

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ESTUDO GEOAMBIENTAL DAS MICROBACIAS DO
CÓRREGO TANQUINHO E DO CÓRREGO DO SERRALHA
NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA-SP

LAYLA CRISTINA DE FREITAS ASSALVE

São Carlos
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

ESTUDO GEOAMBIENTAL DAS MICROBACIAS DO
CÓRREGO TANQUINHO E DO CÓRREGO DO SERRALHA
NO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA-SP

LAYLA CRISTINA DE FREITAS ASSALVE

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Urbana da
Universidade Federal de São
Carlos, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre
em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Denise
Bailestrero Menezes.

São Carlos
2023

Assalve, Layla Cristina de Freitas

Estudo geoambiental das microbacias do córrego Tanquinho e do córrego do Serralha no município de Araraquara-SP / Layla Cristina de Freitas Assalve -- 2023. 189f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos
Orientador (a): Denise Balestrero Menezes
Banca Examinadora: Denise Balestrero Menezes, Fábio Noel Stanganini, Osni José Pejon
Bibliografia

1. Cartografia geoambiental . 2. Zoneamento geoambiental . 3. Geoprocessamento. I. Assalve, Layla Cristina de Freitas. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Ronildo Santos Prado - CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Layla Cristina de Freitas Assalve, realizada em 30/06/2023.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Denise Balestrero Menezes (UFSCar)

Prof. Dr. Fábio Noel Stanganini (UFSCar)

Prof. Dr. Osni Jose Pejon (USP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe que me motivou em todos os instantes nessa árdua e longa jornada e a compreensão das minhas faltas e momentos de ausência.

Agradeço especialmente ao Gabriel por estar sempre ao meu lado, tanto nas horas boas como nas ruins e por todo amor, companheirismo, carinho, apoio, compreensão, incentivo, dedicação e ajuda. Sem você o caminho teria sido mais difícil.

A Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes, pela compreensão, dedicação, conselhos e paciência que conduziu a orientação desse trabalho. Meu muito obrigado.

Aos professores, demais funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana que de alguma forma colaboraram com o desenvolvimento desta dissertação.

À Prefeitura de Araraquara, ao DAEE e ao DAAE pela disponibilização dos dados.

Aos meus amigos de trabalho e amigos de longa data, sempre estiveram me apoiando e incentivando a seguir sempre em frente.

Enfim, a DEUS por me acompanhar na conquista desse importante marco na minha vida.

RESUMO

Nas últimas décadas, a aceleração urbana devido à especulação do mercado, vem acarretando situações de desequilíbrio entre o meio ambiente e o meio antrópico. A implantação de atividades antrópicas em ambiente periurbano sem o devido planejamento afeta o equilíbrio natural das bacias hidrográficas, que são dotadas de uma importante função no abastecimento de água para a área urbana, impactando na capacidade de distribuição e qualidade da água. O objetivo desta pesquisa foi a realização de um Estudo Geoambiental das microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no município de Araraquara-SP, de modo que as contribuições técnicas direcionem as tomadas de decisão na condução do desenvolvimento urbano compatível com o desenvolvimento sustentável e a proteção dos recursos hídricos. Foi realizado um diagnóstico das unidades geoambientais por meio de produtos cartográficos que foram integrados em ambiente SIG, gerando um documento cartográfico de síntese: Carta de Unidades Geoambientais na escala de 1:20.000. A realização do Estudo Geoambiental a partir da operação de interseção espacial mostrou-se eficiente, permitindo analisar e correlacionar de forma integrada os atributos geoambientais. A compartimentação das microbacias resultou em treze Unidades Geoambientais homogêneas considerando as influências das variáveis nos recursos hídricos. As diferentes classes de usos, em conjunto com as formas de relevo e os materiais inconsolidados, apresentam influências distintas nos recursos hídricos dos Córregos Tanquinho e do Serralha quanto ao acúmulo de água na drenagem, ao favorecimento de exfiltração de subsuperfície. As classes de declividade e a maior ou menor impermeabilização do solo, influenciam no escoamento hídrico superficial ou a infiltração da água nas camadas subterrâneas. Pelas análises constatou-se que é necessário adotar práticas de manejo não aumentem a impermeabilização, que aumentem as taxas de infiltração e reduzam o escoamento superficial hídrico, além meios de recuperação do solo e a proteção das nascentes, em especial nas Unidades 2, 4, 6, 7, 8 e 10, que já sofrem com as degradações nos recursos hídricos.

Palavra-chave: Bacia hidrográfica, Cartografia geoambiental, Zoneamento geoambiental.

ABSTRACT

In recent decades, urban acceleration due to market speculation has led to situations of imbalance between the environment and the anthropic environment. The implementation of human activities in a peri-urban environment without proper planning affects the natural balance of river basins, which play an important role in supplying water to urban areas, impacting the distribution capacity and water quality. The objective of this research was to carry out a Geoenvironmental Study of the micro-basins of the Tanquinho stream and the Serralha stream in the municipality of Araraquara-SP, so that technical contributions guide decision-making in conducting urban development compatible with sustainable development and the protection of water resources. A diagnosis of geoenvironmental units was carried out using cartographic products that were integrated into a GIS environment, generating a summary cartographic document: Map of Geoenvironmental Units at a scale of 1:20,000. Carrying out the Geoenvironmental Study based on the spatial intersection operation proved to be efficient, allowing the geoenvironmental attributes to be analyzed and correlated in an integrated manner. The compartmentalization of the microbasins resulted in thirteen homogeneous Geoenvironmental Units considering the influences of variables on water resources. The different classes of uses, together with the relief forms and unconsolidated materials, have different influences on the water resources of the Tanquinho and Serralha streams in terms of water accumulation in the drainage, favoring subsurface exfiltration. The slope classes and the greater or lesser waterproofing of the soil influence the surface water runoff or the infiltration of water into the underground layers. From the analyzes it was found that it is necessary to adopt management practices that do not increase waterproofing, that increase infiltration rates and reduce surface water runoff, in addition to means of soil recovery and protection of springs, especially in Units 2, 4, 6, 7, 8 and 10, which already suffer from degradation in water resources.

Keyword: Hydrographic basin, Geoenvironmental cartography, Geoenvironmental zoning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Problemas decorrentes a urbanização que incidem sobre a quantidade e qualidade das águas	32
Figura 2: Mapa de Localização da área de estudo.	39
Figura 3: Diagrama de fluxo de trabalho.	43
Figura 4: Interseção dos vetores.	54
Figura 5: Definição das unidades pela tabela de atributos.....	55
Figura 6: Fotografia aérea e imagens de satélite utilizadas.....	57
Figura 7: Ocupação da microbacia por períodos.....	58
Figura 8: Mapa de Evolução Urbana nas microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha.	59
Figura 9: Estratégia de Qualificação e Zoneamento Ambiental – PDPUA 2005.	62
Figura 10: Mapa Estratégico do Modelo Espacial e Zoneamento Urbano - PDDPA de 2014 modificado em 2019, com limite da área estudada.	64
Figura 11: Mapa Base e de Documentação.....	66
Figura 12: Mapa Substrato Geológico.	68
Figura 13: Mapa de Materiais Inconsolidados.....	70
Figura 14: Material Residual da Formação Adamantina no ponto 114.	71
Figura 15: Material Retrabalhado Cenozóico no ponto 126.	72
Figura 16: Carta Hipsométrica.....	73
Figura 17: Carta de Classe de Declividade	75
Figura 18: Mapa Geomorfológico.....	76
Figura 19: Perfil Topográfico transversal da Unidade 1.....	78
Figura 20: Perfil Topográfico transversal da Unidade 2.....	78
Figura 21: Perfil Topográfico transversal da Unidade 3.....	78
Figura 22: Perfil Topográfico transversal da Unidade 4.....	79
Figura 23: Perfil topográfico transversal da Unidade 5.	79
Figura 24: Carta de Uso e Cobertura do Solo.	80
Figura 25: gráfico da ocupação da microbacia	81
Figura 26: Carta de Usos da Água	84
Figura 27: Poço tubular de abastecimento público no 648 localizado na Rua Carlos Alberto Alves de Carvalho Pinto, Jardim Roberto Selmi Dei.....	85
Figura 28: Depósito de resíduo sólido próximo ao Córrego do Serralha.....	86
Figura 29: Área de várzea e mata ciliar presentes no Córrego Tanquinho (A) e no Córrego do Serralha (B).....	87
Figura 30: Áreas de nascente do Córrego Tanquinho (A) e do Córrego do Serralha (B).	88
Figura 31: Carta de Ocorrência de Processos do Meio físico e Áreas de Suscetibilidade	90
Figura 32: Processo erosivo na margem no Córrego do Serralha.	92
Figura 33: Erosão em forma de ravina em área de preservação permanente no Córrego do Serralha.....	93
Figura 34: Entulho depositado em erosão no Córrego do Serralha.....	93
Figura 35: Erosão em obra pluvial no Córrego do Serralha.....	94
Figura 36: Erosão em novo residencial.....	95
Figura 37: Processo de sulcos erosivos incipientes instalado em vertente em área rural.....	95
Figura 38: Obras de contenção à erosão e de melhoramento na rede de água pluvial	96

Figura 39: Carta de Unidades Geoambientais das microbacias do Córrego Tanquinho e Córrego do Serralha	97
Figura 40: Características da Unidade Geoambiental 1.....	102
Figura 41: Características da Unidade Geoambiental 2.....	104
Figura 42: Características da Unidade Geoambiental 3.....	106
Figura 43: Características da Unidade Geoambiental 4.....	108
Figura 44: Características da Unidade Geoambiental 5.....	110
Figura 45: Características da Unidade Geoambiental 6.....	112
Figura 46: Características da Unidade Geoambiental 7.....	114
Figura 47: Características da Unidade Geoambiental 8.....	116
Figura 48: Características da Unidade Geoambiental 9.....	118
Figura 49: Características da Unidade Geoambiental 10.....	120
Figura 50: Características da Unidade Geoambiental 11.....	122
Figura 51: Características da Unidade Geoambiental 12.....	124
Figura 52: Características da Unidade Geoambiental 13.....	126
Figura 53: Carta de Unidades Geoambientais frente as questões dos recursos hídricos e ambientais	128

LISTA DE TABELAS

Quadro 1: Trabalhos acadêmicos referentes à temática de Zoneamento Geoambiental.	23
Quadro 2: Materiais cartográficos e outros dados preexistentes.	44
Quadro 3: Classe de declividade e recomendações de uso.	47
Quadro 4: Variáveis utilizadas nas análises.	51
Quadro 5: Agrupamentos das classes de uso e cobertura do solo de acordo com sua influência nos recursos hídricos.	52
Quadro 6: Influência nos recursos hídricos para a geomorfologia.	52
Quadro 7: Influência nos recursos hídricos para presença de canais de drenagem.	52
Quadro 8: Influência nos recursos hídricos para as classes de declividade.	53
Quadro 9: Influência nos recursos hídricos para os materiais inconsolidados.	53
Quadro 10: Influência nos recursos hídricos para o Substrato Geológico.	53
Quadro 11: Unidades do mapa de materiais inconsolidados.	69
Quadro 12: Principais características geomorfológicas das unidades mapeadas.	77
Quadro 13: Legenda com as características da área.	98
Quadro 14: Caracterização das degradações frente as às questões dos recursos hídricos e ambientais.	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAQ	Área de Proteção do Aquífero
APP	Área de Preservação Permanente
APRM	Área de Proteção Recuperação de Mananciais
CEDEC	Coordenadoria Estadual da Defesa Civil
CIECO	Corredores de Integração Ecológica e Cinturão Verde
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAAE	Departamento de Autônomo de Água e Esgoto
DAEE	Departamento de Água e Energia Elétrica
IBGE	Instituto Brasileira de Geografia e Estatística
ICV	Índice de Cobertura Vegetal
IG	Instituto Geológico
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
IP	Índice de Permeabilidade
MDE	Modelo Digital de Elevação
PDDPA	Plano Diretor de Desenvolvimento Político e Ambiental
PDDPUA	Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental
QGIS	Quantum Gis
SIAGAS	Sistema de Informação de Água Subterrânea
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPT	Standard Penetration Test
SWH	SPOT World Heritage
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFSM	Universidade Federal Santa Maria

UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UPGRH	Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
ZAMB	Zonas Ambientais
ZAUS	Zona Ambiental Uso Sustentável
ZEPIS	Zona Especial de Produção Industrial Sustentável
ZEPP – ZEPIS	Zona Especial Predominantemente Produtiva – Zona Especial de Produção Sustentável
ZEUS	Zonas de Estruturação Urbana Sustentável
ZOEMI – AEIU – ACOP	Zonas Especial Mista – Área da Cidade Compacta de Ocupação Prioritária
ZOPRE – AEIS	Zona Predominantemente Residencial – Área de Especial Interesse Social
ZOPRE – APRM	Zona Predominantemente Residencial - Área de Proteção Recuperação de Mananciais
ZORA	Zona de Conservação e Recuperação Ambiental
ZORUR	Zona Rurbana

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. JUSTIFICATIVA.....	18
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo geral.....	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
4.1 Zoneamento e Zoneamento Geoambiental	19
4.2 A cartografia geoambiental aplicada ao zoneamento geoambiental.....	25
4.3 A utilização do SIG no Zoneamento.....	29
4.4 Conflitos entre Abastecimento Hídrico e Urbanização.....	31
4.5 Os Recursos Hídricos e os Planos Diretores.....	32
4.6 Gestão dos recursos hídricos no Plano Diretor de Araraquara-SP	34
4.7 Processos do meio físico.....	36
5. MATERIAIS E MÉTODOS	38
5.1 Área de estudo.....	38
5.2 Procedimento metodológico	42
5.2.1 Levantamento Bibliográfico.....	43
5.2.2 Bases Cartográficas e Levantamento dos dados preexistentes.....	44
5.2.4 Trabalho de Campo.....	48
5.2.5 Trabalho de Laboratório	49
5.2.6 Evolução Urbana.....	49
5.2.7 Análise dos Planos Diretores de Araraquara e a proteção dos recursos hídricos	49
5.2.8..... Elaboração da Cartografia de Síntese das Unidades Geoambientais	50
5.2.8.1 Processo de modelagem ambiental.....	50
5.2.9 Análise das Unidades Geoambientais frente às questões dos recursos hídricos e ambientais	55
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55

6.1 Evolução Urbana	56
6.2 Análise dos Planos Diretores de Araraquara e a proteção dos recursos hídricos	60
6.3 Mapa Base e de Documentação	65
6.4 Mapa de Substrato Geológico	67
6.5. Mapa de Materiais Inconsolidados	69
6.5.1 Residual da Formação Adamantina	71
6.5.2 Retrabalhado Cenozóico	71
6.6 Carta Hipsométrica	72
6.7 Carta de Classes de Declividade.....	74
6.8 Mapa Geomorfológico	76
6.9 Carta de Uso e Cobertura do Solo	79
6.10	Caracterização dos Córregos e Usos da Água
.....	83
6.11 Ocorrência de processos do meio físico e áreas de suscetibilidade.....	89
6.12 Análise das Unidades Geoambientais.....	96
6.13 Análise das Unidades Geoambientais frente às questões dos recursos hídricos e ambientais	127
7. CONCLUSÃO	134
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	137

APÊNDICES

APÊNDICE 01 – Base de dados dos poços

APÊNDICE 02 – Pontos de Campo

APÊNDICE 03 – Amostra de Solo

APÊNDICE 04 – Mapa de Localização

APÊNDICE 05 – Mapa Base e Documentação

APÊNDICE 06 – Mapa de Substrato Geológico

APÊNDICE 07– Mapa de Materiais Inconsolidados

APÊNDICE 08 - Mapa Geomorfológico

APÊNDICE 09 – Carta Hipsométrica

APÊNDICE 10– Carta de Classes de Declividade

APÊNDICE 11 – Carta de Uso e Cobertura do Solo

APÊNDICE 12 – Carta de Usos da Água

APÊNDICE 13 – Carta de Ocorrência de Processo do Meio Físico e Área de Suscetibilidade

APÊNDICE 14 – Carta das Unidades Geoambientais

APÊNDICE 15- Carta das Unidades Geoambientais Frente as Questões dos Recursos Hídricos e Ambientais

1. INTRODUÇÃO

O espaço urbano nas cidades brasileiras vem sofrendo diversas transformações ao longo das últimas décadas em consequência do adensamento populacional. Hoje nos deparamos com um crescimento físico desordenado, expansão periférica, reserva especulativa do solo gerando a produção de vazios urbanos, segregação socioespacial da população e degradação dos recursos naturais no meio urbano. Essa aceleração urbana, que ocorre de maneira nada planejada, causa um desordenamento e provoca situações de desequilíbrio entre o meio ambiente e o meio antrópico.

A implantação das atividades antrópicas em ambiente de transição entre o perímetro urbano e rural sem o devido planejamento afeta o equilíbrio natural das bacias hidrográficas, que são dotadas de uma importante função no abastecimento de água para a área urbana, impactando na capacidade de distribuição da água e sua qualidade.

Os mananciais em áreas de transição entre espaços urbanos e rurais têm sido utilizados de maneira nada sustentável e descontrolada e isto vem ocorrendo devido ao crescimento populacional e das atividades econômicas, ocasionando a escassez e a degradação desses recursos hídricos (COSTA, 2017).

A fim de melhor organizar o espaço urbano, considerando os interesses sociais e ambientais, o planejamento apresenta tal função. SOUZA (2004) afirma que o planejamento é uma atividade que remete sempre para o futuro, é uma forma que a população humana tem que prever a evolução de um fenômeno ou de um processo, a partir deste conhecimento, procurar prevenção contra problemas e dificuldades. Desta maneira, podemos compreender o planejamento como uma preocupação de uma gestão futura. Assim, para pensar e imaginar o futuro é preciso de uma reflexão e uma análise prévia das condições do quadro atual, de forma a antecipar possíveis desdobramentos de processos.

Fica evidente a necessidade de uma adequada política de planejamento e um arranjo territorial, onde serão consideradas as influências e condicionamentos das variáveis do meio físico-biótico. Desta forma, é desejável que uma política de planejamento físico-territorial, seja do país, do estado ou do município, compatibilize os

interesses imediatos e as necessidades futuras do ser humano. Em função dessa premissa, a preocupação com o planejar deve considerar os interesses sociais, mas também os interesses ambientais. Portanto, a questão ambiental é antes de mais nada uma questão social, pois é no ambiente natural que o homem, como ser ativo, organiza-se socialmente (ROSS, 2020).

No Brasil, a questão ambiental tornou-se mais evidente a partir da década de 1980, com o surgimento da Política Nacional de Meio Ambiente - Lei 6.938/81 (BRASIL, 1981) destacando-se como um importante marco nas leis de proteção, conservação e preservação dos recursos naturais. Consiste em um dos primeiros dispositivos legais a alterar o modo como esses recursos são explorados, além de trazer os instrumentos necessários para a sua execução, por intermédio do zoneamento ambiental e do licenciamento ambiental. A lei é considerada importante para a gestão dos recursos ambientais oferecendo uma fundamentação para a implantação de um desenvolvimento sustentável.

Ressaltando um dos instrumentos para a gestão dos recursos ambientais, o zoneamento deve definir as atividades que podem ser desenvolvidas em cada compartimento e, assim, orientar a forma de uso, eliminando conflitos entre tipos incompatíveis de atividades. Desse modo, o zoneamento passará a ser um excelente instrumento de gestão, e as zonas serão entendidas como espaços para administração, manejo e proteção dos valores naturais e sociais (SANTOS, 2004).

Entre os diversos zoneamentos existentes, o zoneamento que será adotado para a realização desse estudo é o zoneamento geoambiental, que pode ser definido:

[...] como o estudo, diagnóstico e prognóstico de uma determinada região, considerando as características do meio físico (geologia, geomorfologia, hidrologia, clima, solo etc.), com a finalidade de ordenação do território e seus usos. Este tipo de estudo permite a caracterização das áreas, no que diz respeito às suas restrições e aptidões para os diversos tipos de atividades, além de indicar áreas com maior qualidade ambiental, com a finalidade de preservação e conservação (FAILACHE, 2015, p. 27).

São de grande relevância os estudos geoambientais, podendo auxiliar no planejamento e desenvolvimento socioeconômico apropriado do espaço urbano. Deste modo, as informações do meio físico levantadas mediante a análise das unidades geoambientais, apontam para uma eficiente estratégia metodológica no zoneamento geoambiental.

2. JUSTIFICATIVA

Este projeto buscou a elaboração de um Estudo Geoambiental das microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no município de Araraquara - SP, que se justifica em consequência da expansão urbana em áreas periféricas sem uma devida preocupação com os recursos hídricos, gerando degradações ambientais e ameaçando a segurança hídrica na cidade.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral a realização de um Estudo Geoambiental das microbacias dos Córregos Tanquinho e do Serralha, no município de Araraquara - SP, permitindo que os produtos cartográficos possam auxiliar na avaliação das degradações ambientais e no gerenciamento dos recursos hídricos, contribuindo com o planejamento municipal local e uma gestão correta da água superficial.

3.2 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- Realizar a caracterização da mancha urbana, através da dinâmica histórica do uso do solo, com a finalidade de analisar evolução temporal e sua influência nos recursos hídricos;
- Analisar as legislações vigentes do Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara [Lei complementar nº 350/05 (ARARAQUARA, 2005); Lei complementar nº 850/14 (ARARAQUARA, 2014); Lei complementar nº 919/19 (ARARAQUARA, 2019)], avaliando suas influências no parcelamento do solo e na proteção dos mananciais;
- Realizar a caracterização do meio físico da área, através da análise e do levantamento das concepções ambientais com organização e elaboração de diferentes cartas, como geológica, de materiais inconsolidados, geomorfológica e hidrográfica, com posterior geração de carta geoambiental da área;
- Avaliar as degradações ambientais e contextualizá-las frente ao estudo geoambiental e zoneamento da área, possibilitando identificar os problemas de uso e ocupação e suas interferências nos recursos hídricos superficiais, propondo diretrizes para o ordenamento e buscando a proteção dos recursos hídricos da área.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Zoneamento e Zoneamento Geoambiental

Um instrumento que possibilita o planejamento territorial, a fim de desenvolver medidas de conservação ambiental é o zoneamento. Para Santos (2004) compreende pela compartimentação de uma região em porções territoriais, e cada compartimento é apresentado como uma área homogênea, ou seja, uma zona delimitada no espaço, com estrutura e funcionamento uniforme.

As zonas costumam expressar as potencialidades, vocações, fragilidade, suscetibilidade, acertos e conflitos de um território. Para cada zona é atribuído um conjunto de normas específicas, dirigidas para o desenvolvimento de atividades e para a conservação do meio. Desta maneira, se os limites e as atribuições das zonas forem assim decididos, o zoneamento passará a ser um excelente instrumento de gestão, e as zonas serão entendidas como espaço administrativo, de manejo e de proteção dos valores naturais (SANTOS, 2004).

Desta forma, Ross (1994) afirma que o zoneamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserida no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e apropriação do território e de seus recursos.

O zoneamento, para ser um instrumento de planejamento, apoia-se em uma base organizada de informações. Atua em diversos níveis de abordagem, proporcionando informações territoriais. Isso significa que ele pode gerar uma variedade expressiva de subprodutos capazes de atender diversos clientes e públicos. Podendo assim, identificar problemas socioambientais e conflitos de interesses, elaborar diagnósticos ambientais integrados e propor diretrizes de desenvolvimento socioeconômico e ambiental (ROSS, 2009).

Há diversos tipos de zoneamento que são elaborados conforme o uso e o propósito que se destinam: localização de empreendimentos, urbano e industrial, agrícola, ecológico-econômico, ambiental e geoambiental. Dentre esses, o zoneamento ambiental apresenta maior destaque devido à sua adequada interferência nos recursos naturais e na escala local. Pode utilizar como unidade de análise espacial básica a bacia hidrográfica, e esta unidade está baseada na Lei nº 9.433/97 da Política Nacional dos Recursos Hídricos

(BRASIL, 1997) que determina a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação de políticas e gerenciamento dos recursos hídricos.

Assim, independente das finalidades dos zoneamentos, todos têm como resultado em comum a delimitação de zonas definidas a partir da homogeneidade. Por consequência, eles se diferem na maneira de expressar os objetivos, metas principais e em metodologias distintas (SANTOS, 2004).

A realização de um zoneamento pode trazer benefícios para sociedade conforme Ross (2009) afirma:

- Contribuição para melhorar a eficácia das políticas públicas de desenvolvimento e meio ambiente;
- Diminuição das taxas de risco de investimentos públicos e privados, pela utilização de uma segura rede de informações de análise de problemas e potencialidades sociais e ambientais;
- Redução dos custos de obras de infraestrutura;
- Atenuação dos riscos de insucesso ou das perdas econômicas decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
- Melhoria da capacidade de prever impactos ambientais e sociais;
- Contribuição para a racionalização do ordenamento do território, com a redução das ações predatórias e indicando as atividades sustentáveis.

Em relação ao zoneamento geoambiental, podemos conceituar segundo Faleiros (2012) como uma avaliação sistemática de uma região com o objetivo de obter informação sobre os componentes litológicas, morfoestruturais, microclimáticas, fisiográficas, dentre outros, definindo com isto as zonas geoambientais, que apresentam as potencialidades de suporte do meio físico de acordo com os condicionadores naturais.

O zoneamento geoambiental é um instrumento que auxilia o ordenamento territorial de uma região, uma vez que elabora o diagnóstico das potencialidades e limitações de seus recursos naturais, identifica os impactos ambientais que ocorrem nas unidades individualmente, possibilita o estabelecimento de orientações e diretrizes para um melhor uso e ocupação do solo, contribui para promover o desenvolvimento sustentável da região estudada (BRANDÃO, 2003).

Na visão de Scheren (2021) o zoneamento geoambiental possibilita a caracterização de áreas quanto a suas aptidões e restrições a atividades já em desenvolvimento ou em processo de implementação, além indicar áreas de melhor qualidade ambiental que devem ser preservadas.

O zoneamento geoambiental é elaborado a partir de uma série de informações do meio físico, proporcionando assim parâmetros e referências para uma reavaliação permanente do processo de planejamento e a formulação de estratégias para gestão ambiental. Dentre as principais aplicações possíveis pode-se citar: plano de uso, ocupação do espaço, uso dos recursos, monitoramento ambiental, controle de degradação, obtenção e identificação das alterações gradativas das condições geoambientais em relação a solos e vegetação (FAILACHE, 2015).

Grecchi (1998) considera que as unidades (zonas) geoambientais definidas são confrontadas normalmente com atividades já em desenvolvimento, e/ou com as prováveis de serem implantadas. Posteriormente as unidades, são caracterizadas quanto às suas aptidões e limitações, além das indicações de porções do terreno com uma maior qualidade ambiental que possam ser preservadas.

Silva e Santos (2004, apud FAILACHE, 2015), afirmam que o zoneamento geoambiental se configura como um trabalho técnico e acadêmico e não está vinculado à legislação ambiental vigente. Entretanto, observa-se que este tem sido um dos tipos de zoneamento mais utilizados pelas equipes que realizam trabalhos com a perspectiva ambiental, proporcionando sua contribuição como um instrumento relevante de gestão do território. Portanto, o zoneamento geoambiental deve ter como meta, o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisão na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais (OHARA; JIMENEZ-RUEDA; MATTOS; CAETANO, 2003).

Deste modo, o zoneamento geoambiental apresenta-se como um instrumento auxiliador, que caracteriza as condições do meio natural, levantando problemas e propondo alternativas para a conservação e proteção dos recursos naturais, contribuindo para o ordenamento do meio físico com a finalidade de minimizar a degradação proveniente da ação antrópica.

No Brasil, há diversos estudos de caso que utilizam o conceito de zoneamento geoambiental, dentro das mais diversas perspectivas. Devido às semelhanças conceituais, observou-se somente as diferenças nas aplicações metodológicas. A fim de embasar esta pesquisa, a tabela 1 apresenta uma síntese com trabalhos que fundamentaram a construção da metodologia.

Quadro 1: Trabalhos acadêmicos referentes à temática de Zoneamento Geoambiental.

Autores	Objetivo	Metodologia	Escala	Área
Grecchi (1998)	Obter uma carta geoambiental, a fim de realizar um diagnóstico de como as unidades geoambientais mapeadas as características ambientais, servindo de subsídio ao planejamento regional e local mais eficiente.	Baseou-se nas etapas e finalidades da cartografia geoambiental, entretanto os documentos foram produzidos seguindo procedimentos utilizados na cartografia geotécnica, segundo Zuquette (1993), Zuquette <i>et al.</i> (1997). Também se buscou a utilização de recursos presentes no SIG (IDRISI).	1:50.000	Abrange a área urbana e rural da Bacia do Rio Piracicaba, que se encontra presente em 51 municípios paulistas e 4 municípios mineiros.
Nardin e Robaina (2010)	Proposta de um Zoneamento Geoambiental das bacias hidrográficas contíguas entre os municípios de Manoel Vianna e São Francisco de Assis.	Compartimentação da paisagem com base nas características geoambientais, através da cartografia analítica e da interpretação analítico-integrativa.	1:50.000	Abrange a área rural dos municípios de Manoel Vianna e São Francisco de Assis, na região oeste do Estado do Rio Grande do Sul.
Guerreiro (2014)	Gerar a carta de zoneamento geoambiental de uma sub bacia do Rio Claro, a partir da análise de seus atributos físicos, propondo diretrizes do uso e ocupação da área de acordo com sua potencialidade e restrições.	Baseou-se na técnica de avaliação do terreno para planejamento do meio físico.	1:50.000	Abrange a área rural do município de Santa Rita do Passa Quatro - SP.
Lossardo (2014)	Elaborar uma Carta de Zoneamento Geoambiental, como ferramenta para o planejamento urbano-ambiental da Bacia hidrográfica do Ribeirão do Ouro.	Análise do meio físico e suas relações com o meio antrópico, através de uma compartimentação em unidades básicas de terreno.	1:50.000	Abrange a área urbana e rural do município de Pirassununga-SP.
Failache (2015)	Elaborar duas cartas de Zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, através de duas diferentes metodologias com o objetivo de compará-las. Uma foi elaborada por meio de uma abordagem sintética e outra através de uma abordagem analítica.	Baseou-se na análise de métodos. Estes buscam definir e identificar unidades homogêneas ou com heterogeneidades aceitáveis nas propostas de Zuquette (1993), Zuquette <i>et al.</i> (1997), Cendrero <i>et al.</i> (1990). Além disso, se apoia nos fundamentos da cartografia geoambiental segundo Cendrero (1982).	1:50.000	Abrange a área rural do município de São Carlos-SP.

Costa (2017)	Utilizar a Cartografia Temática e Geoambiental como suporte para a pesquisa e verificar se os mapeamentos geoambientais auxiliam as tomadas de decisões quanto utilizados no planejamento territorial e ambiental.	Utilizou a metodologia do Pejon (1992) foram adotados os mapas de potencial escoamento superficial e aceleração de processos erosivos e a compartimentação do modelo em níveis taxonômicos baseado em Ross (1992).	1:50.000	Abrange a área rural.
Santos (2018)	Realizar a Caracterização da área de estudo estabelecendo-se um Zoneamento Geoambiental.	Utilizou-se o modelo de investigação da abordagem sistêmica proposto por Christofletti (1980) e Bertalanfy (1950), onde as bacias hidrográficas servem como modelo para as abordagens integradoras, dos aspectos naturais do relevo.	1:50.000	Abrange a área urbana e rural.
Jacó (2019)	Realizar o Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João, buscando identificar o potencial do estresse hídrico ocorrido nas microbacias como forma de contribuição na gestão dos recursos hídricos.	Deu-se a compartimentação da área de estudo composta por onze sub-bacias hidrográficas, tomando-se por base a rede de drenagem ligada aos afluentes de macrodrenagem classificados por canais de 5ª, 6ª, 7ª e 8ª ordens. Para atribuir os pesos aos atributos, aplicou-se o Método AHP, com base no seu nível de importância e contribuição para a disponibilidade hídrica.	1:50.000	Abrange a área rural e urbana de cinco municípios do Estado de Minas Gerais
Dutra (2021)	Caracterizar e propor o Zoneamento Geoambiental e a respectiva identificação de potencialidade e susceptibilidades ambientais.	Realizou a compartimentação do relevo baseado na análise geomorfológica da área de estudo definindo os padrões semelhantes do relevo a partir de sua rugosidade, os geomorphons e a análise geomorfométrica, seguindo as orientações de Ab'Saber (1969), Casseti (2005a; 2005b; 2005c) e Ross (1992; 2014).	1:250.000	Abrange a área urbana e rural do município de Canguçu-RS.
Scheren (2021)	Estabelecer o Zoneamento de Sistemas Geoambientais da Bacia Hidrográfica do rio Potiribu.	Baseada nas variáveis geomorfológicas realizando a classificação taxonômica do relevo levando em consideração o terceiro, quarto e quinto níveis.	1:250.000	Abrange a área rural na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

4.2 A cartografia geoambiental aplicada ao zoneamento geoambiental

Estudos relacionados à Geologia Ambiental vêm sendo utilizados para contribuir na solução de problemas ambientais que o ser humano tem provocado já há alguns séculos. Porém, a Geologia Ambiental só surge como ramo da geologia tradicional, na Europa por exemplo, no início dos anos 70 (CENDRERO, 1990 *apud* GRECCHI, 1998).

No Brasil, os conceitos pioneiros da cartografia geoambiental foram introduzidos pelos pesquisadores do IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística definindo a região de estudo em macrocompartimentos, hierarquizados do táxon maior para o menor em Domínios, Regiões e Geossistemas, indicando o arranjo estrutural do relevo decorrente dos aspectos geológicos, geotectônicos e paleoclimáticos, constituindo-se em unidades naturais de planejamento (DEL'ARCO, 1999 *apud* SILVA & DANTAS, 2010).

Outro órgão nacional que realiza mapeamento geoambiental é o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, desde 1991, através do Programa de Informações para Gestão Territorial – Gate. Dentre os estudos desenvolvidos pelo CPRM no contexto de utilização dos conhecimentos geológicos com a finalidade socioeconômica, podem ser destacados alguns trabalhos. O desenvolvido por Rocha e Costa (1995) objetiva a geração de informações básicas, multidisciplinares, visando a fornecer subsídio à organização do espaço territorial do município de Morro do Chapéu – BA, considerando que os dados tratados apresentam uma superposição com os necessários à elaboração de uma Plano Diretor Municipal. Pfaltzgraff (2003) elaborou estudos ambientais fornecendo subsídio para a gestão territorial, tendo assim, acumulado grande acervo de dados que resultou na elaboração de vários estudos, mapas e relatório sobre o tema na Região Metropolitana do Recife. Theodorovicz *et al.* (1994) elaboraram um Atlas Geoambiental da Região Metropolitana de Curitiba, com a finalidade de gerar informações integradas sobre os meios físicos e antrópicos de forma a fornecer subsídio para auxiliar no planejamento territorial e na gestão ambiental da região. Theodorovicz *et al.* (2007) produziram o Atlas Geoambiental do Vale do Ribeira com o propósito de produzir uma visão integrada do meio físico que possa servir de base ao planejamento territorial e desenvolvimento socioeconômico dos vários municípios do estado do Paraná e São Paulo a, localizados no Alto e Médio Vale do Ribeira; entre outros.

Pode-se afirmar que esses estudos foram alguns dos precursores dos inúmeros trabalhos que vieram a aparecer na temática geoambiental. Os trabalhos de cunho acadêmico em diversas instituições do país (USP, UFSCar, UFSM, UFOP, etc.) propagaram e atualmente há uma diversidade de linhas de estudos aplicadas no planejamento urbano no Brasil, assim como em diversos países.

Como exemplo da aplicação dos estudos relacionados à temática ambiental, cita-se os trabalhos desenvolvidos por Souza *et al.* (2009), Guerreiro *et al.* (2016), Menezes *et al.* (2013), Bachurina *et al.* (2017), Inêz e Lorandi (2018) e Robaina e Trentin (2019) que utilizam os parâmetros ambientais da geologia, as formas de relevo, feições da rede hidrográfica, características do solo, feições superficiais e o uso do solo, a fim de analisar e trazer um diagnóstico do meio físico, determinando a compartimentação geoambiental, com o intuito de subsidiar o ordenamento territorial urbano.

Sendo assim, é notória a evolução da cartografia geoambiental em concordância às necessidades intrínsecas às questões ambientais. E a introdução das geotecnologias na elaboração dos documentos, colaborou positivamente para a execução desse processo.

Zuquette (1993) afirma que uma das questões presentes para melhor representar as variações dos mapeamentos geoambientais, em termos dos componentes em um espaço tridimensional, foi a cartografia geotécnica; apresenta-se como um procedimento desenvolvido com a finalidade de trazer novas informações, análises diferenciadas e detalhes em função das escalas.

Desta forma, o mapeamento geotécnico pode ser descrito como o processo que busca avaliar e retratar as características dos componentes o meio físico, bem como os possíveis comportamentos frente às diferentes formas de uso do solo, processos naturais e induzidos. Ele considera o meio físico, com objetivo de avaliar limitações e potenciais. Assim o mapeamento geotécnico caracteriza-se por ser um campo de interfaces das diversas áreas de conhecimento e as informações geotécnicas. A eficiência e adequabilidade dos resultados obtidos a partir do mapeamento geotécnico dependem da metodologia adotada (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Para Sobreira e Souza (2012) a carta geotécnica é o produto cartográfico que retrata a distribuição dos diferentes tipos de rochas e solos (residuais e transportados), considerando suas características mecânicas e hidráulicas no contexto do meio físico

(formas do relevo, geodinâmica externa – processos atuantes, uso e ocupação do solo), com o intuito de se definir as limitações, potencialidades e necessidades de intervenções para a consolidação do uso urbano e rural.

Os mapas mapeamentos geotécnicos são considerados um banco de dados de informações sobre litologia, estrutura, morfologia, mecânica do solo e das rochas, hidrologia e condições de investigação do solo, entre outros, associados às cartas propriamente ditas. Entretanto, a finalidade desses mapas depende da escala, tais como: i) estudos detalhados de levantamento, planos e cortes transversais: 1:50 a 1:250; ii) mapas gerais: 1:1.000 a 1:10.000; iii) mapas regionais: 1:50.000 a 1:200.000 (CHAMINÉ *et al.*, 2016).

Para Abd El Aal e Masoud (2018) os mapas geotécnicos fornecem uma economia de tempo e esforço para o planejamento e gerenciamento, além de amenizar os riscos sobre o solo e os recursos hídricos, permitindo uma melhor tomada de decisão. Desta maneira, a utilização de técnicas de análise, apresentação e construção de banco de dados em SIG desempenha um papel fundamental na precisão do mapeamento geotécnico.

O processo de mapeamento geotécnico requer uma definição de categorias dos documentos e uma ordem de elaboração. Para Zuquette e Gandolfi (2004), a hierarquização permite orientar a elaboração dos documentos cartográficos em uma sequência lógica, partindo do planejamento do trabalho até chegar a elaboração do documento em nível mais avançado dentro da hierarquia proposta”

Ross (1995) afirma que o resultado da categorização dos documentos cartográficos tem como característica elaborar produtos temáticos analítico-sintéticos, que tanto podem ser gerados por geoprocessamento, por meio da interpretação automática ou através de outro procedimento metodológico e operacional, como o multitemático, caracterizado por gerar produtos analíticos em uma primeira fase e de síntese posteriormente.

As pesquisas geradas a partir dos produtos analítico-sintéticos, segundo Fujimoto (1999), possuem como referencial padrões de fisionomia do terreno que, individualizados e cartografados, são norteadores para o início da pesquisa. Neste processo gera-se um único produto cartográfico representado por várias "unidades básicas de paisagem" que trazem consigo características do relevo, solo, geologia, vegetação, uso da terra e/ou

questões socioeconômicas, apresentados de forma integrada. Este procedimento é recomendado para regiões que desejam ter uma análise integrada com informações sintetizadas de suas características geoambientais.

Já as pesquisas ambientais multitemáticas geram muitos produtos cartográficos com característica analítica e outros de síntese. Os produtos temáticos analíticos gerados na primeira fase tratam de temas da natureza e da sociedade, tais como: geologia, geomorfologia, climatologia, recursos hídricos, história da ocupação, uso da terra, legislação, entre outros. Já os produtos cartográficos de síntese são elaborados a partir dos analíticos e apresentam-se de forma variada, pois dependem da finalidade do estudo (FUJIMOTO, 1999).

Desse modo, a combinação de informações integradas resulta em uma análise diversa sobre cada uma das variáveis pesquisadas, e possibilita identificar diferentes espaços territoriais compostos por um mosaico de zonas menores e mais homogêneas denominadas de Unidades (ROSS, 2020).

A definição das unidades que condicionarão a divisão da região em áreas com heterogeneidade mínima frente aos objetivos e à hierarquia do documento cartográfico, segundo Zuquette e Gandolfi (2004) costuma ser feita com base em uma unidade delimitada nos documentos cartográficos fundamentais básicos, no qual mantem-se suas unidades fixas e outras informações lhe são associadas. Este procedimento facilita a elaboração dos documentos cartográficos em outros níveis hierárquicos, porém é limitante para a definição da heterogeneidade mínima diante do objeto de análise. Outra maneira é com base na variação dos atributos. Ela depende dos recursos utilizado para a definição das unidades, do número de atributos e de classes de cada atributo.

Assim, a compilação e correlação dos dados permite a interpretação integrada das informações, originando, um prognóstico a ser consubstanciado em uma proposta de zoneamento (ROSS, 2009).

Diante disso, a reflexão sobre o geoambiente só é possível com um número elevado de documentos cartográficos, o que vai além do mapeamento geotécnico. Assim, mapas, como hidrológico, hidrogeológico, geológico, geotécnico, geomorfológico, pedológico e de geologia de engenharia devem ser combinados para que representem o geoambiente e permitam avaliar o potencial de uso, as necessidades de conservação e a

capacidade de recuperação da região mapeada (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004). Há uma série de trabalhos realizados no Brasil e em outros países que obtiveram o zoneamento geoambiental utilizando cruzamentos dos documentos cartográficos (AMARAL, 2014; CAMPANELLI, 2012; FAILACHE, 2015; LOSSARDO, 2014; STANIS *et al.*, 2019).

Desta maneira, a elaboração da cartografia geoambiental possibilita a agregação e integração das informações sobre o meio físico, compiladas em um único documento, aplicado ao planejamento urbano e que estabelece limites aos empreendimentos humanos, gerando como produto o zoneamento geoambiental.

4.3 A utilização do SIG no Zoneamento

A realização dos cruzamentos de informações para a produção das cartografias geoambientais utiliza a aplicação das técnicas de geoprocessamento e modelagem de dados espaciais em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) e softwares que possibilitam o tratamento e análise de dados do meio físico contribuindo para a elaboração do zoneamento e para a previsão de cenários futuros.

Há, portanto, uma relação interdisciplinar entre cartografia e geoprocessamento. Para D'Alge (1998), a cartografia preocupa-se em apresentar um modelo de representação de dados para os processos que ocorrem no espaço geográfico. Por outro lado, o geoprocessamento utiliza técnicas matemáticas e computacionais, fornecidas pelos Sistemas de Informação Geográfica – SIG, para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico. O que reforça o vínculo é a precedência das iniciativas de automação da produção cartográfica em relação aos esforços iniciais de concepção e construção das ferramentas de SIG.

O SIG estabelece funções que realizam análise espacial por meio da utilização de atributos espaciais e não espaciais, buscam fazer simulações (modelos) sobre os fenômenos do mundo real.

O processo de Modelagem em geoprocessamento, segundo Câmara e Medeiros (2004), representa uma perspectiva unificadora aos problemas de computação gráfica e

processamento de imagem permitindo equacionar os problemas da área segundo o “paradigma dos quatros universos”, que entende por:

- Universo do *mundo real* no qual encontram-se os fenômenos a serem representados (tipos de solo, dados físicos e topográficos);
- Universo *conceitual (matemático)* no qual se pode diferenciar entre as classes formais de dados geográficos (dados temáticos, modelos numéricos e dados sensoriamento remoto);
- Universo de *representação* no qual as entidades formais definidas no universo conceitual são associadas às diferentes representações geométricas, que podem variar conforme a escala e projeção cartográfica e distingui entre as representações matricial e vetorial, que podem ainda ser especializadas;
- Universo de *implementação* no qual é onde ocorre a realização do modelo de dados por meio da linguagem da programação.

Com base nesta visão, os problemas podem ser resolvidos através das divisões do geoprocessamento apresentando-se em distintos níveis de abstração. Assim, em geoprocessamento, o espaço geográfico é modelado segundo duas concepções: *modelo de campos*, no qual o espaço geográfico apresenta uma superfície contínua e há variações de fenômenos a serem observados; *modelo de objetos*, o espaço como uma coleção de entidades distintas e identificáveis (CÂMERA; MEDEIROS, 2004).

A partir do processo de modelagem, Câmara e Medeiros (2004) estabelecem uma taxonomia para as diversas operações de análise geográfica, que são divididas em: *operadores sobre geo-objetos*, *operadores sobre geo-campos (classificados como pontuais, de vizinhança e zonais)*, *operadores entre geo-campos e geo-objetos (operação de identificação e de intersecção espacial)* e *operadores mistos entre geo-objetos e geo-campos*.

Dentre as diversas operações de análise geográfica, a operações entre geo-campos e geo-objetos apresentam particular interesse entre as duas visões de dados em geoprocessamento, é típica de aplicações de diagnósticos geoambientais, quando se faz a intersecção entre mapas temáticos para obter as unidades geoambientais (CÂMARA et al, 2004).

Em síntese, os SIGs são uma significativa ferramenta para o zoneamento, pois além de possibilitar a manipulação de um volume expressivo de dados ambientais, permitem o gerenciamento e integração dos dados gerando a viabilidade de refazer todo método de análise de modo rápido e com baixo custo. Domingues (2021), Santos *et al.* (2021), França *et al.* (2019), Abrão & Bacani (2018), Rodrigues & Leite (2018) são exemplos desse tipo de estudo em ambiente SIG.

4.4 Conflitos entre Abastecimento Hídrico e Urbanização

O uso global de água doce aumentou seis vezes nos últimos cem anos. Muito desse crescimento pode ser atribuído a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento econômico e mudanças nos padrões de consumo (KONCAGUL *et al.*, 2021). O Brasil detém uma das maiores disponibilidades de água do mundo. Contudo, a distribuição natural da água não segue a distribuição da população e das atividades produtivas, gerando problemas de disponibilidade e qualidade (VISENTIN; SZIGETHY, 2022).

Para Travassos (2014), duas questões colaboram para o acirramento dos conflitos de intervenções nas águas superficiais: as densidades construtivas e a populacional, associadas a escala que assumiram as cidades, e a abordagem determinista das políticas públicas.

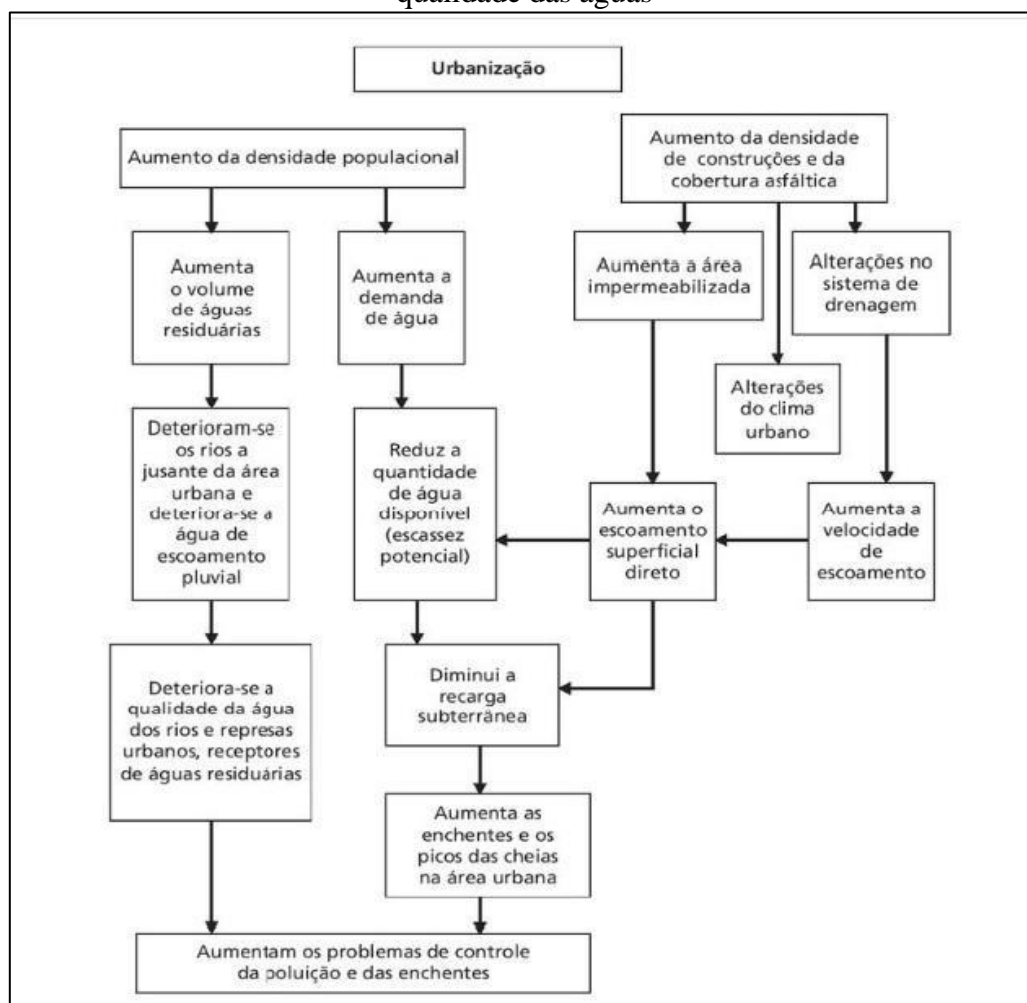
A rápida taxa de urbanização tem produzido impactos diretos e indiretos no ciclo hidrológico e nos cursos hídricos, alterando substancialmente a drenagem e aumentando o escoamento superficial, diminuindo a capacidade de reserva de água na superfície e nos aquíferos, além de impactos como enchentes, deslizamentos e desastres provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas (TUNDISI, 2011; TEZA, 2008).

Desta maneira, o desenvolvimento urbano altera as redes de drenagem, visando o controle das águas, além de parte dessa rede se perdeu em galerias sob ruas ou áreas residenciais, ocupando excessivamente os fundos de vale e as orlas fluviais (TRAVASSOS, 2014), podendo produzir obstruções ao escoamento pluvial, efeito da impermeabilização do solo e da canalização.

Os principais efeitos da ocupação e problemas decorrentes a urbanização que incidem sobre a quantidade e qualidade das águas são apresentados na Figura 1.

Portanto, a maioria desses problemas é consequência de uma visão distorcida do controle da água pluvial por parte da comunidade e de profissionais que ainda prioriza projetos localizados sem uma visão da bacia, dos aspectos sociais e institucionais urbanos, acreditando que a expansão sem uma visão ambiental é a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população (TUCCI, 2005).

Figura 1: Problemas decorrentes a urbanização que incidem sobre a quantidade e qualidade das águas



Fonte: TUNDISI (2011)

4.5 Os Recursos Hídricos e os Planos Diretores

A água é um recurso natural tutelado desde muito tempo na legislação brasileira. Entretanto, no Brasil somente com o advento da Constituição Federal de 1988 a consciência da preservação e finitude desse bem, ganhou posição de destaque no

ordenamento jurídico (RIBEIRO, 2008 *apud* SANTIN; CORTE, 2010). Assim, o desenvolvimento local deve ser promovido de maneira integrada à gestão das águas, pois somete através da relação equilibrada entre ocupação urbana e recursos hídricos é que o direito a cidades sustentáveis será garantido (COMMETI *et al.*, 2008).

Diante da importância do recurso natural à água para a nossa sociedade, adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento passa ser referência frequente (ROSS, 1998). Esta constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, que envolve vários fluxos e processos da dinâmica superficial, estando descrita em termos de variáveis interdependentes (LIMA; ZAKIA, 2000 *apud* TEODORO *et al.*, 2007).

A gestão dos recursos hídricos em espaço urbano está presente também nos Planos Diretores. Gerir o meio hídrico sem considerar o meio urbano, isto é, a integração recíproca entre eles e a interdisciplinaridade que os envolve, é colocar em risco a eficácia da proteção dos bens ambientais e a efetividade da gestão do meio ambiente (D’LSEP, 2016).

O Estatuto da cidade, Lei nº 10.257/2001, veio regular os artigos 182 e 183 da Constituição de forma a possibilitar o desenvolvimento de uma política urbana voltados a promover a inclusão social e territorial nas cidades brasileiras. Um dos mais relevantes instrumentos previstos no Estatuto é o Plano Diretor, previsto para estruturar o planejamento do território municipal como um todo, bem como fazer valer demais instrumentos que o próprio Estatuto estabelece. (DECARDI; FERRAREZE FILHO, 2008).

A base legal dos Planos Diretores deve apresentar meios suficientes para assegurar a harmonia entre a gestão da água e do solo. Entretanto, para que ocorra a efetivação do previsto faz-se necessária a participação da sociedade nesta gestão. Essa gestão integrada é de suma importância, pois coíbe a degradação dos recursos hídricos, evita, atenua e até mesmo, busca recuperar aqueles já poluídos. Assim, o Plano Diretor permite que cada cidade observe a suas especificidades na sua formulação e edição, porém, poucas são as regulamentações sobre água encontradas nos Planos. Grande parte da população ainda não despertou para a importância e a escassez das águas e isso se reflete nos Planos. Deste modo, a sociedade e o Poder Público possuem uma política ineficiente de gestão integrada das águas em âmbito local. Para que a crise da água seja enfrentada e soluções sejam obtidas, faz-se necessário um planejamento urbano consciente das prioridades do meio ambiente,

por meio de uma gestão sustentável dos solos e da água ocorrendo de forma integrada através do Plano Diretor (SATIN; CORTE, 2010).

Juntamente ao Plano Diretor Municipal, o Zoneamento, também presente no Estatuto da Cidade, constitui-se em uma importante ferramenta para a preservação dos impactos ambientais. Ao indicar as áreas prioritárias para a conservação ambiental (mananciais, nascentes, rios, reservas legais, áreas verdes urbanas, dentre outros espaços) é um instrumento importante para minimizar problemas ambientais derivados de ocupações inadequadas já existentes e planejar outras áreas de expansão, de modo a conferir algum nível de proteção às águas superficiais e subterrâneas que abrangem o recorte municipal. Quando realizado de forma participativa, possibilita que atores sociais preocupados com a questão socioambiental interfiram em seus processos de elaboração impedindo que interesses puramente econômicos prevaleçam (PIZELLA, 2015).

Estudos de casos realizados por Corte e Santin (2010), Peres e Silva (2013), Pizella (2019), Young e Sedoura (2019), apresentam análises dos Planos Diretores Municipais e identificaram percentuais positivos dentro das diretrizes gerais de proteção e conservação dos recursos hídricos.

Assim, o Plano Diretor Municipal, sendo um instrumento de gestão do espaço urbano, apresenta grande potencial para colaborar com a preservação dos recursos hídricos. Entretanto, há dificuldades a serem superadas. Poucos são os mecanismos que contribuem para a implementação de uma política integrada entre uso do solo urbano e recursos hídricos, havendo um direcionamento da gestão territorial. No contexto atual, é insustentável planejar a expansão da cidade sem pensar nas questões socioambientais de maneira relacionada. Portanto, há um grande desafio até a elaboração de estratégias realmente efetivas que minimizem as pressões negativas urbanas sobre os recursos hídricos, sendo um processo de cunho das políticas públicas, do desenvolvimento da legislação e da sociedade.

4.6 Gestão dos recursos hídricos no Plano Diretor de Araraquara-SP

O Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara (PDDPUA), Lei complementar nº 350/2005 (ARARAQUARA, 2005),

contemplou princípios e diretrizes ambientais, procurando apontar instrumentos que visassem uma política de meio ambiente municipal para além da abordagem preservacionista. Utilizou os fundamentos do Estatuto da Cidade e da Agenda 21 e adotou a bacia hidrográfica, subdividida em seis microbacias, como Unidade de Planejamento e Gestão do Território, tendo em vista as características do município (PERES; SILVA, 2013a).

O PDDPUA evidenciou uma tentativa de convergência da questão ambiental à questão urbana, além de uma visão de interpretação da função social da propriedade a partir das propostas para usos coletivos e ambientalmente importantes com espaços entre o urbano e o rural voltados para um tipo de agricultura local para abastecer o consumo urbano (PERES; SILVA, 2013a). O seu zoneamento urbano foi constituído por duas categorias: as “Zonas Ambientais” (ZAMB) e as “Zonas de Estruturação Urbana Sustentável” (ZEUS) (MENZORI *et al.*, 2021).

Em relação aos instrumentos de gestão referentes aos recursos hídricos, foi previsto a elaboração do Plano Diretor de Saneamento e Gestão Ambiental, contendo diretrizes e restrições de uso, ocupação, gerenciamento e monitoramento ambiental. Visando a recuperação de áreas ambientalmente degradadas e junto aos cursos d’água foram propostos os CIECO - Corredores de Integração Ecológica (PERES; SILVA, 2013b); estes corredores tinham embutidos a preocupação em reter a expansão urbana sobre os recursos hídricos. Isso consubstanciou esses espaços ao planejamento urbano, com vistas à recuperação, conservação e preservação ambiental, à mitigação de impactos ambientais atrelados às formações de basalto e aos planos dos parques lineares urbanos (MENZORI, 2018).

Para o plano apresentou uma estratégia de contenção e preenchimento urbano, por meio de zoneamento urbano-ambiental que utilizou os CIECO como limites de crescimento promovendo a preservação de áreas ambientalmente fragilizadas e tornando-as inacessíveis.

A delimitação do ZAMB buscava a preservação e recuperação do ambiente urbano, incluindo áreas de crescimento urbano controlado ou restrito. Essas zonas constituíam a maior parte da franja periurbana, atuando como limite para o CIECO ao longo da maioria dos cursos d’águas urbanas, destinados tanto à preservação ambiental quanto os empreendimentos de baixo impacto relacionados a parques lineares e projetos

de parques avenida. A ZEUS contemplou todos os terrenos destinados ao crescimento urbano. Entretanto, a ZOPRE (Zonas Predominantemente Residenciais) e ZOEMI (Zonas Especiais Mista) incluíram subclasses referentes à preservação urbano-ambiental como, a APRM (Áreas de Preservação e Recuperação de Nascentes), relacionadas com as cabeceiras norte; a AEIRA (Área de Recargas do Aquífero); as ZOPAS (Áreas de Produção Agrícola Sustentável) e a ZORUR (Zona de Transição Urbana-Rural) como amortecedores de transição rural-urbana (MENZORI *et al.*, 2021).

Desta maneira, a legislação ambiental vigente de Araraquara está contemplada atualmente no Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara (PDDPA), Lei complementar nº 850/14 (ARARAQUARA, 2014) e na Lei complementar nº 919/19 (ARARAQUARA, 2019). A revisão manteve o texto base do PDDPUA de 2005, porém houve alterações específicas no zoneamento.

4.7 Processos do meio físico

No âmbito das geociências aplicadas, o conceito do termo suscetibilidade está associado à predisposição ou propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (IPT-CPRM, 2014).

A caracterização da tipologia de processos do meio físico para fundamentar a potencialidade da geração de desastres naturais distingue-se em três grupos: movimentos gravitacionais de massa, processos hidrológicos e processos erosivos.

Wicander e Monroe (2014) conceituam os movimentos de gravitacionais de massa como o deslocamento encosta abaixo de materiais (solo e/ou rocha) que sofreram degradação decorrente da força gravitacional que é favorecida pela declividade, intemperismo, clima, água, vegetação, estabilidade da encosta, sobrecarga, geologia e ação antrópica que afetam e determinam a dinâmica superficial. Esse cenário podem ser, por exemplo, deslizamento, rastejo, queda de rocha e corrida de massa.

Os processos hidrológicos são ocasionados devido excesso de chuva e relacionados às características da bacia hidrográfica. Enchentes e inundações são processos naturais, mas quando ocorrem em áreas ocupadas, em especial na área urbana,

são potencializados e magnificados. Nas áreas urbanas em razão da pressão exercida pelo crescimento populacional que passa a ocupar a planície de inundação, estes processos são geradores comuns de problemas (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

Kobiyama *et al.* (2006) definem inundação, como o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas ao rio são chamadas de planícies de inundação. Quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ter elevação do nível de água e sua calha ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente, que em geral precede a uma inundação.

Nos alagamentos, segundo Castro *et al.* (2003), as águas são acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por forte precipitação pluviométrica, em locais com sistema de drenagem deficientes dificultando a vazão das águas acumuladas.

A erosão do solo é um processo que consiste na separação das partículas individuais a partir da massa do solo e seu transporte por agentes erosivos (CUBIABANO *et al.*, 2017). Os fatores ambientais e antrópicos exercem influências na erosão dos solos, entretanto, ainda é um grande desafio determinar com precisão a interferência de cada um desses fatores na erosão e o efeito no sistema como um todo (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010 apud SANTOS; NASCIMENTO, 2020).

Os processos erosivos acelerados são condicionados basicamente por alterações do meio ambiente, provocadas pelo uso do solo nas suas várias formas desde o desmatamento e a agricultura, obras urbanas que propiciam a concentração das águas de escoamento superficial (ACOSTA, 2020).

A erosão hídrica, causada pela água, predomina em regiões de elevadas precipitações pluviométricas, em áreas com solo descoberto e com topografia irregular. Apresenta sob três formas: laminar, sulcos e voçorocas. A erosão laminar ocorre pela ação de lâminas finas de água, transportando as partículas desagregadas pelos impactos das gotas de chuva; a desagregação e o deslocamento das partículas ocorrem de maneira superficial. Na erosão em sulcos, a formação é mais profunda, condicionados por uma inclinação maior dos terrenos e pela concentração das lâminas finas da água, formando os sulcos. A erosão em voçorocas é formada quando grandes volumes de água ganham velocidade, desagregando (PES *et al.*, 2017).

A erosão fluvial consiste na remoção de partículas do leito e das margens por parte do escoamento, está relacionado a ruptura do equilíbrio entre as forças resistentes e atuantes (vegetação, solo, rocha e declividade), sendo resultado da interação do rio e de seus limites físicos (ANDRADE, *et al.*, 2020).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se a noroeste do município de Araraquara (SP), com 17,04 km², englobando os afluentes Córrego Tanquinho e Córrego do Serralha da microbacia do Ribeirão das Cruzes, integrante da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH – 13) do Tietê-Jacaré. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (ARARAQUARA, 2014) a bacia do Ribeirão das Cruzes perpassa o perímetro urbano e é responsável por 30% do abastecimento público de água do município. O trecho estudado abrange áreas urbanizadas, em urbanização e periurbanas, onde estão as nascentes dos córregos e os divisores da bacia.

O município de Araraquara localiza-se na porção central do Estado de São Paulo, integrando a Região Administrativa de Araraquara (Figura 2, APÊNDICE 3). Encontra-se a 270 km da capital, constituindo um importante entroncamento rodoferroviário. Faz limite com os municípios de Américo Brasiliense, Santa Lúcia, Rincão, Matão, Motuca, Gavião Peixoto, Ibaté, São Carlos e Boa Esperança. Possui altitude média de 646m acima do nível do mar, com máxima de 715m e mínima de 600m. Abrange uma área total de 1.003,625 km² com certa de 80 km² ocupados pelo espaço urbano, com população corresponde a 250.304 habitantes (IBGE, 2022).

Figura 2: Mapa de Localização da área de estudo.



Fonte: Araraquara (2018); IBGE (2019). Organizada pela autora (2023).

A cidade possui clima tropical de altitude, caracterizado por duas estações bem definidas: um verão com temperaturas altas e pluviosidade elevada e um inverno de temperaturas amenas e pluviosidade reduzida (ARARAQUARA, 2020). O mês de julho é o mais seco com precipitação média de 26 mm e o mês de janeiro com média de 269 mm, é o com maior precipitação, havendo uma diferença de 243 mm entre eles. As menores temperaturas médias são as de junho (19.1°C) e as maiores são as de fevereiro (24.2°C). A maior medida de umidade relativa do ar é a de janeiro (76.75%) e a menor é a de agosto (50.56%) (CLIMATE-DATA, 2022).

A vegetação natural do município, de acordo com a quantificação da vegetação natural remanescente para os municípios do Estado de São Paulo do ano de 2009 (IF, 2009) era constituída predominante de Floresta Estacional Semidecidual, com 4.166 ha, seguida de Formações Arbóreas/Arbustivas em Regiões de Várzeas, com 2.036 ha e 2.311 ha de Savana (cerrado); ao todo correspondia a 8,5% da superfície do município.

De acordo com a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo (IPT, 1981), o município localiza-se na província geomorfológica do Planalto Ocidental, com relevos monótonos de colinas e morrotes situados sobre rochas areníticas do Grupo Bauru.

A área de estudo encontra-se sobre litologias da Bacia Sedimentar do Paraná, mais especificamente sobre rochas do Grupo Bauru.

A estratigrafia do Grupo Bauru ainda é bastante controversa quanto às formações geológicas que o formam. Autores como Menegazzo *et al.* (2016) e Piffer (2020) apresentam discussões comparativas das propostas estratigráficas. Alguns trabalhos como de Menegazzo *et al.* (2016) e Batezelli e Ladeira (2016) consideram a Formação Adamantina como uma das unidades da Bacia Bauru e ocorrente no município. Contudo, Fernandes e Coimbra (2000) e seus trabalhos posteriores apresentam uma reorganização da Formação Adamantina, desmembrando-a em Formação Araçatuba e Formação Vale do Rio do Peixe, ocorrendo assim o abandono de sua denominação; esta classificação foi adotada por Perrotta *et al.* (2005) no Mapa Geológico do Estado de São Paulo.

Levando em consideração que trabalhos de mapeamento prévios desenvolvidos na área de estudo (Pejon, 1980; Meaulo, 2004; Meaulo, 2007; Failache, 2018) e que são base do presente estudo, consideram a denominação Formação Adamantina, esta será a classificação geológica aqui adotada.

Segundo as interpretações de Soares *et al.* (1980), a Formação Adamantina apresenta como característica a presença de arenitos de granulação fina a muito fina, cor de rósea a castanha.

Os materiais inconsolidados encontrados na área correspondem aos Residuais da Formação Adamantina e os Retrabalhados Cenozoicos que são predominantemente arenosos e ocorrem sobre a Formação Adamantina.

Historicamente a formação do município de Araraquara iniciou-se pelo povoamento dos chamados Sertões de Araraquara, a partir da apropriação de terras por meio da expansão da pecuária na capitania. A expressão Sertões servia para designar uma extensa área que se iniciava na margem direita do Rio Piracicaba e se estendia ao longo da grande faixa compreendida entre os rios Tietê e Mogi-Guaçu até atingir o Rio Grande no sentido norte e o Rio Paraná no sentido noroeste. O topônimo Araraquara é de origem indígena e significa toca de araras (TRUZZI; FOLLIS, 2012).

O núcleo urbano fundado em 1767 deu início a área despovoada que se principiava logo adiante do povoado de Piracicaba, que durante um longo período foi porta de entrada para os ermos Sertões de Araraquara (FOLLIS, 2016)

A freguesia de Araraquara conseguiu em 1832 sua independência político-administrativa com a elevação à condição de vila (TRUZZI, 2012). No final do século XIX e início do XX, é inaugurada a estrada de ferro de Araraquara construída para ligar São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais, estavam prontas para escoar o café (MANO, 2006).

Após a instalação da Estrada de Ferro em Araraquara, algumas melhorias urbanas começaram a se desenhar na vida da cidade. As modificações foram realizadas com o intuito de embelezar e incluíam a arborização nos calçamentos e implantação e renovação da iluminação pública (RODRIGUES *et al.*, 2020).

Nas décadas de 1940 e 1950, o município de Araraquara, diferentes de outros municípios no Brasil, já apresentava uma regulamentação total dos loteamentos no período, assim como, um controle efetivo sobre novos parcelamentos do solo urbano. Porém, a formalidade do controle não impediu que a ocupação espalhada acontecesse. Entre as décadas de 1950 e 1970, o ritmo de ocupação fora do perímetro urbano aumentou. Na segunda metade da década de 70 o número de lotes produzidos foi superior

à demanda. A partir desse período, houve um crescimento populacional, concomitantemente, uma procura maior do mercado por áreas (CINTRÃO, 2004; LIMA, 2002 *apud* PIERINI; FALCOSKI, 2019).

5.2 Procedimento metodológico

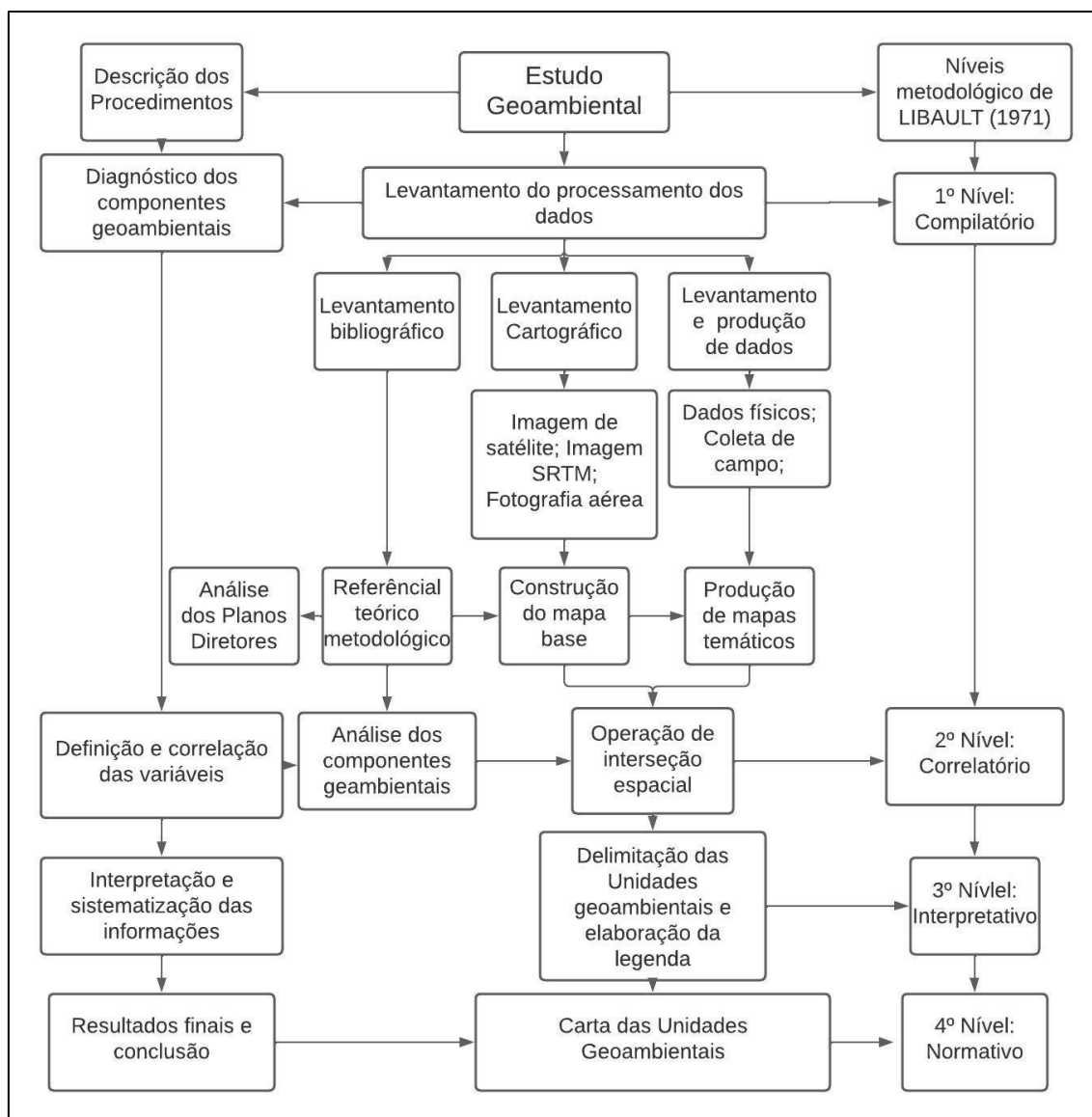
Enquanto concepção teórica aplicada nesta pesquisa, empregou-se o método de Ross (1995), que consiste no procedimento metodológico operacional para gerar produtos com dados georreferenciados com o apoio das geotecnologias, com a finalidade de propor orientações para o ordenamento da área de estudo.

Para a execução da proposta de Estudo Geoambiental, a integração dos dados está baseada nos fundamentos e etapas da Análise Ambiental Integrada. Os procedimentos utilizados foram enquadrados nos níveis das categorias de análise de Libault (1971) citado por Ross (2009) que são:

- *Compilatório*: fase de levantamento e seleção das informações sobre as características e dinâmicas do meio físico, biótico e socioeconômico. Sendo uma etapa importante, na qual realizou-se o levantamento de dados básicos extraídos de bibliografia, cartas temáticas e levantamento de campo.
- *Correlatório*: fase de inter-relação das informações obtidas na fase de levantamentos básicos. Assim, os documentos levantados permitiram extrair conclusões e análises, por meio da correlação das informações.
- *Semântico/Interpretativo*: fase de consolidação do diagnóstico ambiental. São estabelecidas interpretações gerais e finais com base nas correlações simples realizadas no estágio anterior, colocando em evidência o quadro ambiental e socioeconômico do território. Assim, permite estabelecer diretrizes para o futuro, fixando parâmetros que nortearão o processo de decisão.
- *Normativo*: fase que estabelece as diretrizes e normas de uso e ocupação nas unidades geoambientais, instituindo o desenvolvimento, conservação e preservação do território.

O conjunto dos procedimentos técnicos aplicados encontra-se esquematizado no diagrama de fluxo de trabalho (Figura 3), apontando uma sistemática das etapas desenvolvidas nesta pesquisa.

Figura 3: Diagrama de fluxo de trabalho.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

5.2.1 Levantamento Bibliográfico

Esta etapa contou com o levantamento bibliográfico por meio de dissertações, teses e publicações disponíveis em acervos da UFSCar, UNESP, USP e UNICAMP, sites especializados, bases de dados virtuais como: Portal de Periódicos da CAPES, Spring, Elsevier, Research Gate, entre outros e bibliotecas eletrônicas, visando obter denso referencial teórico e metodológico sobre a temática.

5.2.2 Bases Cartográficas e Levantamento dos dados preexistentes

Para a elaboração do material cartográfico foram utilizados como fontes os dados já existentes como, cartas topográficas, mapas geológicos, mapas de materiais inconsolidado, mapas geomorfológicos, além de imagens de satélites e fotografias aéreas (Figura 4), entre outros.

No quadro 2 estão apresentados os principais materiais cartográficos básicos utilizados nesta pesquisa e as respectivas escalas. Estes foram integrados, avaliados e complementados com outros temas que se fizerem necessários.

Quadro 2: Materiais cartográficos e outros dados preexistentes.

Autor	Base cartográfica	Escala
Pejon (1987)	Mapa de substrato geológico, Mapa da cobertura inconsolidada e Mapa de documentação	1:20.000
Meaulo (2004)	Mapa de documentação das porções noroeste da folha Araraquara e sudoeste da folha Rincão	1:50.000
Meaulo (2007)	Mapa geológico e material inconsolidado e Mapa de pontos de informação	1:25.000
Failache (2018)	Mapa de substrato rochoso, Mapa de materiais inconsolidados e Mapa de documentação	1:50.000
IGC (1978)	Carta topográfica	1:10.000
CPRM (2021)	Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação	1:80.000
IG-CEDC (2008)	Mapeamento de áreas de riscos associados a inundação	-
TerraFoto S. A	Fotografias aéreas do ano de 1979	1:35.000
Google	Imagens de satélite SPOT 6 e Plêiades do ano de 2022	Resolução de 1,5 m a 50 cm
DGI-INPE	Imagem de satélite CBERS 4 do ano de 2020	Resolução de 20 m
SWH	Imagem de satélite SPOT do ano de 1986	Resolução de 20 m
IBGE	Shapefile da malha urbana de 2005 e 2015	1:25.000
Prefeitura de Araraquara	Shapefile quadras, linha férrea, rodovias, hidrografia, entre outros.	1:60.000
Araraquara (2005)	Estratégia de Qualificação e Zoneamento Ambiental	-
Araraquara (2014)	Mapa de Zoneamento Ambiental	1:60.000
Secretaria do Meio ambiente de Araraquara e DAAE (2021)	Plano Municipal de controle de Erosão Hídrica	-
DAEE (2013)	Requerimento de Outorga de Licença de Execução de Poço Tubular Profundo.	-
SIAGAS – CPRM (2006)	Poços	-

Fonte: Autora (2023)

A. Mapa Base e de Documentação

Para a confecção do Mapa Base utilizou-se as curvas de nível extraídas da carta topográfica de 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 1978), servindo de referência para a delimitação manual dos limites da área. O formato vetorial foi gerado por meio do software QGIS 3.16.4, sendo adotado o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 - Fuso 22S. Foram inseridos os *shapefile* de quadras e arruamentos, linha férrea e rodovias e hidrografia, disponibilizados pela Prefeitura de Araraquara (ARARAQUARA, 2019).

Também foram adicionados os pontos amostrados no campo; os dados preexistentes utilizados por Pejon (1987) como: pontos de sondagem SPT, pontos de sondagem por trado e pontos de amostragem de materiais inconsolidados; pontos de estudo geológico realizado por Meaulo (2004) e pontos de estudos de condutividade hidráulica e sondagem realizados por Meaulo (2007), além da localização dos poços tubulares. O levantamento dos poços tubulares ocorreu por meio de busca nos bancos de dados virtuais do SIAGAS (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas - CPRM) e do DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica), complementados com visitas no arquivo físico do DAEE para uma busca refinada das documentações (APÊNDICE 01).

B. Mapa de Substrato Geológico

O Mapa de Substrato Geológico foi elaborado na escala de 1:20.000 a partir dos documentos cartográficos realizados por Pejon (1987) na escala de 1:20.000, Meaulo (2007) na escala de 1: 25.000 e Failache (2018) corresponde à parte sul das bacias na escala de 1:50.000, com detalhamento através do trabalho de campo, da carta topográfica na escala de 1:10.000 e do levantamento dos perfis geológicos dos poços tubulares cadastrados no DAEE e SIAGAS/CPRM (APÊNDICE 01).

O georreferenciamento dos mapas e a vetorização dos limites foram realizados através da transformação em *shapefile* em ambiente SIG no software QGIS 3.16.4.

C. Mapa de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados foi organizado a partir da junção do Mapa Geológico de Meaulo (2007), do Mapa de Materiais Inconsolidados de Failache (2018) e do Mapa de Coberturas Inconsolidadas de Pejon (1987), com a utilização dos dados de 42 poços levantados na área e da descrição das amostras de solos coletadas em campo. Durante a delimitação das unidades de materiais inconsolidados, encontrou-se a

necessidade de ajustes, uma vez que Meaulo (2007) havia delimitado apenas as coberturas cenozóicas e do documento cartográfico de Failache (2018) consta apenas a parte sul da área representada. Também foi necessário resolver a questão da diferença entre a escala dos documentos cartográficos e a escala utilizada na pesquisa, resolvida com pontos de estudos prévios, poços e levantamento de campo para a maior precisão das unidades dos materiais inconsolidados. O georreferenciamento dos mapas e a vetorização dos limites, foi feito através da transformação em *shapefile*, com o software QGIS 3.16.4.

D. Mapa Geomorfológico

O Mapa Geomorfológico foi elaborado através do método de avaliação do terreno segundo a sistemática de Lollo (1995) que utiliza a divisão da área em unidades homogêneas, com destaque das feições do relevo observadas por intermédio da interpretação estereoscópica de fotografias aéreas, tendo se como base a uniformidade das formas do terreno. As unidades delimitadas foram associadas ao trabalho de campo para ter como resultado a avaliação das características do relevo presentes nestas unidades.

Foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:35.000 (TERRAFOTO, 1979) e estereoscópio de mesa para realização da classificação das unidades de terreno, considerando a escala de maior detalhe.

Posteriormente as fotografias aéreas fotointerpretadas foram digitalizadas, e os limites das unidades do terreno foram vetorizados, utilizando-se o software QGIS 3.16.4.

E. Carta Hipsométrica

A Carta Hipsométrica foi elaborada por meio da carta topográfica de 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 1978), da qual foram extraídas as curvas de nível. Posteriormente foi gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE) e utilizados os módulos de Sombreamento e Reclassificação, para gerar as classes com unidade em metros, utilizando o software QGIS 3.16.4.

F. Carta de Classes de Declividade

A Carta de Classes de Declividade foi elaborada a partir da extração das curvas de nível da carta topográfica de 1:10.000 do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 1978). Fazendo o uso do Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado, utilizou o módulo de declividade para gerar as classes com unidade em porcentagem,

utilizando o software QGIS 3.16.4. As classes foram definidas com base nas classes utilizadas no Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SANTOS *et. al.*, 2018), adaptadas à realidade da área de estudo que não possui áreas com declividade superior a 45% (Quadro 3).

Quadro 3: Classe de declividade e recomendações de uso.

Declividade em %	Classes	Descrição
0-3%	Plano	Declives pequenos
3-8%	Suave ondulado	Declives suaves
8-20%	Ondulado	Declives moderados
20-45%	Forte ondulado	Declives fortes
>45%	Montanhoso	Declives muito fortes

Fonte: SANTOS *et. al.* (2018).

G. Caracterização dos Córregos e Uso da Água

Com o intuito de identificar e localizar os tipos de uso da água e caracterizar os córregos das microbacias, foram coletados dados do CPRM e DAEE de poços públicos, lançamentos superficiais e travessias; foi realizado trabalho de campo para verificar as características dos corpos hídricos, as nascentes, e as possíveis interferências dos usos nos recursos hídricos. Os dados coletados foram utilizados na elaboração da Carta de Uso da Água.

H. Carta de Uso e Cobertura do Solo

A Carta de Uso e Cobertura do Solo representa os usos atuais na área de estudo. Tal documento cartográfico é relevante, pois retrata as condições da camada superficial. A identificação dos tipos de uso foi feita a partir da análise das imagens de satélites SPOT 6 e Plêiades disponíveis no Google Satélite no módulo Quickmap Services do software QGIS 3.16.4 e através de confirmação em campo. Para a vetorização dos limites utilizou-se o software QGIS 3.16.4.

Levando em consideração os usos típicos da área, foram definidas as seguintes classes IBGE (2013):

- Pastagem: campos de pastagem.
- Soja: representada pela cultura da soja em qualquer estágio de plantio.
- Cana-de-açúcar: representada pela cultura da cana-de-açúcar em qualquer estágio de plantio.
- Área descoberta: campos de áreas desmatadas.

- Hortaliças: representada pela cultura de hortaliças.
- Vegetação rasteira: área protegida, coberta ou não por vegetação herbácea.
- Reflorestamento: áreas de plantação de espécies nativas de árvores.
- Matas ciliares: porções de matas no entorno das áreas de preservação permanente.
- Área não parcelada: áreas compostas por terrenos vazios
- Área em ocupação: representada pelas áreas que estão em processo de ocupação, apresentam grande número de terrenos vazios.
- Área densamente ocupada: representada pelas áreas urbanas densas e arruamentos.
- Área industrial: áreas compostas por segmento industrial.
- Área residencial mista: área composta por segmentos residencial e comercial.
- Área de Chácaras: área com presença de chácaras.

I. Ocorrência de processos do meio físico e áreas suscetíveis

A fim de identificar as áreas afetadas por eventos hidrológicos tais como, alagamento, enchentes, enxurradas e inundações, as áreas com processos erosivos e com movimentos gravitacionais de massa nas microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha, foi criado um banco de dados com os registros históricos de notícias de jornais, do Mapeamento de áreas de riscos associados a inundação do relatório do IG no ano de 2008 (IG-CEDEC, 2008), da Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação (CPRM, 2021), do Mapa de Zoneamento Ambiental do PDPUA - Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana Ambiental de Araraquara (ARARAQUARA, 2014), levantamento das erosões junto à Secretaria do Meio Ambiente do município e ao DAAE (Departamento de Autônomo de Água e Esgoto) e trabalho de campo. Esses dados foram usados na Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade.

5.2.4 Trabalho de Campo

A etapa de trabalho de campo ocorreu em três visitas que aconteceram nos dias 19/01/2022, 25/01/2022, 19/03/2022, 30/07/2022, 22/10/2022, 05/11/2022 e 22/01/2023. Nesta etapa, foi percorrida grande parte da área. Ainda assim, em alguns locais não foi possível a visita devido à falta de acesso. Realizou-se um reconhecimento da área por meio de observação e registros fotográficos, a extração de amostras de materiais inconsolidados em alguns pontos pertinentes para posterior ensaios em laboratório,

análise visual das condições dos corpos d'água, das Áreas de Preservação Permanente e a observação do tipo de uso e cobertura do solo (APÊNDICE 2).

5.2.5 Trabalho de Laboratório

Os ensaios laboratoriais de caracterização básica dos materiais inconsolidados foram realizados a partir da identificação visual e tátil do solo das treze amostras coletadas. Essa identificação tem como principal objetivo avaliar características e o tamanho dos grãos que predominam no solo amostrado, além de apresentar informações suplementares quanto a cor, origem e presença de matéria orgânica.

O procedimento realizado em laboratório seguiu as etapas desenvolvidas por Stancati *et al.* (1984) que foram: desagregação do solo coletado em campo, teste visual e tátil, teste de sujar as mãos, teste de desagregação do solo submerso, teste de resistência do solo, teste de dispersão em água, teste de mobilidade da água intersticial e teste de plasticidade (APÊNDICE 3).

5.2.6 Evolução Urbana

Para a observação da evolução da ocupação urbana utilizou-se imagens orbitais adquiridas junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) e SWH (SPOT World Heritage) do satélite SPOT e CBERS 4, referentes aos anos de 1986 e 2020 e os *shapefile* dos limites urbanos de 2005 e 2015 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A delimitação das áreas urbanizadas e a reprojeção das imagens foram efetuadas no software QGIS 3.16.4. Realizou-se a interpretação e delimitação manual das manchas urbanas e após foi efetuado o cálculo de cada polígono na tabela de atributos.

5.2.7 Análise dos Planos Diretores de Araraquara e a proteção dos recursos hídricos

Realizou-se uma leitura teórico-analítica no Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara (ARARAQUARA, 2005), em sua revisão, o Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara (ARARAQUARA, 2014) e na lei complementar nº 919, de 6 de novembro de 2019 (ARARAQUARA, 2019), a fim de realizar uma análise crítica das políticas de proteção ambiental dos recursos hídricos constantes destas legislações.

5.2.8 Elaboração da Cartografia de Síntese das Unidades Geoambientais

A Carta de Unidades Geoambientais compõe um documento cartográfico de síntese, e foi elaborada na escala de 1:20.000, integração e análise dos produtos cartográficos confeccionados (Carta de Declividade, Mapa de Substrato Geológico, Mapa Geomorfológico, Mapa de Materiais Inconsolidados e Carta de Usos e Cobertura do Solo.

Para a confecção da Carta de Unidades Geoambientais foram seguidas as etapas:

- **Modelagem ambiental:** utilizou o software QGIS 3.16.4 para a operação de interseção espacial dos mapas das bases cartográficas elaboradas anteriormente;
- **Análise dos componentes geoambientais e socioeconômicos:** foi realizada uma análise nos presentes documentos cartográficos, Planos Diretores e outros, para a delimitação das unidades geoambientais;
- **Definição das unidades geoambientais:** a partir da avaliação de atributos, foram levantadas as unidades que apresentam os menores impactos nos recursos hídricos, a partir da classificação do estado geoambiental da área;
- **Confecção da legenda:** foi elaborado uma legenda de cada unidade descrevendo características ambientais e socioambientais e suas influências nos recursos hídricos.

5.2.8.1 Processo de modelagem ambiental

Para a geração da Carta Geoambiental da área de estudo foi aplicada a modelagem ambiental pelo caminho metodológico da operação de interseção espacial, por meio da sobreposição, onde todas as feições que se sobrepõem em todas as camadas farão parte da classe de feições de saída. Desta maneira, é feita a sobreposição dos documentos cartográficos temáticos, gerando unidades homogêneas das classes de saída. Considerou-se como fatores condicionantes aos processos de infiltração de água e escoamento superficial os parâmetros geotécnicos, geomorfológicos, hidrografia, declividade e o uso do solo.

A primeira etapa ocorreu com a definição das variáveis que integram a análise e a geração de cartas base para a área. A seleção das variáveis baseou-se em pesquisa bibliográfica e avaliação dos aspectos do meio físico e antrópico locais que mais se relacionam com a proteção ou interferência nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos subsuperficiais.

Foram selecionadas 4 (quatro) variáveis (Quadro 4) para a elaboração da Carta Geoambiental, sendo elas: substrato geológico, materiais inconsolidados, geomorfologia e drenagens com área de preservação permanente; e 6 (seis) variáveis (declividade, rede de drenagem com a área de preservação permanente, geomorfologia, materiais inconsolidados, substrato geológico e uso e cobertura do solo) para integrar a análise geoambiental final.

Quadro 4: Variáveis utilizadas nas análises.

Variáveis	Descrição	Base cartográfica	Escala
Declividade	Grau de inclinação do terreno em porcentagem	Carta topográfica IGC (1978)	1:10.000
Geomorfologia	Forma do relevo	TERRAFOTO, 1979	1:35.000
Rede de drenagem e área de preservação permanente	Delimitação da rede de drenagem atual e suas faixas de APP	Prefeitura de Araraquara	-
Materiais inconsolidados	Tipo de material de acordo com a formação geológica	Pejon (1987) Meaulo (2007) Failache (2018)	1:20.000 1:25.000
Substrato geológico	Tipo da formação geológica	Pejon (1987) Meaulo (2007) Failache (2018)	1:20.000 1:25.000
Uso e cobertura do solo	Classes de usos	Imagem de satélite SPOT 6 e Plêiades	Resolução de 1,5 m a 50 cm

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Na segunda etapa, os usos e cobertura do solo mapeados foram agrupados em 5 conjuntos nomeados de A a E, de modo que a sequência alfabética vai dos agrupamentos de menor possibilidade de influência nos recursos hídricos à maior possibilidade de influência, considerando-se os parâmetros de infiltração, escoamento superficial e proteção dos cursos hídricos. O Quadro 5 apresenta os parâmetros considerados.

Quadro 5: Agrupamentos das classes de uso e cobertura do solo de acordo com sua influência nos recursos hídricos.

Relevância de Influência nos recursos hídricos atribuída aos usos e cobertura do solo					
Descrição	Tipos de Usos e cobertura do solo mais comuns				
	A	B	C	D	E
Classe de uso (Ross,1994)	Mata ciliar, Vegetação rasteira, reflorestamento e represa	Soja, cana de açúcar, hortaliças, área de chácaras	Pastagem, área descoberta, área não parcelada	Área industrial, área em ocupação, área residencial mista (área composta por segmentos comercial e residencial)	Área densamente ocupada

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Para as variáveis substrato geológico, materiais inconsolidados, declividade, geomorfologia e rede de drenagem e área de preservação permanente, realizou-se uma análise baseando-se na possibilidade de influência nos recursos hídricos, considerando os parâmetros de infiltração, escoamento superficial e proteção dos cursos hídricos (Quadro 6 a 10).

Quadro 6: Influência nos recursos hídricos para a geomorfologia.

Relevância de Influência nos recursos hídricos atribuída ao tema geomorfologia					
Forma do Relevo (Ross,1994)	Unidade 2 (Colina de topo aplainado e vertente convexa, que favorece infiltração e escoamento difuso)	Unidade 1 (Colinas de vertentes amplas convexas suave ondulada, favorecendo infiltração e escoamento)	Unidade 4 (Colinas de vertente média convexa suave ondulada, favorecendo escoamento)	Unidade 3 (Colina de vertente retilínea favorece fluxo laminar)	Unidade 5 (Fundo de vale, possibilita exfiltração, e acúmulo na drenagem)

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quadro 7: Influência nos recursos hídricos para presença de canais de drenagem.

Relevância de Influência nos recursos hídricos atribuída ao tema presença de canais de drenagem e área de preservação permanente.		
Presença de canais de drenagem e área de preservação permanente.	ausente	presente

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quadro 8: Influência nos recursos hídricos para as classes de declividade.

Relevância de Influência nos recursos hídricos atribuída à declividade					
Declividade da vertente do terreno em porcentagem (SANTOS <i>et. al.</i> (2018))	0-3% (terreno plano)	3-8% (declives suaves)	8-20% (declives moderados)	20%-45% (declives fortes)	>45% (terreno escarpado)

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quadro 9: Influência nos recursos hídricos para os materiais inconsolidados.

Relevância de Influência nos recursos hídricos atribuída aos materiais inconsolidados				
Tipo de material inconsolidado de acordo com origem, textura e sua influência no escoamento superficial e na infiltração (Pejon e Zuquette, 1993; Meaulo, 2007; Failache, 2018)	Residual da Formação Serra Geral - Pouca permeabilidade e maior retenção quando os solos são mais espessos e maior permeabilidade em solos menos espessos; - Favorável ao escoamento; - Pouco suscetível à erosão	Retrabalhado Coluvionar areno-argiloso - Permeabilidade moderada; - Retenção de água e escoamento superficial moderados - Suscetibilidade à erosão moderada	Residual Formação Adamantina - Permeabilidade de moderada a elevada - Média retenção - Suscetibilidade à erosão elevada	Retrabalhado cenozoico - Favorece a infiltração - Pouca retenção da água devido ao espaço poroso e pouca coesão - Não favorável ao escoamento devido à grande infiltração - Suscetível à erosão Residual da Formação Botucatu - Favorece a infiltração devido ao espaço poroso - Pouco favorável ao escoamento superficial - Suscetível à erosão

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Quadro 10: Influência nos recursos hídricos para o Substrato Geológico.

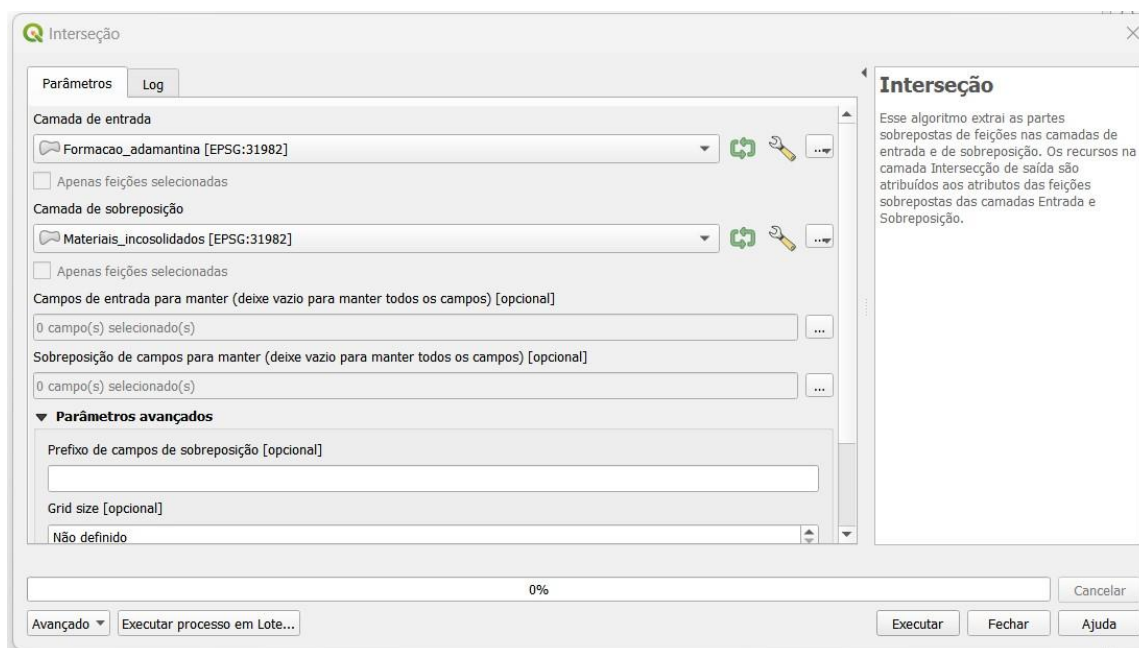
Relevância de Interferências nos recursos hídricos atribuída ao substrato geológico					
Tipo de formação geológica e o potencial de infiltração, favorecendo a recarga de		Formação Serra geral Infiltração pode ocorrer através de fraturas ou	Formação Adamantina (silto areno-argilosa) Favorece a infiltração	Formação Piramboia (arenitos com fração argilosa)	Formação Botucatu (arenitos) Favorece a infiltração devido ao

aquíferos subsuperficiais (Pejon; Zuquette, 1993; Failache, 2018)		em áreas com pouca espessura	devido ao espaço poroso, porém há alguma cimentação que diminui a infiltração	Favorece a infiltração devido ao espaço poroso, porém maior retenção da água nas camadas	espaço poroso
--	--	------------------------------	---	--	---------------

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A terceira etapa correspondeu à geração da Carta Geoambiental através da operação de interseção dos vetores (Vetor > Geoprocessamento > Interseção) no software QGIS.3.16.4. As variáveis geoambientais utilizadas para o processo de interseção espacial foram: substrato geológico, materiais inconsolidados, geomorfologia e rede de drenagem com área de preservação permanente (Figura 4), gerando áreas homogêneas quanto aos atributos das variáveis geoambientais.

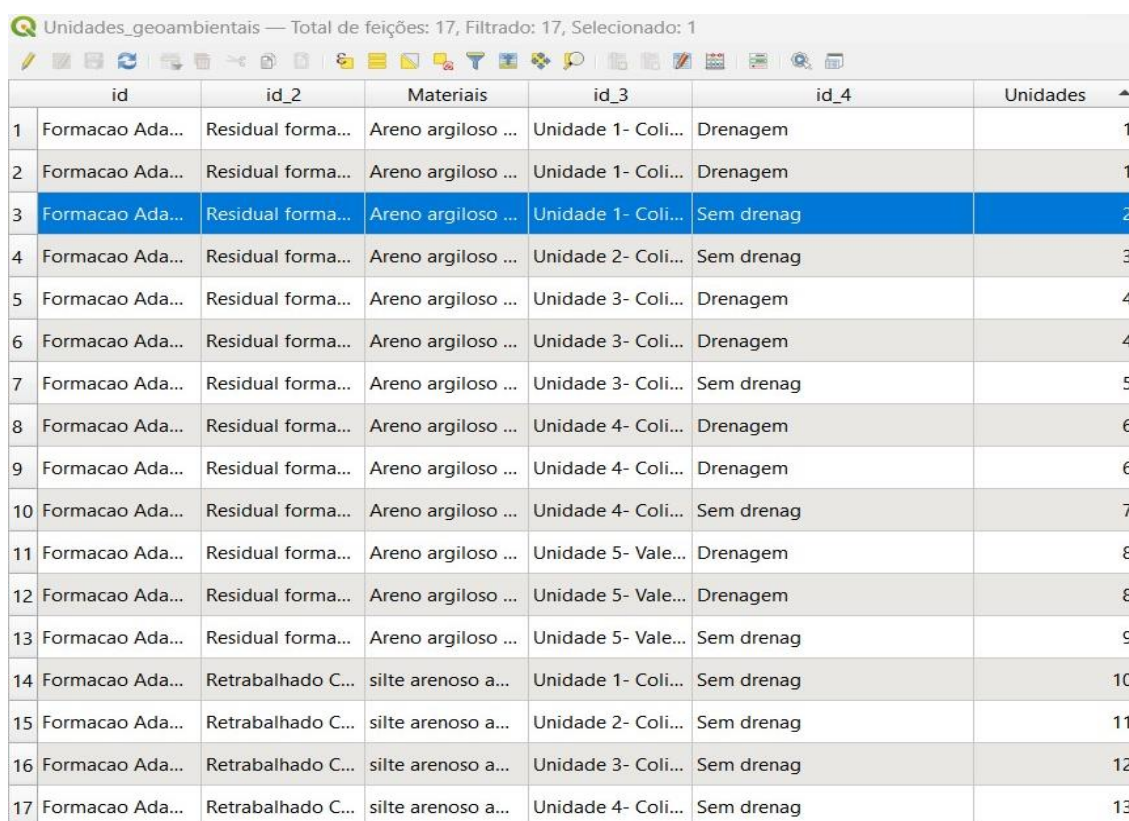
Figura 4: Interseção dos vetores.



Fonte: Autora (2023)

E por fim, agrupou-se as áreas homogêneas em 13 unidades, por meio da tabela de atributos, a partir da organização das colunas e da criação de uma nova coluna nomeada de “Unidades” atribuindo em cada linha valores de 1 a 13 conforme a interseção das variáveis geoambientais (Figura 5), gerando assim, a carta final.

Figura 5: Definição das unidades pela tabela de atributos.



id	id_2	Materiais	id_3	id_4	Unidades	
1	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 1- Coli...	Drenagem	1
2	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 1- Coli...	Drenagem	1
3	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 1- Coli...	Sem drenag	2
4	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 2- Coli...	Sem drenag	3
5	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 3- Coli...	Drenagem	4
6	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 3- Coli...	Drenagem	4
7	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 3- Coli...	Sem drenag	5
8	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 4- Coli...	Drenagem	6
9	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 4- Coli...	Drenagem	6
10	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 4- Coli...	Sem drenag	7
11	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 5- Vale...	Drenagem	8
12	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 5- Vale...	Drenagem	8
13	Formacao Ada...	Residual forma...	Areno argiloso ...	Unidade 5- Vale...	Sem drenag	9
14	Formacao Ada...	Retrabalhado C...	silte arenoso a...	Unidade 1- Coli...	Sem drenag	10
15	Formacao Ada...	Retrabalhado C...	silte arenoso a...	Unidade 2- Coli...	Sem drenag	11
16	Formacao Ada...	Retrabalhado C...	silte arenoso a...	Unidade 3- Coli...	Sem drenag	12
17	Formacao Ada...	Retrabalhado C...	silte arenoso a...	Unidade 4- Coli...	Sem drenag	13

Fonte: Autora (2023)

5.2.9 Análise das Unidades Geoambientais frente às questões dos recursos hídricos e ambientais

O resultado do estudo geoambiental das microbacias do Córrego do Tanquinho e do Córrego da Serralha partiram da avaliação da Carta de Unidades Geoambientais em conjunto às Cartas de Usos da Água e de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Ocorrências de Erosão.

A análise parte do propósito de sintetizar os dados levantados, e proporcionar uma relação com os atributos que influenciam nos recursos hídricos com os diversos usos da água e o surgimento de ocorrências de processos encontrados, para gerar uma avaliação das degradações ambientais de acordo com as diferentes unidades.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Evolução Urbana

Nota: Texto parcialmente apresentado no artigo “Análise multitemporal da evolução urbana na microbacia do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no município de Araraquara-SP” (ASSALVE; MENEZES, 2022).

A partir dos dados obtidos, foram representadas as configurações da mancha urbana da Microbacia dos Córregos Tanquinho e do Serralha, para os períodos estudados. Pode-se observar o crescimento da ocupação da microbacia no período analisado na fotografia aérea e imagens de satélites (Figura 6) e ocupação da bacia por período (Figura 7), como resultado o mapa de evolução urbana (Figura 8).

Na análise de 1986 (Figura 6 A) a ocupação urbana da bacia correspondia a 10,5%, entre 1986 a 2005 (Figura 6 B) a microbacia passou a ter uma ocupação urbana de 43,2% com um aumento médio de 1,7% por ano; já de 2005 a 2015 a (Figura 6 C) ocupação aumentou para 56% na bacia, sendo um aumento médio por ano de 1,28%; e por fim, até 2020 (Figura 6 D) obteve-se uma ocupação na bacia de 65,5% e um aumento médio mais expressivo de 1,9% por ano.

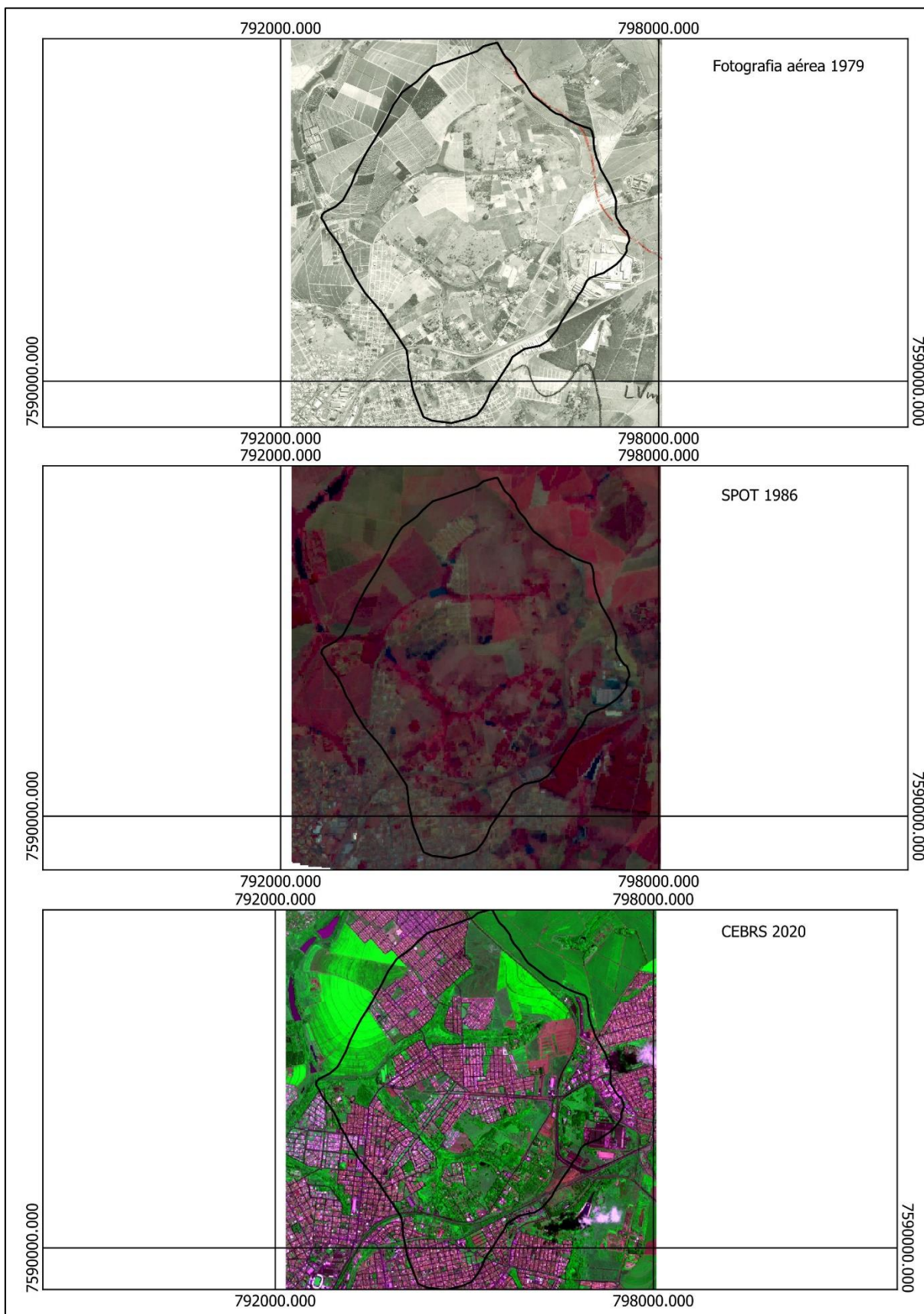
Assim, ao analisarmos o crescimento entre 1986 e 2005, nota-se que ocorreu de maneira mais contínua ao longo da microbacia, unindo as áreas anteriormente ocupadas.

A implementação do Plano Diretor de 2005, Lei complementar nº 350/2005 (ARARAQUARA, 2005), teve como objetivo regular o crescimento urbano e apresentou cinturões verdes de preservação ambiental ao longo dos cursos d'água como uma técnica de contenção espacial (Figura 8). Porém, observando a ocupação de 2005 até 2015, evidenciou-se maior ocupação na bacia preenchendo áreas em direção às cabeceiras dos córregos e às margens das Áreas de Preservação Permanente (APP).

De 2015 a 2020 houve um aumento da área ocupada em direção às cabeceiras, que passa a apropriar-se das áreas contíguas às várzeas.

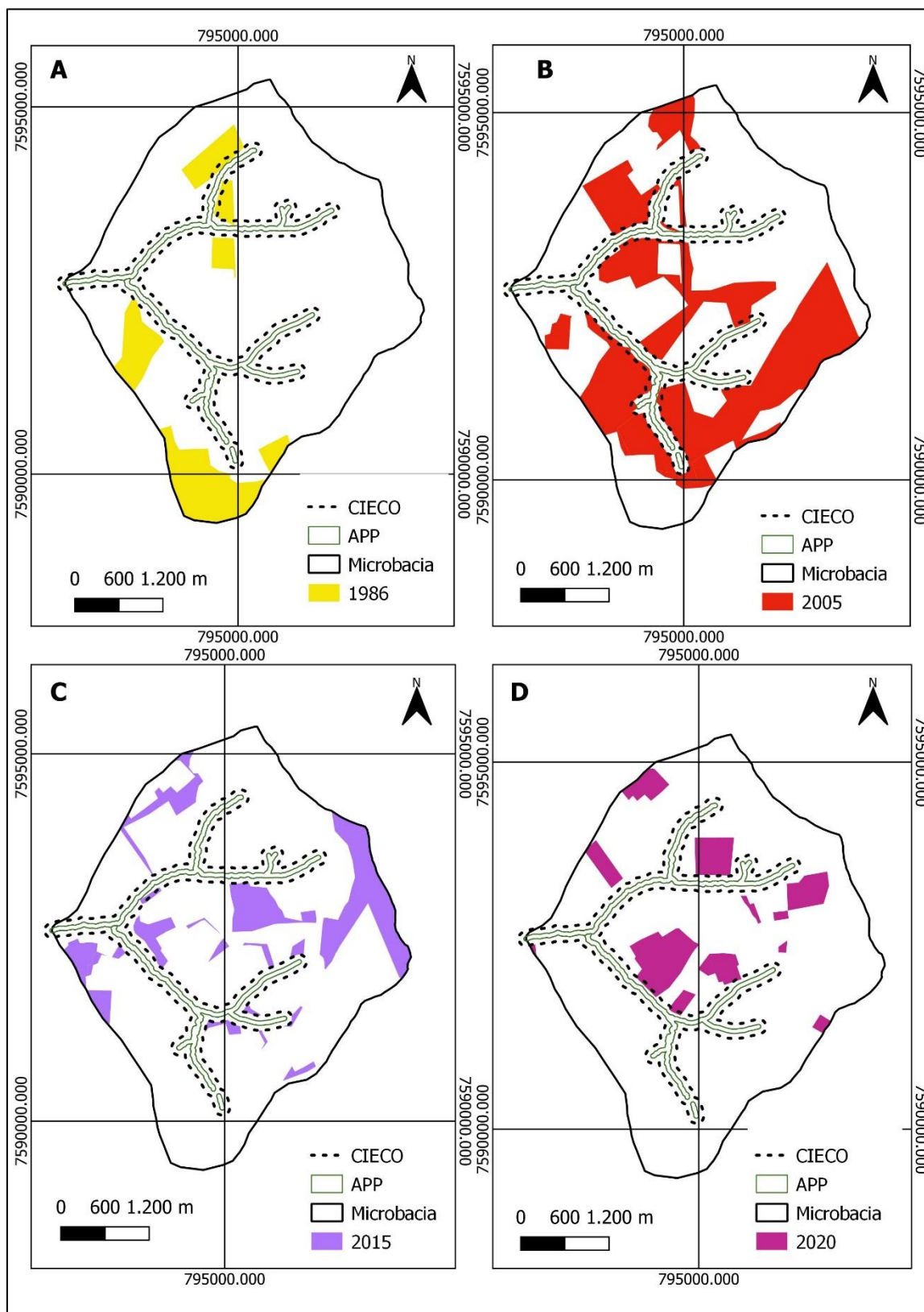
Esse crescimento em direção à área periurbana e ambientalmente mais frágil afeta a preservação das matas ciliares, que apresentam papel importante na conservação dos recursos hídricos; além de dificultar processos de erosão às margens dos corpos d'água e servir de barreira natural à poluição da água, as matas favorecem também a infiltração e manutenção dos cursos d'água, possibilitando a exfiltração de água na drenagem e minimizando a ação da água na dinâmica natural, impedindo inundações e enchentes.

Figura 6: Fotografia aérea e imagens de satélite utilizadas.



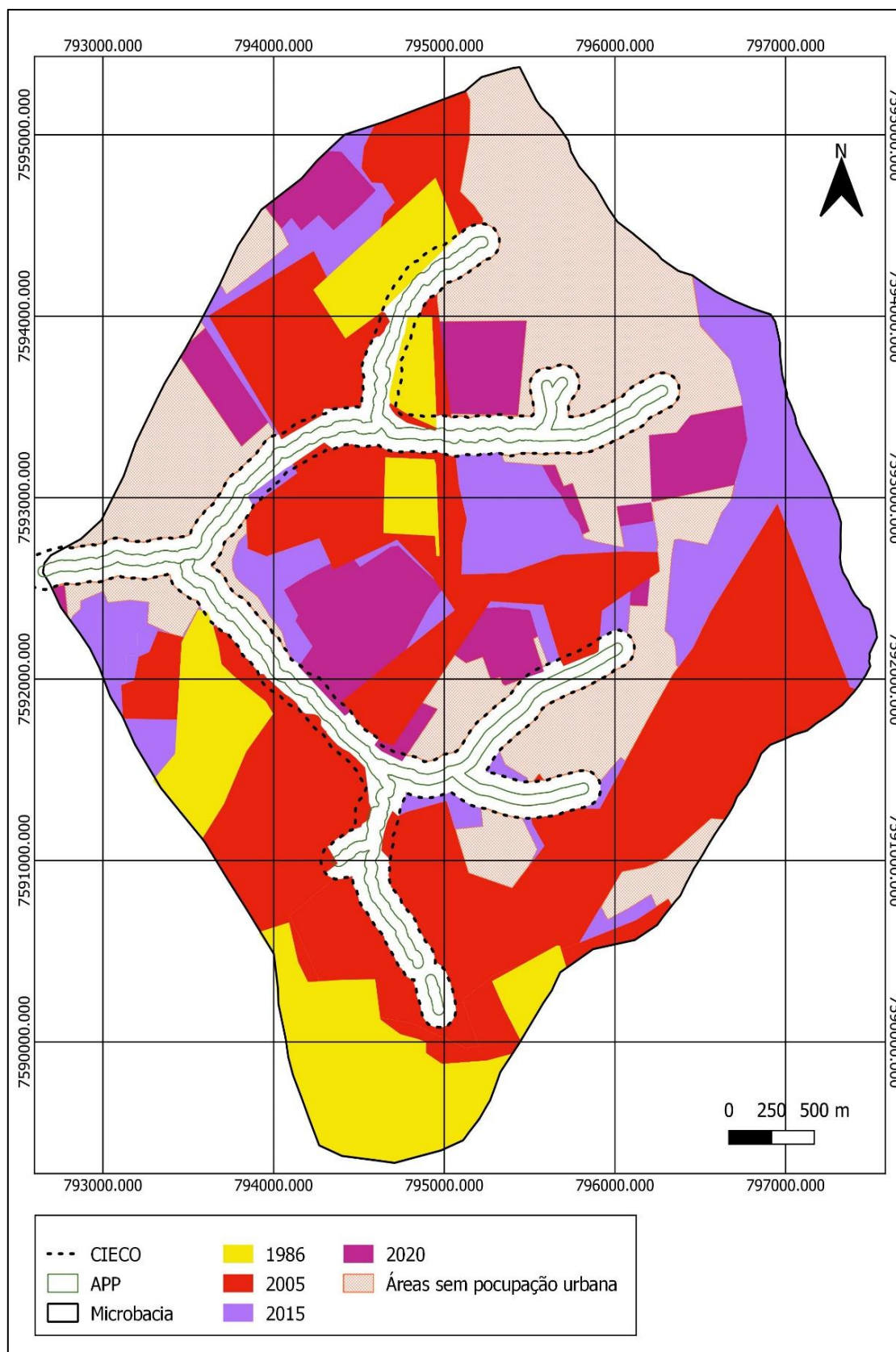
Fonte: Terra Foto (1979); DGI-INPE (2022); SWH (2022).

Figura 7: Ocupação da microbacia por períodos.



Fonte: Autora (2023)

Figura 8: Mapa de Evolução Urbana nas microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha.



Fonte: Autora (2023).

O aumento na ocupação resulta de um modelo de apropriação especulativa dos agentes da produção do espaço urbano, visto que, segundo Corrêa (1989), a propriedade fundiária da periferia urbana constitui-se em alvo de atenção dos proprietários de terras e está diretamente submetida ao processo de transformação do espaço rural em urbano.

Avaliando o crescimento e ocupação desta microbacia ao longo dos anos, é perceptível que está ocorrendo uma densificação urbana na área ambientalmente frágil, indo de encontro às estratégias de inibição urbana e degradando trechos importantes à manutenção da saúde dos córregos e captações. Como analisam Menzori, Sousa e Gonçalves (2021), com a revisão do Plano de 2005 em 2014, passando a vigorar a Lei Complementar nº 850/14 (ARARAQUARA, 2014), houve uma dissociação entre gestão territorial e ambiental, que representou um afrouxamento dos regulamentos e disponibilizou a maior parte do solo urbano para diferentes usos.

6.2 Análise dos Planos Diretores de Araraquara e a proteção dos recursos hídricos

Nota: Texto apresentado junto ao artigo “Análise das modificações nos planos diretores recentes de Araraquara e sua influência na proteção dos corpos hídricos” (ASSALVE; MENEZES, 2021)

Ao analisar a temática ambiental no Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara (PDDPUA), Lei complementar nº 350/2005 (ARARAQUARA, 2005), há a proposta da melhoria da qualidade ambiental da cidade pela implementação de Corredores de Integração Ecológica – CIECO, com o objetivo de estimular a transformações urbanas estruturais por meio de parques lineares urbanos de integração e acessibilidade dos diversos fragmentos urbanos, interligados ao sistema de áreas verdes e arborização urbana. Estes corredores foram delimitados considerando as características das formações geológicas ocorrentes no município, visando a proteção contra a degradação ambiental de cursos hídricos, grande parte deles drenando os arenitos da Formação Adamantina. Foi previsto no PDDPUA uma faixa com largura mínima de 100 metros ao longo de cada margem dos cursos d’água, fundos de vale ou talvegues do conjunto das redes hídricas. Destes, 30 metros consoantes à legislação federal e 70 metros para implantação de Parques Lineares Urbanos nos cursos d’água: Ribeirão das Cruzes com seus afluentes Córregos Tanquinho e do Serralha, Córrego do Paiol, Córrego do Ouro e Córrego do Lajeado.

No Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara (PDDPA), Lei complementar nº 850/2014 (ARARAQUARA, 2014) encontramos alterações nos CIECO, que passam a ser destinados a Áreas de Proteção Permanente – APP e não mais contemplam Parques Lineares Urbanos; houve uma redução na metragem das faixas adicionais, passando de 70 metros para 50 metros, contabilizando não mais 100 metros e sim 80 metros. Desta maneira, áreas que estavam previstas visando relacionar os espaços abertos e a integração do sistema de áreas verdes e recursos hídricos garantido uma função socioambiental, são limitadas à preservação e proteção dos recursos naturais e dos recursos hídricos, além de uma revitalização entre os corredores.

Em 2019, decorridos 5 anos da aprovação do PDDPA, foi publicada a lei complementar nº 919, de 6 de novembro de 2019 que revisou o artigo 115, restaurando as larguras das faixas complementares previstas no PDDPUA.

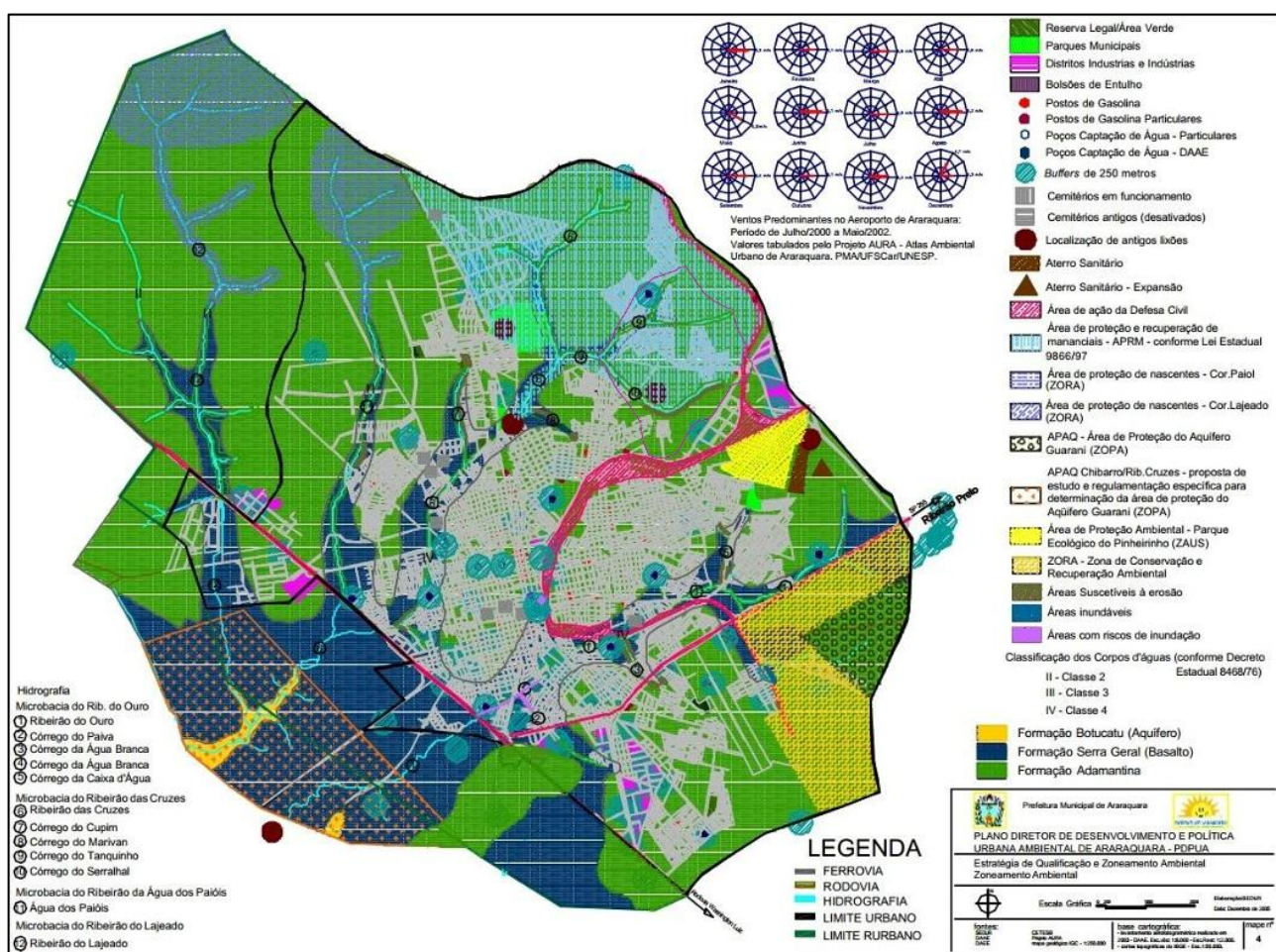
Outra mudança notória foi o aumento da porcentagem do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) na ZOPRE APRM (Zona Predominantemente Residencial - Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais), que são áreas e fragmentos urbanos destinadas ao uso residencial com predominância de habitações com a finalidade de proteção e recuperação de mananciais. No PDDPUA de 2005 encontramos na ZOPRE APRM um percentual de ICV de 10% e IP (Índice de Permeabilidade) de 30%; também eram previstos CIECOS nessa área. Já no PDDPA de 2014 ocorreu um aumento do percentual de ICV, passando para 20% e permanecendo os 30% de IP; foi mantido o CIECO com largura menor; e na revisão de 2019 pela Lei nº 919/2019 (ARARAQUARA, 2019) tornou a ficar a faixa total de 100 m.

Comparando os zoneamentos ambientais de 2005 e 2014, alterados pela revisão de 2019, foram constatadas alterações também em diferentes zonas relacionadas com a proteção ambiental.

No plano de 2005 as áreas denominadas ZORA (Zona de Conservação e Recuperação Ambiental) e Zona de Proteção Ambiental (ZOPA) e APAQ (Área de Proteção do Aquífero Guarani) não comportavam usos e, portanto, cumpriam devidamente com o seu papel. Porém no zoneamento vigente, essas áreas foram transformadas em ZEPP-ZEPIS (Zonas Especiais Predominantemente Produtivas – Zona Especial de Produção Sustentável), que são áreas industriais não incômodas ou de baixa e média interferência ambiental compatível com uso misto. Avaliando atualmente a área encontramos a predominância de atividades agrícolas, mas também há usos diversos:

bairro residencial, empresas do segmento de transporte, chácaras de recreio e um Centro de Ressocialização. Portanto, as mudanças estão correlacionadas a uma visão de uso misto do solo, com áreas de preservação juntamente a áreas produtivas, cumprindo o objetivo de uma cidade sustentável compacta (SANTOS, 2018). Entretanto, consideramos que para a proteção do Aquífero, a área deveria ter permanecido como ZOPA, visto que a conservação dessas áreas facilita o processo de infiltração de água contribuindo para uma melhor recarga subterrânea de qualidade, sem riscos de infiltração de contaminantes.

Figura 9: Estratégia de Qualificação e Zoneamento Ambiental – PDPUA 2005.



Fonte: Araraquara (2005)

Outra área de importância hídrica também sofreu alteração no zoneamento ambiental foi a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais – APRM. Em 2005 (Figura 7) constava uma Área de Proteção e Recuperação de Mananciais – APRM definida segundo a Lei Estadual nº 9.866 (São Paulo, 1997), que restringe usos e ocupações dessas áreas que comprometam fluidez, potabilidade, quantidade e qualidade

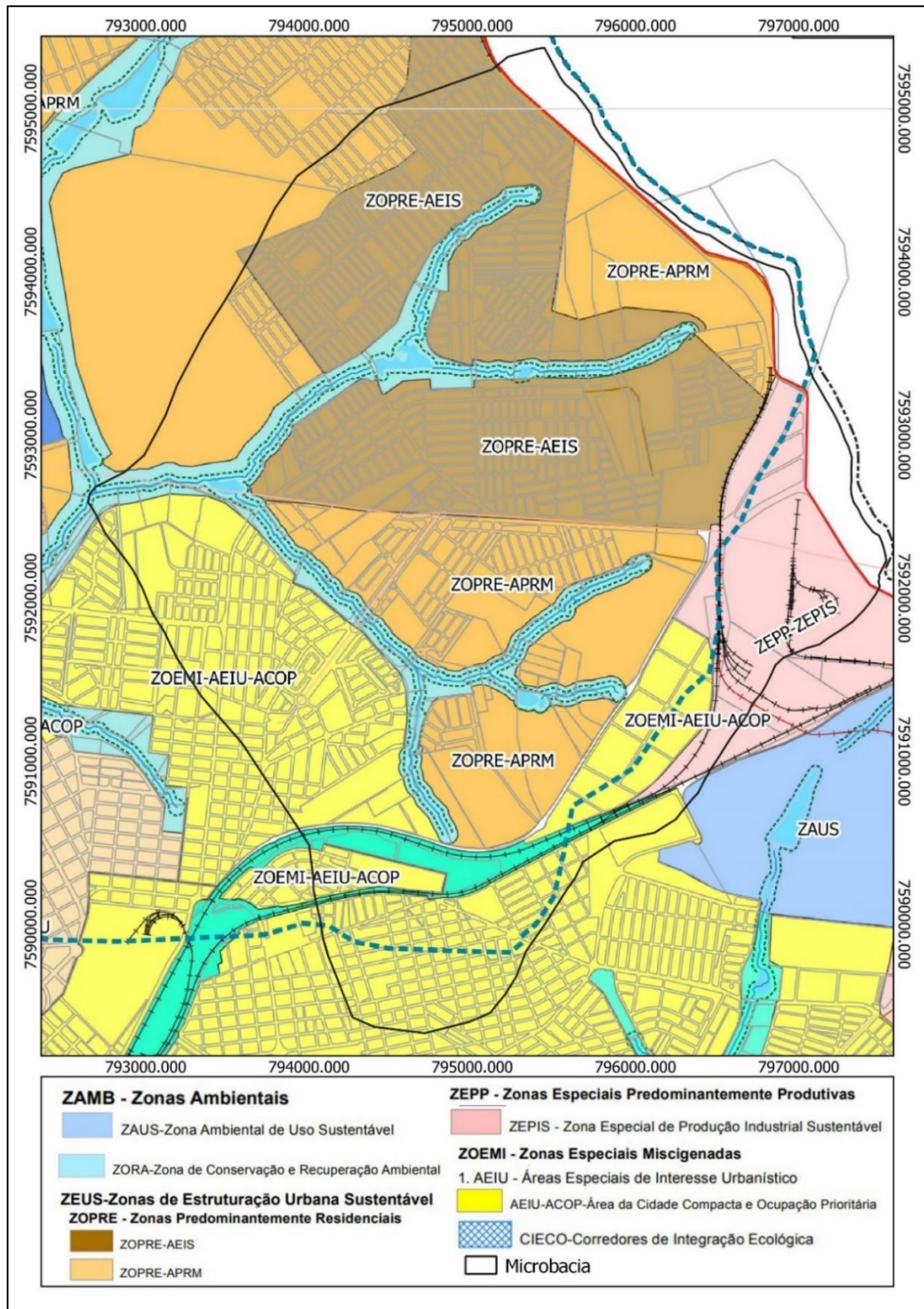
dos mananciais de abastecimentos públicos; caracterizava-se como uma área de expansão urbana. Contudo, no zoneamento vigente (PDDPA alterado pela Lei nº 919/2019) a área passou a receber três denominações, ZOPRE APRM, ZOPA e ZOPRE AEIS (Área de Especial Interesse Social). Assim, Menzori *et al.* (2021) atribuíram as mudanças decorrentes à implantação de condomínios fechados, loteamentos residenciais e projetos de habitação social admitidos em áreas ambientalmente frágeis. Desta maneira, consideramos que houve um relaxamento das normas para a aprovação dos empreendimentos e com esse novo zoneamento a área passou a possuir um maior interesse de desenvolvimento econômico com a implementação desses empreendimentos permitidos na área do CIECO restando uma pequena parcela de área para a proteção ambiental (Figura 8).

Houve também a criação de uma nova zona no PDDPA de 2014 alterado pela Lei nº 919/2019 (Figura 8) designada de ZORUR (Zona Rurbana), de urbanização e regulação controlada para atividades diversas em área de expansão urbana e rural e contempla bacias hidrográficas que não se encontravam contempladas com o CIECO no planejamento de 2005, garantindo uma proteção para futuras expansões.

A Figura 10 apresenta como se encontra a área de estudo no zoneamento vigente, compreende as seguintes zonas: ZORA (Zona de Conservação e Recuperação Ambiental), constitui áreas territoriais com características de uso e ocupação definidas por áreas de risco geológicos, áreas de vegetação permanente e APRM – Áreas de Proteção de Mananciais; ZAUS (Zonas Ambientais e Usos Sustentável), constitui áreas territoriais com características de uso e ocupação definidas por Área de Proteção Ambiental e Reservas Particulares de Proteção Naturais; ZOPRE–AEIS (Zonas Predominantes Residenciais – Área de Especial Interesse Social) são áreas e fragmentos urbanos destinados ao uso residencial; ZOPRE–APRM (Zonas Predominantes Residenciais - Áreas de Proteção de Mananciais); e ZOEMI – AEIU – ACOP (Zonas Especiais Mistas - Área da Cidade Compacta de Ocupação Prioritária) representando a maior subdivisão territorial do zoneamento e modelo espacial, e uma das zonas prioritárias e estratégicas de indução e consolidação do processo de urbanização; ZEPIS (Zona Espacial de Produção Industrial Sustentável), constitui áreas industriais não incômodas ou de baixa e média interferências ambiental compatível com uso misto; além da presença dos Corredores de Integração Ecológica e Cinturão Verde (CIECO), visando a melhoria da qualidade ambiental da cidade e a proteção dos mananciais que abastecem

a cidade, as cabeceiras e afluentes.

Figura 10: Mapa Estratégico do Modelo Espacial e Zoneamento Urbano - PDDPA de 2014 modificado em 2019, com limite da área estudada.



Fonte: Modificado de Araraquara (2019)

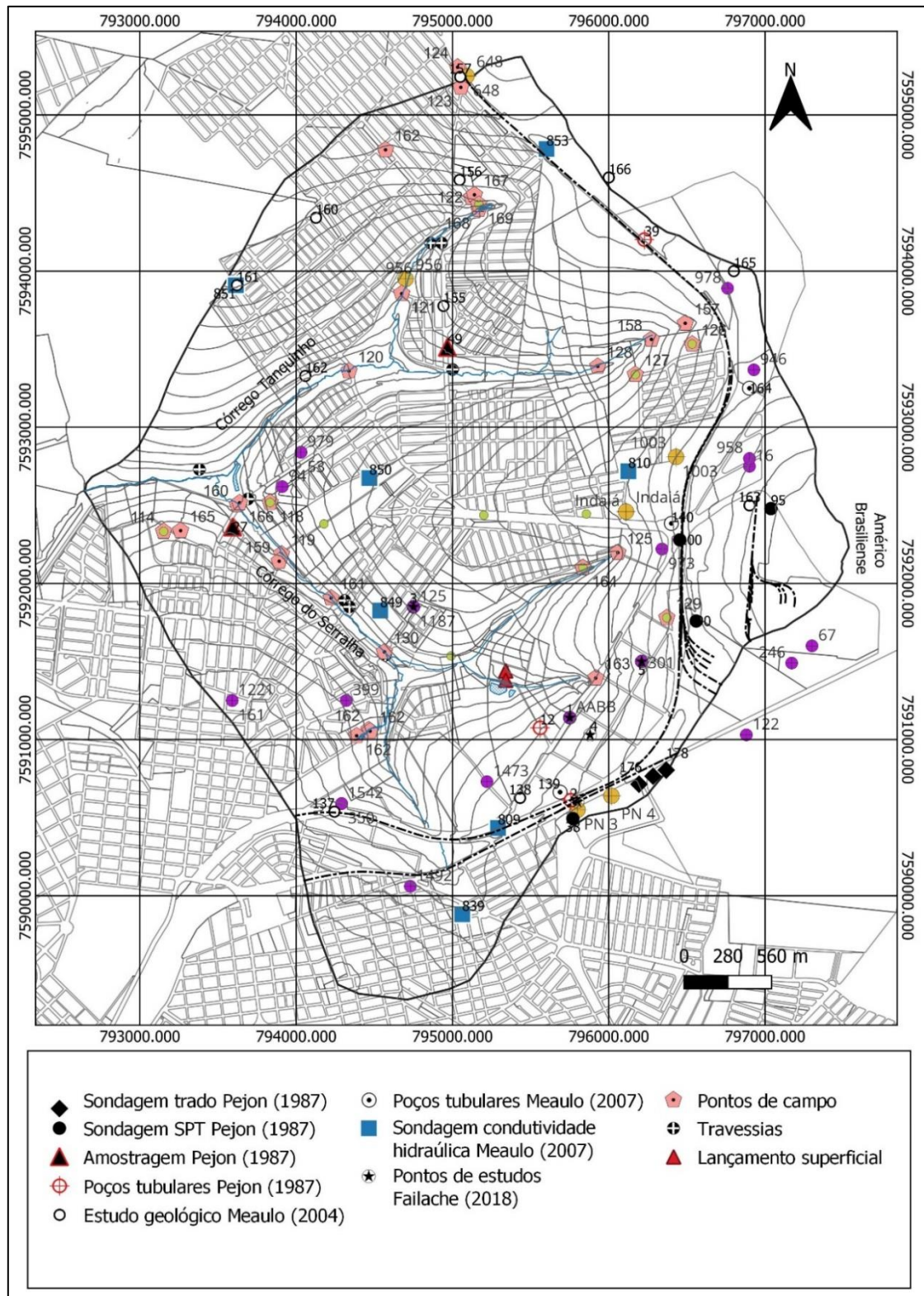
6.3 Mapa Base e de Documentação

O Mapa Base e de Documentação da microbacia do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha (Figura 11; APÊNDICE 5) foi elaborado com a finalidade de auxiliar no planejamento das ações a serem efetuadas. Este apresenta a configuração territorial da Microbacia do Córrego do Tanquinho e do Serralha, com as principais vias rodoviárias, linha férrea, quadras e os arruamentos, rios e curvas de nível.

Também foi feita a inserção os pontos de sondagem SPT (Standard Penetration Test), pontos de sondagem por trado, pontos de amostragem de materiais inconsolidados constantes de Pejon (1987), pontos de estudo geológico realizado por Meaulo (2004), pontos de estudos de condutividade hidráulica e sondagem realizados por Meaulo (2007), pontos de estudos de Failache (2018), assim como os pontos amostrados no campo e a localização dos poços tubulares cadastrados no DAEE e no SIAGAS, que permitiram a investigação das características das formações geológicas e dos materiais inconsolidados da área, para detalhamento de escala.

Nota-se através da análise dessas informações básicas, que a área da microbacia é formada em sua maioria por áreas urbanas pertencentes ao Município de Araraquara e pequeno trecho não urbano próximo ao divisor de águas pertencente ao município de Américo Brasiliense.

Figura 11: Mapa Base e de Documentação.



Fonte: Autora (2023)

6.4 Mapa de Substrato Geológico

O Mapa de Substrato Geológico (Figura 12; APÊNDICE 6) foi produzido a partir da análise e do compilado de documentos cartográficos elaborados por Pejon (1987), Meaulo (2007) e Failache (2018), que auxiliaram no reconhecimento dos limites e na identificação do substrato geológico, complementados por trabalho de campo e estudo dos perfis geológicos dos poços tubulares do SIAGAS- CPRM e do DAEE (APÊNDICE 01).

As microbacias dos córregos Tanquinho e do Serralha drenam rochas da bacia sedimentar do Paraná, mais especificamente do Grupo Bauru, Formação Adamantina. (Pejon, 1987; Meaulo, 2007; Failache, 2018).

A Formação Adamantina corresponde à formação litológica de superfície na área de estudo, não ocorrendo afloramentos rochosos e apenas materiais alterados na forma de solos residuais. Segundo Barcelos; Fúlfaro; Perinotto (1995) é caracterizado por arenitos com estratificações cruzadas de pequeno e médios portes, associado a sedimentos síltico – argiloso, com granulação fina a muita fina, cor róseo a castanho e alternados de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos de cores castanho avermelhado a cinza castanho (SOARES *et al.*, 1980).

Figura 12: Mapa Substrato Geológico.



Fonte: Autora (2023)

6.5. Mapa de Materiais Inconsolidados

O Mapa de Materiais Inconsolidados (Figura 13; APÊNDICE 7) foi confeccionado a partir da análise dos documentos cartográficos preexistentes elaborados por Pejon (1987), Meaulo (2007) e Failache (2018) e levantamentos de campo realizados nesta pesquisa.

O mapa de Coberturas Inconsolidadas de Pejon (1987) auxiliou na identificação dos materiais cobertura dos sedimentos inconsolidados cenozóicos na área e serviu de base para a classificação desses materiais.

Por outro lado, o documento cartográfico elaborado por Meaulo (2007), permitiu a identificação das coberturas cenozoicas contribuindo para a delimitação da unidade e sua descrição, que foi integrado ao mapa de Failache (2018).

O Mapa de Materiais Inconsolidados desenvolvido por Failache (2018) contribuiu para a identificação dos materiais inconsolidados, permitindo o reconhecimento do material residual da formação Adamantina e o retrabalhado cenozóico, além de auxiliar na delimitação das unidades.

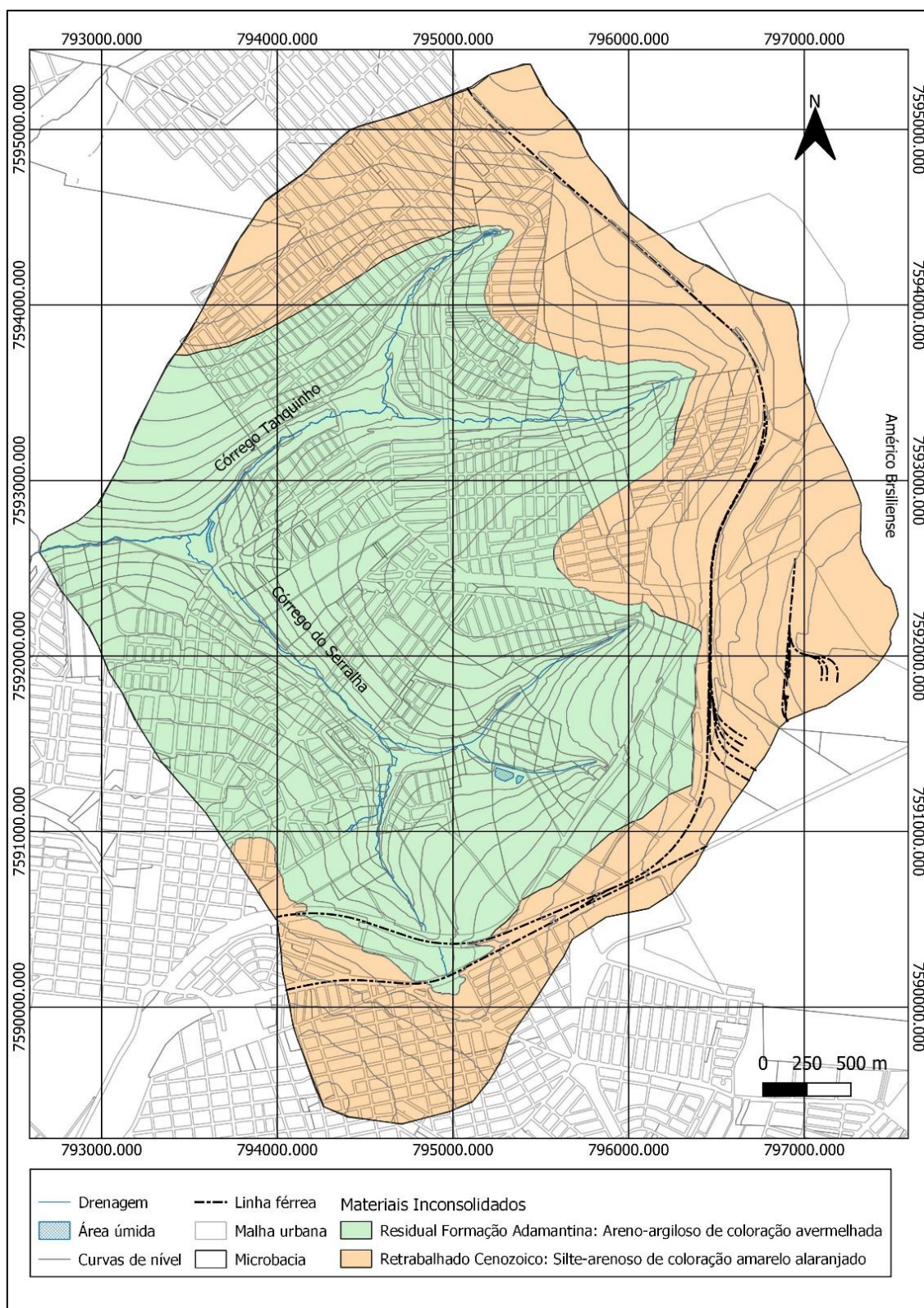
Deste modo, baseado na análise da documentação cartográfica, realizou-se o compilado dos documentos desenvolvidos por Meaulo (2007) e Failache (2018), que foram adaptados à área, permitindo a interpolação da cobertura dos sedimentos inconsolidados do Meaulo (2007) com os materiais retrabalhados cenozóicos do Failache (2018) na parte sul da área. A junção com dados dos poços levantados e as caracterizações laboratoriais das amostras de materiais coletadas em vista a campo, proporcionou uma melhor exatidão na confecção do mapeamento e na descrição dos materiais na escala desta pesquisa. Foram encontradas as unidades de materiais inconsolidados presentes no Quadro 11.

Quadro 11: Unidades do mapa de materiais inconsolidados.

Nome	Área na bacia (km ²)	Características
Residual Formação Adamantina	9,99	Material Areno-argiloso de coloração avermelhada, composto por quartzo, argila e magnetita
Retrabalhado Cenozóico	7,07	Material Silto-arenoso de coloração amarelo alaranjado, composto por quartzo e presença razoável de magnetita

Fonte: Autora (2023)

Figura 13: Mapa de Materiais Inconsolidados.



Fonte: Autora (2023)

6.5.1 Residual da Formação Adamantina

Os materiais inconsolidados residuais da Formação Adamantina (Figura 14) se estendem por toda parte central das microbacias. Ocorrem em grande extensão, sobre uma área de 9,99 km² o que representa 58,66% da área mapeada, predominantemente nas médias e baixas vertentes e fundo de vale dos Córregos Tanquinho e do Serralha em altitudes que variam entre 640 e 700m.

Figura 14: Material Residual da Formação Adamantina no ponto 114.



Fonte: Autora (2023)

Ensaio de laboratório realizados a partir de amostra de solos coletadas em campo, apresentaram os seguintes resultados médios: é composto predominantemente por areia, com pouca argila e silte e há presença dos minerais quartzo, argila e magnetita. Apresenta como característica uma textura areno-argilosa, fina a muito fina, coloração avermelhada e espessura desde poucos metros até cerca de 10 metros segundo os relatórios de outorga do DAEE.

6.5.2 Retrabalhado Cenozóico

Para essa unidade foi adotada a nomenclatura utilizada por Failache (2018).

Para Meaulo (2007) estes materiais Cenozóicos representam um produto do retrabalhamento de todas as unidades geológicas locais, caracterizado por receber contribuições de tais materiais.

Os materiais Retrabalhados Cenozóicos (Figura 15) abrangem uma área de 7,07 km² o que representa 41,51% da superfície da bacia e recobrem parcialmente a formação Adamantina nas porções mais elevadas, nos topos planos das microbacias em altitudes que variam entre 700 e 750 m.

Figura 15: Material Retrabalhado Cenozóico no ponto 126.



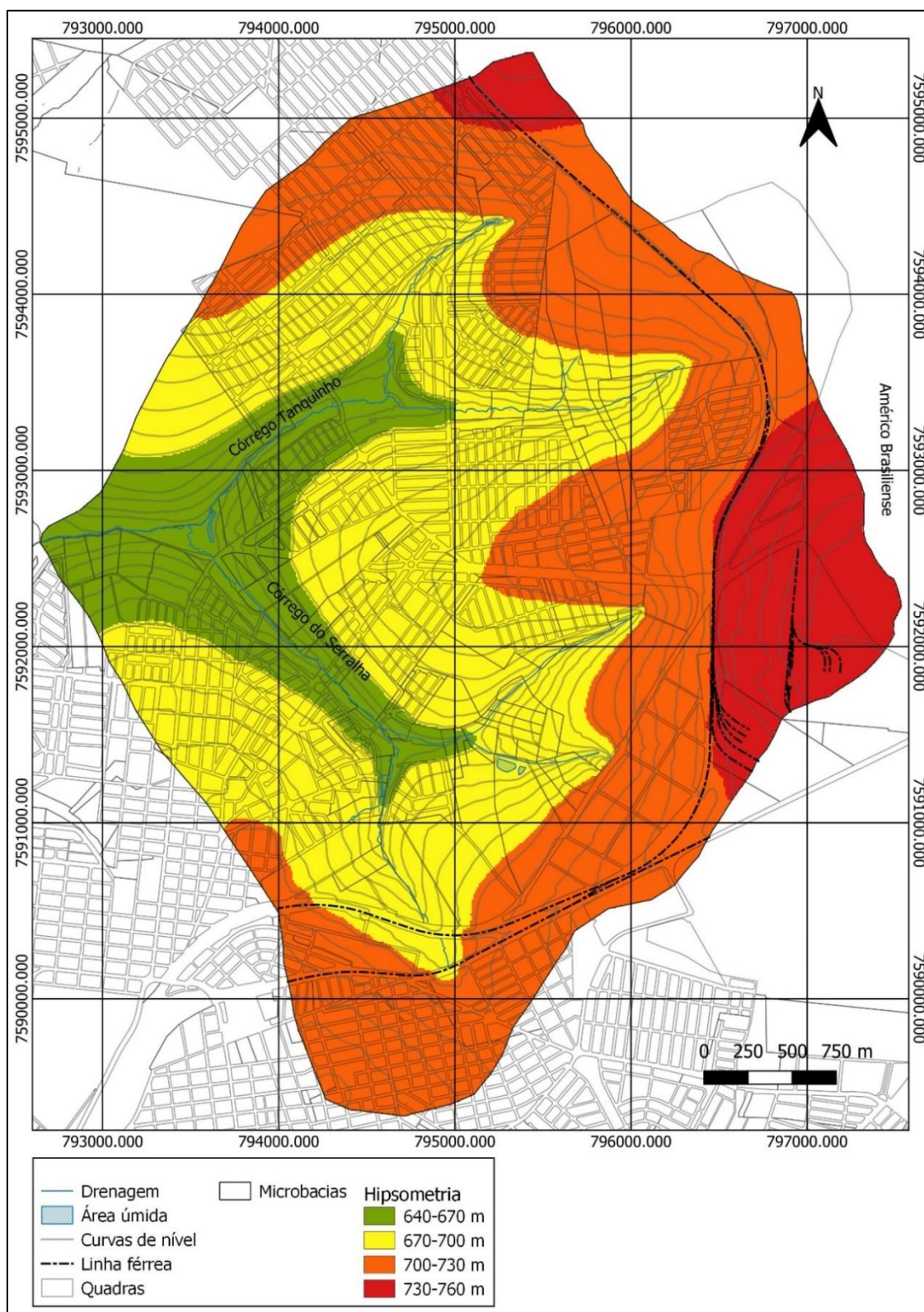
Fonte: Autora (2023)

Com espessura média em torno de 12 metros segundo os relatórios de outorga do DAEE, são constituídos principalmente por areia fina e média, apresentam pouco silte a coloração variando de amarelo a alaranjado e os minerais que compõem este material são quartzo e presença razoável de magnetita.

6.6 Carta Hipsométrica

A Carta Hipsométrica (Figura 16; APÊNDICE 8) foi elaborada com o propósito de representar a elevação do terreno das microbacias do Córrego Tanquinho e Córrego do Serralha, proporcionando uma melhor compreensão do relevo, por meio de uma classificação em escala de cores.

Figura 16: Carta Hipsométrica



Fonte: Autora (2023)

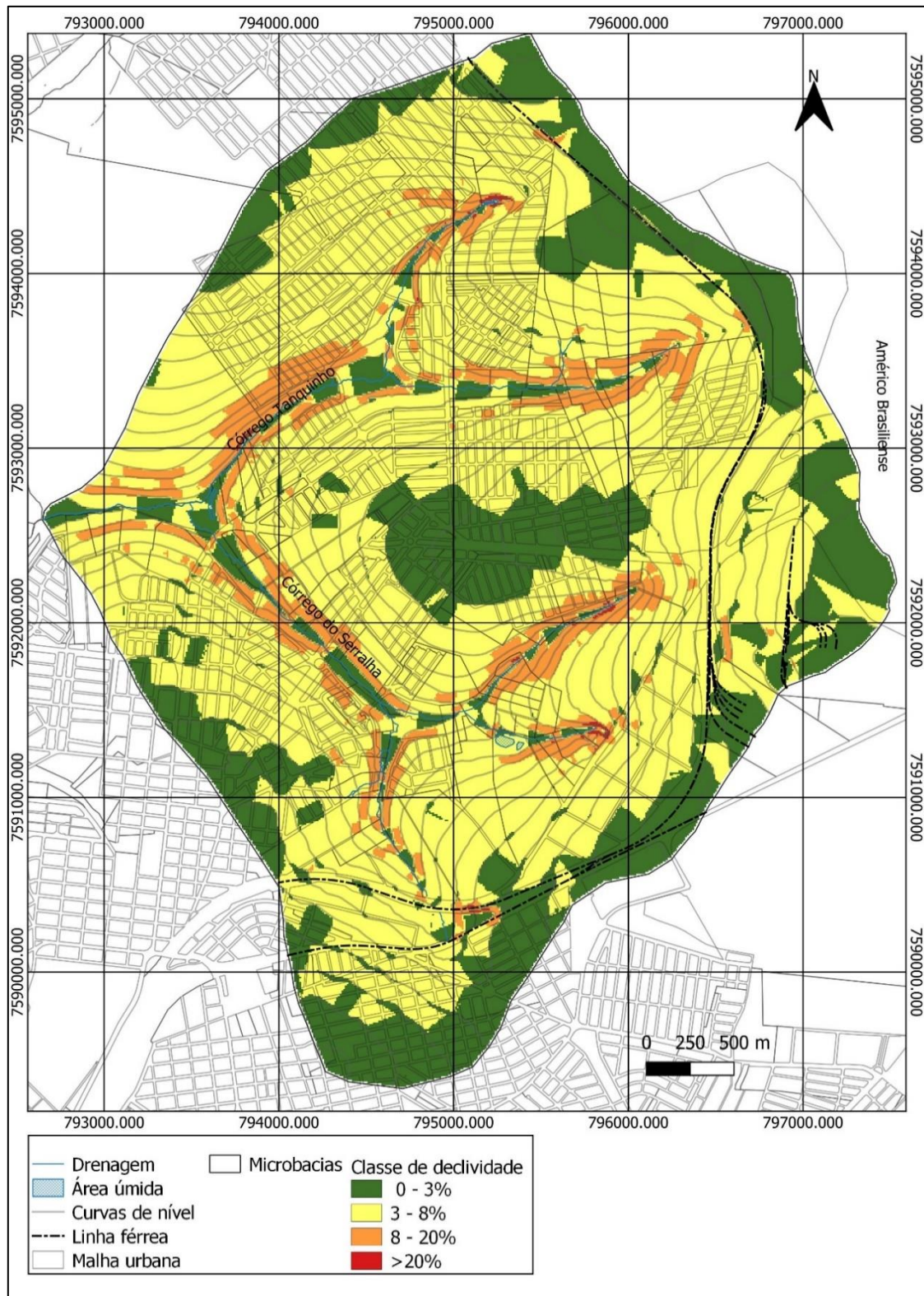
Observa-se que a microbacia apresenta uma variação altimétrica entre 640 metros, na porção oeste da área, e 760 metros, na porção norte e leste da microbacia, apresentando um desnível 120 metros, entre as cabeceiras até a foz.

6.7 Carta de Classes de Declividade

A Carta de Classes de Declividade (Figura 17 APÊNDICE 9) foi confeccionada com objetivo caracterizar a área da microbacia dos Córregos Tanquinho e do Serralha, a partir da distribuição contínua da declividade por intermédio de uma faixa de variação de inclinação do terreno. As classes de declividade geradas com base da superfície da microbacia foram agrupadas em quatro faixas, 0-3%, 3-8%, 8-20% e acima de 20%. Considerou-se as classes embasando-se no Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SANTOS *et. al.*, 2018) sendo adaptadas para a realidade área de modo a ressaltar as variações de relevo importantes para as análises.

Foi possível notar que a declividade apresenta maior predominância da classe entre 3 a 8%, caracterizada por declives suaves. Nas regiões de topos das colinas e fundo de vale, apresenta o domínio de classe entre 0 a 3%, representada por declives pequenos. As áreas de vertentes, apresentam declividade de 8 a 20%, sendo considerados declives moderados. A declividade que varia de superior a 20% ocorre em alguns pontos nas áreas de encostas, é ponderada como declives forte, caracterizando um relevo forte ondulado.

Figura 17: Carta de Classes de Declividade



Fonte: Autora (2022)

6.8 Mapa Geomorfológico

O Mapa Geomorfológico (Figura 18; APÊNDICE 10) foi elaborado a partir da aplicação da técnica de avaliação do terreno, a qual permitiu o detalhamento das formas das unidades de terreno.

Figura 18: Mapa Geomorfológico.



Fonte: Autora (2023)

O nível de unidade de terreno (*land unit*), determina um conjunto de formas individuais do terreno que diferem entre si.

Na área de estudo foram delimitadas cinco unidades de terreno (denominadas 1, 2, 3, 4 e 5) descritas no Quadro 12.

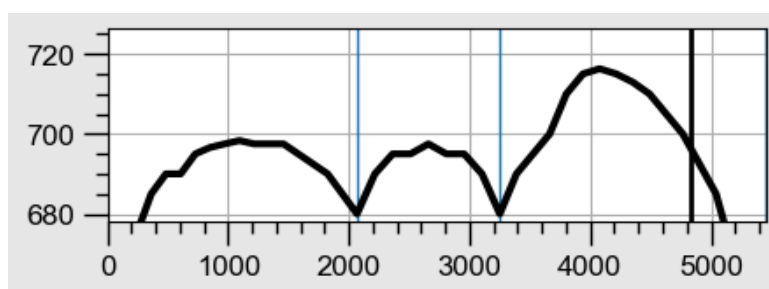
Quadro 12: Principais características geomorfológicas das unidades mapeadas.

Unidades	1	2	3	4	5
Unidades geomorfológicas	Colina	Colina	Colina	Colina	Vale
Expressão geográfica (Colina)	Ampla a média	Pequena	Média a pequena	Média	-
Expressão geográfica (Vale)	-	-	-	-	Pequeno
Expressão geográfica (Topos)	Ondulados a aplainados	Aplainados	-	Ondulados	-
Forma da vertente	Convexa	Convexa	Retilíneo-convexa	Convexa	Convexa
Forma do Vale	-	-	-	-	Aberto
Declividades das vertentes (Colina)	3-20%	3-8%	3-20%	3-20%	-
Declividade das vertentes (Vale)	-	-	-	-	0-20%
Declividade do Topo	0-3%	0-3%	-	0-3%	-
Amplitude (m)	131	90	80	100	-
Área (km²)	9,65	1,53	2,00	3,15	0,73

Fonte: Autora (2023)

Unidade 1: colinas médias suave onduladas com vertentes convexas e topos ondulados a aplainados, com amplitude de 131m, com baixa frequência de canais e formação de vale aberto, declividade variando de 3 a 20%, sendo menor que 3% na porção superior próximo ao topo e predominantes de até 20%, com menores declividades nas porções superiores das vertentes e aumento de declividade em direção à metade inferior da base (Figura 19).

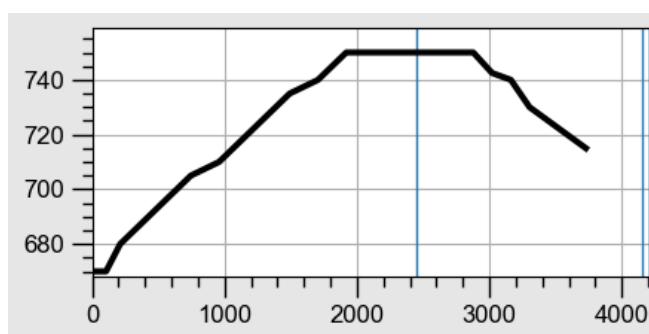
Figura 19: Perfil Topográfico transversal da Unidade 1.



Fonte: Autora (2023)

Unidade 2: colina com topo relativamente aplainado, vertente convexa na sua metade inferior, com amplitude de 90 m, inexistência de canais, com declividade variando de 3 a 8%, sendo menor que 3% na porção superior próximo do topo e maiores que 8% em sua vertente (Figura 20).

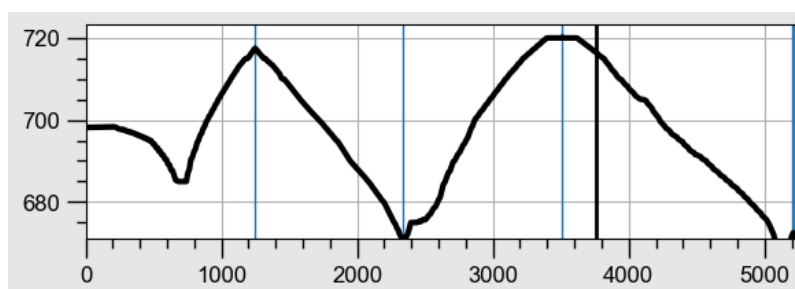
Figura 20: Perfil Topográfico transversal da Unidade 2.



Fonte: Autora (2023)

Unidade 3: colina de extensão média de forma suave ondulada, com vertente retilínea em sua metade superior a convexa na metade inferior, com diferença de amplitude de 80 m, baixa frequência de canais e declividades menores que 3% nas porções superiores das vertentes e aumento da declividade em direção à base (Figura 21).

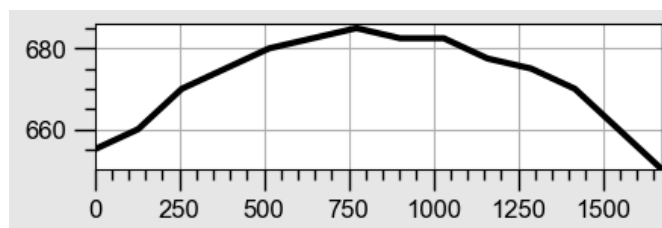
Figura 21: Perfil Topográfico transversal da Unidade 3.



Fonte: Autora (2023)

Unidade 4: colina média suave ondulada com vertente convexa e topo ondulado, baixa frequência de canais, com uma diferença de amplitude de 100 m e declividade variando de 3 a 20%, sendo menor que 3% na porção superior do topo e predominantes de até 20%, com menores declividades nas porções superiores das vertentes e aumento de declividade em direção a metade inferior da base (Figura 22).

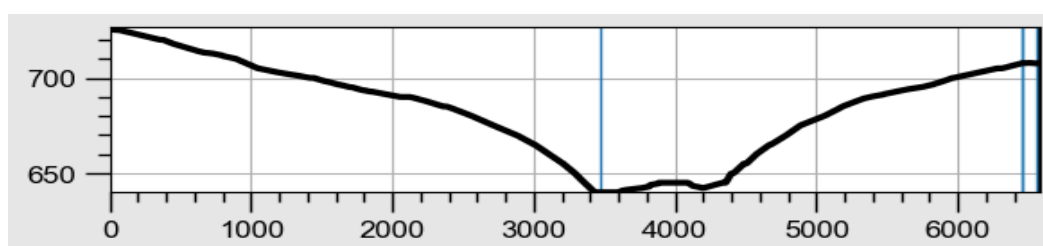
Figura 22: Perfil Topográfico transversal da Unidade 4.



Fonte: Autora (2023)

Unidade 5: Vale pequeno com forma aberta, fundo plano e vertentes convexas com declividades de vertente maiores que 20% (Figura 22).

Figura 23: Perfil topográfico transversal da Unidade 5.



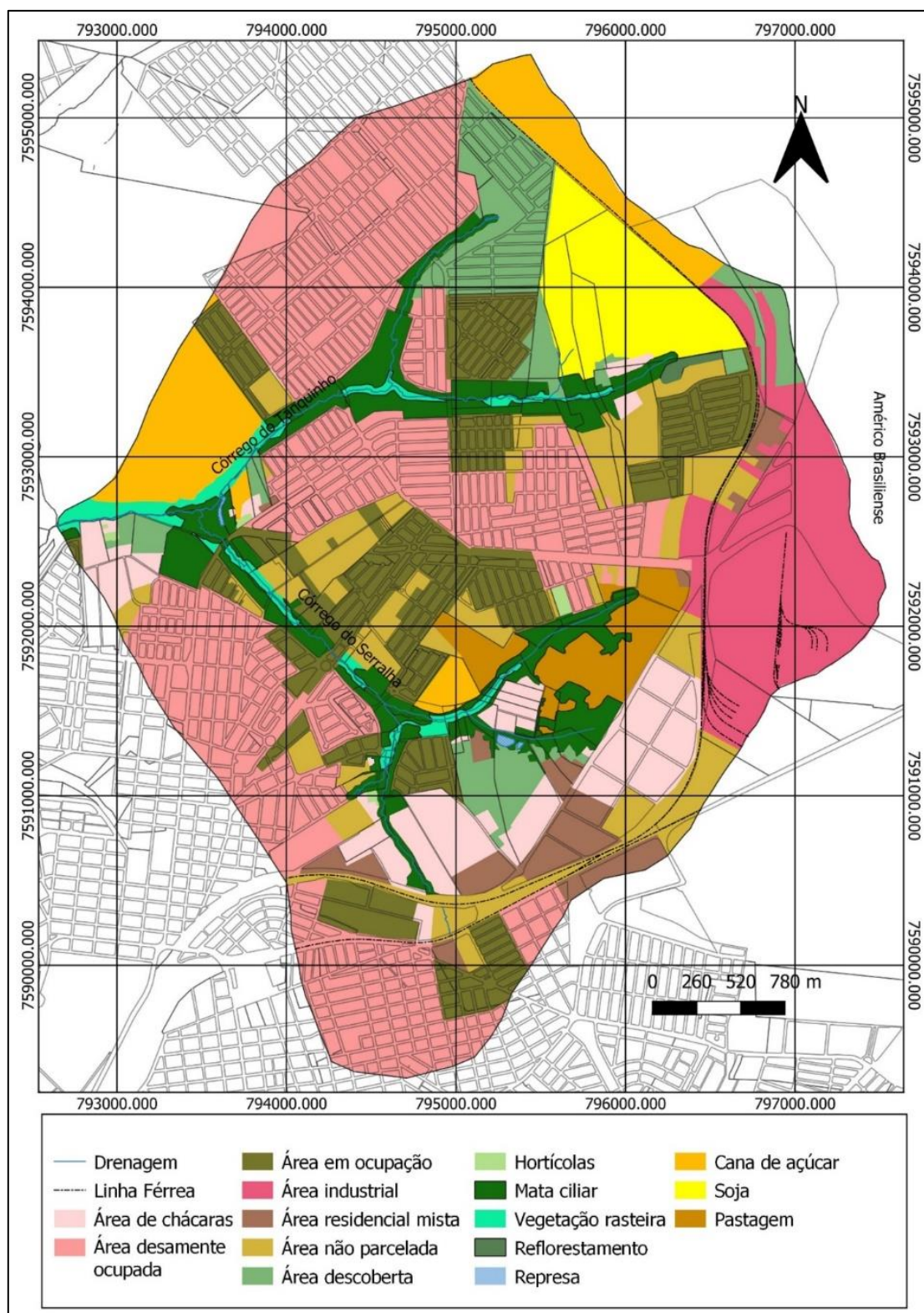
Fonte:

Autora (2022)

6.9 Carta de Uso e Cobertura do Solo

A composição da Carta de Uso e Cobertura do Solo (Figura 24; APÊNDICE 11) deu-se a partir da classificação manual dos polígonos. Embora este procedimento seja lento e exige uma análise precisa, é importante destacar que foi optado por realizá-lo devido ao tamanho da área da microbacia do Córrego Tanquinho e do Serralha, à escala de trabalho e à disponibilidade das imagens de excelente qualidade, tomando a interpretação mais exata.

Figura 24: Carta de Uso e Cobertura do Solo.

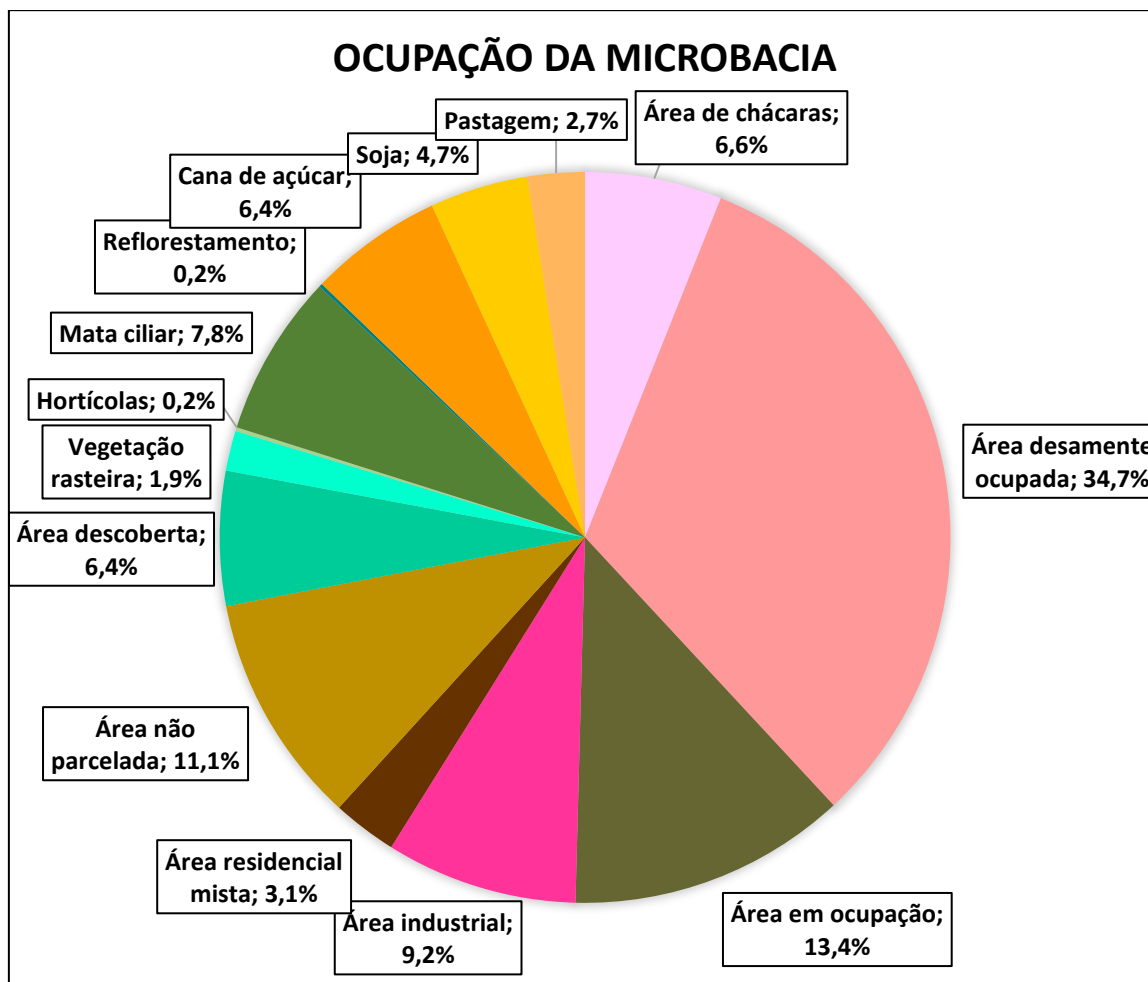


Fonte: Autora (2022)

As principais atividades de uso e ocupação presentes nas microbacias, foram classificadas como: área densamente ocupada, área em ocupação, área não parcelada, área

industrial, área residencial mista, área descoberta, áreas de chácaras, vegetação rasteira matas ciliares, reflorestamento, hortaliças, soja, pastagem e cana-de-açúcar. A seguir apresenta-se os valores de ocupação da área de estudo (Figura 25).

Figura 25: gráfico da ocupação da microbacia



Fonte: Autora (2022)

Analisando as classes do uso e cobertura do solo, podemos observar que a classe área densamente ocupada é predominante nas microbacias estudadas, com área de 5,91 km² e correspondendo a 34,7% da ocupação. Denota uma ocupação residencial expressiva e constata nesta área a consolidação da área urbanizada. Tal processo é relativo à urbanização que esta área vivenciou entre 1986 e 2005 (Figura 4), em que a ocupação ocorreu de maneira constante ao longo da microbacia.

A classe denominada área em ocupação possui a segunda maior área, com 2,28 km² que corresponde a 13,4% da ocupação. Foi caracterizada como em ocupação, pois mesmo apresentando bairros ocupados e loteamentos ainda não ocupados, ela é

entremeada por grandes terrenos vazios, passíveis de futuros parcelamentos do solo. Já a classe área não parcelada representa os grandes terrenos vazios que se inserem na área em ocupação, engloba um total de 1,89 km² e representa 11,1% da ocupação. Compreende-se que tais classes se referem ao processo de evolução urbana que as microbacias vêm sofrendo desde 2015 (Figura 4) até os dias atuais como fruto do processo especulativo.

A classe área de chácaras, representa a menor área dentro das classes relacionadas à urbanização, possuindo 1,12 km² e equivale a 6,6% da ocupação. Apresenta como característica pequenas chácaras que se encontram ao redor de bairros em processo de ocupação. O processo de descaracterização dessa área é fruto da evolução urbana que as microbacias vêm sofrendo ao longo dos anos, em que áreas que eram longínquas da malha urbana, agora passam a fazer limite com a ocupação.

Dentro das microbacias há uma grande variedade de atividades econômicas sendo desenvolvidas de natureza agrícola e urbana entremeadas. Com relação às atividades urbanas, podemos citar a classe denominada área residencial mista, a qual representa uma área de 0,53 km² e preenche 3,1% da ocupação; nela encontramos atividades comerciais juntamente a área residencial e chácaras. Já a classe industrial é caracterizada por presença de indústrias de diversos segmentos e tem uma área de 1,57 km², corresponde a 9,2% da ocupação.

As atividades de natureza agrícola referem-se às plantações: de soja, localizadas próximas à cabeceira do Córrego Tanquinho com uma área de 0,80 km² com uma ocupação equivalente a 4,7%; de cana-de-açúcar em área total de 1,09 km com 6,4% da ocupação, localizada entre os limites das microbacias e próximo a bairros residenciais; e horticulturas, distribuídas pela área estudada, ocupando 0,03 km² representando 0,2% da ocupação. Outra atividade agrícola desenvolvida nas microbacias é a pastagem, que se encontra às margens do Córrego do Serralha, totalizando 0,47 km² com 2,7% da ocupação. Há também na microbacia uma grande área agrícola abandonada que foi denominada como classe de área descoberta. Esta contém uma área equivalente a 1,10 km², correspondendo 6,4% da ocupação e localiza-se em uma das cabeceiras do Córrego Tanquinho e margeia a área residencial, indicando também um futuro parcelamento do solo.

Já as classes representadas pela proteção dos recursos hídricos como a mata ciliar

compreendem 1,32 km² (7,8% da ocupação) e vegetação rasteira com 0,33 km² (1,9% da ocupação) respectivamente. Estas se encontram presentes as margens dos Córregos do Tanquinho e do Córrego do Serralha, fazem limites com bairros residenciais, sejam eles densamente ocupados ou em processo de ocupação, chácaras e com atividades agrícolas como, a soja, a cana-de-açúcar e a pastagem. São áreas protegidas dentro da legislação municipal (ARARAQUARA, 2019), a qual prevê uma faixa com largura mínima de 100 metros ao longo de cada margem dos cursos d'água, sendo 30 metros consoantes à legislação federal e 70 metros para implantação da preservação dos recursos naturais e dos recursos hídricos, além de uma revitalização entre os corredores.

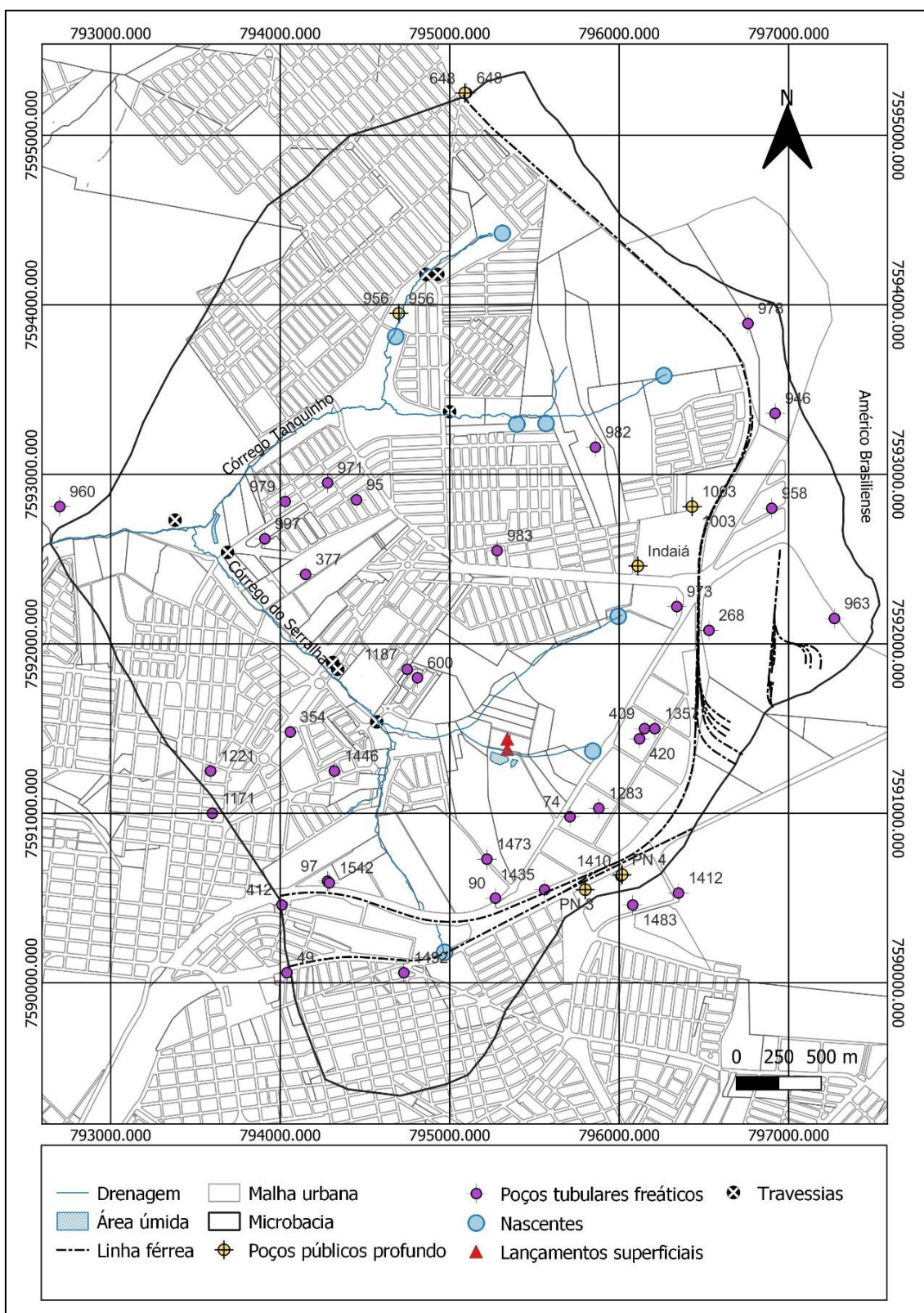
Também foi identificada uma área de reflorestamento realizado com árvores nativas, localizada em uma das cabeceiras do Córrego Tanquinho, abrangendo área de 0,02 km e equivale a 0,2% da ocupação.

6.10 Caracterização dos Córregos e Usos da Água

Para dar início a esta discussão é importante apresentar o conceito de uso da água que é considerado como qualquer atividade humana que altere as condições naturais das águas. Cada tipo de uso pode ser classificado como: uso consuntivo, que são aqueles que retiram águas do manancial para sua destinação como irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano; ou não consuntivo, que são usos que aproveitam os cursos da água sem consumi-la, como o lazer, a pesca e a navegação (BRASIL, 2022).

Nesta pesquisa foram investigados os usos da água na área da pesquisa uma vez que estas microbacias são importantes para o abastecimento público; para identificar esses diferentes usos nas microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha foi feito o levantamento nas bases de dados do CPRM (SIAGAS) e do DAEE. Esses dados foram especializados na Carta de Usos da Água (Figura 26; APÊNDICE 12).

Figura 26: Carta de Usos da Água



Fonte: Autora (2023)

Foi possível observar que na área pesquisada ocorrem usos e interferências nos corpos hídricos relacionados ao abastecimento, à infraestrutura urbana e ao saneamento.

O uso denominado abastecimento refere-se a seis poços tubulares de abastecimento público como os poços 648, 956, 1003, Indaiá, PN3 e PNA distribuídos ao longo da microbacia (Figura 27) e vinte e sete poços tubulares referentes a abastecimento industrial, rural e de lazer. Os poços de abastecimento público (APÊNDICE 01) bombeiam as águas subterrâneas do Aquífero das Formações Botucatu e Pirambóia, denominado Aquífero Guarani; sua perfuração é profunda, podendo atingir até 450 metros e as áreas de influência imediatas dos poços encontram-se ocupadas por moradias, terrenos vazios e vias de circulação e mesmo contendo tais impermeabilizações, estas não interferem na captação da água, pois a água é captada de aquífero confinado. Segundo o DAEE (2013), não existe área declarada contaminada em um raio de 500 metros além destes poços.

Figura 27: Poço tubular de abastecimento público no 648 localizado na Rua Carlos Alberto Alves de Carvalho Pinto, Jardim Roberto Selmi Dei.



Fonte: Autora (2023)

Os poços tubulares de abastecimento industrial, rural e de lazer, bombeiam as águas subterrâneas do Aquífero Bauru, da Formação Adamantina. A profundidade varia até 120 metros e a profundidade do nível de água pode variar entre 7 m a 15 m. A área de interferência imediata também se encontra em locais com intensa ocupação, estando

susceptíveis a sofrer interferências da impermeabilização da superfície, ou problemas de contaminação afetando a qualidade da água.

Os pontos outorgados de usos relacionados à infraestrutura urbana referem-se a cinco travessias aéreas, entre elas duas passagens de duto e três travessias intermediárias. Essas infraestruturas competem a trechos de canalização de pontes de passagem dos córregos.

Foram observados alguns impactos sobre as nascentes e os cursos d'água. Tanto no trecho do Córrego Tanquinho quanto no trecho do Córrego do Serralha, há deposição de sedimentos no canal (assoreamento) em alguns pontos, e em outros pontos próximos às travessias foram encontrados depósitos clandestinos de resíduos sólidos (Figura 28) e erosão nas margens.

Figura 28: Depósito de resíduo sólido próximo ao Córrego do Serralha



Fonte: Autora (2023)

Ao analisar as condições que se encontram os córregos da área de estudo, podemos citar que mesmo havendo tais interferências, há trechos dos cursos d'água que ainda apresentam áreas de várzea preservadas e mata ciliar bem adensada, mantendo o papel de proteção das margens e córregos (Figura 28). Entretanto, ao averiguar as áreas

de nascente, encontramos estas sem cobertura vegetal, com muito entulho e pontos com formação de erosão, além de constatar a mudança do local da nascente para jusante (Figura 29), indicando uma diminuição da disponibilidade hídrica devido à ação antrópica.

Figura 29: Área de várzea e mata ciliar presentes no Córrego Tanquinho (A) e no Córrego do Serralha (B).



Fonte: Autora (2023)

Figura 30: Áreas de nascente do Córrego Tanquinho (A) e do Córrego do Serralha (B).



Fonte: Autora (2023)

Quanto ao uso da água para saneamento, não foi possível observar em campo os dois lançamentos superficiais cadastrados no DAEE, pois se localizam em propriedades privadas.

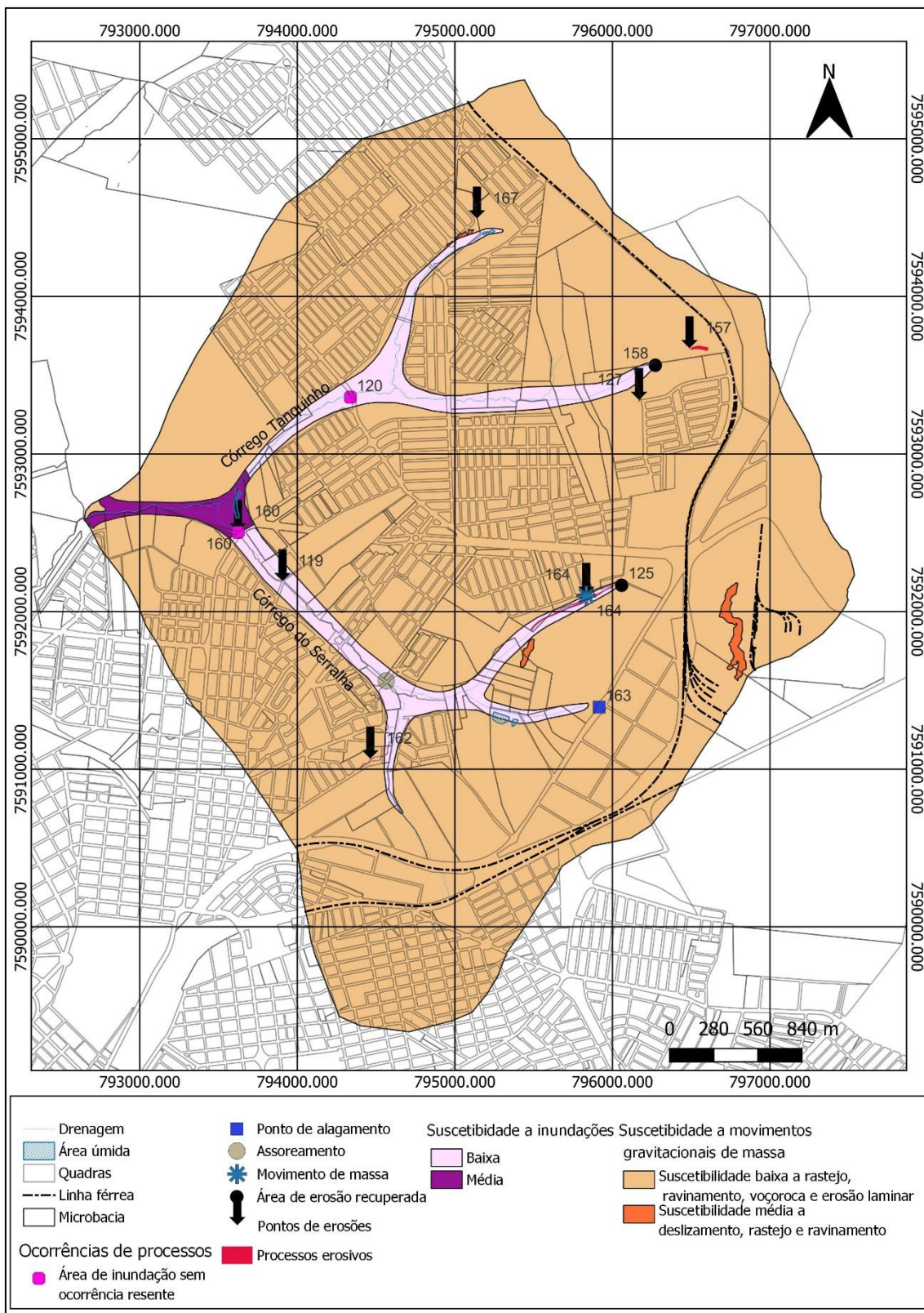
No entanto, é importante ressaltar a inexistência na microbacia do Córrego do Serralha de um sistema de captação de água pluvial adequado, sendo de extrema importância, pois possibilita o disciplinamento do escoamento das águas da chuva, visto que, tal área vem sofrendo com graves processos erosivos devido à concentração destas águas.

6.11 Ocorrência de processos do meio físico e áreas de suscetibilidade

A elaboração da Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade (Figura 31; APÊNDICE 13) ocorreu por meio da organização dos dados e levantamentos descritos no item 5.2.2. Foram identificadas áreas a partir da Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação (CPRM, 2021), áreas suscetíveis a processos erosivos, de movimentos gravitacionais de massa, depósitos de acumulação de encosta e de inundação nas microbacias do Córrego Tanquinho e do Serralha.

Segundo CPRM (2021), a área de estudo apresenta suscetibilidade entre média e baixa aos processos de movimentos gravitacionais de massa e processos de erosão. Na Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade (Figura 31), as áreas denominadas com média suscetibilidade encontram-se em encostas convexas com declividade entre 3 a 8 e 8 a 20%; apresentam suscetibilidade a movimentos de massa do tipo deslizamento, rastejo e processos de erosão, com possíveis diretrizes para restrição à ocupação. Por outro lado, as áreas com baixa suscetibilidade encontram-se em topos amplos e aplainados e nas encostas convexas suavizadas com declividade entre 0 a 3% e 3 a 8%. Apontam suscetibilidade baixa para movimentos de massa do tipo rastejo e processos de erosão, com ocupação mediante a identificação dos processos e medidas preventivas.

Figura 31: Carta de Ocorrência de Processos do Meio físico e Áreas de Suscetibilidade



Fonte: Autora (2023)

A área de estudo apresenta suscetibilidade à inundação de média a baixa, também identificada pelo CPRM (2021). As áreas denominadas média suscetibilidade a processos

de inundação, solapamento de margem e assoreamento na Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade encontram-se localizadas na planície aluvial com declividade entre 0 a 3% e 8 a 20%. As áreas de baixa suscetibilidade a processos de inundação e assoreamento na Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade, estão presentes na planície aluvial com declividade entre 0 a 3% a 8 a 20%.

Considerando os locais de ocorrência de processos do meio físico presentes na área de estudo, o mapeamento realizado pelo IG-CEDEC (2008) apontou dois pontos de inundação: ponto 120, sobre o qual fomos informadas pelos moradores que residem no entorno do local e ponto 160 publicado no relatório. Estes dois pontos de inundação foram classificados como sem ocorrência recente, em razão da manutenção dos sistemas de drenagem superficial e não há registro recente de inundação. Um outro ponto de alagamento (163) foi cadastrado no Mapa de Zoneamento Ambiental do PDPUA (ARARAQUARA, 2013) tem o processo desencadeado em consequência da falta de infraestrutura da rede pluvial e travessias que afetam o correto escoamento das águas pluviais provenientes de residenciais que se encontram em área de vertente, ocasionando o carreamento de sedimentos para a via e para o curso d'água.

No Mapa de Zoneamento Ambiental do PDPUA (ARARAQUARA, 2013), há dois pontos de ocorrência de processos erosivos superficiais (162 e 164). Em notícia no site da Prefeitura Municipal de Araraquara (2018), há um ponto de área de erosão recuperada. Foi possível identificar em visita a campo, cinco pontos de processos erosivos lineares acelerados ativos (119, 127, 160, 158 e 167). Estes processos erosivos, acontecem em diferentes pontos da área, especialmente próximos aos corpos d'água, e variam entre erosões de sulco a ravinas.

Uma das áreas mais impactadas (ponto 164) situa-se na margem do Córrego do Serralha, próximo à sua cabeceira, situado em declive do terreno acentuado (entre 8 e 20%), caracterizado por um solo de alteração de arenitos, considerado suscetível à erosão (); devido à falta de obras pluviais em vias próximas, há a degradação por intermédio do grande volume da água da chuva concentrada que é direcionado para o canal do córrego, ocasionando a formação de erosões marginais.

Figura 32: Processo erosivo na margem no Córrego do Serralha.



Fonte: Autora (2023)

Outro ponto de ocorrência de erosão situado no Córrego do Serralha, está localizado em uma de suas nascentes (ponto 162). Devido à grande circulação de água da chuva, à declividade do terreno e à falta de um sistema pluvial eficaz, forma-se neste local uma ravina (Figura 33) que se prolonga pela área de proteção permanente. Durante visita ao local foi identificada a adoção de métodos de contenção da erosão que foram implantados, porém sem obter sucesso. Também foi observada uma grande quantidade de objetos jogados dentro da erosão, assim como entulho (Figura 33).

Figura 33: Erosão em forma de ravina em área de preservação permanente no Córrego do Serralha



Fonte: Autora (2023)

Figura 34: Entulho depositado em erosão no Córrego do Serralha



Fonte: Autora (2023)

Também foram identificados processos erosivos em uma obra pluvial e em sua margem direita (Figura 35) situada em travessia do Córrego do Serralha (ponto 160). Tais processos vêm se desenvolvendo devido à formação de entalhe no fundo de vale nesta área, ocorrendo a concentração de água da chuva vinda das regiões mais altas em conjunto com a falta de manutenção da obra. Por outro lado, a erosão marginal é consequência das enchentes que ocorreram nessa área e do tipo de solo caracterizado como de alteração de arenitos.

Figura 35: Erosão em obra pluvial no Córrego do Serralha.



Fonte: Autora (2022)

Em visita a campo foi detectado outro processo erosivo (ponto 127) ainda não inserido nos estudos anteriores. Este está localizado em uma região de implantação de um novo residencial (Figura 36), situado em final de rua com declividade de 3 a 8%; a falta de vegetação e a inexistência de rede de água pluvial proporcionou a exposição do solo, acarretando o surgimento da erosão.

Figura 36: Erosão em novo residencial.



Fonte: Autora (2023)

Em área rural (ponto 157) foram identificados sulcos erosivos incipientes instalados em vertente (Figura 36). O processo é desencadeado pelo lançamento de águas pluviais conduzidas ao local pelo sistema de micro drenagem situado a montante da erosão; o escoamento superficial atinge a área rural conduzido por travessias situadas sob aterro da linha férrea, seu lançamento é feito diretamente no solo em valas de drenagem que conduzem as águas para dentro das culturas agrícolas. O processo é interrompido devido à presença de murundum em curva de nível situado a jusante da erosão.

Figura 37: Processo de sulcos erosivos incipientes instalado em vertente em área rural.



Fonte: Autora (2023)

Dentre as ocorrências de processos erosivos cadastradas nos estudos considerados, encontramos duas que se encontravam contidas no momento. O primeiro

processo se situa na cabeceira do Córrego do Serralha (ponto 125) e notou-se que houve obras de contenção à erosão e de melhoramento na rede de água pluvial (Figura 37). O segundo processo está localizado próximo à cabeceira do Córrego Tanquinho (ponto 158) e observou-se a construção de curvas nível para contenção da erosão.

Figura 38: Obras de contenção à erosão e de melhoramento na rede de água pluvial

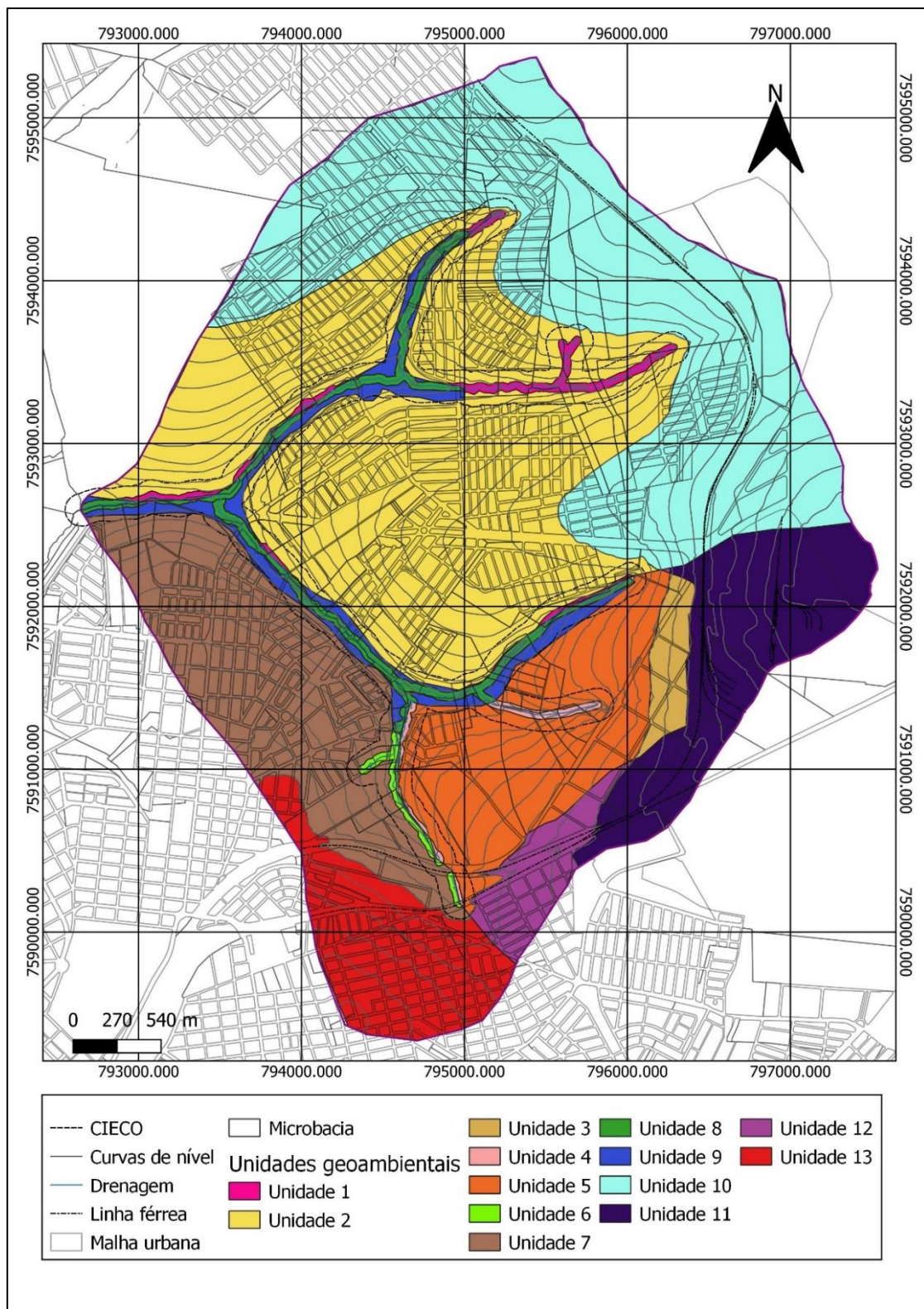


Fonte: Autora (2023)

6.12 Análise das Unidades Geoambientais

A Carta das Unidades Geoambientais das microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha resultante da operação de interseção espacial (Figura 39; APÊNDICE 14) foi realizada com base nas cartas intermediárias do Substrato Geológico, Materiais Inconsolidados, Geomorfologia e Drenagens com Área de preservação permanente, apresentando unidades geoambientais de 1 a 13. Para esta carta foi gerada a Legenda com a descrição das características de cada Unidade Geoambiental (Quadro 14) e uma análise com suas influências e interferências nos recursos hídricos.

Figura 39: Carta de Unidades Geoambientais das microbacias do Córrego Tanquinho e Córrego do Serralha.



Fonte: Autora (2022)

Quadro 13: Legenda com as características da área.

Unidade Geoambiental	Características da área
1	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silto-areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Fundo de vale da Unidade Geomorfológica 1- colinas amplas com vertentes convexas e topos ondulados; • Declividades no fundo de vale entre 0-3%, 3-8%, 8-20% e >20%; • Com presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: mata ciliar, vegetação rasteira, área descoberta, área não parcelada, soja e pastagem.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Vertentes e topo da Unidade Geomorfológica 1 - colinas amplas com vertentes convexas e topos ondulados; • Declividades variando entre 0-3% em área de topo, 3-8% e 8-20% nas vertentes e >20% próximo a cabeceira; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área de chácaras, áreas densamente ocupadas, área em ocupação, área não parcelada, área descoberta, mata ciliar, vegetação rasteira, reflorestamento, cana de açúcar, soja, hortícolas e pastagem.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Vertente da Unidade Geomorfológica 2 -, colina pequena de topo aplainado com vertente convexa; • Declividade variando entre 3-8%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo que estão presentes são: pastagem, área de chácaras e área não parcelada.
4	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Fundo de vale da Unidade Geomorfológica 3 - colina média com vertentes retilínea convexa; • Declividades variando no fundo de vale entre 0-3%, 3-8% e 8-20% e >20%; • Com presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: mata ciliar.
5	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Vertente da Unidade Geomorfológica 3 - colina média com vertentes retilínea convexa;

	<ul style="list-style-type: none"> • Declividade variando entre 0-3%, 3-8% e 8-20% em área de vertente e próximo a cabeceira >20%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área densamente, área em ocupação, área de chácaras, área não parcelada, mata ciliar, pastagem e represa.
6	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Fundo de vale da Unidade Geomorfológica 4 - colinas médias com vertentes convexas e topo ondulados • Declividades variando entre 0-3%, 3-8% e 8-20%; • Com presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: mata ciliar e vegetação rasteira.
7	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Vertente da Unidade Geomorfológica 4 - colinas médias com vertentes convexas e topos ondulados; • Declividades variando no topo de 0-3% e na vertente entre 3-8% e 8-20%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área de chácaras, área em ocupação, área densamente ocupada, área não parcelada, mata ciliar, vegetação rasteira e hortícolas.
8	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Fundo de vale da Unidade Geomorfológica 5 - vale pequeno aberto com vertentes convexas; • Declividades variando no fundo de vale entre 0-3%, 3-8%, 8-20% e >20%; • Com presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: mata ciliar e vegetação rasteira.
9	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Residual da Formação Adamantina (Areno-argiloso); • Fundo de vale e vertentes da Unidade Geomorfológica 5 - vale pequeno aberto com vertentes convexas; • Declividades variando no fundo de vale entre 0-3%, 3-8% e 8-20% • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: mata ciliar, vegetação rasteira, hortícolas, pastagem, cana de açúcar, área descoberta, área densamente ocupada, área em ocupação e área não parcelada.
10	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Retrabalhado Cenozóico (Silto-arenoso); • Topo e vertentes da Unidade Geomorfológica 1 - colinas amplas com vertentes convexas e topos ondulados;

	<ul style="list-style-type: none"> • Declividades em área de topo variando entre 0-3%, em vertentes 3-8% e 8-20%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área densamente ocupada, área em ocupação, área industrial, área não parcelada, área descoberta, cana de açúcar, soja, mata ciliar, e reflorestamento.
11	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Retrabalhado Cenozóico (Silto-arenoso); • Topo e vertentes da Unidade Geomorfológica 2 - colinas pequenas de topo aplainado; • Declividades em área de topo variando entre 0-3%, em vertentes 3-8% e 8-20%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área de chácara, área industrial, área residencial mista e pastagem.
12	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Retrabalhado Cenozóico (Silto-arenoso); • Topo da Unidade Geomorfológica 3 - colina média com vertentes retilínea convexa; • Declividade em área de topo variando entre 0-3% e 3-8%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área de chácara, área densamente ocupada, área em ocupação, área residencial mista e área não parcelada.
13	<ul style="list-style-type: none"> • Substrato geológico da Formação Adamantina, formado por arenito com granulação fina a média, textura silte areno-argilosa e coloração alaranjada; • Material inconsolidado Retrabalhado Cenozóico (Silto-arenoso); • Topo da Unidade Geomorfológica 4 - colinas médias com vertentes convexas e topos ondulados; • Declividade em área de topo variando entre 0-3% e na vertente 3-8%; • Sem presença de drenagem e área de preservação permanente; • Uso e cobertura do solo: área densamente ocupada, área em ocupação e área não parcelada.

Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

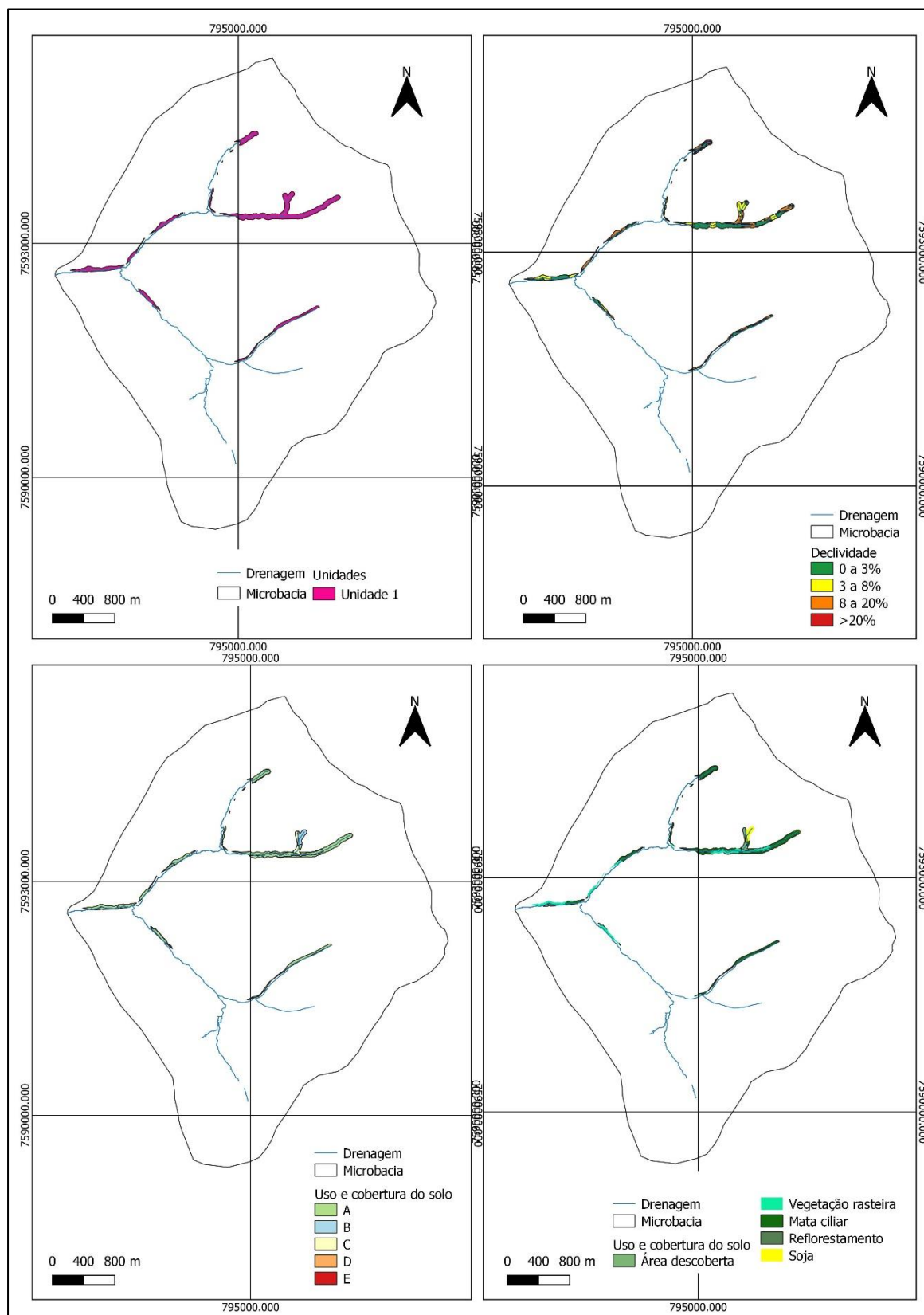
Unidade Geoambiental 1:

A unidade geoambiental 1 localizada em trechos dos fundos de vale, especialmente do Córrego Tanquinho (Figura 40), caracteriza-se por ser área de escoamento hídrico superficial nos taludes, exfiltração de subsuperfície e acúmulo de água nas drenagens.

Dentre os atributos que apresentam maior relevância destaca-se as maiores declividades nas cabeceiras, o uso e cobertura do solo e o solo areno-argiloso. Nota-se que em relevo forte a suave ondulado, com presença das classes de soja e área descoberta sobre solo areno-argiloso, ocorre a formação do aumento do escoamento superficial e a concentração de água na drenagem.

A presença do uso e cobertura do solo das classes de mata ciliar bem preservadas, vegetação rasteira e reflorestamento contribuem para a preservação e manutenção do curso hídrico e a exfiltração de água na drenagem. Sendo assim, recomenda-se uma maior proteção desta unidade e a recomposição de vegetação ciliar onde não está presente, em especial nas cabeceiras.

Figura 40: Características da Unidade Geoambiental 1.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

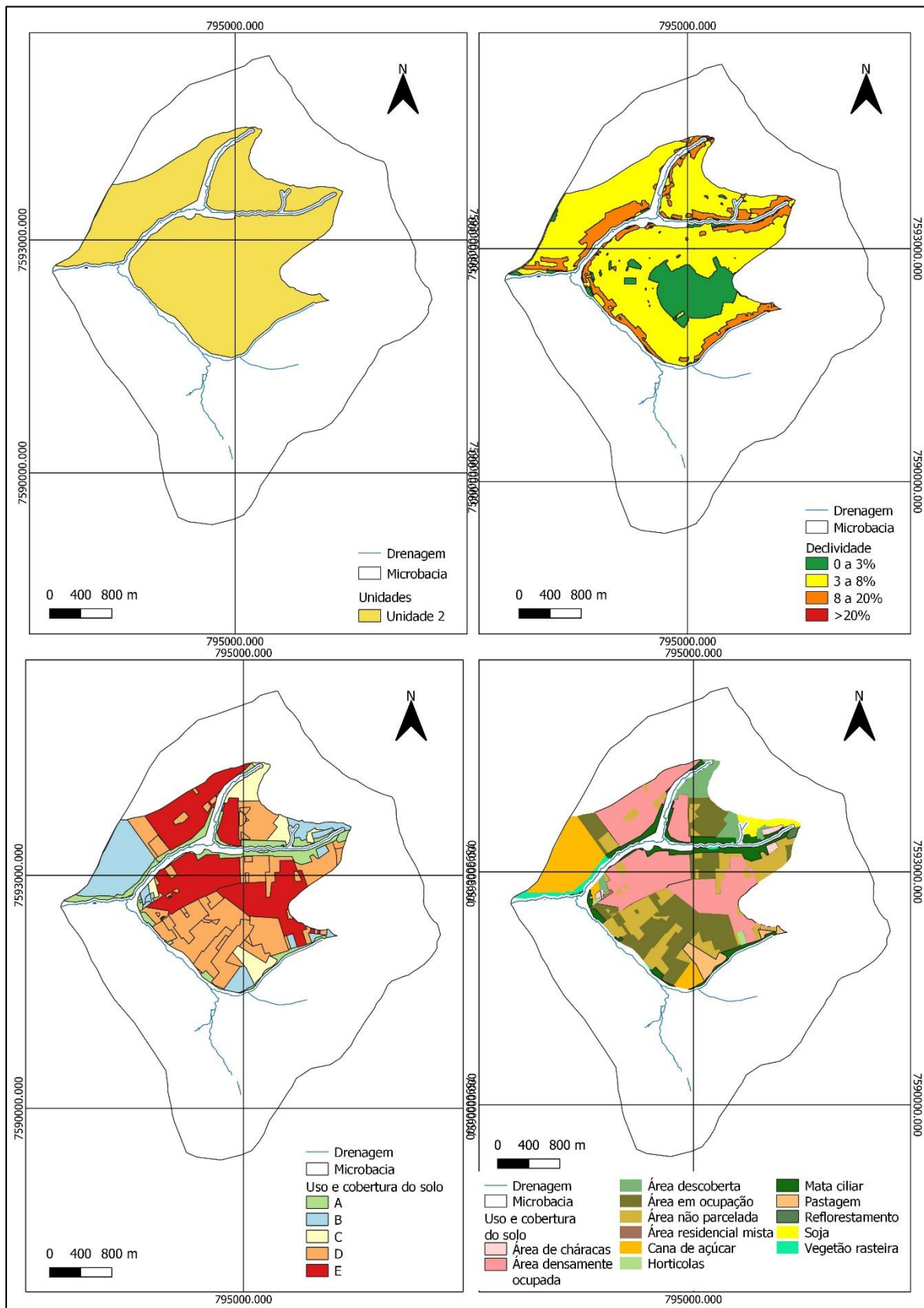
Unidade Geoambiental 2:

A unidade geoambiental 2 localiza-se nas vertentes do córrego Tanquinho e entre este e o Córrego do Serralha (Figura 41), denota um maior favorecimento à formação do aumento do escoamento hídrico superficial das microbacias e prejuízo à infiltração nas camadas subterrâneas por alguns tipos de uso do solo.

Os atributos relevantes são as maiores declividades, as classes do uso e cobertura do solo com maior impermeabilização e o material inconsolidado residual.

Assim, devido à influência de declives variando entre relevo forte a suave ondulado em alguns trechos associado à impermeabilização da área densamente ocupada e em ocupação, favorecem a formação do aumento do escoamento superficial. Em outros trechos, a inexistência de áreas impermeabilizadas e presença de material superficial areno-argiloso proporciona uma maior capacidade de infiltração de água nas camadas. Tal deficiência de infiltração acarreta impactos no regime hídrico e o surgimento de ocorrências erosivas nas microbacias.

Figura 41: Características da Unidade Geoambiental 2.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

Unidade Geoambiental 3:

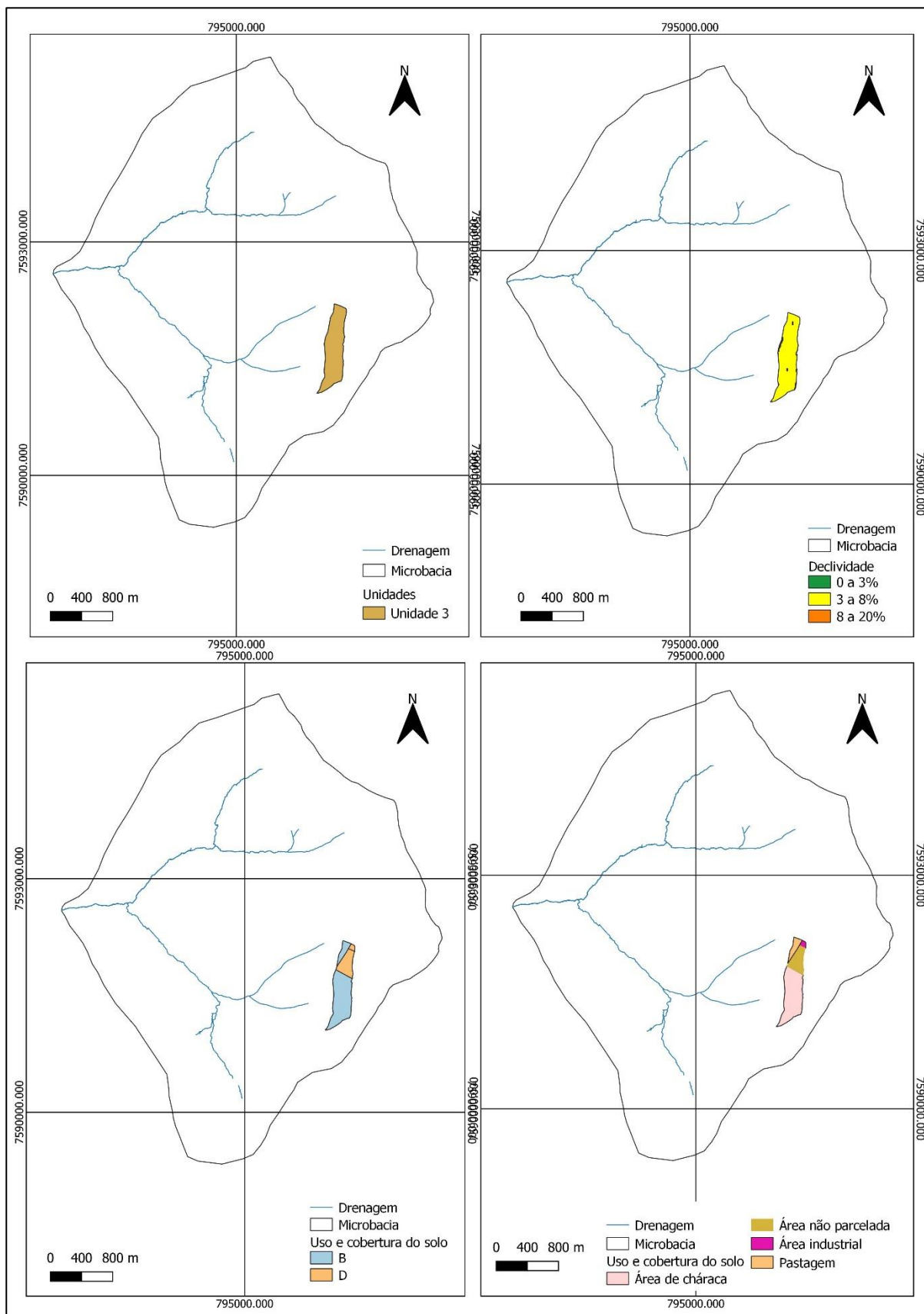
A unidade geoambiental 3 ocupa pequena área na cabeceira do Córrego do Serralha (Figura 42) e se sobressai pela maior favorabilidade para a infiltração de água nas camadas subterrâneas.

Os atributos favoráveis são uso e cobertura do solo pouco impermeabilizado, o material inconsolidado e a declividade pouco acentuada.

Deste modo, características do relevo suave ondulado em conjunto com material superficial areno-argiloso e as classes área de chácaras, área não parcelada e pastagem do uso e cobertura do solo, com áreas pouco impermeabilizadas favorecem o armazenamento da água subterrânea.

Entretanto há trechos com presença de classe de área industrial que apresenta uma maior impermeabilização e pode contribuir para a formação do escoamento superficial hídrico. Desta forma, para garantir estas características favoráveis da unidade, tem que se assegurar que seja evitada uma impermeabilização maior em consequência de parcelamentos futuros.

Figura 42: Características da Unidade Geoambiental 3.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

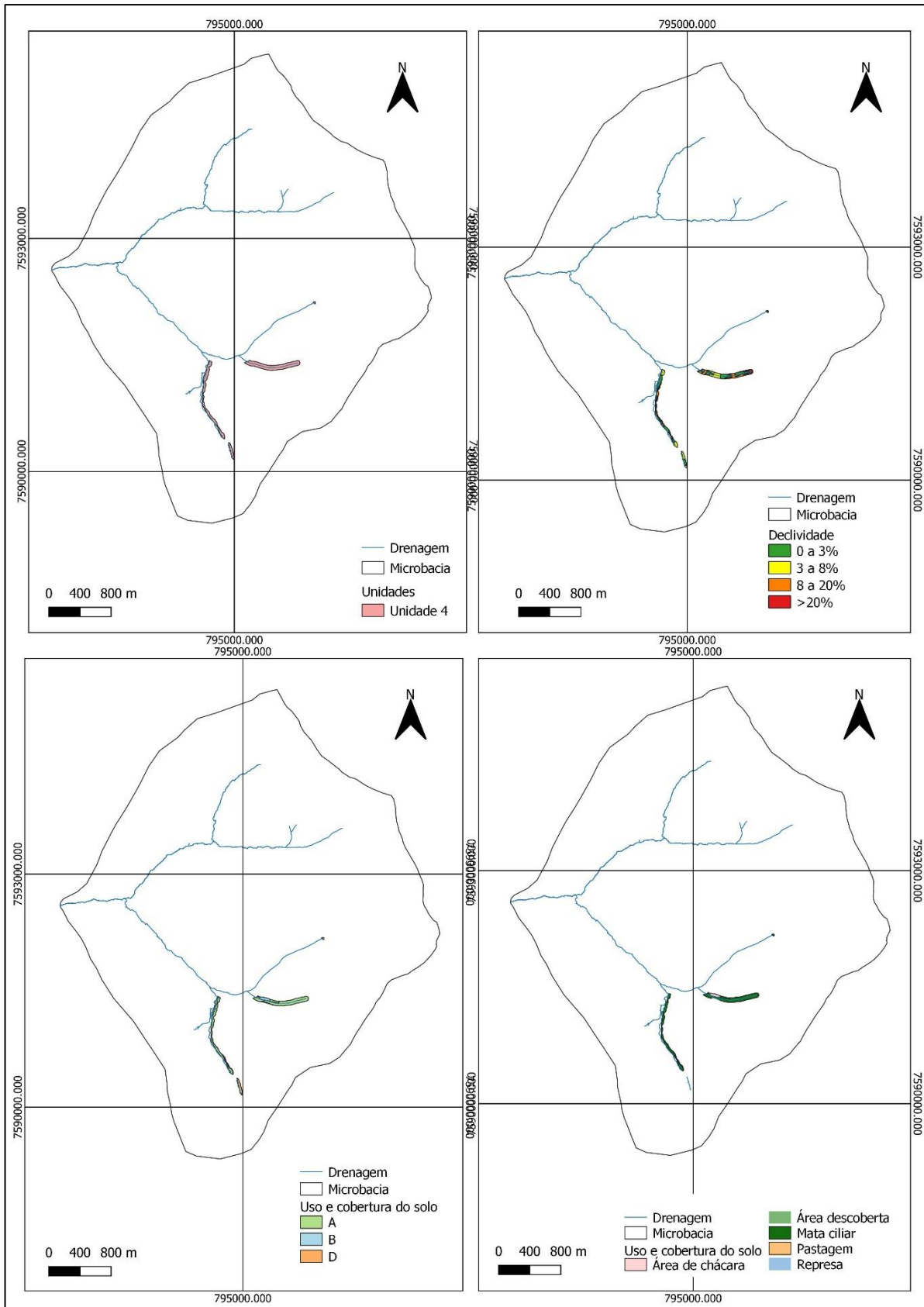
Unidade Geoambiental 4:

A unidade geoambiental 4 concentra-se nos fundos de vale do Córrego do Serralha (Figura 43) onde há uma maior favorabilidade para escoamento superficial hídrico e a exfiltração de subsuperfície.

Os atributos influentes são as maiores declividades, o solo areno-argiloso e o uso e cobertura do solo. A associação do material areno-argiloso aos declives de relevo forte a suave ondulado acaba contribuindo para a formação do escoamento superficial e o acúmulo de água na drenagem provocando a exfiltração de subsuperfície.

As classes de uso e cobertura do solo de mata ciliar e área de chácaras colaboram para a infiltração de água nas camadas, além de contribuir para a preservação e manutenção do curso hídrico. Recomenda-se, portanto, uma maior proteção desta unidade.

Figura 43: Características da Unidade Geoambiental 4.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

Unidade Geoambiental 5:

A unidade geoambiental 5 (Figura 44) apresenta uma maior favorabilidade para a infiltração da água e armazenamento subterrâneo.

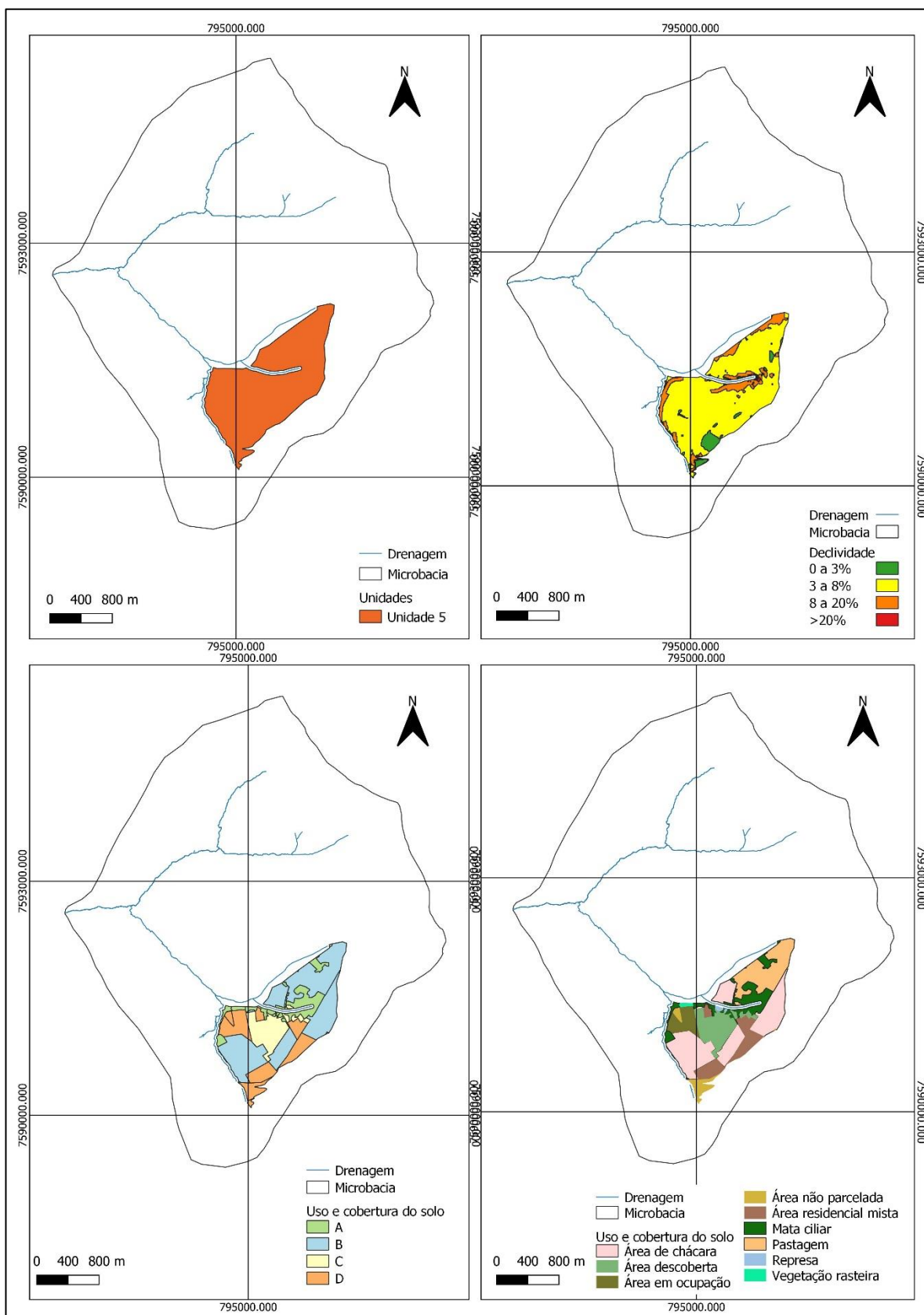
Dentre os atributos mais relevantes para este favorecimento estão o uso e cobertura do solo com pouca impermeabilidade e as características do material inconsolidado.

Observa-se nesta área a presença de usos como pastagem, área de chácaras, mata ciliar, área não parcelada, área descoberta e represa, que favorecem a ocorrência de infiltração da água nas camadas do solo areno-argiloso.

Em trechos nos quais as declividades são mais acentuadas pode ocorrer a formação do escoamento hídrico superficial.

Esta unidade necessita de uma atenção nas medidas de gestão e planejamento quanto ao uso dos recursos hídricos, por apresentar características que contribuem para a disponibilidade hídrica subterrânea.

Figura 44: Características da Unidade Geoambiental 5.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

Unidade Geoambiental 6:

A unidade geoambiental 6 ocupa algumas vertentes do Córrego do Serralha (Figura 45) e contém uma maior favorabilidade para formação escoamento superficial e a exfiltração de subsuperfície.

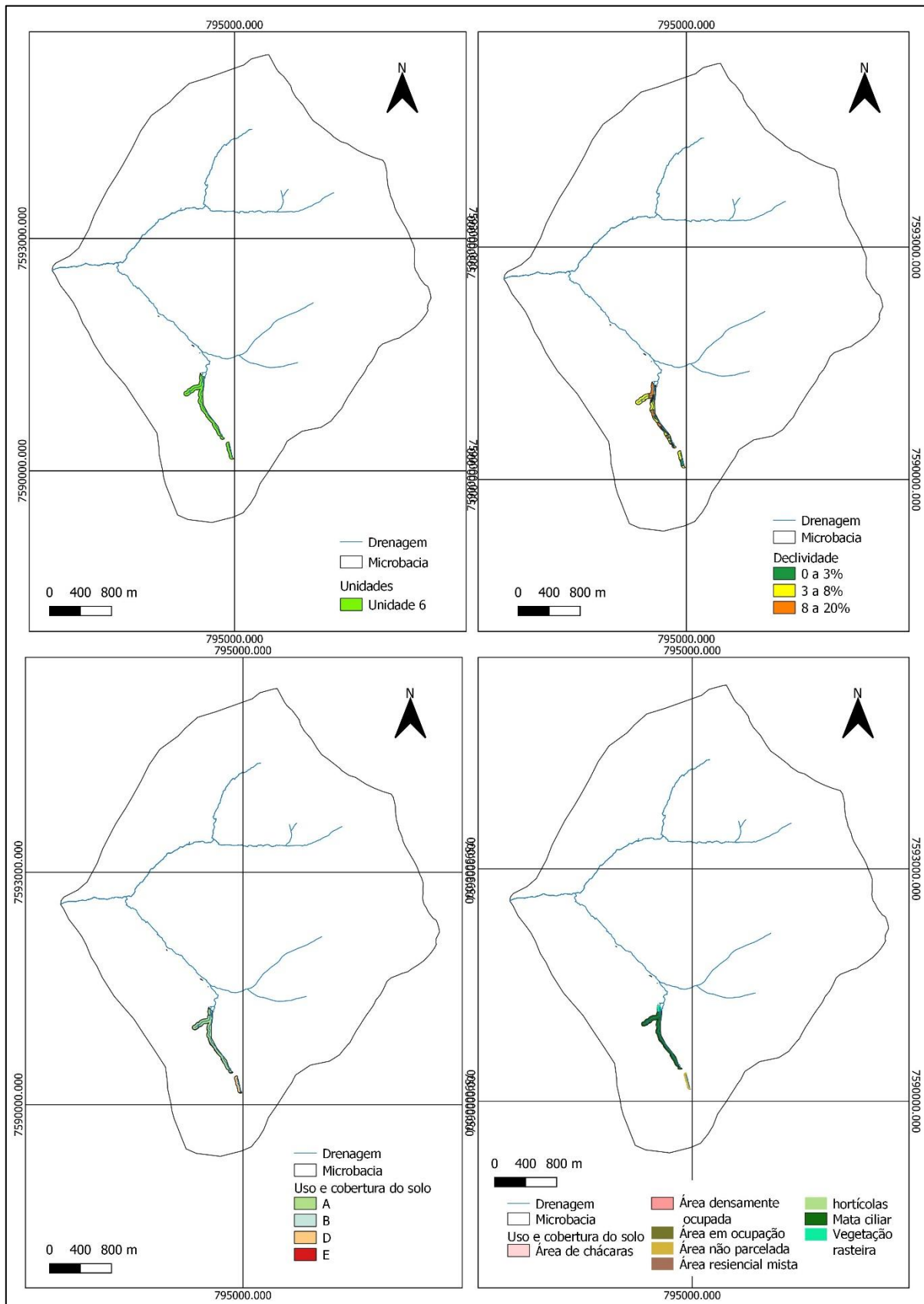
Os aspectos mais relevantes que interferem são a presença de classes de uso e cobertura do solo, os materiais inconsolidados e a declividade do terreno.

A presença de classes de área densamente ocupada, em ocupação e residencial mista, caracterizadas por apresentar uma maior impermeabilização, em trechos de declividade com relevo ondulado colaboram para a formação do aumento do escoamento hídrico com acúmulo de água na drenagem.

As características do material areno-argiloso associado a classes de mata ciliar e vegetação rasteira, sendo classe que não apresentam uma impermeabilização, contribui para o exfiltração de subsuperfície.

Essa associação de fatores sem a existência de um sistema de coleta de água pluvial eficiente pode ocasionar problemas de formação de erosão e possível assoreamento na drenagem, prejudicando as mata ciliar adensada e áreas com vegetação rasteira, que cumprem com seu papel de preservação e manutenção do curso hídrico. Assim é de extrema importância a atenção para esta unidade tanto para a sua proteção quanto para medidas de gestão e infraestruturas.

Figura 45: Características da Unidade Geoambiental 6.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

Unidade Geoambiental 7:

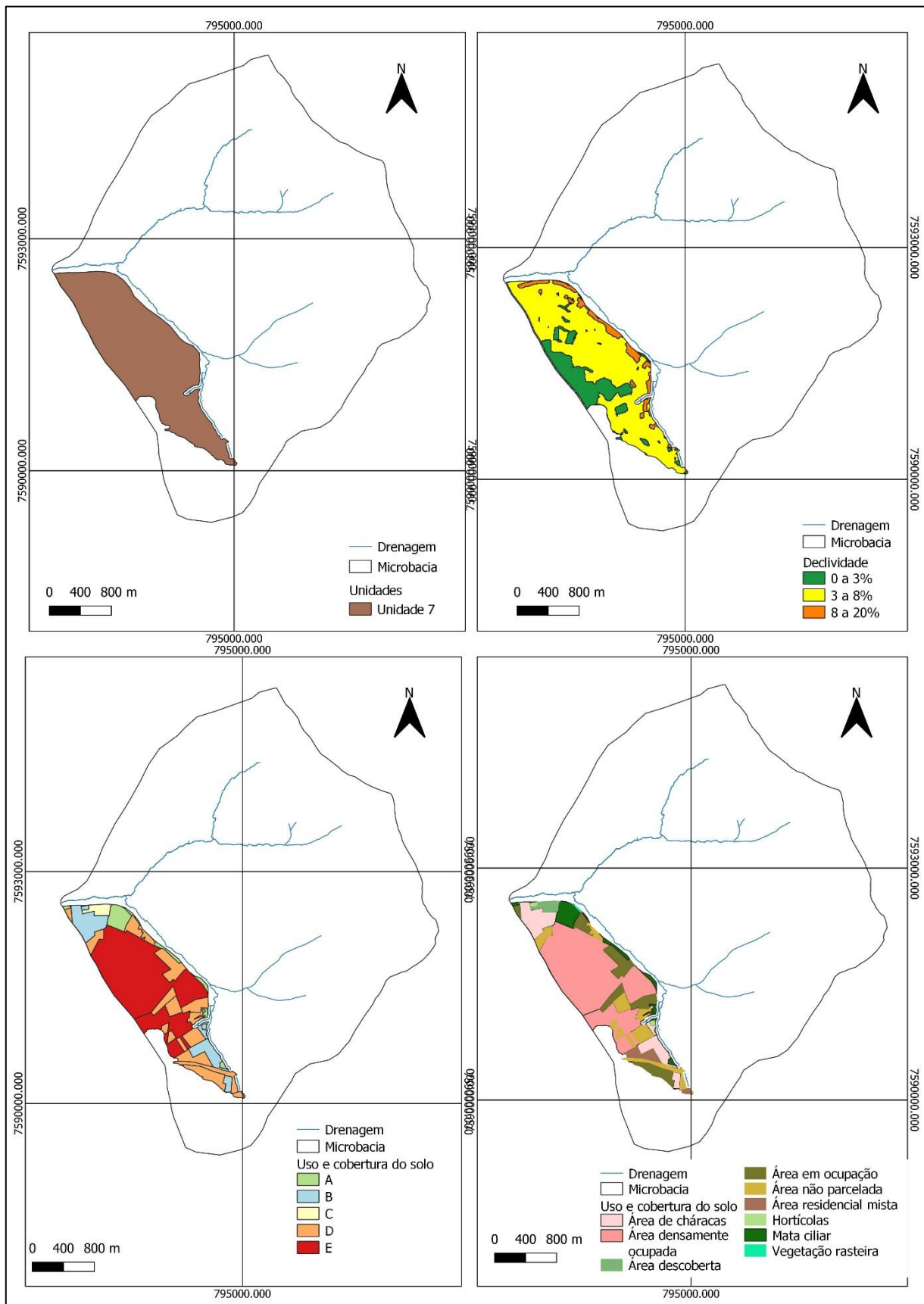
A unidade geoambiental 7 está vertente do Córrego do Serralha (Figura 46) e destaca-se pela maior favorabilidade para a formação de um aumento do escoamento hídrico superficial na microbacia.

Os atributos que mais favorecem estão associados à presença de áreas impermeabilizadas pelo uso e cobertura do solo e as variações das declividades. Nota-se que as seções da vertente que apresentam relevo ondulado a suave ondulado em um trecho com maior impermeabilização por ser área densamente ocupada e área em ocupação, contribuem para o aumento do escoamento superficial da microbacia. Entretanto, alguns trechos com declividade pequena e relevo plano podem contribuir para a deficiência no escoamento superficial hídrico.

Há pequenos trechos com área de chácaras, área não parcelada, mata ciliar, vegetação rasteira e hortícolas, que podem contribuindo para a infiltração e acúmulo da água na drenagem.

Desta maneira, é importante ressaltar a importância dos sistemas de drenagem pluviais, onde através deles pode-se eliminar as águas estagnadas, a o assoreamento, focos de doenças, redução de erosão e a poluição dos rios.

Figura 46: Características da Unidade Geoambiental 7.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

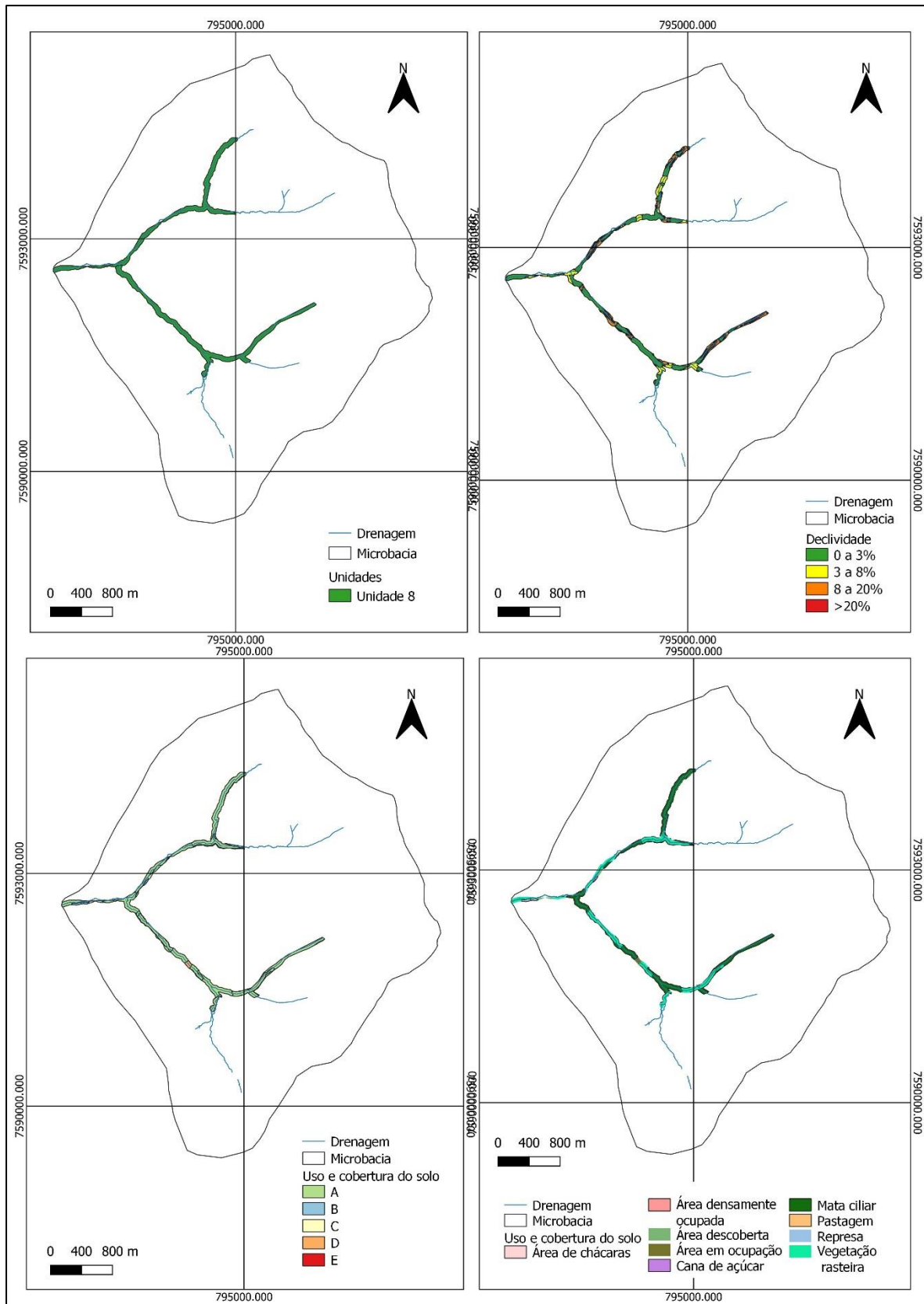
Unidade Geoambiental 8:

A unidade geoambiental 8 ocupa grande parte dos fundos de vale dos médios cursos dos córregos Tanquinho e do Serralha (Figura 47), destacando-se por ser área de maior favorecimento para o acúmulo de água nas drenagens.

A presença do material inconsolidado areno-argiloso e os usos e coberturas do solo contribuem para esta relevância. Trechos que apresentam declive suave e mata ciliar e/ou vegetação rasteira, colaboram para a o acúmulo hídrico nas drenagens. Entretanto, nesta unidade há trechos em declive médio a moderado em solo areno-argiloso, mas que foram favorecidos pela presença de mata ciliar em bom estado de preservação e grandes áreas de vegetação rasteira, que contribuem para a formação do escoamento hídrico provocando o acúmulo de água na drenagem.

Tal unidade necessita de uma atenção maior, por apresentar uma propensão à formação de processos erosivos.

Figura 47: Características da Unidade Geoambiental 8.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

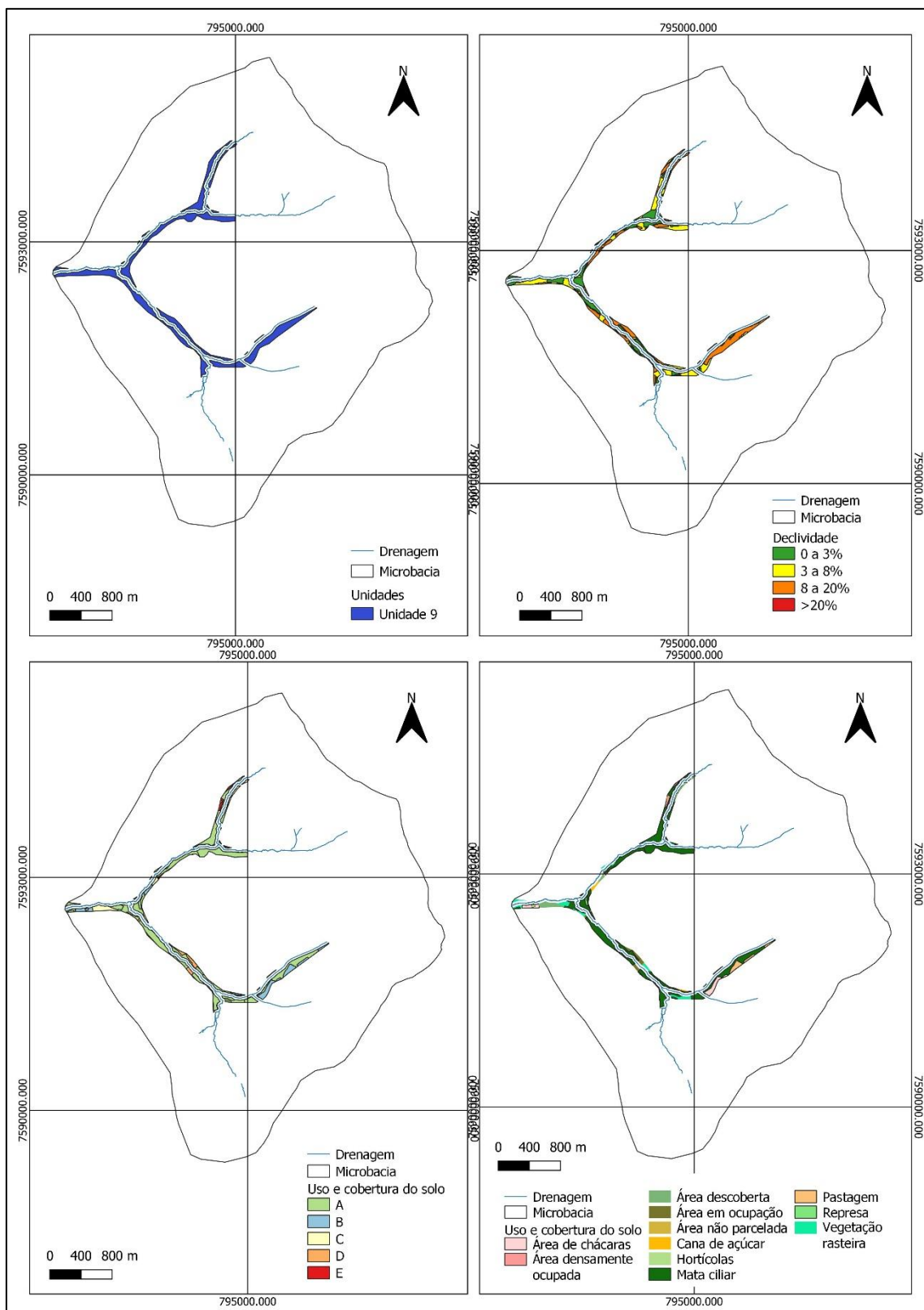
Unidade Geoambiental 9:

A unidade geoambiental 9 ocupa as médias encostas ao redor da unidade 8 (Figura 48) e apresenta maior favorabilidade ao escoamento superficial.

Influenciam os atributos da forma do vale, da declividade e o uso e cobertura do solo, em área de material inconsolidado areno-argiloso. Embora a declividade seja maior, os usos e cobertura por mata ciliar e vegetação rasteiras favorecem a proteção e melhoram a infiltração da água nas camadas do solo.

Essas classes de uso apresentam uma importância para a preservação e manutenção do curso hídrico, sendo indispensável a proteção desta unidade.

Figura 48: Características da Unidade Geoambiental 9.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

Unidade Geoambiental 10:

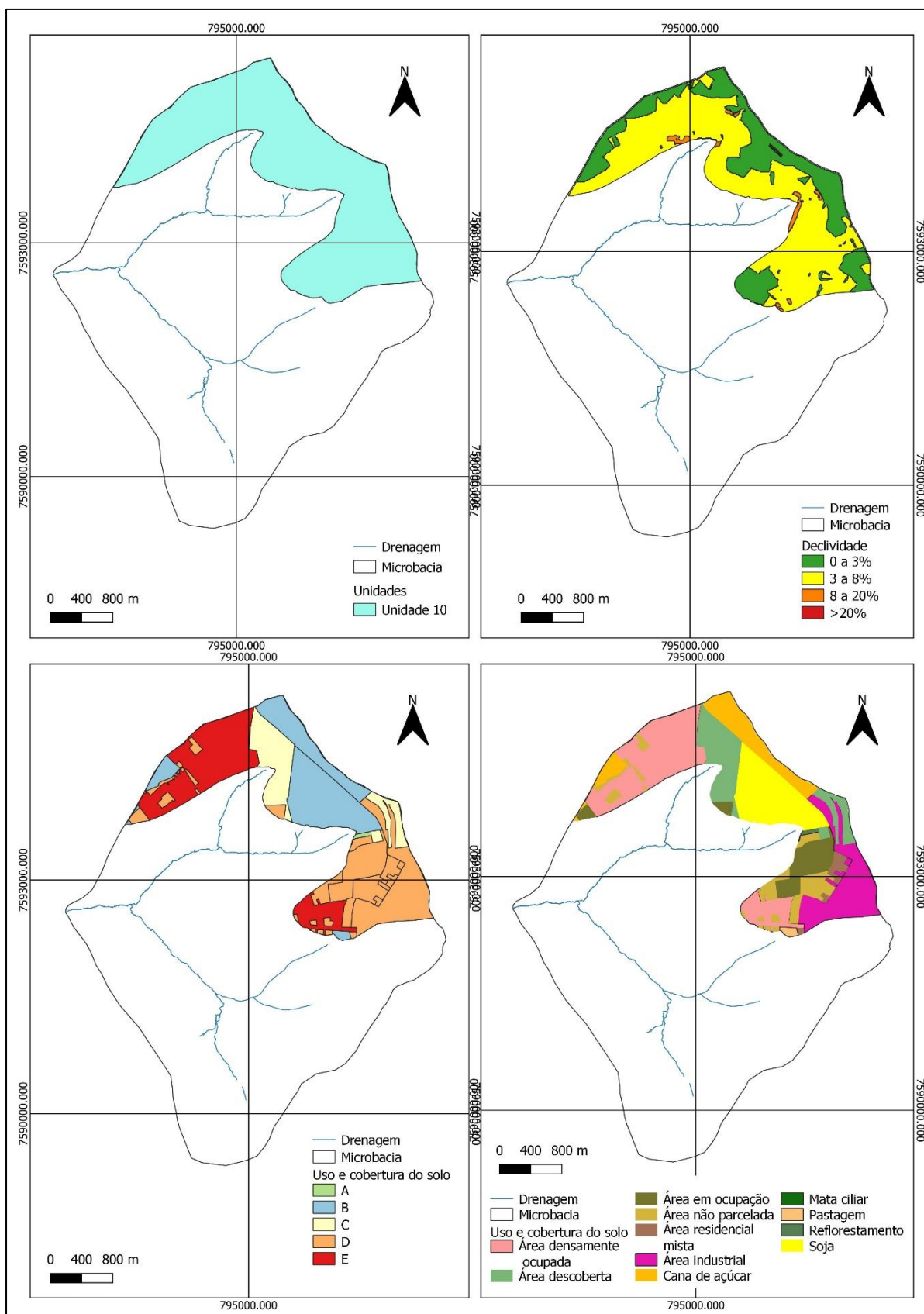
A Unidade Geoambiental 10 ocupa as partes mais elevadas da bacia nas cabeceiras do Córrego Tanquinho (Figura 49) e evidencia uma maior favorabilidade para a infiltração da água e armazenamento subterrâneo, que pode ser alterado por usos que geram impermeabilização e maior escoamento hídrico superficial.

Os atributos relevantes que influenciam a infiltração e o escoamento são as classes do uso e cobertura da terra, a declividade baixa a média e o material silto-arenoso.

Nesta unidade há dois trechos distintos influenciados pelos usos; o primeiro trecho está relacionado à presença de classes de usos com pouca impermeabilização, como cana de açúcar, soja, área descoberta, área não parcelada e reflorestamento que em conjunto com as características do solo silto-arenoso favorecem à infiltração e a retenção de água nas camadas, que serão exfiltradas a jusante no Córrego Tanquinho, associadas aos declives moderados; o segundo trecho apresenta declive suave com usos com intensa impermeabilização como, área densamente ocupada, favorecendo o escoamento superficial.

Desta maneira, chamamos a atenção para essa unidade devido à presença de áreas em ocupação e passíveis de impermeabilização, que poderão vir a formar processos erosivos. Assim, ressaltamos a importância nas medidas de gestão e planejamento.

Figura 49: Características da Unidade Geoambiental 10.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

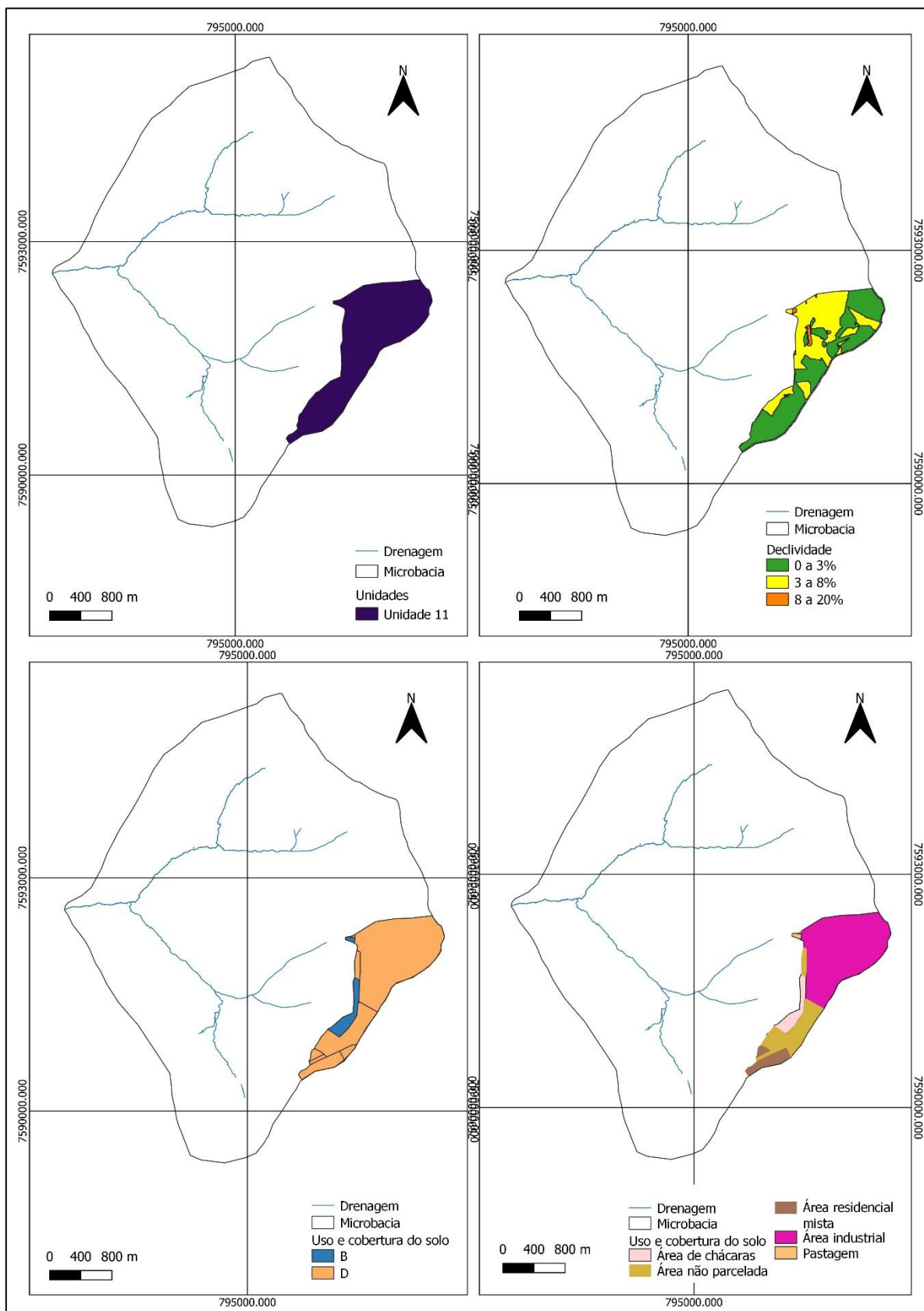
Unidade Geoambiental 11:

A Unidade Geoambiental 11 ocupa as partes mais elevadas da bacia do Córrego do Serralha (Figura 50) e embora suas características favoreçam a infiltração e manutenção dos aquíferos freáticos, os usos do solo predominantes favorecem a formação do escoamento hídrico superficial com pouca infiltração.

A presença de declives pequenos e classes de uso e cobertura do solo influenciam para essa dicotomia. Assim, áreas em relevo plano em conjunto com a impermeabilização da área industrial, favorecem o aumento do escoamento superficial. Nos trechos da unidade, onde há influência do declive suave e uso com pouca impermeabilização, há o favorecimento da infiltração e pouco escoamento superficial.

Para manutenção de escoamento em áreas ainda permeáveis é preciso atenção às mudanças de uso do solo nas áreas não ocupadas e áreas de chácara. É importante ressaltar a importância dos sistemas de drenagem pluviais que colaboram para a inexistência de ocorrência de processos pluviais e erosivos.

Figura 50: Características da Unidade Geoambiental 11.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

Unidade Geoambiental 12:

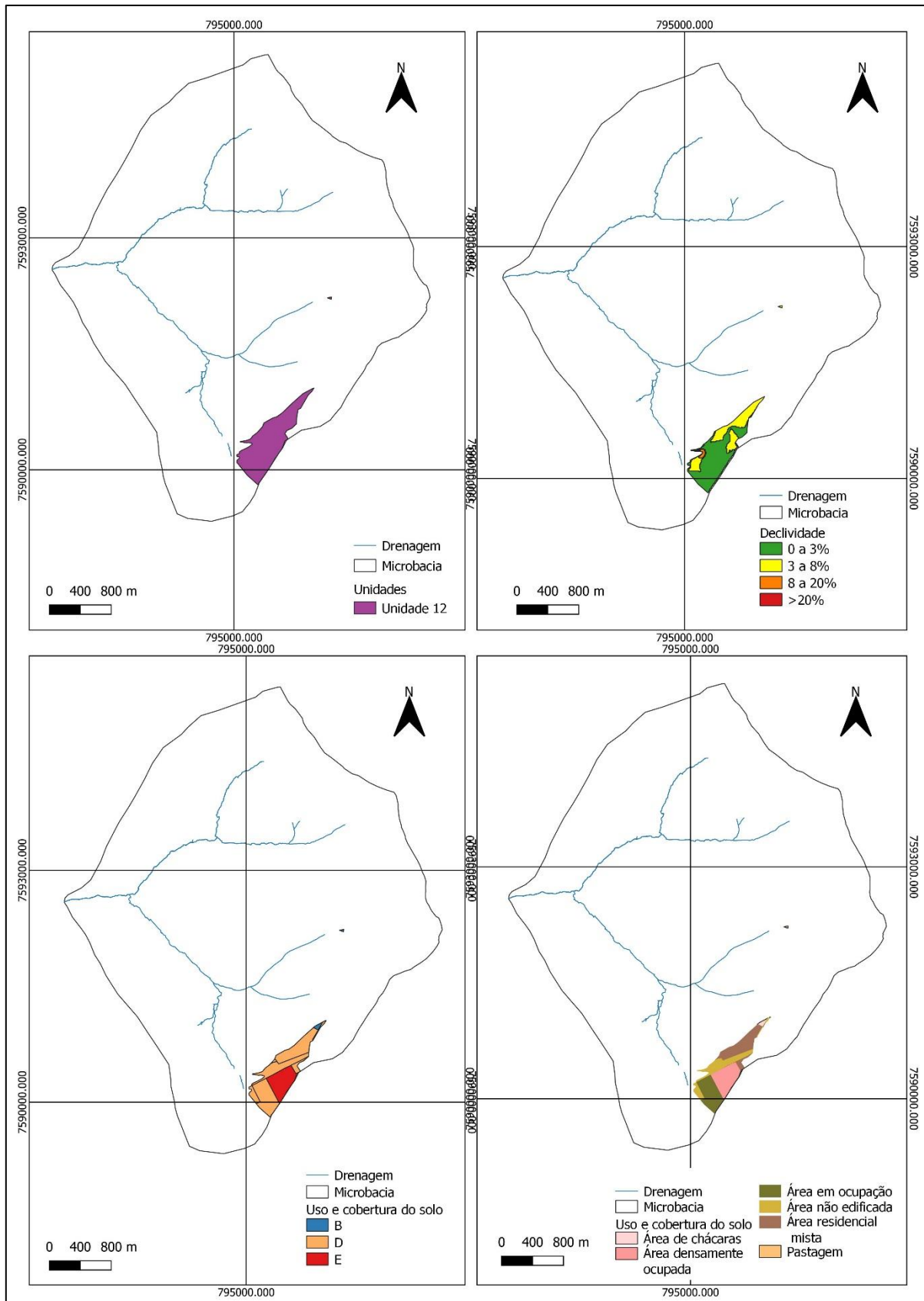
A Unidade Geoambiental 12 ocupa trechos de cabeceira do Córrego do Serralha com menor elevação (Figura 51) e aponta para uma maior favorabilidade na formação do aumento do escoamento hídrico superficial na microbacia.

Os atributos responsáveis para a formação do escoamento são os interflúvios menores, vertente retilínea e a presença de uso e cobertura do solo com grande impermeabilização.

Embora a área apresente declive pequeno a suave e a presença de uso do solo impermeabilizado, como área densamente ocupada e área em ocupação pode ocasionar aumento do escoamento superficial devido a impermeabilização em vertente mais retilínea e curta.

Também ressaltamos nessa unidade a importância de um sistema de drenagem pluviais eficiente podendo auxiliar na ausência de ocorrências de processos pluviais e erosivos.

Figura 51: Características das Unidade Geoambiental 12.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

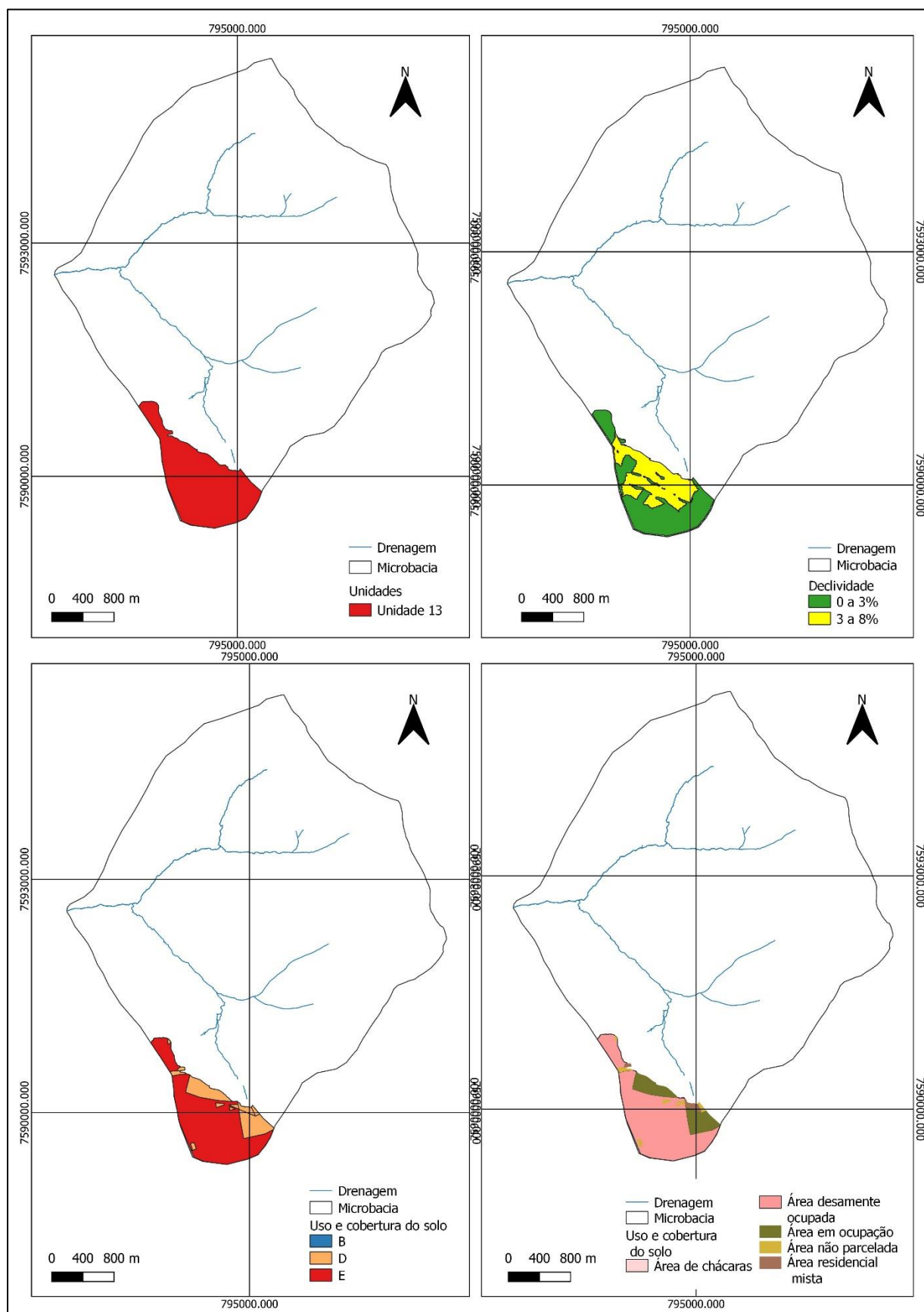
Unidade Geoambiental 13:

A Unidade Geoambiental 13 está no limite sul da bacia, nos topos interflúvios do Córrego do Serralha (Figura 52) e, apesar de características naturais favoráveis à infiltração, apresenta favorabilidade para aumento do escoamento hídrico superficial devido aos usos.

Os atributos relevantes são os declives suaves e solo areno-argiloso, contrastando com a presença de uso e cobertura do solo com grande impermeabilização. Diante disso, a impermeabilização das classes de uso área densamente ocupada em conjunto a declive pequeno, ocasiona o aumento do escoamento superficial.

Nesta unidade também devemos chamar a atenção para necessidade de um sistema de drenagem eficiente, afim de minimizar as ocorrências de processos pluviais e erosivos, uma vez que a área já está densamente ocupada.

Figura 52: Características da Unidade Geambiental 13.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023)

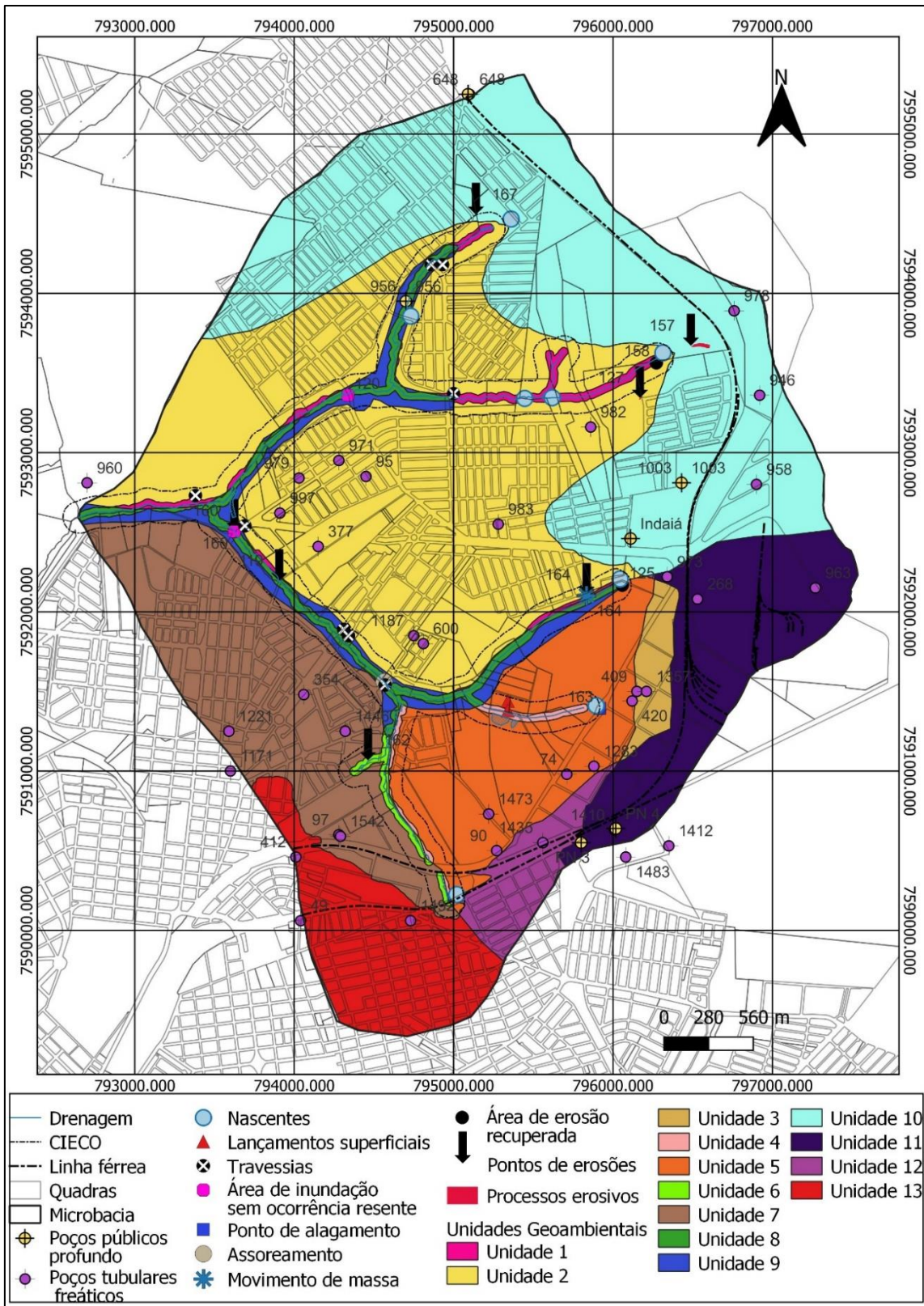
6.13 Análise das Unidades Geoambientais frente às questões dos recursos hídricos e ambientais

O resultado do Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha pautou-se nos dados elencados neste trabalho por meio do objetivo proposto visando sintetizar a análise dos dados levantados como, as características físicas e socioambientais da área de estudo. Nesta etapa, também foram elencadas as legislações urbanísticas vigentes no âmbito municipal, as quais regulam as coberturas vegetais e o uso do solo, constituindo o em importantes instrumentos de orientação à análise dos resultados.

Alia-se ainda a esta análise a Carta de Usos da Água e a Carta de Ocorrência de Processos do Meio Físico e Áreas de Suscetibilidade, auxiliando na avaliação das degradações ambientais frente aos usos e influências nos recursos hídricos (Figura 53; APÊNDICE 15), justificando a importância destas variáveis na relação do objetivo do trabalho.

Em posse de tais dados, procedeu-se a sintetização auxiliando na análise do planejamento e desenvolvimentos das microbacias e contribuindo para a realização do objetivo proposto. O Quadro 14 apresenta a síntese da análise.

Figura 53: Carta de Unidades Geoambientais frente às questões dos recursos hídricos e ambientais



Fonte: Autora (2023)

Quadro 14: Caracterização das degradações frente as às questões dos recursos hídricos e ambientais.

Unidade Geoambiental	Caracterização das degradações frente às questões dos recursos hídricos e ambientais
1	Presença de nascentes, ocorrência de processo erosivo recuperado e travessia.
2	Registro de poços tubulares profundos, travessias, presença de nascente e ocorrências de processo erosivo e de movimento de massa.
3	Registros de poços tubulares freáticos.
4	Registro de lançamento superficial.
5	Presença de nascentes, ocorrência de processo erosivo recuperado, pontos de alagamento e poços tubulares freáticos.
6	Ocorrência de processo erosivo.
7	Registros de poços tubulares freáticos.
8	Registro de poços tubulares profundos e área de inundação sem ocorrência. Ocorrência de processos erosivos, assoreamento e área de inundação sem ocorrência.
9	Registro de travessias.
10	Ocorrência de processos erosivos e presença de poços tubulares freáticos e profundos.
11	Registro de poços tubulares freáticos e profundos.
12	Registro de poço tubular freático
13	Registro de poço tubular freático

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Unidade Geoambiental 1:

Estão presentes no trecho do Córrego Tanquinho, três nascentes localizadas em afluentes distintos. Duas nascentes encontram-se em área com mata ciliar em bom estado de conservação, que quando associada ao material inconsolidado areno-argiloso favorecem a infiltração e exfiltração de água na drenagem.

A terceira nascente encontra-se em área descoberta (ponto 167), em grande área sem vegetação, que associada aos fatores da declividade, as formas do relevo, ao solo areno-argiloso, favorecem o escoamento superficial e a redução da disponibilidade hídrica; esses fatores contribuíram para a mudança da nascente para jusante. No seu entorno também há registro de uma erosão recuperada (ponto 158) cercada por mata ciliar e reflorestamento. E foi registrada uma travessia que corresponde à passagem de acesso para casas que se encontram na área de mata ciliar.

Unidade Geoambiental 2:

No trecho do Córrego Tanquinho, há presença de nascente com mata ciliar em bom estado de preservação, que associada ao solo areno-argiloso contribui para a infiltração e exfiltração de água na drenagem. Há também registrados de duas travessias que estão relacionadas à canalização de pontes de passagem, que contribuem para diminuição da vazão do córrego e a formação de assoreamento. E há uma ocorrência de processo erosivo (pontos 127) associado a classe do uso do solo área descoberta, com ausência de vegetação, e a inexistência de um sistema de drenagem pluvial, favorecendo o escoamento superficial e contribuindo para a formação do processo.

Na colina entre o Córrego Tanquinho e o Córrego do Serralha, há nove poços tubulares freáticos (95, 377, 600, 971, 979, 982, 983, 997 e 1187) espalhados por toda área. Esses poços poderão ter diminuição de disponibilidade hídrica e rebaixamento do NA com a maior ocupação de áreas não parceladas ou em início de ocupação. Também há a ocorrência de movimento de massa associado ao processo erosivo marginal presente (ponto 164), provocado pelos fatores da característica do solo areno-argiloso, a existência de uma faixa de mata ciliar em estado de degradação e a ocupação do entorno com uma grande área de pastagem, provocando o aumento do escoamento das águas vinda de áreas mais elevadas e associado a inexistência de um sistema pluvial acarreta o surgimento da ocorrência.

No trecho do Córrego do Serralha há presença de nascente que se encontra sem vegetação em seu entorno e possui como consequências grave o aumento dos processos erosivos e impactos negativos na qualidade da água.

Unidade Geoambiental 3:

No trecho a montante do Córrego do Serralha há dois poços tubulares freáticos (409 e 1357) associados às áreas de chácaras, com pouca impermeabilização e material inconsolidado areno-argiloso que favorece a infiltração.

Unidade Geoambiental 4:

No trecho do findo de vale de 2 nascentes do Córrego do Serralha, há dois lançamentos superficiais cadastrados no banco de dados do DAEE. Tais pontos de lançamento encontram-se em propriedade privada não sendo possível observar em campo as condições que se encontra esta área e se há alguma degradação. Estas nascentes estão em meio a área bastante ocupada.

Unidade Geoambiental 5:

Na meia encosta do Córrego do Serralha, há uma nascente que se encontram sem vegetação em seu entorno. Desta maneira, deve se protegê-la em relação a agentes externos que venham provocar o desequilíbrio local, diminuindo a quantidade e qualidade da água. Existe também uma erosão recuperada (ponto 125) e um ponto de alagamento. Essas ocorrências estão relacionadas ao aumento do escoamento superficial associadas a inexistência de uma rede pluvial eficiente nas unidades geoambientais 3 e 11. Esta conjuntura demonstra o quanto as áreas de cabeceira estão vulneráveis a ocorrência de processos de degradação e o quanto há uma negligência a proteção desses locais. Foram registrados cinco poços tubulares freáticos (74, 90, 420, 1283 e 1473) em área de chácaras com pouca impermeabilização, que favorece a infiltração da água nas camadas do solo.

Unidade Geoambiental 6:

No trecho do Córrego do Serralha, identificou-se ocorrência de um processo erosivo (ponto 162), o qual está associado à presença de declive suave com áreas próximas impermeabilizadas contribuindo para o aumentando do escoamento superficial. Tais influências ocasionam ocorrências severas na drenagem e nascentes, como a formação de voçoroca em virtude da área densamente ocupada próxima que se encontra impermeabilizada e sem um sistema eficiente de água pluvial, provocando o aumento do fluxo de escoamento superficial contribuindo para a formação de ravinas.

Unidade Geoambiental 7:

Nessa encosta do Córrego do Serralha foram registrados seis poços tubulares freáticos (97, 354, 1171, 1221, 1446 e 1542) espalhados por toda área densamente ocupada, e mesmo localizados sobre solo areno-argiloso, a grande impermeabilização desta unidade não permite a infiltração de água para a recarga dessas águas subterrâneas. Como consequência dessa exploração podemos citar a diminuição da reserva da água nesses locais, ou seja, quando a extração ocorre de forma descontrolada ou abusiva, em local de elevada concentração de poços, excede-se a capacidade de recarga natural, conduzindo à queda contínua dos níveis de água subterrânea e a redução da reserva hídrica.

Unidade Geoambiental 8:

No fundo de vale do Córrego Tanquinho há o registro de um poço tubular profundo (956) que não recebe influência de superfície. Também foi registrada uma área de inundação sem ocorrência recente, em razão da manutenção dos sistemas de drenagem superficial realiza, mas o local merece atenção e manutenção para evitar novos registros.

No fundo de vale do Córrego do Serralha foram identificados pontos de assoreamento relacionados à ocorrência de processos erosivos e o registro de travessias associados à canalização de pontes de passagem, com ocupação de entorno de áreas de chácaras, várzea, trechos de mata ciliar e vegetação rasteira. Neste trecho também foi encontrado depósito de lixo clandestino próximo à margem, correlacionado à ocupação do entorno caracterizada por áreas densamente ocupada e em processo de ocupação, podendo causar problemas ambientais, sendo uma grande ameaça à vida aquática, além de fonte de contaminação da água.

Foram registrados pontos de ocorrência de processos erosivos (ponto 160 e 164) e área de inundação sem ocorrência recente. No ponto 160, o processo erosivo está associado às características do material inconsolidado areno-argiloso, ao aumento do escoamento das águas vindas de áreas mais elevadas e à presença de travessias. A construção das travessias pode influenciar na dinâmica do rio, alterando as velocidades de escoamento da água, provocando erosão e assoreamento ao longo do canal e inundação. As contribuições da área em ocupação e área densamente ocupada acabam formando esses processos por concentração de água de escoamento pluvial. Foi identificado depósito de lixo clandestino em sua proximidade. No ponto 164, há processo erosivo marginal com solapamento de margem, que o em trecho considerável do córrego;

está relacionado à característica do material inconsolidado areno-argiloso associado ao aumento do escoamento das águas vindas de áreas mais elevadas sem sistema pluvial em APP com mata ciliar degradada e uma grande área de pastagem.

Podemos relacionar as ocorrências de processos erosivos nas áreas de preservação permanente ocasionando o assoreamento em vários trechos no canal registrados nessa unidade, com as mudanças na legislação municipal, tornando-a permissiva para uso misto do solo acompanhado da largura da faixa de 100 metros de mata ciliar previsto no CIECO.

No Plano Diretor de 2014 (ARARAQUARA, 2014), que elenca o CIECO, não há nenhuma Diretriz referente a ações de preservação dos cursos hídricos associada a danos de assoreamento. Entretanto, o documento cita que fica a cargo do Departamento Autônomo de Água e Esgoto (DAAE) a manutenção dos sistemas de drenagem, incluindo a limpeza e a desobstrução dos cursos d'água, várzeas, canais e galerias.

Unidade Geoambiental 9:

Unidade situada nas encostas dos vales do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha da Unidade 8, contribuindo diretamente para os processos relatados na unidade anterior. foram registradas duas travessias relacionadas a canalização de pontes de passagem, tal construção pode influenciar na dinâmica do rio, alterando as velocidades de escoamento da água provocando erosão e assoreamento ao longo do canal. A ocupação do entorno é composta por área densamente ocupada e área descoberta.

Unidade Geoambiental 10:

No topo das colinas do Córrego Tanquinho identificou-se duas ocorrências de processos erosivos (ponto 157 e 167). No ponto 157 o processo erosivo está relacionado aos fatores do relevo, com presença de declive suave em solo silto-arenoso na área de plantação de soja que não protege contra o escoamento hídrico superficial. No ponto 167, a ocorrência também está relacionada ao declive suave em solo silto-arenoso; entretanto, a maior influência vem da ausência da vegetação que contribui para o aumento do escoamento superficial ocasionado o processo erosivo.

Foram registrados três poços tubulares freáticos (946, 958 e 978) em local com favorecimento da infiltração da água subterrânea pela presença de uso do solo pouco

impermeabilizado e solo silto-arenoso e três poços tubulares profundos (648, 1003 e Indaiá) que não recebem influência direta da superfície.

Unidade Geoambiental 11:

No topo das colinas do Córrego do Serralha, há presença de três poços tubulares freáticos (268, 963 e 973) sobre material inconsolidado silto-arenoso que favorece a infiltração da água subterrânea, mas se houver o aumento da impermeabilização na área industrial, pode haver diminuição da infiltração de água para a recarga subterrânea, diminuindo a reserva da água nesses locais e favorecendo o escoamento superficial. Também há dois poços tubulares profundos (PN3 e PN4), que não sofrem interferência da superfície. .

Unidade Geoambiental 12:

Nas vertentes mais retilíneas do Córrego do Serralha, encontra-se registrado um poço tubular freático (1435) em material inconsolidado silto-arenoso, mas em áreas impermeabilizadas das classes de uso que dificultam a infiltração de água para a recarga subterrânea; como consequência ocorre a diminuição da reserva da água nesses locais e o aumento do escoamento superficial, quando não há um sistema de drenagem eficiente.

Unidade Geoambiental 13:

Neste trecho da cabeceira do Córrego do Serralha há um poço tubular freático (1492) que acaba recebendo contribuição do material inconsolidado silto-arenoso para o armazenamento da água subterrânea. Assim com a unidade 12, a impermeabilização pelo uso impossibilita o processo de infiltração da água no solo, contribuindo para a formação do escoamento superficial quando há a inexistência de um sistema drenagem eficiente.

7. CONCLUSÃO

O estudo geoambiental teve como intuito apresentar contribuições técnicas para as tomadas de decisões no planejamento urbano, compatíveis com o desenvolvimento sustentável e a proteção dos recursos hídricos. Os resultados obtidos a partir da compartimentação das microbacias em unidades geoambientais consistiram na caracterização das influências dos fatores geoambientais nos recursos hídricos,

relacionando-os às interferências, usos e degradações presentes e permitindo identificar as principais diretrizes para gestão dos recursos hídricos, comprometendo-se com a proteção das águas superficiais e subterrâneas.

O uso do sensoriamento remoto integrado ao SIG foi essencial para a análise das imagens históricas e da dinâmica do crescimento urbano na área. Nota-se que nos últimos anos houve um aumento expressivo na ocupação da microbacia em relação aos períodos iniciais estudados, atrelado a um modelo de apropriação especulativa da área e uma tendência expansionista em direção às cabeceiras e entornos dos córregos da microbacia. Esta tendência favorece o agravamento da segregação socioespacial, negligenciando a noção do direito à cidade e comprometendo a proteção das águas superficiais e subterrâneas na área, agravando a demanda para qualquer uso da água.

A revisão do Plano Diretor feita em 2014 e alterada em 2019, efetuou modificações significativas nos mecanismos de controle ambiental, permitindo uma abrangente transformação em áreas de proteção ambiental, recuperação de mananciais e proteção dos aquíferos com a introdução de atividades produtivas e residenciais, tornando áreas de usos misto do solo. Também efetuou a alteração na lei vigente dos Corredores de Integração Ecológica – CIECO, proporcionando no decorrer do tempo mudanças na forma e na garantia da qualidade da água, uma possível degradação ambiental e a descaracterização de áreas inicialmente destinadas a um parque linear. Acreditamos que estruturação de um parque linear poderia contribuir para a proteção dos recursos hídricos e naturais das áreas e proporcionar uma integração socioambiental com a população do entorno.

Na área de estudo, a mudança no zoneamento vigente advinda da expansão urbana, passou a englobar Área de Especial Interesse Social destinada ao uso residencial perdendo a característica da proposta de Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM). A APRM, prevista no PDDPUA de 2005 restringia o uso e ocupação nessa área, apontando que o uso poderia comprometer a fluidez, potabilidade, quantidade e qualidade dos mananciais de abastecimentos públicos, em especial nas cabeceiras do Córrego Tanquinho. No novo zoneamento passou a permitir um desenvolvimento econômico na área, com a implementação empreendimento em áreas do CIECO e restando uma pequena parcela de área para a proteção ambiental.

O estudo ambiental da área possibilitou um detalhamento dos mapeamentos existentes, produzindo-se mapas e cartas na escala 1:20.000 do substrato geológico, materiais inconsolidados, geomorfologia, declividade, hipsometria, hidrografia e uso e cobertura do solo, considerados adequados para identificar a dinâmica geoambiental da área em face dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e os mecanismos que proporcionam degradações nestes recursos hídricos.

A metodologia aplicada para a realização do Estudo Geoambiental através da operação de interseção espacial, mostrou-se eficiente permitindo analisar e correlacionar de forma integrada atributos geoambientais. Estabeleceu-se 13 (treze) Unidades Geoambientais que apresentam um comportamento homogêneo das características de formas de relevo, substrato geológico, materiais inconsolidados, presença ou ausência de cursos hídricos. E para integrar a análise foram agregados a declividade e o uso e cobertura do solo e suas influências nos recursos hídricos.

O comportamento das características presentes nas unidades geoambientais permite que gerem diferentes as influências nos recursos hídricos dos Córregos Tanquinho e do Serralha, contribuindo para o acúmulo de água na drenagem e a exfiltração de subsuperfície, e nos casos de maior ou menor declividade do solo e maior ou menor impermeabilização do solo, formando o escoamento hídrico superficial ou a infiltração da água nas camadas.

Há registros de degradações relacionadas às influências dos atributos geoambientais nos recursos hídricos, apresentando pontos específicos de processos erosivos nas vertentes, pontos de alagamento, pontos de assoreamento e pontos de inundação.

Essas degradações manifestam interferências na captação que encontra a jusante do trecho estudado, apresentando aporte de sedimentos nos córregos devido à erosão, sendo responsável por 30% do abastecimento público do município, comprometendo a qualidade da água.

Assim, as principais diretrizes para gestão dos recursos hídricos para uma possível proteção dos mananciais devem ser pautadas em práticas de manejo que não aumentem a impermeabilização, aumentem as taxas de infiltração e que reduzam o escoamento superficial não disciplinado.

Para que o escoamento não gere muitos danos como a formação de processos erosivos, assoreamento dos canais de drenagem, inundações e alagamentos, é necessário implementar sistemas de drenagem preparados para receber grande proporção de água, além da criação de infraestruturas verdes, que ajudam a filtrar grande parte da água colaborando com valorização da paisagem local.

Conjuntamente deve-se adotar práticas de recuperação do solo que promovam a recarga do aquífero e a proteção das nascentes, em especial nas Unidades 2, 4, 6, 7, 8 e 10, associadas a classes de usos mais degradantes e/ou características do meio físico, em especial o relevo, que podem propiciar maiores degradações nos recursos hídricos.

Deste modo, esta pesquisa contribui no desenvolvimento do pensamento crítico e por consequência de um amadurecimento acadêmico, e de maneira sistemática à análise integrada dos processos pretende colaborar com trabalhos futuros.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD EL AAL, A.; MOSOUD, A.A. Geotechnical mapping of Najran soils for safe urban expansion, Najran Region, Saudi Arabia. **Geotech Geol Eng** 36, 2003-2020 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10706-017-0442-2>

ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 38, n. 3, p. 619–645, 2018. DOI: 10.5216/bgg.v38i3.56362. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/56362>. Acesso em: 16 mar. 2022.

ACOSTA, I. C. O. **Investigação aplicada à gestão de risco geológico-geotécnico, para fins de planejamento urbano**. Caso piloto: “Erosão na cidade de São Carlos”. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

ANDRADE, L. N. P. S.; SANTINO, M. B. C.; SOUZA, C. A.; SILVA, F. L.; SOUSA, J. B.; MIRANDA, C. C. Erosão marginal: mudanças geomorfológicas no Rio Teles Pires (MT) decorrente da implantação de um barramento. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 75, p. 154-171, 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/51056>. Acesso em: 13 maio 2023.

AMARAL, A. M. C. Zoneamento geoambiental do município de Casa Branca (SP). 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.

ARARAQUARA. Prefeitura Municipal de Araraquara. **Lei complementar nº 350 de 27 de dezembro de 2005** – Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara. Disponível em:

<https://www.legislacaodigital.com.br/Araraquara-SP/LeisComplementares/350>.

Acessado em: 06 mar. 2022.

_____. Prefeitura Municipal de Araraquara. **Lei complementar nº 850 de 11 de fevereiro de 2014** - Estabelece a Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Ambiental de Araraquara. Disponível em:

<https://www.legislacaodigital.com.br/Araraquara-SP/LeisComplementares/850#art211>.

Acesso em: 06 mar. 2022.

_____. Prefeitura Municipal de Araraquara. **Lei complementar N° 919, de 6 de novembro de 2019**. Altera a Lei Complementar nº 850, de 11 de fevereiro de 2014, alterando disposições atinentes ao zoneamento e ao perímetro urbano, e dá outras providências. Disponível em:

<https://www.legislacaodigital.com.br/Araraquara-SP/LeisComplementares/919-2019> Acesso em: 06 mar. 2022.

_____. Prefeitura Municipal de Araraquara. 2022. Disponível em <
<http://www.araraquara.sp.gov.br/nossamorada/conteudo-nossamorada/numeros-e-dados>>. Acesso em: 03 maio 2022.

ASSALVE, L. C. F.; MENEZES, D. B. Análise das modificações nos planos diretores recentes de Araraquara e sua influência na proteção dos corpos hídricos urbanos. In: III Simpósio nacional de gestão e engenharia urbana: SINGEORB, 2021, Maceió. **Anais[...]**, Porto Alegre: ANTAC, 2021.p. 193-201.

ASSALVE, L. C. F.; MENEZES, D. B. Análise multitemporal da evolução urbana na microbacia do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no município de Araraquara-SP. In: Jornada de Gestão e Análise Ambiental, VII, 2022, São Carlos. **Anais[...]**, São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2023. p. 159-163.

BACHURINA, S. S.; BELYAEV, V. L.; KARFIDOVA, A. Geocological Aspects of the Development of a Regional Model of Spatial Planning: Case Study of Moscow. **Water Resources**, v. 44, nº 7, 2017. <https://doi.org/10.1134/S0097807817070028>

BARCELOS, J. H.; FÚLFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Evolução tectônica e paleogeográfica do Grupo Bauru - Cretáceo Continental do Centro-Sul Brasileiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia v. 7, p 25-35, 1995.

BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B. Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana, and Parecis basins, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 65, p 1-24, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2015.11.005> Acessado em: 26 dez 2022.

BRANDÃO, R. L. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba-CE**. Texto explicativo. Carta geoambiental. Fortaleza: CPRM, 2003.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433. Acessado: 06 mar. 2022.

_____. **Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Estatuto da Cidade. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Presidente da República em 10 de julho de 2001.

_____. **Ministério do Meio ambiente e Mudanças do Clima.** Outros usos. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua/outros-usos>. Acessado em: 06 mar. 2022.

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I.; BRINGEL, M. L. N. C. **Manual de desastres: desastres naturais.** V. 1, Brasília, 2003.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Modelagem de dados em geoprocessamento *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação,** 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acessado: 19 agosto 2023.

CÂMARA, G.; BRABOSA, C.; FREITAS U. M. Operações de análise geográfica *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação,** 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acessado: 19 agosto 2023.

CHAMINÉ, H.I.; TEIXEIRA, J.; FREITAS, L.; PIRES, A.; SILVA, R.S.; PINHO, T.; MONTEIRO, R.; COSTA, A. L.; ABREU, T.; TRIGO, J. F.; AFONSO, M.J.; MARTINS, J. From engineering geoscience mapping towards sustainable urban planning. **European Geologist Journal,** v. 41, 2016.

CLIMATE-DATA. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/araraquara-4229/>>. Acesso em: 03 mai. 2022.

COMMETTI, F. D.; VENDRAMINI, S. M. M.; GUERRA, R. F. O desenvolvimento do direito das águas com um ramo autônomo da ciência jurídica brasileira. **Revista de Direito Ambiental,** São Paulo, ano 13, nº 51, 2008, p. 46-64.

COSTA, C. W. **Mapeamentos geoambientais, em escala 1:50.000, aplicados em análises de planejamento territorial de manancial periurbano:** bacia do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP. 166 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

CORTE, T.D.; SANTIN, J.R. Planejamento urbano e água: o Plano diretor e a gestão dos recursos hídricos. *In*: Encontro Nacional CONPEDI, 19, Fortaleza. **Anais[...].** Fortaleza, CE, 2010.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: 20 fev. 2022.

_____. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.** São Paulo: CPRM, 2021. 1 mapa, color. Escala 1:80.000.

CUBIABANO, M. N.; NEVES, S. M. A.; NUNES, M. C. M.; SERAFIM, M. E.; NEVES, R. J. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica na sub-bacia do Córrego do Guanabara/ Reserva do Cabaçal – MT. **Geociências,** v. 36, n. 1, p. 138-153, 2017.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** [s.d]. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>. Acessado: 09 mar. 2022.

D'ISEP, C.M. O rio e a cidade: o diálogo entre o plano hídrico e o plano diretor. **Rev. Bras. Polít. Públicas** (Online), Brasília, v.6, nº 3, 2016 p.359-370. <http://dx.doi.org/10.5102/rbpp.v6i3.4487>

DAEE - DEPARTEAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA. **Requerimento de Outorga de Licença de Execução de Poço Tubular Profundo. Araraquara, 2013.**

DA SILVA, S. R. R.; CHAVES, I.B.; ALVES, J. J. A. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento geoambiental: Bacia Hidrográfica do Açude Camará - PB (remote sensing and applied to the zoning geoprocessamento geoambiental: Basin Açude the Camará – PB). **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 20, p. 239 a 252, feb. 2011. <http://dx.doi.org/10.4215/RM2010.0920.0015>

DECARDI, N.; FERRAREZE FILHO, P. Plano Diretor no Estatuto da Cidade: uma forma de participação social no âmbito da gestão dos interesses públicos. **Senatus**, Brasília, v.6, n. 1, p. 35-43, maio, 2008.

DOMINGUES, J.M. **Uso de geotecnologia para o zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio do Quilombo**: subsídio voltados para área de expansão urbana do município de São Carlos-SP. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

DUTRA, D. S. **Caracterização e zoneamento geoambiental do município de Canguçu/RS**. 278f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociência, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2021.

FAILACHE, M. F. **Estudos comparativo de duas metodologias na definição de unidades geoambientais**: Ribeirão do Feijão (São Carlos-SP). 2015. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

FAILACHE, M. F. **Proposta de procedimento para a estimativa da infiltração potencial e do escoamento superficial Hortoniano potencial baseada em dados geológicos, geotécnicos, de uso e ocupação e eventos de chuva**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Geotécnica – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

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

FRANÇA, L.C.J.; MUCIDA, D.P.; MORAIS, M.S.; CATUZZO, H.; ABEGÃO, J.L.R.; PEREIRA, I.M. Zoneamento da fragilidade ambiental de ecossistemas naturais e antropizados por meio de avaliação multicritério. **Nativa, Sinop**, v.7, n.5, p. 589-599, set./out. 2019. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7300>

FOLLIS, F. Mito e história de um posseiro do Brasil Colonial nos Sertões de Araraquara. **Revista de História Regional**. v. 21, n. 1, p. 148-169. 2016. <https://doi.org/10.5212/Rev.Hist.Reg.v.21i1.0007>

FOTOTERRA. Araraquara. São Paulo, 1979

FUJIMOTO, N. S. V. Planejamento ambiental: Abordagem utilizada nas áreas de risco a movimentos de massa no município de São Sebastião – litoral norte do Estado de São Paulo. **Boletim Gaúcho de Geografia**, – AGB-PA. Porto Alegre, n. 25 p.155-164, junho/1999.

GRECCHI, R. C. **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento**.132 f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) – Universidade de São Paulo, São Carlos. 1998.

GUERREIRO, J. V. R. **Zoneamento geoambiental analítico da bacia do Rio Clarinho a partir das técnicas de avaliação de terreno, na escala 1:50.000**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

GUERREIRO, J. V. R.; LORANDI, R. Cartografia geoambiental como base para planejamento territorial na bacia do Rio Clarinho, SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68, v. 2, p. 313-326, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

_____. **Manual técnico de uso da terra**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. p. 171.

IG – INSTITUTO GEOLÓGICO; CEDEC – Defesa Civil. **Mapeamento de áreas de riscos associados a inundações: relatório técnico município de Araraquara**. São Paulo, 2008.

IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Carta Topográfica**. São Paulo, 1978. Escala 1:10.000.

INÊZ, E. B.; LORANDI, R. Análise da Aptidão à Ocupação Urbana da Microbacia do Córrego do Rosário (Descalvado, São Paulo, Brasil). **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, nº 2, p. 05-13, 2018. http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_05_13

INSTITUTO FLORESTAL. **Quantificação da Vegetação Natural Remanescente para os Municípios do Estado de São Paulo: legenda IBGE – RADAM – 2009**. Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/sifesp/2016/12/municipio_maior_porc.pdf. Acessado em: 04 maio 2022.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Monografias** (5), 1981.

_____. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM- Serviço Geológico do Brasil. **Cartas de suscetibilidade a movimento gravitacionais de massa e inundações: 1:25.000: nota técnica explicativa**. São Paulo, 2014.

JACÓ, A. P. **Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio São João (MG) como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. 150f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

KOBIAYAMA, M. M. M.; MOREMO, D. A., MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: conceito básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 109p.

KONCAGUL, E.; TRAN, M.; CONNOR, R. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados**. France: UNESCO, 2021. 11p.

LOLLO, J. A. **O Uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação para a Quadricula de Campinas (SP)**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1995.

LOSSARDO, L. F. **Proposta de zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão do Ouro no município de Pirassununga (SP)**. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

MANO, M. **Os campos de Araraquara: um estudo de história indígena no interior paulista**. Tese (Doutorado) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MEAULO, F. J. **Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP)**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

MEAULO, F. J. **Caracterização geológica, hidrogeológica e mapeamento da vulnerabilidade natural à população dos Aquíferos, na escala 1:25.000, das áreas urbana e de expansão do município de Araraquara-SP**. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2007.

MENEGAZZO, M. C.; CATUNEANU, O.; CHANG, H. K. The South American retroarc foreland system: The development of the Bauru Basin in the back-bulge province. **Marine and Petroleum Geology**, v. 73, p 131-156, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.02.027>

MENEZES, D. J.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Compartimentação geomorfológica do município de São Pedro do Sul/RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 40, p 268-279, maio, 2013. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/37120> Acessado em: 29 set 2022.

MENZORI, I. D. **Dinâmica territoriais e os corredores verdes como modelo de estruturação espacial urbana: abordagem inter-relacionais na cidade de Araraquara-SP**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

MENZORI, I. D.; SOUZA, I. C. N.; GONÇALVES, L. M. Urban growth management and territorial governance approaches: A master plans conformance analysis. **Land Use Policy**, v. 105, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105436>.2021.

NARDIN, D.; ROBAIANA, L. E. S. Zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas em processo de arenização. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.22, n.3, p.487-502, dez. 2010.

OHARA, T.; JIMENEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J.T.; CAETANO, N.R. Zoneamento geoambiental da região do Alto -Médio Rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. **Revista Brasileira de Geociência**, V. 33 (2-Suplemento): 173,182, 2003.

PEJON, O. J. **Estudos geológico-geotécnicos da região urbana de Araraquara-SP**. Dissertação de Mestrado – EESC/USP, São Carlos, 1987. 2 v.

PERES, R.B.; SILVA, R.S. Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 2, p. 13-25, jul/dez. 2013a.

PERES, R.B.; SILVA, R.S. Análise das relações entre o Plano de Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e os Planos Diretores Municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP:

avanços desafios visando a integração de instrumentos de gestão. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n.2, p. 349-362, mai/ago. 2013b.

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

PES, L. Z.; GIACOMINI, D. A.; **Conservação do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil, 2017.

PIFFER, G. V. **Proveniência da borda nordeste da Bacia Bauru, Minas Gerais, Brasil: insights sobre o arcabouço estratigráfico, análise composicional e geocronológica UPb de zircões detríticos**. 70p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociência, Belo Horizonte, MG, 2020.

PFALTZGRAFF, P. A. S. **Sistema de informações geoambientais da Região Metropolitana do Recife**. Recife: CPRM, 2003.

PIERINI, C. R., FALCOSKI, L. A. N. A evolução urbana do município de Araraquara (SP): uma crítica ao espraiamento. **Revista Húmus**, v. 9, n. 26, p. 174-196. 2019.

PIZELLA, D.G. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, vol. 10 n.3, p. 635-645, 2015. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1394>

_____. Avaliação Ambiental estratégica como instrumento para a gestão integrada dos recursos hídricos: estudo de caso do Plano de Bacia do São José do Dourados e do Plano Diretor Municipal de Ilha Solteira, SP. **Holos Environment**, v. 19, n. 3, p. 338-355, 2019. <https://doi.org/10.14295/holos.v19i3.12250>

PREFEITURA CONTINUA AS OBRAS PARA INTERROMPER EROSÃO NO INDAIÁ. **Prefeitura Municipal de Araraquara, Araraquara, SP**, 17 jan. 2018. Página Inicial. Disponível em: <https://www.araraquara.sp.gov.br/importacao/noticias/2018/01/17/prefeitura-continua-as-obras-para-interromper-erosao-no-indaiá>. Acessado em: 20 out 2022.

ROBAINA, L.; TRENTIN, R. Estudos e zoneamento geoambiental do município de São Francisco de Assis – Oeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, nº 16 (março). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 323-344. <https://dx.doi.org/10.17127/got/2019.16.014>

ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. Projeto **Mapas Municipais - Município de Morro do Chapéu (Ba): informações básicas para o planejamento e administração do meio físico**. Salvador: CPRM, 1995.

RODRIGUES, L. S., FIORIN, E., SOUZA, L. N. Araraquara: história e patrimônio ferroviário e industrial. In: XVI Fórum Ambiental da Alta Paulista, 16, 2020. **Anais[...]**. Disponível: <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/5583/form3125191445.pdf>. Acessado em: 04 jun. 2022.

RODRIGUES, L. P.; LEITE, E. F. ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO ACÓGO (MS). **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 31, 2018. 10.5216/revgeoamb.v0i31.52542. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/52542>. Acesso em: 16 mar. 2022.

ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatores geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, v.6, p. 17-29, 1992. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

_____, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, v. 8, p. 63-73, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0006>

_____, J. L. S. Análise e Sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, v.9, p. 65-75, 1995. <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0006>

_____, J. L. S.; DEL PETTRE, M.E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n.12, p. 89-121. 1998. <https://doi.org/10.7154/RDG.1998.0012.0005>

_____, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídio para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de texto, 2009.

_____, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. 9. ed., 4ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2020.

SANTOS, N.A.; OLIVEIRA JUNIOR, I.; BORGES, E.F. Análise integrada da paisagem: subsídio para o zoneamento ambiental em Canudos-BA. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.43, v.3, p.178-200, set-dez. 2021. <https://orcid.org/0000-0002-9815-7334>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5ª ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, M. S.; REZENDE, P. S. Análise da suscetibilidade e vulnerabilidade à erosão hídrica pelo processo analítico hierárquico (AHP). **Gesta**, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2020.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, V. S. **Zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Jaguari-oeste do RS**. 176 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociência, RS, 2017.

SATIN, J.; CORTE, T. D. Planejamento urbano e água: o plano diretor a gestão dos recursos hídricos. In: XIX Encontro Nacional do CONPEDI. **Anais [...]** Fortaleza, CE: 2010.

SCHEREN, R. S. **Zoneamento de sistemas geoambientais na bacia hidrográfica do Rio Potiribu, RS**. 240f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociência, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2021.

SILVA, C. R.; DANTAS, M. E. Mapas geoambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7., 8 - 11 ago. 2010, Maringá, PR. **Anais[...]** Maringá, PR: SBCGG, ago. 2010

SILVA, J.S.V.; SANTOS, R.F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Caderno de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 21, n.

- 2, p.221-263, maio/ago. 2004. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/113810>. Acessado em: 14 mar. 2022
- SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista de Geociência**, v. 10, p 177-185, 1980.
- SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA)**. v.2, 2012.
- SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G.; PRADO FILHO, J. F. Cartografia e diagnóstico geoambiental aplicados ao ordenamento territorial do município de Mariana-MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, n 57, v.3, 2009. <https://doi.org/10.14393/rbcv57n3-43535>
- STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B.; VILAR, O. M. **Ensaio de Laboratório em Mecânica dos Solos**, EESC, São Carlos, 1984.
- STANIS, E. V.; OSPANOVA, A.; KARPUKHINA, E. V. Methods of geocological zoning using geotechnical cartographic base (through the example of Karaganda of region of Kazakhstan). Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” (ISEES2019). **Atlantis Press**, 2019. <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.21>
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v.11, n. 1, p. 137-156, 2007. <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>
- TEZA, C. T. V. **Bacia hidrográfica do Alto Descoberto: as influências da ocupação e uso na disponibilidade hídrica para abastecimento público**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental, Brasília, DF, 2008.
- THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. G.; CANTARINO, S. C. **Projeto Curitiba: Atlas Geoambiental da região metropolitana de Curitiba: subsídios ao planejamento ao planejamento territorial**. São Paulo: CPRM, 1999. 48 p.
- THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. G. **Atlas geoambiental: subsídios ao planejamento territorial e à gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Ribeira do Iguape**. 2. ed. rev. São Paulo: CPRM, 2007.
- TRAVASSOS, L. Rios urbanos, entre políticas de drenagem e sua integração à paisagem. In: SCHULT, S. I.; BOHN, N. **As múltiplas dimensões das áreas de preservação permanente**. Blumenau: EDIFURB, 2014.
- TRUZZI, O. FOLLIS, F. **A ocupação dos sertões de Araraquara: das sesmarias e apossamento à Lei de Terras de 1850**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão de Água Pluviais Urbanas**. Brasília: SNS; MDR, 2005.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- VISENTIN, J. C.; SZIGETHY, L. **Uso de água no Brasil: o papel do efeito tecnológico**. Texto para discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2756>

WICANDER, R; MONROE, J. S. **Fundamentos de Geologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

YOUNG, J.; SEDOURA, F.M. (2019). Planos diretores municipais e planos de gestão das águas: uma análise comparada das cidades de Lisboa/PT e Porto Alegre/BR. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11, e20180001. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO11>

ZUQUETTE, L.V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico: fundamentos e guia para elaboração**. 1993. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia geotécnica**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

APÊNDICE 01
(BASE DE DADOS DOS POÇOS)

Quant	Nome do Rio/Aquífero	Coord_x	Coord_y	Autos	Finalidade do Uso	Vazão (m3/h)	Hora/Dia	Dia/Mês	Mês/Ano	Cota	NE (m)	prof. (m)	Descrição
1221	Formação Adamantina	793590	7591 250	9702331	SAN/RJD	2.88	8	30	12	685	17.12	53	0-53 arenit fino
161	Grupo Bauru	793590	7591 250			2.88				685	17.12	53	0-53 arenito fino
94	(Grupo Bauru / Formação Serra Geral)	793910	7592 620		SANITAR							66	0-34 arenito argiloso 34-66 basalto
979	Formação Adamantina/Serra Geral	794030	7592 840	9707801	SA1/IND	2	3	30	0	640	13.87	42	0-13 arenito argiloso verm 13-42 basalto
53	Formação Vale do Rio do Peixe /Serra Geral	794030	7592 840		INDUSTRI AL	2				577	11	39	0-13 solo areno- argiloso verm 13-39 basalto
1542	Formação Adamantina	794290	7590 590	9703868	SANITAR	1.39	6	30	0		7.38	35	0-6 solo 6-35 arenito e argilito
350		794290	7590 590									35	0-6 solo 6-35 arenito e argilito
399		794320	7591 250		OUTROS							63	0-10 solo argiloso 10-29 arenito fino averm 29-34 basalto alterado 34-3 basalto
Selmi Dey 1	Grupo Bauru/ Formação Adamantina / Serra Geral / Botucatu / Pirambóia	794700	7593 950		PUBLICO	164	20	30			140.7 4	404	0-28 arenito argiloso 28-157 basalto 157-228 arenito médio 228-405 arenito argiloso

Poço_ Selmi Dey	Grupo Bauru/ Formação Serra Geral / Botucatu/Pirambóia					182.6				660	140.7 4	405	0-28 aretino argiloso 28-157 basalto 157-228 arenito médio 228-405 arenito argiloso
956	Formação Botucatu	794700	7593 950	9700332	PUBLICO	164	20	0	0	660		405	0-28 arenito argiloso 28-156 basalto 156-228 arenito médio 228-405 arenito argiloso
1492	Formação Adamantina	794730	7590 060	9707692	SA1ABPR	1.6	8	30	0		10.35	38	0-12 solo averm. Argiloso 12 -38 arenito marrom averm médio a fino
1187	Formação Adamantina/ Serra Geral	794750	7591 850	9701573	SANITAR	1.4	2	30	30	662	7.6	43	0-10 areia média e fina averm 10-29 areia média e fina, mar cl 29-38 basalto alterado 38-47 basalto
125	Grupo Bauru / Serra Geral	794750	7591 850		SANITAR	1.4					7.6	47	0-10 areia média e fina 10-29 areia fina 29-38 basalto 38-47 basalto

Selmi Dey 2	Formação Adamantina	795069	7595 166										500	0-6 areno argiloso 6-24 arenito argiloso fino e médio 24-64 arenito argiloso fino a médio 64- 66 arenito argiloso médio 66-76 arenito muito argiloso 76-80 basalto muito alterado 80-82 basalto 82-96 basalto 96-112 basalto 112-132 basalto 132-138 basalto 138-144 basalto 144-162 basalto 162-168 basalto 168-178 basalto 178-184 basalto 184-190 basalto 190-200 basalto 200-212 arenito fino 212-214 basalto alterado 214-268 basalto 268-292 arenito
----------------	---------------------	--------	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	---

													médio 292-300 arenito fino a médio 300- 304 arenito médio 304-326 arenito médio 326-334 arenito fino a médio 334-352 arenito fino a médio 352-362 arenito pouco argiloso 362-386 arenito fino a médio 386-398 arenito médio 398-416 arenito médio a fino
648	Adamantina- Serra Geral - Botucatu - Pirambóia	795090	7595 250									450	0-90 arenito argiloso 90-220 basalto 220-450 arenito fino e médio
1473	Formação Adamantina	795220	7590 730	9701942	SANITAR							45	0-45 arenitos e argilitos

666001	Grupo Bauru / Serra Geral	795750	7591 140									50	0-42 arenito médio 42-50 basalto
AABB	Grupo Bauru / Serra Geral	795750	7591 140		SANITAR							90	0-36 arenito 36-90 basalto
27		795800	7590 550									400	0-21 arenito fino 21-43 arenito fino 43-100 basalto 100-110 basalto 110-151 basalto 151-182 arenito muito fino 182-246basalto 246-278 arenito muito fino 278-286 arenito médio 286-308 arenito muito fino 308-328 arenito fino 328-372 arenito muito fino 372-400 arenito fino
PN 3	Formação Adamantina	795800	7590									400	0-21 arenito marron cl fino a medio 21-43 arenito pouco argiloso 43-100 basalto 100-110 basalto 110-151 basalto 151-182 arenito cinza claro fino

			550										182-246 basalto 246-278 arenito averm muito fino a médio 278-286 arenito averm médio 286-308 arenito averm fino a médio 308-372arenito cinza claro muito fino a médio 372-400 arenito esbranquiçado fino a médio
PN 5	Formação Adamantina	795940	7590 062									400	0-6 solo 6-41 silito, argilitos e arenitos 41- 43 basalto alterado argiloso 43- 170 basalto 170-176 basalto alterado 176-182 arenito fino averm pouco argiloso 182-212 basalto 212-228 arenito fino 228-231 Diabásio alterado 231-250

													arenito fino averm
PN 4	Formação Adamantina	796017	7590 639									400	0-8 areno argiloso 8-24 arenito averm 24-40 arenito averm pouco argiloso 40-43 arenito esbranquiçado 43-74 basalto 74-76 basalto alterado 76-100 basalto 100-112 basalto alterado 112-154 basalto 154-186 arenito creme 186-220 basalto 220-246 basalto 246-306 arenito fino 306-309 basalto 309-310 arenito fino 310-350 arenito fino 350-378 arenito fino 378-400 arenito creme

Indaiá	Formação Adamantina	796110	7592 460									440	0-60 arenito argiloso 60-240 basalto 240-400 arenito fino médio
301	Formação Vale do Rio do Peixe	796210	7591 500									45	0-45 arenito fino
48	Grupo Bauru	796340	7592 220									18	0-18 arenito fino
973	Formação Adamantina	796340	7592 220	9704485	SOLALT I							18	0-18 arenito argiloso
360		796360	7590 520									350	0-22 arenito fino 22-48 arenito fino 48-110 basalto 110-152 basalto 152-182 arenito muito fino 182-213 basalto 213-286 arenito médio 286-320 arenito muito fino 320-350 arenito muito fino
PN 1	Formação Adamantina	796360	7590 520									350	0-350 arenito fino
1003	Formação Botucatu	796430	7592 810	9709623	SANITAR							256	0-256 arenito fino

ARA00 3		796430	7592 810									256	0-6 solo 6-34 areia fina 34-51 arenito fino 51-198 basalto 198-256 arenito fino
978	Formação Serra Geral	796760	7593 890	9704456	SANITAR							65	1-65 arenito argilosa
122	Formação Vale do Rio do Peixe	796880	7591 030									120	0-120 arenito fino
16	Grupo Bauru	796900	7592 750									65	0-65 arenito fino
958	Formação Adamantina	796900	7592 800	9700376	INDUSTRI AL							65	0-65 arenito fino
946	Formação Adamantina	796928	7593 368	9707681	SANITAR								3- arenito argilosa
PN 2	Formação Serra Geral - Botucatu - Pirambóia	796924	7590 353		PUBLICO							361	0-12 solo arenoargiloso marrom 12 16 solo argiloso marrom averm 16- 165 basalto 165175 arenito fino 172-178 diabásio 188-361 arenitos
246	Formação Vale do Rio do Peixe	797170	7591 490									51.5 6	0-51,6 arenito fino
32	Grupo Bauru	797270	7592 150									440	0-8 solo arenoargiloso 8-75 arenito fino 75-292 basalto 292-325 -

													arenito Botucatu 325-440 arenito Pirambóia
67	Grupo Bauru / ormação Serra Geral	797300	7591 600	4564/88								100	0-5 solo 5-42 lamito siltico arenoso 42-58 Lamito ocre arenoso 58-94,5 Basalto 94,5-95,5 arenito intertrap 95,5-100 basalto

APÊNDICE 02
(PONTOS DE CAMPO)

Data	Pontos	Coordenada UTM		Cota (m)	Descrição
		X	Y		
19/01/2022	113	792247	7591919	641	Próxima a ponte. Na calçada há um solo vermelho-argiloso característico de Basalto, podendo ser local ou não.
19/01/2022	114	793151	7592333	661	Terreno com solo exposto para construção. Solo areno-argiloso vermelho escuro. Foi coletado amostra e há registro fotográfico.
19/01/2022	118	793833	7592518	657	Terreno com solo exposto em construção para unidade de saúde. Coleta de amostra do material no terreno natural que foi retirada da broca. Solo arenoso pouco argiloso vermelho com seixos. Registro fotográfico.
19/01/2022	119	793906	7592188	649	Estrada de terra cursando o córrego da Serralha. Água turva. Várzea com muito capim. Aterro antigo com resíduo e erosão na cabeceira da ponte. Registro fotográfico.
19/01/2022	120	794337	7593360	663	Ponte/ represa do córrego do Tanquinho. Para montante a várzea com gramínea e para jusante com mata degradada e o córrego ao fundo. Registro fotográfico.
19/01/2022	121	794675	7593856	682	Montante do curso natural do córrego do Tanquinho. Sedimento ao fundo com a vegetação presente. Jusante há uma obra hidráulica e na parte de baixo há blocos de rochas. Desnível grande de um lado para outro entorno de 3 a 4 m. Água límpida. Registro fotográfico.
19/01/2022	122	795122	7594472	701	Próximo a nascente, não obtivemos acesso a cabeceira. Há pastagem e pouca vegetação. Não foi possível visualizar o afloramento d'água. Ao lado da UBS. Registro fotográfico.
19/01/2022	123	795053	7595177	733	Centro de produção e reservação do Selmidei. Registro fotográfico. Poço.

19/01/2022	124	795032	7595306	734	Ferrovias. Ponto de descrição do Meaulo no talude da ferrovia (retornar no ponto). Registro fotográfico.
19/01/2022	125	796058	7592197	703	Cabeceira do Serralha. Depósito de resíduo. Registro fotográfico (Retorna no ponto em MAIO) FM. Botucatu?
25/01/2022	126	796533	7593533	721	Praça. Solo aflorando no piso da praça arenosilto com grânulos (laterizados) e tonalidade rosada Amostra e Registro fotográficas.
25/01/2022	127	796169	7593338	697	Final da rua. Solo aflorando na erosão no final da rua. Apresenta uma camada de aterro superficial (+/- 50cm) e tonalidade amarelado. Amostra e Registro fotográficas.
25/01/2022	128	795929	7593390	683	Córrego do tanquinho. Cruzamento com a estrada de terra. Vegetação predominantemente de capim. Registro fotográfico.
25/01/2022	129	796371	7591780	723	Perfil de solo ao lado da Recicla Brasil. Solo silto-arenoso. Não há estrutura no corte e nem linha de seixos. Amostra e Registro fotográficas.
25/01/2022	130	794564	7591561	667	Ponte cruzando o córrego serralha entre os condomínios. Vegetação de várzea presente, boa parte reflorestada. Água limpa. Registro fotográfico.
19/03/2022	157	796272	7593666	715	Linha d'água (no meio da plantação de soja). Embora haja a existência da nascente acima, não há indícios de fluxo de água. Área seca no momento. Registro fotográfico.
19/03/2022	158	796272	7593563	696	Pomar, com área grande. Indícios de erosão no passado e que hoje apresenta controlada; foram realizadas curvas de nível e plantel de árvores. Não há existência de água. Na área de reflorestamento, não se caracteriza como APP. Foi possível observar na estrada, ao lado da mata, que o lugar

					apresenta o mesmo material coletado na praça.
30/07/2022	159	793891	7592142		Travessa com depósito de lixo. Córrego da Serralha. Em boa conservação a vegetação, sem assoreamento ou erosão em suas margens. Registro fotográfico
30/07/2022	160	793624	7592503	649	Maurício Gale - Ponto de alagamento. Córrego da Serralha. Em boa conservação a vegetação de várzea, sem assoreamento ou erosão nas margens. No lado direito (sentido norte) há uma obra pluvial com processo de erosão. Registro fotográfico
30/07/2022	161	794223	7591906		Bambuzal. Córrego da Serralha. Leito do córrego não possui profundidade e apresenta sedimento no fundo, não há erosão no local. Neste ponto, a sua margem direita é composta por reflorestamento. Registro fotográfico
30/07/2022	162	794463	7591062	656	Mata. Processo erosivo desenvolvido. Registro fotográfico
22/10/22	163	795916	7591394		Av. Manoel de abreu. Ocorrência de inundação na via
22/10/22	164	795834	7592101	690	Córrego Serralhal. Processo erosivo nas margens
05/11/2022	165	793260	7592338	663	Próximo ao Club Beach Tênis. Não há processo de movimento de massa. Possível aterramento do local.
05/11/2022	166	793637	7592516	648	Av. Maurício Galli. Processo erosivo ocorrendo desde passagem da tubulação de água pluvial e acompanhando a margem direita do córrego (registro fotográfico). Não há processo de movimento de massa.
05/11/2022	167	795140	7594489	697	Posto de saúde Selmi dei. Processo erosivo e movimento de massa. Grande declividade na área com característica de aterramento. (Registro fotográfico)

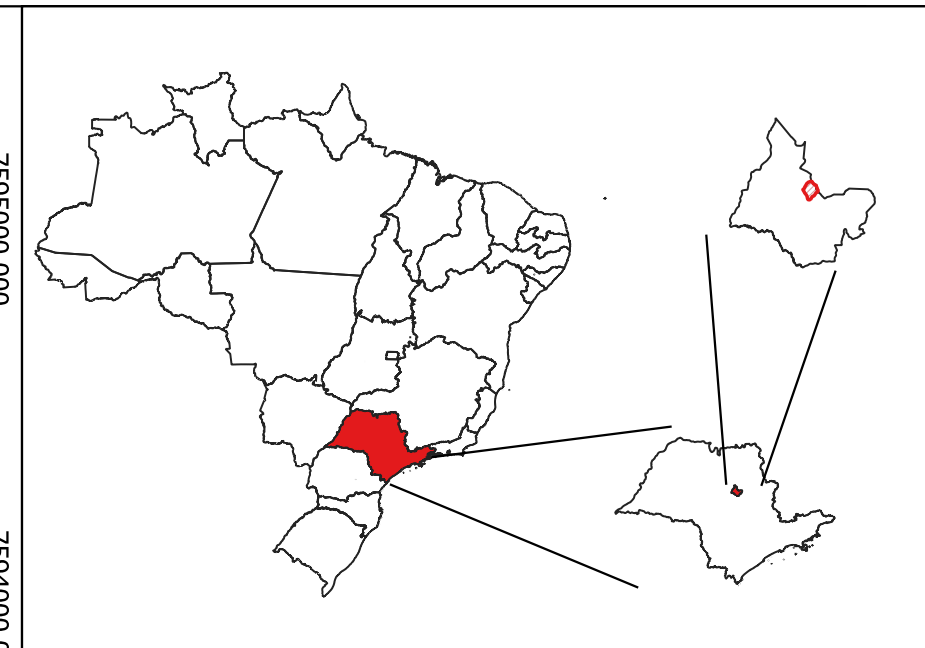
05/11/2022	168	795168	7594396	687	Posto de saúde Selmi dei. Nascente do Tanquinho. Ocorreu um terraceamento.
05/11/2022	169	795168	7594427	692	Posto de saúde Selmi dei. Coleta de amostra de solo. A (arenito alterado) e B (solo de alteração).
05/11/2022	164	795834	7592101	690	Córrego Serralha. Processo erosivo. Segundo moradores em 2000 não havia o processo erosivo. O processo ocorre devido a enxurrada que vem da av. Manoel de abreu. Coleta de solo (arenito fino hidromórfico). Erosão marginal com aproximadamente 2,5m de altura. Possui muito entulho no córrego e assoreamento. Processo de rebaixamento do nível d'água.
05/11/2022	162	794571	7594777		Erosão de ravina (profunda), segundo nível da erosão. Característica de processo de aterramento, apresenta muito resto de entulho e reflorestamento.
05/11/2022	162	794473	7591054		Braço da erosão
05/11/2022	162	794386	7591024		Cabeceira do córrego e início do processo erosivo.
22/01/2023	170	794990	7591535	672	Estrada de terra atrás do Condomínio Veredas do Campo. Coleta de amostra do solo.
30/01/2023	171	794104	7592331	672	Estrada de terra. Coleta de amostra do solo.
30/01/2023	172	795111	7592374	698	Canteiro central da Rua Lázaro Mendes. Coleta de amostra de solo.
30/01/2023	173	795802	7592392	706	Terreno ao lado da unidade de saúde. Coleta de amostra de solo

APÊNDICE 03
(AMOSTRA DE SOLO)

Nº da amostra	Data	Local	Ensaios	Caracterização	Tonalidade	Classificação
114	12/04/2021	Terro com solo exposto-Prédio	Partículas com porcentagem de grosso e finos com média plasticidade deposição rápida (areia/silte)	Composto por quartzo e minério de ferro podendo ser de origem residual	Avermelhado	Areno-argiloso
118 A	18/04/2021	Terreno de solo exposto – UBS	Partículas com porcentagem de grossos com pouca plasticidade e deposição rápida (areia/argila)	Presença de seixos; composto por quartzo e pouco minério de ferro podendo ser de origem residual	Avermelhado	Areno-argiloso
118B	18/04/2021	Terreno de solo exposto-UBS	Partículas com porcentagem de grossos com pouca plasticidade e deposição rápida (areia/argila)	Presença de seixos; composto por quartzo e pouco minério de ferro podendo ser de origem residual	Avermelhado	Areno-argiloso
126	18/01/2022	Praça	Partículas com porcentagem de grosso com pouca plasticidade e deposição lenta	Composto por quartzo podendo ser de origem transportada (retrabalhado)	Alaranjado	Silte-arenoso
127	18/01/2022	Terreno no final da rua de asfalto	Partículas com porcentagem de grosso com pouca plasticidade e deposição rápida (areia)	Composto por quartzo podendo ser de origem residual	Alaranjado	Silte-arenoso
129	12/04/2021	Perfil de solo – Recicla Brasil	Partículas com porcentagem de grossos com pouca plasticidade e deposição rápida (areia)	Composto por quartzo e minério de ferro podendo ser de origem residual	Alaranjado	Areno-argiloso
164	14/11/2022	Margem do córrego Serralhal	Partículas com porcentagem de grossos com média plasticidade e deposição rápida	Composto por quartzo podendo ser de origem residual	Acinzentado amarelado	Areno-argiloso hidromórfico
169A	14/11/2022	Nascente do Córrego do Tanquinho	Partículas com porcentagem de grossas com pouca plasticidade e rápida deposição (areia/silte)	Composto por quartzo podendo ser de origem residual	Alaranjado	Silte-arenoso

169B	14/11/2022	Nascente do Córrego do Tanquinho	Partículas com porcentagem de grossas com pouca plasticidade e rápida deposição (areia/silte)	Composto por quartzo podendo ser de origem residual	Alaranjado	Silte-arenoso
170	24/01/2023	Estrada de terra ao lado do condomínio Veredas do Campo	Partículas com porcentagem de grossas com média plasticidade e dispersão lenta (areia/argila)	Composto por quartzo e minério de ferro podendo ser de origem residual	Avermelhado	Areno-argiloso
171	31/01/2023	Estrada de terra ao lado da pastagem	Partículas com porcentagem de grossas com média plasticidade e dispersão lenta (areia/argila/Silte)	Composto por quartzo e minério de ferro podendo ser de origem residual	Avermelhado	Silte Areno-argiloso
172	31/01/2023	Canteiro central da Rua Luiz Sotratti	Partículas com porcentagem de grossas com média plasticidade e dispersão lenta (areia/Silte)	Composto por quartzo e minério de ferro podendo ser de origem residual	Avermelhado	Silte arenoso
173	30/01/2023	Terreno ao lado da UBS	Partículas com porcentagem de grossas com média plasticidade e dispersão lenta (areia/Silte)	Composto por quartzo e pouco minério de ferro podendo ser de origem transportada (retrabalhado)	Alaranjado/ amarelado	Silte arenoso

APÊNDICE 04
(MAPA DE LOCALIZAÇÃO)

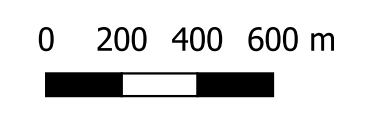


APÊNDICE 4 MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Legenda

- Ribeirão das Cruzes
- Linha férrea
- Rodovias
- Microbacia

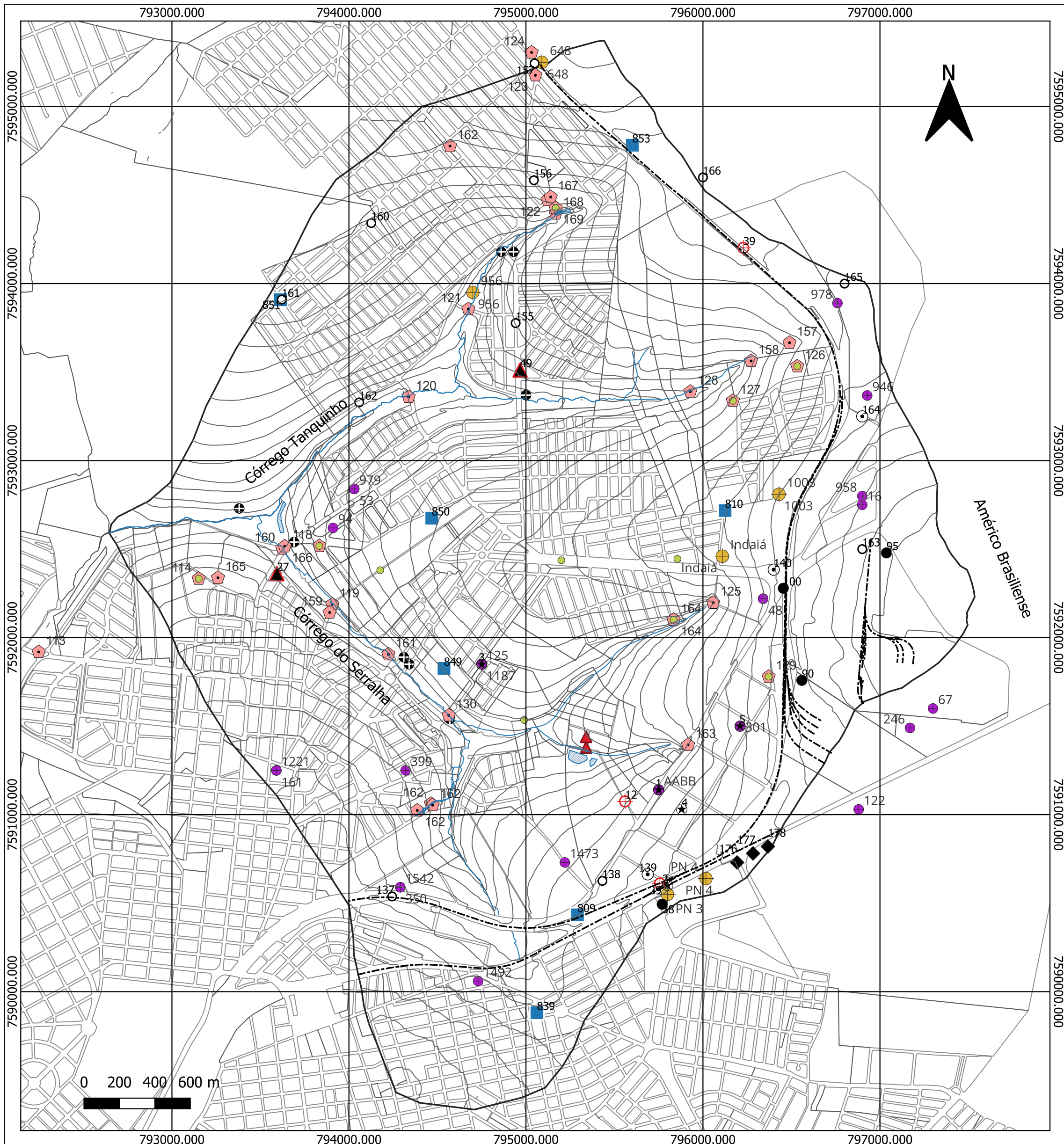
Escala 1:20.000
 Projeção UTM: Universal de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
 Base de dados: Imagen de satélite
 SPOT6 (GOOGLE, 2022)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
 PPGEU
 Mestrado
 Estudo Geoambiental das Microbasins do Córrego
 Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
 Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
 Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
 São Carlos, 2023

APÊNDICE 05
(MAPA BASE E DOCUMENTAÇÃO)



APÊNDICE 5 MAPA BASE E DOCUMENTAÇÃO

Legenda

- Drenagem
- Área úmida
- Linha férrea
- Curvas de nível
- ◆ Sondagem trado Pejon (1987)
- Sondagem SPT Pejon (1987)
- ▲ Amostragem material inconsolidado Pejon (1987)
- Estudo geológico Meaulo (2004)
- Sondagem condutividade hidráulica Meaulo (2008)
- ⊕ Pontos de estudo Failache (2018)
- Amostra de solo
- ◻ Pontos de campo
- ⊕ Travessias
- ⊕ Poços tubulares Pejon (1987)
- Poços tubulares Meaulo (2004)
- Poços públicos profundo
- Poços tubulares freáticos
- ▲ Lançamento superficial

Escala 1:20.000
 Projeção UTM: Universal de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
 Base de dados: Araraquara (2019), IGC (1978), Failache (2018), Meaulo (2004 e 2008) e Pejon (1987)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
 PPGEU
 Mestrado
 Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
 Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
 Araraquara-SP
 Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
 Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
 São Carlos, 2023

APÊNDICE 06
(MAPA DE SUBSTRATO GEOLÓGICO)

APÊNDICE 7 MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

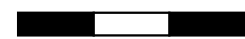
Legenda



- Drenagem
 - Área úmida
 - Curvas de nível
 - Linha férrea
 - Malha urbana
 - Microbacia
- Materiais Inconsolidados**
- Residual Formação Adamantina:
Areno-argiloso de coloração avermelhada
 - Retrabalhado Cenozoico:
Silte-arenoso de coloração amarelo alaranjado

Escala 1:20.000

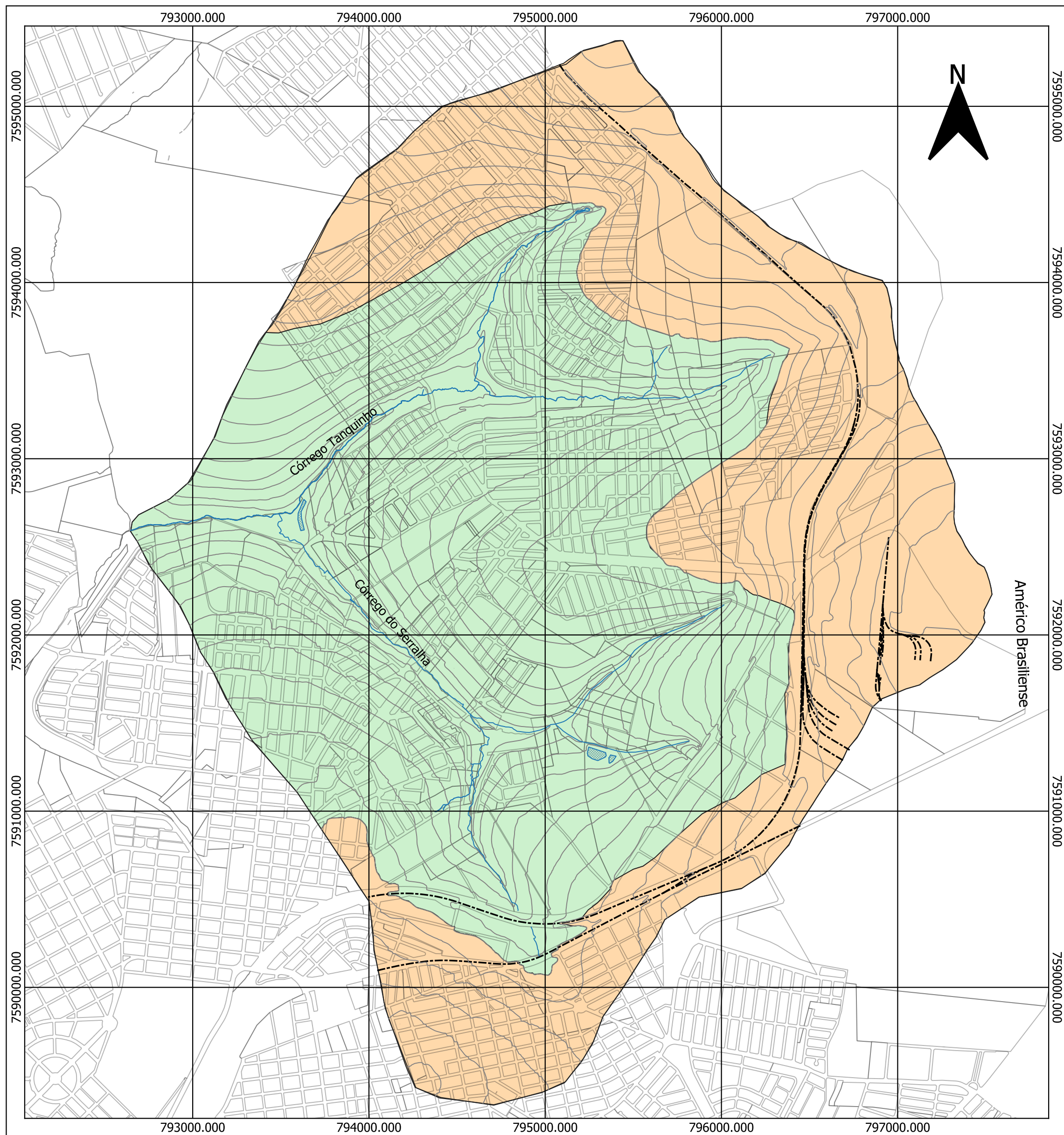
Projeção UTM: Universal de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
Base de dados: Araraquara (2019), IGC (1978), Failache (2018), Meaulo (2004 e2008) e Pejon (1987)

0 200 400 600 m



 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS 
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU
Mestrado
Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 07
(MAPA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS)

APÊNDICE 6 MAPA DE SUBSTRATO GEOLÓGICO

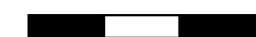
Legenda

- Drenagem
- ▒ Área úmida
- - - Linha férrea
- Curvas de nível
- Malha urbana
- Microbacia
- Formação Adamantina:
arenitos de granulação fina a muito fina

Escala 1:20.000

Projeção UTM: Universal de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
Base de dados: Araraquara (2019), IGC (1978), Failache (2018), Meaulo (2004 e 2008) e Pejon (1987)

0 200 400 600 m



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU
Mestrado
Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
Araraquara-SP












Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 08
(CARTA HIPSOMÉTRICA)

APÊNDICE 10 MAPA GEOMORFOLÓGICO

Legenda


-  Microbacia
 -  Linha férrea
 -  Curvas de nível
 -  Drenagem_prefeitura
 -  Quadras
 -  Área úmida
- Unidades Geomorfológicas**
-  Unidade 1- Colinas amplas com vertentes convexas e topos ondulados
 -  Unidade 2- Colinas pequenas de topo aplainado com vertente convexa
 -  Unidade 3- Colina média com vertentes retilinea convexa
 -  Unidade 4- Colinas médias com vertentes convexas e topos ondulados
 -  Unidade 5- Vale pequeno aberto com vertentes convexas

Escala 1:20.000

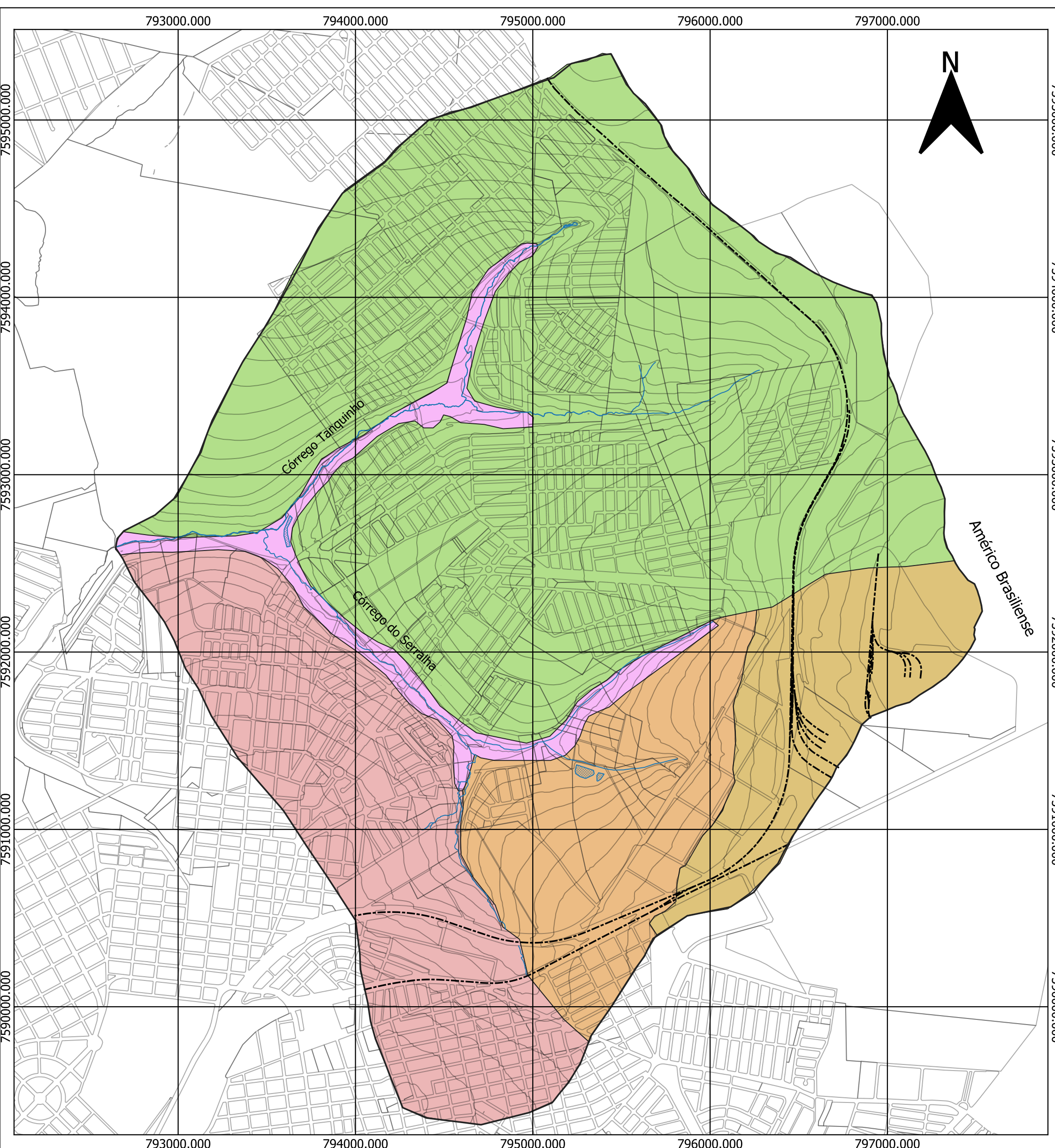
Projeção UTM: Universal de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
Base de dados: Araraquara (2019), IGC (1978) Terrafoto (1979)

0 200 400 600 m



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS 
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU
Mestrado
Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 09
(CARTA DE CLASSES DE DECLIVIDADE)

APÊNDICE 8 CARTA HIPSOMÉTRICA

Legenda

- Drenagem
- Área úmida
- Curvas de nível
- Linha férrea
- Malha Urbana
- Microbacias

Hipsometria

- 640-670 m
- 670-700 m
- 700-730 m
- 730-760 m

Escala 1:20.000

Projeção UTM: Universal de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
Base de dados: Araraquara (2019) e IGC (1978)

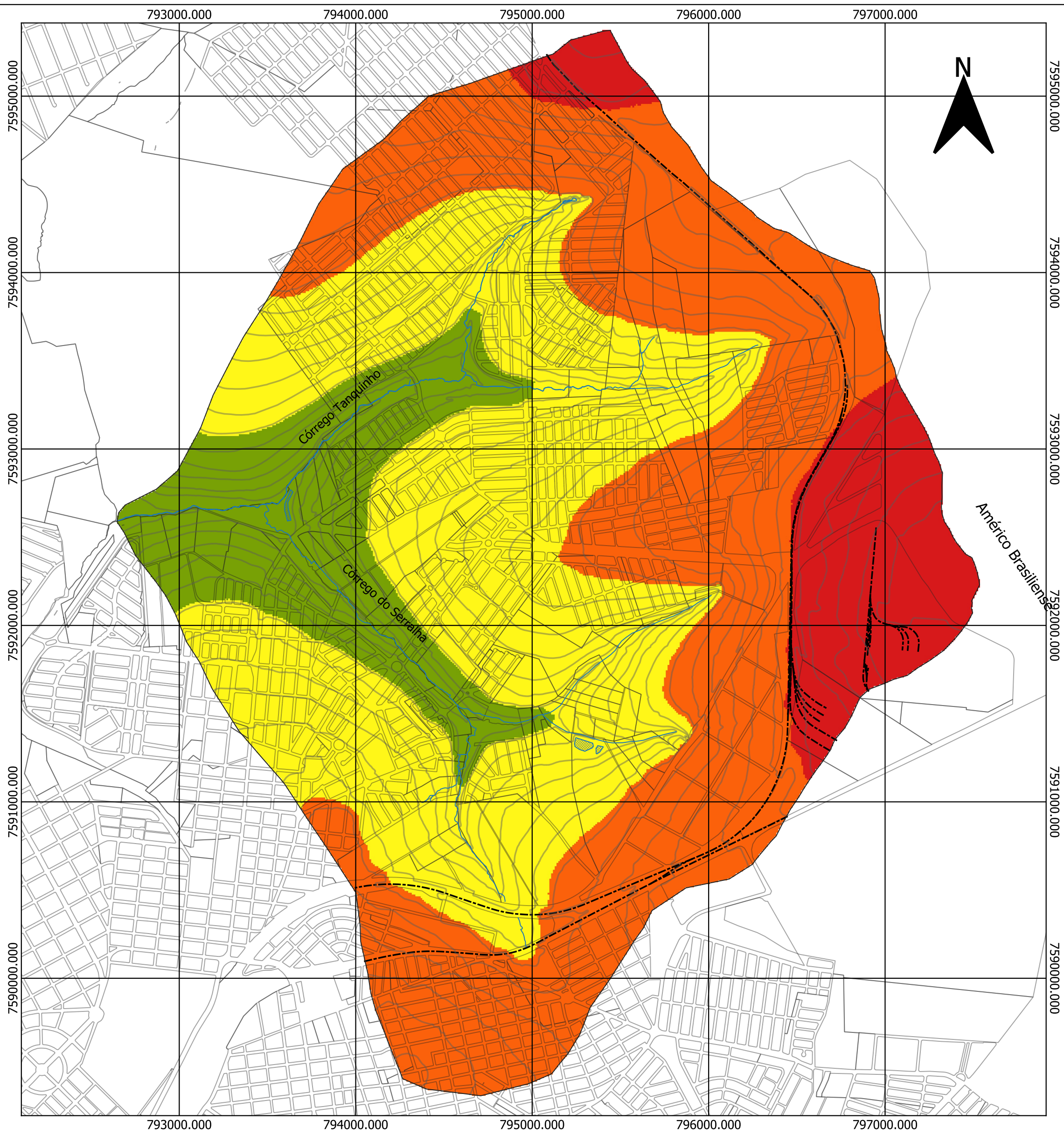
0 200 400 600 m



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU

Mestrado
Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 10
(MAPA GEOMORFOLÓGICO)

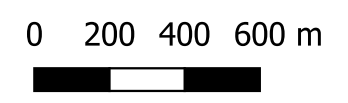
APÊNDICE 9 CARTA DE CLASSES DE DECLIVIDADE



Legenda

- Drenagem
- ▒ Área úmida
- Curvas de nível
- - - Linha férrea
- Malha urbana
- Microbacias

- Classes de declividade %
- 0 - 3%
 - 3 - 8%
 - 8 - 20%
 - >20%

Escala 1:20.000
Projeção UTM: Universal de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
Base de dados: Araraquara (2019) e IGC (1978)

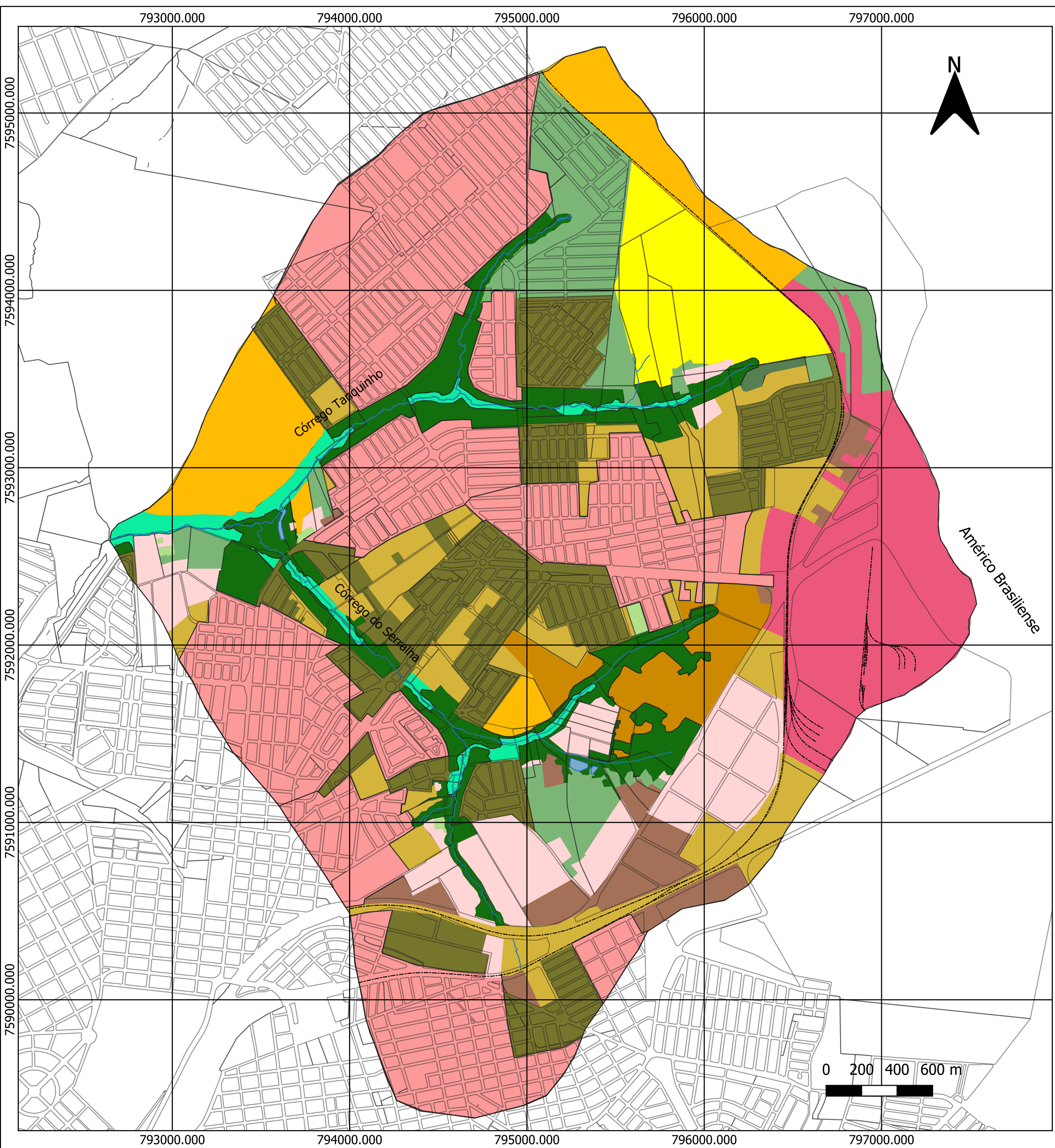


 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS 
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU
Mestrado
Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 11
(CARTA DE USO E COBERTURA DO SOLO)



APÊNDICE 11

CARTA DE USO E COBERTURA DO SOLO

Legenda

- Drenagem
- Linha Férrea
- Área úmida
- Quadras
- Microbacias
- Área de chácaras
- Área densamente ocupada
- Área em ocupação
- Área industrial
- Área residencial mista
- Área não parcelada
- Área descoberta
- Hortícolas
- Mata ciliar
- Área de vegetação rasteira
- Reflorestamento
- Represa
- Cana de açúcar
- Soja
- Pastagem

Escala 1:20.000
 Projeção UTM: Universal de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S
 Base de dados: Araraquara (2019) e Imagem de satélite SPOT 6 (GOOGLE, 2022)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
 PPGEU
 Mestrado
 Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
 Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
 Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
 Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
 São Carlos, 2023

APÊNDICE 12
(CARTA DE USO DA ÁGUA)

APÊNDICE 12 CARTA DE USO DA ÁGUA

Legenda

- Drenagem
- Área úmida
- - - Linha férrea
- Malha urbana
- Microbacia
- ⊕ Poços públicos profundos
- Poços tubulares freáticos
- Nascentes
- ▲ Lançamentos superficiais
- ⊗ Travessias

Escala 1:20.000

Projeção UTM: Universal de Mercator

Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S

Base de dados: Araraquara (2019) e DAEE (2022)

0 200 400 600 m



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU

Mestrado

Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 13
(CARTA DE OCORRÊNCIA DE PROCESSOS DO
MEIO FÍSICO E ÁREA DE SUSCETIBILIDADE)

APÊNDICE 13 CARTA DE OCORRÊNCIA DE PROCESSOS DO MEIO FÍSICO E ÁREA DE SUSCETIBILIDADE

Legenda

- Drenagem
- Área úmida
- Quadras
- Linha férrea
- Microbacia

Ocorrências de processos

- Área de inundação sem ocorrência recente
- Ponto de alagamento
- Assoreamento
- Movimento de massa
- Área de erosão recuperada
- Pontos de erosões
- Processos erosivos

Suscetibilidade a inundações

- Baixa
- Média

Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa

- Suscetibilidade baixa a rastejo, ravinamento, voçoroca e erosão laminar
- Suscetibilidade média a deslizamento, rastejo e ravinamento

Escala 1:20.000

Projeção UTM: Universal de Mercator

Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S

Base de dados: Araraquara (2019), IG-CEDEC (2008) e CPRM (2021)

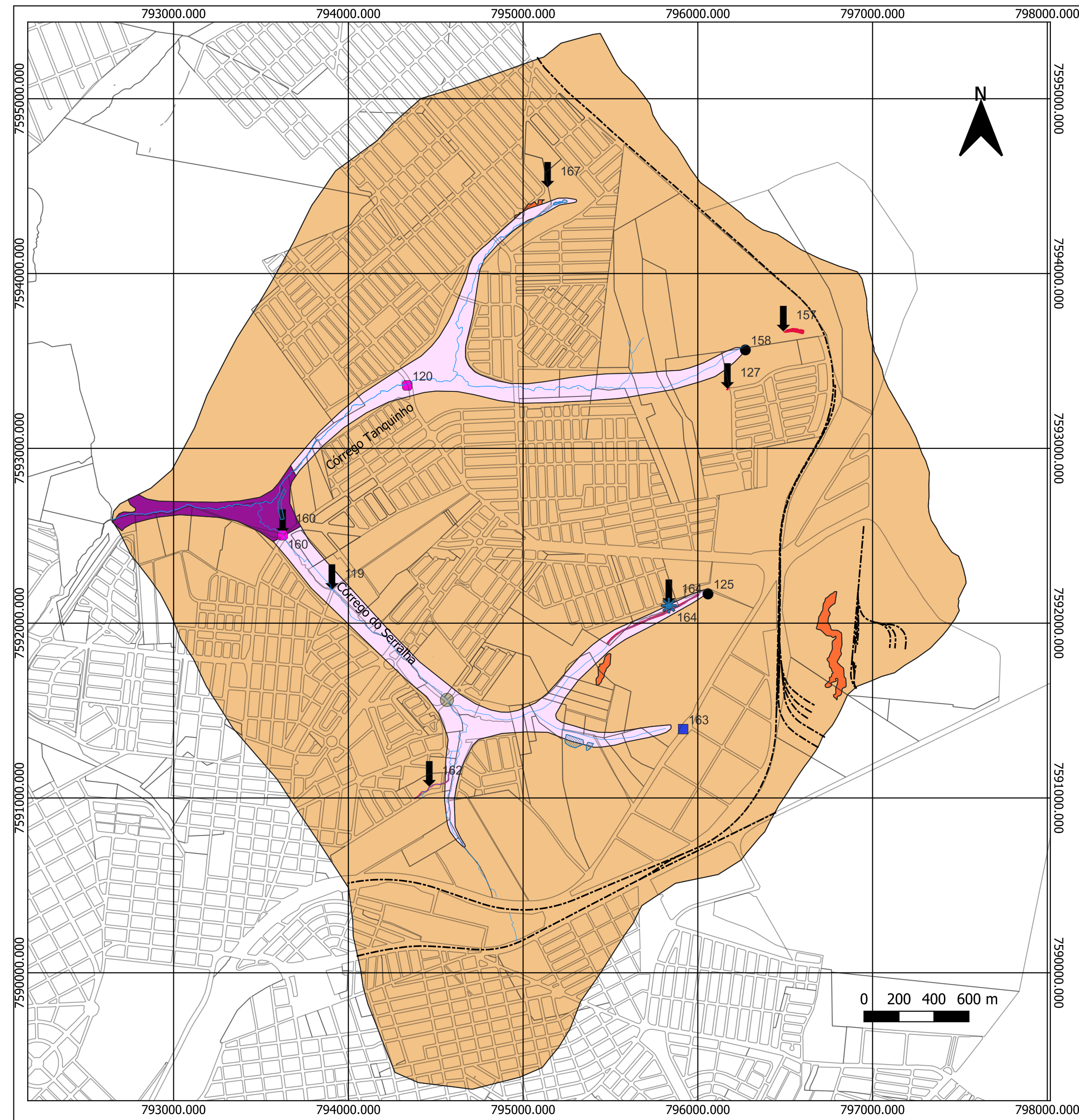


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU

Mestrado

Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 14
(CARTA DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS)

APÊNDICE 14 CARTA DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS

Legenda

- CIECO
- Curvas de nível
- - - Linha férrea
- Drenagem
- Malha urbana
- Microbacia

Unidades Geoambientais

- Unidade 1
- Unidade 2
- Unidade 3
- Unidade 4
- Unidade 5
- Unidade 6
- Unidade 7
- Unidade 8
- Unidade 9
- Unidade 10
- Unidade 11
- Unidade 12
- Unidade 13

Escala 1:20.000

Projeção UTM: Universal de Mercator

Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S

Base de dados: Araraquara (2019), IGC (1978),
Failache (2018), Meaulo (2004 e2008), Pejon
(1987) e Autora (2023)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana –
PPGEU

Mestrado

Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego
Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de
Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023



APÊNDICE 15
(CARTA DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS
FRENTE AS QUESTÕES DOS RECURSOS
HÍDRICOS E AMBIENTAIS)

APÊNDICE 15 CARTA DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS FRENTE AS QUESTÕES DOS RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

Legenda

- Drenagem
 - ▨ Área úmida
 - - - Linha férrea
 - - - CIECO
 - Quadras
 - Microbacia
 - ⊕ Poços públicos profundos
 - ⊖ Poços tubulares freáticos
 - Nascentes
 - ▲ Lançamentos superficiais
 - ⊗ Travessias
 - Área de inundação sem ocorrência recente
 - Ponto de alagamento
 - Assoreamento
 - ⊛ Movimento de massa
 - Área de erosão recuperada
 - ↓ Pontos de erosões
 - Processos erosivos
- Unidades Geoambientais**
- Unidade 1
 - Unidade 2
 - Unidade 3
 - Unidade 4
 - Unidade 5
 - Unidade 6
 - Unidade 7
 - Unidade 8
 - Unidade 9
 - Unidade 10
 - Unidade 11
 - Unidade 12
 - Unidade 13


Escala 1:20.000

Projeção UTM: Universal de Mercator

Datum: SIRGAS 2000 - Fuso 22S

Base de dados: Araraquara (2019), CPRM (2021), DAAE (2022), IGC (1978), IG-CEDEC (2008)

Failache (2018), Meaulo (2004 e2008), Pejon (1987) e Autora (2023)

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU

Mestrado
Estudo Geoambiental das Microbacias do Córrego Tanquinho e do Córrego do Serralha no Município de Araraquara-SP

Autora: Layla Cristina de Freitas Assalve
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Balestrero Menezes
São Carlos, 2023

