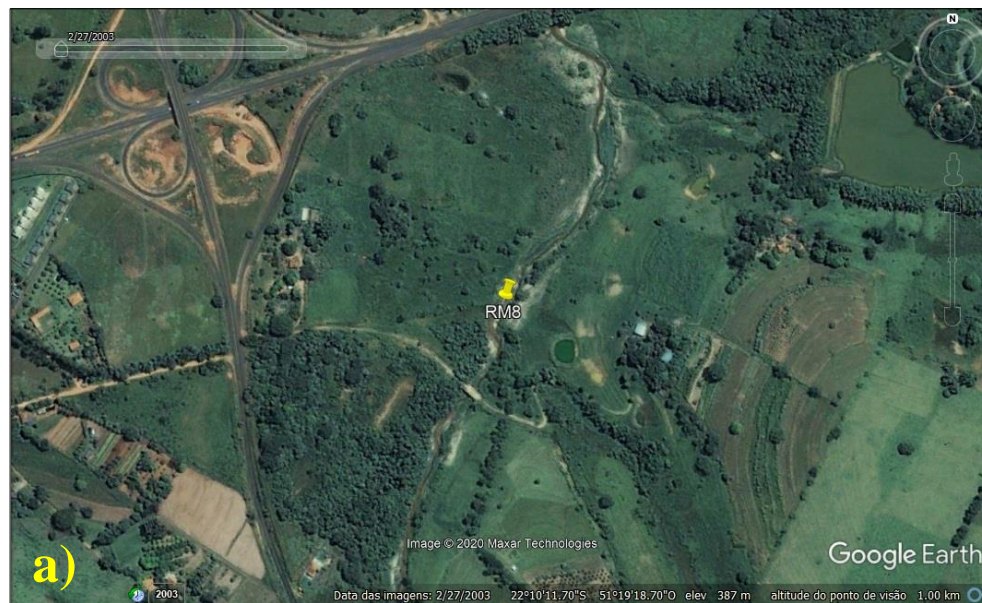
Org.: do autor

Essa diferenciação entre as camadas superiores e inferiores da deposição quanto à presença de partículas finas é indicativa de condições distintas de deposição, podendo as camadas superiores terem sido depositadas por correntes de maior velocidade, e as inferiores por correntes de menor velocidade, o que pode ser indicativo de mudanças no comportamento hidrodinâmico do canal ao longo do tempo.

Quanto à presença de elementos relacionados às atividades humanas, foram identificados fragmentos de carvão apenas nas camadas 4 e 5.

A Figura 117 traz a sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM8. É possível observar, diferentemente dos demais pontos nos quais se identificavam mudanças mais acentuadas na morfologia do canal, poucas alterações morfológicas nesse trecho, porém evidencia-se o comportamento erosivo do curso d'água, com maior entalhe vertical do terreno.

Figura 117. Sequência de imagens do entorno do local de coleta no ponto RM8 nos anos de 2003 (a), 2007 (b), 2011 (c), 2016 (d) e 2019 (e)



7 OBSERVAÇÕES GERAIS A PARTIR DAS ATIVIDADES DE CAMPO E DOS RESULTADOS OBTIDOS EM LABORATÓRIO

As atividades de campo desenvolvidas ao longo do trabalho, associadas ao resgate do histórico de uso e ocupação da terra e o registro fotográfico realizado por Baumgardner Jr. para grande parte dos pontos amostrados, possibilitaram o entendimento acerca da história ambiental da área de estudo, onde os processos superficiais transformaram-se (e ainda se transformam) mediante as intervenções realizadas desde a ocupação primitiva até os dias atuais.

A época de Baumgardner Jr., os canais de drenagem encontravam-se assoreados por sedimentos oriundos dos intensos processos erosivos deflagrados a partir da ocupação primitiva, responsável pela remoção massiva da cobertura vegetal e a alteração dos processos superficiais nas vertentes. Tem-se uma primeira fase em termos hidrossedimentológicos, na qual as fontes de produção de sedimentos estavam superativas, em virtude da desnudação superficial. Os sedimentos colmataram os cursos d'água formando depósitos colúvio-aluvionares, de caráter tecnogênico, uma vez que sua existência se vincula as ações humanas.

Em uma segunda fase, os usos da terra na bacia passaram a contribuir para a atenuação dos processos erosivos nas vertentes, e conseqüentemente da produção de sedimentos, possibilitando aos canais de drenagem erodirem os materiais anteriormente depositados, retrabalhando os depósitos e transportando os sedimentos para áreas a jusante.

Na terceira fase, em curso, se observa a manutenção do trabalho erosivo da drenagem sobre as deposições, porém limitado por fontes de produção de sedimentos ainda ativas, relacionadas a determinados usos, como a pecuária extensiva e o plantio “morro abaixo”, isto é, acompanhando o declive do terreno, que contribuem para a instalação de feições erosivas e o incremento do aporte de sedimentos lançado nos canais de drenagem nos locais onde a morfologia do fundo de vale possibilita receber materiais remobilizados das vertentes.

Ao longo do tempo, o que se observa na área de estudo é o incremento e a mudança qualitativa dos processos erosivos, condicionada pelas transformações no uso e cobertura da terra. O período anterior ao desmatamento massivo era caracterizado pelo predomínio da erosão bioquímica, resultando em sedimentos mais finos. Já o período posterior ao desmatamento é caracterizado pela erosão mecânica, gerando sedimentos mais grosseiros. Além da mudança qualitativa, com o uso agrícola a erosão passa a ocorrer em locais onde, em tese, não ocorreria.

O ocorrido na área de estudo é compatível com o cenário descrito por Oliveira (1994) para o Planalto Ocidental Paulista e pode ser analisado a luz da teoria biorresistásica de Erhart (1956). O período anterior ao desmatamento constituiria a fase de biostasia, na qual a erosão

mecânica é praticamente nula, porém há intensa denudação química, que remove dos solos os elementos solúveis, com a pedogênese predominando sobre a morfogênese.

Já o período posterior ao desmatamento constituiria a fase de resistasia, na qual a retração da cobertura vegetal, neste caso resultante das ações antrópicas, e a consequente exposição dos solos contribuem para o incremento da erosão mecânica, responsável pela retirada do material intemperizado, com consequente assoreamento dos vales. Neste cenário, a morfogênese domina a dinâmica da paisagem, que passa a ter como eixo central de transformação a ação humana.

Também merece destaque o uso urbano da terra e seus desdobramentos sobre a dinâmica dos processos superficiais. Inicialmente, a expansão urbana contribui, por meio da abertura de novos loteamentos, por exemplo, para o surgimento e intensificação da atividade erosiva e consequentemente o acúmulo de sedimentos a jusante das áreas ocupadas, especialmente nos fundos de vale, resultando na formação de novos depósitos tecnogênicos, encobrindo aqueles cuja origem remonta à época do desmatamento, a exemplo do referido por Oliveira e Queiroz Neto (2019) no município de Rancharia (SP).

Neste sentido, Peloggia (2005) aponta que a desestabilização morfodinâmica das vertentes e fundos dos vales resultante do avanço da ocupação urbana, o que poderia ser caracterizado, seguindo o exposto por Ab'Saber (1968), como uma “resistasia antrópica”, é seguida por uma estabilização morfodinâmica progressiva, visto que os processos erosivos e deposicionais são reduzidos em função da consolidação urbana, momento este denominado por Ross (1991) de “estabilidade morfodinâmica antrópica”. Posteriormente, configura-se uma situação de equilíbrio dinâmico, caracterizada por alterações significativas no regime hídrico.

Conforme Drew (1998), a substituição da cobertura vegetal pelo solo nu ou por culturas com menor potencial de armazenagem contribui para o aumento do fluxo direto da água para os rios, tornando seu regime torrencial. Neste cenário, a erosão se intensifica, principalmente nas cabeceiras, e expõe o substrato, que se encontra muito próximo da superfície, como pode ser observado no ponto RM8, onde identificou-se exposição do leito rochoso, indicativa do entalhe do depósito que anteriormente recobria todo o trecho, conforme observado no registro feito por Baumgardner Jr. nos anos de 1970.

Assim, não somente a presença dos depósitos tecnogênicos é reveladora da dinâmica dos processos superficiais, mas também o estado em que esses se encontram, indicando, neste caso, que o trabalho erosivo da drenagem está em curso, remobilizando materiais para as áreas

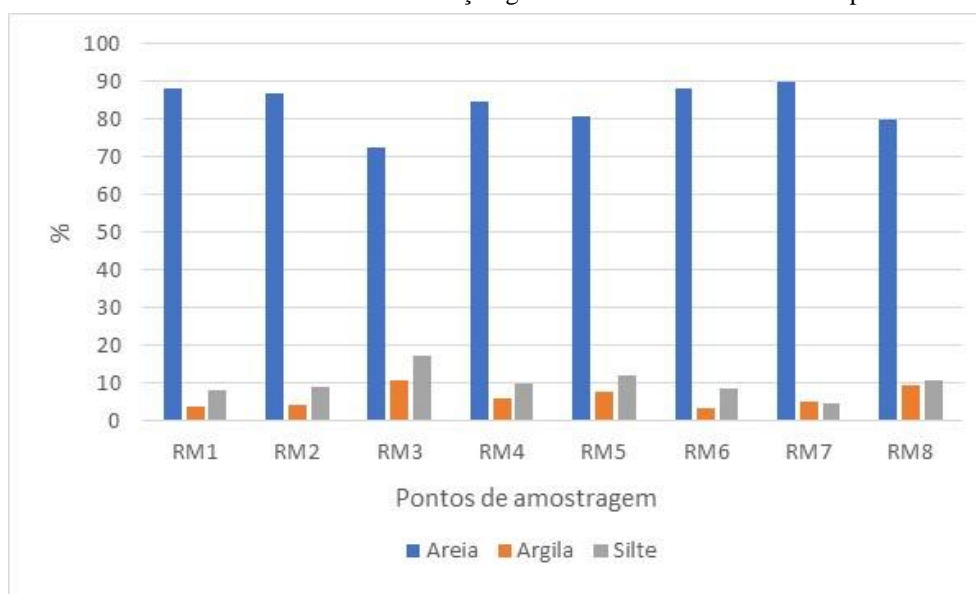
a jusante, de modo que o canal não recebe somente aporte das cabeceiras, mas também lateral, além dos depósitos que estão sendo trabalhados pela atividade fluvial.

A partir do mapeamento relativo ao uso da terra na bacia, no qual pode-se perceber a diversificação dos usos da terra ao longo do tempo, e das observações feitas em campo, nota-se a ampliação das áreas de cultivo, em especial da cana de açúcar, principalmente no baixo curso do rio Mandaguari. Caso a substituição das áreas de pastagem por cultivos agrícolas se mantenha nas próximas décadas, ampliando-se para o médio e alto curso, desde que acompanhados de práticas conservacionistas de manejo da terra, como as curvas de nível, assim como a recomposição das matas ciliares, o cenário futuro será caracterizado pela redução das fontes de produção de sedimentos ainda ativas, e a intensificação do trabalho erosivo pela drenagem sobre as deposições originadas em períodos anteriores, que tenderão a desaparecer.

A partir das atividades de campo também foi possível perceber a ocorrência de alterações na morfologia fluvial. Depois do assoreamento, os canais tendem a meandrar, com escavação. Este cenário abre caminho para que, no futuro, realizem-se estudos com ênfase nas alterações antropogênicas da morfologia fluvial, considerando a importância da análise das formas, além dos processos e materiais, no entendimento da dinâmica e evolução da paisagem.

Em relação aos materiais constituintes, os resultados da análise granulométrica realizada em cada camada identificada indicaram o predomínio da fração areia em todas as deposições amostradas. A Figura 118, a seguir, traz as médias de cada fração granulométrica identificada nos pontos de amostragem.

Figura 118. Gráfico contendo as médias de cada fração granulométrica identificada nos pontos de amostragem



Org.: do autor

Os elevados teores de areia justificam-se pela composição majoritariamente arenosa das áreas-fonte, tanto de ponto de vista geológico, com os arenitos da Formação Adamantina, como do ponto de vista pedológico, com os Argissolos Vermelho-Amarelos que dominam a bacia, e em menor proporção os Latossolos Vermelhos, sendo as principais fontes de sedimentos para as deposições. Nestes últimos, conforme levantamento realizado por Fushimi (2012), a predominância da classe textural “Franco Arenosa”, associada a história de uso e ocupação na região de Presidente Prudente (SP), gerou um quadro de degradação por processos erosivos laminares e lineares (sulcos, ravinas e voçorocas).

Os referidos processos erosivos responderam, além da instalação de um quadro de degradação ambiental, pelo surgimento de diversas áreas-fonte produtoras de sedimentos, algumas ainda ativas conforme o uso da terra e as técnicas de manejo implementadas nas diferentes localidades da bacia. Neste contexto, o mapeamento relativo a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, a exemplo do elaborado para o município de Presidente Prudente (SP), é ferramenta importante para a identificação das áreas-fonte.

Em termos comparativos, todos os pontos amostrados apresentaram teores médios de areia superiores a 70% e, em alguns casos, quase atingindo a marca dos 90%, caso dos pontos RM1, RM2, RM4, RM6 e RM7. Os teores de silte mantiveram-se abaixo dos 10%, com exceção dos pontos RM3, RM5 e RM8, enquanto a argila não ultrapassou os 15% em nenhum dos pontos amostrados, com teores muito reduzidos (< 5%) nos pontos RM1, RM2 e RM6.

A textura majoritariamente arenosa, a estratificação plano-paralela e a presença de restos de artefatos e/ou fragmentos de carvão nas deposições amostradas coadunam com as características descritas por Oliveira (1994) para os depósitos tecnogênicos de fundo de vale, induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista. Conforme o autor, nas camadas arenosas podem ser encontrados restos de artefatos (fragmentos centimétricos de tijolos, de telhas, de vidros, plásticos etc.), especialmente quando associados à ocupação urbana, e na base da deposição pedaços de carvão e restos de madeira, parcial ou totalmente carbonizada, como prováveis testemunhos das primeiras queimadas.

Desta forma, os depósitos tecnogênicos ocorrentes na área de estudo são testemunhadores do processo de degradação ambiental decorrente do desmatamento e das práticas de uso e manejo da terra, em áreas urbanas e rurais, desprovidas de uma racionalidade conservacionista e, portanto, produtos da ação geológica humana (indireta), constituindo registros materiais de eventos relacionados a apropriação do relevo em diferentes contextos históricos, refletindo a lógica (predatória) de produção e transformação do espaço geográfico.

Do ponto de vista temporal, considerando a proposta elaborada por Oliveira e Peloggia (2014)²² e referida por Peloggia (2015b), os depósitos amostrados na área de estudo tem correspondência com o Antropoceno, entendido como fase mais recente do evento Tecnógeno. Do ponto de vista geocronológico, correspondem a depósitos do topo do Holoceno, e, assim sendo, do Quaternário, a exemplo dos depósitos tecnogênico-aluviais da bacia do rio Una, afluente do rio Paraíba do Sul, descritos por Peloggia, Capellari e Shikako (2015).

Os referidos autores propõem a Aloformação Rio Una para designar os depósitos sedimentares induzidos pela erosão acelerada em decorrência da supressão da vegetação original, associado a expansão cafeeira no Vale do Paraíba, situação semelhante ao ocorrido no Planalto Ocidental Paulista. Também propõem, tendo em vista a posição geomorfológica e a idade recente dos depósitos da Aloformação Rio Una, correlacioná-la, no contexto do Vale do Paraíba do Sul, à Aloformação Resgate, formada por depósitos tecnogênico-aluviais descritos na região de Bananal por Mello et al. (1995).

Ainda conforme os autores, a utilização da categoria de aloformação para depósitos de caráter tecnogênico é considerada adequada, pois atende aos requisitos estabelecidos pelo Código Norte-Americano de Nomenclatura Estratigráfica (1983) referentes às unidades aloestratigráfica, como mapeabilidade, definição de limites (descontinuidades laterais e superfícies) e de características internas. Os autores ressaltam, no entanto, que o enquadramento estratigráfico dos registros geológicos da ação humana é tema em debate, porém sem haver ainda consenso sobre a melhor forma de executá-lo.

Oliveira e Queiroz Neto (2019) corroboram a adequabilidade do uso da categoria de aloformação para o enquadramento dos depósitos tecnogênicos, porém ressaltam que nem todos podem apresentar expressividade suficiente para configurar uma aloformação. No caso dos depósitos tecnogênicos dos fundos de vale do Planalto Ocidental Paulista, a aplicação do conceito de aloformação, na concepção dos autores, é adequada considerando que os referidos depósitos expressam o resultado de um evento ou intervenção humana historicamente definidos, em uma região delimitada.

De forma semelhante ao proposto para os depósitos tecnogênicos amostrados na bacia do rio Una, as características composicionais e estratigráficas identificadas nas deposições

²² A proposta consiste na utilização de unidades diacrônicas, conforme definido no Código Estratigráfico Norte-Americano (1983), para englobar os registros da ação geológica humana durante o Quaternário, indicados como unidades geotecnogênicas. Para os autores, as camadas tecnogênicas são consideradas unidades diacrônicas quaternárias (unidades geotecnogênicas), e estão associadas, de acordo com suas idades, a dois eventos estratigráficos principais: o Pré-Tecnógeno e o Tecnógeno. O segundo evento é subdividido diacronicamente em Pré-Antropocênico (ou fase tecnogênica inicial) e Antropocênico (ou fase tecnogênica tardia).





amostradas na bacia do rio Mandaguari permitem correlacioná-las, no contexto do Planalto Ocidental Paulista, à Aloformação Andradina, diacrônica, Holoantropocênica, formada por depósitos colúvio-aluvionares de caráter tecnogênico, conforme proposto por Oliveira e Queiroz Neto (2019).

Em estudos futuros, destinados a refinar o quadro estratigráfico da Aloformação Andradina, poderiam ser individualizados, considerando a hierarquia de unidades aloestratigráficas, dois alomembros: um contemplando os depósitos cuja origem relaciona-se ao desmatamento para a ocupação primitiva do Planalto Ocidental Paulista, e outro contemplando aqueles cuja origem está relacionada a expansão urbana e seus desdobramentos sobre a dinâmica dos processos superficiais.

Na área de estudo, abre-se a possibilidade de em pesquisas futuras refinar a caracterização sedimentológica, a nível microscópico, por exemplo, com a identificação da seleção e maturidade textural e mineralógica dos sedimentos constituintes das deposições tecnogênicas, bem como o mapeamento referente aos terrenos tecnogênicos, conforme a proposta de classificação deste tipo de terreno para fins de mapeamento geológico e geomorfológico elaborada por Peloggia et al. (2014).





Do ponto de vista classificatório, tendo como base a referida classificação de terrenos tecnogênicos proposta por Peloggia et al. (2014), com colaborações de Peloggia (2015a) e Vitorino et al. (2016), revista e ampliada, apresentada por Peloggia (2017), as deposições amostradas na área de estudo classificam-se conforme consta nos Quadros 4 e 5, a seguir.

Quadro 4. Registro fotográfico e classificação dos depósitos tecnogênicos amostrados na bacia hidrográfica do rio Mandaguari

Ponto RM1	Ponto RM2	Ponto RM3	Ponto RM4
			
<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.</p>	<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.</p>	<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.</p>	<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.</p>

Org.: do autor

Quadro 5. Registro fotográfico e classificação dos depósitos tecnogênicos amostrados na bacia hidrográfica do rio Mandaguari (continuação)

Ponto RM5	Ponto RM6	Ponto RM7	Ponto RM8
			
<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.</p>	<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada com macroartefatos.</p>	<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.</p>	<p>Terreno tecnogênico de agradação aluvial formado por depósito induzido de fácies sedimentar-estratificada sem macroartefatos.</p>

Org.: do autor

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da abordagem geotecnogênica para o entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, a partir de um conjunto de procedimentos desenvolvidos em gabinete, campo e laboratório, evidenciou que os depósitos tecnogênicos ocorrentes na área testemunham a dinâmica dos processos erosivos, modificada pelos diferentes usos da terra implementados ao longo do tempo, responsáveis pelo incremento e a mudança qualitativa da erosão e a produção de sedimentos que entulharam os fundos de vale.

O desmatamento das vertentes e a introdução de um modelo de manejo das terras desprovido de práticas conservacionistas induziu a ocorrência de erosão acelerada que, em um período curto, promoveram a agradação dos fundos de vale. Posteriormente, o reajuste hidrológico da drenagem, após o término do evento tecnogênico-sedimentar, configurou o modelado atual dos fundos de vale da área.

Conforme Oliveira (1994), as relações existentes entre as feições erosivas lineares no Planalto Ocidental Paulista, morfoescultura na qual se situa a área de estudo, especialmente as de grande porte, como ravinas e boçorocas, e os depósitos tecnogênicos destacam a eficiência destas feições na produção de sedimentos. Essa eficiência responde à alta capacidade de transporte proporcionada pelo escoamento superficial concentrado, sobretudo pela ocorrência de chuvas intensas, concentradas de outubro a março.

Do ponto de vista regional, Oliveira (1990) destaca que os depósitos tecnogênicos ocorrentes nos fundos de vale do Planalto Ocidental Paulista são testemunhadores das (novas) dinâmicas superficiais desencadeadas pelo uso da terra na região, sobretudo a partir da retirada da cobertura vegetal pela ocupação primitiva, mediante extensas queimadas realizadas nas primeiras décadas do século XX. Segundo o autor, as deposições atestam o caráter descontínuo da erosão, possibilitando o estabelecimento de fases bem delimitadas de evolução da paisagem.

Inicialmente, a cobertura nativa deu lugar os primeiros usos extensivos da terra, que não se limitaram aos cultivos de café, mas incluíram sequencialmente os de algodão e as pastagens. Em período mais recente, posterior à decadência da atividade cafeeira, Monbeig (1984) identificou uma nova fase no uso da terra no Planalto Ocidental Paulista, marcada pela expansão das áreas de pastagem, também acompanhada pela redução da cobertura vegetal nativa.

A esta alteração ambiental promovida pela ocupação primitiva, sucederam-se outras desencadeadas pela expansão urbana a partir dos anos de 1960, que também atuou para a retirada da cobertura vegetal no Planalto Ocidental Paulista, e conseqüentemente o surgimento

e/ou reativação, nas áreas periféricas, de processos erosivos que estavam apenas iniciados como consequência dos desmatamentos para o uso agrícola da terra.

O acúmulo de sedimentos em setores a jusante das áreas ocupadas, especialmente nos fundos de vale, proporcionou a formação dos depósitos tecnogênicos. Com a consolidação urbana, pavimentando ruas, construindo galerias pluviais, dentre outras medidas que contribuíram para a redução da gênese de novas feições erosivas, os depósitos tecnogênicos que estavam nos fundos de vales passaram a ser retrabalhados, sendo o material resultante do retrabalhamento transportado para áreas a jusante.

Em síntese, Oliveira e Queiroz Neto (2019) apontam que a eliminação da cobertura vegetal pelos diferentes usos da terra no Planalto Ocidental Paulista alterou de forma expressiva o balanço hídrico e o comportamento dos fluxos de escoamento e infiltração nas áreas desmatadas. Esse desequilíbrio na dinâmica hídrica passou a promover a degradação dos solos, resultando em sulcos e ravinas, e erosão interna na forma de voçorocas nas cabeceiras dos cursos d'água, cujos sedimentos entulharam os fundos de vale formando os depósitos tecnogênicos. Na perspectiva dos autores, tais processos erosivos não são mais pertencentes à dinâmica natural (geológica), mas a uma nova dinâmica, denominada geotecnogênica, pois sua existência está relacionada à ação antrópica.

Os registros fotográficos feitos por Baumgardner Jr. (1979) na década de 1970, ao realizar um estudo geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Mandaguari, e utilizados como referência iconográfica neste trabalho, atestam a existência de feições erosivas lineares ativas à época, relacionadas aos usos da terra predominantes e as técnicas de manejo adotadas, com elevada capacidade na produção de sedimentos, responsáveis por colmatar os fundos de vale, gerando os depósitos tecnogênicos.

Baumgardner Jr. (1979), a época de seus estudos na bacia do rio Mandaguari, anteviu que os depósitos de fundo de vale seriam entalhados como resultado da atenuação da carga de sedimentos produzidos nos setores a montante, mediante a estabilização das feições erosivas (ravinas e voçorocas) formadas após o desmatamento da área. Segundo o autor, as voçorocas desenvolvidas nas cabeceiras de drenagem são indicativas do ajustamento das bacias hidrográficas as novas condições hidrológicas, configuradas pelos usos da terra.

Em complemento, Oliveira (1994) salienta que o período de erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista, iniciado com a ocupação primitiva e marcado pela manifestação da erosão linear, não se limitaria apenas a intensificação dos processos erosivos, mas também

contemplaria a mudança qualitativa da classe de erosão predominante, o que explicaria a expressiva produção dos sedimentos que assorearam os fundos de vale da região.

O cenário atual da bacia do rio Mandaguari, conforme as observações feitas em campo, caracterizado pela atividade erosiva atuante sobre o material depositado no período pós-ocupação, valida o prognóstico elaborado por Baumgardner Jr. (1979) e é compatível com as fases hipotéticas de formação e evolução de depósitos tecnogênicos, relacionados ao uso urbano do solo, no Planalto Ocidental Paulista propostas por Oliveira (1990).

O entalhe das deposições tende a se acentuar na medida em que as fontes de produção de sedimentos ainda ativas se atenuem, conforme prenunciado por Oliveira (1994) ao idealizar um modelo hipotético de produção de sedimentos para o Planalto Ocidental Paulista, que indica tendência geral de atenuação dos processos erosivos lineares ao longo do tempo. No entanto, essa tendência pode ser revertida em certas localidades, como expansões urbanas executadas sem critérios técnicos ou usos agrícolas desprovidos de práticas conservacionistas, o que contribuiria para a agradação dos antigos depósitos e a colmatação dos canais, iniciando novas fases de deposição e, em seguida, erosão, à medida que se reduz a produção de sedimentos na bacia, de acordo com as intervenções antrópicas realizadas.

Assim, os depósitos tecnogênicos, em concordância com as tendências observadas na evolução do uso da terra e da erosão (linear), passaram de uma fase formativa para uma fase erosiva, identificada através do entalhe, que testemunha a retomada da capacidade de transporte de sedimentos pelos cursos d'água, quando aliviados da carga sedimentar produzida nas áreas-fonte situadas a montante. A fase erosiva, considerada uma fase de resistasia antrópica comparável aos efeitos geológicos de uma mudança climática, tem nos depósitos tecnogênicos um dos seus registros mais expressivos (OLIVEIRA, 1994).

Os depósitos tecnogênicos, além de constituírem uma conexão entre a erosão e a produção de sedimentos na bacia, testemunham o caráter descontínuo da erosão, evidenciado por suas características e de seus entalhes, indicando não haver uma condição contínua dos processos superficiais (erosão-transporte-deposição), mas sim a existência de fases bem delimitadas de evolução desses processos e conseqüentemente da própria paisagem, conforme destacado por Oliveira e Queiroz Neto (1994).

Além do caráter descontínuo da erosão, os depósitos tecnogênicos atestam o caráter histórico da erosão acelerada, o que demanda uma abordagem que não se limite apenas a análise dos aspectos do meio físico no entendimento da dinâmica erosiva, mas que contemple também a História, tendo em vista que a erosão acelerada foi condicionada pelos distintos usos da terra

implementados ao longo do tempo. Neste sentido, a abordagem geotecnogênica mostrou-se adequada aos propósitos do trabalho ao contemplar um conjunto de procedimentos típicos da Geologia, Geomorfologia e Pedologia, consorciados ao resgate histórico do uso e ocupação da terra, para o entendimento das transformações da paisagem.

Porém, a aplicação da referida abordagem na área de estudo esbarrou em dois entraves importantes: o tempo e o espaço. Do ponto de vista espacial, o tamanho da área é um obstáculo, considerando não ter sido possível amostrar, dado o tempo para execução do trabalho, deposições tecnogênicas fora do contexto do canal principal. Do ponto de vista temporal, a ausência de relação entre os depósitos observados e os usos da terra no presente, considerando que os depósitos atuais têm sua gênese relacionada a usos pretéritos, sendo os usos atuais condicionantes da atividade erosiva atuante sobre as deposições.

Tem-se, portanto, um cenário complexo e dinâmico de evolução da paisagem, analisado neste trabalho a partir das deposições tecnogênicas e dos processos que testemunham. A dinamicidade que caracteriza o momento paisagístico atual fica evidenciada pelas rápidas alterações, ocorridas no tempo histórico, verificadas nas deposições tecnogênicas amostradas na área de estudo, que passaram de uma fase formativa para uma fase erosiva, ao se comparar o cenário atual com aquele descrito por Baumgardner Jr. (1979) nos anos de 1970. Nesta fase atual, os depósitos tecnogênicos vão sendo erodidos, podendo não existir, da mesma forma, em poucos anos, embora ainda possam ser identificados em registros fotográficos.

Deste modo, o observado em campo e registrado neste trabalho, assim como o registrado pelo pesquisado texano, constitui um trecho da história ambiental da bacia, que continuará a transcorrer. As deposições amostradas, caracterizadas por sedimentos pouco coesos e estratificados, com a presença ou não de artefatos, testemunham a mudança dos processos naturais (geológicos) para os geotecnogênicos (naturais e antrópicos) e constituem registros materiais do Antropoceno, termo em referência à época geológica atual, caracterizada pelo papel central da humanidade em termos geológicos e ecológicos, ainda em discussão pela comunidade científica internacional.

Neste sentido, ressalta-se o pioneirismo do trabalho desenvolvido, não considerando a área de estudo, anteriormente documentada por Baumgardner Jr. (1979), mas a aplicação da abordagem geotecnogênica como ferramenta analítica para o entendimento das transformações da paisagem na bacia hidrográfica do rio Mandaguari, sob efeito dos processos geotecnogênicos de dinâmica superficial, que combinam variáveis naturais e antrópicas. Assim, a dinâmica da

paisagem pode ser elucidada, no âmbito da história ambiental, a partir da análise dos registros, sejam eles naturais ou antrópicos, dentre os quais se destacam os depósitos tecnogênicos.

Por fim, espera-se que os resultados alcançados constituam subsídios relevantes para o entendimento do quadro ambiental da bacia, contribuindo para o planejamento e a gestão ambiental, assim como subsidiem trabalhos futuros que possam somar elementos na análise da dinâmica geotecnogênica, seja pelo aprofundamento dos aspectos abordados neste trabalho, por exemplo, com o refinamento do quadro estratigráfico e da caracterização sedimentológica, ou pela abordagem de outros aspectos, por exemplo, no âmbito da hidroclimatologia, visando aprofundar o conhecimento a respeito dos regimes pluviométrico e fluviométrico; do mapeamento geomorfológico, visando identificar e espacializar as feições tecnogênicas existentes, como terraços e planícies tecnogênicas; e da datação de sedimentos, visando maior acurácia nos resultados a partir da utilização de novos procedimentos.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Bases geomorfológicas para o estudo do Quaternário do Estado de São Paulo**. Tese (Tese de Cátedra) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1968.
- AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- BARBOSA, T. **Estética Romântica Germânica e a Paisagem em Humboldt: percurso da Geografia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.
- BARBOSA, T.; NUNES, J. O. R. Ontologia e Problema Estético na Paisagem. *In*: COLÓQUIO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DO PENSAMENTO GEOGRÁFICO, 1., 2008, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Núcleo Geografia e Memória/UFU, 2008. p. 1-15.
- BAUMGARDNER JR., R. W. **A Quantitative Geomorphic Study of the Ribeirão do Mandaguari, São Paulo, Brazil**. 1979. Tese (Mestrado em Artes) - Universidade do Texas, Austin, 1979.
- BENJAMIN, W. **O Conceito de Crítica de Arte no Romantismo Alemão**. 3. ed. São Paulo: Iluminuras, 2002.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.
- BITENCOURT, V. J. B. et al. Datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) de uma planície de cordões litorâneos do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 1-8, 2017.
- BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- BRANNSTROM, C. **After the forest: environment, labor, and agro-commodity production in southeastern Brazil**. 1998. Tese (Doutorado em Geografia) - University of Wisconsin-Madison, Madison, 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2018.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Goiânia: Edição do autor, 2005.

CASTRO, C. M.; SILVA, T. M. Apropriação do relevo e paisagens tecnogênicas: discussões acerca do ensino da geomorfologia com base em exemplos cariocas e fluminenses. **Terræ Didática**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 81-90, 2014.

CHEMEKOV, Y. F. Technogenic deposits. *In*: INQUA Congress, 11., 1983, Moscou. **Anais [...]**. Moscou: International Union for Quaternary Research, 1983.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Blucher, 1980.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe – 1997**. Marília: CBH-AP, 1997. Disponível em: <http://cbhap.org/publicacoes/relatorioz/>. Acesso em: 15 jan. 2018.

CORRÊA, A. C. B.; ESPÍNDOLA, C. R.; MENDES, I. A. Avaliação da dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do planalto da Borborema, nordeste do Brasil, com base no método de datação da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). *In*: GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. (Org.). **Do Natural, do Social e de suas interações: visões geográficas**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia - UNESP; Associação de Geografia Teórica – AGETEO, 2002. p. 41-57.

CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. F. The Anthropocene. **Global Change Newsletter**, n. 41, p. 17-18, mai. 2000.

CUNHA, B. C. C. **Impactos socioambientais decorrentes da ocupação da planície de inundação do Ribeirão Anicuns: o caso da Vila Roriz**. 2000. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.

CURCIO G. R.; LIMA, V. C.; GIAROLA, N. F. B. **Antropossolos: Proposta de Ordem (1ª aproximação)**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DIAS, M. B. G. **Depósitos tecnogênicos na região noroeste de Goiânia (GO)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

ERHART, H. La theorie bio-rexistesique et les problemews biogeographiques et paleobiologiques. **Soc. Biogéographie de France**, CNR (288), p. 43-53, 1956.

ÉVORA, F. R. R. **A Revolução Copernicano-Galeliana**. Vol. II. Campinas: Editora da Unicamp, 1994.

FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. **Soil: morphology, genesis, and classification**. New York: Wiley, 1989.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

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

FIORI, A. M.; FIORAVANTI, C. Os caminhos para salvar o Cerrado paulista. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, edição 63, p. 38-43, 2001.

FONZAR, B. C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocabana: um teste aplicado a Presidente Prudente**. 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

FRANCISCO, F. C. **Análise ambiental e conseqüências do desmatamento no município de Presidente Prudente no período de 1917 a 1986**. 1989. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1989.

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

GERASIMOV, I. P. Anthropogene and its major problem. **Boreas**, v. 9, p. 23-30, 1979.

GODOY, J. M. Datação de sedimentos com ^{210}Pb : resgate do histórico da poluição ambiental no Antropoceno. **Revista Virtual de Química**, Niteroi, v. 10, n. 6, p. 1733-1757, 2018.

GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment**. 3. ed. Oxford: Wiley-Blackwell Publishers, 1990.

GUEDES, C. C. F. et al. Datação por Luminescência Opticamente Estimulada: princípios e aplicabilidade nos depósitos sedimentares brasileiros. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13., ENCONTRO DO QUATERNÁRIO SULAMERICANO, 3., 2011, Armação dos Búzios. **Anais [...]**. Armação dos Búzios: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2011. p. 805-809.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GUATTARI, F. **Caosmose: um novo paradigma estético**. São Paulo: Editora 34, 2006.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1996.

MARTINELLI, M. Estado de São Paulo: aspectos da natureza. **Confins**, São Paulo, n. 9, p. 1-17, 2010.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

MELLO, C. L. et al. Eventos de sedimentação durante o Holoceno no médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ): aloestratigrafia e datações por radiocarbono. *In*: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 5., 1995, Niterói. **Anais [...]**. Niterói: ABEQUA, 1995. p. 193-197.

MELLO, C. L. **Sedimentação e tectônica cenozoicas no médio Vale do Rio Doce (MG, sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. 1997. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec/Polis, 1984.

MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário Superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 236-254, 1991.

MURRAY, A. S.; WINTLE, A. G. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. **Radiation Measurements**, v. 32, n. 1, p. 57-73, 2000.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Kester Pub. House; Dordrecht: D. Reidel, 1983.

NOLASCO, M. C. **Depósitos antrópicos/tecnogênicos: um conceito em discussão na Geologia**. 1998. Monografia (Qualificação para Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

NOLASCO, M. C. **Registros geológicos gerados pelo garimpo, Lavras Diamantinas - BA**. 2002. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

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

NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M. Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 3., ENCONTRO ÍBERO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1., ENCONTRO ÍBERO-AMERICANO DO QUATERNÁRIO, 1., 2010, Recife. **Anais [...]**. Recife: UGB/UFPE, 2010. p. 1-16.

OLIVEIRA, A. A. **Estudo geotecnogênico da urbanização**: o caso do loteamento do Parque Continental II, município de Guarulhos, SP. 2014. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) - Centro de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade de Guarulhos, Guarulhos, 2014.

OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6., 1990, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABGE, 1990. p. 411-416.

OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/PR. 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

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**. São Paulo: ABGE/IPT, 1995. p. 231-241.

OLIVEIRA, A. M. S. et al. Tecnógeno: registro da ação geológica do homem. *In*: SOUZA, C. R. G. et al. (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 363-378.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRANNSTROM, C. Fundamentos da história ambiental do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo. *In*: ENCONTRO ESTADUAL DE HISTÓRIA DA ANPUH-BA, 2., 2004, Feira de Santana. **Anais [...]**. Feira de Santana: UESB, 2004. p. 1-8.

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**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 103-111, 2014.

OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Depósitos tecnogênicos induzidos pela erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 73, p. 91-123, 1994.

OLIVEIRA, A. M. S.; QUEIROZ NETO, J. P. Aloformação Andradina: expressão do Antropoceno no Planalto Ocidental Paulista. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 83-104, 2019.

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

PASSOS, M. M. **Biogeografia e paisagem**. Presidente Prudente: Edição do autor, 1998.

PASSOS, M. M. **A Raia Divisória**: geossistema, paisagem e eco-história. v. 1. Maringá: Eduem, 2006.

PAULA e SILVA, F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 2003. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

PAULA e SILVA, F. et al. Estudo estratigráfico do Grupo Bauru na Região de Presidente Prudente com base em perfis geofísicos de poços para água. **Revista Geociências**, São Paulo, 13 (1), p. 63-82, 1994.

PAULA e SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. Perfis de referência do Grupo Bauru (k) no estado de São Paulo. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 22, n. esp., p. 21-32, 2003.

PAULA e SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. Estratigrafia da Subsuperfície do Grupo Bauru no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 77-88, 2005.

PELOGGIA, A. U. G. **Delineação e aprofundamento temático da Geologia do Tecnógeno do município de São Paulo**: as conseqüências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana. 1996. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da Geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 257-268, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico**: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

PELOGGIA, A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografiação dos solos e depósitos tecnogênicos. *In*: SÃO PAULO (Município). Secretaria da Habitação e Desenvolvimento Urbano. Superintendência de Habitação Popular. Grupo de Trabalho de Geotécnica e Geologia Urbana. **Manual Técnico 3**: Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I). São Paulo: GT-GEOTEC, 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**, São Paulo, v. 16, p. 24-31, 2005.

PELOGGIA, A. U. G. Camadas que falam sobre o ser humano, caso encontrem arqueólogos e geólogos que as escutem: rumo a uma arqueogeologia interpretativa dos depósitos tecnogênicos. *In*: ORTEGA, A. M.; PELOGGIA, A. U. G. (Org.). **Entre o Arcaico e o Contemporâneo**: ensaios fluindo entre Arqueologia, Psicanálise, Antropologia e Geologia. São Paulo: Iglu, 2015a. p. 189-221.

PELOGGIA, A. U. G. O significado arqueológico dos depósitos tecnogênico-aluviais da bacia do rio Una (Taubaté, SP). **Revista Arqueologia Pública**, Campinas, v. 9, n. 11, p. 207-219, 2015b.

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)**, Guarulhos, v. 16, n. 1, p. 102-127, 2017.

PELOGGIA, A. U. G. The rock cycle of the Anthropocene: inserting human agency into the Earth system. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 1-13, 2018.

PELOGGIA, A. U. G. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 1-17, 2019.

PELOGGIA, A. U. G. et al. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.

PELOGGIA, A. U. G.; CAPELLARI, B.; SHIKAKO, A. S. Registros geológicos tecnogênico-sedimentares (antropocênicos) no vale do Paraíba do Sul (Taubaté-SP): a Aloformação Rio Una. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 14., SIMPÓSIO DO CRETÁCEO DO BRASIL, 8., 2015, Campos do Jordão. **Anais [...]**. Campos do Jordão: SBG/Núcleo São Paulo, 2015. n.p.

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. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 67-81, 2014.

PERROTTA, M. M. et al. **Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo**: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Rio de Janeiro: CPRM, 2006.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. **Mercator**, Fortaleza, v. 17, e17025, p. 1-18, 2018.

ROCHA, T. B. et al. Datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) nas cristas de praia do delta do rio Paraíba do Sul (RJ): considerações sobre a evolução geomorfológica entre o Pleistoceno Superior e o Holoceno. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 563-580, 2019.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, p. 69-77, 2001.

ROHDE, G. M. **Epistemologia Ambiental**: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e de seus arredores planetários. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 10, p. 41-58, 1997.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. v. 1. 118 p. (inclui Mapas).

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Géosystèmes et paysages**: Bilan et méthodes. Paris: Armand Colin, 1991.

SALLUN, A. E. M. et al. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 402-413, 2007.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; STEVAUX, J. C. Proposição formal do Alogrupo Alto Rio Paraná (SP, MS e PR). **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 49-70, 2007.

SANT'ANNA NETO, J. L. As chuvas no estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. *In*: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000. p. 95-119.

SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G. **O Tempo e o Clima de Presidente Prudente**. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2009.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Hucitec, 1996.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. vol. I. (Publicação IPT 1184). Escala 1:500.000.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Controle de Erosão**: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de voçorocas urbanas. São Paulo: DAEE/IPT, 1989.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. **Sub-bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. São Paulo: CPLA/SMA, 2013. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/cpla/2013/10/Ficha_Tecnica_Sub_bacia.pdf. Acesso em: 22 jun. 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. **Inventário Florestal da Cobertura Vegetal Nativa do Estado de São Paulo no período 2008-2009**. São Paulo: Instituto Florestal, 2010.

SAWAKUCHI, A. O. et al. Optically stimulated luminescence and isothermal thermoluminescence dating of high sensitivity and well bleached quartz from Brazilian sediments: from Late Holocene to beyond the Quaternary? **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 46, supl. 1, p. 209-226, 2016.

SILVA, C. M.; ARBILLA, G. Antropoceno: Os Desafios de um Novo Mundo. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 10, n. 6, p. 1619-1647, 2018.

SILVA, E. C. N. **Reconstituição Geomorfológica do Relevo Tecnogênico em Presidente Prudente-SP**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

SILVA, M. V. **Datação pelo método da luminescência de depósitos coluviais e aluviais do médio vale do rio Paraíba do Sul**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVEIRA, R. W. D.; VITTE, A. C. A Paisagem em Humboldt: da instrumentalização do olhar a percepção do Cosmos. *In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA*, 12., 2009, Montevidéo. **Anais [...]**. Montevidéo, Uruguai, 2009.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 16, p. 1-52, 1977.

STEFANUTO, E. B.; ZANATTA, F. A. S.; LUPINACCI, C. M. Análise histórica do uso da terra em Antropogeomorfologia: alguns exemplos paulistas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 95-112, 2017.

SUDO, H. Processos erosivos e variabilidade climática. *In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). Variabilidade e Mudanças Climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá: Eduem, 2000. p. 120-146.

SUIZU, T. M.; ROCHA, P. C. Proposta metodológica para a elaboração de perfil longitudinal de vale baseada em softwares livres: estudo de caso no vale do rio Aguapeí, SP, Brasil. **Ar@cne**, Barcelona, n. 219, p. 1-22, 2017.

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

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002.

VICTOR, M. A. M. et al. **Cem anos de devastação: revisitada 30 anos depois**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

VITORINO, J. C. et al. Terrenos tecnogênicos do Jardim Fortaleza, bacia hidrográfica do córrego do Entulho, Guarulhos (SP): mapeamento geológico, estratigrafia, geomorfologia e arqueologia da paisagem. **Revista Geociências (UnG)**, Guarulhos, v. 15, n. 2, p. 33-60, 2016.

VITTE, A. C. (Org.) **Contribuições à história e epistemologia da Geografia**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007a.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia Física. **Mercator**, Fortaleza, ano 06, n. 11, p. 71-78, 2007b.

WINTLE, A. G.; MURRAY, A. S. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. **Radiation Measurements**, v. 41, n. 4, p. 369-391, 2006.

APÊNDICE A – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM1

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	93,29	932,93	2,90	29,00	3,81	38,08	Areia
C2	90,78	907,75	3,50	35,00	5,72	57,25	Areia
C3	91,47	914,70	2,90	29,00	5,63	56,30	Areia
C4	87,76	877,57	3,13	31,33	9,11	91,10	Areia
C5	90,63	906,26	3,00	30,00	6,37	63,74	Areia
C6	86,48	864,78	3,10	31,00	10,42	104,23	Areia
C7	92,36	923,57	0,30	3,00	7,34	73,43	Areia
C8	79,56	795,63	0,20	2,00	20,24	202,38	Areia franca
C9	84,24	842,37	2,40	24,00	13,36	133,63	Areia franca
C10	91,00	910,02	2,10	21,00	6,90	68,99	Areia
C11	83,74	837,42	6,70	67,00	9,56	95,58	Areia franca
C12	92,03	920,27	6,90	69,00	1,07	10,73	Areia
C13	83,55	835,48	8,80	88,00	7,65	76,53	Areia franca
C14	89,63	896,31	5,00	50,00	5,37	53,69	Areia

Org.: do autor

**APÊNDICE B – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM2**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	92,20	922,03	0,50	5,00	7,30	72,97	Areia
C2	83,82	838,18	3,50	35,00	12,68	126,82	Areia franca
C3	80,93	809,25	5,00	50,00	14,08	140,75	Areia franca
C4	84,27	842,67	3,80	38,00	11,93	119,34	Areia franca
C5	96,98	969,80	1,70	17,00	1,32	13,20	Areia
C6	88,21	882,06	0,80	8,00	10,99	109,95	Areia
C7	92,79	927,88	4,80	48,00	2,41	24,12	Areia
C8	83,44	834,44	5,93	59,33	10,62	106,23	Areia franca
C9	81,36	813,62	8,50	85,00	10,14	101,38	Areia franca
C10	89,51	895,13	3,90	39,00	6,59	65,87	Areia
C11	77,20	772,00	5,80	58,00	17,00	170,00	Areia franca
C12	93,00	930,02	3,40	34,00	3,60	35,98	Areia

Org.: do autor

**APÊNDICE C – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM3**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	77,26	772,63	5,50	55,00	17,24	172,37	Areia franca
C2	80,59	805,87	7,30	73,00	12,11	121,13	Areia franca
C3	85,48	854,80	5,10	51,00	9,42	94,21	Areia franca
C4	73,24	732,40	8,90	89,00	17,86	178,60	Franco arenoso
C5	74,13	741,27	8,00	80,00	17,87	178,73	Franco arenoso
C6	83,57	835,72	9,00	90,00	7,43	74,28	Areia franca
C7	51,14	511,39	14,30	143,00	34,56	345,62	Franca
C8	64,55	645,54	15,70	157,00	19,74	197,47	Franco arenoso
C9	85,15	851,54	8,90	89,00	5,95	59,46	Areia franca
C10	72,93	729,28	13,20	132,00	13,87	138,72	Franco arenoso
C11	81,51	815,05	8,80	88,00	9,70	96,95	Areia franca
C12	73,30	733,04	13,70	137,00	13,00	129,97	Franco arenoso
C13	59,68	596,79	13,40	134,00	26,92	269,21	Franco arenoso
C14	52,35	523,54	17,70	177,00	29,95	299,47	Franco arenoso
C15	70,18	701,78	8,50	85,00	21,32	213,22	Franco arenoso

Org.: do autor

**APÊNDICE D – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM4**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	86,17	861,74	5,20	52,00	8,63	86,27	Areia franca
C2	83,72	837,25	7,20	72,00	9,08	90,75	Areia franca
C3	90,66	906,66	4,90	49,00	4,43	44,34	Areia
C4	89,18	891,81	6,13	61,33	4,68	46,85	Areia
C5	91,17	911,71	7,00	70,00	1,83	18,30	Areia
C6	82,76	827,66	7,10	71,00	10,13	101,35	Areia franca
C7	77,71	777,08	8,80	88,00	13,49	134,93	Franco arenoso
C8	74,31	743,11	7,00	70,00	18,69	186,89	Franco arenoso
C9	87,49	874,86	3,93	39,33	8,58	85,81	Areia
C10	89,18	891,76	4,00	40,00	6,82	68,24	Areia
C11	82,47	824,66	3,40	34,00	14,13	141,34	Areia franca
C12	77,43	774,34	6,90	69,00	15,67	156,66	Areia franca
C13	87,42	874,20	3,40	34,00	9,18	91,80	Areia

Org.: do autor

**APÊNDICE E – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM5**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	89,63	896,27	3,20	32,00	7,17	71,74	Areia
C2	91,27	912,71	5,00	50,00	3,73	37,29	Areia
C3	88,78	887,82	6,30	63,00	4,92	49,18	Areia
C4	65,41	654,10	8,90	89,00	25,69	256,90	Franco arenoso
C5	84,52	845,24	6,50	65,00	8,98	89,77	Areia franca
C6	74,42	744,19	9,70	97,00	15,88	158,81	Franco arenoso
C7	81,64	816,44	5,60	56,00	12,76	127,56	Areia franca
C8	66,81	668,06	12,07	120,67	21,13	211,27	Franco arenoso
C9	73,95	739,47	10,40	104,00	15,65	156,54	Franco arenoso
C10	78,93	789,28	10,60	106,00	10,47	104,72	Franco arenoso
C11	87,02	870,17	5,20	52,00	7,78	77,83	Areia franca
C12	82,10	820,99	7,20	72,00	10,70	107,01	Areia franca
C13	85,16	851,63	6,30	63,00	8,54	85,37	Areia franca

Org.: do autor

**APÊNDICE F – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM6**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	91,22	912,23	1,20	12,00	7,58	75,77	Areia
C2	92,55	925,51	1,20	12,00	6,25	62,49	Areia
C3	88,64	886,44	1,70	17,00	9,66	96,56	Areia
C4	88,93	889,29	2,30	23,00	8,77	87,72	Areia
C5	92,96	929,59	0,30	3,00	6,74	67,40	Areia
C6	90,87	908,66	1,40	14,00	7,73	77,34	Areia
C7	89,60	896,00	3,10	31,00	7,30	73,00	Areia
C8	97,14	971,42	0,70	7,00	2,16	21,58	Areia
C9	85,93	859,33	5,10	51,00	8,97	89,67	Areia franca
C10	81,39	813,95	4,40	44,00	14,21	142,05	Areia franca
C11	86,11	861,14	2,90	29,00	10,99	109,86	Areia franca
C12	89,11	891,10	4,40	44,00	6,49	64,90	Areia
C13	86,35	863,55	5,40	54,00	8,25	82,46	Areia franca
C14	89,50	894,99	3,60	36,00	6,90	69,01	Areia
C15	81,99	819,89	6,40	64,00	11,61	116,12	Areia franca
C16	82,84	828,37	5,80	58,00	11,36	113,63	Areia franca
C17	88,48	884,83	4,07	40,67	7,45	74,50	Areia
C18	83,37	833,75	6,20	62,00	10,43	104,26	Areia franca

Org.: do autor

**APÊNDICE G – GRÁFICO COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM7**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	90,88	908,82	2,40	24,00	6,72	67,18	Areia
C2	90,85	908,52	2,30	23,00	6,85	68,48	Areia
C3	88,08	880,75	3,60	36,00	8,33	83,25	Areia
C4	94,53	945,25	1,30	13,00	4,18	41,75	Areia
C5	90,02	900,17	1,20	12,00	8,78	87,84	Areia
C6	92,38	923,79	6,20	62,00	1,42	14,22	Areia
C7	90,98	909,85	8,40	84,00	0,62	6,16	Areia
C8	90,60	905,98	8,20	82,00	1,20	12,02	Areia
C9	89,91	899,10	8,60	86,00	1,49	14,90	Areia
C10	89,79	897,86	7,50	75,00	2,71	27,14	Areia
C11 A	93,39	933,86	3,60	36,00	3,01	30,14	Areia
C11 B	82,63	826,26	7,67	76,67	9,71	97,08	Areia franca
C11 C	88,92	889,18	6,00	60,00	5,08	50,82	Areia
C12	84,81	848,09	6,30	63,00	8,89	88,92	Areia franca
C13	94,82	948,16	2,93	29,33	2,25	22,51	Areia

Org.: do autor

**APÊNDICE H – TABELA COM PERCENTUAIS DE AREIA, ARGILA E SILTE
IDENTIFICADOS NAS CAMADAS DO DEPÓSITO DO PONTO RM8**

Camada	Areia		Argila		Silte		Textura
	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	%	g.kg ⁻¹	
C1	90,23	902,25	4,40	44,00	5,37	53,75	Areia
C2	89,02	890,24	5,40	54,00	5,58	55,76	Areia
C3	92,46	924,56	3,80	38,00	3,74	37,44	Areia
C4	93,35	933,51	5,13	51,33	1,52	15,15	Areia
C5	76,23	762,30	9,10	91,00	14,67	146,70	Franco arenoso
C6	69,98	699,76	11,40	114,00	18,62	186,24	Franco arenoso
C7	73,81	738,12	13,20	132,00	12,99	129,88	Franco arenoso
C8	76,79	767,85	11,00	110,00	12,21	122,15	Franco arenoso
C9	78,07	780,74	3,10	31,00	18,83	188,26	Areia franca
C10	61,65	616,45	25,80	258,00	12,55	125,55	Franco argiloso arenosa

Org.: do autor

ANEXO A – DESCRIÇÃO COMPLETA DO PROCEDIMENTO ADOTADO PARA DATAÇÃO POR LOE



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.
Datação: LOE e TL

Datação por LOE (OSL dating)

1. Preparação das amostras

Sedimentos

Os tubos são abertos em ambiente de luz vermelha na extremidade interna de inserção que deve ser indicada. Posteriormente passam por um tratamento químico com H₂O₂ (20%), HF (20%) e finalmente HCl (10%), sendo que as lavagens intermediárias são efetuadas com água destilada. Após tratamento químico as amostras são secas e peneiradas separando em uma fração granulométrica na faixa de 100-160 µm (100-60 Tyler), obtendo assim material Natural (quartzo/feldspato) isentos de materiais orgânicos e/ou metais pesados, e com granulometria bem homogênea.

2. Determinação da Dose Acumulada Natural ou Paleodose

Equipamento: Fotomultiplicadora Thorn EMI Electron Tubes, Type 9235QA; Sistema de LUZ Azul por LED; Contador de Fótons e Fonte de Alta Tensão. Software próprio desenvolvido para coleta de dados.

Sedimentos

O protocolo SAR é feito para determinar uma idade média dentre pelo menos 5 a 20 alíquotas, ou seja, são feitas de 5 a 20 curvas de calibração e encontradas de 5 a 20 idades. É possível construir um histograma de idades e interpretar a variação na amostragem (normalmente exigido pelos revisores de revistas internacionais).

No protocolo SAR apenas uma alíquota (~7mg) é utilizada para a determinação de cada Paleodose (P). Dessa forma, a alíquota usada na medida do sinal natural de LOE, será a mesma utilizada nas diversas etapas de irradiação, para a construção da curva de calibração. Assim, no protocolo SAR se utilizamos as mesmas 20 alíquotas, obteremos no final 20 valores de P e, consequentemente, 20 idades diferentes para uma mesma amostra.

Embora o protocolo SAR elimine os problemas dos procedimentos de datação existe uma série de fatores que, se não forem observadas e corrigidas, podem torná-lo tão propensos a erros como os demais protocolos. Um exemplo de observação a ser considerada é a seguinte: devido às repetidas etapas de irradiações, pode ocorrer uma queda ou aumento na sensibilidade dos grãos que formam uma alíquota, gerando uma variação na resposta da LOE em função da dose aplicada. A fim de corrigir este possível problema, entre as doses de radiação ionizante e após a medição do sinal natural, são aplicadas e medidas as doses de teste (D_T) constante e, geralmente, determinada com base no valor estimado para P, em torno de 10 % P. Wallinga et al, 2000, mostram que este teste é necessário para eficácia do protocolo SAR.



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.
Datação: LOE e TL

Para efetuar o protocolo SAR devemos seguir algumas etapas:

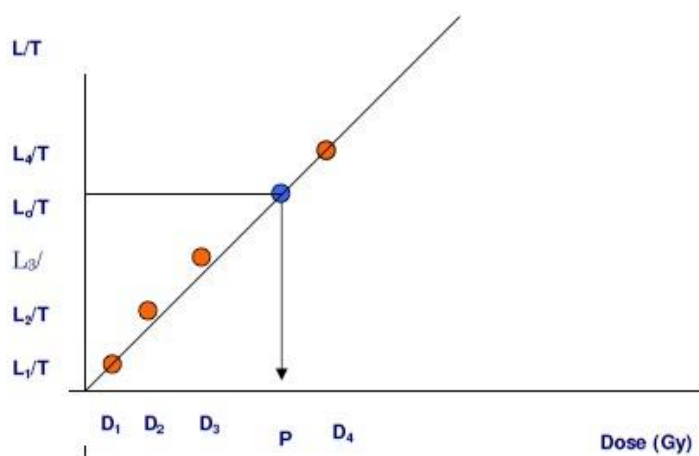
Separação de 20-50 grãos (100-300 μ m) ou alíquotas (7mg) de cada amostra a ser datada:

Usar pelo menos $n > 5$ alíquotas.

1. Pré aquecimento de 160°C por 10 s
2. Medir a LOE natural = L_0 (estimulação por 100 s, a 125°C)
3. Irradiar com luz
4. Irradiar com dose teste (10-20% da Paleodose) = D_1
5. Pré-aquecimento de 160°C por 10s
6. Medir a LOE = T_0
7. Irradiar com luz
8. Irradiar com dose regenerativa = D_1
9. Pré-aquecimento de 160°C por 10 s
10. Medir LOE = L_1 (estimulação por 100s, a 125°C)
11. Retornar para 3, aumentando o valor da dose regenerativa.
12. Repetir a dose D_1 para verificar a regeneração do sinal de LOE (a diferença de intensidade de LOE entre elas devem ser < que 10%).

Construir o Gráfico de LOE corrigida, $R_i = L_i/T_i$ ($i=1$ até n) versus dose

Colocar o nível da LOE natural corrigida, que é $N = L_0/T_0$





Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

Datação: LOE e TL

Para se encontrar os valores de D_e , são usados o modelo de cálculo pela média ponderada dos D_e , ou utiliza-se apenas os valores mais baixos de D_e , considerando que os altos estavam com sinal de LOE residuais se ocorrer muita variação.

A idade (I) é calculada dividindo D_e por T, este é encontrada através dos valores de concentração dos isótopos radioativos do U, Th e K, além da contribuição da radiação cósmica. Esses valores são determinados através de espectroscopia gama.

$$I = \frac{D_e}{T_{\beta} + T_{\gamma} + T_{\text{radiação cósmica}}}$$

Importante: A idade média encontrada pela técnica de LOE é o momento na qual a amostra foi exposta, por um longo tempo, à luz solar pela última vez. As amostras com exposições de curta duração ou em várias épocas diferentes, como remobilizações de dunas, podem levar a interpretações errôneas.

Referência

Jakob Wallinga, Andrew Murray and Ann Wintle, 2000, The single-aliquot regenerative-dose (SAR) protocol applied to coarse-grain feldspar, *Radiation Measurements*, **32**, 5-6, 529-533.

ANEXO B – RESULTADO DA DATAÇÃO POR LOE UTILIZANDO PROTOCOLO SAR COM 5 ALÍQUOTAS



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

Relatório de Ensaio

CLIENTE: MARCEL BORDIN GALVÃO DIAS

EMAIL: mbgdias@gmail.com

MATERIAL: Sedimento.

NATUREZA DO TRABALHO: Preparação de Amostragem e Elaboração de Laudo de Datação de sedimentos pelo método da Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE).

REFERÊNCIA:

AMOSTRAS

Foi fornecida pelo cliente 1 (uma) amostra com as designações indicadas na Tabela 1, acondicionada e devidamente embalada de forma que não tomou luz na porção analisada no envio. A amostra foi recebida e identificada no laboratório como 4881.



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

1. RESULTADOS

Os resultados de dose acumulada, dose anual e da idade média obtidas por LOE são apresentados na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Código Datação, amostra, dose anual, dose acumulada e idade.

Código Datação	Amostra	Dose Anual (µGy/ano)	Dose Acumulada (Gy)	Idade (anos)
4881	RM 3 – 83 cm	2.410 ± 210	1,8	720 ± 75
DESVIO PADRÃO		➡		0,1


Importante: A idade média encontrada pela técnica de LOE é a data na qual a amostra foi exposta por um longo período à luz solar pela última vez (16 horas), amostras com exposições de curta duração ou em várias épocas diferentes podem nos levar a interpretações errôneas, Por isso o conhecimento do local e da coleta é importante.

As concentrações medidas dos isótopos radioativos ^{232}Th , $^{238}\text{U} + ^{235}\text{U}$, ^{40}K utilizados para calcular a dose anual são apresentados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2: Amostra, Th (Tório), U (Urânio), K (Potássio).

Amostra	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Umidade (%)
4881	5.113 ± 0,282	1,786 ± 0,140	1,642 ± 0,267	8.5

São Paulo, 03 de Setembro de 2017.


Dr. Silvio Luiz Miranda Brito
 Datação, Comércio & Prestação de Serviços LTDA



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

No anexo apresentado a seguir pode-se observar os histogramas com a variação das doses entre as aliquotas analisadas, além dos testes realizados.

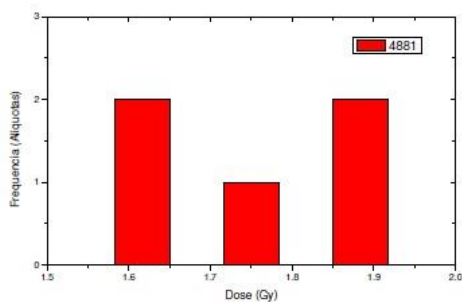
ANEXO

Amostra 4881							
	Dose Equivalente (Gy)		Teste de Reciclagem		Variação (%)	Teste de Recuperação (%)	
		±		±			±
Aliquota 1	1,9	± 0,1	1,00	± 0,03	0%	1,3%	± 0,1%
Aliquota 2	1,7	± 0,1	1,01	± 0,04	1%	0,8%	± 0,2%
Aliquota 3	1,9	± 0,1	1,01	± 0,04	1%	0,9%	± 0,2%
Aliquota 4	1,6	± 0,1	0,98	± 0,04	-2%	1,3%	± 0,3%
Aliquota 5	1,6	± 0,1	0,94	± 0,03	-6%	0,7%	± 0,1%

Tabela: Dose Equivalente, Teste de Reciclagem e Teste de Recuperação.



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.



Histograma das Doses Equivalentes

ANEXO C – RESULTADO DA DATAÇÃO POR LOE UTILIZANDO PROTOCOLO SAR COM 10 ALÍQUOTAS



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

Relatório de Ensaio

CLIENTE: MARCEL BORDIN GALVÃO DIAS

EMAIL: mbgdias@gmail.com

MATERIAL: Sedimento.

NATUREZA DO TRABALHO: Preparação de Amostragem e Elaboração de Laudo de Datação de sedimentos pelo método da Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) utilizando o protocolo SARs com 10 alíquotas.

REFERÊNCIA:

AMOSTRAS

Foi fornecida pelo cliente 1 (uma) amostra com as designações indicadas na Tabela 1, acondicionada e devidamente embalada de forma que não tomou luz na porção analisada no envio. A amostra foi recebida e identificada no laboratório como 4997.



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

1. RESULTADOS

Os resultados de dose acumulada, dose anual e da idade média obtidas por LOE são apresentados na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Código Datação, amostra, dose anual, dose acumulada e idade.

Código Datação	Amostra	Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$)	Dose Acumulada (Gy)	Idade (anos)
4997	RM 3 – 17 cm	2.890 ± 185	1,8	620 ± 130
DESVIO PADRÃO \Rightarrow			0,3	

Importante: A idade média encontrada pela técnica de LOE é a data na qual a amostra foi exposta por um longo período à luz solar pela última vez (16 horas), amostras com exposições de curta duração ou em várias épocas diferentes podem nos levar a interpretações errôneas. Por isso o conhecimento do local e da coleta é importante.

As concentrações medidas dos isótopos radioativos ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U , ^{40}K utilizados para calcular a dose anual são apresentados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2: Amostra, Th (Tório), U (Urânio), K (Potássio).

Amostra	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Umidade (%)
4997	$4,517 \pm 0,294$	$1,413 \pm 0,137$	$2,200 \pm 0,230$	4,0

São Paulo, 26 de Março de 2018.


Dr. Silvio Luiz Miranda Brito
 Datação, Comércio & Prestação de Serviços LTDA



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

No anexo apresentado a seguir pode-se observar os histogramas com a variação das doses entre as aliquotas analisadas, além dos testes realizados.

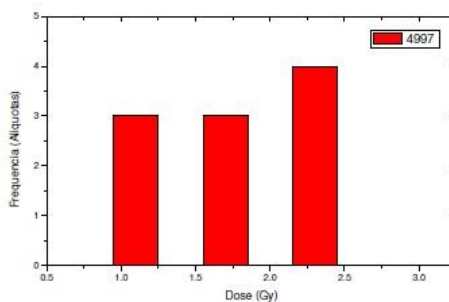
ANEXO

Amostra 4997							
	Dose Equivalente (Gy)		Teste de Reciclagem		Variação (%)	Teste de Recuperação (%)	
		±		±			±
Aliquota 1	2,5	± 0,4	1,01	± 0,03	1%	1,7%	± 0,2%
Aliquota 2	2,4	± 0,4	1,03	± 0,03	3%	2,5%	± 0,2%
Aliquota 3	2,0	± 0,4	1,01	± 0,04	1%	2,7%	± 0,4%
Aliquota 4	1,1	± 0,3	0,98	± 0,03	-2%	3,3%	± 0,6%
Aliquota 5	1,0	± 0,3	1,01	± 0,03	1%	3,6%	± 0,4%
Aliquota 6	1,1	± 0,3	1,02	± 0,03	2%	5,3%	± 0,4%
Aliquota 7	2,3	± 0,4	1,02	± 0,03	2%	2,5%	± 0,2%
Aliquota 8	2,1	± 0,4	1,00	± 0,04	0%	2,9%	± 0,4%
Aliquota 9	1,8	± 0,3	0,98	± 0,03	-2%	3,5%	± 0,6%
Aliquota 10	1,6	± 0,3	1,01	± 0,03	1%	4,0%	± 0,4%

Tabela: Dose Equivalente, Teste de Reciclagem e Teste de Recuperação.



Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.



Histograma das Doses Equivalentes