

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

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SANTA
BÁRBARA D'OESTE- SP EM ESCALA 1:50.000

GIULIA GUILLEN MAZZUCO

São Carlos

2019

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

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SANTA
BÁRBARA D'OESTE- SP EM ESCALA 1:50.000**

GIULIA GUILLEN MAZZUCO

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.

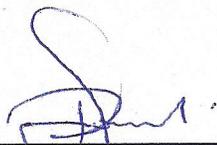
Orientação: Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

São Carlos

2019

Folha de Aprovação

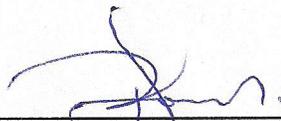
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Giulia Guillen Mazzuco, realizada em 01/03/2019:



Prof. Dr. Reinaldo Lorandi
UFSCar

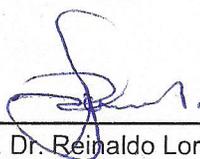


Prof. Dr. Luiz Eduardo Moschini
UFSCar



Prof. Dr. Carlos Wilmer Costa
UFRN

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Carlos Wilmer Costa e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.



Prof. Dr. Reinaldo Lorandi

AGRADECIMENTOS

É difícil agradecer à todas as pessoas que de algum modo, nos momentos serenos e ou apreensivos, fizeram parte dessa jornada, por isso, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho tornasse possível.

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus e Nossa Senhora Aparecida, que iluminaram o meu caminho durante toda minha existência.

Agradeço aos meus pais, Elaine e Sergio, ao meu irmão Matheus, à minha avó Terezinha e ao meu avô João (*In memoriam*), por nunca terem medido esforços para que eu chegasse até aqui, pelo amor incondicional e por nunca soltarem minha mão. Dedico a vocês, com todo carinho, a minha dissertação. Sem vocês jamais teria conseguido.

Agradeço ao Caio, que se envolveu na minha pesquisa e me apoiou em todos os momentos. Sua paciência e carinho foram essenciais.

À minha amiga de longa data, Ana Julia, por estar presente em todos os momentos me apoiando e incentivando.

Agradeço à todos os professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da Universidade Federal de São Carlos. Em especial, ao Reinaldo Lorandi, que me orientou e compartilhou seus conhecimentos. Aos professores Luiz e Wilmer, que me auxiliaram e contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus colegas do PPGEU, em especial, aos que compartilharam o laboratório, angústias, risadas e conhecimentos (Thamiris, Vagner, João Paulo, Jaqueline, Mateus e Wilmer).

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudo concedida.

Por fim, manifesto aqui a minha felicidade e orgulho pela conclusão deste trabalho, foi extremamente gratificante realiza-lo e concluí-lo.

RESUMO

O Zoneamento geoambiental é uma ferramenta relevante para subsidiar a gestão e o planejamento territorial, visto que permite mapear e analisar as características do geoambiente e sua interação com as intervenções antrópicas, possibilitando definir unidades homogêneas e suas potencialidades e fragilidades, de forma a subsidiar o desenvolvimento socioeconômico e a sustentabilidade ambiental. É nesse contexto, de se utilizar informações acerca das características físicas e ambientais para contribuir para o planejamento e a gestão ambiental adequado dos usos atuais e futuros do território, que este trabalho se insere. Como objetivo geral tem-se, a elaboração de um Zoneamento Geoambiental do município de Santa Bárbara D'Oeste- SP, o qual está localizado na região metropolitana de Campinas, abrangendo uma área de 272,10km² e 191.894 habitantes. Para isso, foram desenvolvidos estudos de caracterização e análise do meio físico (formações geológicas de superfície, solos, relevo, clima e recursos hídricos), bióticos (vegetação) e antrópico (uso e cobertura do solo). Estes atributos foram analisados de forma integrada para a confecção do mapeamento das características geomorfológicas, obtendo-se assim, a Carta Geomorfológica. Do mesmo modo, elaborou-se uma Carta de Potencial à Expansão Urbana, por meio do cruzamento das informações das Cartas de Fragilidade Ambiental (CFA) e Áreas inaptas a urbanização. A CFA foi gerada utilizando a metodologia da Análise Hierárquica de Processos (AHP). Todos os processamentos foram realizados no *software* ArcGIS 10.5®. Como sistema de projeção e coordenadas adotou-se: Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 23S e superfície de referência Datum SIRGAS2000. Por fim, foi elaborado o Zoneamento Geoambiental, mediante uma análise integrada dos mapeamentos e das legislações vigentes. O município foi fragmentado em 8 zonas, sendo 4 de caráter restritivo à ocupação: Restrições Ambientais legais (37,34km² - 13,77%); Restrições Geoambientais (51,19km² - 18,82%); Restrições Sanitárias (2,62km² - 0,95%) e Usos Consolidados (38,80km² - 14,32%) e as demais como aptas à ocupação: Subárea de ocupação diferenciada - SOD (90,07km² - 33,08%); Áreas prioritárias à Urbanização (2,79km² - 1,03%); Áreas Potenciais à Urbanização 1 e 2 (14,62km² - 5,39%) e Potenciais à Atividades Agropecuárias (34,67km² - 12,64%). Por meio da comparação das diretrizes de ocupação territorial definidas no Plano Diretor (PD) com o Zoneamento Geoambiental foi possível constatar que parte das diretrizes propostas pela municipalidade foram definidas em desconformidade com as condicionantes geoambientais. Isso acontece uma vez que está previsto a urbanização em áreas frágeis como em Morros Arenosos, Vertentes e Planícies Fluviais, com altas declividades e próximo à nascentes e aos processos erosivos. Além disso, é permitida a supressão de parte dos remanescentes vegetacionais nas Áreas de Interesse Ambiental. Outra questão que requer atenção é o novo limite urbano definido na revisão do PD, são previstos 61,66km² de extensão para ocupação, que se consolidado, permitirá que a área urbana expanda-se de 37,21km² para 98,87km² (crescimento de 165,70%). Por outro lado, vale destacar de maneira positiva, a criação da Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) por meio da Lei Municipal nº2.717/2002, a delimitação de APPs maiores que as obrigatórias definidas na Legislação Federal nº12.651/2012, bem como, a não aplicação do conceito de Área Consolidada em APPs no limite em questão.

Palavras-chave: Planejamento Urbano; Geoprocessamento; Cartografia Temática; Geoambiente.

ABSTRACT

Geoenvironmental zoning is a relevant tool to support territorial management and planning, since it allows mapping and analyzing geoenvironmental characteristics and its interaction with anthropogenic interventions, making possible to define homogeneous units with their potentialities and fragilities, in order to guarantee a sustainable and socioeconomic development. It is in this context, if we use information about the physical and environmental characteristics to subsidize the planning and the adequate environmental management of current and future uses of the territory, that this work is inserted. As the general objective, this study provide an elaboration of a Geoenvironmental Zoning of the municipality of Santa Bárbara D'Oeste - SP, which is located in the metropolitan region of Campinas, covering an area of 272.10km² and 191,894 inhabitants. For this, were developed: characterization and analysis of the physical environment (geological formations, soils types, and surface, climate and water resources), biotic (vegetation) and anthropic (land use and cover). These attributes were analyzed in an integrated way, obtaining the Geomorphological map of the region. Likewise, a Potential for Urban Expansion Map was elaborated by crossing the information of the Environmental Fragility (EF) with the Inapt to urbanization areas. The EF was generated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology. All processing was performed in ArcGIS 10.5 software. For the projection system and coordinates were adopted: Universal Transverse Mercator (UTM) in Zone 23S and reference surface Datum SIRGAS2000. Finally, the Geoenvironmental Zoning was elaborated, through an integrated analysis of mappings and the current legislations issues. The municipality was divided into 8 zones, 4 of which were classified as restrictive to occupancy: Legal environmental restrictions (37.34km² - 13.77%); Geoenvironmental restrictions (51.19km² - 18.82%); Sanitary restrictions (2.62km² - 0.95%) and Consolidated uses (38.80km² - 14.32%) and the others as able for occupation: SOD (90.07km² - 33.08%); Priority Areas for Urbanization (2.79km² - 1.03%); Potential areas for urbanization 1 and 2 (14.62km² - 5.39%) and Potential for agricultural activities (34.67km² - 12.64%). By comparing the territorial occupation guidelines defined in the Master Plan (MP) with the Geoenvironmental Zoning it was possible to verify that some of the directives presented by the municipality were defined in disagreement with the geoenvironmental attributes. This happens because urbanization was planned to take place in fragile areas such as in sandy hills, slopes and fluvial plains, with high slopes and near springs and erosion processes. In addition, the suppression of part of the vegetative remnants in the Areas of Environmental Interest is allowed in the guidelines of the MP. Another issue that requires attention is that the new urban boundary defined in the PD revision (61.66km² of extension), if consolidated, will allow the urban area to expand from 37.21km² to 98.87km² (a growth of 165,70%). On the other hand, it is worth to highlight, in a positive way, the creation of the Water Supply Protection and Recovery Area (APRM) by means of Municipal Law n°. 2.717 / 2002, the delimitation of APPs greater than the mandatory ones defined in Federal Legislation n° 12.651 / 2012, as well as the non-application of the concept of Consolidated Area in APPs in the limit in question.

Keywords: Geoenvironmental Zoning; Urban planning; Geoprocessing; Thematic Cartography

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização Geográfica do Município de Santa Bárbara D'Oeste	8
Figura 2- Distribuição espacial dos Recursos Hídricos Superficiais.....	1
Figura 3- Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) da APRM.....	2
Figura 4- Distribuição espacial das Unidades Aquíferas.....	5
Figura 5- Distribuição espacial das formações geológicas de superfície	7
Figura 6- Distribuição espacial das formas de terrenos.....	9
Figura 7- Distribuição espacial dos tipos de solos	11
Figura 8- Distribuição espacial das classes de declividade	14
Figura 9- Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Santa Bárbara D'Oeste..	16
Figura 10- Pontos controles de validação do mapeamento. Solo preparado para o cultivo de Cana-de-açúcar (P1); Cultivo de Cana-de-açúcar (P2, P3 e P5); Distrito Santo Antônio do Sapezeiro (P4); Represa da Usina (P6); Antiga área de extração mineral (P7); Cultivo de mandioca (P8).....	17
Figura 11- Pontos controles de validação do mapeamento. Cultivo de cana-de-açúcar (P9; 15); Linha de transmissão de Energia (P10); Planície de Inundação (P11); Vegetação Morros Arenoso com Topos Convexos (P12); Distrito Caiubi (P13); Rio Piracicaba (P14); Cultivo de Café (P16).....	18
Figura 12- Localização Geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário.....	25
Figura 13- Fluxograma metodológico da compartimentação do relevo adaptado de Libault (1971)	27

Figura 14- Tábua de mapas com a distribuição espacial dos atributos geoambientais utilizados como base para o mapeamento geomorfológico	28
Figura 15- Compartimentação Geomorfológica do município de Santa Bárbara D'Oeste	32
Figura 16- Localização Geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste (SP) com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário.....	47
Figura 17- Fluxograma metodológico para elaboração do mapeamento das Áreas Potenciais à Expansão Urbana.....	49
Figura 18- Planos de informação referentes ao Mapeamento intermediário 1- Fragilidade Ambiental	51
Figura 19- Matriz Análise Hierárquica de Processos	54
Figura 20- Mapeamento da Fragilidade Ambiental do município de Santa Bárbara D'Oeste .	54
Figura 21- Mapeamento intermediário II - Áreas inaptas à urbanização	56
Figura 22- Dinâmica de expansão da área urbanas entre os anos de 1971 a 2017	58
Figura 23- Carta de Potencial à expansão urbana do Município de Santa Bárbara D'Oeste-SP	62
Figura 24- Localização Geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste (SP) com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário.....	70
Figura 25- Fluxograma metodológico	73
Figura 26- Variáveis utilizadas para a elaboração do Zoneamento.....	75
Figura 27- Mapeamento Geomorfológico e Mapeamento Potencial à Expansão Urbana utilizados como base referencial para a identificação e compartimentação das zonas	76
Figura 28- Diretrizes de ocupação territorial definidas no Plano Diretor vigente.....	78
Figura 29- Zoneamento Geoambiental do município de Santa Bárbara D'oste.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização dos tipos de solos presentes na área de estudo	12
Tabela 2- Descrição dos atributos Geoambientais utilizados nas análises.....	27
Tabela 3- Índices de dissecação do relevo proposto por Ross (1992).....	30
Tabela 4- Principais características geomorfológicas das unidades taxonômicas mapeadas...	33
Tabela 5- Relação entre ocorrência de processos geodinâmicos e uso e cobertura do solo.....	39
Tabela 6- Variáveis utilizadas para as análises	50
Tabela 7- Classificação das variáveis geoambientais nos intervalos de Fragilidade Ambiental	52
Tabela 8- Expansão urbana e crescimento populacional.....	57
Tabela 9- Relação entre as classes de Potencial à expansão urbana e os atributos geoambientais	60
Tabela 10- Expansão urbana e crescimento populacional.....	71
Tabela 11- Variáveis utilizadas como critérios para elaboração do zoneamento geoambiental	74
Tabela 12- Relação entre o Atributos Geoambiental, legislação e as zonas compartimentadas e definição de diretrizes de ocupação.....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivos Gerais	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	4
1.4 REFERÊNCIAS.....	4
2 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D'OESTE.....	8
2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA, DEMOGRÁFICA E INFRAESTRUTURAS.....	8
2.2 HIDROGRAFIA	9
2.3 CLIMA.....	3
2.4 HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA.....	3
2.5 GEOLOGIA	6
2.6 GEOMORFOLOGIA.....	8
2.7 PEDOLOGIA.....	10
2.8 DECLIVIDADE	14
2.9 USO E COBERTURA DO SOLO.....	15
2.10 REFERÊNCIAS.....	20
3. ARTIGO 1 – CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D'OESTE APLICADA AO ORDENAMENTO TERRITORIAL.....	23
3.1 RESUMO.....	23
3.2 ABSTRACT.....	23
3.3 INTRODUÇÃO	24
3.4 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.5 METODOLOGIA	26
3.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
3.6.1 Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos	31
3.6.2 Colinas argilosas com topos convexos médios	34
3.6.3 Colinas Magmáticas com topos convexos	35
3.6.4 Morros arenosos com topos convexos.....	36
3.6.5 Morros Magmáticos com topos convexos.....	37
3.5.6 Vertentes argilosas com topos convexos.....	37

3.5.7 Planícies Fluviais	38
3.5.8 Processos Geodinâmicos	38
3.7 CONCLUSÕES	39
3.8 AGRADECIMENTOS	40
3.9 REFERÊNCIAS.....	40
4 ARTIGO 2- PLANEJAMENTO E EXPANSÃO URBANA SOB A PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL – ABORDAGEM MULTICRITÉRIO	44
4.1 RESUMO.....	44
4.2 INTRODUÇÃO	45
4.3 MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.4 METODOLOGIA.....	48
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.5.1 Muito Alto	59
4.5.2 Alto	59
4.5.3 Médio	61
4.5.4 Baixo e Muito Baixo	61
4.6 CONCLUSÕES	63
4.7 AGRADECIMENTOS	64
4.8 REFERÊNCIAS.....	64
5 ARTIGO 3 - ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D'OESTE-SP	68
5.1 RESUMO.....	68
5.2 INTRODUÇÃO	69
5.3 MATERIAIS E MÉTODOS	70
5.4 METODOLOGIA	72
5.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
5.5.1 Análise das diretrizes do Plano Diretor Vigente	77
5.5.2 Zoneamento Geoambiental	80
5.6 CONCLUSÕES	89
5.7 AGRADECIMENTOS	90
5.8 REFERÊNCIAS.....	90
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	94

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, mais da metade da população mundial é urbana (55%) e com uma tendência de alta, poderá alcançar 66% em 2050 (ONU, 2015). Conjuntamente ao rápido crescimento das populações urbanas, a expansão da área urbanizada ocorre de maneira acelerada (LI et al., 2013), desordenada ou planejada de forma inadequada, sem o critério técnico (JIAO et al., 2015), sendo considerada por especialistas como umas das principais causas de diversos problemas ecológicos e ambientais (LI et al., 2013).

Dessa forma, é primordial compreender o processo de expansão urbana e seus indutores ao longo dos anos (LI et al., 2013). Além disso, é fundamental que as áreas de expansão urbana sejam definidas com base em diagnósticos das características dos componentes naturais, para assim, reunir evidências sólidas que melhor sustentem as estratégias de planejamento e gestão sustentáveis do ambiente construído, de modo a mitigar os impactos adversos desse crescimento (PRATESI, 2016; ARCA et al., 2017).

As formas inadequadas da ocupação urbana, desconsiderando as características do ambiente, contribuem de maneira decisiva para o aumento do porte e da frequência de ocorrência de desastres naturais e impactos socioambientais. A ocupação desordenada de morros, execução de cortes e aterros precários, disposição inadequadas de resíduos sólidos, lançamento de esgotos e águas pluviais nos taludes e a remoção da cobertura vegetal, combinados as especificidades do substrato geológico, as características geomorfológicas e eventos climáticos, corroboram para o incremento da vulnerabilidade das pessoas, infraestruturas e instalações (SOUZA e SOBREIRA, 2013).

Sendo assim, é patente a necessidade da incorporação de diagnósticos do meio físico-natural no planejamento das cidades considerando as potencialidades, fragilidades e a vulnerabilidades destas áreas frente às intervenções antrópicas ainda persistentes.

Diante deste cenário, os diagnósticos geoambientais e as cartas geotécnicas ganham cada vez mais importância, no contexto de prevenção de impactos socioambientais, desde que executados em escalas adequadas (GARÓFALO e FERREIRA, 2015; SOUZA, 2015; SOUZA e SOBREIRA, 2017) e incorporados em leis municipais, como as leis de parcelamentos do solo e Planos Diretores, e sobretudo, se implementados e fiscalizados pelos gestores municipais.

Para uma efetiva realização dos diagnósticos das características geoambientais tem-se o Sistema de Informação Geográfico (SIG) como ferramenta essencial, possibilitando integrar atributos como a geologia, a geomorfologia, os tipos de solo e recursos hídricos superficiais e

subterrâneos e determinar áreas adequadas para o assentamento urbano (ARCA et al., 2017; COSTA, et al., 2018).

Cendrero et al., (1979), foram os primeiros pesquisadores a elaborarem a metodologia de Zoneamento Geoambiental a qual define unidades ambientais baseadas em mapeamentos das características geológicas, biológicas e dinâmicas do território.

O objetivo da aplicação dessa metodologia é avaliar a capacidade das diferentes unidades frente as atividades humanas, estabelecendo quais usos seriam mais aconselháveis e menos propensos a produzirem efeitos ambientais danosos. Essa metodologia, foi posteriormente adaptada às condições brasileiras por Pejon e Zuquette (1993) e aplicadas por diversos autores como: Grecchi (1998), Campanelli (2012), Guerrero (2014) e Failache (2015); Costa (2017).

É nesse contexto, de utilizar informações acerca das característica geoambientais, visando subsidiar o planejamento territorial e a gestão ambiental adequado dos usos atuais e futuros do município, que este trabalho se insere. Deste modo, objetiva-se elaborar um Zoneamento Geoambiental do município de Santa Bárbara D'Oeste- SP.

1.1 JUSTIFICATIVA

O Plano diretor, definido pela Constituição Federal de 1988 como instrumento básico da política de expansão urbana e mais tarde regulamentado pela Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto das Cidades, é obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes, e/ou localizados em regiões metropolitanas, em área de interesse turístico e em área de influência de impactos de grandes empreendimentos. (BRASIL, 1988; BRASIL, 2001).

Os objetivos principais do Plano Diretor são de definir a função social da cidade e da propriedade urbana de forma a garantir o acesso à terra urbanizada e regularizada a todos os segmentos sociais, garantir o direito à moradia e aos serviços urbanos, bem como de implementar uma gestão democrática e participativa. Esses objetivos podem ser atingidos por meio da utilização dos instrumentos definidos no Estatuto da Cidade, que dependem, por sua vez, de processos inovadores de gestão nos municípios (JUNIOR e MONTANDON, 2011). Dentre os instrumentos estabelecidos encontram-se os de planejamento, os quais são fundamentais para a conquista do desenvolvimento urbano sustentável (LOURO e MENEZES, 2012).

O município de Santa Bárbara D'Oeste, possuía em 2000 cerca de 170.078 habitantes, se enquadrando nas cidades em que a elaboração do Plano Diretor é obrigatória

(IBGE, 2000). O Plano Diretor foi promulgado em 27 de julho de 2007, por meio da Lei Complementar n.º 1436/ 2007 (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2007), a qual foi alterada pela Lei Complementar Municipal n.º 102 de 16 de dezembro 2010 (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2010), que instituiu um novo perímetro urbano para município.

Segundo as diretrizes do Estatuto das Cidades e do Plano Diretor municipal, a lei deve passar por um processo de revisão em períodos máximos de 10 anos. Dessa forma, em dezembro de 2017 foi aprovado o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal, Lei Complementar n.º 265 de 2017 (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017).

A revisão do Plano Diretor de Santa Bárbara D'Oeste ocorreu em um momento onde há um processo de desenvolvimento municipal, crescimento populacional e pressão à urbanização. Segundo o IBGE em 2010 o município passou a ter 180.009 habitantes (IBGE, 2010) (crescimento populacional de 5,84%) e atualmente (2017) possui uma população estimada de 191.894 habitantes (IBGE, 2017), ou seja, com taxa de 6,60% de crescimento populacional no período.

Devido ao cenário de crescimento populacional, a lei definiu Macrozonas de expansão urbana e estabeleceu diretrizes de ocupação para as mesmas, bem como diretrizes de ordenamento territorial para todo o limite municipal.

Para que a expansão urbana não promova impactos negativos ao meio ambiente e à qualidade de vida dos habitantes da cidade é necessário que sejam realizados diagnósticos geoambientais que visem subsidiar a ocupação territorial. No entanto, não verificou-se a existência de tais estudos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

Este estudo objetiva-se contribuir para o ordenamento territorial do município de Santa Bárbara D'Oeste-SP, de forma a subsidiar uma gestão ambiental adequada dos usos atuais e futuros do solo, respeitando a capacidade suporte do meio ambiente.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os meios biótico e abiótico em escala de 1:50.000 (Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Declividade, Rede de Drenagem, Uso e Ocupação do Solo);
- Identificar e mapear as feições Geomorfológicas e as Unidades Aquíferas;

- Elaborar um mapa de Fragilidade Ambiental e de Potencial à Expansão Urbana;
- Elaborar um mapa de Zoneamento Geoambiental;
- Analisar a adequabilidade das diretrizes do Plano Diretor de acordo com as potencialidades e fragilidades do meio biótico e abiótico.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi elaborada na forma de artigos científicos independentes, estes foram antecedidos por uma introdução geral que contextualiza a temática do trabalho, acompanhado de uma justificativa, objetivos gerais e específicos que orientaram a pesquisa, seguidos de uma caracterização Geoambiental do município.

O Primeiro artigo, intitulado “CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D’OESTE APLICADA AO ORDENAMENTO TERRITORIAL”, teve como objetivo cartografar a compartimentação do relevo, que poderá ser utilizado como um instrumento de tomada de decisão relacionado à expansão urbana.

O segundo artigo, “PLANEJAMENTO E EXPANSÃO URBANA SOB A PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL – ABORDAGEM MULTICRITÉRIO” teve como objetivo elaborar um Mapeamento do Potencial à Expansão Urbana, que poderá subsidiar o ordenamento do território municipal possibilitando, que a urbanização não ocorra em áreas inadequadas.

No terceiro artigo foi elaborado o Zoneamento Geoambiental, o qual possuiu uma abordagem integradora dos artigos anteriores. Subsequente aos artigos, apresentou-se as considerações finais, conclusões e os apêndices.

1.4 REFERÊNCIAS

ARCA, D.; CITIROGLU, H.K.; KUTOGLU, H.S.; MEKIK, C. DEGUCHI, T. Assessment of geoenvironmental properties depressing urban development with GIS: a case study of Kozlu settlement, Turkey. **Natural Hazards**, v.87, p.307–322. 2017.

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF, 05 de out de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 16 de maio de 2017

BRASIL, **Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF. 10 de jul de 2001. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm . Acesso em: 16 de maio de 2017.

CAMPANELLI, L. C. **Zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia hidrográfica do Rio do Monjolino – São Carlos (SP)**. 2012. 136f. Dissertação (Mestrado)- Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CENDRERO, A.; FLOR, G.; GANCEDO, R.; GONZÁLES-LASTRA, J.; GONZÁLES-LASTRA, J. R.; SALINAS, J. M. Integrated Assessment and Evaluation of the Coastal Environment of the Province of Vizcaya, Bay of Biscay, Spain. **Environmental Geology**, v. 2, n. 6, p. 321-331. 1979

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. 2017. 166f. Tese (doutorado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2017.

COSTA, C. W.; LORANDI, R.; LOLLO, J. A; IMANI, M.; DUPAS, F. A. Surface runoff and accelerated erosion in peri-urban wellhead área in southeastern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v.77, n.160, p. 2- 18, 2018 Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-018-7366-x>> . Acesso em: 07 de jul de 2018

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

GARÓFALO, D. T.; FERREIRA, M. C. Mapeamento de Fragilidade Ambiental por meio de análise geoespacial: uma aplicação na Alta Bacia dos Rios Piracicaba e Sapucaí Mirim, APA Fernão Dias, MG. **Revista do Departamento de Geografia -USP**, v 29, p. 212 a 245. 2015

GRECCHI, R. C. **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento**. 1998. 132p. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Paulo. 1998.

GUERRERO, J. V. R. **Zoneamento (Geo)ambiental analítico da bacia do Rio Clarinho a partir da técnica de avaliação de terreno, na escala 1:50.000**. 2014. 74f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. 74f.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>. Acesso em: 16 de maio de 2017

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 16 de maio de 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades. 2017** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santa-barbara-doeste/panorama>> Acesso em: 26 de junho de 2018.

JIAO, B., LIFAN, M. B, YAOLIN, L. Multi-order Landscape Expansion Index: Characterizing urban expansion dynamics. **Landscape and Urban Planning**, v.137, p. 30–39, 2015. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920461500002X?via%3Dihub>. Acesso em: 07 de julho de 2018

JUNIOR, O. A. D., MONTANDON, D. T. **Os planos diretores municipais pós-estatuto da cidade: balanço crítico e perspectivas** – Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Cidades: IPPUR/UFRJ, 2011.

LI, X., ZHOU, W., OUYANG, Z. Forty years of urban expansion in Beijing: What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors?. **Applied Geography**, v. 38 p. 1-10, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622812001294>> Acesso em: 07 de julho de 2018.

LOURO, C. A. L, MENEZES, J. O Planejamento na gestão ambiental urbana dos municípios brasileiros. **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO** v.03, n.01, p.62-75, 2012. Disponível em: <<http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/10/10>> Acesso em: 07 de julho de 2018.

ONU- United Nations. **World urbanization prospects the 2014 revision**. p. 514. 2015 Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Carta de Potencial de Escoamento Superficial da folha de Piracicaba/SP. **Revista de Geociências**. São Paulo, v. 12, n.2, 1993.

PRATESI, F.; TAPEDE, D.; VENTISETTE, C. D.; MORETTI, S. Mapping interactions between geology, subsurface resource exploitation and urban development in transforming cities using InSAR Persistent Scatterers: Two decades of change in Florence, Italy. **Applied Geography**, v. 77 p. 20-37, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622816304428>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar n.º 1436/ 2007**. Disponível em: <http://consulta.siscam.com.br/camarasantabarbara/Documentos/Documento/63493>. Acesso em: 5 de maio de 2017.

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar Municipal nº 102 de 16 de dezembro de 2010**. Disponível em: <http://consulta.siscam.com.br/camarasantabarbara/arquivo?Id=52560> . Acesso: 16 de maio de 2017.

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar Municipal nº 265 de 14 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Santa Bárbara D'Oeste e dá outras providências

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. **Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais- Estudo de caso de Ouro Preto – 2013. 1ª edição**, Brasília, DF. p. 68, 2014. ISBN: 978-85-917793-0-7. Disponível em: http://www.abge.org.br/uploads/imgfck/file/GUIA_APTIDAO_A_URBANIZACAO_SOUZ_A_E_SOBREIRA_2014.pdf . Acesso em: 07 de julho de 2018

SOUZA, L. A. **Cartografia geoambiental e cartografia geotécnica progressiva em diferentes escalas: aplicação na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Carmo, municípios de Ouro Preto e Mariana, Minas Gerais. 2015. 461f.** Tese (Doutorado)- Universidade Federal

de Ouro Preto. Escola de Minas. Programa em Pós-Graduação em Geotecnia, Ouro Preto, MG. 2015.

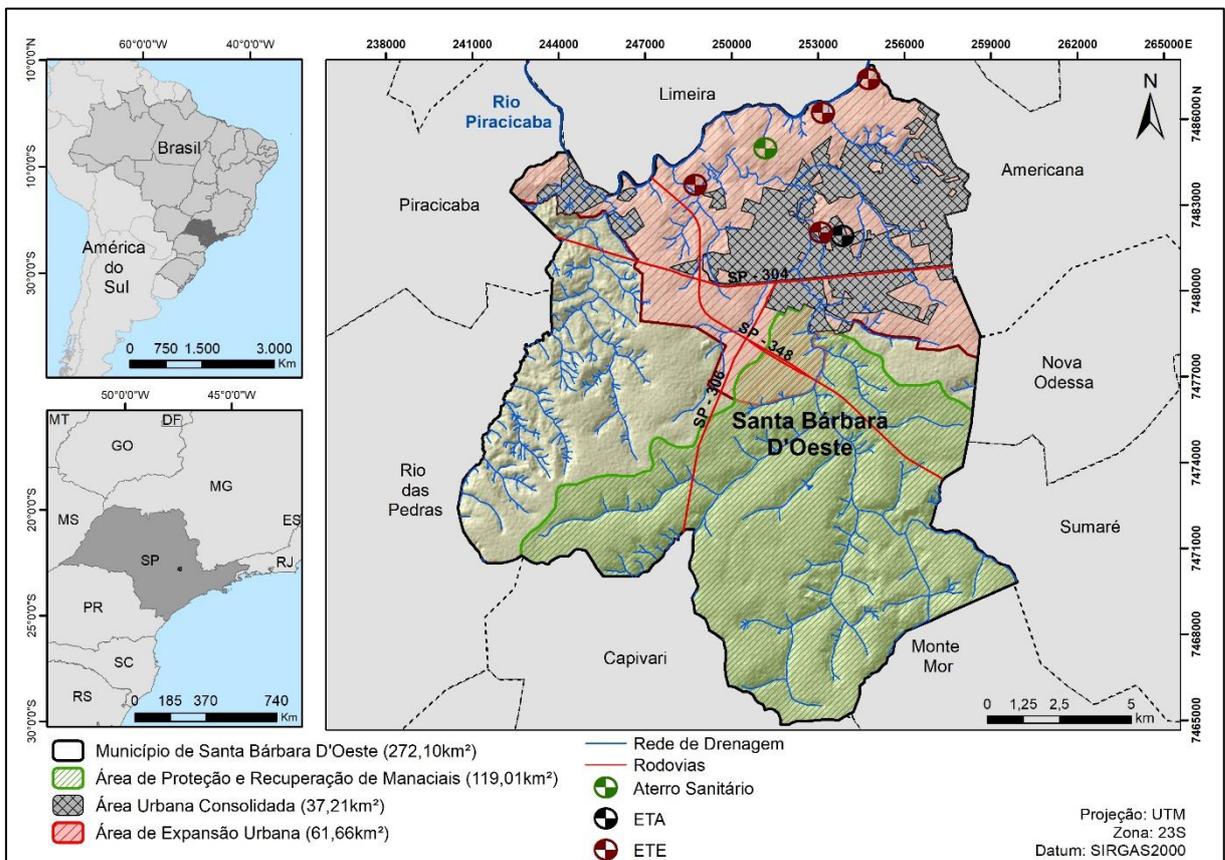
SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. Proposta de unidades geomorfológicas como suporte à expansão urbana e ao ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.18, n.4, p.703-717, 2017. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1235>>. Acesso em 07 de julho de 2018

2 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D'OESTE

2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA, DEMOGRÁFICA E INFRAESTRUTURAS

O município de Santa Bárbara D'Oeste está distante 138km da capital (São Paulo), na coordenada 22°45'15" de Latitude Sul e 49°22'46" de Longitude Oeste. Possui uma população estimada de 191.889, IDHM 0.781 (IBGE, 2017) e abrange 272,10km² de extensão, sendo que 37,21km² correspondente à área urbana (Figura 1).

Figura 1- Localização Geográfica do Município de Santa Bárbara D'Oeste



Fonte: Autora

Essa municipalidade faz limite ao Norte com Limeira; ao Sul com Monte Mor e Capivari; a Oeste com Piracicaba e Rio das Pedras, e a Leste com Americana, Nova Odessa e Sumaré, se enquadrando na Região Metropolitana de Campinas (RMC).

As principais vias de acesso são: a Rodovia dos Bandeirantes (SP-348), a Rodovia Luiz de Queiroz (SP-304), a Rodovia Comendador Américo Emílio Romi (SP-306) e seu prolongamento, chamado de Rodovia Luiz Ometto. Em consonância com a política desenvolvimentista da região administrativa de Campinas, Santa Bárbara d'Oeste possui

vocação industrial, sendo os principais setores de produção o têxtil, alimentício e de bebidas, químico e metal mecânico. A produção sucroalcooleira também é bastante significativa na economia local (BONA, 2012).

Ainda segundo Bona (2012), o processo de expansão urbana no município favoreceu o processo de especulação imobiliária, resultando em segregação espacial, uma vez que foi embasado em loteamentos desprovidos de infraestruturas básica e equipamentos urbanos. Este fato demonstra uma falta de preocupação da gestão municipal em ordenar o crescimento municipal, afirmado pelo Plano Diretor.

2.2 HIDROGRAFIA

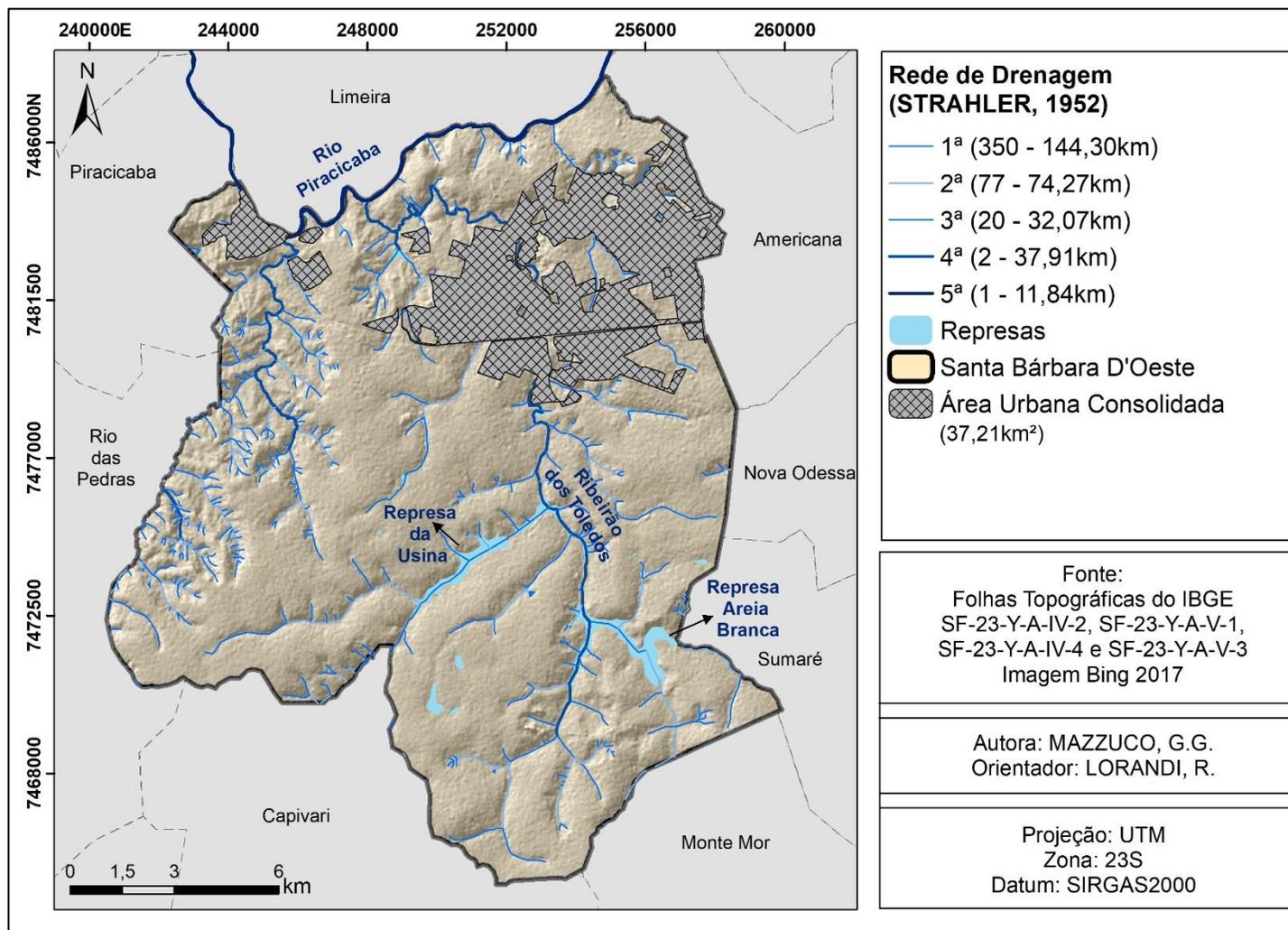
O território do município está situado na Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, na Bacia do Piracicaba e na Sub-bacia do Alto Piracicaba. A bacia do Rio Piracicaba apresenta um desnível topográfico de cerca de 1.400 metros em uma extensão da ordem de 370km, desde suas cabeceiras na serra da Mantiqueira, no Estado de Minas Gerais, até sua foz no Rio Tietê (CBH – PCJ, 2000-2001). O Rio Piracicaba delimita o limite de Santa Bárbara D'Oeste com Limeira.

O principal elemento hídrico municipal é o Ribeirão dos Toledos, o qual foi represado para a criação da Represa Areia Branca (Figura 2), utilizada para abastecimento público. O limite da sub-bacia do Ribeirão dos Toledos foi estabelecido como Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) mediante a Lei Municipal nº2.717/2002 (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2002), com o objetivo de garantir às gerações presentes e futuras as águas deste manancial como reserva prioritária de abastecimento público local em detrimento de qualquer outro interesse (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017). Por meio da Lei Municipal nº3.884/2016 foram estabelecidas diretrizes de ocupação e instrumentos para gestão e planejamento da área (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2016).

O comprimento total dos cursos d'água é de 300,39km, distribuídos por 450 canais, dos quais, segundo a classificação de Strahler (1952), 350 são de primeira ordem, representando 77,77% dos canais da bacia. Quanto aos de segunda ordem (77) representam 17,11%, enquanto que 20 são considerados canais de terceira ordem (4,44%). O canal principal, Ribeirão dos Toledos, 4ª ordem, apresenta 12,46km de extensão e deságua no Rio Piracicaba (5ª ordem) no noroeste do município.

Na região oeste do município estão concentradas a maior parte dos rios de primeira ordem e conseqüentemente as nascentes, estando essas relacionadas com a ocorrência da Unidade II do Grupo Itararé e áreas com maiores declividades.

Figura 2- Distribuição espacial dos Recursos Hídricos Superficiais

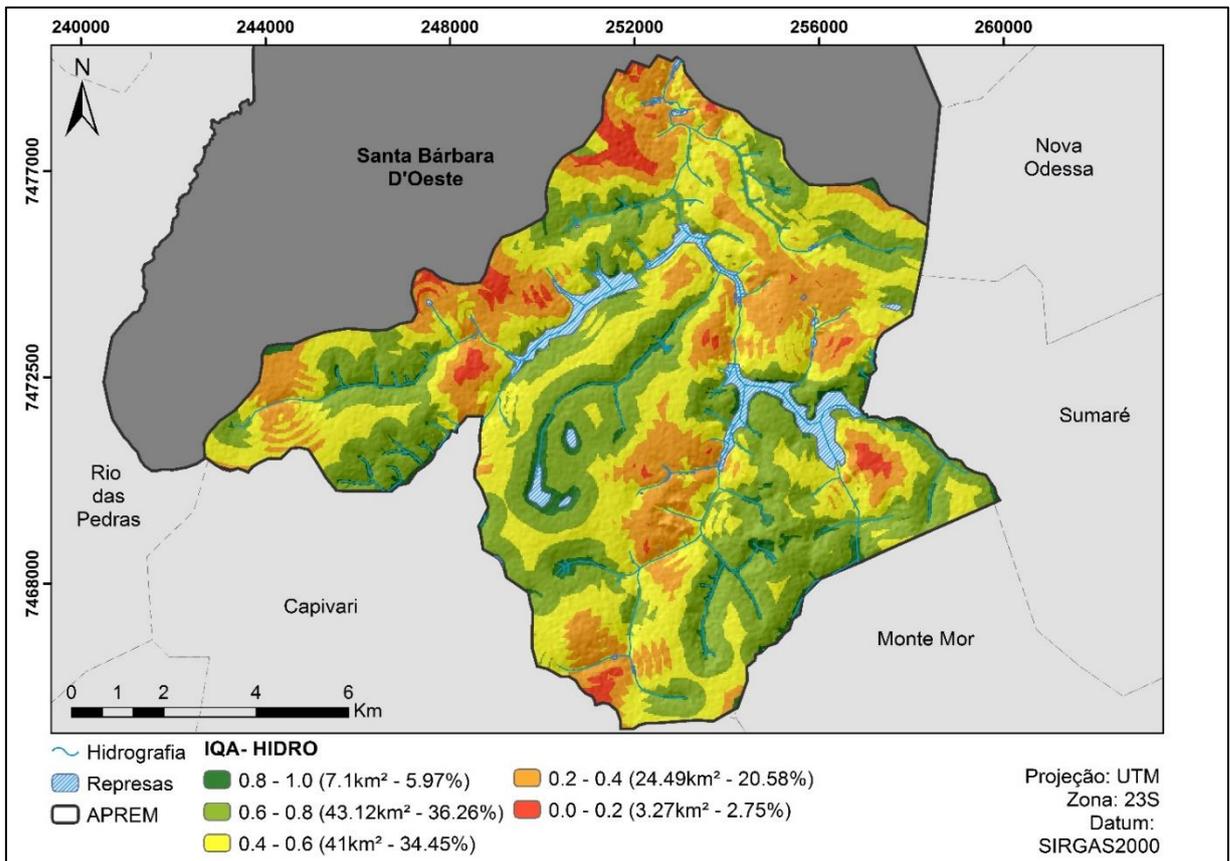


Fonte: Autora

Mazzuco e Lorandi (2018), aplicaram o Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) aprimorado no limite da APRM (Figura 3) e obtiveram como resultado que a maior parte da área se enquadra nas classes intermediárias de qualidade ambiental em termos de proteção dos recursos hídricos, sobretudo, devido a matriz agrícola dominante (cana-de-açúcar) e a fragmentação de habitats naturais, demonstrando que o objetivo da APRM pode estar prejudicado em algumas regiões.

Dessa forma, é necessário o manejo adequado do uso e cobertura do solo voltado para a fragilidade dos recursos naturais, buscando a conservação dos serviços ambientais, como formação do solo, ciclo de nutrientes, regulação do clima, da água e purificação da água (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005) de modo a mitigar os impactos gerados e contribuir para a manutenção da integridade ecológica da sub-bacia do Ribeirão dos Toledos.

Figura 3- Índice de Qualidade Ambiental dos Recursos Hídricos (IQA-HIDRO) da APRM



Fonte: Mazzuco e Lorandi (2018)

2.3 CLIMA

De acordo com a classificação de Köpen, o clima da região de Santa Bárbara D'Oeste é classificado como clima tropical de altitude (Cwa), com verão úmido e inverno seco (CEPAGRI, 2017).

De acordo com a classificação elaborada por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o município possui Clima tropical úmido-seco ou Tropical do Brasil Central, mais especificadamente Clima Tropical do Brasil Central sem Seca, o qual apresenta chuva em todos os meses do ano, com maior concentração na estação de verão e redução na estação de inverno. Os sistemas atmosféricos oceânicos tropicais (Massa tropical atlântica- MTA) e polares (Massa polar atlântica- MPA) influenciam as localidades desse subtipo climático, sendo assim, responsáveis pela pluviosidade em todos os meses do ano, assim como pela variabilidade dos índices térmicos.

A temperatura média anual (2017) de Santa Bárbara D'Oeste, segundo CEPAGRI (2017), é de 22,2°C, sendo que, a máxima média mensal foi de 30°C e a mínima média mensal de 11°C, a qual ocorreu no mês de julho. O valor anual de precipitação é de 1.410,8mm, sendo que o menor valor de precipitação ocorreu em julho (34,3mm) e o maior valor em janeiro (254,8mm).

2.4 HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

As unidades aquíferas possuem duas condições básicas para que assim possam ser denominados: I) possuir a capacidade de armazenar a água que infiltra no subsolo e II) transporta-la (IRATANI e EZAKI, 2008). Estas são caracterizadas de acordo com os tipos de rochas correspondentes, determinando assim, o meio e a forma de circulação (COSTA, 2017), o que refletem na sua produtividade e, também, na sua vulnerabilidade à poluição (IRATANI e EZAKI, 2008).

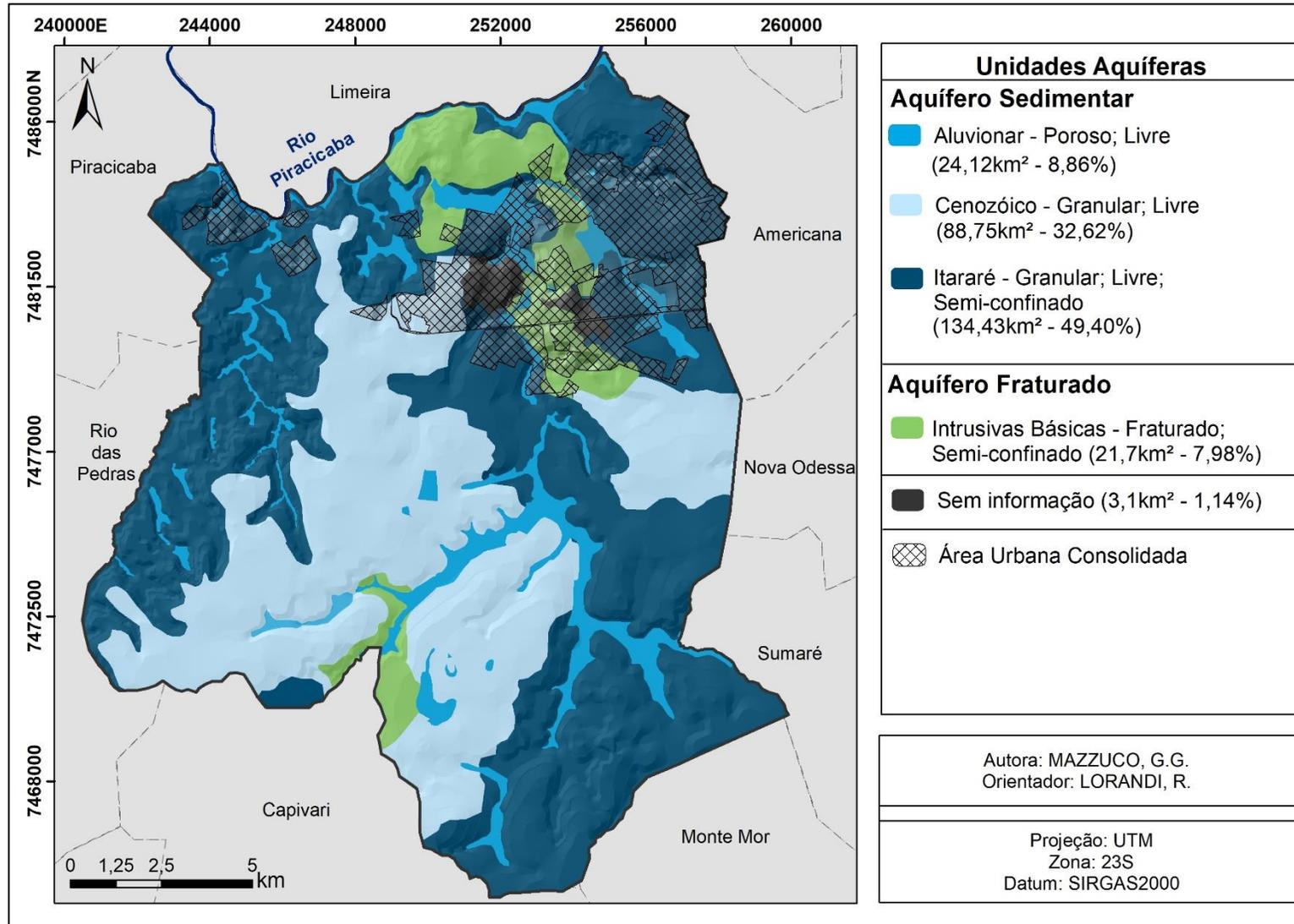
Os aquíferos podem ser classificados em confinados e livres, em relação à pressão das águas nas suas superfícies. Os confinados são aqueles onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica, podendo ser definidos como não drenantes (camadas limítrofes, superior e inferior impermeáveis) e drenantes (uma das camadas limítrofes é semipermeável, permitindo a entrada e saída de fluxos) (FEITOSA et al., 2008).

Enquanto que os aquíferos livres são aqueles em que o limite superior é a superfície de saturação, onde todos os pontos encontram a pressão atmosférica. Este também é classificado em drenantes e não drenantes (FEITOSA, et al., 2008).

O município está localizado na área de extensão dos Aquíferos sedimentares Itararé (134,43km² - 49,40%), Cenozóico (88,75km² - 32,62%), Aluvionar (24,12km² - 8,86%) e no Aquífero Fraturado Intrusivas básicas ou Serra Geral (21,7km² - 7,98%) (Figura 4). O Aquífero Itararé, de extensão regional, é sedimentar, granular, e comporta-se de maneira livre ou confinado (FERREIRA, et al., 2000). As litologias encontradas são bastante heterogêneas, compostas por siltitos, argilitos, folhelhos, diamictitos, arenitos muito finos a conglomeráticos eritmitos (IRITANI e EZAKI, 2008).

O Aquífero Cenozóico é constituído por materiais de cobertura do período Terciário ao Pleistoceno, é granular, livre e possui uma extensão limitada a semi-regional. Estas características fornecem condições para que os poluentes possam atingir facilmente a água devido ao baixo grau de consolidação dos sedimentos (FERREIRA, et al., 2000). O Aquífero Serra Geral é constituído por uma sequência de derrames de lava vulcânica, o armazenamento e ao fluxo da água subterrânea ocorrem nas fraturas.

Figura 4- Distribuição espacial das Unidades Aquíferas



Fonte: Autora

2.5 GEOLOGIA

Para a elaboração do mapa de formações geológicas de superfície e respectiva análise, levou-se em conta o mapeamento realizado por Borges (2003), na escala de 1:50.000, da quadrícula de Americana e o mapeamento de Unidades Básicas de Compartimentação do Meio Físico do Estado de São Paulo (CPA, 2017) na escala 1:75.000 para o inferimento do restante da área. Ademais, utilizou-se as cartas pedológicas do IAC (IAC, 1977 e 1989) para a verificação por meio de correlação espacial dos atributos solos/rochas

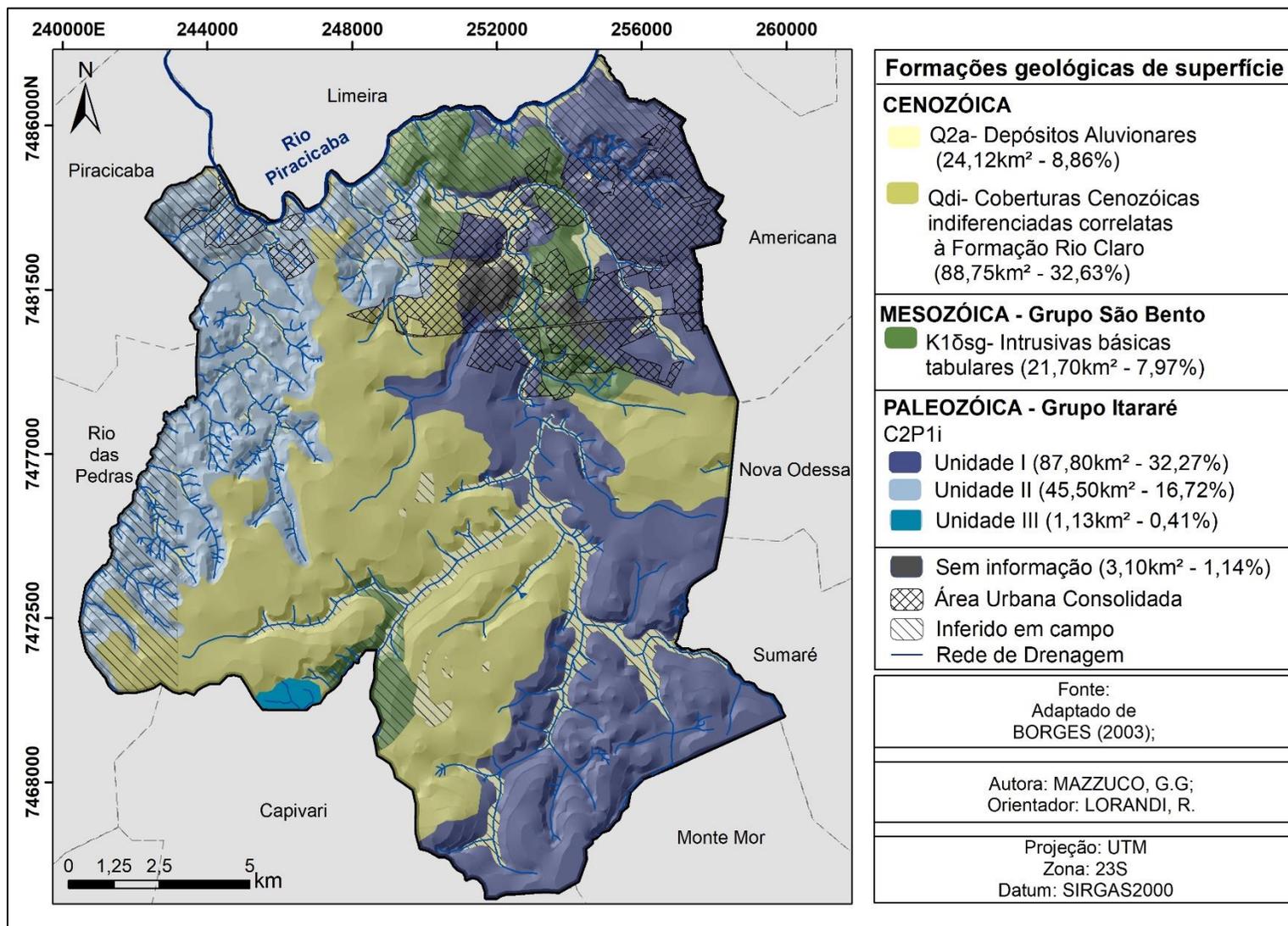
As informações espaciais dos solos hidromórficos, mapeados na carta pedológica, foram inseridas no mapeamento geológico como Quaternário. Além disso, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, mapeou-se as planícies de inundações onde foi verificado a ocorrência de locais planos, com declividades de 0-3%, associados a existências de corpos d'água e estas foram agrupadas aos quaternários. Por fim, realizou-se validação das informações em campo.

A área objeto de investigação, está inserida na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizando-se, predominantemente, por rochas sedimentares dos terrenos do Grupo Itararé e Cobertura Cenozóicas indiferenciadas correlatas à formação Rio Claro (BORGES, 2003) (Figura 5).

Borges (2003), subdividiu o Grupo Itararé (C2P1i) em 3 unidades, sendo a Unidade I dominante (32,27%), constituída por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos finos, com espessuras variando de 0,5m até 10m. Apresenta litologia com tons de cores bem variadas, desde amarelo claro e marrom claro, até tons de cinza escuro, vermelho e marrom escuro.

A Unidade II, encontrada na região oeste, é constituída por fácies distintas de siltitos, siltitos com areia fina e alternância de camadas silto-arenosas, areno-siltosas e silto-argilosos, além de argilitos e arenitos finos, a estrutura é em geral maciça, com algumas ocorrências de pacotes com acamamentos paralelos e “empastilhamento”, com espessura variando de 1m até 8m (BORGES, 2003). A Unidade III ocupa uma pequena parcela da região sul do município (1,13km² - 0,41%) e é composta por lamitos arenosos e ou arenitos finos, siltitos, arenitos intercalados finos a médios (BORGES, 2003).

Figura 5- Distribuição espacial das formações geológicas de superfície



Fonte: Autora

A Cobertura Cenozóica Indiferenciadas Correlatas à formação Rio Claro (Qdi), ocorre em uma área representativa do município (32,63%), é composta por materiais de cobertura inconsolidados, variando de 3m até dezenas de metros, estando a composição mineralógica e granulométrica relacionadas a natureza da rocha que lhe deu origem (BORGES, 2003).

As rochas Intrusivas básicas tabulares (K1δsg), do período Cretácio, Era Mesozóica, Grupo São Bento, também são encontradas no município (BORGES, 2003), é basicamente composta pelos equivalentes intrusivos das rochas vulcânicas, apresentam composição toleítica, granulação fina a média, textura fanerítica e também ofítica, e colorações cinza e negra, ocorrem como *sills* e diques (BORGES, 2003).

Os depósitos aluvionares Cenozóicos são resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição a partir de fontes diversas, constituem-se em depósitos nas margens, fundos de canal e planícies de inundação de rios, as areias, cascalheiras, siltes, argilas e, localmente turfas (CPRM, 2006).

2.6 GEOMORFOLOGIA

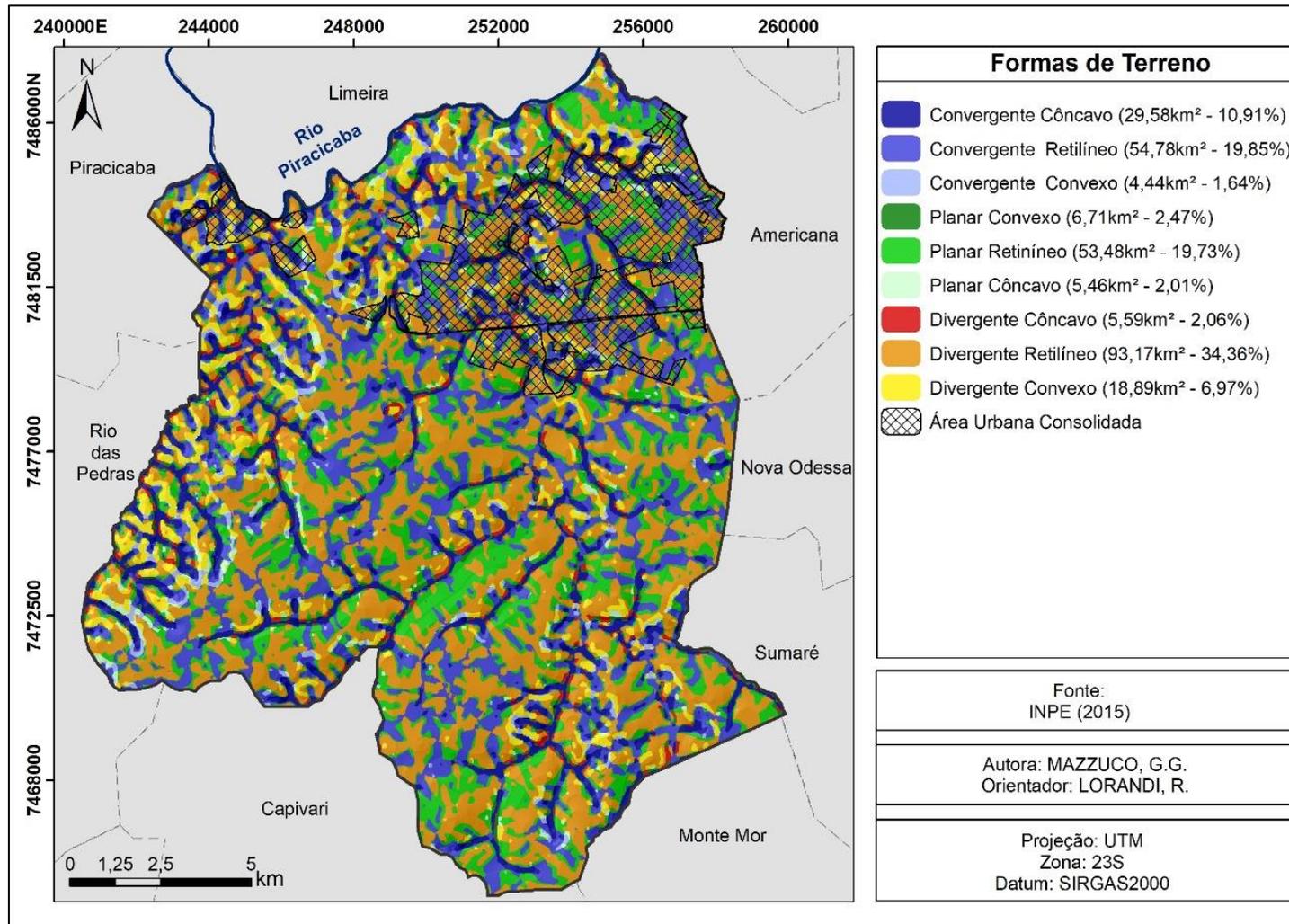
De acordo com o mapeamento realizado por SÃO PAULO - IPT, disponibilizado pela CETEC (1999) na escala 1:250.000, a principal forma de relevo presente no município é Relevo de Degradação em Planaltos Dissecados, com unidades homogêneas de Colinas Amplas, ou seja, predominam inteflúvios com área superior a 4km², topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, drenagem de baixa densidade e planícies aluviais interiores restritas.

Dentro da concepção de mapeamento progressivo em táxon, definido por Ross (1994), o município localiza-se em termos de 1º táxon nas Morfoestruturas das bacias Sedimentares do Paraná, área compreendida no 2º táxon pela Unidade: Depressão periférica Paulista e subunidade da Depressão Médio-Tiête. (ROSS e MOROZ, 1997).

Em escala de vertentes, predominam encostas divergentes com perfil vertical retilíneo distribuídas na forma de colinas amplas derivadas de formações geológicas Paleozóicas (Grupo Itararé) e das Coberturas Cenozóicas compostas por materiais indiferenciados correlatos à Formação Rio Claro. No topo das colinas amplas, o perfil horizontal é planar, apresentando perfil vertical variando de retilíneo a levemente convexado (Figura 6) (INPE, 2015).

Vertentes com perfil horizontal divergentes e perfil vertical convexado são encontradas na borda oeste do município perfazendo uma faixa estreita (16,17km² - 5,94%), concomitante a formação Itararé II (siltitos, camadas de argilitos e siltitos intercalados com lentes de arenitos). O perfil convergente côncavo e convergente convexo estão expostos na forma de vales abertos entalhados nas diferentes formações (INPE, 2015).

Figura 6- Distribuição espacial das formas de terrenos



Fonte: Adaptado de INPE (2015)

2.7 PEDOLOGIA

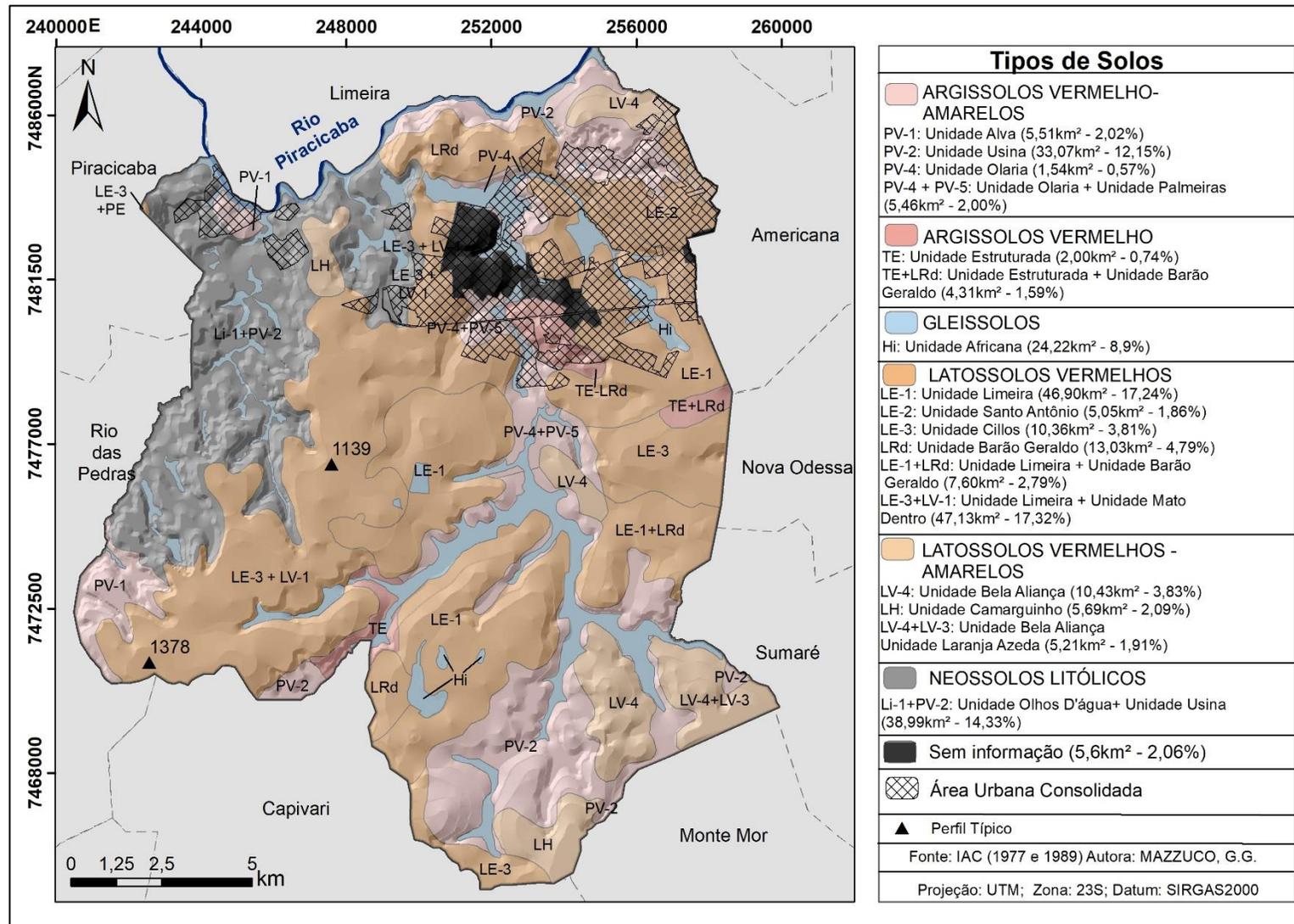
As unidades pedológicas desse território municipal, definidas com base no mapeamento efetuado por São Paulo - IAC (1977 e 1989) e atualizadas a partir das informações disponibilizadas por IBGE (2007), são caracterizadas por: LATOSSOLOS VERMELHOS (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO Álico; LATOSSOLO ROXO Distrófico); ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO A moderado); NEOSSOLOS LITÓLICOS (SOLOS LITÓLICOS); LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO Álico; LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO HÚMICO Álico;) ARGISSOLOS VERMELHOS (TERRA ROXA ESTRUTURADA Eutrófica) e GLEISSOLOS (SOLOS HIDROMÓRFICOS).

Conforme ilustrado na figura 7, as classes de solos predominantes, são representadas por: LATOSSOLOS VERMELHOS (130,07km²) e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (45,58km²). Os LATOSSOLOS VERMELHOS, possuem grande homogeneidade de características ao longo do perfil l, são bem drenados, originam-se de rochas básicas e têm grande ocorrência no país, apresentam um elevado potencial agrícola, destacando-se para a produção de cana-de-açúcar (IBGE, 2007). Enquanto que, os ARGISSOLOS têm como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B, em geral, são pouco profundos e profundos, assim como os LATOSSOLOS, ocorrem em praticamente todas as regiões do país (IBGE, 2007).

A Unidade Limeira associada com a Unidade Mato Dentro (LE-1+LV-1) e a Unidade Limeira (LE-1) individual, são as unidades mais representativas dentro do Grande Grupo dos LATOSSOLOS VERMELHOS, ocupando respectivamente 47,13km² (17,32%) e 46,90km² (17,24%). A Unidade Limeira é composta principalmente por argila, ocorre em relevos suaves ondulados, em declividades de 3-5%, já a Unidade Mato Dentro possui argila e areia quase nas mesmas proporções e também ocorrem em relevos suaves ondulados com declividades de até 3% (Tabela 1).

A unidade mais expressiva do ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS é a Usina (33,07km²-12,15%), a qual é composta, predominantemente, por argila, ocorrendo em declividades de 3-5% com relevos suaves ondulados. A Unidade Olhos D'Água, nomeada pela autora, pertence a ordem NEOSSOLOS LITÓLICOS que também recobre uma área importante (38,99km² - 14,33%) do município, caracterizando-se por relevos escarpados e meios de encostas, com declividades de 45% e constituída principalmente por areia.

Figura 7- Distribuição espacial dos tipos de solos



Fonte: Adaptado de IAC (1977 e 1989)

Tabela 1- Caracterização dos tipos de solos presentes na área de estudo

Classificação Taxonômica		Composição granulométrica			Profundidade (cm) *		Declividade (%)/ Relevo	Unidade; Perfil ¹²³
Brasil - Embrapa (1999) ; Ordem	Camargo et al (1987)	Argila	Silte	Areia	Camada superficial (a)	Camada subsuperficial (b)		
ARGISSOLOS	Podzólico Vermelho-Amarelo álico (PV-1)	6 3	4 4	90 93	0 - 80	80 - 215	10-15; ondulado;	Alva; 1.177
	Podzólico Vermelho-Amarelo álico (PV-2)	79 - 88 76 - 81	5 - 9 4 - 12	8 - 12 7 - 16	0-43	43-200	3-5; suave ondulado	Usina; 1.202
	Podzólico Vermelho-Amarelo álico (PV-4)	47 60 - 65	14 9 - 20	39 33 - 39	0-26	26 - 270	Suave ondulado	Olaria; 1.175
	Podzólico Vermelho-Amarelo álico (PV-5)	9 - 15 12 - 31	18 - 27 5 - 13	58 - 71 60 - 78	0 - 48	48 - 146	7 - 10; ondulado	Palmeiras; 1.203
	Glei Húmico e Pouco Húmico	46	3	51				
LATOSSOLOS	Latossolo Roxo Distrófico (LRd)	29 52 - 58	2 7 - 11	69 30 - 38	0 - 20	20 +	<2; plano deprimido; terraço. 5; suave ondulado;	Africana
		45 - 77	3 - 11	37 - 41	0 - 68	68 - 200	terço superior da encosta, quase topo da colina.	Barão Geraldo; 1174
	Latossolo Vermelho Escuro (LE-1)	56 - 60 74	16 - 24 18 - 14	11 - 15 12 - 16	0 - 28 ⁱ	28 - 405	3 - 5%; suave ondulado.	Limeira; 1.205
	Latossolo Vermelho Escuro (LE-2)	35 48	11 7	54 45	0-16	16-300	8%; suave ondulado	Santo Antônio; 1.173
	Latossolo Vermelho Escuro (LE-3)	29 55	9 5	62 51	0 - 53	53 - 200	2 - 3; aplainado	Cillos; 1.139

	Latossolo Vermelho Amarelo (LV-3)	17,9 - 20,1 24,04 - 25,6	1,7 - 2,3 1,08 ± 2,2	76,2 - 80,8 71,4 - 74,6	0 - 53	53 - 300	3; suave ondulado	Laranja Azeda; 1.204
	Latossolo Vermelho Amarelo álico (LV-4)	26,1 - 27,2 31 - 32,5	2,2 - 2,4 1,4 - 6,7	70,4 - 71,7 61,7 - 71,2	0 - 63	63 - 240	6; suave ondulado a ondulado	Bela Aliança; 1.199
	Latossolo Vermelho Amarelo álico(LV-1)	36 - 39 40 - 44	3 1 - 3	58 - 61 55 - 57	0 - 52	52 - 270	3; suave ondulado	Mato Dentro; 1.193
	Latossolo Vermelho Amarelo húmico (LH)	32 - 38 37 - 41	3 1 - 3	55 - 61 55 - 63			<3%, áreas aplainadas de topo de colina	Camargui nho; 1.176
NEOSSOLOS	Solos Litólicos (Li-1)	31 40	2 2	66 58	0 - 15	15+	45; escarpado; meio da encosta.	Olhos D'Água
NITOSSOLOS	Terra Roxa Estruturada (TE)	52 58 - 70	28 6 - 12	20 22 - 32	0 - 30	30 - 155	10; terço superior da encosta	Estruturada; 1.197

1

¹LORANDI, R, et al. (1992)²OLIVEIRA, J.B. (1999)³OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F.; ROTTA, C.L. (1979)

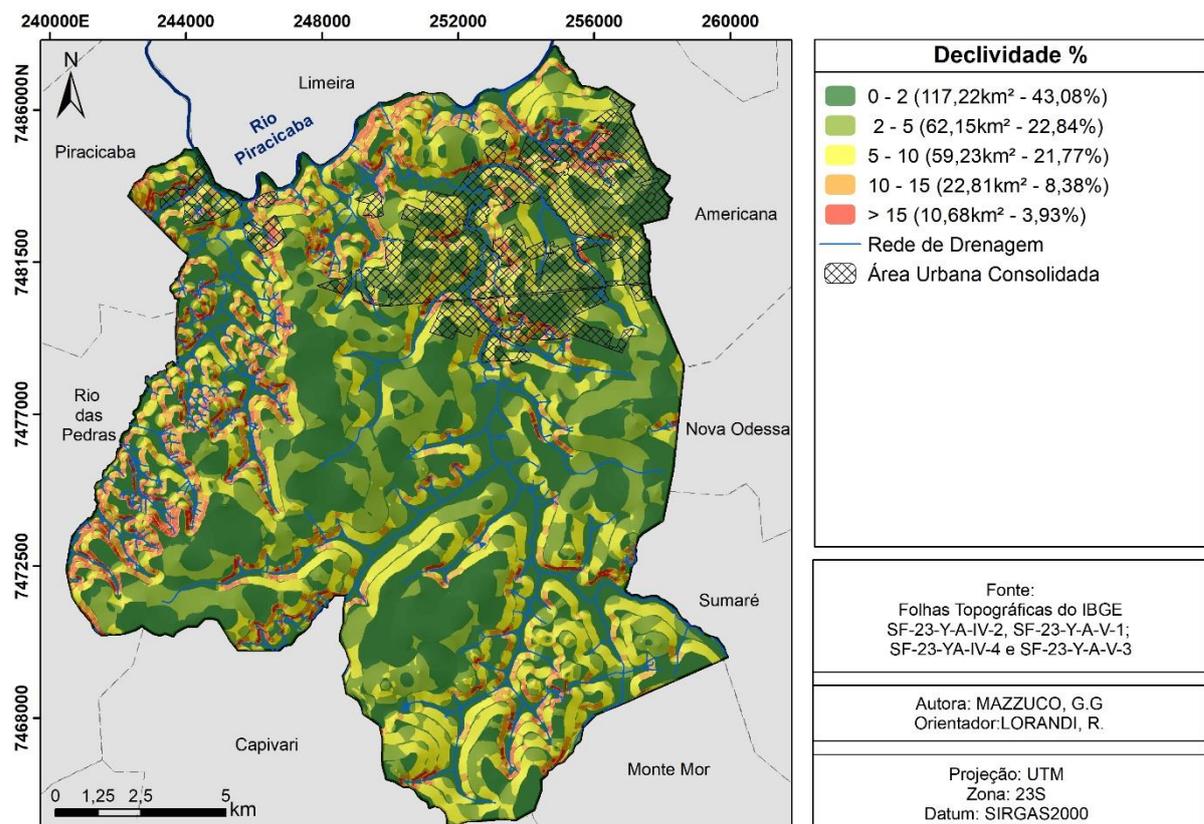
* Camada superficial (horizonte A); (b) camada subsuperficial (horizonte B + C)

2.8 DECLIVIDADE

A Carta de Declividade foi gerada a partir das informações contidas nas Cartas Topográficas do IBGE (SF-23-Y-A-IV-2; SF-23-Y-A-V-1; SF-23-Y-A-IV-4; SF-23-Y-A-V-3) (IBGE, 1971). As curvas de níveis foram vetorizadas e interpoladas utilizando a função “*Interpolation -> Natural Neighbor*”, e por fim, foi aplicada o “*Spatial Analyst -> Surface Analysis -> Slope*”, obtendo assim, a declividade local.

Verificou-se que, a maior parte do município possui baixa declividade (0-12%), sendo o intervalo predominante de 0-2% (43,08%). As maiores declividades encontram-se na região oeste, estando relacionados a Unidade II do Grupo Itararé, a NEOSSOLOS LITÓLICOS e a presença de uma rede de drenagem de maior densidade, a qual é responsável pela dissecação e entalhamento dos vales (Figura 8).

Figura 8- Distribuição espacial das classes de declividade



Fonte: Autora

2.9 USO E COBERTURA DO SOLO

Para a confecção da carta temática de uso e cobertura do solo e do banco de dado foram utilizadas imagens do satélite LandSat 8 (2017), com 8 bandas espectrais e resolução espacial de 15m (bandas multiespectrais fusionada com a banda PAN Cromática). As imagens foram obtidas no site *Earth Explorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) e processadas no ArcGIS® (ESRI, 2018), sendo utilizada o elipsoide de referência SIRGAS2000, sistema de coordenadas UTM, zona 23S.

A classificação dos tipos de uso foi elaborada manualmente por meio da identificação de padrões homogêneos da cobertura terrestre e digitalização em tela e por fim, realizou-se trabalho de campo para confirmação da verdade terrestre (Figura 9, 10 e 11).

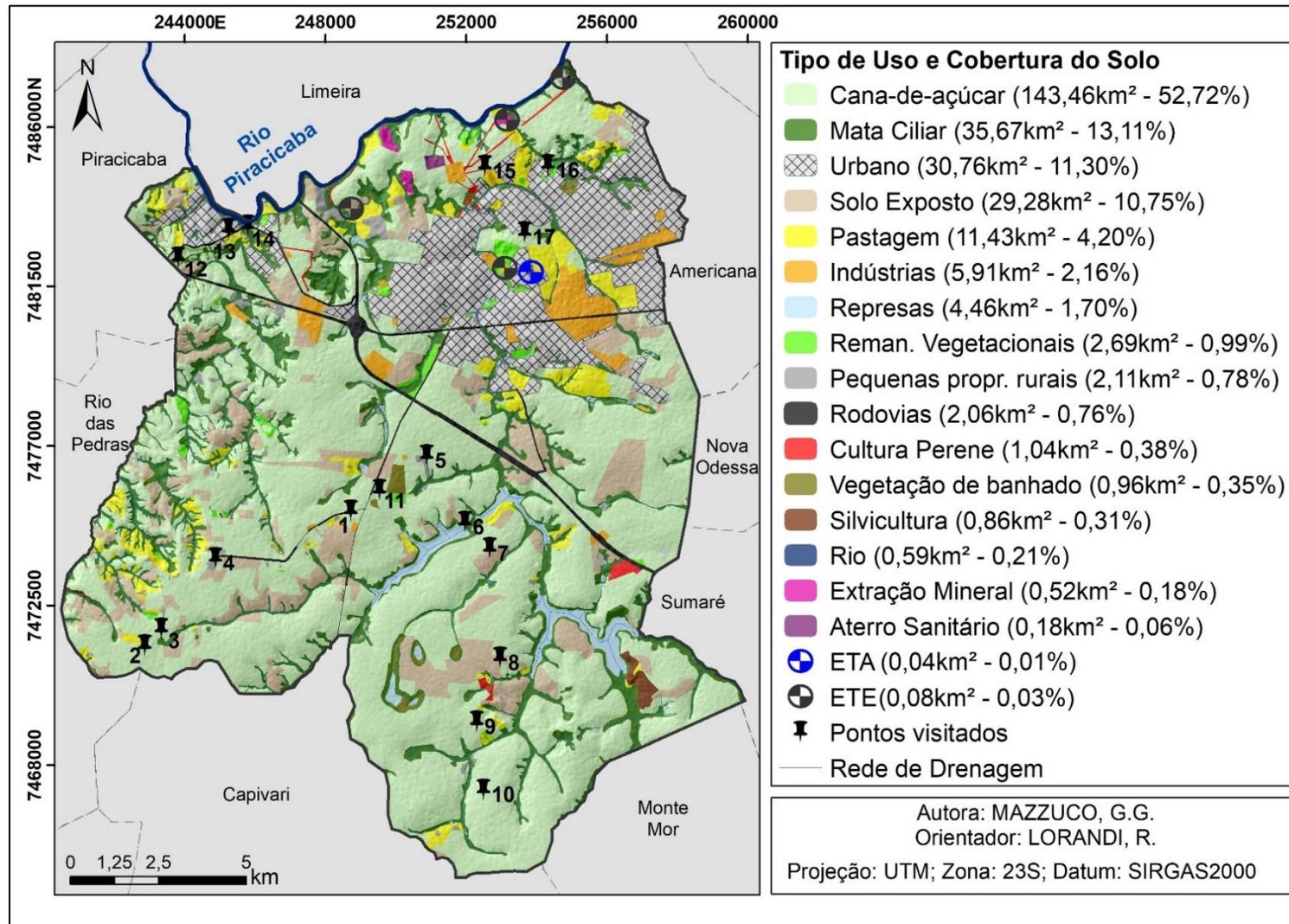
Por meio do mapeamento, foi constatado o predomínio de atividades agrícolas (aproximadamente 70% da área do município), sendo o uso mais expressivo o cultivo de cana-de-açúcar, ocupando mais de 50% da área (Figura 9, Figura 10- P2 e P3 e Figura 11- P9 e P15). Considerando o solo exposto como fase de preparo para o cultivo da cana-de-açúcar, este uso estende-se por mais de 60% do município (Figura 11 P1).

Devido a expressividade de áreas ocupadas por atividades agropecuárias deve-se pensar na aplicação de estratégias de cultivos sustentáveis, pois tais atividades demandam um uso intensivo dos recursos naturais, especialmente de solo e água. Portanto, se não geridas de forma adequada podem comprometer a qualidade dos serviços ecossistêmicos, além de acarretar em fragmentação ou extinção dos *habitats* naturais e perda da biodiversidade local (MAZZUCO, et al., 2017).

A degradação da qualidade ambiental e as perdas contínuas dos serviços, como a regulação do clima e da água, perda de solos e ocorrência de processos erosivos, podem resultar em enormes perdas econômicas que muitas vezes excedem os ganhos aparentes do desenvolvimento da terra cultivada (AROWOLO, et al., 2018).

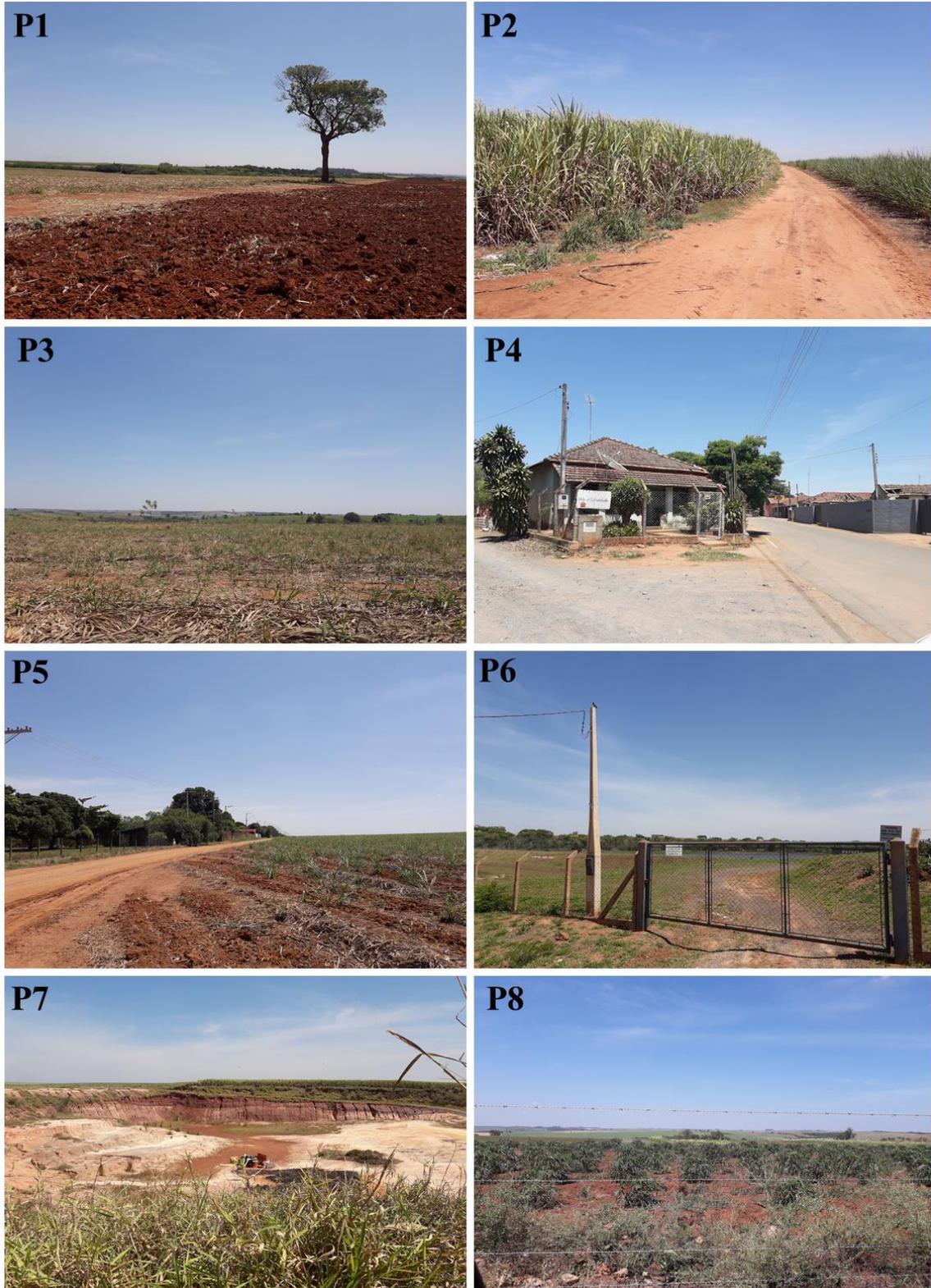
Outra atividade antrópica que se destaca é a ocupação urbana. A área urbanizada está localizada na região norte do município e ocupa 30,76km² (11,30%), no entanto, com a delimitação da área de expansão, definida pelo Plano Diretor (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017), esse tipo de uso poderá ocupar 93,42km², correspondendo a mais de 33% do município.

Figura 9- Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Santa Bárbara D'Oeste



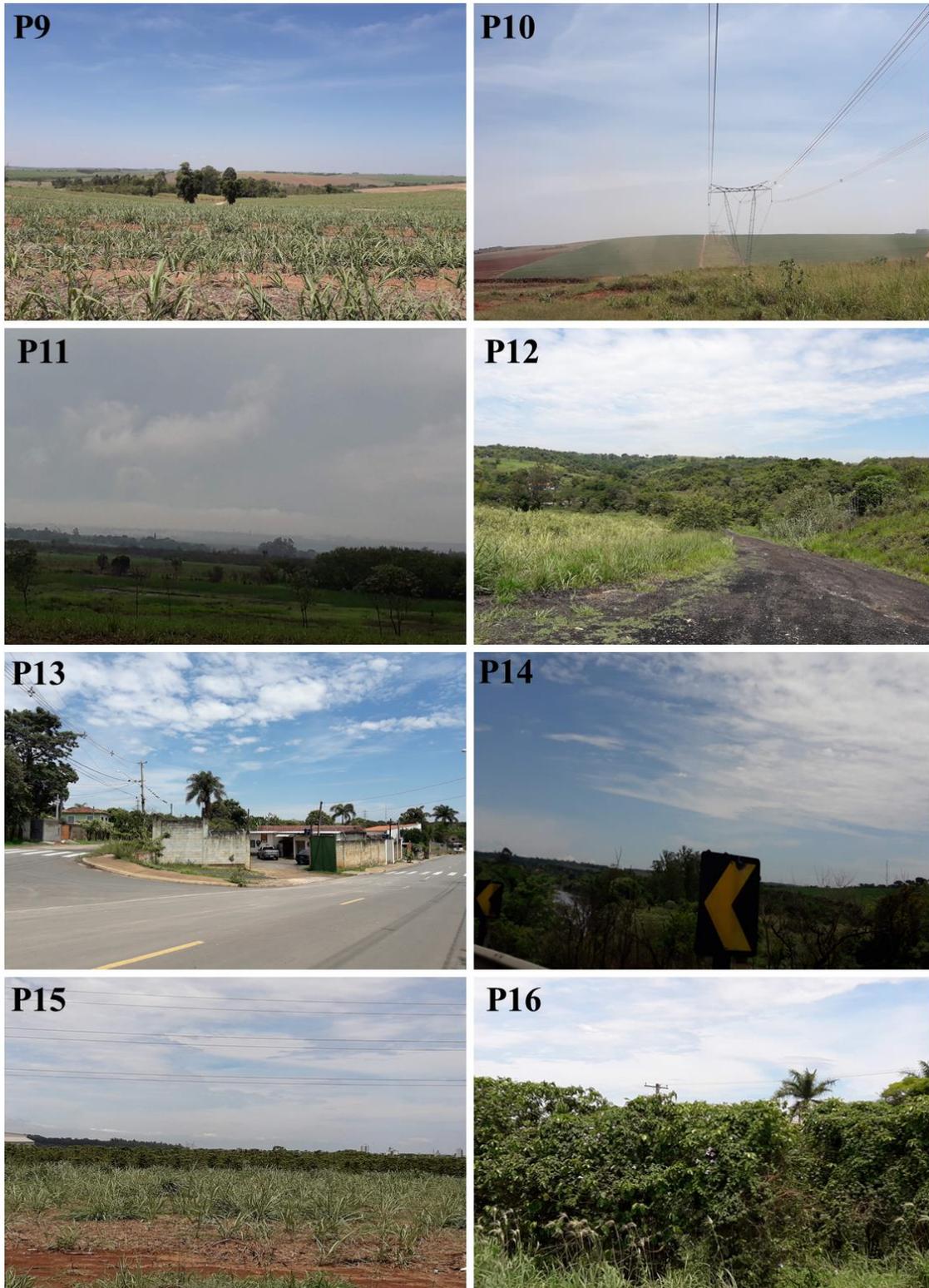
Fonte: Autora

Figura 10- Pontos controles de validação do mapeamento. Solo preparado para o cultivo de Cana-de-açúcar (P1); Cultivo de Cana-de-açúcar (P2, P3 e P5); Distrito Santo Antônio do Sapezeiro (P4); Represa da Usina (P6); Antiga área de extração mineral (P7); Cultivo de mandioca (P8)



Fonte: Autora

Figura 11- Pontos controles de validação do mapeamento. Cultivo de cana-de-açúcar (P9; 15); Linha de transmissão de Energia (P10); Planície de Inundação (P11); Vegetação Morros Arenoso com Topos Convexos (P12); Distrito Caiubi (P13); Rio Piracicaba (P14); Cultivo de Café (P16)



Vale destacar que, parte do crescimento urbano se dará dentro do limite da APRM, o que poderá prejudicar o cumprimento do objetivo de proteção dos mananciais.

As áreas de vegetação nativa ocupam apenas 14,45% (39,32km²) do limite municipal, sendo que a maior parte é representada por Matas Ciliares (13,11%), restando poucos fragmentos vegetacionais (Figura 11 P12 e P14). .

Na região administrativa de Campinas, onde está inserida a área de estudo, predominam remanescentes vegetacionais associados as fitofisionomias da Capoeira e Mata. Ainda podem ser encontrados em menor proporção o Cerrado, Cerradão e Vegetação de várzea (SMA, 2005).

A Capoeira e Mata se enquadram na Floresta Estacional Semidecidual, a qual se caracteriza pela dupla estacionalidade climática: uma tropical e outra subtropical, sendo que a capoeira é uma “vegetação secundária que sucede à derrubada das florestas, constituída principalmente por indivíduos lenhosos de segundo crescimento, na maioria, da floresta anterior e por espécies espontâneas que invadem as áreas devastadas, apresentando porte desde arbustivo até arbóreo, porém, com árvores finas e compactamente dispostas”. Enquanto que a Mata é uma “Formação vegetal inteiramente dominada por árvores, de estrutura complexa, apresentando grande riqueza de espécies, em três estratos distintos” (SMA, 2005).

A Estação de Tratamento de Água (ETA) e a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Toledos I estão situadas na região central da área urbana consolidada e as ETEs Todelo II, Balsa, Barroco e o Aterro Sanitário estão localizados na região norte do limite de expansão urbana.

2.10 REFERÊNCIAS

AROWOLO, A. O.; DENG, X.; OLATUNJI, O. A.; OBAYELU, A. E. Assessing changes in the value of ecosystem services in response to land-use/land-cover dynamics in Nigeria. **Science of the Total Environment**, v. 636, p. 597–609, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718314542?via%3Dihub>> Acesso em: 07 de jul. de 2018.

BONA, L. **Análise do clima urbano na Região Metropolitana de Campinas: o caso de Campinas, Itatiba, Paulínia e Santa Bárbara D'Oeste**. 2012. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

BORGES, D. J. S, **Zoneamento geotécnico geral da folha de Americana: escala 1:50.000**. 2003. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CBH – PCJ- Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Relatório de situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 5**. v.1, 505 p. 2000-2001. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/instrumentos-de-gestao/relatorios-de-situacoes>> . Acesso em: 4 de abril de 2017

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. 2017. Disponível em: <<http://www.cepagri.unicamp.br/>> . Acesso 11 de abril de 2017.

CETEC- Fundação Paulista de Tecnologia e Educação- Centro Tecnológico Lins- SP- **Mapa Geomorfológico- Escala 1:250.000**. 1999. *in*: CBH-PCJ- Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí- UGRHI 5. 2000- 2001. Disponível em <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/instrumentos-de-gestao/relatorios-de-situacoes>> . Acesso em: 4 de abril de 2017

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. 2017. 166f. Tese (doutorado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2017.

CPA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental do estado de São Paulo, **Unidades Básicas de Compartimentação do Meio Físico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2017. Disponível em < <http://www.ambi-ente.sp.gov.br/cpla/cessao-de-dados/> > Acesso em 27 de março de 2017.

ESRI- Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS for the desktop 10.5**, 2018.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C. F.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Ed. 3. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812 p.

FERREIRA, L. M. R.; DANTAS, M. G. F. D.; ODA, G. H.; IRITANI, M. A.; CASARINI, D. C. P. Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas na região metropolitana de Campinas, SP. **Revista Águas Subterrâneas**, Suplemento, p.1-21, 2000. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24010>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.

IAC- Instituto Agronômico de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Campinas** Escala 1:100.000, 1977.

IAC- Instituto Agronômico de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Piracicaba** Escala 1:100.000, 1989.

IBGE-**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cartas Topográficas de Piracicaba, Limeira, Capivari e Americana, escala 1:50.000**, 1971

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição, Rio de Janeiro, 316p., 2007. ISSN: 0103-9598

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades. 2017** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santa-barbara-doeste/panorama>> Acesso em: 26 de junho de 2018.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA, Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>> Acesso em: 07 de julho de 2018.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente- SMA, 2008, 104p.ISBN: 978.85.86624.56.8.

LORANDI, R; GONÇALVES, A. R. L.; FREIRE, O.; TRINDADE, M. **Levantamento Pedológico semidetalhado da bacia do córrego do Cafundó (SP) e suas aplicações**. 120p. CNPq. 400.102/89-7/AG/DF/PQ; FAPESP 90/0755-8. 1992

MAZZUCO, G. G.; GONÇALVES, M. P.; MIGUEL, B. H.; VILLA, M. F.; COSTA, C. W.; MOSCHINI, L. E. Indicadores de Naturalidade da Paisagem Aplicados no Monitoramento da Qualidade Ambiental de Mananciais, *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10, n.05, p.1406-1418, 2017. Disponível em: < <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234088>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

MAZZUCO, G. G.; LORANDI, R. Impactos ambientais negativos das atividades antrópicas na qualidade das águas superficiais da Sub-bacia do Ribeirão dos Toledos: aplicação do IQA-HIDRO. *Anais: PLURIS 2018 - 8º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, 2018.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 2005.

OLIVEIRA, J. B. **Solos da Folha de Piracicaba**. Campinas: Instituto Agronômico. 173p. (Boletim Científico, 48), 1999.

OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; ROTTA, C. L. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadricula de Campinas**. II. Memorial Descritivo. Rio de Janeiro: IBGE. 172p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente; 6), 1979.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n. ° 8, p. 63-73, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Departamento de Geografia- FFLCH-USP/ Laboratório de Cartografia Geotecnica-Geologia Aplicada-IPT/FAPESP, São Paulo, 1997. Escala 1:500.000.

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei n.º 2717/ 2002**. Cria no âmbito Municipal a Política Regional de Recursos Hídricos, e estabelece diretrizes e normas para proteção e recuperação da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão dos Toledos e dá outras providências. Disponível em: <http://crv.santabarbara.sp.gov.br/arquivosupload/JDVLD100/3781.pdf>. Acesso em: 11 de janeiro de 2019

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei n.º 3884/ 2016**. “Dispõe sobre diretrizes de ocupação da Área de Proteção e Recuperação de Mananciais do Município de Santa Bárbara d'Oeste e dá outras providências”. Disponível em: <http://crv.santabarbara.sp.gov.br/arquivosupload/JDVLD100/6854.pdf>. Acesso em: 11 de janeiro de 2018

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar Municipal nº 265 de 14 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Santa Bárbara D'Oeste e dá outras providências.

SMA- Secretaria do Meio Ambiente. Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo. Instituto Florestal Imprensa Oficial, 200f. 2005

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.11, p.1117-1142, 1952

3. ARTIGO 1 – CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D'OESTE APLICADA AO ORDENAMENTO TERRITORIAL

3.1 RESUMO

O mapeamento geomorfológico reflete as inter-relações dos componentes geoambientais e as interações destes com as atividades antrópicas. Dessa forma, mostra-se como um indicador pertinente para subsidiar a adequada ocupação do território. Sendo assim, o presente artigo teve como objetivo elaborar um mapeamento geomorfológico e comparar os resultados com as diretrizes de ocupação urbana propostas no Plano Diretor vigente do município de Santa Bárbara D'Oeste-SP. Para tanto, as formas de relevo foram compartimentadas em 6 táxons, seguindo a proposta de mapeamento progressivo. Os atributos geoambientais (formações rochosas, tipos de solo, forma de terreno, recurso hídricos superficiais, declividade, grau de inclinação do relevo, uso e cobertura do solo e os processos geodinâmicos) foram analisados individualmente e de maneira integrada, por meio de sobreposição em ambiente tridimensional no *software* ArcGIS® 10.5. Como resultado, foi possível identificar 7 Formas de Relevo, agrupadas em 4 Unidades Morfológicas, sendo elas Colinas, Morros, Vertentes e Planícies. As formas predominantes são as Colinas Arenó-argilosas com topos convexos amplos (110,42km²-40,58%), seguida das Colinas Argilosas com topos convexos médios (50,48km²-18,55%) e Morros Arenosos com topos convexos (45,5km²-16,72%). Os Morros Argilos-siltosos com topos convexos, Planícies Fluviais e Vertentes, mostram-se como mais restritivas à ocupação antrópica, sobretudo à urbanização, em função de possíveis impactos ambientais, como erosões, inundações e assoreamentos. Dessa forma, demonstra-se a necessidade de estudos em uma escala de maior detalhe, especificamente para redefinir o limite de expansão urbana definido no Plano Diretor vigente.

Palavras-chave: Mapeamento Geomorfológico; Geoprocessamento; Formas do Relevo; Formas de Terrenos

3.2 ABSTRACT

Geomorphological mapping reflects the interrelations of geoenvironmental components and their interactions with anthropogenic activities. On that account, it is a relevant indicator to promote the suitable occupation of the territory. Thus, the objective of the present article is to elaborate a geomorphological mapping and to compare the results with the urban occupation guidelines proposed in the current Master Plan of the municipality of Santa Bárbara D'Oeste-SP. Therefore, the relief forms were compartmentalized in 6 taxa, following a proposal of progressive mapping. The geoenvironmental attributes (rock formations, soil types, terrain forms, surface water resources, slope, slope of slope, land use and cover) and the geodynamic processes were analyzed individually and in an integrated way, by means of overlapping in three-dimensional environment in ArcGIS® 10.5 and Google Earth Pro software. As a result, it was possible to identify 7 Relief Forms, mapped in the 1: 50,000 scale and grouped into 4 Morphological Units, being Hills, Hills, Slopes and Plains. The predominant forms are the Arenaceous Hills with broad convex tops (101.67km²-37.37%), followed by Argillaceous Hills with medium convex tops (50.48km²-18.55%) and Arrosos with convex tops (42.43km²-15.59%). The Argillos-siltosos hills with convex tops, Fluvial Plains and Vertentes, are shown as more restrictive to the anthropic occupation, especially to the urbanization, indicating the necessity of studies in a scale of greater detail, specifically to redefine the limit of urban expansion defined in the Current Master Plan.

Keywords: Geomorphological Mapping; Geoprocessing; Forms of Relief; Land Form

3.3 INTRODUÇÃO

A degradação da qualidade ambiental está intrinsecamente relacionada a gestão territorial ineficiente e a intensificação do uso do solo sem planejamento, o que pode resultar em diversos efeitos negativos, como degradação dos serviços ecossistêmicos (LI et al., 2018), o desencadeamento de processos erosivos laminares (VANWALLEGHEM et al., 2017) e acelerados (COSTA et al., 2018a) e perdas e danos associados à ocorrência de desastres naturais (SOUZA e SOBREIRA, 2017).

O mapeamento geomorfológico mostra-se como um importante e eficiente indicador da dinâmica da superfície terrestre, sendo uma ferramenta imprescindível para subsidiar a adequada ocupação do território (SOUZA e SOBREIRA, 2017), visto que, para elaborá-lo, é necessário analisar diversos geo-fenômenos e a interrelação entre eles (AB'SÁBER, 1954; LASTOCHKIN et al., 2018). Portanto, é essencial descrever as formações rochosas (FURRIER et al., 2017), os tipos de ocupações do solo, sejam eles antrópicos ou naturais, a rede de drenagem, a declividade e altitude e, sobretudo, a geodinâmica esculpida por períodos climáticos distintos do Quaternário (AB'SÁBER, 1954; GOES et al., 2011), além das características do clima local (LASTOCHKIN et al., 2018).

A análise e mapeamento das feições geomorfológicas dispõe de uma grande variedade de métodos, técnicas e equipamentos, relacionados especialmente a finalidade de elaborá-lo (FLORENZANO, 2008). No entanto, é de comum acordo a interpretação integrada de imagens de satélite, fotografias aéreas (GOES et al., 2011), MDT, formações geológicas e tipos de solos analisados em ambiente tridimensional (COSTA, 2017) e especialmente investigações empíricas processadas em campo (GOES et al., 2011).

O mapeamento geomorfológico, quando elaborado em Sistema de Informações Geográficas (SIG), amplia a possibilidade e eficiência do uso múltiplo, pois viabiliza a integração e sobreposição com outras informações georreferenciadas, tornando a análise mais funcional e íntegra, podendo orientar o planejamento do uso do solo (LASTOCHKIN et al., 2018).

Devido a iminência da necessidade de prevenir a deflagração de processos geológicos e hidrológicos, propor usos da terra compatíveis com as características do meio físico a geomorfologia aplicada ao ordenamento territorial vem sendo cada vez mais utilizada como um dos subsídios para o planejamento das intervenções (SOUZA e SOBREIRA, 2017).

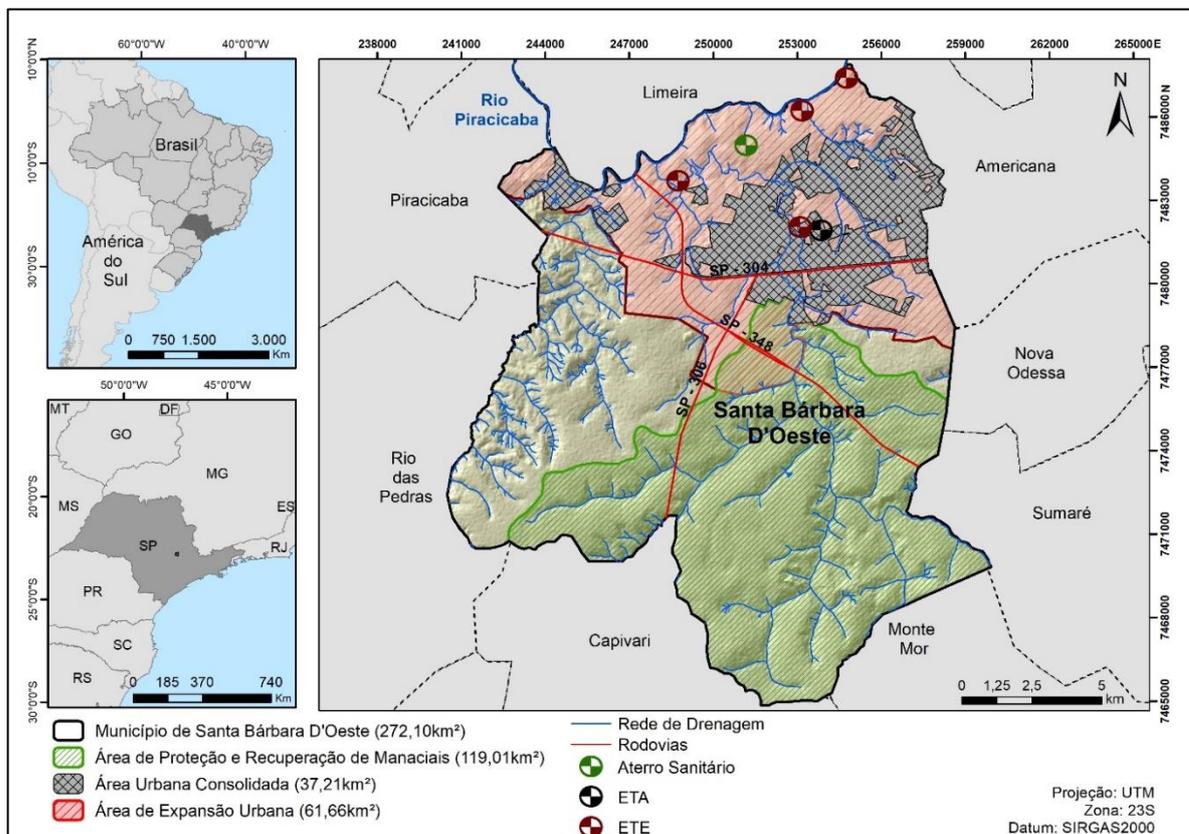
Dessa forma, a definição de diretrizes específicas para cada uma das compartimentações cartografadas, de acordo o grau de potencialidade e fragilidade, tornam o mapeamento geomorfológico efetivo no âmbito do ordenamento territorial (COSTA, 2017).

É no contexto de subsidiar o planejamento sustentável da ocupação do território municipal de Santa Bárbara D'Oeste-SP, que esta pesquisa se insere. Isto posto, objetivou-se elaborar um mapeamento geomorfológico e comparar os resultados com as diretrizes de ocupação urbana propostas no Plano Diretor (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017).

3.4 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Santa Bárbara D'Oeste está localizado na Região Metropolitana de Campinas, distante 138km da capital (São Paulo), na coordenada 22°45'15" de Latitude Sul e 49°22'46" de Longitude Oeste. Possui cerca de 191.024 habitantes, IDHM 0.781 (IBGE, 2017) e abrangendo 272,10km² de extensão, sendo que 37,21km² correspondente à área urbana (Figura 12).

Figura 12- Localização Geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário



Fonte: Autora

O território do município está situado na Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, na Bacia do Piracicaba. O Rio Piracicaba está localizado ao Norte, delimitando o limite de Santa Bárbara D'Oeste com Limeira.

A área objeto de investigação, está inserida na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizando-se, predominantemente, por rochas sedimentares Paleozóicas dos terrenos do Grupo Itararé (134,43km² - 49,40%) e Cobertura Cenozóicas indiferenciadas (89,45km² - 33,88%), correlatas à formação Rio Claro (Borges, 2003). As rochas Mezozóicas Intrusivas básicas tabulares (K1δsg), do período Cretácio, Grupo São Bento, também são encontradas em uma pequena parcela (21,70km²-7,97%) do município na forma de Diques e Sills de Diabásio (BORGES, 2003).

A pedologia do local, com base no mapeamento efetuado por São Paulo - IAC (1977 e 1989) e atualizadas a partir das informações disponibilizadas por IBGE (2007), é caracterizada predominantemente por LATOSSOLOS VERMELHOS (LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO Álico; LATOSSOLO ROXO Distrófico) e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO A moderado).

A região apresenta, principalmente, baixas declividades, sobretudo os intervalos de 0-2% (43,08%), 2-5% (22,84%) e 5-10%. As áreas com maiores declividades (>15%) ocorrem na região oeste do município.

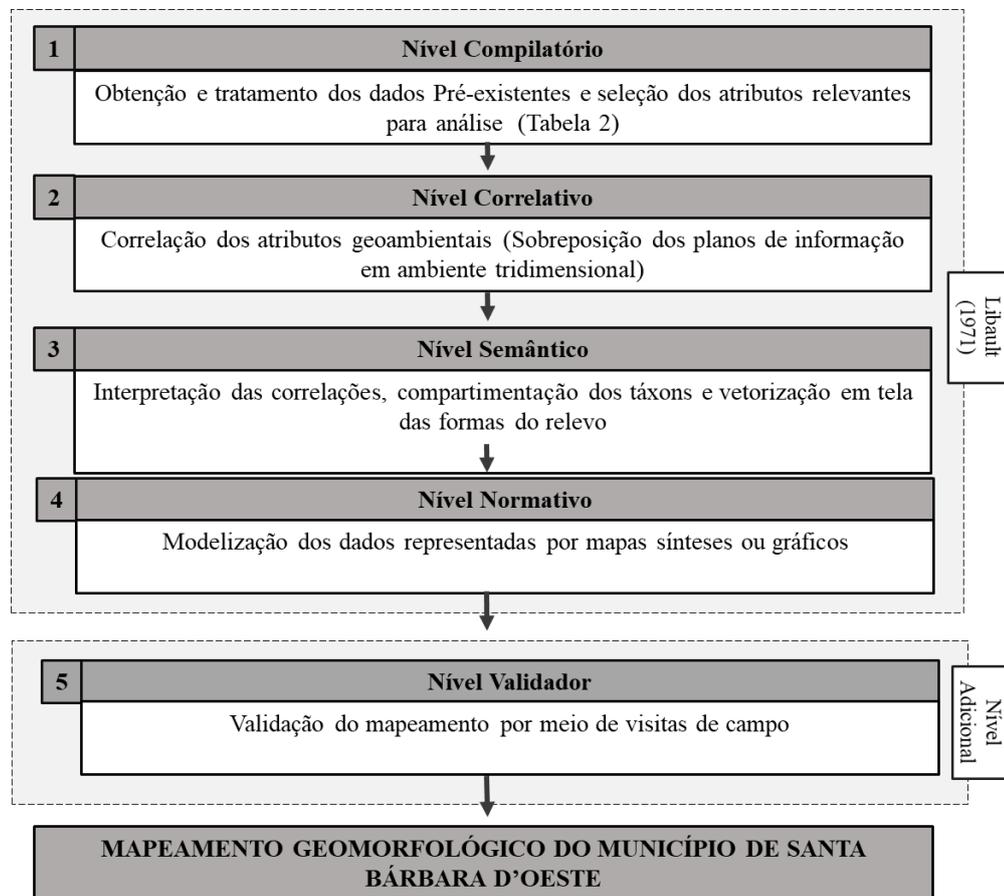
3.5 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos fundamentaram-se na proposta definida por Ross (1992), no qual as formas de relevo são classificadas progressivamente em 6 táxons, conforme descrito a seguir: o 1º táxon refere-se a morfoestrutura, o 2º táxon representa a morfoescultura, o 3º táxon o relevo é classificado em Unidades dos Padrões de Tipos de Relevo (UPTR), o 4º refere-se as formas de relevo, o 5º táxon as formas de terreno e o 6º táxon corresponde aos processos geodinâmicos.

O processamento da compartimentação geomorfológica se deu em 5 etapas, de acordo com os 4 níveis definidos por Libault (1971) e um nível adicional (Figura 13).

Optou-se pela aplicação dos referidos métodos pois, apesar de haver outras mais recentes, essas são clássicas e de fácil execução. Para aplica-los é necessário analisar de forma integrada diversos atributos geoambientais, conferindo multidisciplinaridade a análise. Além disso, a compartimentação em táxon possibilita analisar as especificidades locais, sobretudo, as consequências das ações antrópicas em cada compartimento.

Figura 13- Fluxograma metodológico da compartimentação do relevo adaptado de Libault (1971)



Fonte: Autora

Tabela 2- Descrição dos atributos Geoambientais utilizados nas análises

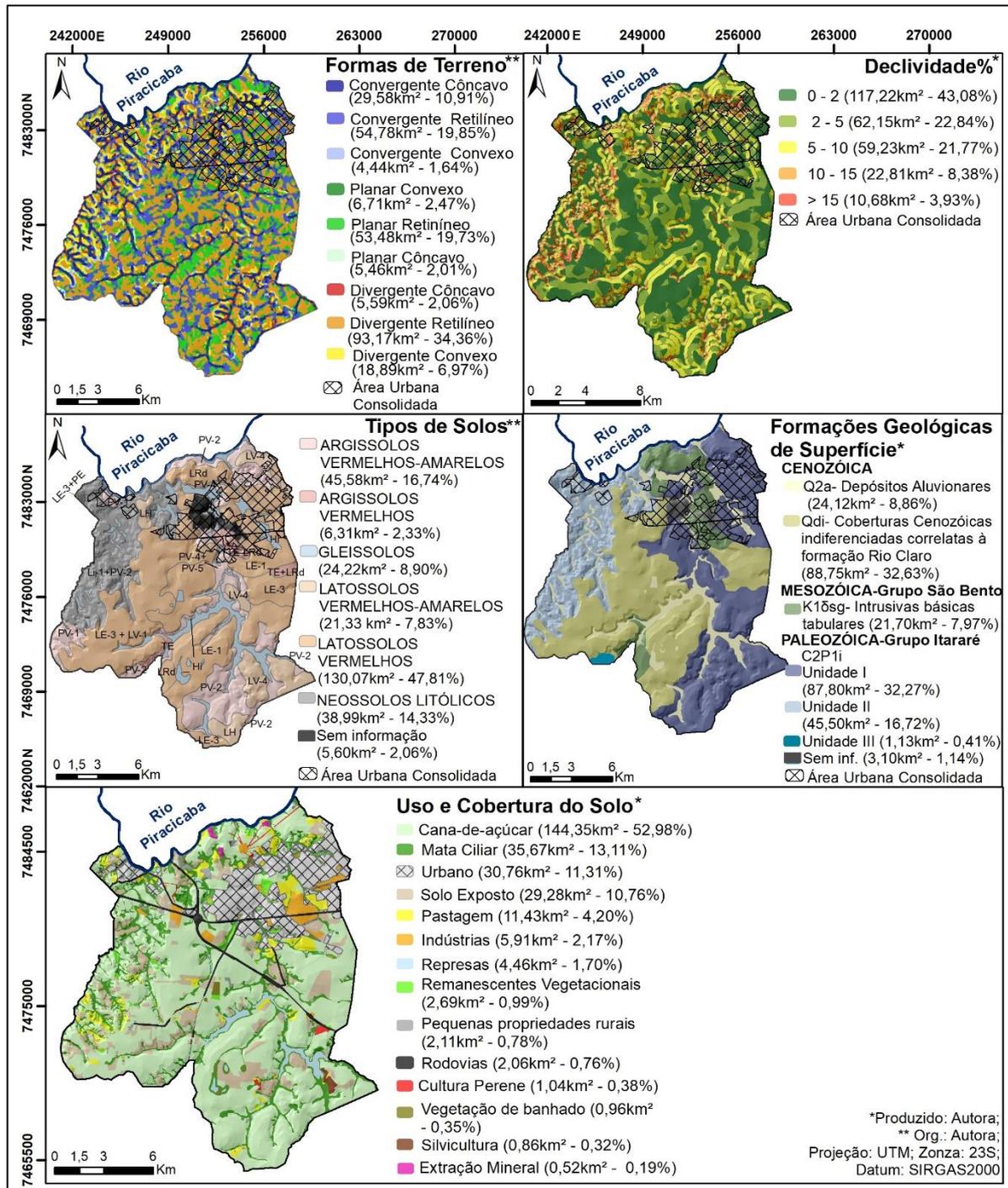
Atributos Geoambientais utilizados para as análises			
Atributos	Descrição	Fonte	Escala
Hidrografia	Rede hidrográfica atualizada	Cartas Topográficas (IBGE, 1971); ESRI (2017)	1:50.000
Altimetria	Curvas de Nível; MDT; declividade; hillshade	Cartas Topográficas (IBGE, 1971)	1:50.000
Formas de Terrenos	Perfil horizontal e vertical das vertentes	INPE (2015); TOPODATA	-
Formações geológicas de superfície	Mapa Substrato Rochoso-Folha de Americana	Autora; Borges (2003)	1:50.000
Pedologia	Classes de Solo- Folha de Campinas e Paracicaba	IAC (1977 e 1989)	1:50.000
Uso e cobertura do solo 2017	Classes de Usos	Imagem LandSat 8 ESRI (2017)	-

Fonte: Autora

A seleção e análise dos atributos dos meios físico e biótico (Nível 1), embasadas nas correlações espaciais dos atributos geoambientais com a geomorfologia, foram adaptadas e

definidas por Costa et al. (2018a). O banco de dados (Figura 14), e o mapeamento, foram organizados e operacionalizados no software ArcGIS® 10.5 (ESRI, 2018). Como sistema de projeção e coordenadas adotou-se: Universal Transversa de Mercator (UTM) na Zona 23S e superfície de referência, o Datum SIRGAS2000 (IBGE, 2005).

Figura 14- Tábua de mapas com a distribuição espacial dos atributos geoambientais utilizados como base para o mapeamento geomorfológico



Fonte: Autora

Para o mapeamento das Unidades Morfológicas e Formas do relevo (3° e 4° táxon) utilizou-se principalmente o relevo sombreado (*Hillshade*) a partir do qual apurou-se o padrão textural.

O Relevo sombreado foi elaborado a partir do MDT produzido por meio das Curvas de Níveis (IBGE, 1971). Conforme Costa et al. (2018a), as áreas aonde não observaram-se a presença de sombra, somada a ocorrência da rede de drenagem, foram classificadas como planícies de inundações. Concomitantemente, verificou-se, nessas regiões, a predominância de declividades inferiores a 3%, existência de sedimentos recentes do período Quaternário e dos solos hidromórficos.

Com relação as formações geológicas, também considerou-se o proposto por Costa et al. (2018a), ou seja, análise dos fatores que sustentam o relevo e que refletem na alteração de suas formas como a lito-estrutura e grau de coesão das rochas.

Levou-se em conta a correlação entre tipos de solo e relevo, uma vez que, as características dos solos influenciam nos ganhos e perdas das superfícies geomórficas, possibilitando a interpretação da evolução das formas do relevo. Do mesmo modo que a morfometria do relevo (declividade e altitude), interferem nos processos que atuam na formação e evolução pedogenética (CERMINARO e OLIVEIRA, 2015).

Deste modo, verificou-se que o padrão textural dos diferentes tipos de solos era um dos fatores determinantes que poderia ser utilizado, associado aos outros, na distinção das várias formas do relevo (4° táxon). Inclusive, adotou-se a característica granulométrica dos tipos de solo, na nomenclatura utilizada para diferenciar as formas do relevo, assim como em Costa et al. (2018a).

A partir da sobreposição de layers em ambiente tridimensional, locais com maior sombreamento foram classificadas como morros e vertentes e áreas com pouco sombreamento, como colinas (3° táxon). Na sequência, essas unidades foram subdivididas (4° táxon) de acordo com as características das formações rochosas, tipos de solos e de morfometria.

A partir das informações hipsométricas e da rede de drenagem, foram quantificadas as características morfométricas das formas de relevo de acordo com a função da Matriz de Índice de Dissecação do Relevo proposta por Ross (1992) (Tabela 3).

O 5º táxon foi definido em função do mapeamento das formas de terreno, elaborados pelo projeto Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos) do INPE (2015). Por fim, os processos geodinâmicos (6º táxon) foram mapeados, a princípio, utilizando o banco de dados do IPT (2012) (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Essas informações foram confirmadas e atualizadas com base em imagens de satélite e visitas de campo.

Tabela 3- Índices de dissecação do relevo proposto por Ross (1992).

MATRIZ DOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO					
Graus de entalhamento dos vales	Dimensão Interfluvial				
	Muito grande (1)	Grande (2)	Média (3)	Pequena (4)	Muito pequena (5)
	>1500 m	1500 a 700 m	700 a 300 m	300 a 100 m	<100 m
Muito Fraco (1) (<10 m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (10 a 20 m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (20 a 40 m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (40 a 80 m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (>80 m)	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1992)

3.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentro da concepção de mapeamento progressivo, o município localiza-se, em questão de primeiro táxon, na Morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta unidade se constitui principalmente por rochas copaleozóicas afossilíferas, preenchidas por sedimentos continentais, alguns marinhos e lavas basálticas de idade mesozoicas (ROSS e MOROZ, 1997).

Em termos de 2º táxon, a morfoescultura é representada pela Unidade Depressão Periférica Paulista e subunidade da Depressão Médio-Tietê (ROSS e MOROZ, 1997). Na Depressão Periférica Paulista ocorre o predomínio de relevo suave e colinoso, derivado do processo de circundesnudação a qual passou a Bacia Sedimentar do Paraná no período Pós Cretácio (AB'SÁBER, 1949). Em regiões de intrusão de rochas básicas do magmatismo Serra Geral, sobretudo na faixa Rio das Pedras-Piracicaba e Rio Claro-Araras-Pirassununga pode ser encontrado relevo mais acidentado, de morrotes, morros e serras isoladas. (CARNEIRO et al., 2010).

A subunidade da Depressão Médio-Tietê, compreende a área da depressão periférica drenada pelo rio Tietê e seus dois afluentes, os Rios Sorocaba e Piracicaba, apresenta áreas de derrames e intrusões de rochas basálticas, topografia pouco acidentada, com predomínio de colinas baixas, de formas suavizadas, sem grandes planícies aluviais (ALMEIDA, 1964).

Na área de estudo foi possível identificar 4 Unidades Morfológicas (3º táxon) (Figura 15 e Tabela4): Colinas, Morros, Vertentes e Planares. A unidade predominante é Colinas (174,27km²-64,05%) distribuídas principalmente sobre as Coberturas Cenozóicas e Unidade I do Grupo Itararé, seguidas por Morros (66,97km²-24,61%), os quais ocorrem na região oeste e noroeste, próximo ao Rio Piracicaba e em locais de formações das rochosas Intrusivas Básicas tabulares e Unidade II do Grupo Itararé.

De acordo com o mapeamento realizado pelo IPT (2012), foram encontrados 63 processos geodinâmicos (6ºtáxon), sendo 51 voçorocas e 12 ravinas. A ocorrência de das voçorocas estão associadas a alterações no equilíbrio morfo-hidro-pedológico advindos de intervenções antrópicas e são consideradas como a forma de erosão mais complexa e destrutiva no quadro evolutivo da erosão linear. As ravinas, são erosões causadas pela concentração do escoamento superficial, que não atinge o nível d'água subterrânea (IPT, 2012).

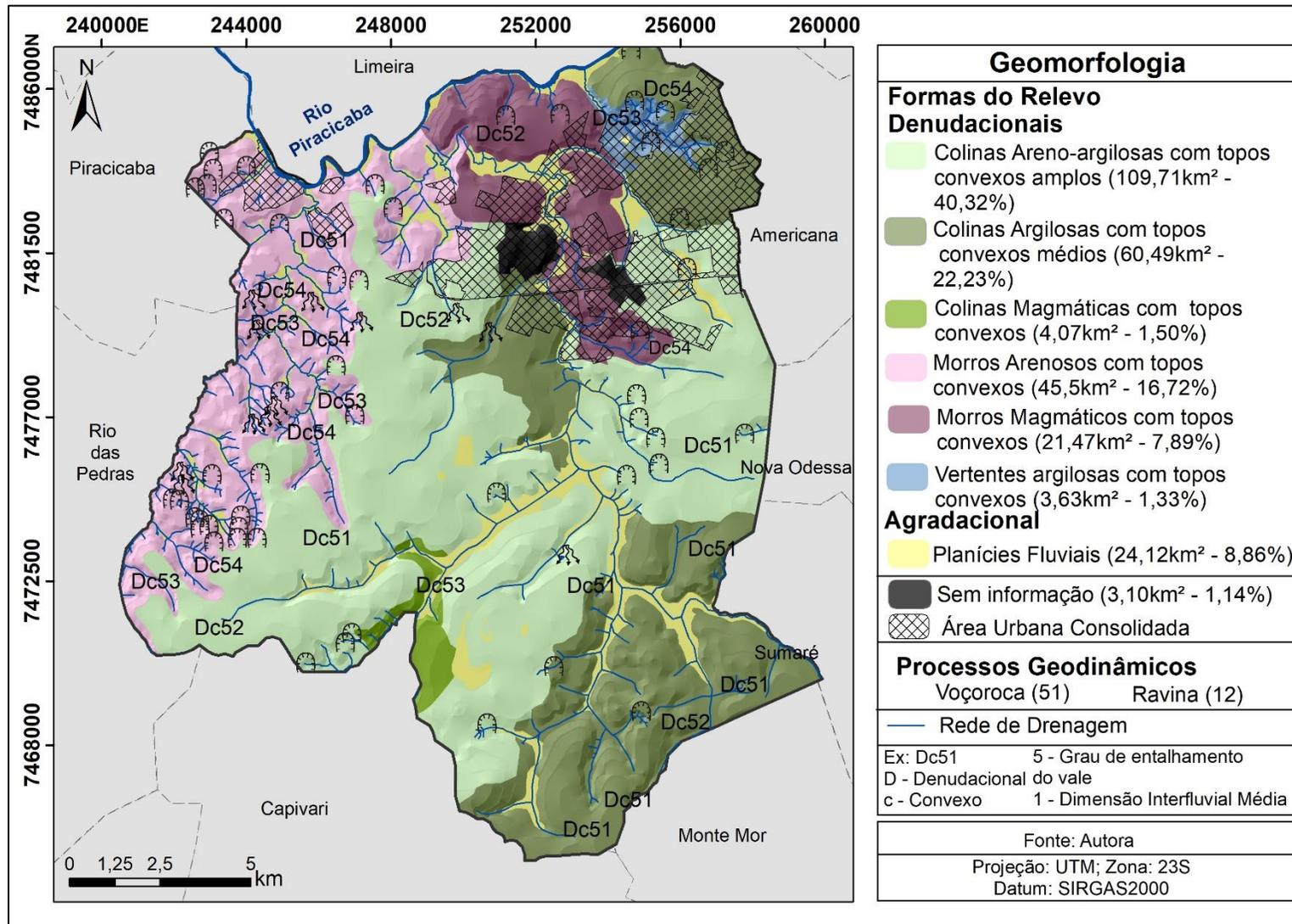
As unidades morfológicas (3º táxon) foram subdivididas de acordo com as características homogêneas, totalizando 7 subunidades (formas do relevo) (Figura 15 e Tabela 4), descritos a seguir:

3.6.1 Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos

As Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos, é a subunidade de maior recobrimento, ocorrendo em 40,32% (109,71km²) do território, na região central. Tais colinas possuem como característica dominante o formato alongado com topos retilíneos, altitude variando pouco, entre 560-600m. Os declives se encontram, predominantemente, na faixa de 0-2% e 2-5% . Os vales apresentam dimensão interfluvial que variam de Muito Grande a Grande e os graus de entalhamento são maiores que 80m (Dc51 e Dc52).

As Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, composta por materiais inconsolidados coluvionares e aluvionares de cobertura inconsolidada sustentam essa forma do relevo. Os tipos de solos predominantes são o LATOSSOLO VERMELHO, Unidade Limeira (Camada A: 56-60% de argila; Camada B: 70-72% de argila) e Cillos (Camada A: 62% de areia e 29% argila; Camada B: 51% de areia e 55% argila) e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, Usina (Camada A: 79-88% de argila e Camada B:76-81% argila) e Unidade Olaria com predomínio de argila nas duas camadas (IAC, 1977 e 1989).

Figura 15- Compartimentação Geomorfológica do município de Santa Bárbara D'Oeste



Fonte: Autora

Tabela 4- Principais características geomorfológicas das unidades taxonômicas mapeadas.

1° Taxon	2° Taxon	3° Taxon	4° Taxon	5° Taxon	6° Taxon	Meio físico			Meio biótico e antrópico				
Morfoestrutura	Morfoescultura	Unidades morfológicas	Formas do relevo	*Formas de terreno	Processos geodinâmicos	Declividade e (%)	Altimetria (m)	Geologia	Solo	Cobertura e uso do solo predominantes			
	Unidade	Sub-unidades											
Bacia sedimentar do Paraná	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio-Tiête	Colinas	Colinas Arenosas com topos convexos amplos Dc51; Dc52	109,71km ² - 40,32%	DR; PR; CR	2 Ravinas; 13 Voçorocas	0-12%	580-620	Coberturas Cenozóicas Indiferencias	LE-3+LV-1; LE-1; LE-3; LE-1+LRd	Cana-de-açúcar; Solo exposto; Mata Ripária	
				Colinas Argilosas com topos convexos médios Dc51; Dc52	60,49km ² - 22,23%	DR; PR; CR	1 Ravina; 7 Voçorocas	0-12%	580-660	Unidade I	PV-2; LV-4; LV-4+LV-3; LH; LE-1	Cana-de-açúcar; Mata Ripária; Solo exposto	
				Colinas Magmáticas com topos convexos Dc53	4,07km ² - 1,50%	DR; PR; CR	-	0-12%	560 - 600	Intrusivas básicas Tabulares	LRd; TE	Cana-de-açúcar; Mata Ripária; Solo Exposto	
				Morros	Morros Arenosos com topos convexos Dc51; Dc53; Dc54	45,50km ² 16,72%	DR; CC; DX; CR; PR	9 Ravinas; 25 Voçorocas	0-20%	520-600	Unidade II	Li-1+PV-2; PV-1; LE-3+LV-1	Cana-de-açúcar; Mata Ripária; Solo exposto; Pastagem
					Morros Magmáticos com topos convexos Dc52; Dc54	21,47km ² 7,89%	DR; CR; PR	3 Voçorocas	0-20%	560-580	Intrusivas básicas Tabulares	LRd; PV-2; LE-1	Cana-de-açúcar; Pastagem; Mata Ripária
				Vertentes	Vertentes Argilosas com topos convexos (Dc53; Dc54)	3,63km ² 1,33%	CC; DX; DR; DC; PX	3 Voçorocas	0-50%	540-580	Unidade I	PV-2	Mata Ripária; Cana-de-açúcar; Pastagem
					Agradacionais (Apf)	24,12km ² 8,86%	CC; CR; DR; PR; PX; DC	1 Voçoroca	0-3%	500-560	Depósitos Aluvionares	Hi	Mata Ripária; Represas; Cana; Pastagem
				Sem informação	3,10km ² - 1,14%	-	-	-	-	-	-	-	

Fonte: Autora *CC=Convergente Côncava, CR= Convergente Retilínea, CX= Convergente Convexa, PC= Planar Côncava, PR= Planar Retilínea, PX= Planar Convexa, DC=Divergente Côncava, DR= Divergente Retilínea e DX= Divergente Convexa

Nessa unidade, o solo é ocupado, predominante, por cultivo de cana-de-açúcar (73,29%) e solo em preparo para a cana (15,5%), devido ao relevo plano que favorece atividades agrícolas mediante a aplicação de técnicas de irrigação e utilização de maquinários e a ocorrência de LATOSSOLOS E ARGISSOLOS, solo férteis e bem drenados.

O plantio de cana-de-açúcar utiliza uma quantidade pequena de defensivos agrícolas por hectare (4,8l/ha), se comparado ao cultivo de fumo (60l/ha), algodão (28,6l/ha) e cítricos (23l/ha) (PIGNATI et al.,2017). No entanto, a quantidade total de agroquímicos utilizado é elevada, devido a extensão da área cultivada de cana no Brasil (SPADOTTO et al., 2004). O mesmo cenário ocorre no município, onde 52% é ocupado por cana, o que equivale a 14300ha, ou 68.783 litros de defensivos agrícolas por ano.

Essa é uma situação preocupante, uma vez que o cultivo de cana demanda um uso intensivo de agroquímicos e as represas de abastecimento público municipal estão localizadas no limite dessa subunidade, tornando-as suscetíveis a contaminação mediante ao carreamento de possíveis contaminantes.

3.6.2 Colinas argilosas com topos convexos médios

As Colinas argilosas com topos convexos médios, ocupam 22,23% do município, sendo o segundo maior compartimento. Possui uma distribuição heterogênea, estando localizados na região sudeste, norte e central. Individualizam-se, por apresentarem o Grupo Itararé, Unidade I, constituída por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos finos (BORGES, 2003).

Diferentemente das Colinas amplas, possui topos médios com perfil retilíneos, dimensão interfluvial que variam de Muito Grande a Grande e vales com entalhamento Muito Forte, diferenciando-se, entre si, devido ao maior intervalo altimétrico (580-660m). Os declives se encontram distribuídos entre 0-10%. Os tipos de solos predominantes são: ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, Unidade Usina (PV-2), com composição granulométrica de 79-88% argila na Camada A e 76-81% na camada B, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS, Unidade Bela Aliança (LV-4 e LV-4+LV3) com 70,4-71,7% de areia na Camada A e 61,7-71,2% na camada B (IAC, 1977 e 1989).

Assim como em muitas unidades, o cultivo de cana-de-açúcar é a matriz agroeconômica dominante na paisagem, ocupando 71,88% da área. Vale destacar, que a porção sudeste está localizada no limite da APRM e a porção norte e parte da central no limite de expansão urbana.

A porção central, se mostra apta a consolidação dessa diretriz de ocupação urbana, de acordo com a escala de análise realizada.

No entanto, grande parcela dessa área se encontra dentro do limite da APRM, área que possui objetivo de preservar a qualidade dos mananciais municipais (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017). Portanto, sugere-se a ocupação apenas nas áreas externas à APRM, visando a preservação dos serviços ecossistêmicos prestados pelos mananciais.

Apesar da porção norte apresentar vocação à urbanização, esta encontra-se separada da área urbana consolidada pela Vertentes, argilosas com topos convexos a qual se mostra inapta, dificultado a ocupação da área em questão.

3.6.3 Colinas Magmáticas com topos convexos

Esta subunidade, situa-se em uma pequena porção do município (4,07km²- 1,5%), na região sul, em altitudes intermediárias, 560-600m, com baixa declividade, 0-2% e 2-5% e ocorrência de rochas magmáticas (Intrusivas básicas tabulares). A dimensão interfluvial varia de 700 a 300m e possui um grau de entalhamento Muito Forte (Dc53).

A região é recoberta por solos com predomínio de argila, sendo: LATOSSOLOS VERMELHOS, unidade Barão Geraldo (Camada A: 52-58% de argila; Camada B: 45-77% de argila) e ARGISSOLOS VERMELHOS (Camada A: 52 de argila; Camada B: 58-70% de argila). O cultivo de cana-de-açúcar, assim como no limite municipal, é a matriz dominante, ocupando mais de 60% da área.

Cabe ressaltar que a Represa da Usina, que é utilizada par abastecimento público, está localizada a jusante desta forma de relevo. Neste caso a interação entre os atributos do meio físico (rochas magmáticas, solos com texturas argilosas e declividades acima dos 15%), combinado ao cultivo de cana-de-açúcar, faz com que o escoamento seja favorecido em detrimento da infiltração, diminuindo o abastecimento dos corpos d'água superficiais e subterrâneos.

Tal fato é agravado é agravado com a utilização de máquinas agrícolas em larga escala que compactam o solo (SEVERIANO, et al., 2010) e da vinhaça utilizada para fertilização, que contribui para colmatção hidráulica (ALVES, 2007).

Estudo realizado por Paulino et al (2011) apostam que esta situação se agrava após 12 a 20 anos de aplicação, realidade da área de estudo.

3.6.4 Morros arenosos com topos convexos

Esta subunidade está localizada na região oeste do município, onde ocorre a maior parte dos rios de primeira ordem, conseqüentemente as nascentes, e altitudes que variam de 520 e 600m, além de ser uma das poucas regiões que há declividades superiores a 10%. A dimensão interfluvial varia bastante, de 300m a maior que 1500, e possui grau de entalhamento Muito Forte (Dc51, Dc52, Dc53), sendo que as maiores dimensões se encontram na região norte e centro-sul da subunidade.

A formação geológica que, por climatização química deu origem a esta forma de terreno foi a Unidade II do Grupo Itararé, a qual é composta originalmente, sobretudo, por fácies distintas de siltitos, com areia fina e alternância de camadas silto-arenosas, areno-siltosas e silto-argilosos, além de argilitos e arenitos finos. A Unidade Olhos D'água, com predomínio de areia nas camadas A e B ocupa mais de 80% dos Morros arenosos com topos convexos.

Tais características, somadas à atividade agrícolas (cana-de-açúcar; solo exposto e pastagem), as quais ocupam mais de 70% da área, corroboram para o aumento do escoamento superficial e conseqüentemente o desencadeamento de processos erosivos. Atestando este cenário, tem-se que mais da metade dos processos erosivos (34- 64.15%), mapeados pelo IPT, estão localizados neste compartimento, sendo 9 ravinas e 25 voçorocas.

A pecuária extensiva mostrou-se como a principal atividade antrópica deflagradora dos processos erosivos acelerados nesta forma de relevo, representando 33% do total. Trimble e Mendel (1995) colocam o gado como um importante agente de mudanças geomorfológicas. Segundo os autores, nas área mais declivosas o gado move-se para cima, exercendo força sobre o solo, compactando-o, reduzindo a permeabilidade e a infiltração, favorecendo o escoamento superficial da água e conseqüentemente, acelerando as ocorrência dos processos erosivos

Vale destacar, a necessidade de uma gestão territorial estratégica nessa região, devido à alta densidade de rios de primeira ordem e nascentes, pois a erosão é uma das principais causas de poluição e deterioração da qualidade das águas superficiais, responsável pela sedimentação dos leitos dos rios, eutrofização e diminuição dos fluxos da água (DIMOYIANNIS et al., 2001; KARAMAGE et al., 2017; KORKANÇ, 2018;).

Marmontel et al. (2018), verificou que em nascentes com os arredores ocupados por pastagens ou atividades agrícolas a qualidade da água é inferior, em termos de temperatura, turbidez, cor, nitrito e nitrato e pH, se comparado com nascentes com o entorno recoberto por vegetação.

Além disso, parte desse compartimento está localizado na região oeste da zona definida como de expansão urbana, tornando o cenário mais preocupante, uma vez que a urbanização contribuirá para o aumento da vulnerabilidade ambiental.

3.6.5 Morros Magmáticos com topos convexos

Este compartimento é denominado Morros magmáticos devido à ocorrência das rochas intrusivas básicas tabulares, sendo basicamente composta pelos equivalentes intrusivos das rochas vulcânicas, que apresentam composição toleítica, granulação fina a média, textura fanerítica e também ofítica (BORGES, 2003). Corresponde ao intervalo altimétrico de 500 a 580m, com declividades bastante heterogêneas, variando de 0 a >15 %, predominando os intervalos 0-2% e 5-10% .

A unidade dominante é o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELOS, unidade Barão Geraldo, com predomínio de argila nas Camadas A (52-58%) e B (45-77%), seguido por areia (Camada A: 30-38%; Camada B: 37-41%). As práticas agrícolas ocupam mais de 78% dos Morros Magmáticos, com destaque para Cana-de-açúcar e Pastagem, as quais são responsáveis pela deflagração de 2 processos erosivos acelerados.

A subunidade geomorfológica em questão, está situada quase que integralmente no limite de expansão urbana e, de acordo com a escala de análise realizada, mostra-se apta a essa ocupação. Não obstante, é essencial um estudo em escala de detalhe a fim de propor diretrizes mais adequadas de uso do terreno, considerando as esferas ambientais, socioeconômicas e legislação.

3.5.6 Vertentes argilosas com topos convexos

A subunidade vertente, apesar de ocupar uma pequena parte do território municipal (3,63km²-1,33%), é uma região de especial atenção para o ordenamento territorial, tendo em vista que as características geoambientais (rochas, solos, hipsometria e rede de drenagem) indicam uma limitação à ocupação urbana e esta está definida no Plano Diretor, como área de expansão urbana.

Nessa região, encontra-se os intervalos com maiores declividades: 10-15% e >15%; dimensão interfluvial de 300 a 700m, grau de entalhamento Muito Forte (Dc53), rios e nascentes com o entorno ocupado por Mata Ripária preservada; Solos ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, Unidade Usina (PV-2), com predomínio de argila na Camada A e B; formação geológica composta por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos fino; neste caso é registrado a ocorrência de 3 voçorocas.

A associação entre os solos argilosos, as altas declividades, o grau de entalhamento muito forte e a presença de cursos d'águas e nascentes fazem com que o processo de infiltração da água seja dificultado, aumentando o índice de escoamento superficial e acelerando a ocorrência de processos geodinâmicos. Portanto, para garantir a preservação dos solos e da qualidade dos recursos hídricos presentes nesta forma do relevo é necessário protegê-la.

3.5.7 Planícies Fluviais

As planícies fluviais se distribuem de forma alongada, encaixadas entre os vales, por todo território municipal, estão associadas a existências dos elementos hídricos superficiais, Solos Litólicos e sedimentos do período Quaternário. Com altimetrias entre 500-560m, declividade de 0-2%, as formas do relevo apresentam-se planas em fundo de vale amplos, predominando processos agradacionais.

Esses terrenos são naturalmente suscetíveis a processos de inundação, já que o escoamento superficial não é favorecido, e sim a acumulação de água, de sedimentos e contaminantes. Portanto, a preservação dessas áreas é importante para a manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, a ocupação urbana nessas regiões colocaria a população em risco, devido aos processos de inundações.

3.5.8 Processos Geodinâmicos

Como apontado anteriormente, foram mapeados 63 processos erosivos (Tabela 6) com base nas informações contidas no banco de dados de São Paulo – IPT (2012). 50% ocorrem em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, devido, principalmente, ao uso de maquinários, que compacta o solo, diminui a infiltração e como consequência aumentando o escoamento superficial, acelerando a erosão (DORICI et al., 2016; COSTA et al., 2018b).

Apesar da pastagem ocupar apenas 4,20% do território (11,43km²), encontrou-se 11 processos geodinâmicos associados a este uso. Trimbel e Mendel (1995) e Costa et al. (2018a), apontam o gado como importantes agentes de mudanças geomorfológicas, dado que este, assim como o maquinário utilizado no cultivo agrícola, compacta o solo, reduz a infiltração, aumenta o escoamento e o desencadeamento de processos erosivos.

As erosões presentes na mata ripária podem, frequentemente, serem explicadas pela invasão no gado em seus limites, diminuindo a vegetação e expondo os substratos mais vulneráveis (TRIMBEL e MENDEL, 1995; COSTA et al., 2017).

Tabela 5- Relação entre ocorrência de processos geodinâmicos e uso e cobertura do solo

Uso e Cobertura do Solo	Processos geodinâmicos			
	Voçorocas	%	Ravinas	%
Cana-de-açúcar	24	47.06	5	41.66
Pastagem	9	17.65	2	16.67
Mata Ripária	7	13.72	3	25.00
Solo exposto	5	9.80	2	16.77
Urbano	5	9.80	-	-
Café	1	1.97	-	-
TOTAL	51	100	12	100

Fonte: Autora

3.7 CONCLUSÕES

Na área de estudo, as formas do relevo “Morros Arenosos com topos convexos”, “Vertentes Argilosas com topos convexos” e “Planícies Fluviais”, mostram-se geoambientalmente frágeis e conseqüentemente mais restritivas à ocupação antrópica. No entanto, devido ao planejamento inadequado da expansão urbana municipal, possivelmente elaborado desconsiderando as características do geoambiente, o Plano Diretor Municipal prevê a urbanização em tais formas. Caso este uso seja consolidado, os processos erosivos serão intensificados e agravados e a qualidade das águas superficiais comprometida. Portanto, é fundamental a elaboração de um estudo em escala de maior detalhe, sobretudo para reconsiderar o limite de expansão urbana.

Neste sentido, a incorporação das análises geomorfológicas e de diagnóstico geoambiental na definição de diretrizes de usos do solo, apresenta-se cada vez mais necessária, visando à prevenção dos processos geológicos (naturais ou induzidos), como escorregamentos e erosões e hidrológicos, como inundações. Neste caso, o mapa geomorfológico, apresenta uma análise complexa das correlações de diversos atributos geoambientais de forma integrada e sintética.

A metodologia utilizada de mapeamento progressivo em táxons, detalhando até o 6º (processos geodinâmico), é um diferencial dos inúmeros mapeamentos geomorfológico anteriormente elaborados. A compartimentação até o 6º táxon retrata as especificidades locais e reflete as conseqüências das ações antrópicas em cada compartimento, indicando os locais de maiores alterações das condições morfogênicas naturais, por meio da ocorrência dos processos geodinâmicos.

3.8 AGRADECIMENTOS

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

3.9 REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. 1949. Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro. *Boletim Paulista de Geografia*, 1: 1-21.
- AB’SÁBER, A. N. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: Conselho Nacional de Geografia (Brasil). **Aspectos geográficos da Terra Bandeirantes**. Rio de Janeiro, IBGE: p.1-97, 1954.
- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo**, v. 41, p. 169-263, 1964.
- ALVES, A. C. **Estudo da interação de vinhoto com uma argila de baixa plasticidade da região do município de Campos dos Goytacazes – RJ**. 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Ciência e Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2007
- BORGES, D. J. S, **Zoneamento geotécnico geral da folha de Americana: escala 1:50.000**. 2003. 217f. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- CARNEIRO, C. D. R.; MELO, M. S.; VITTE, A. C. A Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácia na Bacia do Paraná. In: GAUTTIERI, M.C.M.; BARTORELLI, A.; NETO, V.M.; CARNEIRO, C.D.R.; LISBOA, M.B.A.L. **A Obra de Aziz Nacib Ab’Sáber**. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010 Capítulo 18, p. 372-378.
- CERMINARO, A. C.; OLIVEIRA, D. Relações Solo-Relevo Através da Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão, nos Municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina no Estado de São Paulo-BR: Ordenações de Unidades para Uso e Ocupação Adequados. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n.02, p. 352-364, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233326>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.
- 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**. 2017. 166f. Tese (doutorado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.
- COSTA, C. W.; LORANDI, R.; OLIVEIRA, T. A. ; LOLLO, J. A. Cartografia geomorfológica e a compartimentação das formas do relevo em área de manancial Peri urbano na borda Nordeste da bacia sedimentar do Paraná. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, p. 1257-1288, 2018a.
- COSTA, C. W.; LORANDI, R.; LOLLO, J. A; IMANI, M.; DUPAS, F. A. Surface runoff and accelerated erosion in peri-urban wellhead área in southeastern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v.77, n.160, p.2-18, 2018b. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-018-7366-x>>.

DIMOYIANNIS, D. G., VALMIS, S., VYRLAS, P. A rainfall simulation study of erosion of some calcareous soils, **Global NEST Journal**, v.3, n.3, p. 179–183, 2001. Disponível em: <<https://journal.gnest.org/journal-paper/rainfall-simulation-study-erosion-some-calcareous-soils>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

DORICI, M.; COSTA, C. W.; MORAES, M. C. P.; PIGA, F. G.; LORANDI, R.; LOLLO, J. A.; MOSCHINI, L.E. Accelerated erosion in a watershed in the southeastern region of Brazil. **Environmental Earth Science**, v.75, n.1301, p.1–12, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12665-016-6102-7>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.

ESRI- Environmental Systems Research Institute.2018. **ArcGIS for the desktop** 10.5.

FLORENZANO, T.G. **Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T.G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.** São Paulos: Oficinas de Textos, 2008. p.12-31

FURRIER, M.; VARGAS-CUERVO, G.; MONCADA, C. C. Geomorphological characterization and mapping of Cartagena de Indias and adjacencies. **Boletín de Ciencias de la Tierra**, v.41, p. 5-14, 2017. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302017000100001 Acesso em: 07 de julho de 2018

GOES, M. H. B; ZAIDAN, R. T.; MARINO, T. B.; SILVA, J. X. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento e análise geomorfológica de áreas urbanas. in: SILVA, J.X.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento & Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 328 p. p. 167-201.

IAC- Instituto Agrônômico de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Campinas.** Escala 1:100.000, 1977.

IAC- Instituto Agrônômico de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Piracicaba.** Escala 1:100.000, 1989.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas Topográficas de Piracicaba, Limeira, Capivari e Americana, escala 1:50.000,** 1971.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução nº1/2005. Estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS).** Brasília, 2005.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia,** 2ª edição, Rio de Janeiro, 316p., 2007. ISSN: 0103-9598

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades 2017** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santa-barbara-doeste/panorama> Acesso em: 26 de junho de 2018.

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo, Relatório Técnico n. 131.057-205 – iii.** v. 1, p. 226, 2012.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. TOPODATA, **Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em 07 de julho de 2018

KARAMAGE, F., ZHANG, C., FANG, X., LIU, T., NDAYISABA, F., NAHAYO, L., KAYIRANGA, A., NSENGIYUMVA, J. B. Modeling rainfall-runoff response to land use and landcover change in Rwanda (1990–2016). **Water**, v.9, n.147, p.1–24, 2017. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/9/2/147>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

KORKANÇ, S. Y. Effects of the land use/cover on the surface runoff and soil loss in the Niğde-Akkaya Dam Watershed, Turkey. **Catena**, v.163, p.233–243, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816217304253>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

LASTOCHKIN, A. A.; ZHIROV, A. I.; BOLTRAMOVICH, S. F. System-morphological approach: Another look at morphology research and geomorphological mapping. **Geomorphology**, v.303, p.486-503, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X16310352>>. Acesso: 07 de julho de 2018

LI, F.; GONG, Y.; CAI, L.; SUN, C.; CHEN, Y.; LIU, Y.; JIANG, P. Sustainable Land-Use Allocation: A Multiobjective Particle Swarm Optimization Model and Application in Changzhou, China. **Jornal Urban Planning and Development**, v.144, n. 2, 2018. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000425?af=R&>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**, in: Métodos em Questão, IGEOG-USP, São Paulo, 1971

MARMONTEL, C. V. F.; BORJA, M. E. L.; RODRIGUES, V. A.; ZEMA, D. A. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil), **Science of the Total Environment**, v.622–623, p.690–701, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717334307?via%3Dihub>>. Acesso em 08 de julho de 2018

PAULINO, J.; ZOLIN, C. A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P S. L.; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo: II. Características da cana-deaçúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 244-249, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&; Acesso em: 01 de maio de 2019

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.22, n.10, p.3281-3293, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v22n10/1413-8123-csc-22-10-3281.pdf>>. Acesso em: 08 de julho de 2018

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, Edusp, v.6, p.17-30, 1992.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Departamento de Geografia- FFLCH-USP/ Laboratório de Cartografia Geotecnica-Geologia Aplicada-IPT/FAPESP, São Paulo, 1997. Escala 1:500.000.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F.G. Proposta de unidades geomorfológicas como suporte à expansão urbana e ao ordenamento territorial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.18, n.4, p.703-717, 2017. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1235>>. Acesso em 07 de julho de 2018

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar Municipal nº 265 de 14 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Santa Bárbara D'Oeste e dá outras providências.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; CASTRO, M. B.; OLIVEIRA, L. F. C.; COSTA, K. A. P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: I - modelagem e quantificação da compactação adicional após as operações de colheita. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 404-413, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162010000300005&script=sci_arttext. Acesso em: 01 de maio de 2019

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. **Embrapa Meio Ambiente**. Documentos 42, Jaquariúna, SP, 2004, 29 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5810/1/documentos_42.pdf>. Acesso em: 08 de julho de 2018

TRIMBLE, S. W.; MENDEL, A. C. The cow as a geomorphic agent A critical review. **Geomorphology**, v.13, p.233-253, 1995. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169555X95000284>>. Acesso em: 08 de julho de 2018

VANWALLEGHEM, T.; GÓMEZ, J. A.; INFANTE, J. A.; GONZÁLEZ, M. M.; VANDERLINDEN, K.; GUZMÁN, G.; LAGUNA, A.; GIRÁLDEZ, J. V. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. **Anthropocene**, v.17. p. 13-29, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213305417300012>>. Acesso em: 08 de julho de 2018

4 ARTIGO 2- PLANEJAMENTO E EXPANSÃO URBANA SOB A PERSPECTIVA GEOAMBIENTAL – ABORDAGEM MULTICRITÉRIO

4.1 RESUMO

Para uma gestão sustentável do ambiente construído, é fundamental que as áreas de expansão urbana sejam definidas com base em diagnósticos das características dos componentes naturais, de modo a mitigar os impactos adversos desse crescimento. É nesse contexto, de utilizar informações acerca das características geoambientais, visando subsidiar ordenamento territorial a presente investigação teve como objetivo a elaboração da Carta de Potencial à Expansão Urbana do Município de Santa Bárbara D'Oeste e realizar uma comparação com o Limite de Expansão Urbana proposto no Plano Diretor municipal vigente para verificar se este está adequado. Para tanto, analisou-se a dinâmica da expansão urbana municipal dos últimos 46 anos (1971, 2000, 2010 e 2017) e o crescimento populacional neste mesmo intervalo. Além disso, elaborou-se um mapeamento das áreas potenciais à expansão urbana, no qual as variáveis geoambientais (hidrografia, altimetria, formações geológicas de superfície, pedologia, mapeamento geomorfológico e uso e cobertura do solo) foram cruzadas por meio do método Análise Hierárquica de Processos (AHP), e mapeou-se as áreas inaptas à urbanização conforme informações de caráter legislativo, ambiental e urbanístico. Como resultado, verificou-se que a área urbana está expandindo. Em 1971, esta ocupava apenas 2,16km² e atualmente estende-se por 37,21km² e de acordo com o limite de expansão urbana definido no Plano Diretor, poderá alcançar 98,78km². Se o limite proposto for consolidado, ele poderá ocorrer em áreas Inaptas e com potencial Muito Baixo e Baixo à expansão urbana, ou seja locais frágeis do ponto de vista geoambientais, os quais devem ser preservadas visando garantir a integridade da qualidade ambiental e dos serviços ecossistêmicos, além de prevenir a deflagração de processos geológicos e hidrológicos. Sendo assim, o poder público municipal de Santa Bárbara D'Oeste deve revisar o limite proposto devido a existências de áreas que foram consideradas como Muito baixo e Baixo potencial à expansão nesta região.

Palavras-chave: Expansão Urbana; Análise Hierárquica de Processos; Planejamento Geoambiental

4.2 INTRODUÇÃO

Em escala global, a expansão das áreas urbanizadas é uma das grandes questões do século 21 (LEITE e AWAD, 2012). Afinal, com a tendência de crescimento populacional, em 2050, 66% da população mundial poderá ser urbana (ONU, 2015). A crescente demanda por espaço, energia, água e renda, está produzindo alterações na cobertura terrestre. Espaços naturais, estão sendo substituídos por superfícies construídas para satisfazer as necessidades humanas e os hábitos de consumos (ESPINO, et al., 2018).

A demanda por espaço urbano, associada a especulação imobiliária, acarreta, frequentemente, o processo de expansão urbana desordenado ou planejado de forma inadequado (JIAO et al., 2015), ocasionando diversos problemas ambientais e sociais (LI et al., 2013). O uso inadequado do solo é reconhecido como umas das atividades antrópicas mais impactantes para a qualidade do meio ambiente e influentes nas mudanças climáticas (SAATY, 2013; SAATY e PAOLA, 2017).

Portanto, uma das estratégias para melhorar o futuro da vida urbana se pauta no planejamento e gestão holística do uso do solo. Para isso é essencial o planejamento geoambiental territorial, considerando as potencialidades e, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais (ROSS, 1994), indicando locais mais adequados à ocupação ou intensificação das ações humanas e locais frágeis que necessitam ser preservados ou conservados (PADILHA e MATEUS, 2017).

A integração de informações de atributos geoambientais às restrições legais e de caráter urbanístico, podem resultar em conhecimentos potenciais para subsidiar um planejamento territorial preliminar à expansão urbana. O produto em questão, como ferramenta de planejamento urbano, fundamenta-se em caracterizar o meio físico, biológico e antrópico, no sentido de avaliar e indicar os melhores territórios frente ao uso e ocupação, preservando, conservando e potencializando o uso dos recursos naturais finitos ou não.

As técnicas de geoprocessamento são instrumentos que possibilitam esses estudos, pois permitem conhecer e acompanhar a dinâmica da natureza e da sociedade. Além disso, a análise multicritério, elaborada em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), permite gerenciar um grande volume de dados espaciais (BARAKAT et al., 2017) e integrar as mais diversas fontes de informações, sem sacrificar a qualidade, confiabilidade e consenso nos resultados (CAPILLA et al., 2016).

A análise multicritério pode ser elaborada por meio de diversos métodos, dentre eles tem-se a Análise Hierárquica de Processos (AHP), a qual classifica as variáveis analisadas de acordo com seu grau de importância e compara “par a par” a relevância entre elas, de acordo com a escala de julgamento definida por Saaty (1977). Embora a produção de uma matriz AHP seja uma tarefa subjetiva em teoria, é uma ferramenta poderosa e simples que provou-se útil na resolução de problemas complexos e tomada de decisão (AKSOY e SAN, 2017; SAATY e PAOLA, 2017).

Portanto, a presente investigação tem como objetivo a elaboração da Carta de Potencial à Expansão Urbana para o Município de Santa Bárbara D’Oeste e na sequência realizar uma comparação com o Limite de Expansão Urbana proposto no Plano Diretor municipal vigente para verificar se este está adequado.

4.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Santa Bárbara D’Oeste está distante 138km da capital (São Paulo), nas coordenadas geográficas 22°45’15” de Latitude Sul e 49°22’46” de Longitude Oeste. Possui aproximadamente 272,10km² de extensão, sendo que 41.84km² correspondente à área urbana (Figura 16).

As principais vias de acesso são: a Rodovia dos Bandeirantes (SP-348), a Rodovia Luiz de Queiroz (SP-304), a Rodovia Comendador Américo Emílio Romi (SP-306) e seu prolongamento, denominado de Rodovia Luiz Ometto.

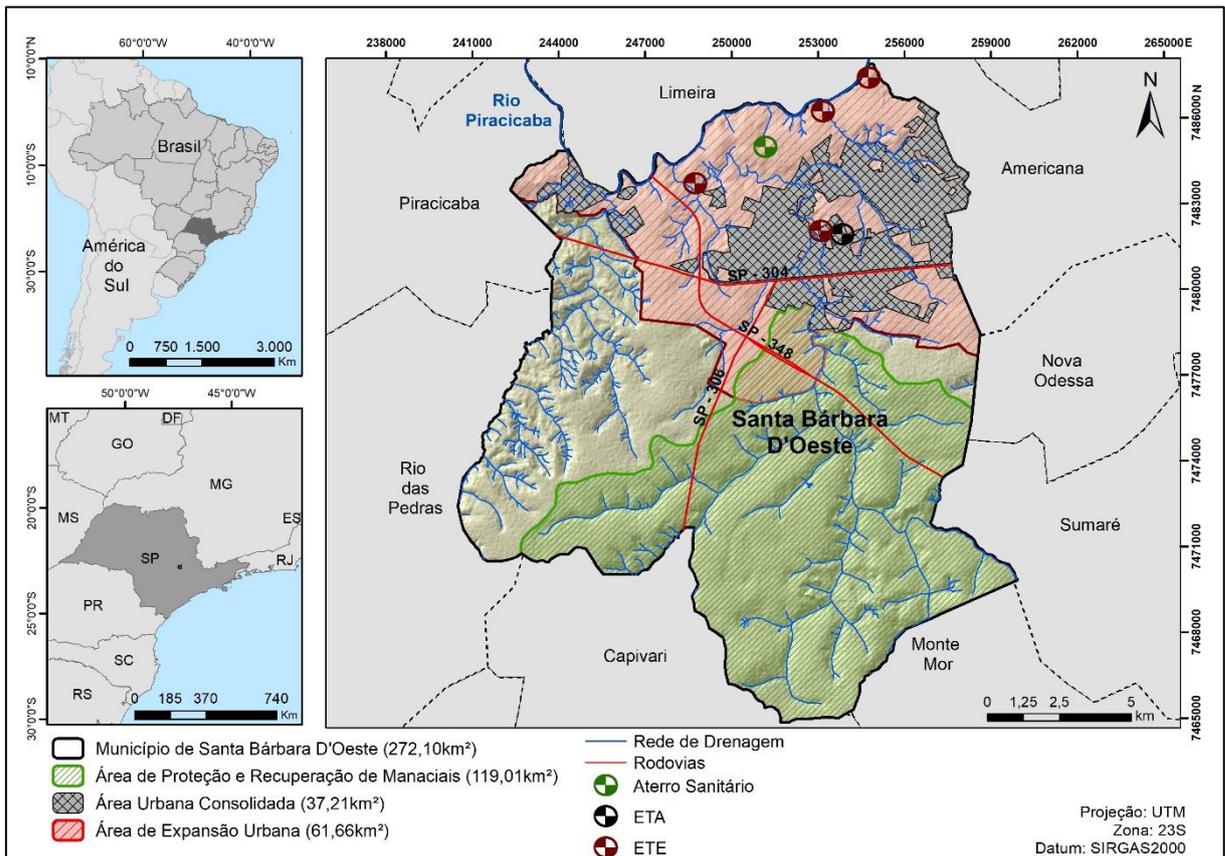
Em 2000 o município possuía 170,078 habitantes (IBGE, 2000), em 2010 passou a ter 180,009 (IBGE, 2010) (crescimento populacional de 5,84%) e atualmente possui uma população estimada de 191,894 (IBGE, 2017), ou seja, a taxa de crescimento populacional foi de 6,60%.

Devido ao cenário de desenvolvimento, crescimento e pressão à urbanização, a revisão do Plano Diretor, Lei Complementar 265 de 2017, (SANTA BÁRBARA D’OESTE, 2017), definiu Macrozonas de expansão urbana e estabeleceu diretrizes de ocupação para as mesmas, bem como diretrizes de ordenamento territorial para todo o limite municipal.

O território do município está situado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, na Bacia do Piracicaba e na Sub-bacia do Alto Piracicaba (CBH – PCJ, 2000-2001). O principal curso d’água municipal é o Ribeirão dos Toledos, o qual foi represado para a criação da Represa do DAE Areia Branca utilizada para

abastecimento público. O limite da sub-bacia, com 119km², foi estabelecido como Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017).

Figura 16- Localização Geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste (SP) com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário



Fonte: Autora

O município possui Clima Tropical do Brasil Central sem Seca, o qual apresenta chuva em todos os meses do ano, com maior concentração na estação de verão e redução na estação de inverno (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007)

Em relação a geomorfologia, o município encontra-se posicionado na borda NE da morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista e subunidade da Depressão Médio-Tietê (ROSS e MOROZ, 1997). As formas do relevo, são principalmente resultantes de processos denudacionais, formadas por Colinas (174,97km²-64,31%), Morros (66,97km²-24,16%), Vertentes (3,63km²-1,33%) e Planícies (23,42km²-8,61%).

Na área objeto de investigação, ocorre o predomínio de rochas sedimentares Paleozóicas do Grupo Itararé (133,30km² - 48,99%) e Cobertura Cenozóicas indiferenciadas, correlatas à

formação Rio Claro (90,57km² - 33,29%) (BORGES, 2003). As rochas Intrusivas básicas tabulares (K1δsg) (21,70km² - 7,89%), do período Cretáceo, Grupo São Bento e os depósitos aluvionares Quaternários (23,42km²-8,61) também são encontradas em uma parcela do município (BORGES, 2003).

As unidades pedológicas desse território municipal, definidas com base no mapeamento efetuado por São Paulo - IAC (1977 e 1989) e atualizadas a partir das informações disponibilizadas por IBGE (2007), são caracterizadas por: LATOSSOLOS VERMELHOS (Latosolo Vermelho-Escuro Álico; Latossolo Roxo Distrófico); ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO A Moderado); NEOSSOLOS LITÓLICOS (Solos Litólicos); LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (Latosolos Vermelho-Amarelo Álico; Latossolos Vermelho Amarelo Húmico Álico;) ARGISSOLOS VERMELHOS (Terra Roxa Estruturada Eutrófica) e GLEISSOLOS (Solos Hidromórficos).

As classes de solos predominantes, são representadas por: LATOSSOLOS VERMELHOS (134,20km²) e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (57,23km²).

A região apresenta, principalmente, baixas declividades, sobretudo os intervalos de 0-2% (43,08%), 2-5% (22,84%) e 5-10% (21,77%). As áreas com maiores declividades (10-15% e >15%) ocorrem na borda oeste do município e no limite norte entre a área urbana e rural.

4.4 METODOLOGIA

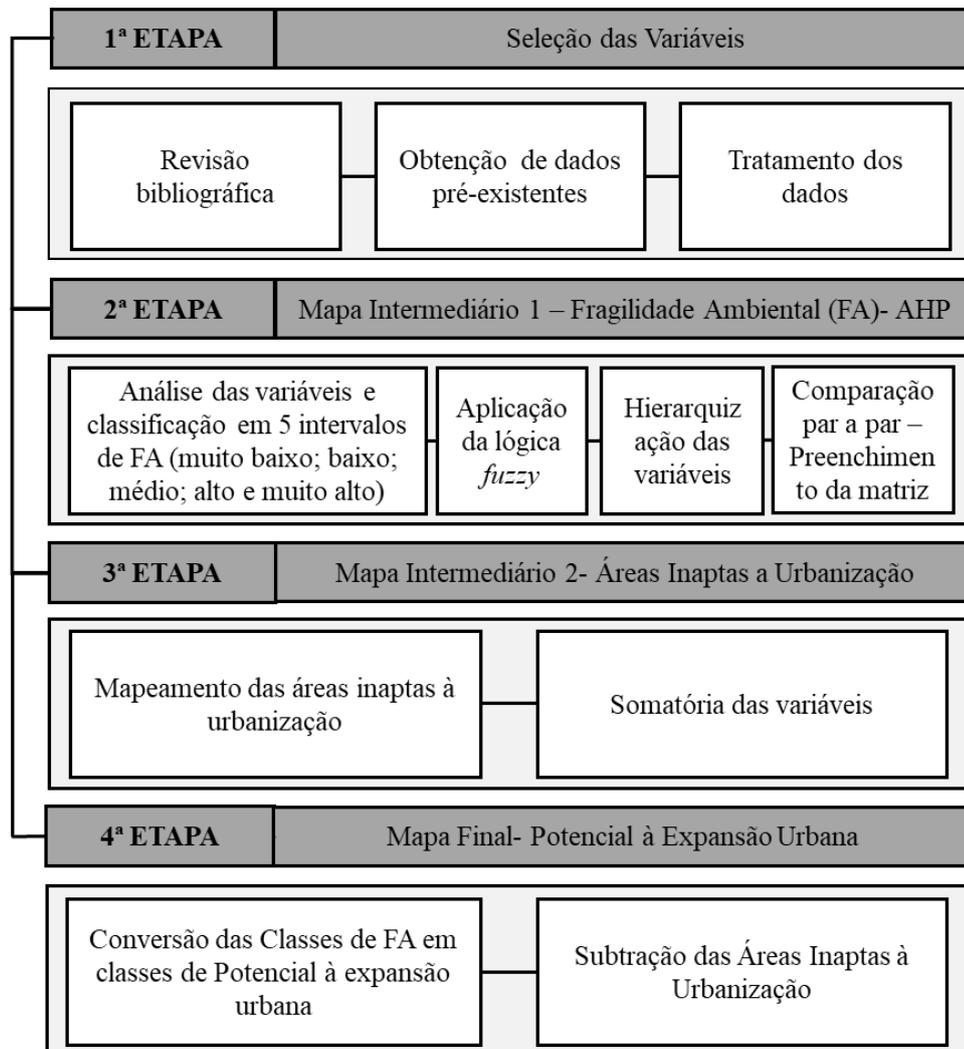
A fim de analisar a dinâmica da expansão urbana municipal, foram mapeados os limites urbanos dos anos de 1971, 2000, 2010 e 2017, os quais foram escolhidos com base na disponibilidade de informações. Para 1971, utilizou-se a carta topográfica do IBGE (IBGE, 1971), a qual foi georreferenciada e o limite vetorizado em telas. Os limites de 2000 e 2010 foram definidos com base nas imagens dos respectivos satélites LandSat 7 e LandSat 5, ambas com resolução de 30m e composição colorida RGB das bandas 543 e para 2017 e o limite de expansão urbana utilizou-se os dados disponíveis no Plano Diretor Municipal.

Além disso, a extensão da área urbana, o percentual de crescimento e o número de habitantes foram comparados nos anos analisados para estimar a necessidade de expansão da área urbana. O número de habitantes previstos para 2027 foi calculado com base na taxa média do crescimento anual dos últimos 7 anos.

O procedimento metodológico para a elaboração do mapeamento das áreas potenciais à expansão urbana foi dividido em 4 etapas: 1) Seleção das variáveis; 2) Elaboração do mapa intermediário I: Fragilidade ambiental - AHP; 3) Elaboração do mapa intermediário II: Áreas

inaptas a urbanização e 4) Elaboração do mapa final: Áreas potenciais à expansão urbana (Figura 17).

Figura 17- Fluxograma metodológico para elaboração do mapeamento das Áreas Potenciais à Expansão Urbana



Fonte: Autora

Todos os processamentos de dados espaciais se deram no *software*, ArcGIS® 10.5 (ESRI, 2018). Como sistema de projeção e coordenadas adotou-se: Universal Transversa de Mercator (UTM) na Zona 23S e superfície de referência Datum SIRGAS2000 (IBGE, 2005).

Etapa 1: Seleção das variáveis

A seleção das variáveis utilizadas para compor o procedimento metodológico, baseou-se em pesquisa bibliográfica e na obtenção de dados pré-existentes. Foram selecionadas 5

variáveis (Tabela 6) para a elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental e 4 variáveis para o Mapa de Área Inaptas a Urbanização.

Tabela 6- Variáveis utilizadas para as análises

Variáveis utilizadas nas análises			
Variáveis	Descrição	Fonte	Escala de Georreferenciamento
Hidrografia	Rede Hidrográfica Atualizada	Cartas Topográficas (IBGE, 1971); Imagem LandSat 8	1:50.000
Altimetria	Declividade	Cartas Topográficas (IBGE, 1971)	1:50.000
Formações geológicas de superfície	Mapa Substrato Rochoso-Folha de Americana	Borges (2003)	1:50.000
	Atualização em campo	Autora	1:50.000
Pedologia	Classes de Solo- Folha de Campinas e Paracicaba	IAC (1977 e 1989)	1:50.000
Mapeamento Geomorfológico	Formas de Relevo	Autora	1:50.000
Uso e Cobertura do Solo 2017	Classes de Usos	Imagem LandSat 8	-
Infraestruturas instaladas	Área Urbana Consolidada; ETE; ETA; Aterro Sanitário; Rodovias; Indústrias	Uso e Cobertura do Solo 2017 (Autora)	1:50.000
	APP; Reserva Legal; ARO; AIA	Santa Bárbara D'Oeste (2017); Brasil (2012)	-
Restrições Ambientais	Vegetação Nativa	Uso e Cobertura do Solo 2017 (Autora)	1:50.000
Faixas de Proteção	Faixas e proteção ETE, ETA e Aterro Sanitário	Santa Bárbara D'Oeste (2017)	-

Fonte: Autora

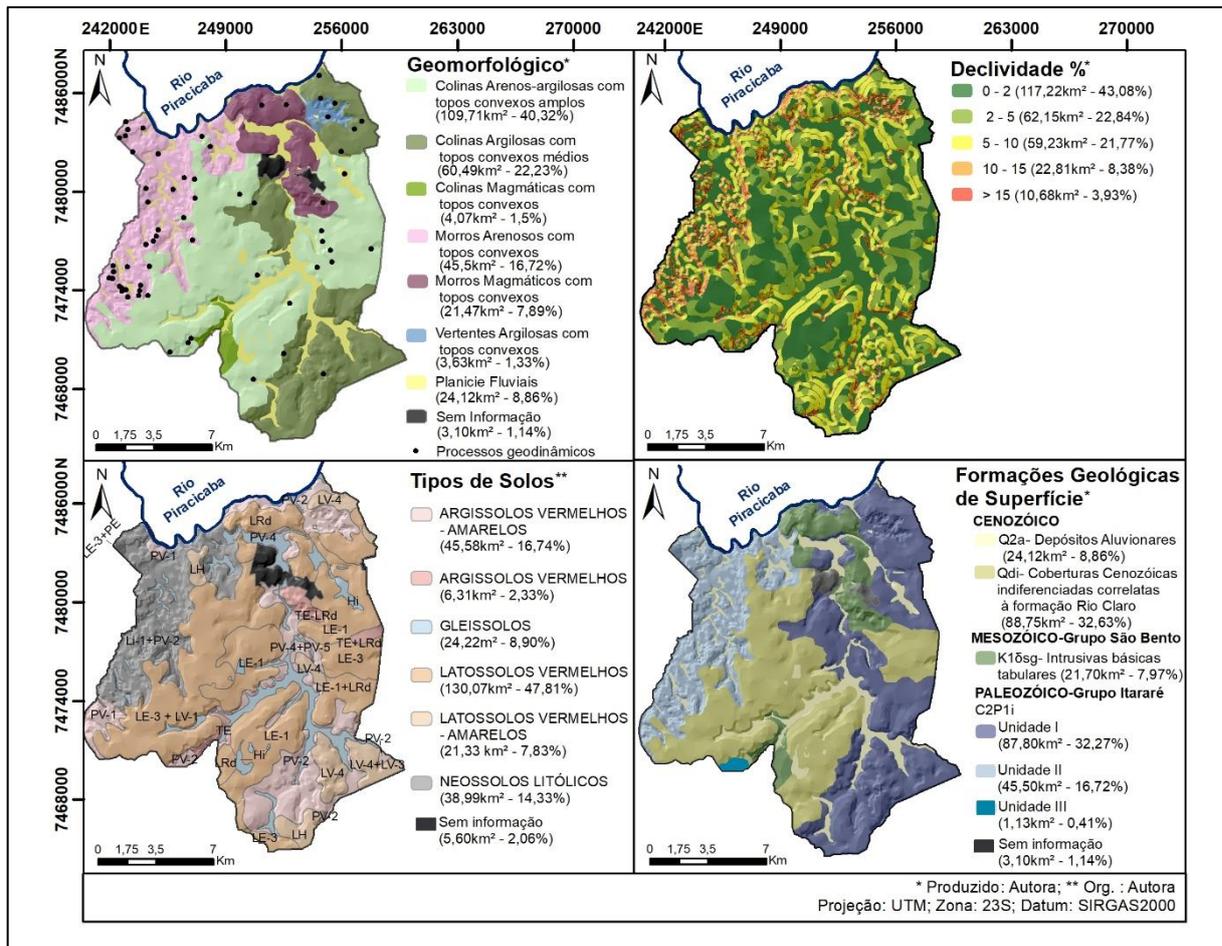
2) Elaboração do Mapa Intermediário I: Fragilidade Ambiental – AHP

O mapeamento de Fragilidade Ambiental (FA) foi elaborado com base na metodologia definida por Ross (1994). Os cruzamentos foram efetuados utilizando o método de Análise Hierárquica de Processos (APH) estabelecido por Saaty (1977). Informações referentes à declividade, formações geológicas de superfície, tipos de solos e geomorfologia foram os planos de informações consideradas na análise (Figura 18).

Para a aplicação da AHP levou-se consideração a opinião e conhecimento de 3 especialistas nas áreas das ciências ambientais, geologia e geografia e realizou-se 3 passos. Primeiramente, foi necessário analisar as variáveis geoambientais individualmente e classificá-las em 5 intervalos de acordo com o seu grau de fragilidade ambiental, sendo:

- I) Fragilidade Ambiental muito baixa
- II) Fragilidade Ambiental baixa
- III) Fragilidade Ambiental média
- IV) Fragilidade Ambiental alta
- V) Fragilidade Ambiental alta

Figura 18- Planos de informação referentes ao Mapeamento intermediário 1- Fragilidade Ambiental



Fonte: Autora

Cada especialista preencheu a tabela de pesos individualmente, de acordo com seus conhecimentos. Em seguida, foi realizada uma média para o estabelecimento do peso final, com exceção a declividade, onde foram atribuídos pesos utilizando intervalo definidos por Zuquette (1981) relativos à instalação de equipamentos urbanos (Tabela 7). Optou-se por aplicar este intervalo pois o mapa em questão tem como objetivo final a elaboração de uma Carta de Potencial à Expansão Urbana.

O segundo passo consistiu-se na hierarquização das variáveis geoambientais de acordo com seu grau de influência na fragilidade ambiental. Para isso, os especialistas discutiram e julgaram conjuntamente a ordem de relevância. Como resultado, tem-se a geomorfologia como mais importante, seguida de declividade, pedologia e geologia. A geomorfologia foi considerada como mais importante pois para elaborá-la é necessário analisar conjuntamente diversos atributos geoambientais básicos como: tipo de rochas, materiais inconsolidados, topografia, grau de inclinação do relevo, forma das vertentes, uso e cobertura do solo, elementos hidrográficos e processos dinâmicos do Quaternário (COSTA, 2017).

Tabela 7- Classificação das variáveis geoambientais nos intervalos de Fragilidade Ambiental

FRAGILIDADE AMBIENTAL						
Variáveis	Descrição	Muito Baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Geomorfologia	Formas do Relevo	Colinas Magmáticas com topos convexos	Morros Magmáticos com topos convexos; Colinas Areno- argilosas com topos convexos amplos;	Colinas Argilosas com topos convexos médios;		Morros Arenosos com topos convexos; Vertentes Argilosas com topos convexos; Planícies Fluviais
Declividade	Grau de Inclinação da vertente do terreno em porcentagem. (ZUQUETTE, 1981)	0-2%	2-5%	5-10%	10-15%	>15%
Pedologia	Classes de Solos	PV-2; LE-1; LE-1+LRd	PV-4; PE; LRd; TE- LRd; LE- 3; TE; LV-1	LE-2; LV-4; PV-4+PV-5; LV-4+LV- 3; LE-3 + LV-1; LE- 3+PE	LH	PV-1; Hi; Li- 1+PV-2
Formações geológicas	Tipo de rocha de acordo com a formação	Intrusivas Básicas Tabulares	-	Itararé- Unidade I	Coberturas Cenozóicas Indiferencia- das Correlatas à Formação Rio Claro; Unidade II; Unidade III	Depósitos Aluvionares

Fonte: Autora

A declividade recebeu o segundo maior peso, pois este é um atributo impeditivo, uma vez que está diretamente relacionada ao desencadeamento de processos geológicos e hidrológicos, como deslizamento de terras e inundações. A ocupação urbana em áreas de altas declividades ou em baixas declividades, associadas à corpos d'água, coloca a população em situação de risco.

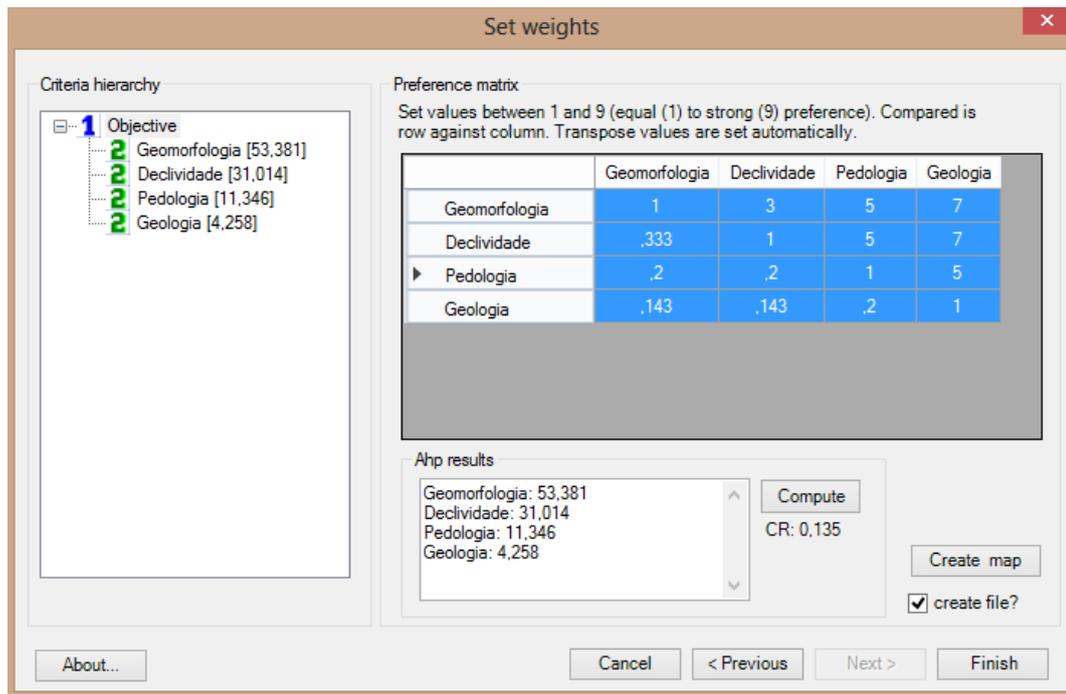
Em seguida, considerou-se pedologia, pois os solos quando submetidos à usos inadequados, podem desencadear problemas relacionados à compactação, erosão, assoreamento e poluição dos rios e deslizamentos (AVANCINI, 2018). A ocorrência de tais processos é influenciada pela composição granulométrica do solo e sua profundidade.

O quarto atributo que recebeu peso foram as formações geológicas, as quais sustentam o relevo e refletem na alteração de suas formas como a lito-estrutura e grau de coesão das rochas. Bem como, determinam o meio e a forma de circulação da água subterrânea e superficial (COSTA, 2017), refletindo na sua produtividade e também, na sua vulnerabilidade à poluição (IRATANI e EZAKI, 2008).

E por fim, o preenchimento da matriz (terceiro passo) se deu diretamente no *software* ArcGIS. Assim como no primeiro passo, a matriz foi integralizada de forma individual por cada especialista e em seguida foi aplicada a média para a definição do valor final (Figura 19). A matriz foi preenchida por meio do julgamento pareado entre as variáveis geoambientais seguindo a escala de 1 a 9 definida por Saaty (1977), onde:

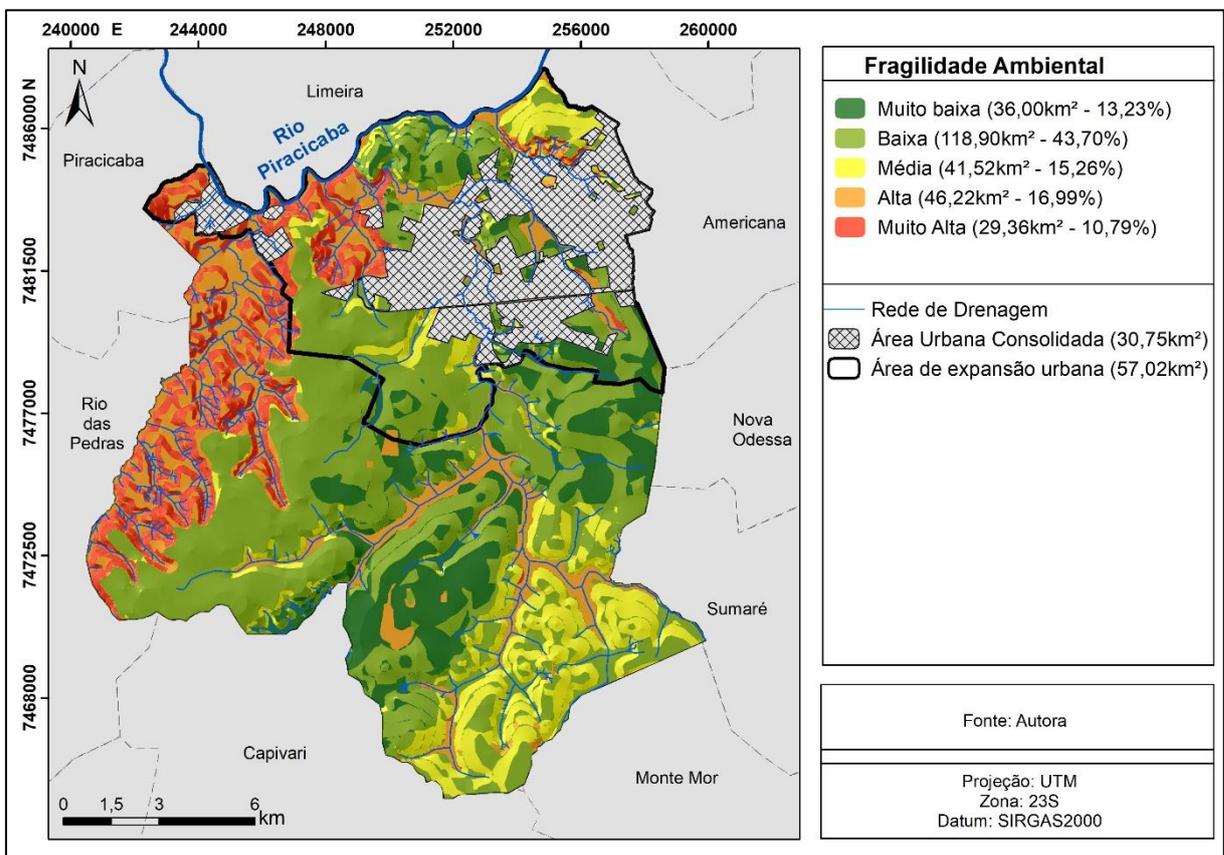
- 1 = Igual importância;
- 3 = Moderada importância de um sobre o outro;
- 5 = Importância forte ou essencial;
- 7 = Muito forte ou importância demonstrada;
- 9 = Extrema importância;
- 2, 4, 6, 8 = Valores intermediários.

Figura 19- Matriz Análise Hierárquica de Processos



Fonte: Autora

Figura 20- Mapeamento da Fragilidade Ambiental do município de Santa Bárbara D'Oeste



3) Elaboração do Mapeamento Intermediário II: Áreas Inaptas a Urbanização

A temática referente ao segundo mapeamento intermediário envolveu o levantamento de informações de caráter legislativo e urbanístico que impedem a consolidação da área urbana.

Para tanto, foram consideradas áreas inaptas: 1) Áreas de Restrições à Ocupação (ARO) delimitadas no Anexo 4 do Plano Diretor; 2) Áreas de Interesse Ambiental (AIA), plano diretor Anexo1; 3) APPs e Reservas Legais definidas na Lei Federal nº12651 de maio de 2012 (BRASIL, 2012); 4) Faixas de proteção das ETES, ETAS e Aterros Sanitário, definidas no Plano Diretor 5) Área urbana consolidada; 6) Rodovias; 7) Declividades maiores que 30%; 8) Rede de drenagem e represas e 9) Indústrias (Figura 21).

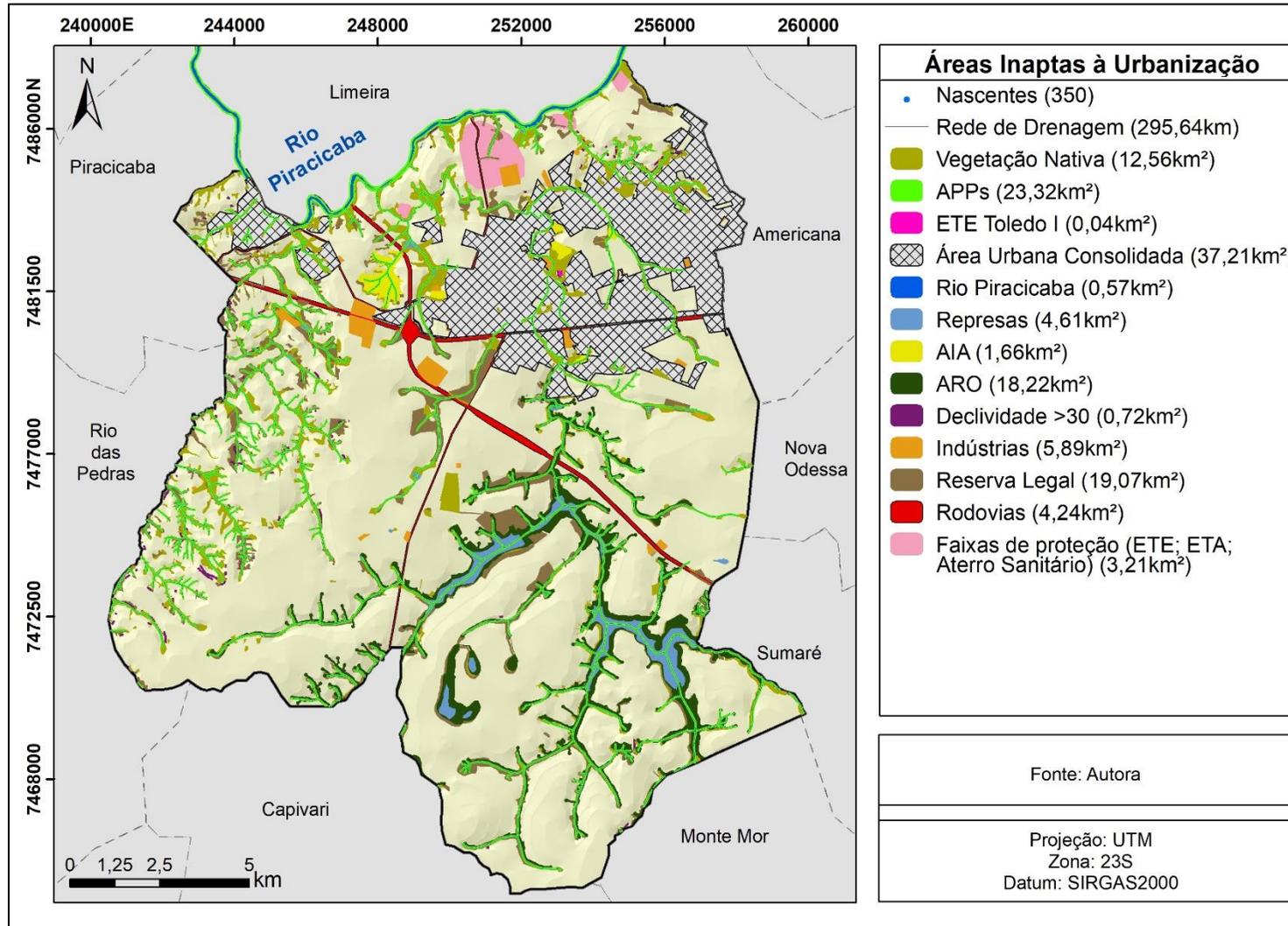
As ARO estão localizadas no limite da APRM e compreendem as APPs da Lei Federal, faixas adicionais de APPs, remanescentes vegetacionais nativos ou fragmentos florestais implantados, que promovam ou possam promover a conectividade paisagística ou proteção de áreas de recarga dos aquíferos, área de especial interesse ambiental.

As Reservas Legais foram extraídas das informações do Cadastro Ambiental Rural, disponível em formato *shapefile* (CAR, 2018). As áreas de APPs foram delimitadas por meio da geração de um *buffer* de 30 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura; 100 metros, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 metros de largura; e de 50m para as nascentes. Não considerou-se o conceito de Área Consolidada em APPs pois este é aplicado à áreas consolidadas antes de 22 de julho de 2008 e este mapeamento tem como objetivo a delimitação de áreas à expansão.

Além das APPs no entorno dos recursos hídricos, a Lei Federal nº12651 (BRASIL, 2012) prevê APPs em encostas com declividade superior a 45° e em topos com altura mínima de 100m com inclinação média maior que 25°. Estas não foram delimitadas pois não há essas características na área de estudo.

As áreas com declividades superiores a 30% também foram definidas como inaptas, devido a Lei Federal nº 6.766/79, que em seu artigo 3º, define que “em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes...” (BRASIL, 1979). Estas foram determinadas a partir da carta de declividade. As infraestruturas já instaladas (área urbana consolidada, indústrias e rodovias) e as represas foram extraídas do mapeamento do uso e cobertura do solo.

Figura 21- Mapeamento intermediário II - Áreas inaptas à urbanização



Fonte: Autora

4) Elaboração do Mapa Final: Áreas Potenciais à Expansão Urbana

Para a elaboração do produto final os dois mapas intermediários foram cruzados. Previamente, as classes do Mapa de Fragilidade foram convertidas em classes de potenciais à expansão urbana, onde:

Fragilidade Ambiental muito baixa = Potencial à expansão urbana muito alto

Fragilidade Ambiental baixa = Potencial à expansão urbana alto

Fragilidade Ambiental média = Potencial à expansão urbana médio

Fragilidade Ambiental alta = Potencial à expansão urbana baixo

Fragilidade Ambiental muito alta = Potencial à expansão urbana muito baixo

E as áreas inaptas do segundo mapeamento intermediário se mantiveram como inaptas independente da classe de Fragilidade Ambiental.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Acompanhando a dinâmica do crescimento populacional municipal, a área urbana está expandindo. Em 1971 esta ocupava apenas 2,16km² e atualmente estende-se por 37,21km². Em 2000 o município possuía 170.078 habitantes (IBGE, 2000) e uma área urbana de 24,66km², em 2010, com crescimento populacional de 5,84% (180.009 habitantes) (IBGE, 2010) alcançou 31,67km², crescendo 28,43%. No intervalo de 2000 a 2017 a expansão da área urbana foi de 17,49% e o crescimento populacional de 6,60% (Figura 22 e Tabela 8).

Tabela 8- Expansão urbana e crescimento populacional

	Área (km ²)	Crescimento área urbana (%)	Habitantes	Crescimento Populacional (%)
1971	2,16	-		-
2000	24,66	1041,67	170.078	-
2010	31,67	28,43	180.009	5,84
2017	37,21	17,49	191.894	6,60
Plano Diretor Vigente (2017)	98,87	165,70	191.894	-
2027	98,87	165,70	210.714*	9,81*

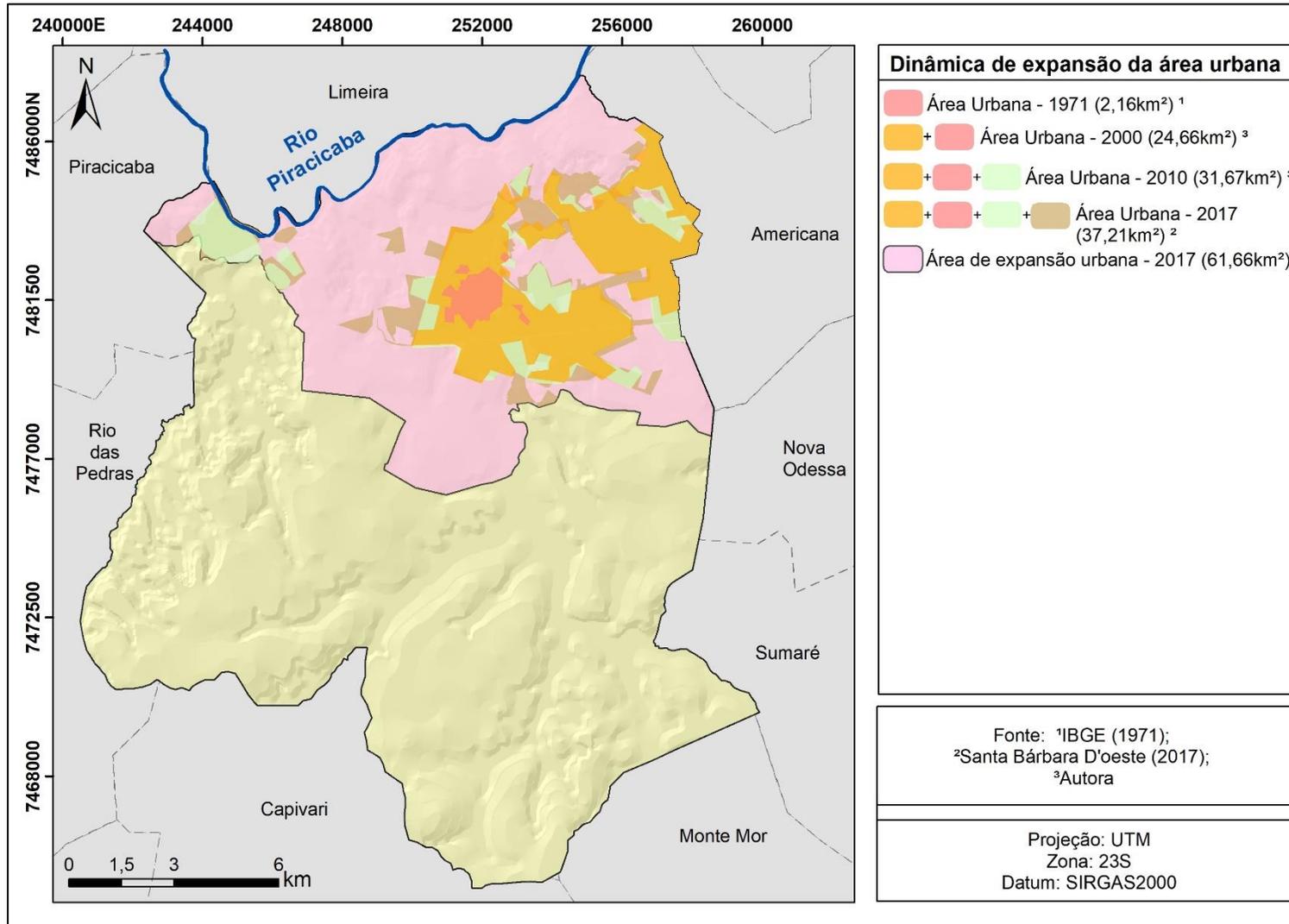
*Valores calculados com base na taxa média do crescimento anual dos últimos 7 anos.

Considerou-se 2027 como ano base, pois a revisão do Plano Diretor deve ocorrer após o intervalo de 10 anos.

Fonte: Autora

Seguindo esta tendência, a revisão do Plano Diretor (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017) definiu um limite de expansão que se consolidado aumentará a área urbana, passando de 37,21km² para 98,87km², o que irá favorecer e contribuir para a dispersão urbana e criação de novos núcleos urbanos afastados da centralidade municipal.

Figura 22- Dinâmica de expansão da área urbanas entre os anos de 1971 a 2017



Fonte: IBGE (1971), SANTA BÁRBARA D'OESTE (2017) e Autora

Diversos autores correlacionam este fenômeno à especulação imobiliária, que leva a população de classes baixas a ocuparem núcleos distantes do centro urbanos, com déficit em serviços urbanos, empregos, segregando-as socioespacialmente (CALDEIRA, 2000; LIMONAD, 2007; SPOSITO, 2007; PESCATORI, 2015).

Adensar as áreas consolidadas e priorizar a ocupação dos vazios localizados nas regiões centrais e adjacentes ao limite urbano, minimizaria a segregação sócioespacial e o desencadeamento dos impactos ambientais. Além disso, contribuiria para um melhor aproveitamento do espaço, acesso a equipamentos e serviços públicos e diminuiria a demanda por transporte motorizado.

No entanto, sabe-se que em muitos casos a definição do limite de expansão urbana além de não considerar questões urbanística, desconsidera as especificidades geoambientais. Sendo que, dessa forma, a fim de confrontar o limite de expansão urbana proposto na revisão do Plano Diretor com as especificidades geoambientais, os resultados do mapeamento do Potencial à Expansão Urbana foram espacializados (Figura 22) e discutidos individualmente (Tabela 9):

4.5.1 Muito Alto

O intervalo Muito Alto está distribuído nas porções central e leste da área de estudo, ocupando 17,12% do território municipal, com alguns fragmentos localizados dentro do limite definido no Plano Diretor para expansão urbana.

Nesta região, o relevo é composto por Colinas Arenosas-argilosas com topos convexos amplos (80,57%), baixo grau de inclinação, variando entre 0-2%, solo com alta porcentagem de argila (56-60%) (LE-1 – 54,95%) sobrepostos à Cobertura Cenozóica indiferenciada correlata à formação Rio Claro (63,86%), ou seja características favoráveis à ocupação urbana.

Portanto, de acordo com as características geoambientais, sugere-se um adensamento da urbanização nos fragmentos deste intervalo, sobretudo naqueles que se encontram próximos a área urbana consolidada e nos vazios localizados na região urbana central.

4.5.2 Alto

A classe em questão é composta sobretudo por Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos (72,68%) e Colinas Areno-argilosas com topos convexos médios (19,94%), predominando sobre estas formas de relevo os intervalos de declividade de 2-5% (41,34%) e 0-2% (34,50%) e as rochas da era Cenozoica (63,85%). Diferente do intervalo Muito Alto é

ocupado por solos compostos majoritariamente por areia (LE-3+LV-1 – 38,62%) e o solo LE-1 (21,85%), com 56-60% de argila.

Tabela 9- Relação entre as classes de Potencial à expansão urbana e os atributos geoambientais

Potencial à Expansão Urbana	Atributos Geoambientais			
	Geomorfologia	Declividade	Pedologia	Geologia
Muito Alto (27,05km ² - 9,94%)	Colinas Arenos-argilosas com topos convexos amplos (80,57%); Colinas Magmáticos com topos convexos (10,55%); Morros Magmáticos com topos convexos (8,66%)	0-2% (91,03%); 2-5% (5,04%); 5-10% (3,78%)	LE-1 (54,95%); LE-3 (12,49%); LRd (11,79%); LE-1+LRd (7,22%); PV-2 (6,51%)	Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas Correlatas à Formação Rio Claro; (63,86%); Intrusivas Básicas Tabulares (18,31%); Grupo Itararé – Unidade I (16,95%)
Alto (88,02km ² - 32,35%)	Colinas Arenos-argilosas com topos convexos amplos (72,68%); Colinas Arenos-argilosas com topos convexos médios (19,94%); Morros Magmáticos com topos convexos (6,73%)	2-5% (41,34%); 1-2% (34,50%); 2-5% (15,98%); 10-15% (2,91%); >15% (0,20%)	LE-3+LV-1 (38,62%); LE-1 (21,85%); PV-2 (12,3%); LE-3 (5,68%); Lrd (4,55%)	Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas Correlatas à Formação Rio Claro; (63,85% Grupo Itararé- Unidade I (29,12%); Intrusivas Básicas Tabulares (6,39%);
Médio (26,34km ² - 9,69%)	Colinas Arenosas-argilosas com topos convexos médios (85,72%); Colinas Arenos-argilosas com topos convexos amplos (9,48%); Morros magmáticos com topos convexo (3,42%)	5-10% (57,24%); 2-5% (17,73%); 10-15% (16,34%); 0-2% (2,49%); >15% (6,20%)	PV-2 (32,68%); LV-4 (20,34%); LV-4+LV-3 (11,42%); LE-3+LV-1 (9,01%); LH (8,64%); LE-1 (4,80%); LE-3 (4,42%); LE-1+LRd (4,18%)	Grupo Itararé- Unidade I (89,17%); Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas Correlatas à Formação Rio Claro (7,89%)
Baixo (16,05km ² - 5,90%)	Morros Arenosos com topos convexos (67,52%); Planícies Fluviais (27,33%)	2-5% (41,34%); 0-2% (37,96%); 5-10% (17,59%); 10-15% (2,92%); >15% (0,20%)	Li-1+PV-2 (55,60%); Hi (27,33); LE-3+LV-1 (7,29%); PV-1 (4,70%)	Grupo Itararé- Unidade II (67,52%); Quaternário (27,33%); Grupo Itararé- Unidade I (4,45%)
Muito Baixo (17,12km ² - 6,29%)	Morros Arenosos com topos convexos (95,87%); Vertentes argilosas com topos convexos (2,17%)	10-15% (37,77%); 5-10% (36,36%); >15% (21,86%); 2-5% (2,41%); 0-2% (1,60%)	Li-1+PV-2 (79,56%); PV-1 (11,26%); LE-3+LV-1 (4,57%);	Grupo Itararé- Unidade II (95,87%); Grupo Itararé- Unidade I (2,24%)
Inapto (97,52km ² - 35,83%)	-	-	-	-

Fonte: Autora

Este intervalo recobre a maior parcela do município, 88,02km² (32,35%) e também ocorre no limite de expansão urbana, sendo indicado como apto para a consolidação de tal uso.

Igualmente a classe Muito Alto indica-se a ocupação nos fragmentos que se encontram conectados a área urbana adensada, primordialmente, no vazão urbano central.

4.5.3 Médio

O Potencial médio foi constatado nas Colinas Arenos-argilosas com topos convexos médios, onde dominam as classes de declividades de 5-10% (57,24%), considerado como “razoável com restrições à instalações de equipamentos urbanos” de acordo com o intervalo definido por Zuquette (1981). Nesta área, preponderam solos argilosos (PV-2 – 32,68%) e arenosos (LV-4 – 20,34%) sobreposto as rochas Paleozoicas da Unidade I do Grupo Itararé, as quais são constituídas por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos finos.

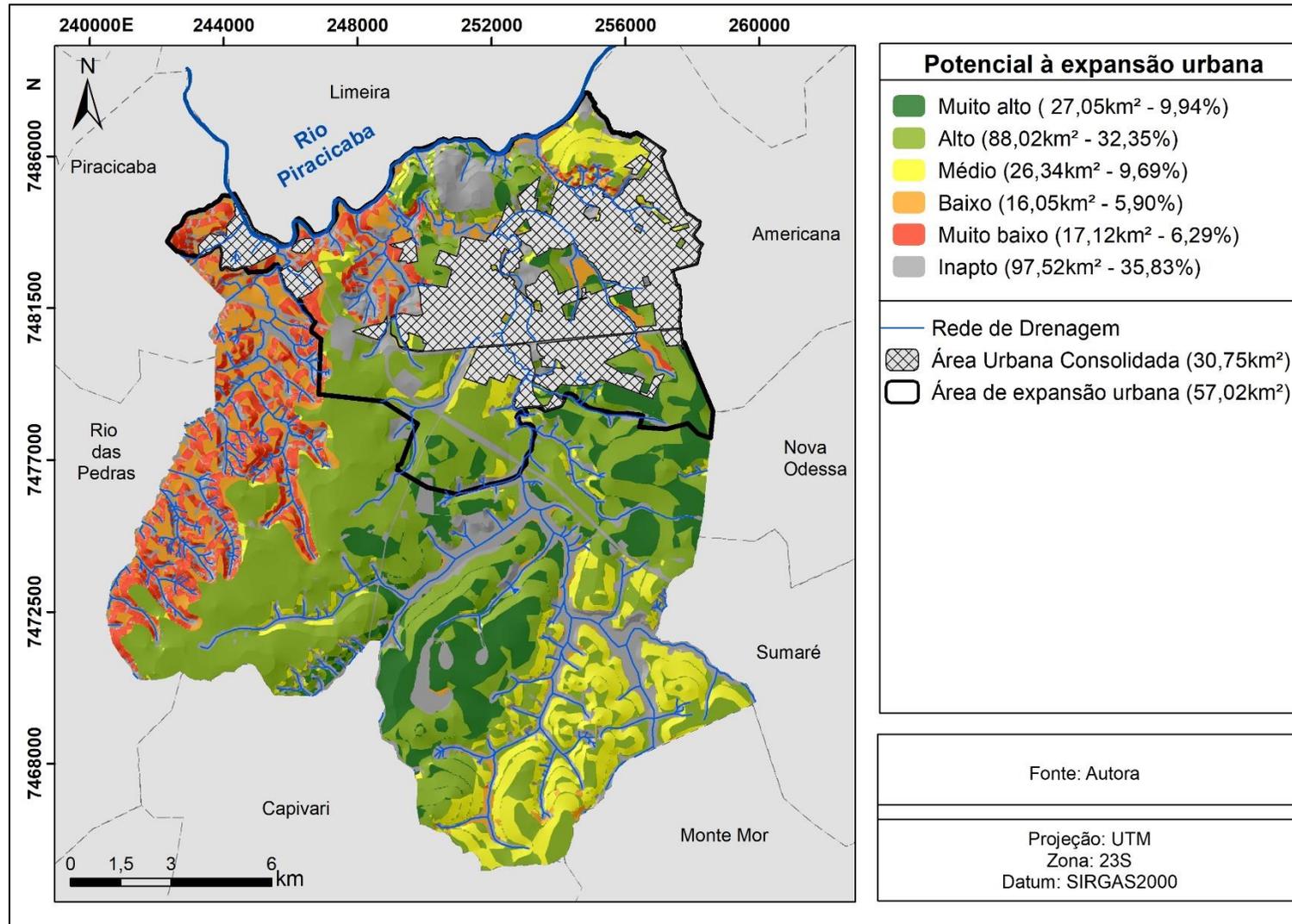
4.5.4 Baixo e Muito Baixo

As classes com potencial Baixo e Muito baixo estão associadas, abrangendo uma faixa na borda oeste do município, inclusive no limite de expansão urbana, o que pode provocar impactos ambientais diretos.

Nessas regiões, encontram-se os Morros argilosos com topos convexos, Planícies Fluviais e Vertentes Arenosas com topos convexos. Nas áreas dos Morros estão concentrados o maior número dos canais de drenagem de primeira ordem e mais de 50% dos processos erosivos do município. As regiões de Vertentes foram apontadas como não aptas a urbanização devido, sobretudo as altas declividades. E as Planícies, do mesmo modo, são consideradas com restrições à urbanização devido ao posicionamento junto a rede de drenagem e baixas declividades o que corrobora para a ocorrência de processos de inundações naturais.

Em relação a pedologia, nos dois intervalos, é predominante a associação de solos Li+PV2, sendo que os solos Litólicos (Li) são compostos por 66% de areia e os Argissolos (PV2) por 79-88% de argila. As rochas predominantes são Paleozoicas e pertencem ao Grupo Itararé Unidade II, constituídas por lamitos arenosos e ou arenitos finos, siltitos, arenitos intercalados finos a médios.

Figura 23- Carta de Potencial à expansão urbana do Município de Santa Bárbara D'Oeste-SP



Fonte: Autora

O diferencial das duas classes são os intervalos de declividade, na classe Baixo prevalece relevos planos (2-5% - 41,34% e 0-2% - 37,96%) e na classe Muito baixa relevos mais inclinados (10-15% - 37,77%; 5-10 – 36,36 e >15% 21,86%).

Vale ressaltar que Zuquette (1981) considerou as declividades que variam entre 10 a 15% como “razoável com restrições à instalação de equipamentos urbanos” e >15% como “com restrições”. Além disso, destacou-se a necessidade de uma gestão territorial estratégica nas unidades geomorfológicas Morros Arenosos com topos convexos e Vertentes argilosas com topos convexos, devido à alta densidade de rios de primeira ordem, nascentes e a altas declividades, visando contribuir para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos e do solo

Além disso, a ocupação urbana, desconsiderando as características do ambiente, contribuem de maneira decisiva para o aumento do porte e da frequência de ocorrência de desastres e impactos socioambientais. A ocupação desordenada de morros, execução de cortes e aterros precários e a remoção da cobertura vegetal combinados as especificidades do substrato geológico, as características geomorfológicas e eventos climáticos corroboram para o incremento da vulnerabilidade das pessoas, infraestruturas e instalações (SOUZA e SOBREIRA, 2014).

Portanto, considerando as características geoambientais encontradas nestes intervalos, verificou-se uma limitação à ocupação urbana. No entanto, esta está definida no Plano Diretor, como área de expansão urbana, o que representa grave falha no planejamento territorial do município. Sendo assim, recomenda-se a elaboração de uma investigação mais detalhada para a confirmação do uso mais adequado para os terrenos.

4.6 CONCLUSÕES

O limite de expansão urbana recai sobre áreas frágeis do ponto de vista geoambientais, as quais devem ser preservadas visando garantir a integridade da qualidade ambiental e dos serviços ecossistêmicos, além de prevenir a deflagração de processos geológicos e hidrológicos. Sendo assim, o poder público municipal de Santa Bárbara D'Oeste deve revisar o limite proposto devido a existências de áreas que foram consideradas como Muito baixo e Baixo potencial à expansão nesta região.

A metodologia aplicada, se mostrou eficiente para o subsídio de ações de planejamento urbano, pois possibilita analisar e correlacionar de forma integrada atributos geoambientais e restrições de outras naturezas.

Além disso, é essencial que em um processo de planejamento a expansão urbana, seja levado em conta informações referentes à malha viária, equipamentos públicos (educação, saúde, cultura e lazer) e equipamentos urbanos (serviço de abastecimento de água, de esgoto, energia, coleta de águas pluviais).

4.7 AGRADECIMENTOS

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

4.8 REFERÊNCIAS

AKSOY, E.; SAN, B. T. Geographical information systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) integration for sustainable landfill site selection considering dynamic data source. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. v.76, p.1-13, 2017. Disponível em: <<https://www.springerprofessional.de/geographical-information-systems-gis-and-multi-criteria-decision/14212090>>. Acesso em: 08 de julho de 2018

AVANCINI, T. G. P. **Conservação do Solo e Planejamento do Uso da Terra: Uma proposta de certificação para loteamentos em franjas Urbano-Rurais**. 2018, 250f. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018

BARAKAT, A.; HILALI, A.; BAGDADI, M. E.; TOUHAMI, F. Landfill site selection with GIS based multicriteria evaluation technique. A case study in Be'ni Mellal Khouribga Region, Morocco. **Environmental Earth Science**, v.76, n.413, p.2-13, 2017. Disponível em: <<https://www.springerprofessional.de/landfill-site-selection-with-gis-based-multi-criteria-evaluation/12358056>>. Acesso em 18 Jan 2018.

BRASIL, **Lei 6766/79 de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF. 19 de dez de 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em 08 de julho de 2018

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2012. Brasília, DF, 17 de out de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm>. Acesso em 08 de julho de 2018

BORGES, D. J. S, **Zoneamento geotécnico geral da folha de Americana : escala 1:50.000**. 2003. 217f. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CALDEIRA, T. P. R. **Cidade de muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo**. São Paulo: EDUSP; Editora 34, 2000.

CAPILLA, J. A. J., CARRION, J. A. AND ALAMEDA-HERNADEZ, E. Optimal site selection for upper reservoirs in pump-back systems, using geographical information systems and multicriteria analysis. **Renewable Energy**, v. 86, 429-440, 2016. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148115302354>>. Acesso em 08 de julho de 2018.

CAR- Cadastro Ambiental Rural. **Consulta Pública- Município de Santa Bárbara D'Oeste**. 2018. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 06 de julho de 2018

CBH – PCJ- Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Relatório de situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 5**. v.1, 505 p. 2000-2001. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/instrumentos-de-gestao/relatorios-de-situacoes>>. Acesso em: 4 de abril de 2017

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**. 2017. 166f. Tese (doutorado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

COSTA, C. W.; LORANDI, R.; OLIVEIRA, T. A.; LOLLO, J. A. Cartografia geomorfológica e a compartimentação das formas do relevo em área de manancial Peri urbano na borda Nordeste da bacia sedimentar do Paraná. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, p. 1257-1288, 2018

ESPINO, D. J.; YIWO, E.; HERNANDEZ, J. R.; JORDANA, J. C. C. Design and application of a Sustainable Urban Surface Rating System (SURSIST). **Ecological Indicators**, v.93, p.1253-1263, 2018 Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X1830462X?via%3Dihub>>. Acesso em: 08 de julho de 2018

ESRI- Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS for the desktop 10.5**, 2018

LEITE, C.; AWAD, J. C. M. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes**. Bookman, 2012. p.278

IAC- Instituto Agrônomo de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Campinas**. Escala 1:100.000, 1977.

IAC- Instituto Agrônomo de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Piracicaba**. Escala 1:100.000, 1989.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas Topográficas de Piracicaba, Limeira, Capivari e Americana, escala 1:50.000**, 1971

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>. Acesso em: 16 de maio de 2017

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução nº1/2005. Estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS)**. Brasília, 2005

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 16 de maio de 2017

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades 2017** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santa-barbara-doeste/panorama>>. Acesso em: 26 de junho de 2018

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente- SMA, 2008, 104p. ISBN: 978.85.86624.56.8.

JIAO, B., LIFAN, M. B, YAOLIN, L. Multi-order Landscape Expansion Index: Characterizing urban expansion dynamics. **Landscape and Urban Planning**, v.137, p. 30–39, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920461500002X?via%3Dihub>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

LI, X., ZHOU, W., OUYANG, Z. Forty years of urban expansion in Beijing: What is the relative importance of physical, socioeconomic, and neighborhood factors?. **Applied Geography**, v. 38 p. 1-10, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622812001294>> Acesso em: 07 de julho de 2018.

LIMONAD, E. Urbanização dispersa mais uma forma de expressão urbana? **Revista Formação**, Presidente Prudente, n. 14, v. 1, p. 31-45, 2007. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/viewFile/705/728>>. Acesso em 11 de janeiro de 2019

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

ONU- United Nations. **World urbanization prospects the 2014 revision**. p. 514. 2015 Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/>>. Acesso em: 07 de julho de 2018.

PADILHA, D. G.; MATEUS, R. J. G. Avaliação multicritério da fragilidade do território no Brasil. A silvicultura no estado do Rio Grande do Sul. **Finisterra**, v.52, n.104, p. 73-104, 2017. Disponível em: <<http://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/6971>>. Acesso em: 08 de julho de 2018

PESCATORI, C. Cidade compacta e cidade dispersa: ponderações sobre o projeto do Alphaville Brasília. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v.17, n.2, p.40 - 62, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.2015v17n2p40>. Acesso em: 11 de janeiro de 2018

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n. ° 8, p. 63-73, 1994. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>>. Acesso em: 07 de julho de 2018

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Departamento de Geografia- FFLCH-USP/ Laboratório de Cartografia Geotecnica-Geologia Aplicada-IPT/FAPESP, São Paulo, 1997. Escala 1:500.000.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures, *J. Math.*, **Psychol**, v.15, n.3, p. 234-281, 1977. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022249677900335>. Accessed 18 Jan 2018>. Acesso em: 08 de julho de 2018

SAATY, T. L. **Compact City: The Next Urban Evolution in Response to Climate Change**. RWS Publications: Pittsburgh PA, USA, 2013, 277p.

SAATY, T. L.; PAOLA, P. D. Rethinking Design and Urban Planning for the Cities of the Future. **Buildings**, v.7, n.3, p.1-22, 2017 Disponível em: <http://www.mdpi.com/2075-5309/7/3/76> . Acesso em: 08 de julho de 2018

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar Municipal nº 265 de 14 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Santa Bárbara D'Oeste e dá outras providências.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. **Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais- Estudo de caso de Ouro Preto – 2013. 1ª edição**, Brasília, DF. p. 68, 2014. ISBN: 978-85-917793-0-7. Disponível em: http://www.abge.org.br/uploads/imgfck/file/GUIA_APTIDAO_A_URBANIZACAO_SOUZ_A_E_SOBREIRA_2014.pdf . Acesso em: 07 de julho de 2018

SPOSITO, M. E. B. Novas formas de produção do espaço urbano no Estado de São Paulo. In: REIS FILHO, N. G.; TANAKA, M. M. S.; SPOSITO, M. E. B. (Org.). **Brasil: estudos sobre dispersão urbana**. São Paulo: FAU-USP, 2007. p. 7-28.

ZUQUETTE, L.V. **Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). 1981, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

5 ARTIGO 3 - ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL APLICADO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA D'OESTE-SP

5.1 RESUMO

Informações acerca das características geoambientais, são essenciais para subsidiar o planejamento e a gestão ambiental adequado dos usos atuais e futuros do território, contribuindo para a mitigação da degradação ambiental e dos serviços ecossistêmicos. Deste modo, esta investigação objetivou-se em elaborar um Zoneamento Geoambiental do município de Santa Bárbara D'Oeste e compará-lo com as diretrizes de ocupação definidas no Plano Diretor vigente (PD). Para isso, analisou-se as diretivas de ocupação definidas no PD, em sequência elaborou-se o Zoneamento Geoambiental considerando as legislações vigentes e as especificidades dos meio físico e biótico e uma proposta técnica com diretrizes preliminares. O Capítulo V do Plano Diretor estabeleceu 5 macrozonas, contidas no Perímetro Urbano: i) Macrozona de Urbanização Consolidada (MUC); ii) Macrozona de Interesse Social (MIS); iii) Macrozona de Expansão Urbana 1 (MEU1); iv) Macrozona de Expansão Urbana 2 (MEU 2); e Macrozona de Expansão Urbana 3 (MEU3). Além de Áreas de Especial Interesse Ambiental (AIAs) e definiu diretrizes específicas de ocupação para cada uma. Além disso, definiu o limite da sub-bacia do Ribeirão dos Toledos como Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) e estabeleceu 3 áreas de intervenção: i) Área de Restrição à Ocupação (ARO); ii) Áreas de Ocupação Controlada (AOC) e iii) Áreas de Recuperação Ambiental. O zoneamento geoambiental proposto compartimentou o território em 8 zonas, considerando, sobretudo, as formas de relevo e as classes de potencial a expansão urbana, além das legislações vigentes. Sendo 4 zonas de caráter restritivos à ocupação: Restrições Ambientais legais; Restrições Geoambientais; Restrições Sanitárias e Usos Consolidados e as demais com aptas à ocupação: SOD; Áreas prioritárias à Urbanização; Áreas Potenciais à Urbanização e Potenciais à atividades agropecuárias. Por meio da comparação das diretrizes de ocupação territorial definidas no PD com o Zoneamento Geoambiental elaborado, foi possível constatar que parte das diretivas propostas pela municipalidade foram definidas em desconformidade com as condicionantes geoambientais.

Palavras-chave: Zoneamento Geoambiental; Geoprocessamento; Planejamento Ambiental; Planejamento Urbano

5.2 INTRODUÇÃO

A política de ocupação territorial, sobretudo a gestão ineficiente do uso do solo, está diretamente relacionada a degradação ambiental e dos serviços ecossistêmicos (VANWALLEGHEM, et al., 2017; HU, et al., 2018). A remoção da cobertura vegetal e implementação de atividades antropogênicas, como a urbanização, o cultivo de cana-de-açúcar, citricultura, dentre outras atividades agropecuárias tendem a alterar as propriedades dos solos, das rochas e dos recursos naturais, acarretarem na fragmentação de *habitats* e perda da biodiversidade (MAZZUCO, et al., 2017; COSTA, et al., 2018). Além disso, podem intensificar o processo de poluição difusa dos corpos hídricos (RIGHETTO, et al., 2017) e o desencadeamento de processos erosivos (VANWALLEGHEM, et al., 2017) e alterar o regime hídrico (LOLLO, et al., 2019).

Os estudos geoambientais contribuem com a mitigação, previsão ou prevenção de tais problemas ambientais advindo das ações antrópicas, uma vez que estes buscam compreender a relação entre os componentes do meio físico e biológico e os conflitos dessas características com o uso e ocupação atual e previsto do solo (GRECCHI, 1998, COSTA, 2017).

Além disso, este tipo de mapeamento permite embasar os prognósticos de eventos naturais, como, previsão de riscos, avaliação de zonas de recargas, sejam elas naturais ou artificiais e suas vulnerabilidades, bem como, de melhorar os aspectos de resiliências das áreas urbanizadas ou de expansão urbana e na elaboração de planos diretores como base técnica fundamental (ZUQUETTE, 2015).

Esta análise integrada é possível, uma vez que o Geoambiente compreende as rochas, solos, fluidos, gases e organismos, ou seja, é a porção da Terra afetada por atividades humanas (ZUQUETTE E GANDOLFI, 2004). Sendo assim, informações geológicas, de solos ou materiais inconsolidados, cartas de declividade, informações geomorfológicas ou formas do terreno, (PEJON e FERREIRA, 2015), rede hidrográfica e águas subterrâneas mostram-se como informações do meio físico fundamentais e básicas para estas investigações.

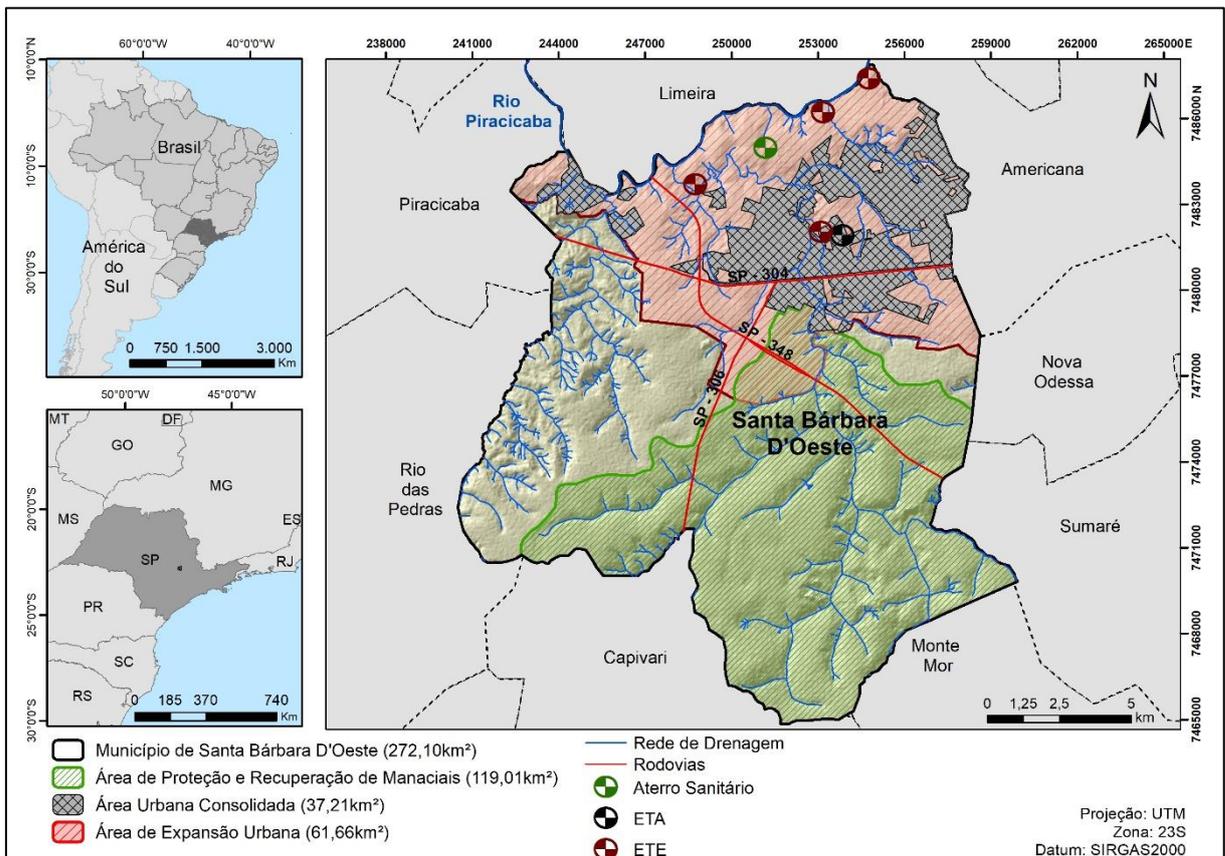
Dessa forma, o Zoneamento Geoambiental, deve ser um dos pontos de partida para a definição de diretrizes e instrumentos de planejamento que objetivam-se em propiciar uma gestão eficiente da área e conseqüentemente melhorar a qualidade socioambiental (GUERRERO, et al., 2016).

É nesse contexto, de utilizar informações acerca das características geoambientais, visando subsidiar o planejamento e a gestão ambiental adequado dos usos atuais e futuros do território, que este trabalho se insere. Deste modo, esta investigação objetivou-se em elaborar um Zoneamento Geoambiental do município de Santa Bárbara D'Oeste e comparar com as diretrizes de ocupação definidas no Plano Diretor vigente.

5.3 MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Santa Bárbara D'Oeste está localizado na Região Metropolitana de Campinas, distante 138km da capital (São Paulo), na coordenada 22°45'15" de Latitude Sul e 49°22'46" de Longitude Oeste. Abrange 272,10km² de extensão, sendo que 37,21km² correspondente à área urbana consolidada (Figura 24).

Figura 24- Localização Geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste (SP) com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário



Fonte: Autora

Em 2000 o município possuía cerca de 170.078 habitantes (IBGE, 2000), enquadrando-se nas cidades em que a elaboração do Plano Diretor é obrigatória (BRASIL, 2001), dessa forma em 2007 foi promulgada a Lei Complementar n.º 1436/ 2007 em 27 de julho de 2007, que intuiu

o Plano Diretor (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2007). Segundo as diretrizes do Estatuto das Cidades, a lei deve passar por um processo de revisão em períodos máximos de 10 anos (BRASIL, 2001). Sendo assim, em dezembro de 2017 foi aprovado o Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal, Lei Complementar nº 265 de 2017 (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017).

A revisão do Plano Diretor de Santa Bárbara D'Oeste ocorreu em um momento onde há um processo de desenvolvimento, crescimento e pressão à urbanização. De acordo com o IBGE, em 2010 o município passou a ter 180.009 habitantes (crescimento populacional de 5,84%) e atualmente possui uma população estimada de 191.894 habitantes (IBGE, 2017), ou seja, com taxa de 5,76% de crescimento populacional (Tabela 10).

Devido ao cenário de crescimento populacional, esta legislação definiu Macrozonas de expansão urbana e estabeleceu diretrizes de ocupação para as mesmas. Se consolidado, o limite urbano proposto passará de 37,21km² (área urbana consolidada) para 98,87km² (área urbana consolidada somada à 61,66km² de área para expansão). Além das Macrozonas, o Plano Diretor, definiu diretrizes de ordenamento territorial para todo o limite municipal.

Tabela 10- Expansão urbana e crescimento populacional

	Área(km ²)	Crescimento área urbana (%)	Habitantes	Crescimento Populacional (%)
1971	2,16	-	-	-
2000	24,66	1041,67	170.078	-
2010	31,67	28,43	180.009	5,84
2017	37,21	17,49	191.894	6,60
Plano Diretor (2017)	98,87	165,70	191.894	-
2027	98,87	165,70	210.714*	9,81*

*Valores calculados com base na taxa média do crescimento anual dos últimos 7 anos.

Considerou-se 2027 como ano base, pois a revisão do Plano Diretor deve ocorrer após o intervalo de 10 anos.

Fonte: Autora

O território do município está situado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, na Bacia do Piracicaba e na Sub-bacia do Alto Piracicaba (CBH – PCJ, 2000-2001). O principal curso d'água municipal é o Ribeirão dos Toledos, o qual foi represado para a criação da Represa do DAE Areia Branca utilizada para abastecimento público. O limite da sub-bacia, com 119km², foi estabelecido como Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017).

Em relação geomorfologia, o município localiza-se na Bacia Sedimentar do Paraná, Unidade Morfoescultural da Depressão Periférica Paulista e subunidade da Depressão Médio-Tietê (ROSS E MOROZ, 1997). Na área objeto de estudo, as formas do relevo, são principalmente resultantes de processos denudacionais, formadas por Colinas (174,80km²-

64,31%), Morros (66,97km² - 24,61%), Vertentes (3,63km² - 1,33%) e agradacionais como as Planícies (23,42km²-8,61%).

Ocorre o predomínio de rochas sedimentares do Grupo Itararé (134,43km² - 49,4%), Cobertura Cenozóicas indiferenciadas, correlatas à formação Rio Claro (89,45km² - 32,88%), rochas Intrusivas básicas tabulares (K1δsg) (21,70km² - 7,97%), do período Mesozóico, Grupo São Bento (BORGES, 2003). Os depósitos aluvionares (23,42km² - 8,61%) também são encontradas em uma parcela do município (BORGES, 2003).

As unidades pedológicas desse território municipal, definidas com base no mapeamento efetuado por São Paulo - IAC (1977 e 1989) e atualizadas a partir das informações disponibilizadas por IBGE (2007), são caracterizadas por: LATOSSOLOS VERMELHOS (LE-1; LE-3+PV-2; LRd; LE-2; LE-3; LE-3+PE); ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PV-2; PV-4+PV-5; PV-4; PV-1); NEOSSOLOS LITÓLICOS (Li+PV-2); LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS (LE-3; LE-3+PE;) ARGISSOLOS VERMELHOS (TE-LRd) e GLEISSOLOS (HI).

As classes de solos predominantes, são representadas por: LATOSSOLOS VERMELHOS (152,16km² - 55,92%) e ARGISSOLOS (51,85km² - 19,05%).

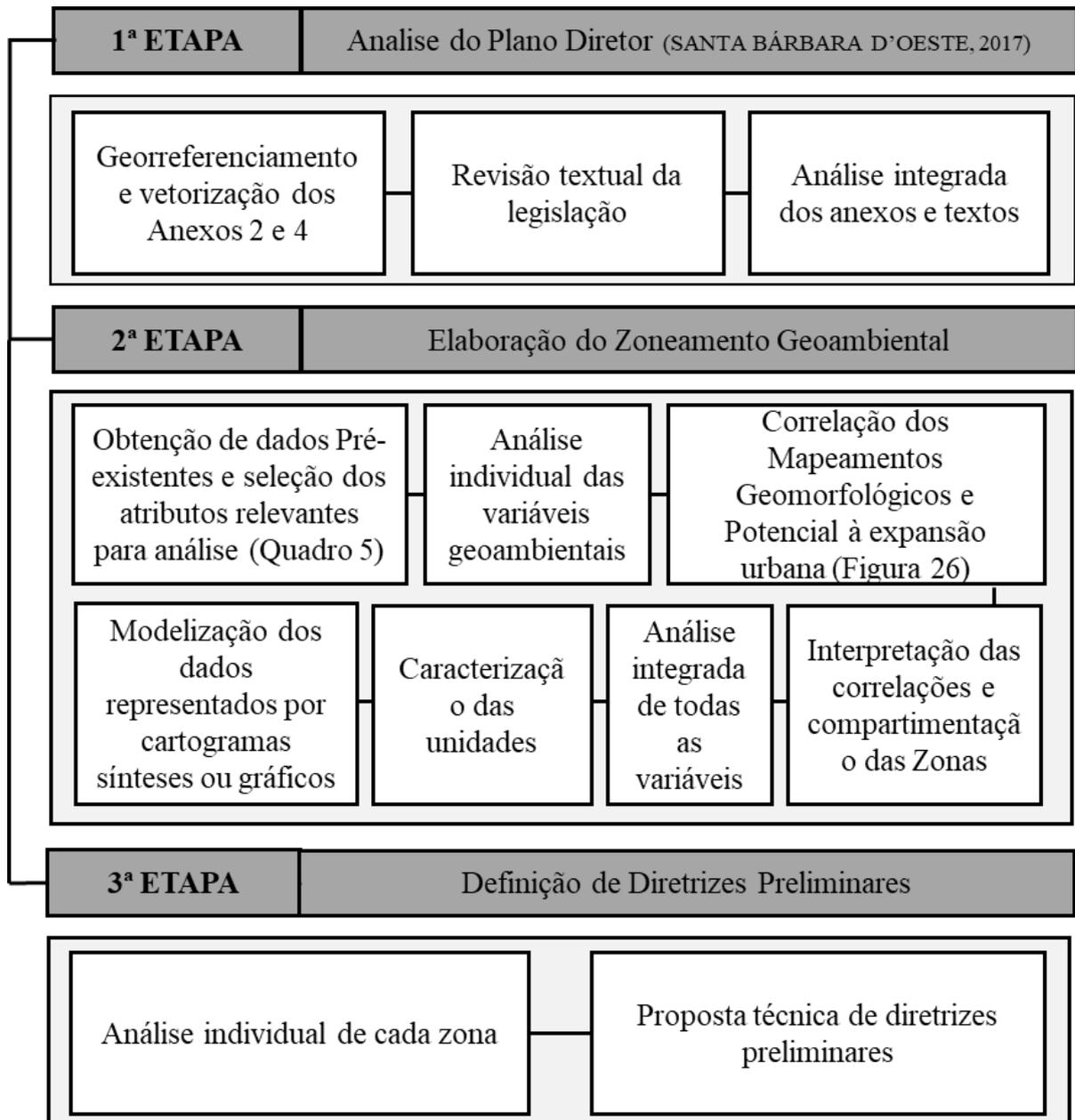
A região apresenta, principalmente, baixas declividades, sobretudo os intervalos de 0-2% (43,08%), 2-5% (22,84%) e 5-10% (21,77%). As áreas com maiores declividades (10-15% e >15%), ocorrem nas regiões norte e oeste do limite de expansão urbana.

5.4 METODOLOGIA

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos, inicialmente, analisou-se as diretrizes de ocupação para o território municipal definidas no Plano Diretor vigente (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017), em sequência elaborou-se o Zoneamento Geoambiental e uma proposta técnica com diretrizes preliminares, que dessem suporte a um modelo de gestão que incorpore as legislações vigentes e as especificidades dos componentes geoambientais (Figura 25).

Para isso, as diretivas do Anexo 2 – Diretrizes de Ocupações (Macrozoneamento e Diretrizes Viárias) e do Anexo 4 – Diretrizes Ambientais (APRM – Área de proteção e recuperação de mananciais) da referida lei, foram inseridas no *software* ArcGIS, por meio do georreferenciamento das imagens e vetorizações dos polígonos. Além disso, as informações textuais desta e de outras legislações ambientais pertinentes foram consideradas.

Figura 25- Fluxograma metodológico



Fonte: Autora

As Cartas do Mapeamentos Geomorfológicos e do Mapeamento do Potencial à expansão urbana serviram como base referencial para a identificação e compartimentação das zonas e os demais planos de informações foram utilizados para diferenciação e caracterização das unidades.

Sendo assim, as variáveis geoambientais primárias e secundárias (Tabela 11 e Figura 26 e 27) foram analisadas individualmente e de forma integrada.

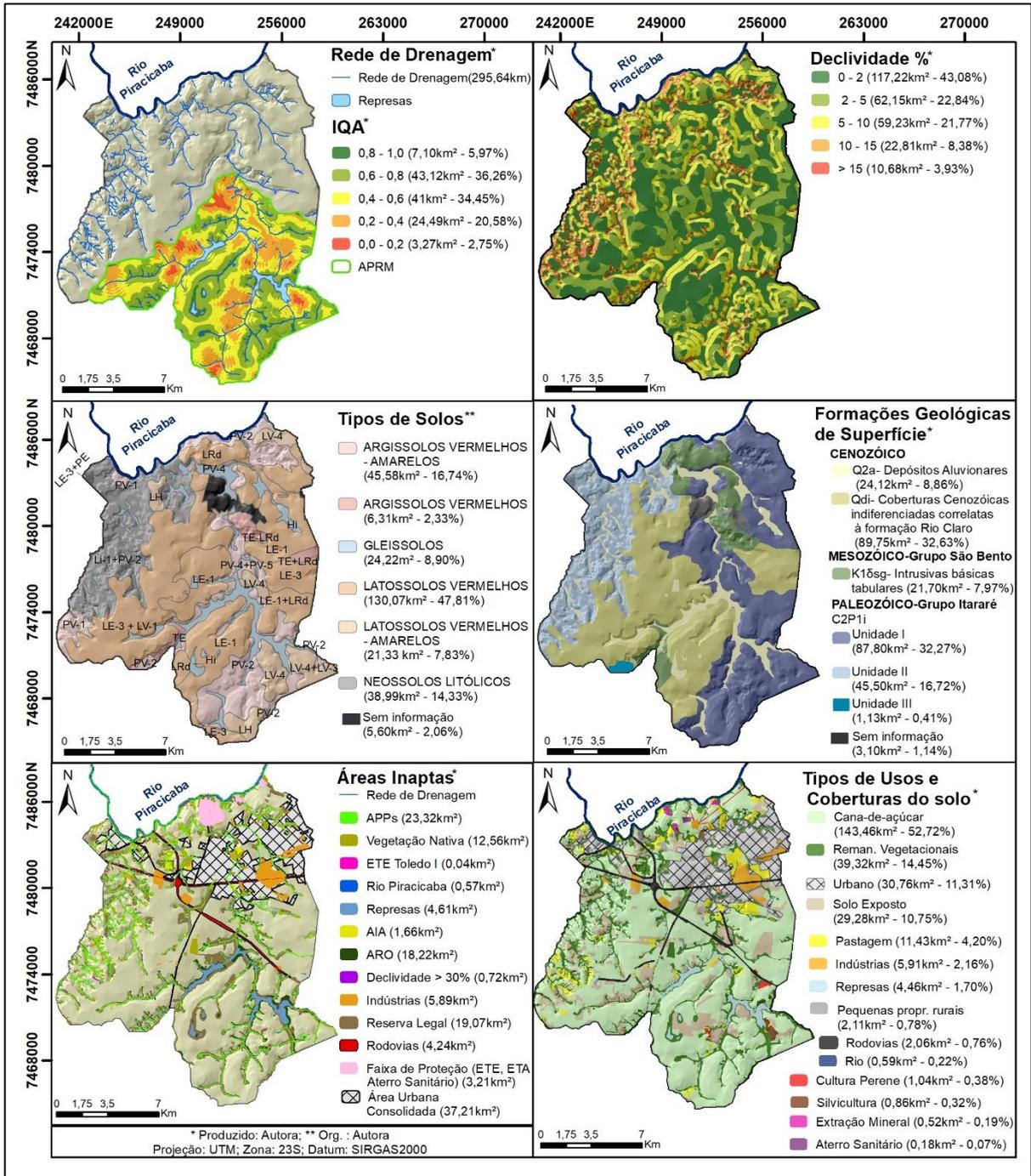
Tabela 11- Variáveis utilizadas como critérios para elaboração do zoneamento geoambiental

Variáveis utilizadas nas análises			
Variáveis	Descrição	Fonte	Escala de Georreferenciamento
Hidrografia	Rede Hidrográfica Atualizada	Cartas Topográficas (IBGE, 1971); Imagem LandSat 8	1:50.000
Altimetria	Declividade	Cartas Topográficas (IBGE, 1971)	1:50.000
Formações geológicas de superfície	Mapa Substrato Rochoso-Folha de Americana	Borges (2003)	1:50.000
	Atualização em campo	Autora	1:50.000
Pedologia	Classes de Solo- Folha de Campinas e Paracicaba	IAC (1977 e 1989)	1:50.000
Uso e Cobertura do Solo 2017	Classes de Usos	Imagem LandSat 8	-
Mapeamento Geomorfológico	Formas de Relevo	Autora	1:50.000
Mapeamento Potencial à Expansão Urbana		Autora	1:50.000
IQA-HIDRO - APRM	Indicador de qualidade ambiental dos recursos hídricos	Mazzuco e Lorandi (2018)	1:50.000
Infraestruturas instaladas	Área Urbana Consolidada; ETE; ETA; Aterro Sanitário; Rodovias; Indústrias	Autora	1:50.000
Restrições Legais	APP; Reserva Legal; ARO; AIA	Santa Bárbara D'Oeste (2017); Brasil (2012)	-
Restrições Ambientais	Vegetação Nativa	Autora	1:50.000
Faixas de Proteção	Faixas e proteção ETE, ETA e Aterro Sanitário	Santa Bárbara D'Oeste (2017)	-

Fonte: Autora

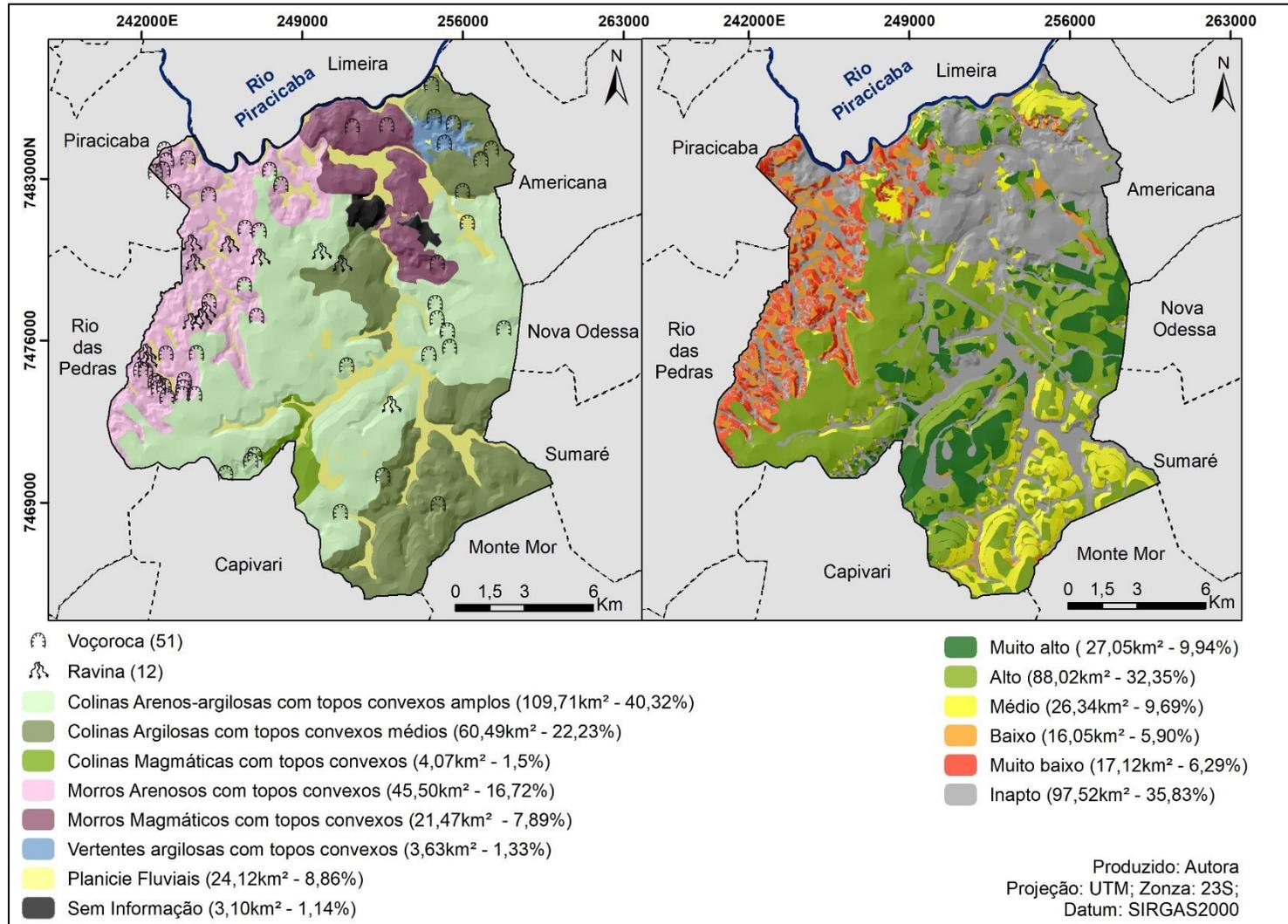
Os planos de informações referentes às restrições legais e ambientais e aos componentes geoambientais foram sobrepostos no *software* ArcGIS e a partir da delimitação e caracterização das unidades homogêneas da paisagem, com sistemas semelhantes de funcionamento, foi possível estabelecer o Zoneamento Geoambiental. E por fim, após a produção cartográfica, foi possível analisar cada zona e suas especificidades, para assim melhor definir as diretrizes preliminares de ordenamento territorial.

Figura 26- Variáveis utilizadas para a elaboração do Zoneamento



Fonte: Autora

Figura 27- Mapeamento Geomorfológico e Mapeamento Potencial à Expansão Urbana utilizados como base referencial para a identificação e compartimentação das zonas



Fonte: Autora

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.5.1 Análise das diretrizes do Plano Diretor Vigente

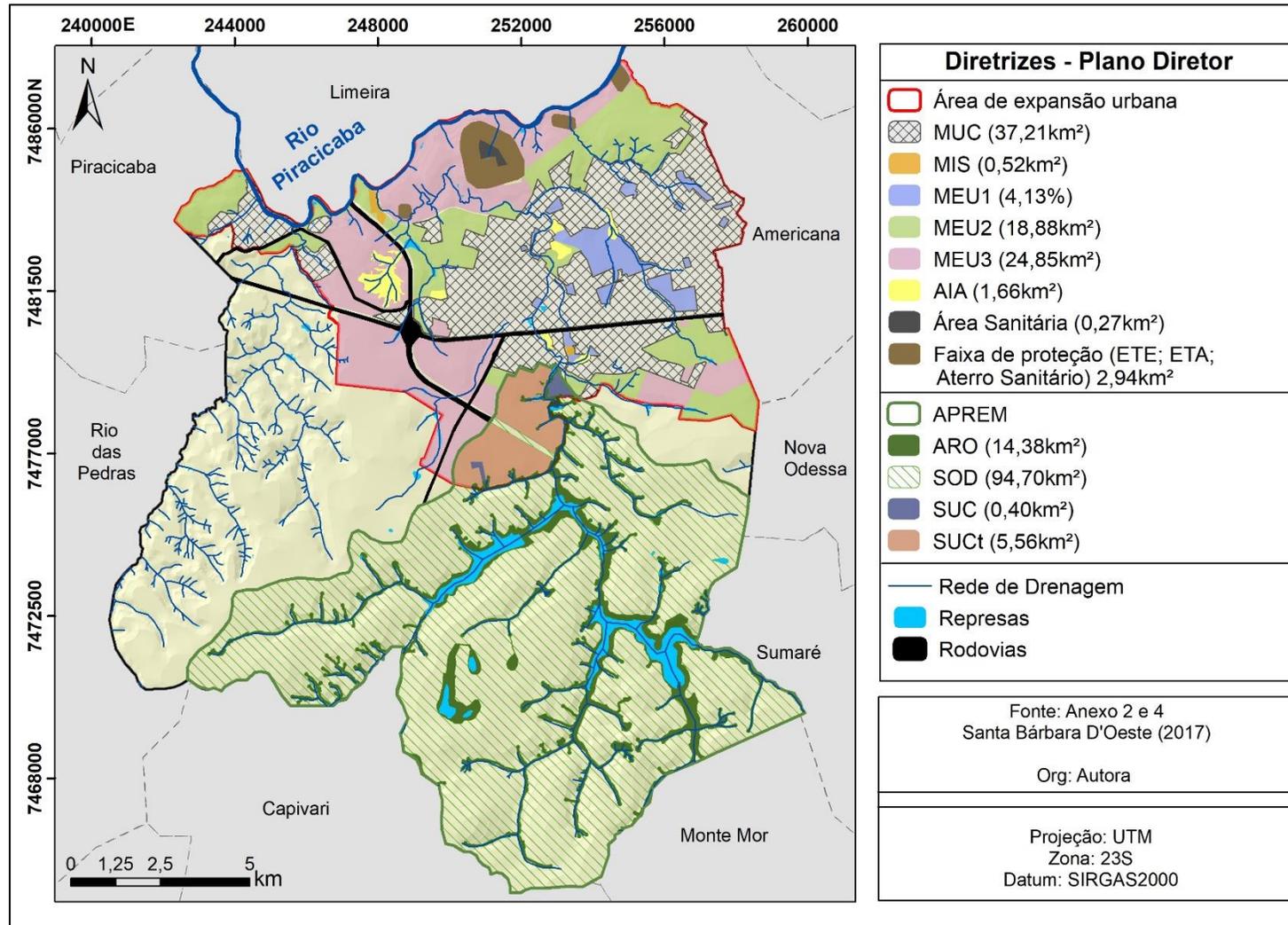
O Capítulo V do Plano Diretor estabeleceu 5 macrozonas, contidas no Perímetro Urbano: i) Macrozona de Urbanização Consolidada (MUC); ii) Macrozona de Interesse Social (MIS); iii) Macrozona de Expansão Urbana 1 (MEU1); iv) Macrozona de Expansão Urbana 2 (MEU 2) ; e Macrozona de Expansão Urbana 3 (MEU3). Além de Áreas de Especial Interesse Ambiental (AIAs), definiu-se diretrizes específicas de ocupação para cada uma, visando promover, orientar e disciplinar o uso adequado do espaço de acordo com as condicionantes ambientais e de infraestrutura e estimular a ocupação de vazios urbanos (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017) (Figura 28).

A MUC compreende as áreas urbanas já ocupadas, providas de infraestrutura e de equipamentos públicos. A MIS são áreas destinadas à implantação de programas e projetos habitacionais de interesse social, equipamentos públicos e comunitários e para fim de regularização fundiária. Não são permitidos empreendimentos da iniciativa privada mesmo que se configurem como de interesse social.

A MEU-1 Inclui áreas vazias internas ao perímetro urbano já consolidado, confrontantes com a malha existente, sendo destinada a implantação de empreendimentos residenciais, comerciais, de serviço e industriais não incômodas e sem riscos ambientais. A sua ocupação deve ser favorecida em relação às demais áreas disponíveis no perímetro urbano. Não é permitido a implantação de loteamentos fechados ou de condomínio com área fechada superior a 25.000m². Também não serão permitido loteamentos industriais de padrão alto e condomínio industrial.

Compreende a Macrozona de Expansão Urbana 2 (MEU-2) as áreas de expansão da malha urbana, que confrontam em, no mínimo 40%, com a área urbana consolidada. São destinadas para fins residenciais, comerciais, de serviço e industrias. O Plano considera como áreas consolidadas os loteamentos já existentes, faixas de servidão de rodovias e ferrovias, Apps, corpos Hídricos e usos já isolados. Não será permitida implantação de loteamento fechado ou condomínio que resulte em área fechada superior a 300.000,00m².

Figura 28- Diretrizes de ocupação territorial definidas no Plano Diretor vigente



Fonte: Adaptado de Santa Bárbara D'Oeste (2017)

A MEU-3 são áreas de expansão internas ao perímetro urbano, sendo destinadas, preferencialmente, para fins comercial, de serviço e indústrias de grande porte, não sendo permitido loteamentos e condomínios de interesse social e popular. Somente serão permitidos loteamentos residências de padrão médio implantados contíguos às áreas já consolidadas confrontando no mínimo 40% com as mesmas. Enquanto que os de alto padrão que se encontrarem na mesma situação devem ser de natureza fechada. Não será permitida implantação de loteamento fechado ou condomínio que resulte em área fechada superior a 500.000,00m².

Finalmente as AIAs são áreas internas ao Perímetro Urbano, que são relevantes para a conservação e manutenção das diversas funções ambientais. Os usos devem seguir o permitido pelo macrozoneamento e garantir a manutenção das características naturais de permeabilidade do solo em no mínimo 30%. Os remanescentes vegetacionais em estágio médio ou avançado de regeneração, quando correspondem a menos de 30% da área total da gleba, não poderão ser suprimidos.

No Capítulo III, Art.23 define o limite da sub-bacia do Ribeirão dos Toledos, com 119km², como Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM), “com o objetivo de garantir às gerações presentes e futuras as águas deste manancial como reserva prioritária de abastecimento público local em detrimento de qualquer outro interesse” (Santa Bárbara D’Oeste, 2017).

Dentre as diretrizes definidas no Plano Diretor Municipal (Santa Bárbara D’Oeste,2017) para a APRM destacam- se:

II- a adequação do gerenciamento dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas e sociais em função das características da sub-bacia hidrográfica;

III- a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

V- a articulação da gestão dos recursos hídricos com a ocupação do solo.

Além disso, estabelece 3 áreas de intervenção: i) Área de Restrição à Ocupação (ARO); ii) Áreas de Ocupação Controlada (AOC) e iii) Áreas de Recuperação Ambiental (ARA).

As AROs compreendem as APPs definidas pela Lei Federal nº12.651, faixas de proteção dos reservatórios artificiais utilizados para abastecimento público (15m) e não destinados ao abastecimento público ou geração de energia e naturais (30m), faixas de proteção dos Reservatórios Areia Branca, São Luiz e Cílios (100m), remanescentes vegetacionais nativos ou fragmentos florestais implantados, localizados fora de APP, bem como áreas de recarga aquífera. Estas áreas devem ser destinadas, prioritariamente, à produção de água.

Compreendem as AOC, áreas de interesse para consolidação ou implantação de usos rurais e urbanos, desde que garantam a manutenção das condições ambientais necessárias à produção de água, sendo estas subdivididas em Subárea de Urbanização Consolidada (SUC), Subárea de Urbanização Controlada (SUCt) e Subárea de Ocupação Diferenciada (SOD).

As SUC são áreas urbanizadas, inseridas dentro do perímetro urbano, onde deve-se garantir que permeabilidade em pelo menos 20% da área do lote. Enquanto que as SUCt estão localizadas no limite urbano e são passíveis de ocupação planejadas e controladas, devendo garantir a implantação de infraestrutura de saneamento ambiental. Nesta subárea deve-se garantir que 50% da área do lote seja permeável.

As SOD estão localizadas fora do perímetro urbano e são destinadas às atividades agrossilvopastoris, extrativistas, de reflorestamento, proteção ambiental, pesquisas científicas e educativas, lazer e turismo rural, atividades assistenciais ou de interesse à saúde. Sendo que, para consolidação do uso é necessário a emissão de licenças ambientais pelos órgãos licenciadores.

Por fim, as ARA, compreende áreas degradadas com uso e ocupação irregulares, que comprometem a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Estas não estão delimitadas no Plano Diretor, cabendo ao proprietário o empreendedor delimitá-las.

5.5.2 Zoneamento Geoambiental

O zoneamento geoambiental (Figura 29 e Tabela 12), proposto nesse trabalho, buscou compartimentar o território de acordo com as características das unidades de paisagem, sobretudo considerando as formas de relevo e as classes de potencial a expansão urbana, além das legislações vigentes.

O município de Santa Bárbara D'Oeste foi fragmentado em 8 zonas, sendo 4 de caráter restritivos à ocupação: Restrições Ambientais legais (37,34km² - 13,77%); Restrições

Geoambientais (51,49km² - 18,91%); Restrições Sanitárias (2,62km² - 0,95%) e Usos Consolidados (38,80km² - 14,32%) e as demais como aptas à ocupação: SOD (89,77km² - 32,99%) ; Áreas prioritárias à Urbanização (2,79km² - 1,03%); Áreas Potenciais à Urbanização 1 e 2 (14,62km² - 5,39%) e Potenciais à atividades agropecuárias (34,67km² - 12,64%).

5.5.2.1 Zona 1 - Restrições Ambientais Legais

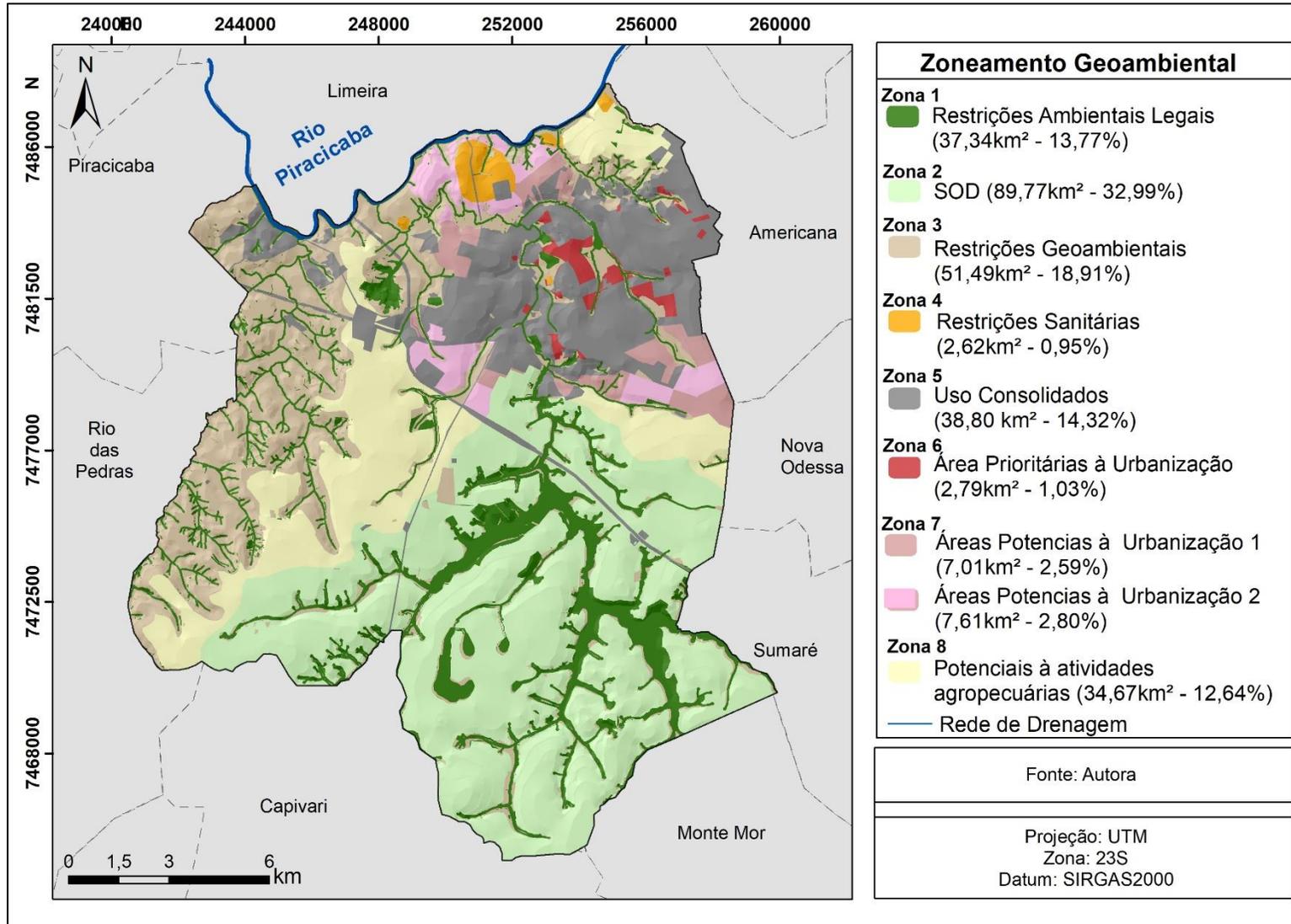
Para definição da zona Restrições Ambientais Legais, foram considerados os preceitos do Plano Diretor (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017) e das Leis Federal nº12.651/2012 (BRASIL, 2012) e nº 667/79 (BRASIL, 1979).

O Plano Diretor (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017) define que as APPs localizadas no limite da APRM, devem ser restauradas na íntegra, não se valendo do conceito de Área Consolidada em APPs, conforme definido pelo Cap. XIII, Seção II da Lei Federal nº12.651/2012. Sugere-se que esse preceito seja aplicado para todo o território municipal, visando contribuir para a conservação da qualidade dos recursos hídricos.

A relação entre qualidade da água e a existência de APPs foi reforçada por um estudo realizado por Marmontel et al. (2018), o qual verificou melhores condições ambientais em termos de temperatura, turbidez, cor, nitrito e nitrato e pH em nascentes com entorno recoberto por vegetação e em contrapartida, em nascentes sem a mata ciliar, com arredores ocupados por pastagens ou atividades agrícolas, foi detectado um agravamento geral da qualidade da água.

Além das APPs no entorno dos recursos hídricos, a Lei Federal nº12.651/2012 (BRASIL, 2012) prevê APPs em encostas com declividade superior a 45° e em topos com altura mínima de 100m com inclinação média maior que 25°. Estas não foram delimitadas, pois não há essas características na área de estudo. As Reservas Legais, também se enquadraram nessas zonas. Para a delimitação, estas foram extraídas das informações do Cadastro Ambiental Rural, disponível em formato *shapefile* (CAR, 2018).

Figura 29- Zoneamento Geoambiental do município de Santa Bárbara D'oeste



Fonte: Autora

Tabela 12- Relação entre o Atributos Geoambiental, legislação e as zonas compartimentadas e definição de diretrizes de ocupação

Zona	Atributos Geoambientais					Legislação	Diretrizes
	Geomorfologia	PEU	Declividade	Pedologia	Geologia		
Z1- Rest. Ambientais Legais	Colinas Arenosas com topos convexos amplos (20,02%); Planícies Fluviais (38,26%); Colinas Argilosas com topos convexos médios (17,94%); Morros Arenosos com topos covexos (16,84%)	Inapto	0-2% (62,30%); 5-10 (13,34%); 10-15% (9,33%); 2-5% (8,69%); >15% (6,35%)	GLEISSOLOS (38,51%); ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO (24,13%); LATOSSOLOS VERMELHO (16,84%) NEOSSOLOS LITÓLICOS (14,35%)	Quaternário (38,26%); Grupo Itararé – Unidade I (24,62%); Grupo Itararé – Unidade II (16,84%); Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (14,88%)	Lei Federal 667/79/ Lei Federal 12.651/12; Lei Complementar nº 265/2017	Ocupação em acordo com o definido pela legislação vigente. Com exceção às AIAs, onde deve haver preservação integral das áreas vegetadas independente do estágio de regeneração;
Z2 - SOD	Colinas – Arenosas com topos convexos amplos (57,49%); Colinas Argilosas com topos convexos médios (38,87%)	Alto (55,03%); Médio (23,21%); Muito alto (21,22%)	0-2 % (35,48%); 2-5% (26,16%); 5-10% (22,85%)	LATOSSOLO VERMELHO (59,90%); LATOSSOLO VERMELHO – AMARELO (25,87%); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO 19,93%	Grupo Itararé – Unidade I (47,91%); Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (47,91%)	Lei Complementar nº 265 de 2017	Seguir o previsto no Plano Diretor Vigente;
Z3 – Rest. Geoambientais	Morros Arenosos com topos convexos (69,12%); Planícies Fluviais (14,40%); Vertentes argilosas com topos convexos (3,16%)	Muito baixo (39,07%); Muito baixo (38,10%)	0-2% (39,89%); 5-10% (21,40%); 10-15% (18,11%); >15% (10,60%); 2-5% (5,12%)	NEOSSOLOS LITÓLICOS (57,42%); GLEISSOLOS (14,40%); ARGISSOLOS VERMELHOS AMARELOS (14,05%); LATOSSOLOS VERMELHOS (12,01%)	Grupo Itararé – Unidade II (69,11%); Quaternário (14,40%); Grupo Itararé – Unidade I (9,39%);		Uso racional dos recursos naturais de forma sustentável e compatível com a preservação do meio ambiente, não sendo permitindo a urbanização. Obrigatoriedade de licenças ambientais para todos os tipos de ocupação;

Z4 – Restrições Sanitárias	Morros magmáticos com topos convexos (84,32%)	Inapto	5-10% (34,35%); 2-5% (24,77%); 0-2% (21,89%)	LATOSSOLO VERMELHO (75,97%); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (15,40%)	Intrusivas básicas tabulares (80,50%)		Seguir o previsto no Plano Diretor Vigente;
Z5 – Uso Consolidado	Colinas Arenosas-argilosas com topos convexos amplos (26,55%); Colinas Argilosas com topos convexos médios (25,99%); Morros Magmáticos com topos convexos (20,49%); Morros Arenosos com topos convexos (9,94%)	Inapto	0-2% (37,77%); 5-10% (26,80%); 2-5% (24,95%)	LATOSSOLO VERMELHO (49,77%); NEOSSOLOS LITÓLICOS (9,38); ARGISSOLOS VERMLHOS-AMARELOS (9,60%)	Grupo Itararé – Unidade I (50,09%); Intrusivas básicas tabulares (15,32%); Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (11,97%)		-
Z6 – Áreas Prioritárias à urbanização	Morros Magmáticos com topos convexos (57,02%); Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos (29,89%)	Alto (50,82%); Muito alto (27,95%); Médio (12,25%)	0-2% (36,86%); 5-10% (33,10%); 2-5% (19,21%)	LATOSSOLO VERMELHO (73,09%); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO (9,89%)	Intrusivas básicas tabulares (46,35%); Grupo Itararé – Unidade I (46,36%);		Priorização e adensamento da ocupação urbana nesta zona, em detrimento às demais; Ocupações de Interesse Social;
Z7 – Áreas Potenciais à Urbanização	Morros Magmáticos com topos convexos médios (45,99%); Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos (44,62%)	Alto (64,20%); Muito Alto (25,87%); Médio (9,53%)	0-2% (35,96%); 0-5% (30,95%); 5-10% (18,99%)	LATOSSOLOS VERMELHO (82,17%)	Intrusivas básicas tabulares (40,16%); Grupo Itararé – Unidade I (36,08%); Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (23,75%)		Para a ocupação da Z7 1 deve-se seguir as diretrizes propostas para a MEU-2 e para a Z7 2 as definidas para a MEU-3;
Z8 – Potenciais às Atividades Agropecuárias	Colinas areno-argilosas com topos convexos amplo (88,06%)	Alto (79,72%);	0-2% (48,22%); 2-5 (34,45%); 5-10% (15,25%)	LATOSSOLOS VERMELHO (81,21%)	Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (88,00%)		Deve-se aplicar técnicas de cultivos sustentáveis, visando à preservação da qualidade ambiental.

Fonte: Autora

Foi incorporado do Plano Diretor, as áreas com Restrições Ambientais Legais, as ARO e as AIAs, estas devem ser ocupadas com ressalvas, seguindo as diretrizes definidas pelo Plano Diretor. No entanto, para as AIAs, diferentemente de legislação municipal, sugere-se a proibição da supressão dos remanescentes vegetacionais independente do estágio de regeneração. Uma vez que, estes representam os maiores fragmentos vegetados localizados no interior da área urbana, portanto são essenciais para a regulação do microclima local e mitigação de enchentes e alagamentos, devido a permeabilidade que auxilia na redução do escoamento superficial.

Além disso, os espaços verdes urbanos são de grande importância para fornecimento de outros serviços ecossistêmicos essenciais ao funcionamento e integridade das questões ecológicas urbanas. Esses espaços podem filtrar o ar, remover a poluição, atenuar o ruído e variações de temperatura, permitir a infiltração de águas pluviais e consequentemente reabastecer as águas subterrâneas, bem como servir de abrigo para a biodiversidade regional e espécies urbanas generalistas. (WOLCH et al., 2014; GUNAWARDENA et al., 2017).

5.5.2.2 Zona 2 - SOD

Optou-se por manter as Subárea de Ocupação Diferenciada (SOD), uma vez que o Plano Diretor define diretrizes que se mostram compatíveis com as características geoambientais encontradas.

As SODs recaem sobre as Colinas Arenosas com topos convexos amplos, as quais possuem como característica dominante o formato alongado com topos retilíneos, altitude variando pouco, entre 560-600m, declives predominantemente na faixa de 0-10%. A formação geológica que sustenta essa forma de relevo é a Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas e os tipos de solos predominantes são o LATOSSOLOS VERMELHO, ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, ambos argilosos.

As Colinas argilosas com topos convexos médios, também estão presentes nesta zona. Estas individualizam-se, por apresentarem a formação do Grupo Itararé, Unidade I, constituída por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos finos (Borges, 2003), topos médios com perfil retilíneos, intervalo altimétrico variando de 580-660m e declives distribuídos entre 0-10%. Os tipos de solos predominantes são: ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS.

Ressalta-se a importância de manter a obrigatoriedade das licenças ambientais para liberação dos usos, uma vez que, a zona em questão está inserida no limite da APRM. Também é importante destacar, que para que os usos da Zona 2 não impactem negativamente os mananciais de abastecimento municipal, as APPs e AROs devem estar de acordo com as legislações e em bom estado de conservação.

5.5.2.3 Zona 3 - Restrições Geoambientais

A zona de Restrições Geoambientais foi proposta devido a necessidade de incorporação de diagnósticos do meio físico-natural no planejamento das cidades, visto que, o uso inadequado do solo, resultante da falta de conhecimentos das características geoambientais, geram problemas relacionados à compactação do solo, erosão, assoreamento e poluição dos corpos d'água e deslizamentos de terras (AVANCINI, 2018).

Além disso, contribuem de maneira decisiva para o aumento do porte e da frequência de ocorrência de desastres naturais e impactos socioambientais. A ocupação desordenada de morros, execução de cortes e aterros precários, disposição inadequadas de resíduos sólidos, lançamento de esgotos e águas pluviais nos taludes e a remoção da cobertura vegetal, combinados as especificidades do substrato geológico, as características geomorfológicas e eventos climáticos, corroboram para o incremento da vulnerabilidade das pessoas, infraestruturas e instalações (SOUZA e SOBREIRA, 2014).

A Zona Restrições Geoambientais compreende os fragmentos vegetacionais e as formas de relevos: Vertentes, Planícies Fluviais e Morros argilosos com topos convexos, as quais estão associados ao Potencial à expansão urbana Baixo e Muito Baixo.

Nas áreas dos Morros estão concentrados o maior número dos canais de drenagem de primeira ordem e mais de 50% dos processos erosivos mapeado no município; declividades superiores a 12% e grau de entalhamento do terreno Muito Forte. Os usos do solo predominantes são agropecuários, sobretudo pastagens e cultivo de cana-de-açúcar. Lollo et al. (2018), destacou que, em geral, tais usos induzem processos erosivos e comprometem a qualidade dos recursos hídricos superficiais, por meio do carreamento de sedimentos ou do acesso do gado aos canais.

A formação geológica que, por climatização química deu origem a esta forma de terreno foi a Unidade II do Grupo Itararé, a qual é composta originalmente, sobretudo, por fácies distintas de siltitos, com areia fina e alternância de camadas silto-arenosas, areno-siltosas e silto-argilosos, além de argilitos e arenitos finos.

As regiões de Vertentes foram apontadas como não aptas a urbanização devido, sobretudo as altas declividades variando de 10-15% e >15%, além de serem ocupadas por rios e nascentes com entorno ocupado por Mata Ciliar. E as Planícies, do mesmo modo, são consideradas com restrições à urbanização devido ao posicionamento junto a rede de drenagem e baixas declividades o que corrobora para a ocorrência de processos de inundações naturais, já que o escoamento superficial não é favorecido, e sim a acumulação de água, de sedimentos e contaminantes.

Portanto, tendo em vistas as características Geoambientais de hipsométricas, de solos e rochas encontradas nessas formações e visando contribuir para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos e do solo, fica evidente a necessidade de uma gestão territorial estratégica, voltada à preservação geoambiental.

Portanto, sugere-se que nesta zona seja permitido somente o uso racional dos recursos naturais de forma sustentável e compatível com a preservação do meio ambiente, não sendo permitindo a urbanização e que para a implementação de qualquer uso seja obrigatório a emissão de licenças ambientais, assim como para a SOD.

A criação e preservação dessa zona estaria de acordo com as diretrizes I e IV do Capítulo 10 – Do Meio Ambiente- Art. 11, os quais delineiam, respectivamente, a conciliação da ocupação do território urbano com a preservação do meio ambiental natural e a preservação das áreas com declividades impróprias aos ursos urbanos ou agropecuários (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017).

5.5.2.4 Zona 4 - Restrições Sanitárias

A Zona 4 engloba a Estação de tratamento de água (ETA) e a Estação de tratamento de esgoto (ETE) Toledos I, as quais estão situadas na região central da área urbana consolidada e as ETEs Todelo II, Balsa, Barroco e o Aterro Sanitário que estão localizados na região norte do limite de expansão urbana. Além das Faixas de Proteção Sanitárias e a Área Sanitária. A ocupação das áreas de Restrições Sanitárias devem estar de acordo com o plano diretor e a legislação que delimitou tais áreas.

5.5.2.5 Zona 5 - Urbanização Consolidada

A zona de Urbanização Consolidada compreende as áreas urbanas já ocupadas, providas de infraestrutura e de equipamentos públicos, rodovias e indústrias.

5.5.2.6 Zona 6 - Áreas prioritárias à ocupação urbana

A Zona 6 – Áreas prioritárias à ocupação urbana-, se diferenciam da MEU-1 por ser mais restritiva. Para a delimitação considerou-se as áreas vazias internas ao perímetro urbano já consolidado e destas foram excluídas as áreas com Potencial à Expansão urbana Muito baixo e Baixo, AIAs, Fragmentos vegetacionais, APPs, Reservas Legais, e Planícies Fluviais.

Restando áreas predominantemente planas, com declividade variando de 0-10%, relevo composto por Morros magmáticos e Colinas amplas, solos argilosos, sobrepostos à Cobertura Cenozóicas indiferenciadas correlata à formação Rio Claro. Por tanto, de acordo com as características geoambientais e respeitando as legislações vigentes, essa zona se mostra favoráveis à ocupação urbana.

Como diretrizes para a ocupação, sugere-se seguir o disposto para a MEU-1, adensamento nesses fragmentos em detrimento dos demais, instalação de empreendimentos residenciais, comerciais, de serviço e industriais não incômodas e sem riscos ambientais. É recomendado que as ocupações de Interesse Social sejam efetivadas neste limite, facilitando o acesso aos equipamentos e serviços urbanos à pessoas de baixa renda.

O adensamento de áreas consolidadas, priorizando a ocupação dos vazios urbanos centrais, contribui para o melhor aproveitamento do espaço e das infraestruturas de equipamentos e serviços públicos já instalados, bem como, auxilia na minimização da segregação socioespacial.

5.5.2.7 Zona 7- Áreas Potenciais à ocupação

Para a definição da Z7 levou-se em conta as Macrozonas de Expansão Urbana definidas na legislação municipal e destas foram excluídas as áreas das classes Muito Baixo e Baixo potencial à expansão urbana, as zonas de restrições Ambientais legais, Geoambientais e Sanitárias. A SUCt foi incorporada a SOD por estar contida no limite da APRM e além disso, as rodovias foram consideradas como um fator limitante, devido estas funcionarem, muitas vezes, como barreiras física de segregação espacial e até mesmo socioespacial (CASTRO, et al., 2015).

Dessa forma, a urbanização ocorreria em áreas com declives de 0-10 %, consideradas por ZUQUETE (1981) como ótimas e boas para a instalação de equipamentos urbanos, em

formas de terrenos alongadas e com pouca variação hipsométrica e em solos predominante argilosos. Ou seja, apta a esse tipo de ocupação, de acordo com a escala de análise realizada. Para a ocupação da Z7 1 deve-se seguir as diretrizes propostas para a MEU-2 e para a Z7 2 as definidas para a MEU-3.

5.5.2.8 Zona 8- Potenciais à atividades agropecuárias

As características geoambientais dessa zona tornam-na propícia a implementação de atividades agropecuárias. O relevo é plano, com formatos alongados e médio, a altitude varia pouco, entre 560-660m e os declives se encontram predominantemente no intervalo de 0-5%, o que favorece a aplicação de técnicas de irrigação e utilização de maquinários. Além disso, o tipo de solo de maior ocorrência é o LATOSSOLOS VERMELHO, que são férteis e bem drenados (IBGE, 2007).

A porção norte da macrozona MEU-2, foi incorporada a zona 8, por estar localizada após a forma de terreno Vertentes, que foi classificada como zona com Restrições Geoambientais, devido, sobretudo, às altas declividades, e que se configuraria como uma barreira física entre a área urbana consolidada e o possível fragmento urbano.

Deve-se aplicar técnicas de cultivos sustentáveis, visando à preservação da qualidade ambiental.

5.6 CONCLUSÕES

Por meio da comparação das diretrizes de ocupação territorial definidas no Plano Diretor de 2017 com o Zoneamento Geoambiental elaborado considerando as legislações vigentes e as especificidades dos meio físico e biótico, foi possível constatar que parte das diretivas propostas pela municipalidade foram definidas em desconformidade com as condicionantes geoambientais.

Uma vez que, está prevista a urbanização e ocupação sem restrições em áreas frágeis, como nas formas de relevo Vertentes, Morros arenosos e Planícies Fluviais. Estas deveriam ser preservadas visando garantir a integridade dos recursos hídricos e dos solos. Além disso, o plano Diretor permite a supressão de parcelas dos remanescentes vegetacionais das AIAs, os quais são essenciais para manutenção dos serviços ecossistêmicos e da qualidade da vida urbana.

Embora o Zoneamento Geoambiental proposto seja mais restritivo se comparado ao Macrozoneamento vigente, o município teria 17,41km² - somando as zonas Z6 (2,79km²) e Z7 (14,62km²)- para urbanizar, isso representaria um crescimento de 46% da área urbana consolidada, extensão coerente ao crescimento entre 2000 (24,66km²) e 2010 (31,67km²) : 28,43% e 2010 e 2017 (37,21km²): 17,49%, em relação aos 165,70% definidos pelo Plano Diretor .

Cabe ressaltar, que este é um estudo preliminar, sendo necessário investigações em escalas mais detalhadas para confirmar o uso mais adequado e menos propenso a produzir efeitos ambientais danosos.

5.7 AGRADECIMENTOS

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

5.8 REFERÊNCIAS

AVANCINI, T. G. P. **Conservação do Solo e Planejamento do Uso da Terra: Uma proposta de certificação para loteamentos em franjas Urbano-Rurais**. 2018, 250f. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

BORGES, D. J. S, **Zoneamento geotécnico geral da folha de Americana: escala 1:50.000**. 2003. 217f. Tese (Doutorado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BRASIL, **Lei 6766/79 de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF. 19 de dez de 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em 08 de julho de 2018

BRASIL, **Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF. 10 de jul de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2012. Brasília, DF, 17 de out de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm>. Acesso em 08 de julho de 2018

CAR- Cadastro Ambiental Rural. **Consulta Pública- Município de Santa Bárbara D'Oeste**. 2018. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>>. Acesso em: 06 de julho de 2018

CASTRO, A. A. B. C.; MELO, R. A.; SILVEIRA, J. A. R.; SILVA, G. J. A.; LAPA, T. A. L. Interfaces rodoviário-urbanas no processo de produção das cidades: estudo de caso do contorno rodoviário de João Pessoa, PB, Brasil. **Ambiente Construído**. v.15 n.3, 2015

CBH – PCJ- Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Relatório de situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 5**. v.1, 505 p. 2000-2001. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/novo/instrumentos-de-gestao/relatorios-de-situacoes>>. Acesso em: 4 de abril de 2017

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. 2017. 166f. Tese (doutorado)- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2017.

COSTA, C. W.; LORANDI, R.; LOLLO, J. A.; IMANI, M.; DUPAS, F. A. Surface runoff and accelerated erosion in a peri-urban wellhead area in southeastern Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 160, 2018.

HU, Y, PENG, J., LIU, Y., TIAN, L. Integrating ecosystem services trade-offs with paddy land-to-dry land decisions: A scenario approach in Erhai Lake Basin, southwest China, *Science of the Total Environment*, v.625, p.849–860, 2018.

GUERRERO, J. V. R; LOLLO, J. A.; LORANDI, R. Cartografia Geoambiental como base para planejamento territorial na Bacia do Rio Clarinho, SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n 68/2, p. 313-326, 2016 Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1189/926>>. Acesso em: 3 de maio de 2017.

GUNAWARDENA, R. K. WELLS, M. J. KERSHAW, T. Utilising Green and Blue Space to Mitigate Urban Heat Island Intensity, **Science of the Total Environment**, v.584–585, n.1040–1055, 2017.

GRECCHI, R. C. **Zoneamento geoambiental da região de Piracicaba-SP, com auxílio de geoprocessamento**. Dissertação Mestrado (132p.). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo. 1998.

IAC- Instituto Agrônomo de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Campinas**. Escala 1:100.000, 1977.

IAC- Instituto Agrônomo de Campinas. **Folha pedológica da quadricula de Piracicaba**. Escala 1:100.000, 1989.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas Topográficas de Piracicaba, Limeira, Capivari e Americana, escala 1:50.000**, 1971

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>. Acesso em: 16 de maio de 2017

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição, Rio de Janeiro, 316p., 2007. ISSN: 0103-9598

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em: 16 de maio de 2017

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades 2017** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santa-barbara-doeste/panorama>>. Acesso em: 26 de junho de 2018

LOLLO, J. A.; NEVES, M.P.; ARANTES, L.T.; LIMA, C.G.R.; LORANDI, R. Mudanças de uso e cobertura da terra e degradação ambiental em bacias hidrográficas. p. 17-43, In: AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P; BENINI, A.M. **Bacias Hidrográficas- Fundamentos e aplicações**. 2ª ed. Tupã: ANAP, 2019, 204p.

MARMONTEL, C. V. F.; BORJA, M. E. L.; RODRIGUES, V. A.; ZEMA, D. A. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil), **Science of the Total Environment**, v.622–623, p.690–701, 2018

MAZZUCO, G. G.; GONÇALVES, M. P.; MIGUEL, B. H.; VILLA, M. F.; COSTA, C. W.; MOSCHINI, L. E. Indicadores de Naturalidade da Paisagem Aplicados no Monitoramento da Qualidade Ambiental de Mananciais, *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.10 , n.05, p.1406-1418, 2017.

MAZZUCO, G. G.; LORANDI, R. Impactos ambientais negativos das atividades antrópicas na qualidade das águas superficiais da Sub-bacia do Ribeirão dos Toledos: aplicação do IQA-HIDRO. Anais: PLURIS 2018 - 8º CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável

PEJON, O. J., FERREIRA, M. D. **Mapas geotécnicos e geoambientais**. In: ZUQUETTE, L.V. **Geotecnia Ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p.47- 79.

RIGHETTO, A. M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana, *Engenharia. Sanitária e Ambiental*, v.22, n.6, p.1109-1120, 2017

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Departamento de Geografia- FFLCH-USP/ Laboratório de Cartografia Geotecnica-Geologia Aplicada- IPT/FAPESP, São Paulo, 1997. Escala 1:500.000.

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar n.º 1436/ 2007**. Disponível em: <http://consulta.siscam.com.br/camarasantabarbara/Documentos/Documento/63493>. Acesso em: 5 de maio de 2017.

SANTA BÁRBARA D'OESTE, **Lei Complementar Municipal nº 265 de 14 de dezembro de 2017**. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Santa Bárbara D'Oeste e dá outras providências.

SOUZA, L. A.; SOBREIRA, F. G. **Guia para elaboração de cartas geotécnicas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais- Estudo de caso de Ouro Preto – 2013**. 1ª edição, Brasília, DF. p. 68, 2014. ISBN: 978-85-917793-0-7. Disponível em: http://www.abge.org.br/uploads/imgfck/file/GUIA_APTIDAO_A_URBANIZACAO_SOUZ_A_E_SOBREIRA_2014.pdf . Acesso em: 07 de julho de 2018

WOLCH, J. R. BRYNE, J. NEWELL, J. P. Urban Green Space, Public Health, and Environmental Justice: The Challenge of Making Cities “Just Green Enough”, **Landscape Urban Planning**, v. 125, p.234-244, 2014

VANWALLEGHEM, T.; GÓMEZ, J. A.; INFANTE, J. A.; GONZÁLEZ, M. M.; VANDERLINDEN, K.; GUZMÁN, G.; LAGUNA, A.; GIRÁLDEZ, J. V. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. **Anthropocene**, v.17. p. 13-29, 2017.

ZUQUETTE, L. V. **Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). 1981, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

ZUQUETTE, L.; GANDOLFI, N, **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, p.190, 2004

ZUQUETTE, L. V. Aspectos Conceituais e abrangências do tema. In: ZUQUETTE, L.V. **Geotecnia Ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p.1- 12.’

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A realização do presente trabalho reafirmou a relevância da caracterização do geoambiente para o planejamento e ordenamento territorial. Ficou evidente a pertinência de se conhecer o meio que será ocupado, desde o comportamento individual das características dos componentes do meio físico e biótico, até a dinâmica de inter-relação entre eles e com as atividades antrópicas. Dessa forma, é possível definir usos de acordo com a capacidade suporte do geoambiente e assim contribuir para a prevenção de possíveis impactos socioambientais.

Por meio da comparação das diretrizes de ocupação do território definidas no Plano Diretor Vigente (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2017) com os resultados obtidos e análises realizadas, verificou-se que a legislação municipal não pondera algumas especificidades do geoambiente. Isso acontece uma vez que está previsto a urbanização em áreas frágeis como em Morros Arenosos, Vertentes e Planícies Fluviais, com altas declividades e próximo à nascentes e aos processos erosivos. Além disso, é permitida a supressão de parte dos remanescentes vegetacionais nas Áreas de Interesse Ambiental, quando deveriam ser preservados em sua totalidade, visto a pouca representatividade dessa cobertura no território municipal - somente 14,45% da totalidade do município.

Sendo assim, é imprescindível que o poder público municipal analise e considere a da criação da “Zona 3- Restrições Geoambientais” e incorporem nesta unidade, diretrizes de ocupação sustentáveis, visando a proteção do solo e da qualidade dos recursos hídricos.

Outra questão que requer atenção é o novo limite urbano definido na revisão do Plano Diretor, aonde são previstos 61,66km² de extensão para ocupação, que se consolidado, permitirá que a área urbana expanda-se de 37,21km² para 98,87km² (crescimento de 165,70%). Este cenário poderá impulsionar o espraiamento urbano e ocupações menos densas e até mesmo contribuir para a especulação imobiliária e segregação socioespacial.

Por outro lado, vale destacar de maneira positiva, a criação da Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (APRM) por meio da Lei Municipal nº2.717/2002 (SANTA BÁRBARA D'OESTE, 2002), a delimitação de APPs maiores que as obrigatórias definidas na Legislação Federal nº12.651/2012, bem como, a não aplicação do conceito de Área Consolidada em APPs no limite em questão. Tais iniciativas demonstram a preocupação ambiental municipal, sobretudo, relacionada à preservação em qualidade e quantidade das águas dos mananciais de abastecimento local.

Os métodos aplicados mostraram-se eficientes, permitindo uma análise integradora das características geoambientais da área de estudo. Os resultados representados por meio de cartas sintetizam e simplificam informações complexas, facilitando a análise e entendimento da realidade. Dessa forma, o presente trabalho, contribui para mitigação da carência municipal relacionada às informações georreferenciadas dos atributos geoambientais. Os cartogramas temáticos poderão subsidiar possíveis tomadas de decisão no que diz respeito ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial.
