



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM
GEOGRAFIA**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ORGANIZAÇÃO DE ESPAÇO

PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO
URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO
CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP)

LEONARDO DA SILVA THOMAZINI

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

RIO CLARO
2018

Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

LEONARDO DA SILVA THOMAZINI

**PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO
URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO
CÓRREGO PAU D’ALHO, BAURU (SP)**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Cenira Maria Lupinacci

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Braga

Rio Claro (SP)
2018

551.4281 Thomazini, Leonardo da Silva
T465p Proposta metodológica de orientação à expansão urbana sob o viés
geomorfológico : o caso da bacia do córrego Pau Dalho, Bauru (SP) /
Leonardo da Silva Thomazini. - Rio Claro, 2018
158 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas
Orientadora: Cenira Maria Lupinacci
Coorientador: Roberto Braga

1. Geomorfologia - Brasil. 2. Geomorfologia urbana. 3. Processos
erosivos. 4. Morfodinâmica. 5. Planejamento urbano-ambiental. I. Título.

LEONARDO DA SILVA THOMAZINI

**PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO
URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO
CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP)**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia

Comissão Examinadora

Prof.^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci – Orientadora
Instituto de Geociências e Ciências Exatas / UNESP/ Rio Claro (SP)

Prof.^o Dr.^o João Osvaldo Rodrigues Nunes
Faculdade de Ciências e Tecnologia/ UNESP/ Presidente Prudente (SP)

Prof.^o Dr.^o Alan Silveira
Instituto de Geografia/ UFU/ Monte Carmelo (MG)

Prof.^a Dr.^a Andrea Aparecida Zacharias
UNESP/ Ourinhos (SP)

Prof.^a Dr.^a Andréia Medinilha Pancher
Instituto de Geociências e Ciências Exatas / UNESP/ Rio Claro (SP)

Conceito: Aprovado em 08 de dezembro de 2017

Rio Claro – SP
2018

À minha esposa, TALITA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, criador e mantenedor da vida e fonte de sabedoria.

Agradeço a minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos.

À minha melhor metade... minha esposa Talita Antunes Thomazini, por dar força quando só havia desânimo, apoio mesmo adiante dos fracassos, sorriso quando as lágrimas escorriam, esperança nas noites sem lua e a certeza de que juntos somos mais felizes.

Aos meus pais, Aida e Oswaldo Thomazini, pelos esforços desmedidos para a realização do meu sucesso e da minha felicidade, a quem sou imensamente grato pela formação do meu caráter.

Agradeço a minha orientadora Prof^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci, sempre me guiando nos caminhos tortuosos da longa estrada acadêmica. Seu comprometimento com a geografia é admirável e sua dedicação como professora dá sentido ao adjetivo “orientadora”.

Aos meus avós, em especial meu avô Oswaldo Thomazini, um exemplo de seriedade, dedicação e trabalho, em especial aos “intermináveis” trabalhos de campo.

Ao meu primo Gabriel Salazar, pelo companheirismo nos trabalhos de campo e, também, ao meu irmão Bruno, um grande exemplo na minha vida.

Agradeço todos os amigos, que direto ou indiretamente estiveram envolvidos no desenvolvimento deste trabalho, quer seja na torcida, no suportes com os mapas ou nos percalços surgidos durante a pesquisa. A estes, destaco: Felipe Comitre (Fantoche), pela eterna amizade; ao Eli Fernando, amigo sempre presente, ao Felipe Zanatta, “amigo geomorfólogo”, ao Guilherme Caramel, Dener Mathias e ao Mateus Vidotti Ferreira.

Agradeço ao LAGEO (Laboratório de Geomorfologia) e ao LAFS (Laboratório de Análises de Formações Superficiais) do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN) da UNESP/ Rio Claro, em especial a Suely Teodoro de Souza Martins e a Ana Carolina Dias de Oliveira, pela orientação das análises granulométricas em laboratório.

Agradeço ao Ubirajara Gerardin Junior, Álvaro Francisco Ferreira Junior e Cássia Regina Bego, pelos trabalhos de bastidores, sempre proporcionando um ambiente agradabilíssimo de trabalho e convivência.

Agradeço a Prefeitura Municipal de Bauru, pelo fornecimento dos materiais e informações necessárias à concretização deste trabalho, em especial a SEPLAN (Secretaria de Planejamento)

Agradeço a FAPESP, pelo apoio financeiro, sob o processo nº 2014/07017-9. Sem a qual seria impossível a realização deste trabalho.

Agradeço a todos que fazem parte da minha vida, pois o sucesso de um homem não acontece solitariamente. Se há algum sucesso, é porque pessoas do bem se envolveram e contribuíram para que ele ocorresse. A estas pessoas, sou muito grato.

RESUMO

A partir da segunda metade do século XX, intensificou-se o crescimento urbano do Brasil, acompanhando a tendência pós segunda Guerra Mundial dos Estados Unidos e da Europa. Os espaços agora ocupados pela urbanização são influenciados pelas ações antrópicas e passam a ser regidos pela morfodinâmica, a qual pauta-se no tempo de vida humana. Dentre os espaços urbanos, destacam-se as áreas periurbanas, as quais constituem um complexo mosaico de interações entre as regiões rurais e urbanas, desenvolvendo significativas transformações do relevo. Os impactos ambientais oriundos da interação entre os sistemas físicos e sociais têm incitado preocupações no meio científico, destacando-se os estudos geomorfológicos, em especial da geomorfologia urbana, por demonstrar a importância do conhecimento das características físicas do relevo na compreensão das ações humanas sobre a natureza e, conseqüentemente, sua função no planejamento territorial. Assim, este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de uma sistemática de análise cartográfica do espaço físico que permita orientar a implementação da urbanização em uma determinada área com características físicas específicas, auxiliando na gestão e no planejamento urbano-ambiental. A fim de alcançar o objetivo proposto, adotou-se como objeto de estudo a bacia hidrográfica do córrego Pau D'alto, marcada como um dos eixos de expansão urbana da cidade de Bauru (SP). Sob os preceitos teórico-metodológicos, de caráter holístico, da Teoria Geral dos Sistemas, foram investigadas as características físicas da bacia, por meio da construção de cartas morfométricas, geomorfológica, de fragilidade física e de materiais inconsolidados, com auxílio dos trabalhos de campo. Além do mais, analisou-se a evolução do uso e ocupação da terra e suas conseqüentes transgressões legais, permitindo compreender a influência das ações antrópicas no desenvolvimento dos processos erosivos, possibilitando a elaboração das cartas de cobertura vegetal, uso e ocupação da terra (dos anos de 1972 e 2016) e das derivações ambientais e transgressões legais. Diante dos dados obtidos, desenvolveu-se uma sistemática de análise da expansão urbana sobre o relevo, com base nos materiais cartográficos elaborados e nos índices urbanísticos apresentados pelas legislações federal e municipal vigentes. Mediante tal análise, foi elaborada a carta de orientação à expansão urbana, na qual buscou-se sintetizar as características físicas da bacia hidrográfica com os índices urbanísticos e uma proposta de urbanização mais adequada. Com isso, a área de estudo foi dividida em 7 unidades físicas, divididas entre unidades propícias à urbanização, onde a urbanização é permitida sem restrições; unidades com restrições à urbanização, onde as características físicas denotam cuidados e limitam certos tipos de urbanização; e áreas impróprias à urbanização, onde a

urbanização traria sérios impactos ao relevo e, conseqüentemente, a população ali residente. Assim, o produto cartográfico gerado por meio da metodologia desenvolvida mostrou-se uma ferramenta importante para o planejamento urbano-ambiental das áreas periurbanas, alcançando o objetivo proposto.

Palavras-chaves: Geomorfologia urbana. Processos erosivos. Morfodinâmica. Planejamento Urbano-ambiental.

ABSTRACT

From the second half of the twentieth century, Brazil's urban growth intensified, following the post-World War II trend of the United States and Europe. The spaces now occupied by urbanization are influenced by anthropic actions and are governed by morphodynamics, which are based on the human life span. Among the urban spaces, the periurban areas stand out, which constitute a complex mosaic of interactions between the rural and urban regions, developing significant transformations of the relief. The environmental impacts resulting from the interaction between physical and social systems have stimulated concerns in the scientific community, with emphasis on geomorphological studies, especially on urban geomorphology, since it demonstrates the importance of knowing the physical characteristics of relief in understanding human actions on nature and, consequently, its role in territorial planning. This work aimed to develop a systematic cartographic analysis of the physical space to guide the implementation of urbanization in a specific area with specific physical characteristics, assisting in urban-environmental planning and management. In order to reach the proposed objective, the area of Pau D'alto stream watershed was the object of study, marked as one of the axes of urban expansion of the city of Bauru (SP). Under the theoretical and methodological precepts of the General Theory of Systems, the physical characteristics of the basin were investigated through the construction of morphometric, geomorphological, physical fragility and unconsolidated materials maps, with the support of fieldwork. Moreover, the evolution of the use and occupation of the land and its consequent legal transgressions were analyzed, allowing the understanding of the influence of anthropic actions in the development of erosion processes, enabling the elaboration of vegetation cover, land use and occupation (1972 and 2016) and of environmental derivations and legal transgressions maps. In view of the data obtained, a systematic analysis of urban expansions over the relief was developed, based on the elaborated cartographic material and the urban indexes illustrated by the current federal and municipal legislation. A map of orientation to the urban expansion was elaborated through analysis, which tried to synthesize physical characteristics of the watershed with the urbanistic index and a more adequate proposal of urbanization. With this, a study area was divided into 7 physical units, divided between favorable units for urbanization, where urbanization is allowed without restrictions; units with restrictions to urbanization, where physical characteristics denote care and limit certain types of urbanization; and improper areas for urbanization, where an urbanization would bring serious impacts to the relief and, consequently, the resident population there. Thus, as the cartographic product generated through the developed methodology proved to be an important tool for the urban-environmental planning of the periurban areas, the objective is the proposition.

Keywords: Urban geomorphology. Erosive processes. Morphodynamics. Urban-environmental planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação dos materiais cartográficos elaborados, correspondentes as etapas da pesquisa.	32
Figura 2 - Base cartográfica da bacia hidrográfica do Córrego Pau D’alho, Bauru (SP).....	34
Figura 3 - Correção da declividade na carta clinográfica.....	38
Figura 4 - Interface preenchida da ferramenta para a criação automática da dissecação horizontal.	41
Figura 5 - Interface de configuração das classes de dissecação vertical	44
Figura 6 – Fotografia aérea de 1972 em A e C. Ortofotos de 2010/2011 em B e D. As setas indicam pasto sujo (em A e B) e pasto (em C e D).	52
Figura 7 - Fotografia aérea de 1972 em A, C e D. Ortofotos de 2010/2011 em B. As setas indicam lavoura temporária (em A e B), lavoura permanente (em C) e lavoura abandonada (em D).....	53
Figura 8 - Fotografia aérea de 1972 em A e C. Ortofotos de 2010/2011 em B e D. As setas indicam horticultura (em A e B) e silvicultura (em C e D).	53
Figura 9 - Fotografia aérea de 1972 em A, C e E. Ortofotos de 2010/2011 em B, D e F. As setas indicam mata (em A e B), vegetação ribeirinha (em C e D) e vegetação em área úmida em (E e F).	54
Figura 10 - Fotografia aérea de 1972 em A. Ortofotos de 2010/2011 em B. As setas indicam chácaras (em A e B).....	55
Figura 11 - Fotografia aérea de 1972 em A. Ortofotos de 2010/2011 em B e D. As setas indicam rodovias (em A) e comércio e serviços (em B).	56
Figura 12 - Fotografia aérea de 1972 em A. Ortofotos de 2010/2011 em B. As setas indicam corpos d’água (em A e B).....	57
Figura 13 - Ortofotos de 2010/2011 em A e B. As setas indicam ocupação ribeirinha (em A) e mineração (em B).....	58
Figura 14 - Ortofotos de 2010/2011 em A e B. As setas indicam urbanização densa (em A) e expansão urbana em (em B).	59
Figura 15 – Etapas do processamento da carta de concentração do escoamento superficial ..	62
Figura 16 - Setores de Planejamento do município de Bauru	66
Figura 17 - Bacias hidrográficas da área urbana de Bauru e seus respectivos setores de planejamento.....	67
Figura 18 - Macrozoneamento do município de Bauru.....	68
Figura 19 - Pontos de coleta e aplicação dos experimentos	73
Figura 20 - Coleta e armazenamento das amostras	74
Figura 21 - Procedimento para a análise granulométrica	75
Figura 22 – Técnica de análise multicritério por meio da ferramenta <i>Weighted Overlay</i>	80
Figura 23 - Estrutura organizacional do zoneamento urbano de Bauru (SP).	84

Figura 24 - Localização da área de estudo.	87
Figura 25 - Coluna estratigráfica do município de Bauru.	88
Figura 26 - Classificação textural dos materiais em suas respectivas camadas dos 58 pontos amostrados, apresentados na figura 18.	90
Figura 27 - Distribuição espacial das taxas de resistência do solo (camada de 10 cm a 20 cm).	91
Figura 28 - Distribuição espacial das taxas de infiltração de inverno.	95
Figura 29 - Distribuição espacial das taxas de infiltração de verão.	96
Figura 30 - Carta de materiais inconsolidados da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	97
Figura 31 - Carta clinográfica da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	99
Figura 32 - Carta da dissecação horizontal da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	100
Figura 33 - Carta da dissecação vertical da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	101
Figura 34 - Carta da energia do relevo da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	102
Figura 35 - Carta geomorfológica da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	103
Figura 36 - Rupturas topográficas com afloramento do lençol freático.	104
Figura 37 - Localização e demonstração dos sulcos erosivos em vertentes com terraços agrícolas.	106
Figura 38 - Carta da concentração do escoamento superficial da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	107
Figura 39 - Localização e demonstração da: A - Erosão das margens do córrego Pau D'algo; B- Despejo do esgoto tratado.	109
Figura 40 - Carta da cobertura vegetal, uso e ocupação da terra da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP) – cenário de 1972	112
Figura 41 - Carta da cobertura vegetal, uso e ocupação da terra da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP) – cenário de atual	113
Figura 42 - Carta de derivações ambientais e transgressões legais da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	119
Figura 43 - Voçoroca na cabeceira do córrego Água Parada Pequena, próxima ao parque residencial Vitória Régia.	121
Figura 44 - Feições erosivas em média vertente, com energia do relevo fraca.	121
Figura 45 - Sulcos erosivos no término das ruas pavimentadas, no bairro Pousada da Esperança II.	123
Figura 46 - Carta da fragilidade física da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	125
Figura 47 - Carta de orientação a expansão urbana da bacia do Córrego Pau D'algo, Bauru (SP).	126
Figura 48 - Metodologia desenvolvida visando a orientação à expansão urbana.	136
Figura 49 - Proposta metodológica sintetizada de orientação a expansão urbana.	139

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Utilização do penetrômetro de impacto modelo de Stolf	77
Foto 2 - Utilização do infiltrômetro de Hills.....	78
Foto 3 - Imagem panorâmica da área de estudo.....	105
Foto 4 - Acúmulo de sedimentos no baixo curso, com destaque para a mineração de areia.	108
Foto 5 - Acúmulo de sedimentos no médio curso.....	109
Foto 6 - Voçoroca de cabeceira, próxima a rod. Mal. Rondon (SP-300).....	120

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistência do material, ponto 34. Gráfico 2 - Resistência do material, ponto 49.	92
Gráfico 3 - Resistência do material, ponto 41. Gráfico 4 - Resistência do material, ponto 52.	92
Gráfico 5 - Resistência do material, ponto 17. Gráfico 6 - Resistência do material, ponto 21	93
Gráfico 7 - Resistência do material, ponto 24. Gráfico 8 - Resistência do material, ponto 17.	93
Gráfico 9 - Pluviograma do acúmulo médio mensal de 1939 a 1999 no município de Bauru/SP.....	94
Gráfico 10 - Participação das classes de declividade.	98
Gráfico 11 - Participação das coberturas vegetais e usos da terra em porcentagem, ano de 1972.	114
Gráfico 12 - Participação das coberturas vegetais e usos da terra em porcentagem, ano de 2016.	114
Gráfico 13 - Evolução percentual dos usos da terra entre os períodos de 1972 e atual.....	115
Gráfico 14 - - Relação das APP's exigidas por lei com a cobertura vegetal original, por setores do macrozoneamento municipal.....	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes da carta clinográfica.....	37
Quadro 2 - Classes de dissecação horizontal	40
Quadro 3 - Classes de dissecação Vertical.....	44
Quadro 4 - Classes de Energia do Relevo.....	46
Quadro 5 - Símbolos geomorfológicos, com seus respectivos autores	48
Quadro 6 - Elementos de interpretação de imagem	50
Quadro 7 - Classes das coberturas vegetais e usos e ocupação da terra.....	51
Quadro 8 - Valores de importância das respectivas variáveis na composição da fragilidade física	81
Quadro 9 - Leis do município de Bauru (SP) que deliberam sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo.	83
Quadro 10 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82 na unidade física I.....	127
Quadro 11 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física II.	129
Quadro 12 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física III.	130
Quadro 13 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física IV.....	132
Quadro 14 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física VI.....	134
Quadro 15 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física VII.	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição do intervalo da concentração do escoamento superficial	64
Tabela 2 - Agrupamento das classes de uso da terra por categorias, ano de 1972.	117
Tabela 3 - Agrupamento das classes de uso da terra por categorias, cenário atual.	117

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. CONCEPÇÕES TEÓRICAS DA GEOMORFOLOGIA URBANA NO PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL	22
3. MÉTODO E TÉCNICAS	31
3.1 Técnicas Cartográficas	32
3.1.1 Carta Clinográfica	35
3.1.2 Carta de Dissecção Horizontal	39
3.1.3 Carta de Dissecção Vertical.....	42
3.1.4 Carta da Energia do Relevo.....	45
3.1.5 Carta Geomorfológica	47
3.1.6 Cartas da Cobertura Vegetal, Uso e Ocupação da Terra.....	49
3.1.7 Carta da Concentração do Escoamento Superficial	60
3.1.8 Carta de Derivações Ambientais e Transgressão Legal	65
3.1.9 Carta de Materiais Inconsolidados	71
3.1.10 Carta da Fragilidade Física.....	80
3.1.11 Carta de Orientação à Expansão Urbana.....	82
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	86
4.1. Área de Estudo	86
4.2. Análise da Fragilidade e das Unidades Físicas	116
5. SISTEMÁTICA DE ORIENTAÇÃO A EXPANSÃO URBANA	136
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
7. BIBLIOGRAFIA	143
APÊNDICE A – DADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	151
APÊNDICE B – DADOS DOS PONTOS AMOSTRADOS	158

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e científico presenciado a partir da segunda metade do século XX, e intensificado nos últimos anos, gerou uma nova dinâmica na transformação do espaço.

Com técnicas mais avançadas, as ações antrópicas intensificam as alterações na paisagem, de acordo com as necessidades de uso e ocupação da terra. Assim, quanto maior forem os obstáculos que o meio natural impõe sobre a ocupação humana, maior será a necessidade de alteração da paisagem.

Tais mudanças provocam impactos à natureza, gerando o interesse de diversas ciências, como a ecologia, a engenharia e a arquitetura, objetivando a identificação, compreensão e análise dos efeitos das ações humanas.

Na geografia, os estudos ambientais definem novos rumos à Geografia Física, na medida em que os interesses dos geógrafos, até então fragmentados por razões históricas, passam a incorporar a dinâmica social nas derivações sobre a natureza (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

Na ânsia de respostas aos fenômenos oriundos das ações antrópicas, a pesquisa geográfica encontra respaldo nos estudos geomorfológicos, por estes se preocuparem com os processos morfodinâmicos do relevo, relacionados ao curto tempo de alteração. Este processo se destaca no contexto histórico atual, de desenvolvimento tecnológico e científico, se impondo, muitas vezes, sobre a escala de tempo geológico (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

O potencial da ação humana em transformar o meio natural ocorre na medida da alteração dos fluxos energéticos da relação dos elementos de um sistema, quer seja pelo aumento do fluxo hídrico, pela retirada da vegetação ou mesmo pela implementação de atividades econômicas. A isto, Ross (2009) salienta que:

A ação humana, ao apropriar-se do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso que aquele normalmente produzido pela natureza. As intervenções humanas alteram as intensidades dos fluxos energéticos e, com isso, geram impactos na natureza. (ROSS, 2009, p.53)

A análise integrada do meio físico, ou seja, a abordagem dos sistemas físicos e sociais, indicam uma abordagem holística do objeto estudado. Deste modo, a investigação científica das ações humanas sobre a natureza encontra respaldo teórico-metodológico na Teoria Geral dos Sistemas, introduzida na geomorfologia nos anos de 1960 (CHORLEY, 1971) permitindo,

segundo Fuini (2011), superar dicotomias ao estruturar a análise nas formas das organizações física, das ideias, valores e cultura.

Com isso, a abordagem sistêmica vai de encontro com as discussões e desafios ambientais contemporâneos, os quais exigem experiências integradas do homem cientista, técnico, profissional e cidadão. (MENDONÇA, 2001)

Entre os componentes da natureza susceptíveis à ação antrópica, o relevo destaca-se por apresentar características diversas, capazes de influenciar os tipos e formas de ocupação humana, quer seja na orientação do traçado das rodovias, na implantação das cidades, bem como nos tipos de atividades agropecuárias (ROSS, 2009). Deste modo, o relevo pode facilitar ou dificultar os usos que o homem faz sobre o mesmo.

A urbanização constitui-se em uma das mais intensas formas de alteração da paisagem através das ações antrópicas. Isto se deve ao fato de que, para a instalação das estruturas urbanas, o homem tem desmatado, alterado o curso dos rios e as feições do relevo, a fim de proporcionar uma melhor condição de ocupação. Em consequência, a concentração populacional e a intensificação das atividades sociais geram resíduos poluentes capazes de prejudicar a saúde humana. Deste modo, a instalação e expansão das cidades, sempre irá gerar modificações ao meio ambiente (MOTA, 2011).

No Brasil, as intervenções antrópicas relacionadas à urbanização vêm em uma escala crescente, desde a década de 1950, desdobrando-se em diversos e graves problemas de ordem ambiental (RODRIGUES; GOUVEIA, 2013). Tais ações causam mudanças da paisagem, com alteração dos canais fluviais, modificação do relevo, através dos cortes e aterros topográficos, retirada da vegetação e intensificação do escoamento superficial com a impermeabilização do solo (JORGE, 2011).

A rapidez das transformações é tão significativa que muitos fenômenos geomorfológicos passam a ser considerados no tempo de vida humano (PELOGGIA, 1998). Este curto espaço de tempo em que se refletem as consequências das ações humanas passam a ter respaldo na Geomorfologia Urbana, preocupada em compreender a relação existente entre os fatores do meio físico e os impactos provocados pela ocupação humana (JORGE, 2011, p. 131), bem com a identificação das novas morfologias tecnogênicas.

Deste modo, a investigação da geomorfologia urbana busca o “conhecimento das potencialidades e limitações do meio físico, diante das intervenções antrópicas” (RODRIGUES; GOUVEIA, 2013, p. 70). Para isto, tal “conhecimento deve levar em consideração que cada sistema físico e seus subsistemas, apresentam características singulares,

e, por isso, responde de forma diferenciada às diversas modalidades de intervenção antrópica” (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013, p. 70).

Os estudos dos sistemas físicos tornam-se necessários à implantação das estruturas urbanas, pois desta forma, os impactos ambientais tendem a ser minimizados e, em alguns casos, até previstos, possibilitando a aplicação de medidas mitigadoras.

Concomitante a tais pesquisas, soma-se a legislação ambiental e de uso e parcelamento do solo, tanto da esfera federal, como municipal, a qual tem por objetivo regular as formas de uso e as atuações antrópicas sobre o espaço.

O avanço da legislação ambiental nas duas últimas décadas do século XX, impulsionou os estudos relacionados à avaliação de impacto ambiental (RODRIGUES; GOUVEIA, 2013). Contudo, observa-se um hiato entre as diretrizes legais e as características de estrutura, forma e comportamento dos sistemas físicos. Assim, como salienta Moretti (1997, p. 37), “os padrões urbanísticos, usualmente previstos na legislação, não incentivam soluções de compatibilização com o meio físico e acabam induzindo a elaboração de projetos com reconstrução topográfica”.

Nos ambientes urbanos e periurbanos, a lacuna é ainda mais evidente quando pensado que a principal lei federal de uso e parcelamento do solo, a Lei Lehrmann, data do ano de 1979 e que, deste período até hoje, muitas mudanças ocorreram na estrutura da urbanização brasileira.

Os planos diretores, sob atribuição da esfera municipal, surgem como alternativas de gestão urbana, e se consolidam como um “instrumento básico de orientação do desenvolvimento e expansão urbana” (MOTA 2011, p. 297).

Sua elaboração se faz pela busca da realidade locacional, propondo um modelo de urbanização pautado nos índices urbanísticos correspondentes com as necessidades da população, importantes para o planejamento urbano. Assim, como salienta Mota (2011, p. 298), “um plano diretor quando elaborado considerando os recursos naturais, associados aos aspectos sociais, econômicos e culturais da cidade, pode representar um excelente instrumento de conservação ambiental”.

No entanto, em muitos casos, a formulação e execução dos planos diretores, negligencia as características físicas do espaço a ser urbanizado, gerando problemas de enchente, deslizamentos e processos erosivos.

Entre os índices urbanísticos elencados nos planos diretores, Acioly e Davidson (2011) apontam que a densidade urbana é um dos principais indicadores a ser utilizado no planejamento e gestão urbana, pois indica a eficiência e a performance dos projetos de parcelamento do solo e que os demais índices, como coeficiente de aproveitamento, tamanho

mínimo do lote, taxa máxima de ocupação, revelam as dimensões perceptíveis da densidade urbana.

Propor os índices urbanísticos adequados não é uma tarefa simples e, muito menos, fácil, tendo em vista que as percepções das populações, nas quais os índices serão aplicados, são subjetivas e dotadas de cargas culturais específicas, o que leva a não ter um modelo genérico de uso dos padrões urbanísticos, mas sim à exigência de análises da sociedade na qual serão implementados (ACIOLY; DAVIDSON, 2011)

Assim, a gestão urbana deve considerar as diretrizes legais e os aspectos físicos sobre os quais se processará a urbanização, gerando assim um planejamento urbano-ambiental.

Nos estudos geomorfológicos, é possível distinguir diversas escalas de análises, variando desde uma grande metrópole até um pequeno bairro, assim como adotar diversas formas de delimitações dos objetos de estudo, podendo ser tanto o perímetro urbano, como uma bacia hidrográfica. Para este estudo adotou-se esta última forma de delimitação, pois segundo Christofolletti (2008):

[...] a abordagem relacionada com a análise integrativa, na escala local ou regional, representa exemplo da aplicabilidade da concepção holística. Essa concepção abrange a totalidade do sistema, servindo como exemplo o planejamento de bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 2008, p. 427).

A bacia hidrográfica torna-se instrumento valioso para se estudar as transformações da paisagem, relacionando os aspectos naturais com os antrópicos, por ser nesta onde se manifestam os resultados dos agentes modeladores. Além disso, constata-se uma tendência internacional de usar as bacias hidrográficas como unidade de planejamento (MOTA, 2011).

As inquietações, diante das transformações da paisagem provocadas pelo processo de urbanização, somadas às negligências do mesmo para com as características físicas do relevo, levaram à formulação do objetivo geral deste trabalho, o qual constitui o desenvolvimento de uma sistemática de análise cartográfica do espaço físico que permita orientar a implementação da urbanização em uma determinada área com características físicas específicas, auxiliando na gestão e no planejamento urbano-ambiental.

Para alcançar tal objetivo, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a potencialidade dos terrenos para o desenvolvimento de processos geomórficos por meio da análise morfométrica do relevo;
- Avaliar a dinâmica de uso da terra a fim de identificar os processos de expansão urbana e suas tendências.

- Analisar as características dos materiais inconsolidados para a urbanização, considerando as características desses.
- Avaliar as fragilidades e potencialidades físicas da área, por meio da análise da carta de Concentração do Escoamento Superficial e da carta de síntese de Fragilidade Física;
- Analisar o processo de expansão urbana concernente com as legislações vigentes, sendo: o Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/12), o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/01), o Parcelamento do Solo (Lei Lehmann nº 6766/79) e o Plano Diretor Municipal Participativo (Lei municipal nº 5631/08), avaliando suas influências na morfodinâmica do relevo e na degradação ambiental. Esta análise foi feita através da carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais;
- Analisar os resultados obtidos dos materiais cartográficos, dos trabalhos de campo e dos laboratoriais, sob o viés holístico, a fim de identificar os setores aptos a determinados tipos de urbanização, expressando-os na carta de orientação ao Uso Urbano.

O desenvolvimento da sistemática proposta se deu a partir do estudo da bacia hidrográfica do Córrego Pau D'algo, localizada na cidade de Bauru, no Centro-Oeste paulista. Situada em uma posição geográfica privilegiada, no coração do estado de São Paulo, Bauru foi presenteada com a instalação de três importantes linhas férreas no início do século XX, a Noroeste do Brasil, Companhia Paulista e a Estrada de Ferro Sorocabana, constituindo assim, em um entroncamento ferroviário.

A presença das ferrovias ditou uma dinâmica social e demográfica ímpar no interior paulista, imputando o *status* de cidade cosmopolita. Diante de tal fama, Bauru apresentou elevado crescimento populacional já nos primeiros anos de sua fundação como município, em 1º de agosto de 1896.

Atualmente, constitui-se em uma cidade média, de grande importância regional para o comércio e com indústrias de abrangência mundial. Mesmo com o sucateamento da ferrovia e a expansão da rodovia, sua localização continua marcando sua função logística dentro do estado, possuindo umas das principais rodovias (rodovia Marechal Rondon, SP-300) que liga o centro-oeste paulista à capital e ao aeroporto Moussa Tobias, o qual possui voos diários das principais companhias aéreas do país.

Adjacente ao eixo rodoviário da Marechal Rondon e da rodovia Cezário José de Castilho (SP-321), a qual liga o aeroporto a cidade, estende-se a bacia hidrográfica do Córrego Pau D'algo, na região norte da cidade.

Por estar nos limites urbanos, a bacia do Pau D'algo constitui-se em uma bacia periurbana, a qual tem demonstrado elevada dinâmica das atividades humanas, quer seja pelas

práticas comerciais alavancadas pela sua localização favorável ao escoamento de mercadorias, como pela expansão urbana, mediante a valorização territorial ocasionada pelas melhorias estruturais urbanas.

Contudo, a urbanização, que se caracteriza por ser de média e baixa renda, avança sobre um relevo historicamente marcado pelo desenvolvimento de processos erosivos, como sulcos, ravinas e voçorocas, agravando a condição social nos bairros ali existentes. Assim, a infraestrutura urbana se mostra deficitária em comparação com as exigências da população, apresentando ruas não asfaltadas e moradias em áreas irregulares e sem saneamento básico.

Os problemas urbanos e ambientais da bacia do Córrego Pau D'alto, justificam sua escolha como objeto de estudo para o desenvolvimento dos objetivos propostos. Deste modo, esta pesquisa não é orientada por uma hipótese, consistindo na confecção de materiais cartográficos e na elaboração de uma metodologia.

Para a apresentação das etapas realizadas e dos objetivos alcançados, este trabalho se organiza da seguinte forma: o **capítulo 2** traz os pressupostos teóricos e metodológicos que fundamentam a reflexão científica, na qual o pesquisador se debruça para a identificação da problemática e dos caminhos a serem percorridos; o **capítulo 3** descreve os métodos, que norteiam e embasam o pensamento científico da pesquisa, e as técnicas utilizados para elaboração dos materiais cartográficos; o **capítulo 4** subdivide em apresentar a análise dos resultados preliminares, juntamente com a descrição da área de estudo, atendendo aos objetivos secundários e na análise dos resultados observados nos materiais cartográficos de síntese, culminando na análise do produto final da pesquisa, importantes para a concretização do objetivo geral; o **capítulo 5** concretiza o objetivo geral do trabalho, apresentando a proposta metodológica desenvolvida de orientação à expansão urbana; o **capítulo 6** encerra com as considerações finais sobre os resultados da pesquisa, apontando os principais pontos elencados e os questionamentos futuros

2. CONCEPÇÕES TEÓRICAS DA GEOMORFOLOGIA URBANA NO PLANEJAMENTO URBANO-AMBIENTAL

O Brasil tem presenciado um crescimento urbano acelerado nas últimas três décadas, com um aumento significativo das médias cidades (SANTOS, 1996; MARICATO, 2002). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no senso do ano 2010, aproximadamente 84% da população brasileira viviam nas cidades.

A expansão e a diversidade do consumo, a elevação dos níveis de renda e a difusão dos transportes modernos, junto a uma divisão do trabalho mais acentuada, fazem com que as funções de centro regional passem a exigir maiores níveis de concentração demográfica e de atividades. (SANTOS, 1996, p. 73)

A partir da década de 1940, os núcleos urbanos maiores que 100.000 habitantes aumentaram significativamente, principalmente nas regiões Sudeste e Sul, estendendo-se a todo o Brasil, nos anos seguintes (SANTOS, 1996).

O estado de São Paulo, em especial, presencia uma desconcentração da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), já em meados da década de 1970, em direção ao interior, formando eixos de desenvolvimento, alavancados pela dinâmica industrial, tais como Campinas, Sorocaba, São José dos Campos e Bauru (BETARELLI JUNIOR; MONTE-MOR; SIMÕES, 2013).

Junto a este crescimento urbano, Santos (1996) ressalta o aumento da produção e diversificação industrial, ultrapassando os limites das cidades e se instalando nas áreas periféricas e rurais, levando os elementos urbanos a tais áreas.

Este fenômeno não se limita à realidade brasileira, na verdade acompanha uma tendência mundial, intensificada após a 2ª Guerra Mundial, principalmente nos Estados Unidos e Europa, como demonstra White (1994).

O espaço urbano é, então, produzido mediante a atuação da interação dos “agentes sociais concretos, históricos, dotados de interesses, estratégias e práticas espaciais próprias [...]” (CORRÊA, 2011, p.43), desenvolvendo complexas interações territoriais.

Deste modo, o crescimento das cidades se desenrola não apenas no número de habitantes, mas também, na diversidade e qualidade de serviços, exigindo, cada vez mais, recursos naturais para apoiar tal crescimento (KHAREL, 2010).

A urbanização se desenvolve sobre um espaço que outrora constituía um ambiente natural, livre de interferências antrópicas ou pouco modificados, regidos pela dinâmica da

natureza. À medida que o homem se instala sobre um espaço, iniciando um processo evolutivo de ocupação, este espaço vai sendo transformado mediante as suas intenções.

A pressão que a urbanização exerce o a natureza é, também, observada por Barbosa (2010) ao salientar que o espaço urbano depende dos recursos dos ambientes naturais (não urbanos) para a produção das atividades, bem como de outros ambientes (urbanos ou não) para o escoamento da produção nele realizada e que isso, o caracterizaria como um ambiente insustentável.

A cidade, constituída pela interação de seus elementos naturais, sociais e subjetivos por ser um sistema aberto, é constantemente influenciada por agentes externos, permanecendo em constante desequilíbrio, o qual segundo Mota (2011) é agravado pela forma desordenada que se processa a implantação das infraestruturas necessárias e não considerando as características naturais do espaço, privilegiando a produção crescente de entropia.

O desequilíbrio urbano, observado nas cidades brasileiras, deve-se ao modelo de ocupação do território nacional, que a princípio, ocorreu de forma desigual e fragmentada, refletindo no padrão de urbanização com características perversas do ponto de vista da sustentabilidade ambiental (SCHVASBERG, 2011).

Para Mota (2011, p. 17), “o processo de ocupação é feito sem a devida implantação da infraestrutura necessária. O crescimento é desordenado, sem considerar as características dos recursos naturais do meio”.

Este pensamento é, também, compartilhado por Guerra e Marçal (2006), ao enfatizar que a urbanização e a industrialização causam uma pressão significativa ao meio físico urbano, provocando danos ambientais como, poluição atmosférica, do solo, das águas, deslizamentos e enchentes.

Os problemas ambientais, relacionados à urbanização, ganham notoriedade a partir da década de 1970, com a realização da conferência de Estocolmo, a qual foi um marco mundial para as questões relacionadas a degradação ambiental. Mas foi na Eco-92, conferência realizada na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil, que destacou-se os impactos ambientais decorrentes das ações humanas, formulando o conceito de desenvolvimento sustentável e a formulação da Agenda 21, a qual se constituiu no principal instrumento internacional de planejamento socioambiental, comprometendo cada país a pensar em políticas de desenvolvimento global e local.

No âmbito das questões urbanas, a conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos – HABITAT II, em Istambul – 1996, com base nos princípios elencados pela Agenda

21, destaca os impactos socioambientais provocados pela urbanização e os colocam nas pautas dos discursos ambientais.

Inspirados *slogan*: ‘Pensar Globalmente, Agir Localmente’, os capítulos 7 e 28 da agenda 21, tratam, respectivamente, da promoção do desenvolvimento dos assentamentos humanos, com o objetivo de desenvolver os assentamentos humanos mediante um planejamento físico e um uso da terra ambientalmente saudável; e das cidades, salientando a importância da gestão participativa dos atores locais, tanto sociais quanto políticos, a fim de implantarem políticas públicas, orientadas para o desenvolvimento sustentável da cidade. A estes, somam-se as visões ambientalistas de capacidade de suporte, pegada ecológica, equilíbrio energético, conforto ambiental entre outros, fundamentando a concepção de Cidades Sustentáveis.

O desenvolvimento sustentável é, então, compreendido como a manutenção e o crescimento das atividades econômicas, mas respeitando os limites da natureza, ou seja, sua capacidade de suporte, a fim de garantir a manutenção das sociedades futuras. Sobre este conceito, articula-se o planejamento ambiental, que para Ross (2009, p. 60) “significa permear todos os níveis das relações sociais e econômicas das sociedades humanas e dos vínculos que estas estabelecem com a natureza”.

Assim, o conhecimento das características físicas do espaço, mais precisamente do relevo, nas quais estão fixadas as estruturas urbanas, mostra-se de suma importância para o planejamento e gestão urbano-ambiental, bem como auxiliam o cumprimento das diretrizes do Estatuto da Cidade (LEI nº 10.257/01), com destaque ao:

IV - planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente; (BRASIL, LEI nº 10.257/01, ART. 2º - IV).

No inciso VI da referida lei é, também, apresentada a diretriz sobre a ordenação e controle do uso, demonstrando preocupações quanto à deterioração das áreas urbanizadas, a poluição e a degradação ambiental, a proximidade de usos incompatíveis, entre outros.

É notória a importância de pensar a cidade, ou melhor, a sua (re)construção através das necessidades humanas, sem negligenciar as características ambientais, nas quais todo o aparato urbano irá se materializar; assim, busca-se um desenvolvimento, gestão e/ou planejamento Urbano-Ambiental.

As organizações espaciais, formadas pela somatória dos sistemas naturais e antrópicos tornam-se objeto de estudo da geografia (CHRISTOFOLETTI, 1999), ou seja, o processo de urbanização fixando-se sobre um estrato natural, desenvolve uma morfodinâmica que se processa no tempo de vida humano. A ação humana sobre os elementos da natureza, em especial o relevo, desenvolve novas formas, as quais imputem novos padrões de comportamento.

Assim, o espaço urbano possui características físicas que, em muitos casos, são negligenciadas, podendo favorecer e/ou impedir a construção de determinadas estruturas urbanas, acarretando em desastres que geram grandes perdas econômicas, quando não ceifam vidas humanas. Dentre essas características físicas, destaca-se a questão do relevo que é diretamente afetado pela urbanização.

Dentre os diversos espaços formados pelo processo de formação e expansão urbana, destacam-se as regiões periurbanas, as quais constituem um complexo mosaico de interações entre as regiões rurais e urbanas, onde as estruturas urbanas não estão totalmente consolidadas, nem as características naturais preservadas (ALLEN, 2003), mas que desenvolvem intensas ações antrópicas sobre o relevo.

A importância do relevo, bem como dos demais elementos da natureza, na produção dos espaços, é salientada por Ross (2009), ao pontuar as “potencialidades dos recursos naturais, diante das novas necessidades criadas pelas sociedades humanas” e “as fragilidades dos ambientes naturais em função das interferências possíveis que as tecnologias, cada vez mais desenvolvidas permitem” (p. 60).

Deste modo, “o relevo funciona como variável importante, indicador dos diferentes ambientes que favorecem ou dificultam as práticas econômicas, responsáveis pelos arranjos espaciais e pelo processo de produção dos espaços” (ROSS, 2009, p. 61).

Alguns pesquisadores têm se dedicado a analisar as transformações da natureza através das ações humanas, como o trabalho de Goudie e Viles (1997), salientando as interferências das atividades humanas nos componentes naturais do espaço terrestre.

No contexto nacional, Guerra e Jorge (2013) organizam alguns trabalhos que retratam as degradações ambientais relacionadas ao relevo, como as erosões dos solos e movimentos de massa, com destaque para ambientes urbanos e periurbanos e com isso, apontam as interferências antrópicas sobre os sistemas físicos.

O destaque de tais obras ao ambiente urbano e sua interação com o ambiente natural, apontando as degradações ambientais, indica ser nas cidades, onde se processam as formas mais intensas de transformações da natureza pelo homem.

Neste contexto, destaca-se a obra organizada por Guerra e Cunha (2012) intitulada *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*, retratando os impactos da urbanização nos rios, no clima, nas vegetações e no relevo. Assim, são apresentados estudos que vão desde a alteração da rede de drenagem, passando pelos processos erosivos, até problemas ambientais causados pelo trânsito.

Tal viés investigativo também é apresentado nas obras organizadas por Guerra (2011), sob o título “Geomorfologia Urbana”, ao abordar a influência do urbano nos variados elementos físicos da natureza, como relevo, o solo e a água, através de estudos de caso e de técnicas possíveis de serem aplicadas em trabalhos semelhantes.

No âmbito internacional, alguns trabalhos se pautam nas formulações propostas pela geomorfologia para identificar as ações antrópicas sobre a natureza e propor orientações a ações remediadoras.

O trabalho de Schick; Grodek e Wolman (1999), apontam para esta linha, ao estudar o reflexo da urbanização na dinâmica dos transportes de sedimentos, impactando os leques aluviais. Para isso, delimita o objeto de estudo por uma bacia hidrográfica, localizada na cidade de Eilat, em Israel.

Já os autores Zhang; Ma e Wang (2008), relacionam as enchentes do delta do rio das Pérolas, na China, com as mudanças do uso e ocupação sobre a bacia hidrográfica do mesmo e utilizam o sensoriamento remoto na análise histórica das ações antrópicas, permitindo avaliar a mudança que tais ações provocaram na dinâmica hidrológica da bacia.

O desenvolvimento de processos erosivos é retratado por Trimble (1997), ao estudar as erosões do San Diego Creek, um rio urbano, localizado ao sul da Califórnia dos EUA, como sendo responsáveis por 2/3 da quantidade anual de sedimentos.

Contudo, os resultados pouco avançam em direção a uma orientação da expansão urbana visando o equilíbrio com as condições físicas da área. Os trabalhos de Hansen (1976) e de Yermolaev e Selivanov (2014), aproximam-se desta concepção, sendo este último, apresentando um método automático de agrupamento de compartimentos geomorfológicos para orientação da urbanização.

Os estudos geomorfológicos voltados ao planejamento urbano são, também, apresentados por Adeli e Khorshiddoust (2011), ao estudar a condição topográfica das áreas de eliminação de resíduos na cidade de Bonab, no Arzebaijão Oriental, causadores de diversos impactos ambientais.

Destaca-se também, a tese de Silveira (2013), o qual propôs uma metodologia de avaliação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano, tendo como objeto de estudo uma

bacia hidrográfica localizada na cidade de Piracicaba (SP). A sistemática apresentada pelo autor, fundamenta-se na interação dos sistemas natural e antrópico e nas formulações de autores consagrados como Tricart (1977), Ross (1990, 1994), Christofolletti (1979, 1999), entre outros, bem como nas formulações da antropogeomorfologia (NIR, 1983), culminando em uma rica coleção de materiais cartográficos.

No entanto, mesmo com a importância das pesquisas deste cunho, observa-se certa escassez de publicações atuais, indicando uma negligência e desinformação dos órgãos públicos e privados competentes, diante de uma temática contemporânea.

As consequências das ações antrópicas sobre o relevo são tamanhas e se processam em uma velocidade bem mais rápida que o tempo da natureza, alterando a concepção de tempo na abordagem geomorfológica. A este tempo antropogênico, o qual considera o homem como agente de transformação geológico e geomorfológico, surge a discussão de um novo período, o Quinário (SUERTEGARAY, 2009).

Os processos desencadeados neste período derivam das atividades humanas, gerando produtos tecnogênicos (PELOGGIA, 1998), os quais constituem o ambiente urbano criando novas morfologias como os aterros topográficos e as rupturas topográficas para o traçado urbano.

Novos padrões de comportamento e evolução do relevo surgem diante desta intensidade da relação humana como a natureza, cabendo à geomorfologia se debruçar nos fenômenos referentes ao tempo que se faz (SUERTEGARAY E NUNES, 2001), a fim de proporcionar conhecimento e produtos que auxiliem as tomadas de decisões quanto à organização do espaço.

Diante desta concepção, o entendimento da relação entre os sistemas físicos e sociais, é apresentada pela antropogeomorfologia (NIR, 1983). Este ramo da geomorfologia é subdividido por Santos Filho (2011) em duas principais áreas de investigação, uma referente às pesquisas dos impactos da atividade humana sobre a Terra e a outra sobre os impactos da atividade humana sobre a superfície da Terra.

Com o avanço do fenômeno urbano, os pressupostos teórico-metodológicos elencados pela antropogeomorfologia assumem relevância, principalmente no século XX, mediante o avanço do fenômeno da urbanização e em função dos eventos naturais, como inundações, deslizamentos de encosta, entre outros, mas que agora atingem um ambiente antropomorfizado (SANTOS FILHO, 2011).

Essas pesquisas se voltam para os impactos da urbanização na natureza, em especial nas feições geomorfológicas, fundamentando uma geomorfologia urbana (COOKE, 1976, COATES, 1976), a qual visa “compreender em que medida essas transformações do meio

ambiente, causadas pelo homem, podem ser responsáveis pela aceleração de certos processos geomorfológicos” (GUERRA; MARÇAL, 2006, p. 29). Com isso, os pressupostos teóricos referenciados na geomorfologia urbana possibilitam compreender a intensidade da ação do homem sobre o meio físico, importante para a gestão urbano-ambiental.

As intervenções humanas sobre a natureza mediante a implementação do urbano, analisadas por Nir (1983), são interpretadas por sucessivos cenários de uso e ocupação e categorizadas em três estágios.

O primeiro estágio, denominado de ‘sub-urbano’, representa a fase de pré-urbana, na qual as características morfológicas e das formações superficiais e solo ainda não sofreram mudanças significativas (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013). Além do mais, abarca o momento de transição entre o não urbano com o início da urbanização, fazendo com que as estruturas rurais se confundam como as urbanas.

Para Rodrigues e Gouveia (2013), a retirada da cobertura vegetal é, na maioria, a primeira intervenção antrópica neste estágio inicial de urbanização, sendo capaz de alterar a circulação hídrica da bacia e o balanço morfodinâmico.

Com a diminuição da cobertura vegetal, reduz-se a contribuição da evapotranspiração no ciclo hidrológico, diminui-se a capacidade de infiltração da água no solo e, conseqüentemente, o abastecimento do lençol freático. Assim, o escoamento superficial é intensificado, fazendo com que o volume precipitado atinja rapidamente o fundo de vale, ocasionando eventos periódicos de transbordamento das drenagens.

Os fenômenos hídricos se associam com os processos erosivos, à medida que o aumento do escoamento superficial desagrega as estruturas pedológicas mais susceptíveis, transportando maior número de sedimentos, os quais são depositados nos leitos dos cursos d’água, provocando o assoreamento dos mesmos. Como nas palavras de Rodrigues e Gouveia (2013):

À medida que os processos naturais de infiltração e de escoamento superficiais são modificados e os cursos d’água são assoreados, eventos pluviais de menor intensidade e duração vão se transformando, progressivamente, em potencializadores de ocorrências de inundações, isto é, a frequência e a magnitude das inundações aumentam (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013, p. 74).

O segundo estágio, ou o estágio intermediário, compreende o período de ‘construção urbana’, apresentando o aumento quantitativo das estruturas urbanas e as mudanças das atividades rurais para as tipicamente urbanas.

Nesta fase de intervenção urbana são realizados os cortes e aterros topográficos para a instalação das ruas e edificações, gerando materiais tecnogênicos e liberando material

superficial de menor coesão estrutural que, sob a ação do escoamento superficial, contribuem para o desenvolvimento de processos erosivos e, quando transportados para os fundo de vales, contribuem para os assoreamentos das drenagens.

Tais intervenções antrópicas criam novas estruturas morfológicas que propiciam a concentração do escoamento superficial. Em muitos casos, as novas formas antropogênicas do relevo, nesta fase, são inadequadas a expansão urbana, intensificando os processos morfodinâmicos, característico das áreas periurbanas, pois, apresentam nitidamente e intensamente os reflexos das ações antrópicas.

Em um ambiente quente e úmido, como o Brasil, as consequências das áreas periurbanas são, em muitos casos, ocupação de áreas irregulares, desenvolvimento de processos erosivos lineares mediante a concentração do escoamento superficial em ruas não pavimentadas e aumento de sedimentos no fundo de vale, diminuindo a capacidade de suporte hídrico dos canais fluviais.

Assim como salienta Rodrigues e Gouveia (2013):

É característica da fase intermediária a inexistência ou inadequação de infraestrutura urbana, tais como pavimentação de ruas, sistemas de micro-drenagens, sistemas de captação de esgoto ou coleta regular de lixo. Esse quadro é propício à instalação de escoamento superficial concentrado, cuja potência de fluxo promove a formação de sulcos, e por vezes, ravinamentos, sobretudo em arruamentos sem pavimentação ou em descontinuidade de áreas pavimentadas e sem pavimentação (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013, p. 74).

Já o terceiro e último estágio é o período do ‘desenvolvimento urbano’, com o adensamento e a consolidação da urbanização. Neste momento, com o solo praticamente todo impermeabilizado e as formas de relevo encobertas e transformadas pelas estruturas urbanas, tende-se a produzir menos sedimentos e as derivações geomorfológicas serem menos perceptíveis, exigindo maior habilidade do pesquisador em identificá-las.

Contudo, a participação do escoamento superficial na hidrodinâmica torna-se ainda mais significativa, pois a impermeabilização da superfície e a diminuição da sua rugosidade, diminuem a infiltração da água no solo e aceleram o escoamento superficial, reduzindo o tempo de concentração de água na bacia (RODRIGUES E GOUVEIA, 2013).

A este processo, soma-se a entrada de água no sistema para abastecimento da população e, conseqüentemente, o despejo dos resíduos gerados por ela, pressionando ainda mais o sistema urbano. Sobre este impacto destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Tucci (1999) e Tucci e Marques (2000), os quais buscaram compreender as interferências das ações antrópicas sobre

os sistemas hidrológicos, em especial em ambientes urbanos. Assim como Canholi (2014), ao apresentar, além dos problemas, a aplicação de alguns modelos hidrológicos.

Portanto, estudar a expansão urbana através da ótica geomorfológica auxilia na compreensão dos desequilíbrios naturais e das inquietações apontadas por Mota (2011, p. 41) de “como compartilhar as ações humanas com a conservação dos recursos naturais, ou seja, como alcançar o desenvolvimento sustentável das cidades”, afim de alcançar um equilíbrio relativo no ecossistema urbano (DETWYLER; MARCUS, 1972)

Na esfera da gestão, contribuir um planejamento nos moldes da urbanização sustentável, ou seja, visando o desenvolvimento urbano, social e ambiental (ALLEN, 2003; PENNA 2002). Como nas palavras de Ross (1995, p. 68), “a geomorfologia, pelo seu papel integrador nas ciências da terra, é uma disciplina que muito atende aos interesses da geografia e do planejamento territorial/ ambiental”.

Além disso, pode produzir, como nas palavras de Carvalho et al. (2001, p.59), “diagnósticos de situações bem como subsídios para o planejamento territorial em suas diversas escalas”, integrando os fatores naturais com os antrópicos, relacionando-os com o crescimento urbano, tendo como finalidade o planejamento.

3. MÉTODO E TÉCNICAS

A presente pesquisa está pautada no arcabouço teórico-metodológico da Teoria Geral dos Sistemas, que, sob as abordagens holísticas, vem sendo utilizado nas mais diversas pesquisas geográficas.

De acordo com Christofolletti (1999) e Ross (2009), a utilização da teoria sistêmica na geografia remete-se ao geógrafo alemão Carl Troll, que em 1938 criou o termo Ecologia da Paisagem. Visando uma maior ligação entre a ecologia e a geografia, o autor buscou integrar as questões da biologia com os da geografia, relacionando assim, os aspectos bióticos e abióticos da paisagem com o homem. Contudo, como as obras deste autor estavam em alemão, demorou a ganhar espaço nas ciências geográficas, sendo então difundida pelos americanos Naveh e Liberman com a obra *Landscape Ecology* de 1984.

Desde então, advieram outros conceitos como *geossistemas* dos pesquisadores soviéticos, tendo em Sotchava (1977) os principais trabalhos realizados sobre a *geografia da paisagem, geofísica da paisagem, síntese das paisagens, geoecologia, ecogeografia*, entre outros. Assim, Christofolletti (1999) salienta que

[...] o contexto inerente às diversas denominações engloba uma visão renovada e moderna da Geografia Física, no tocante ao estudo de objeto expressando unidade complexa e interativa. Em todas essas nuances verificamos a proposição de abordagem holística, tendo como subjacente os fundamentos ligados com a teoria dos sistemas. (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.46)

Relacionada aos estudos geomorfológicos por Chorley (1962 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1979), a Teoria Geral dos Sistemas compreende os objetos de estudo como um conjunto de elementos (objetos) que se relacionam entre si, constituindo os sistemas (BERTALANFFY, 2010). “Um Sistema é um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra ‘conjunto’ implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado das outras unidades”. (MILLER 1965 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1979, p.1)

Assim, sob esta abordagem científica, esta pesquisa foi desenvolvida a fim de atingir os objetivos propostos e contribuir para o planejamento urbano-ambiental.

3.1 Técnicas Cartográficas

Os materiais cartográficos constituem instrumentos fundamentais para a concretização dos objetivos propostos, pois permitem coletar dados sobre as características geomorfológicas e as ações antrópicas sobre o relevo.

Os materiais cartográficos elaborados correspondem às etapas da pesquisa e são relacionados na abaixo (Figura 1).

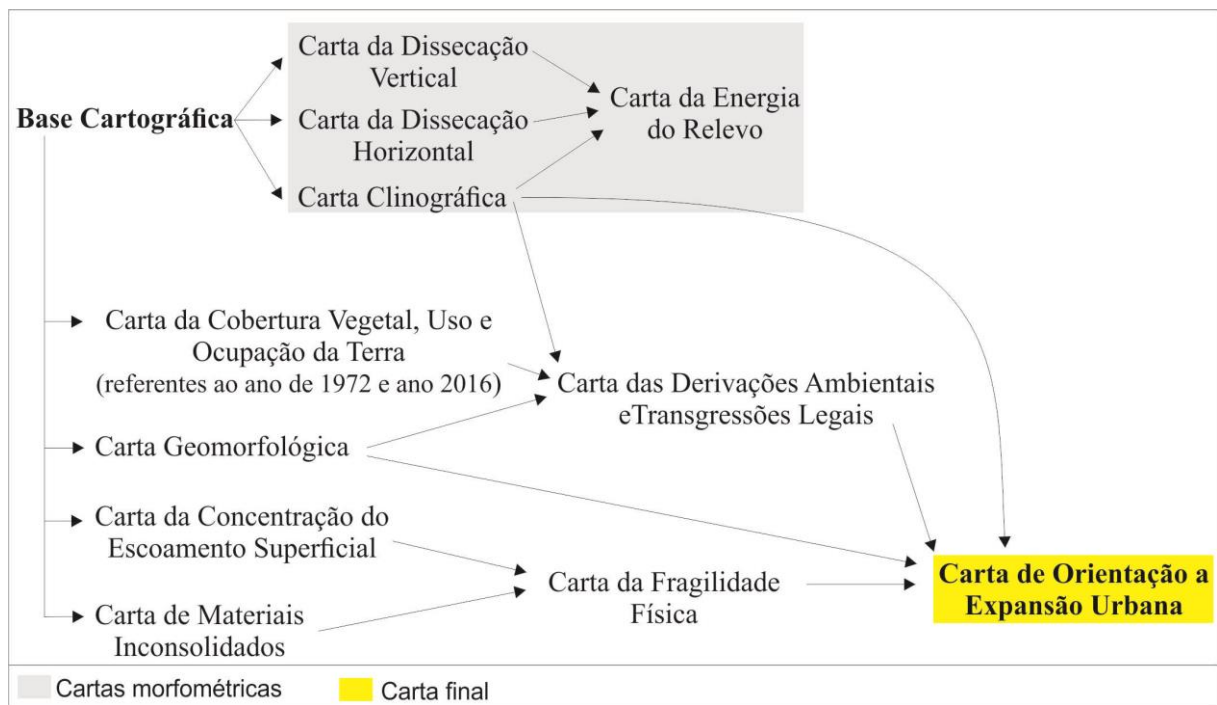


Figura 1 - Relação dos materiais cartográficos elaborados, correspondentes às etapas da pesquisa.

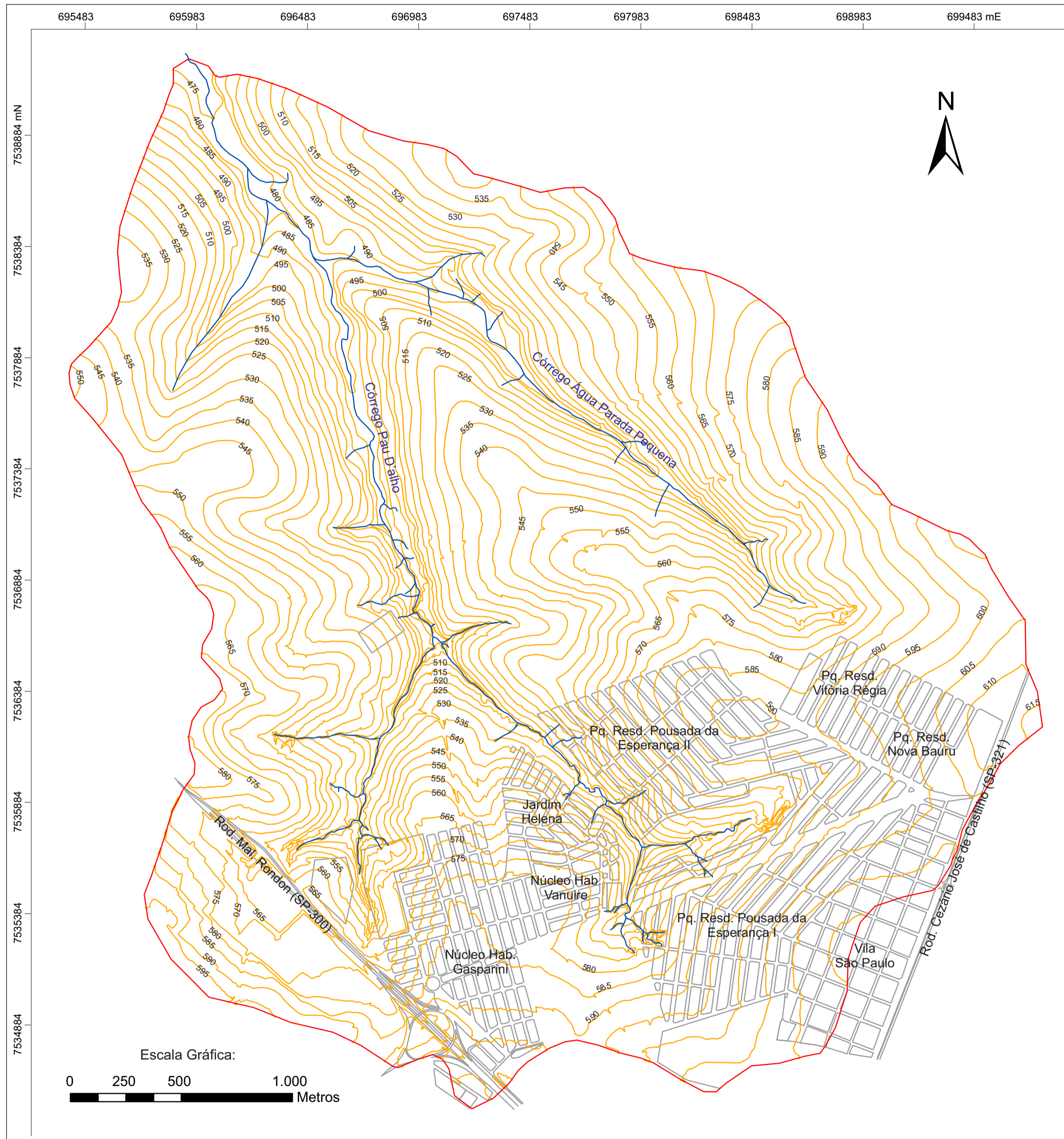
A base cartográfica (Figura 1) para tais materiais, referente à área urbana, delimitada pelo plano diretor do município, foi obtida junto à Prefeitura Municipal de Bauru, em escala de 1:10.000, em vetor na plataforma Cad (arquivo na extensão DWG). Já a parte correspondente à zona rural foi obtida junto à Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) de Bauru, também na escala de 1:10.000, porém em formato analógico.

Assim, a carta topográfica, obtida junto à prefeitura, foi convertida para a plataforma de SIG (em arquivos *shapefile*), e a carta proveniente da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) foi inserida como arquivo *raster* no ArcGis, georreferenciada e vetorizada, complementando a base da prefeitura. Contudo, os materiais cartográficos são apresentados na escala de 1:15.000, pois avaliou-se que a diminuição da escala em relação à base cartográfica não comprometeria o detalhe necessário para a realização dos objetivos propostos.

Cabe ressaltar que a carta obtida junto à prefeitura diferencia-se no traçado de suas curvas de nível, pois apresenta as alterações topográficas provenientes da urbanização, como aterros e cortes para a instalação de moradias, rodovias, ruas e avenidas e que cada elemento foi vetorizado em *layers* específico, no formato *shapefile*, tais como as curvas de nível, drenagens, limite da bacia e ponto cotado.

A presença das alterações antrópicas sobre o relevo, representada pelas curvas de nível, contribuíram para que os materiais cartográficos confeccionados neste trabalho apresentassem maior semelhança com a realidade, tendo em vista que a área de estudo compreende uma região de expansão urbana, onde as ações antrópicas são constantes, alterando a paisagem em relação ao seu estado natural. Assim, tal característica da base cartográfica foi de suma importância para que os resultados obtidos fundamentassem as análises, permitindo atingir os objetivos propostos.

BASE CARTOGRÁFICA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



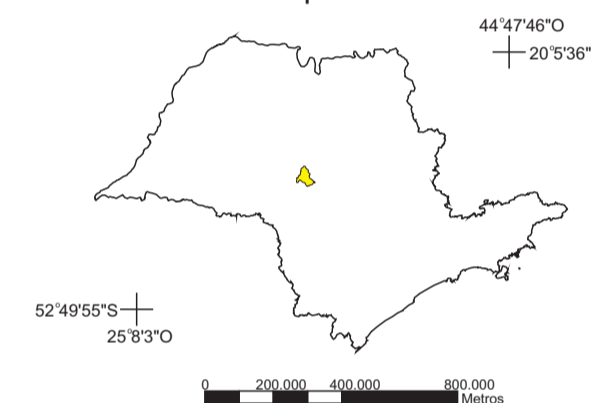
Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia
- Curva de Nível

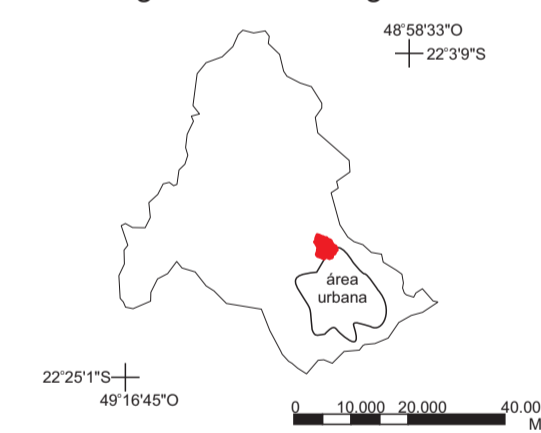
Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru.



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'alho



PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Fonte: Base topográfica fornecida pela PMB e pelo CATI/SP
Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
Datum: SIRGS 2000
Coordenadas UTM (metros)



Figura 2 - Base cartográfica da bacia hidrográfica do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP)

3.1.1 Carta Clinográfica

A carta Clinográfica constitui-se em uma importante ferramenta para os estudos geomorfológicos. Baseada nas curvas de nível da base topográfica elaborada para esta pesquisa, a carta clinográfica visa quantificar o declive do terreno dando suporte para a análise da área, “visto que o manejo das áreas rurais e o gerenciamento do uso do solo urbano necessitam de dados sobre a declividade do terreno” (CUNHA, 2001, p. 42).

A importância da carta clinográfica é, também, salientada por Zacharias (2001), ao afirmar que:

[...] dentre as cartas morfométricas mais comumente utilizadas por diversos profissionais, a de Declividade ou Clinográfica possibilita a quantificação, em classe, da inclinação do terreno. Trata-se de uma carta coroplética onde a intensidade das cores ou tramas representa as classes, que podem ser quantificadas em grau ou em porcentagem. (ZACHARIAS, 2001, p. 120)

A carta clinográfica foi então elaborada digitalmente na plataforma Gis, por meio do *software* ArcGis 9.3. No entanto, as classes de declividade foram definidas segundo a proposta de De Biasi (1992), que apresenta a seguinte fórmula para a obtenção da declividade do terreno em porcentagem.

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

Onde:

D = Declividade, em porcentagem

n = Equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico);

E = Espaçamento entre as curvas de nível (distância horizontal).

Com a ferramenta *régua* do *software* ArcGis, mediu-se, na base cartográfica vetorizada, a maior distância entre as curvas de nível, que geralmente se encontra nos topos dos interflúvios, para obter a classe de menor declividade; e a menor distância para se obter a de maior declividade, salientando, assim, a relação inversamente proporcional da distância entre as curvas de nível com a declividade do terreno.

Na quantificação do espaçamento entre as curvas de nível foram encontradas medidas superiores a 1 cm na carta topográfica que representam distâncias maiores que 100m no terreno para as menores declividades e 1,1mm, representando 11m, para as maiores declividades.

A partir de então, com base nas características da área e nas disposições legais, foram definidas as classes de declividade, apresentadas em porcentagem, a fim de dialogar com as leis municipal (n.º 5631/08) e federal (n.º 6766/79).

Em relação à classe de declividade <5%, De Biasi (1992) caracteriza como:

[...] limite urbano industrial, utilizado internacionalmente, bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e da EMPLASA – Empresas Metropolitanas de Planejamento da Grande São Paulo S/A. (DE BIASI, 1992, p. 47).

Contudo, diante da significativa presença dos topos convexos, com declividades inferiores a 5% e visando a orientação à urbanização, optou-se por definir a classe de menor declividade como <2% (cor verde), seguida da classe de 2% a 5% (cor amarela), considerando as orientações de De Biase (1992) para a instalação das estruturas urbanas; depois definiu-se a classe de 5% a 12% (cor laranja), respeitando o plano diretor municipal (Lei n.º 5631/08), que no artigo 63 da seção 2 apresenta como parâmetro para o parcelamento do solo na zona rural para fins de sítio de recreio, declividades inferiores a 12%; as próximas classes, de 12% a 20% (cor vermelha) e de 20% a 30% (cor marrom), derivou das observações referentes as características da área de estudo, constituindo-se como faixas intermediárias para o maior declive, visando os objetivos propostos; e a classe de maior declividade, >30% (cor marrom escuro), pautou-se na lei federal n.º 6.766/79 (Lei Lehmann), sobre parcelamento do Solo Urbano, a qual indica que:






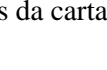
Art. 3º Somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definidas pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal.

Parágrafo único - Não será permitido o parcelamento do solo:

III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes. (BRASIL, 1979)

Deste modo, a carta de declividade foi composta por 6 classes, apresentadas no quadro

1.

Classes de Declividade	Cor na Carta	Parâmetros de Análise
< 2%		Característica da área (topos convexos com baixa declividade e planícies fluviais).
2% 5%		Instalação de estrutura urbana (De Biasi, 1992).
5% 12%		Uso do solo rural – Plano diretor municipal (Lei nº 5631/08)
12% 20%		Características da área – declividade intermediária
20% 30%		Características da área – declividade intermediária
≥ 30%		Uso restrito ao parcelamento do solo urbano (Lei Federal 6.766/79).

Quadro 1 - Classes da carta clinográfica

Assim, definidas as classes, realizou-se a elaboração da carta de declividade de forma digital, no *software* ArcGis, segundo as orientações de Machado (2015), demonstrando um resultado adequado e condizente com as características da área.

Cabe ressaltar, que as classes de declividade geradas pelo *software* foram em graus e as definidas no trabalho foram em porcentagem. Assim, ao inserir valores das classes de declividade, foi preciso converter os valores de porcentagem em graus, para que, quando gerada, as declividades estejam condizentes com os valores em porcentagem.

Para a criação das declividades, o *software* utilizado permite realizar diversos cálculos matemáticos, triangulando os valores de distância horizontal e altitude (obtidos através das curvas de nível, pontos cotados e o TIN), formando uma malha de triângulos entre as curvas de nível, correspondendo à declividade entre as mesmas.

Contudo, em alguns casos, durante o processamento dos dados, o *software* cria declividades diferentes em uma mesma distância longitudinal, entre as curvas de nível, ou extrapola os limites das mesmas, gerando os erros. Assim, esses erros constituem em declividades maiores ou menores do que seriam, referentes à área em que se encontram.

Mesmo ocorrendo em pequena parcela da área e em muitos casos sendo imperceptível devido a escala, a correção dos erros foi de suma importância para a carta clinográfica, pois, esta serve de referência para outras cartas. Desta forma, quanto mais próxima à realidade for a carta de declividade, mais preciso serão os outros mapeamentos.

Assim, a correção dos erros foi realizada manualmente (Figura 2), dentro da plataforma de edição do ArcGis, editando as declividades. Para isso, foi preciso converter o *TIN* gerado com as declividades, em triângulos, utilizando a ferramenta de conversão ‘triângulo *TIN*’. Nas

propriedades deste novo arquivo, em sua caixa de diálogo, os triângulos gerados foram redefinidos manualmente com as classes de declividade já pré-estabelecidas.

Após este procedimento, todos os triângulos referentes às declividades passam a ser editáveis, possibilitando a correção dos erros com o auxílio da ferramenta régua, a fim de identificar a distância horizontal entre as curvas e estabelecer, então, a declividade de modo mais preciso.

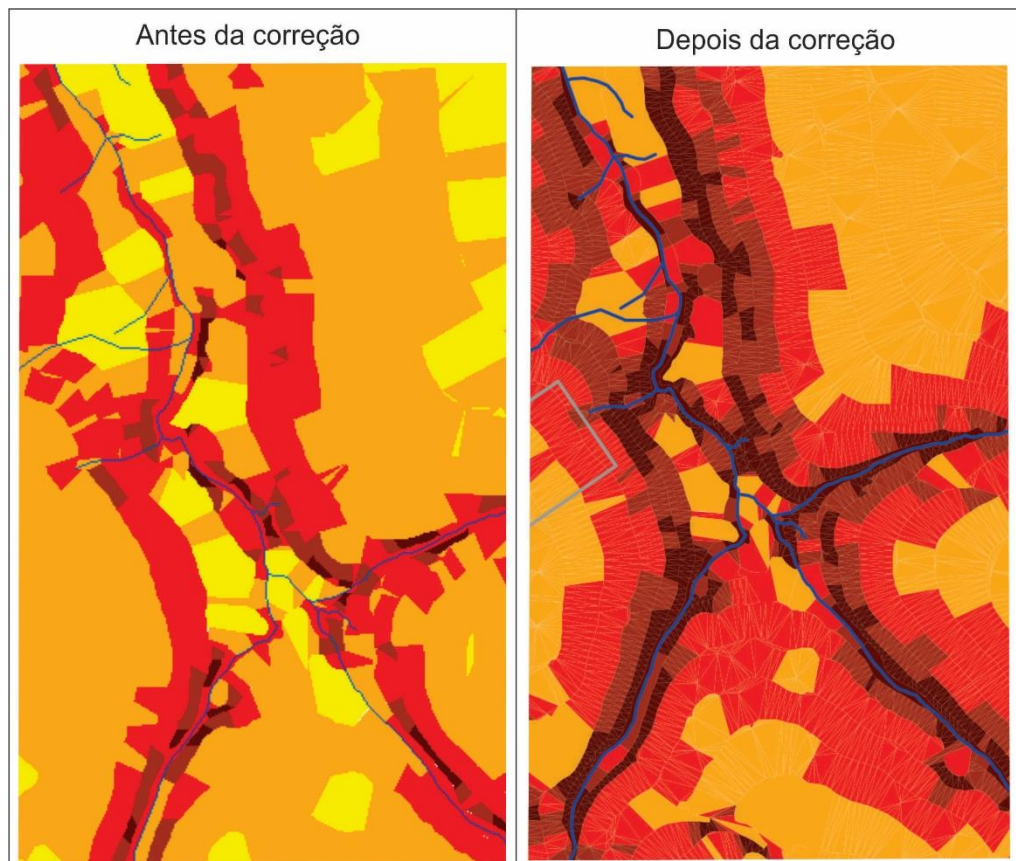


Figura 3 - Correção da declividade na carta clinográfica
Fonte: Carta clinográfica; organizado pelo autor

A correção dos erros mostrou-se um trabalho árduo, mas necessário e satisfatório, resultando em um material cartográfico de ótima qualidade, além da utilização de novas técnicas de elaboração, contribuindo assim, para o avanço nas técnicas de elaboração desse tipo de mapeamento.

3.1.2 Carta de Dissecação Horizontal

A carta de Dissecação Horizontal possibilita quantificar a distância que separa os talwegues das linhas de cumeada. Através desta carta, é possível avaliar o processo de dissecação provocado pelos rios sobre a superfície em estudo. Para Cunha (2001, p. 47), “Dessa maneira, a carta de dissecação horizontal auxilia na avaliação da fragilidade do terreno à atuação dos processos morfogenéticos, indicando setores onde interflúvios mais estreitos denotam maior suscetibilidade à atuação destes”.

Para a elaboração desta carta, foi usada a proposta de Spiridonov (1981), considerando as características morfoesculturais e morfoestruturais da área. Assim, para a construção deste documento, deve-se considerar o relevo representado nas cartas topográficas como um triângulo retângulo, no qual é possível se obter a linha de cumeada com a interpretação dos setores de dispersão d’água. Dessa forma é possível identificar a distância entre tal linha e o talvegue fluvial já traçado.

Assim, utilizou-se a técnica digital, através da ferramenta desenvolvida por Ferreira et al. (2014), a qual tem por objetivo gerar polígonos que representem a dissecação horizontal, a partir de linhas que conectem um ponto do canal de drenagem a um ponto da borda da bacia e sub-bacias, de acordo com as classes definidas com um ângulo aproximado de 90° (noventa graus) em relação ao canal de drenagem.

Para o mapeamento automático foi necessária a delimitação das sub-bacias, no formato de polígono, podendo estar todas em um único arquivo vetorial (.shp), mais as suas respectivas drenagens e as curvas de nível. Utiliza-se também o Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual é gerado a partir da ferramenta do próprio ArcGis, com base nos dados altimétricos, para a geração do *TIN*, constituindo um arquivo *raster*.

Após a obtenção das sub-bacias no formato *raster*, foi preciso o preenchimento dos parâmetros da ferramenta na sua interface.

Primeiro definiu-se uma pasta de trabalho, de preferência no mesmo diretório dos outros arquivos de trabalho; em seguida adicionou-se o arquivo das sub-bacias (em polígonos) e depois o arquivo das drenagens, salientando que os finais das linhas, representados pelos vértices vermelhos, devem estar posicionados no exutório da bacia, a fim de indicar ao *software* o sentido do escoamento das mesmas.

O parâmetro de segmentação se dá a partir da escala de trabalho, considerando-se que a escala de trabalho 1:15.000, definiu-se esse parâmetro com 2 metros, pois corresponde ao

menor valor linear discernível da referida escala, correspondendo, também, ao erro gráfico permitido (FERREIRA et al., 2014).

O parâmetro de agrupamento está relacionado à sinuosidade do canal e ao parâmetro de segmentação. Assim, canais mais sinuosos tendem a apresentar um resultado menos satisfatório. Deste modo, seguindo as orientações de Ferreira et. al (2014) e de testes empíricos, definiu-se o valor do parâmetro de agrupamento igual a 60 (segmentos).

No campo do MDE, foi inserido o arquivo raster, elaborado através da ferramenta *Gerar TIN* do *software* ArcGis e no local de saída foi definida uma pasta *geodatabase*, a fim de elaborar um arquivo mais estável e de mais fácil acesso a futuros trabalhos; no campo seguinte, definido o nome do arquivo de saída com as dissecções, como Carta_DH (carta de dissecção horizontal). O último campo, referente às classes, foi preenchido inserindo o valor de cada classe no primeiro campo e clicando no símbolo +, presente na lateral da caixa de diálogo aberta.

As classes de dissecção horizontal foram estabelecidas conforme a escala de trabalho e mediante as características da área. Deste modo, o valor da primeira classe foi menor ou igual a 10m, representando 5 vezes o menor valor linear adequado (2m) a escala e os valores das classes seguintes foram atribuídas com base no dobro do limite da classe anterior, de acordo com as orientações de Spiridonov (1981), até atingir o máximo da distância representativa para a área (Quadro 2)

INTERVALO (EM METROS)	ID DA CLASSE	CORES
< 10 m	0	Marrom escuro
10m 20 m	1	Roxo escuro
20 40 m	2	Marrom
40 80 m	3	Marrom Claro
80 160 m	4	Vermelho
160 320 m	5	Laranja
320 640 m	6	Amarelo
> 640 m	7	Verde

Quadro 2 - Classes de dissecção horizontal

Para a inserção das classes na interface da ferramenta, cabe ressaltar que o último valor, correspondente à última classe seja um número que extrapole os possíveis valores encontrados

na bacia estudada. Assim, após o total preenchimento da interface (Figura 3), iniciou-se o processamento.

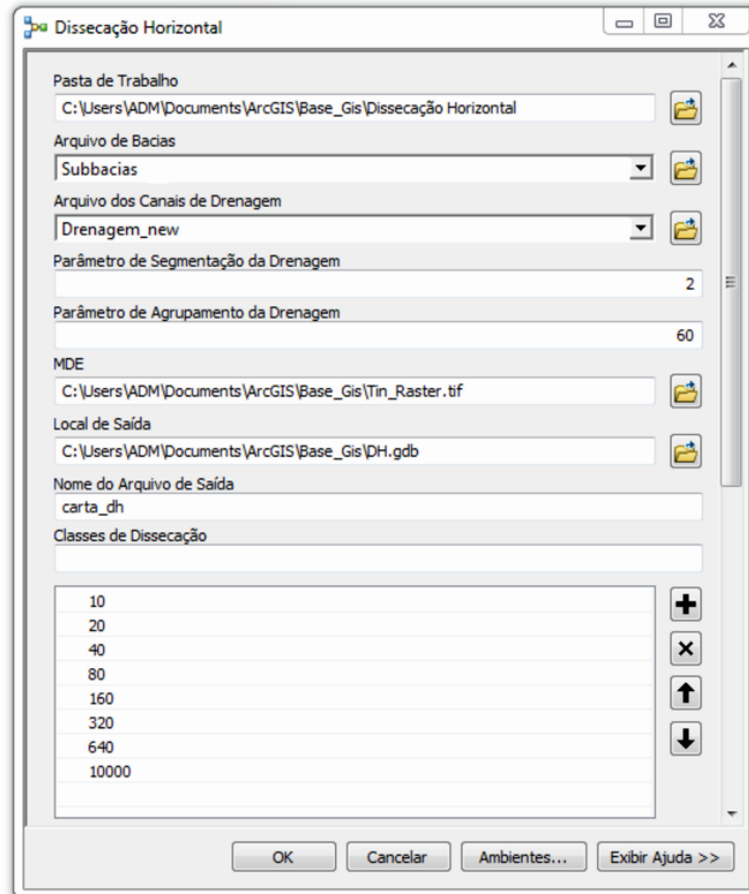


Figura 4 - Interface preenchida da ferramenta para a criação automática da dissecação horizontal.

O tempo de processamento pode variar, de alguns minutos até algumas horas, dependendo do tamanho da bacia e da capacidade de processamento do computador utilizado, daí a necessidade de um bom *hardware* para a execução de tal processo.

Durante o processamento da dissecação, algumas sub bacias deram erros, o que exigiu a separação dessas em arquivos, em grupos de 10; assim, o processamento sucedeu-se em parcelas de 10 em 10 sub bacias, até completar toda a área de estudo.

Assim, observou-se que o desempenho do *software* no processamento da dissecação horizontal depende das características do *hardware* e da bacia processada, podendo apresentar comportamentos diferenciados quando da variação de tais parâmetros.

Finalizado o processamento, inseriram-se as sub bacias na área de trabalho do ArcGis. Contudo, o mapeamento visualizado correspondeu a uma malha de polígonos de uma só cor e, para classificá-los de acordo com as classes já definidas, foi preciso adicionar os valores da

dissecação na caixa de diálogo referente as propriedades – ‘categorias – combinar símbolo em um estilo’.

Após essa etapa, a carta de dissecação horizontal pode ser editada na plataforma de edição do ArcGis, o que se mostrou muito útil, pois, como é processada através de cálculos matemáticos podem ocorrer alguns equívocos, sendo assim, necessária a correção manual, como ocorrido durante a elaboração desta carta.

A referida técnica digital empregada mostrou-se bastante eficiente na elaboração da carta de dissecação horizontal, dinamizando o processo de construção e adequando as técnicas de mapeamentos às novas tecnologias. Contudo, ainda foi necessário o conhecimento prévio das características da área de estudo, para reconhecer os erros e corrigi-los.

3.1.3 Carta de Dissecação Vertical

A carta de Dissecação Vertical, segundo Cunha (2001, p. 50), “tem como objetivo quantificar, em cada setor de cada sub-bacia hidrográfica, a altitude entre a linha de cumeada e o talvegue”. Dessa forma, é possível analisar o poder erosivo dos cursos fluviais, bem como identificar e comparar os diversos estágios erosivos presentes na área em estudo.

Assim, a carta de dissecação vertical auxilia na avaliação da velocidade do fluxo do escoamento superficial, dando respaldo à compreensão de áreas mais susceptíveis aos processos erosivos e a análise dos já existentes, pois, possibilita determinar a altitude relativa do terreno em relação ao talvegue mais próximo.

Para a elaboração deste material cartográfico, foram utilizadas as orientações propostas por Spiridonov (1981), o qual apresenta a delimitação de cada pequena sub-bacia registrada na área como o primeiro passo. A seguir, são identificados os pontos nos quais ocorrem as interseções entre o talvegue e cada curva de nível. Estes pontos são unidos às linhas de cumeada de maneira a respeitar a linha de maior caída do relevo, ou seja, a menor distância entre o talvegue e a linha de cumeada. Delimitam-se assim, setores que serão classificados de acordo com sua altitude em relação ao talvegue.

Com tais orientações, aplicou-se a técnica automática de mapeamento da dissecação vertical apresentada por Ferreira et al. (2015), o qual desenvolveu uma ferramenta para o *software* ArcGis, capaz de quantificar os desníveis altimétrico relativos das sub-bacias.

A elaboração deste material cartográfico utilizou as estruturas cartográficas já desenvolvidas na base cartográfica, como as drenagens e as curvas de nível, o MDE (TIN raster)

utilizado na carta clinográfica e na dissecação horizontal e as sub-bacias (em polígonos) já delimitadas, as quais foram adicionadas na interface da ferramenta.

O procedimento de preenchimento dos campos da ferramenta assemelha-se ao da dissecação horizontal, sendo, portanto, a definição da pasta de trabalho (no primeiro campo, de preferência uma pasta presente no mesmo diretório dos outros arquivos); as drenagens (as mesmas utilizadas na dissecação horizontal); as sub-bacias (delimitadas para a dissecação horizontal); as curvas de nível (ressaltando a necessidade de ter os valores altimétricos de cada curva, encontrados na tabela de atributos); o valor da equidistância das curvas (dependendo da escala do mapa e da base cartográfica); selecionar o campo no qual se encontram os valores das curvas de nível (geralmente descrito como Elevação); o MDE (o arquivo TIN-raster, utilizado na dissecação horizontal); a identificação da escala de trabalho (o mesmo da base cartográfica); a definição do local de saída (também se recomenda que seja em um arquivo *geodatabase*, por ser um formato de arquivo mais estável, de mais fácil acesso); e, por fim, o nome do arquivo a ser gerado.

Deste modo, de acordo com as características da base cartográfica, para este mapeamento o campo referente a equidistância das curvas de nível foi preenchido com o valor 5 e a escala de trabalho como 1:15.000.

O processamento da dissecação vertical pode variar, assim como o da dissecação horizontal, dependendo do tamanho das sub-bacias e da capacidade de processamento do *hardware* utilizado, podendo levar alguns minutos, como até algumas horas. Destaca-se que o processamento da dissecação vertical se mostrou mais rápido do que o da dissecação horizontal. Contudo, o processamento apresentou alguns erros, que podem estar relacionados a dificuldade do *software* em ler os dados e processá-los simultaneamente, sendo necessário realizá-lo de forma particionada, ou seja, por grupos de sub bacias, que neste caso foram de 20 em 20.

Após o término do processamento, inseriram-se os arquivos gerados na área de trabalho do ArcGis, aparecendo uma malha de polígonos irregulares de um única cor. Assim, foi preciso a configuração de cada arquivo, nas respectivas caixas de diálogos das propriedades, como apresentado na figura 4.

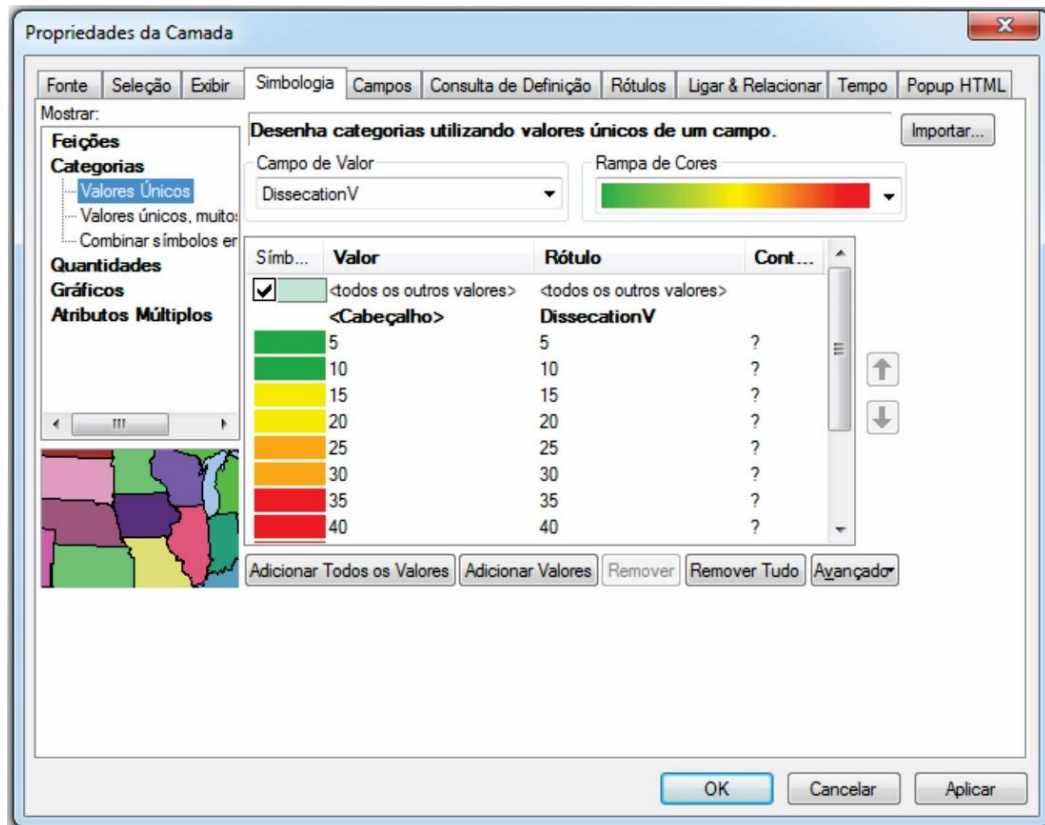


Figura 5 - Interface de configuração das classes de dissecação vertical

Com este procedimento, os polígonos criados aparecem com suas classificações, de acordo com as equidistância das curvas de nível, podendo ser editados e agrupados na área de edição do ArcGis, definindo as cores que irão representá-los. Assim, mediante as características das áreas e visando um mapeamento que melhor representasse o relevo, as classes foram definidas de 10m em 10m, tendo como a classe de menor dissecação <10m e a de maior dissecação >70 m (Quadro 3).

INTERVALO (EM METROS)	ID DA CLASSE	CORES
< 10m	0	Verde
10 20 m	1	Amarelo
20 30 m	2	Laranja
30 40 m	3	Vermelho
40 50 m	4	Marrom Claro
50 60 m	5	Marrom
60 70 m	6	Roxo Escuro
> 70 m	7	Marrom Escuro

Quadro 3 - Classes de dissecação Vertical

Finalizados tais procedimentos, foram identificados alguns erros na delimitação dos polígonos, comuns em procedimentos automáticos que se utilizam de cálculos numéricos, mas que foram corrigidos manualmente, através das ferramentas de edição do próprio *software*.

Assim, esta técnica mostrou-se de suma importância para a elaboração da carta de dissecação vertical, apresentando um resultado satisfatório e contribuindo para a adequação dos mapeamentos morfométricos às novas tecnologias. Contudo, não descarta a necessidade do conhecimento prévio da área mapeada, nem das habilidades do pesquisador em identificar os erros e adequar o mapeamento a melhor representatividade do terreno.

3.1.4 Carta da Energia do Relevo

A carta de Energia do Relevo originou-se da avaliação qualitativa dos dados obtidos com as cartas clinográfica, de dissecação horizontal e vertical, constituindo em uma síntese de tais documentos. Com isso, seguindo a proposta de Mendes (1993), reuniram-se os dados quantitativos da geometria do relevo, mapeados nas três cartas citadas anteriormente, em classes qualitativas, organizadas de acordo com parâmetros específicos, visando os objetivos propostos e de acordo com as características da área.

Para a elaboração da carta de Energia do Relevo, Mendes (1993) identifica as classes por termos qualitativos que variam de muito forte a muito fraco, evidenciando que cada classe será estabelecida segundo o conjunto de combinações de declividade, dissecação horizontal e vertical.

A definição das classes se deu de acordo com características da bacia, observadas nas cartas de declividade e das dissecações, assim como Mendes (1993) orienta, estabelecendo uma hierarquia das cartas morfométricas. Deste modo, mesmo a área apresentando alta dissecação vertical, as baixas declividades destes terrenos em alta vertente e topo, amenizam a ação da gravidade sobre o relevo, tornando a declividade fator determinante na classificação da energia do relevo. Já a dissecação horizontal é pouco influenciada pela declividade visto que, ao identificar os interflúvios mais estreitos, possibilita avaliar a ação fluvial na modelagem do relevo.

Estabelecidos os critérios, tomaram-se como parâmetros definidores, primeiramente, a carta de declividade, seguida da de dissecação horizontal e, por fim, a vertical, tendo esta a necessidade de ser combinada com as outras para definir as classes superiores de energia, como demonstra o quadro 4. O número de classes segue os já estabelecidos na carta clinográfica.

Classes de Energia do Relevo	Declividade	Razão adotada	Dissecação Horizontal	Razão adotada	Dissecação Vertical	Cores das Classes
Muito Forte	$\geq 30\%$ -	Ou	$> 10m$ $10m - 20m$	-	-	Marrom Escuro
	20% - 30%	-	-	E	$\geq 70 m$	
Forte	20% - 30%	Ou	$20m - 40m$ $40m - 80m$	Ou	$\geq 70 m$ $60m - 70m$	Marrom
			$80m - 160m$		$50m - 60m$ $40m - 50m$	
Medianamente Forte	12% - 20%	Ou	$160m - 320m$	Ou	$30m - 40m$	Laranja
Média	5% - 12%	Ou	$320m - 640m$	Ou	$20m - 30m$	Amarelo
Muito Fraca	$< 2\%$ -	Ou	$> 640m$ -	Ou	$10m - 20m$ $< 10m$	Verde
	-	-	-	-		

- : indicação de etapa não considerada na sequência do processo de elaboração.

Quadro 4 - Classes de Energia do Relevo.

Com o auxílio do software ArcGis, os dados das referidas cartas foram agrupados, possibilitando a elaboração deste material de síntese. Assim, as classes das respectivas cartas foram separadas dentro de um novo *layer* em *shapefile*, e inseridas em um novo ambiente de trabalho, compondo as novas classes de energia do relevo.

Para os casos em que duas classes de cartas distintas foram combinadas, como na classe de energia Muito Forte (combinando a declividade de 20% - 30% com a dissecação vertical $> 70m$), foi utilizada a ferramenta de intersecção e o produto foi separado em um novo *layer* de formato *shapefile*.

Com a ferramenta Unir, agrupou-se, então, as respectivas classes, referentes a cada carta, para compor as classes da energia do relevo, ou seja, para a elaboração da classe de energia Muito Forte, inseriu-se a declividade $\geq 30\%$, seguida da dissecação horizontal $> 10m$ e $10m - 20m$, mais o produto gerado da intersecção da declividade (20% - 30%) com a dissecação vertical ($> 70m$) e unindo estes quatro parâmetros, formou-se a classe Muito Forte de energia do relevo.

Assim, este material cartográfico foi de suma importância para a compreensão das características físicas da área de estudo, pois demonstrou as áreas de maior potencialidade para a ação morfogenética, a partir do processo denudativo do relevo.

3.1.5 Carta Geomorfológica

As cartas geomorfológicas constituem-se em documentos complexos, pois devem abarcar não somente as formas do relevo como também sua estrutura geológica, cronológica, morfográfica e até as características morfométricas da área (TRICART, 1965). Assim, para a elaboração da carta geomorfológica “procura-se em um único documento, registrar as características do relevo relacionadas ao sistema morfológico e processo-resposta” (CUNHA, 2001, p.62).

Dessa forma, buscando abarcar os aspectos que constituem uma carta geomorfológica, foi utilizada a base cartográfica vetorizada, em escala de 1:15.000, a qual forneceu as informações morfométricas tal como a elevação do terreno. Ainda, para a obtenção das informações sobre a morfografia, utilizaram-se fotografias aéreas, datadas de 2010/2011, cedidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitana S/A (EMPLASA), na escala de 1:25.000, mas com resolução de 1m, o que permitiu uma visualização de detalhe, quando inseridas no *software* ArcGis e georreferenciadas na escala de trabalho (1:15.000)

Os trabalhos de interpretação, por meio da técnica de estereoscopia, e mapeamento das características geomorfológicas foram realizados na plataforma de edição do referido *software*. Para isso, utilizou-se o *software* Stereo Photo Maker, de licença gratuita, para realizar a composição dos pares estereoscópicos, de acordo com as orientações de Souza e Oliveira (2012) e em seguida, a partir do método anáglifo e com o auxílio dos óculos especiais de lentes coloridas, realizou-se a interpretação das feições geomorfológicas, de forma digital no ArcGis.

Os símbolos (Quadro 5) utilizados para a identificação das feições geomorfológicas foram baseados nas orientações de Tricart (1965), Verstappen e Zuidam (1975), Rodrigues (2005) e Zanatta (2014), com as necessárias adaptações a fim de melhor representar as características da área estudada. De Rodrigues (2005) a simbologia referente aos cortes e aterros topográficos, referenciando as ações antrópicas no modelado do relevo, a qual foi denominada de *Degraus Antrópicos*. Já em Zanatta (2014), foi adaptado o símbolo para as bacias de contenção das águas pluviais, as quais, geralmente, se encontram nas margens das estradas, e também a simbologia referente às erosões nas bordas das drenagens.

A construção da simbologia seguiu as orientações de Paschoal, Conceição e Cunha (2010), cujo trabalho sistematiza o processo de elaboração dos símbolos na própria plataforma Gis, facilitando inseri-los na área de edição, na qual se encontra a base cartográfica e os pares estereoscópicos das fotografias aéreas.

ELEMENTOS	DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO	FONTE	
Formas de Vertente e Interflúvios	Vertentes	Côncava		Verstappen e Zuidam (1975)	
		Convexa		Verstappen e Zuidam (1975)	
		Retilínea		Verstappen e Zuidam (1975)	
		Irregular		Verstappen e Zuidam (1975)	
	Colo topográfico			Verstappen e Zuidam (1975)	
	Linha de cumeada			Tricart (1965)	
	Feições erosivas	Sulcos		Tricart (1965)	
		Ravinas		Tricart (1965)	
		Voçoroca		Tricart (1965)	
		Borda do canal fluvial		Adaptações de Zanatta (2014)	
		Marcas de erosão difusa		Verstappen e Zuidam (1975)	
	Topografia e morfometria	Curva de nível		Tricart (1965)	
		Ponto cotado	◦550	Tricart (1965)	
		Caimento topográfico		Tricart (1965)	
	Ações das Águas Correntes	Feições de drenagens	Canal fluvial		Tricart (1965)
Canal pluvial				Tricart (1965)	
Área de acumulação de planície e terraço fluvial			Tricart (1965)		
Modelado de entalhe		Rupturas topográficas	suave		Tricart (1965)
			abrupta		Tricart (1965)
			Com afloramento de lençol		Zanatta (2014)
Fundo de vale		Em V		Verstappen e Zuidam (1975)	
	Plano		Verstappen e Zuidam (1975)		
Modelado Antrópico	Degraus antrópicos			Adaptações de Rodrigues (2005)	
	Bacia de contenção			Adaptações de Zanatta (2014)	
	Terraços agrícolas			Verstappen e Zuidam (1975)	

Quadro 5 - Símbolos geomorfológicos, com seus respectivos autores
 Fonte: Organizado pelo autor

Após a elaboração da carta geomorfológica, foram realizados trabalhos de campo a fim de reambular as feições mapeadas. Os trabalhos de campo realizados ao longo da pesquisa contribuíram, também, para novas atualizações deste material cartográfico, pois, à medida que a pesquisa avança e novas análises são realizadas, novas interpretações, que melhor descrevem a área, podem surgir, alterando a carta geomorfológica até a análise final do trabalho.

Como a área de estudo se encontra em uma região de expansão peri-urbana e a base cartográfica apresenta algumas anomalias nas curvas de nível decorrentes da ocupação urbana, foi importante mapear os efeitos antrópicos no relevo e separá-los dos naturais. Assim, como os símbolos das rupturas são os mesmos tanto para as naturais como para os degraus antrópicos, foi preciso diferenciá-los por meio da cor, sendo que as rupturas de cor vermelha representam os efeitos antrópicos no relevo e as pretas as naturais, padronizando assim, as feições antrópicas com a cor vermelha, também utilizada nas bacias de contenção.

Além do mais, diante da falta de informações geológicas detalhadas, impossibilitando a identificação precisa dos limites entre as Formações Rio do Peixe e Marília, as características litológicas da bacia do Pau D'alto foram consideradas, apenas, na discussão dos dados obtidos, e não, na carta geomorfológica.

Deste modo, a carta geomorfológica tem se mostrado de suma importância para a análise das características físicas da área, bem como para a avaliação da influência antrópica sobre a mesma, sendo significativa para a realização dos objetivos propostos e, com as técnicas adotadas, adequando, a elaboração do mapeamento geomorfológico, aos avanços tecnológicos.

3.1.6 Cartas da Cobertura Vegetal, Uso e Ocupação da Terra

Os levantamentos da ocupação urbana e da ação antrópica sobre a bacia hidrográfica do Córrego Pau D'alto foram feitos através de estudos comparativos das fotografias aéreas, com complementação de dados em campo.

Foi realizada a fotointerpretação de dois períodos históricos, utilizando a técnica de estereoscopia, sendo do período de 1972, com fotografias aéreas adquiridas junto a empresa BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A, e do período de 2010/2011, com fotografias cedidas pela Empresa Paulista de Empreendimento Metropolitano S/A (EMPLASA), ambas em escala de 1:25.000, mas com resoluções possíveis de mapeamentos mais detalhados, condizentes com a escala de trabalho (1:15.000).

Para Jensen (2011, p. 132), as fotografias aéreas “são valiosos registros históricos de fenômenos naturais e da atuação do homem”, capazes de proporcionar maior e melhor “entendimento sobre os processos – naturais e induzidos pelo homem – que atuam sobre uma paisagem”.

A fotointerpretação foi organizada segundo as orientações apresentadas por Ceron e Diniz (1966), quanto à identificação das formas de utilização da terra (cor, textura, forma da

parcela, espaçamento e arranjo espacial), bem como os princípios fundamentais apresentados por Jensen (2011), compreendendo os “elementos de interpretação de imagem” (Quadro 6).

Elemento	Adjetivos Comuns (quantitativos e qualitativos)
Localização X, Y	coordenadas X, Y de imagens: coordenada (X) coluna e (Y) linha em uma imagem não – retificada; coordenadas X, Y de carta-imagem: os cristais de haleto de prata ou pixels em fotografias ou imagem são retificados para projeção de mapas (p.ex, UTM)
Tom, cor	tom de cinza: claro (brilhante), intermediário (cinza), escuro (negro) cor: IHS = intensidade, matiz (H), saturação; RGB = vermelho, verde e azul; Munsell
Tamanho	comprimento, largura, perímetro, área (m ²) pequeno, médio (intermediário), grande
Forma	características geométricas de um objeto: linear, curvilínea, circular, elíptico, radial, quadrado, retangular, triangular, hexagonal, pentagonal, estrela, amorfo, etc.
Textura	arranjo e disposição característicos de repetição de tom e cor liso, intermediário (médio), rugoso (grosseiro), mosqueado, salpicado
Padrão	arranjo espacial de objetos no terreno: sistemático, não-sistemático ou randômico, linear, curvilínea, retangular, circular, elíptico, paralelo, centrípeto, serrilhado, estriado, trançado
Sombra	uma silhueta causada por iluminação solar lateral
Altura/ Profundidade/ Volume/ Declividade/ Aspecto	elevação – Z (altura), batimetria – Z (profundidade), volume (m ³), declividade (°), aspecto (°)
Sítio/ Situação / Associação	sítio: elevação, declividade, aspecto, exposição, adjacente a água, meios de transporte, serviços públicos situação: os objetos estão colocados em uma ordem ou orientação um em relação ao outro associação: fenômenos relacionados estão, normalmente, presentes

Quadro 6 - Elementos de interpretação de imagem

Fonte: Jensen, 2011

Deste modo, as fotografias aéreas concedidas pela BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A foram convertidas em arquivos digitais e georreferenciadas no *software* ArcGis, com base na carta topográfica e as ortofotos concedidas pela EMPLASA foram inseridas no ArcGis em

formato *raster*. Com o auxílio da interpretação estereoscópica, foram identificados visualmente os usos da terra presentes na bacia e então delimitadas as parcelas referentes a cada atividade, por meio de polígonos desenhados no próprio *software*.

Os usos identificados no ano de 1972 corresponderam em sua maioria com os usos identificados atualmente, mas algumas mudanças foram significativas, como demonstra o quadro 7, no qual tem-se a relação dos usos que se mantiveram, os que se extinguiram e os que surgiram.

Usos da terra de 1972	Usos da terra 2016
Pasto	Pasto
Pasto Sujo	Pasto Sujo
Lavoura Temporária	Lavoura Temporária
Lavoura Permanente	-
Lavoura Abandonada	-
Horticultura	Horticultura
Silvicultura	Silvicultura
Mata	Mata
Vegetação Ribeirinha	Vegetação Ribeirinha
Vegetação em Área Úmida	Vegetação em Área Úmida
Chácara	Chácara
Rodovias	Comércio e Serviços
Corpo D'água	Corpo D'água
-	Urbanização Densa
-	Expansão Urbana
-	Ocupação Ribeirinha
-	Mineração

Quadro 7 - Classes das coberturas vegetais e usos e ocupação da terra

As classes de pasto e pasto sujo foram identificadas nos dois anos (1972 e 2016) analisados, demonstrando o interesse na área para a criação, majoritariamente, bovina.

A principal diferença entre estes dois tipos de uso é a maior densidade de árvores e arbustos, caracterizando o pasto sujo; enquanto o uso de pasto mostra-se mais limpo

(gramíneas), com maior exposição do solo e diferenças no processo denudativo do relevo (Figura 5).

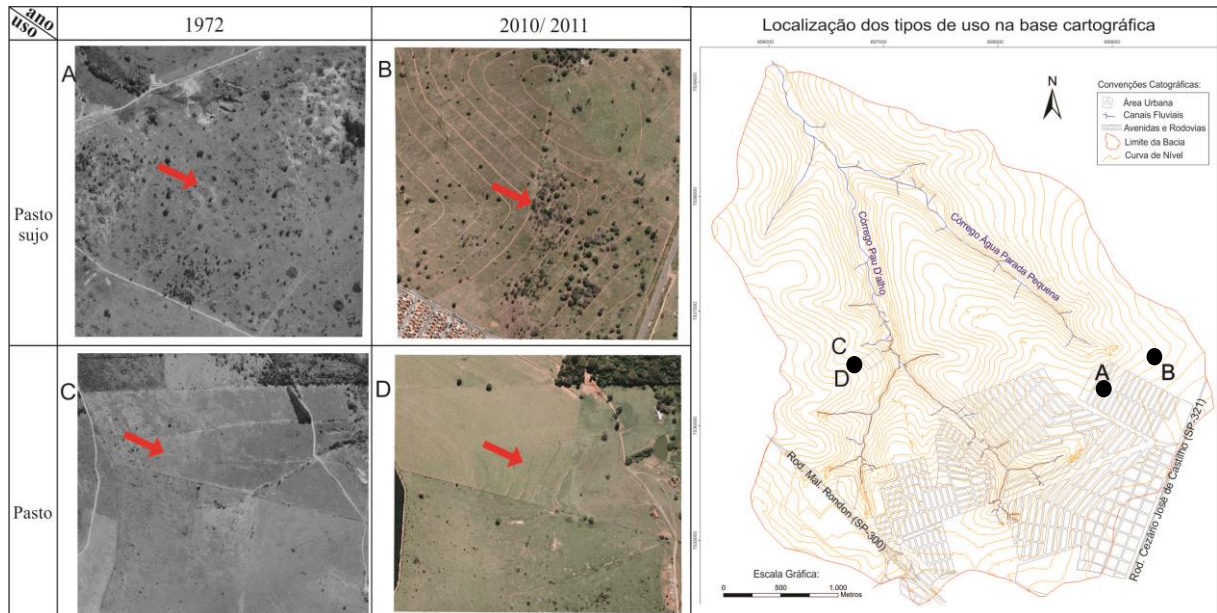


Figura 6 – Fotografia aérea de 1972 em A e C. Ortofotos de 2010/2011 em B e D. As setas indicam pasto sujo (em A e B) e pasto (em C e D).

Em relação ao uso agrícola, as classes denominadas de lavoura permanente e lavoura abandonada foram identificadas apenas no ano de 1972, sendo a primeira caracterizada por cultivo de longo prazo, sem a necessidade de replantar após cada colheita, como por exemplo o café, muito comum na região durante o período analisado, com grandes fazendas produtoras. Contudo, este cultivo agrícola, em alguns setores da área de estudo, passou por um processo de degradação, sendo abandonada sua atividade, o que foi possível verificar, pelas fotografias aéreas de 1972, com o avanço da vegetação rasteira nos linhões das plantações, classificando tais áreas como lavoura abandonada (Figura 6).

A diferenciação da lavoura abandonada dos outros tipos de uso referentes a lavoura, foi importante, pois o abandono dos plantios acarretou, também, no abandono das curvas de nível, responsável pela amenização do escoamento superficial e o surgimento de gramíneas onde antes o solo era exposto, imputando uma dinâmica denudativa do relevo distinta dos outros usos de lavoura (Figura 6).

No cenário atual, a lavoura permanente já não é vista, restando apenas a lavoura temporária, principalmente o cultivo de milho.

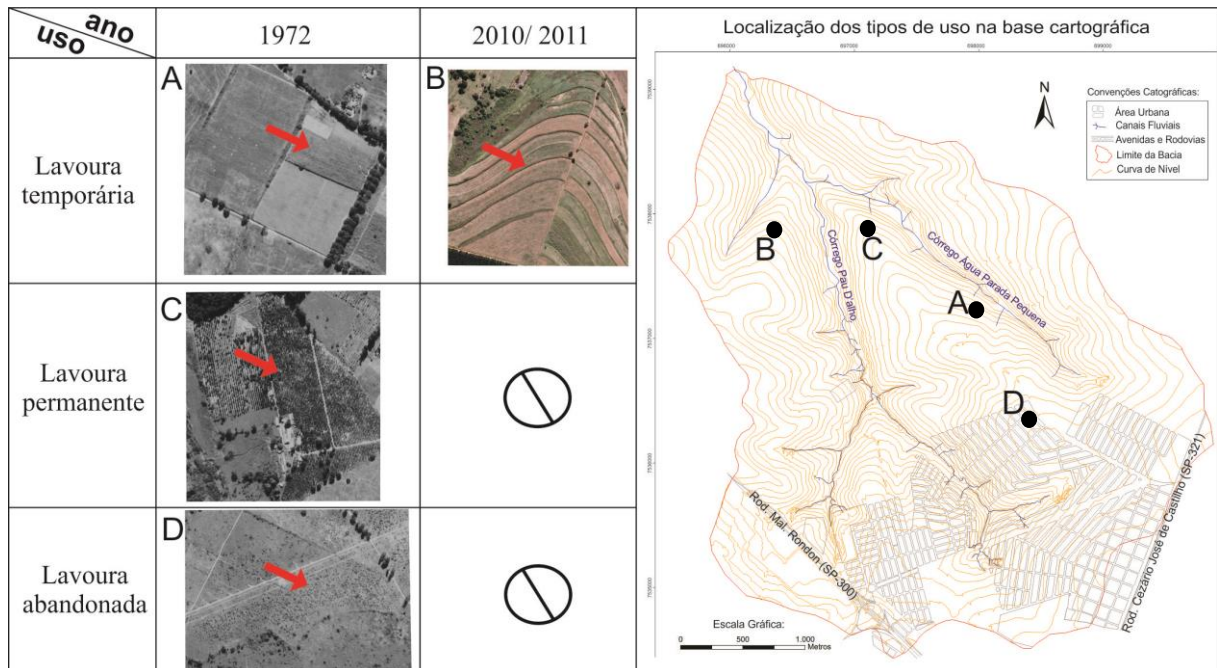


Figura 7 - Fotografia aérea de 1972 em A, C e D. Ortofotos de 2010/2011 em B. As setas indicam lavoura temporária (em A e B), lavoura permanente (em C) e lavoura abandonada (em D).

A horticultura, caracterizada pela formação de hortas para uso pessoal e comercial, e a silvicultura, destinada ao plantio de eucalipto e pinus, foram identificadas, nos dois períodos, com algumas variações quanto à área de abrangência (Figura 7).

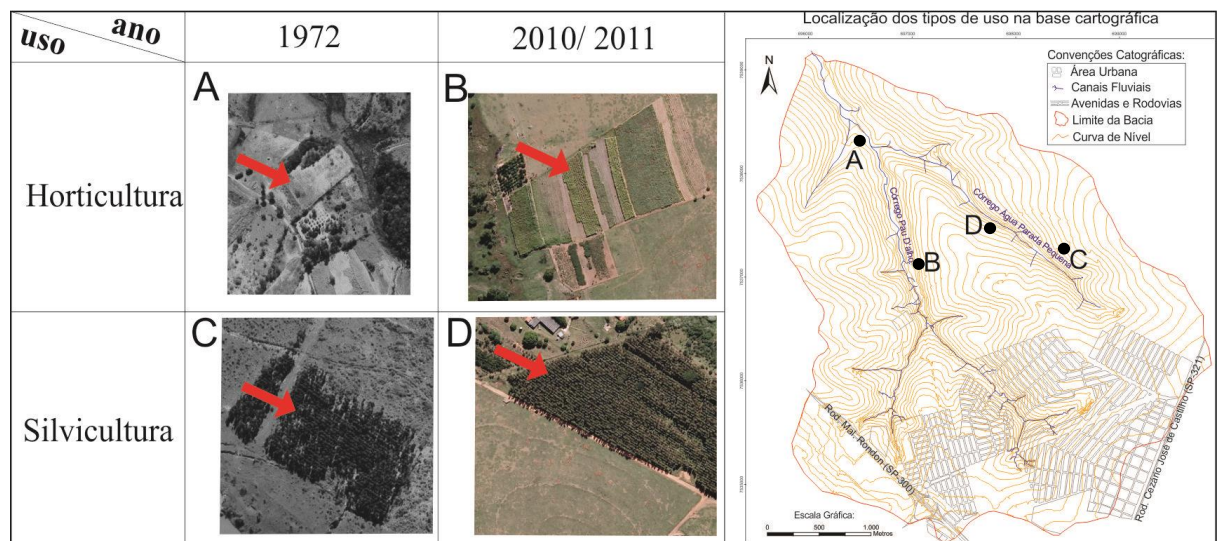


Figura 8 - Fotografia aérea de 1972 em A e C. Ortofotos de 2010/2011 em B e D. As setas indicam horticultura (em A e B) e silvicultura (em C e D).

As áreas vegetadas foram identificadas em 3 usos distintos e presentes nos dois períodos. A mata apresenta elevada densidade vegetativa, nativa ou reflorestada, podendo compor as matas ciliares ou estar em outras partes da bacia; diferentemente do uso denominado vegetação

ribeirinha, com características mais arbustivas e de menor densidade. Já a vegetação em área úmida encontra-se nas áreas de afloramento do aquífero freático, onde o solo é encharcado (Figura 8) e a vegetação de baixo porte.

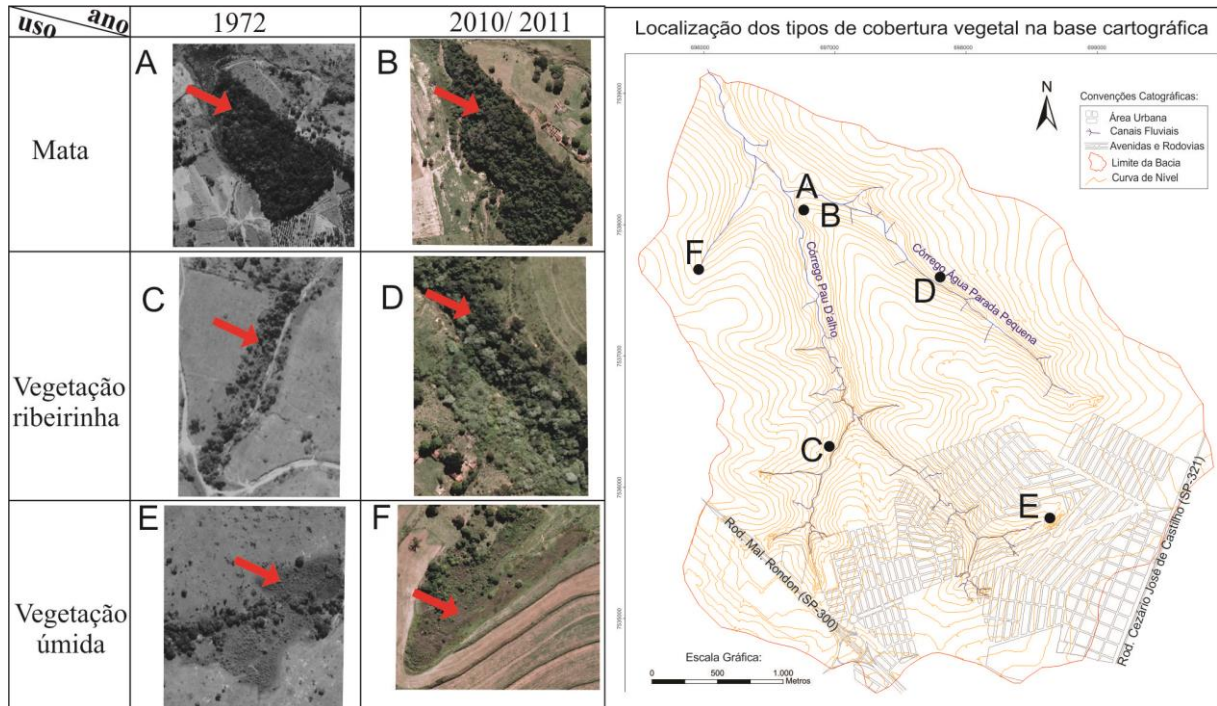


Figura 9 - Fotografia aérea de 1972 em A, C e E. Ortofotos de 2010/2011 em B, D e F. As setas indicam mata (em A e B), vegetação ribeirinha (em C e D) e vegetação em área úmida em (E e F).

O uso de chácara, presente também nos dois períodos, constitui-se em um uso heterogêneo, com pequenas plantações de árvores frutíferas, hortas e áreas de lazer. A definição deste uso se fez necessário, pois a escala utilizada (1:15.000) impossibilitou o mapeamento de cada uso individualmente. Então, viu-se necessário a caracterização de forma mais generalizada, estabelecendo-se a classe chácaras (Figura 9).

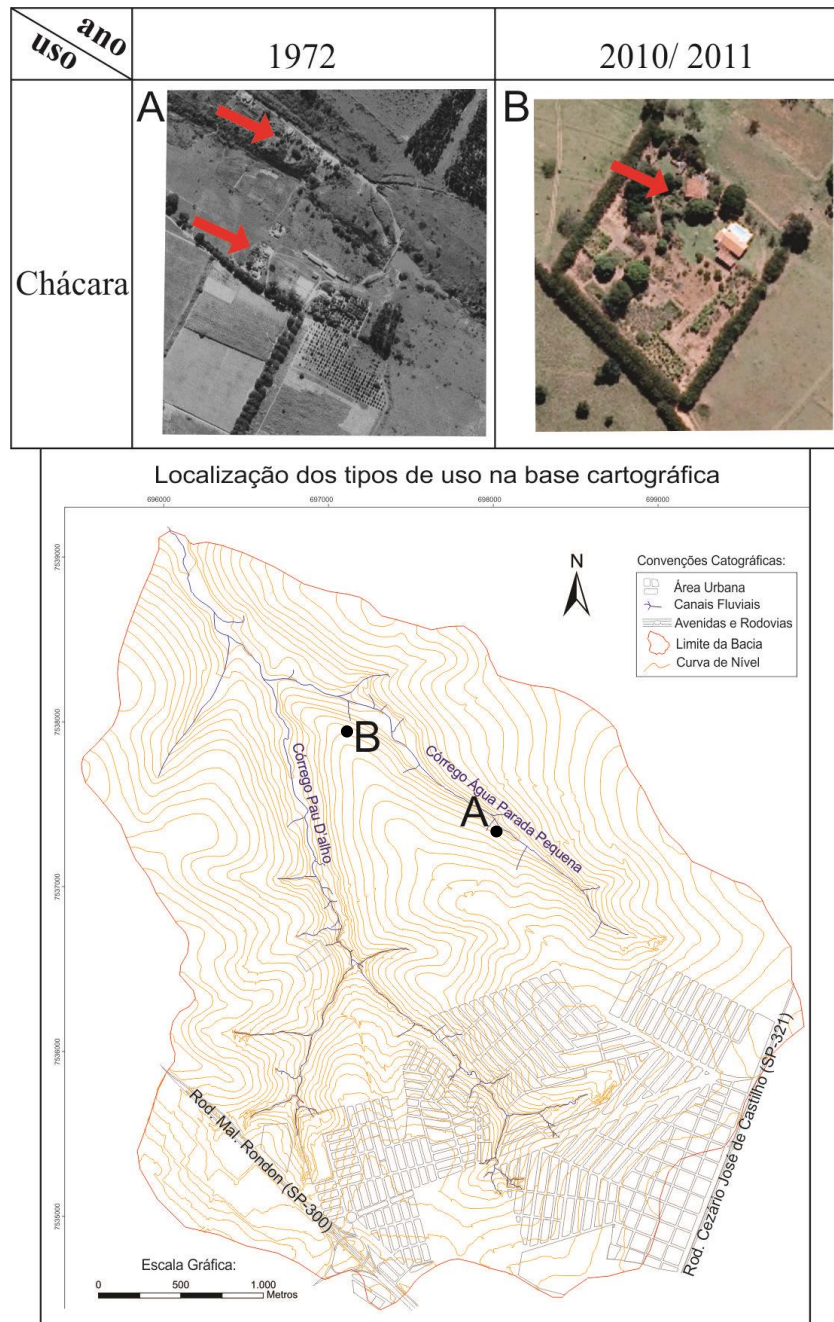


Figura 10 - Fotografia aérea de 1972 em A. Ortofotos de 2010/2011 em B. As setas indicam chácaras (em A e B).

A classe rodovias é assim identificada na carta referente ao uso da terra de 1972, pois, neste período as rodovias destoavam das áreas ao entorno de características rurais. Com o tempo, o crescimento populacional do município e a duplicação das rodovias provocou um aumento dos fluxos materiais, transformando as áreas ao entorno dessas. Surgiram empreendimentos logísticos, comerciais e/ou industriais, de médio a grande porte de construções, que se relacionam através das rodovias, o que levou a caracterizar este novo uso como comércio e serviços (Figura 10).

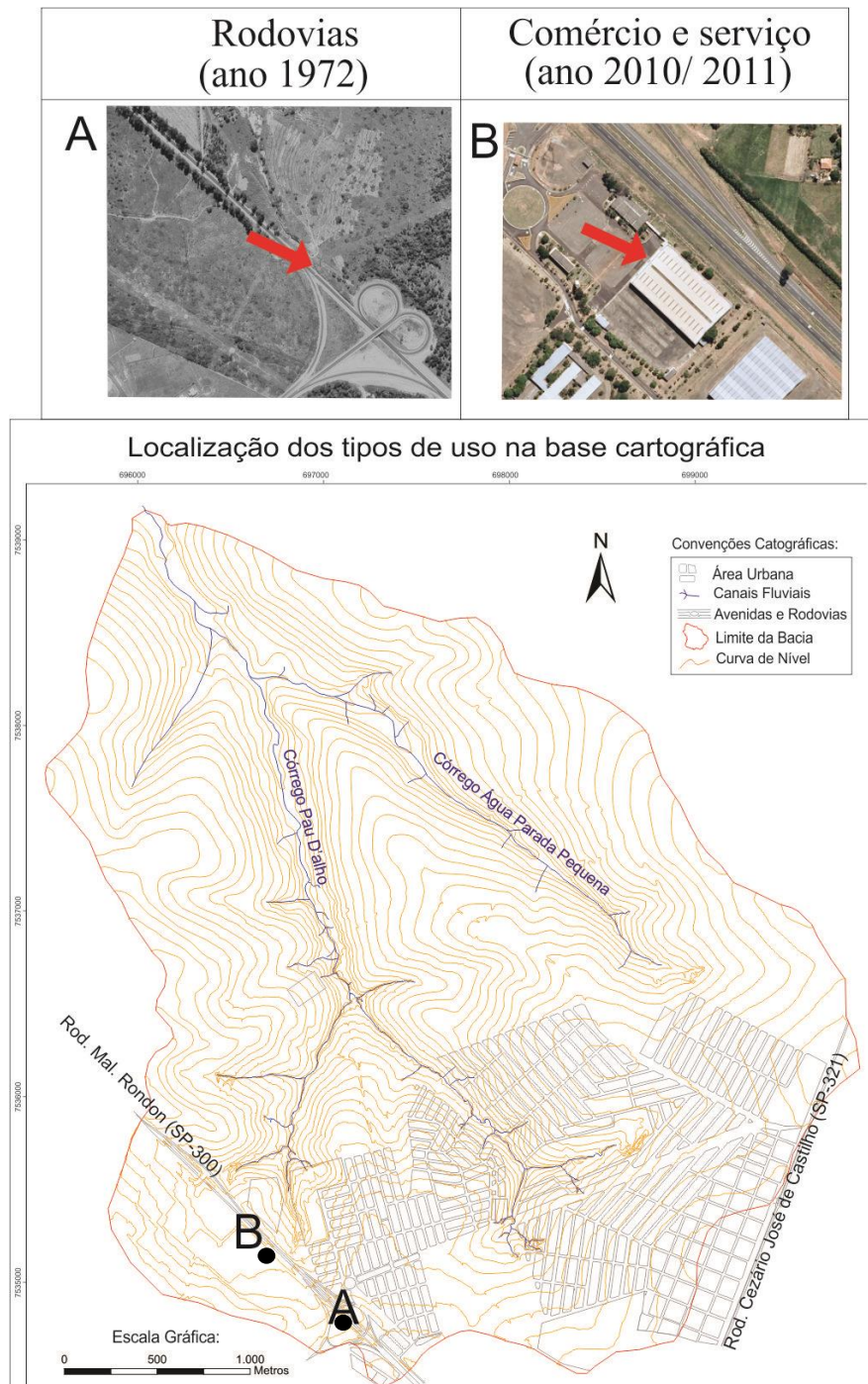


Figura 11 - Fotografia aérea de 1972 em A. Ortofotos de 2010/2011 em B e D. As setas indicam rodovias (em A) e comércio e serviços (em B).

O uso denominado de corpo d'água refere-se aos lagos e represas, de caráter antrópico, e foram assim definidos de acordo com o manual técnico de uso da terra do IBGE (2013) (Figura 11).

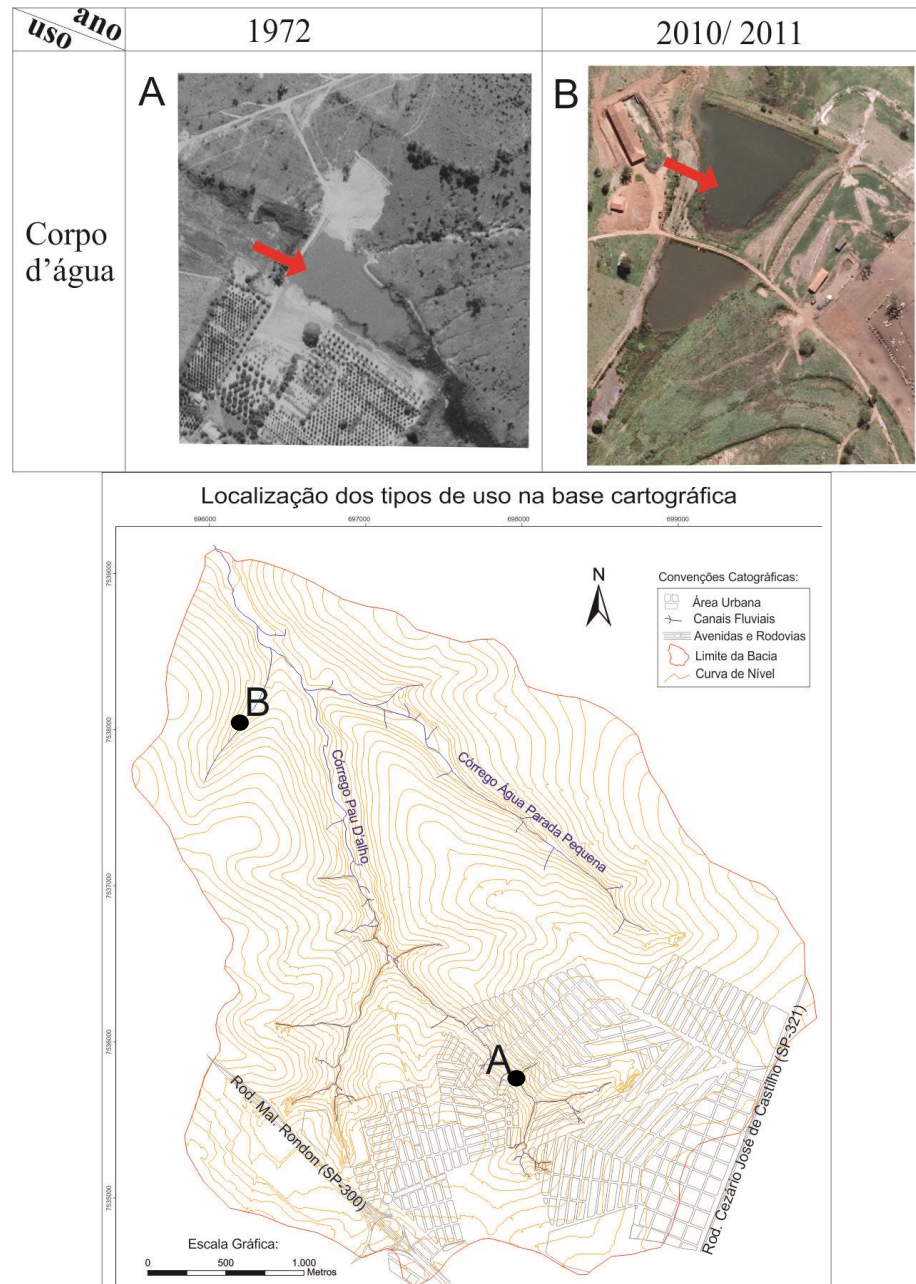


Figura 12 - Fotografia aérea de 1972 em A. Ortofotos de 2010/2011 em B. As setas indicam corpos d'água (em A e B).

A classe mineração caracteriza a área de extração de areia, que se dá na baixa vertente do córrego Pau d'alho e foi identificada apenas no período atual também (Figura 12).

Nas áreas de baixa vertente, entre as áreas urbanizadas e o canal fluvial, registra-se, no período atual, o uso denominado de ocupação ribeirinha (Figura 12), com moradias irregulares e saneamento básico inadequado, que em muitos casos se dá de forma clandestina, assim como a rede de energia elétrica.

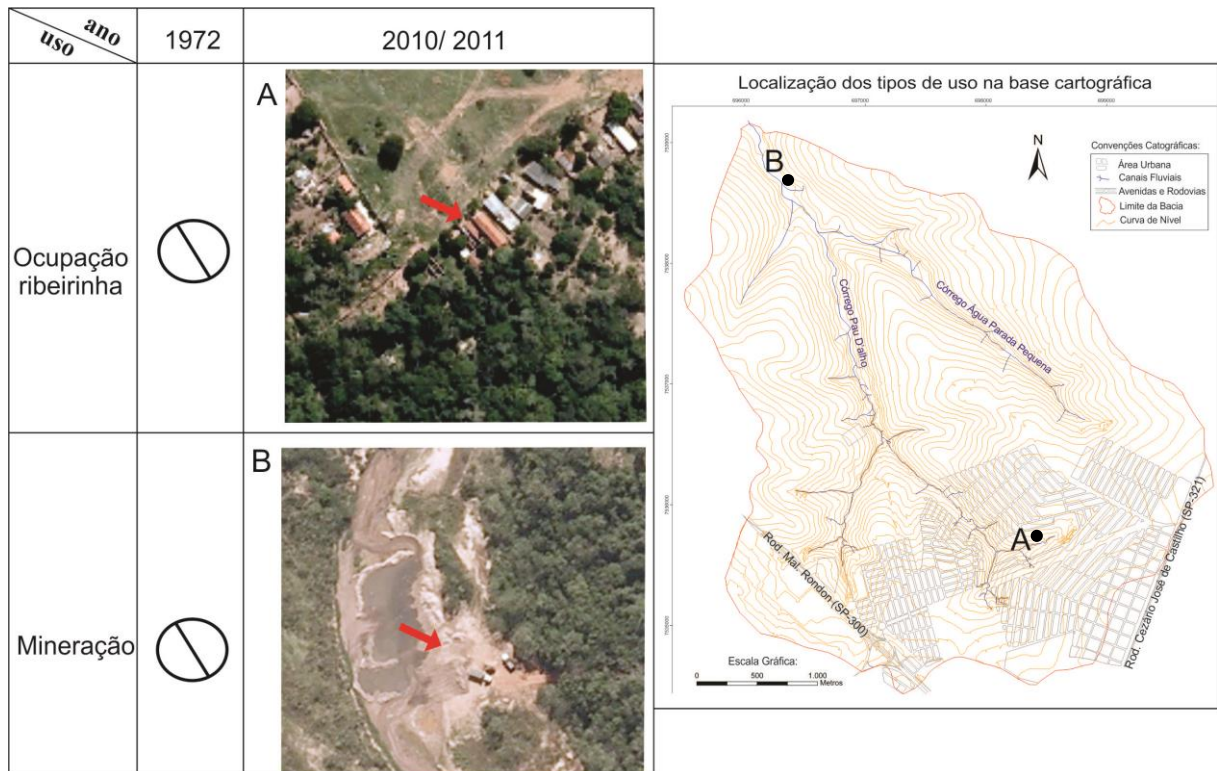


Figura 13 - Ortofotos de 2010/2011 em A e B. As setas indicam ocupação ribeirinha (em A) e mineração (em B).

A classe urbanização densa caracteriza-se por apresentar elementos urbanos consolidados, tais como ruas asfaltadas, sarjetas, calçadas cimentadas, e loteamentos construídos. Diferente da classe de expansão urbana, com estruturas urbanas incompletas, ou seja, ruas sem pavimentação, calçadas não cimentadas e uma quantidade significativa de terrenos não edificadas (Figura 13).

A maior impermeabilização do solo e, conseqüentemente, maior concentração do escoamento superficial, na urbanização densa, em relação à área de expansão urbana, concedendo dinâmicas geomorfológicas diferentes, levou na diferenciação destes usos. Salienta-se que ambas as classes são típicas do período atual.

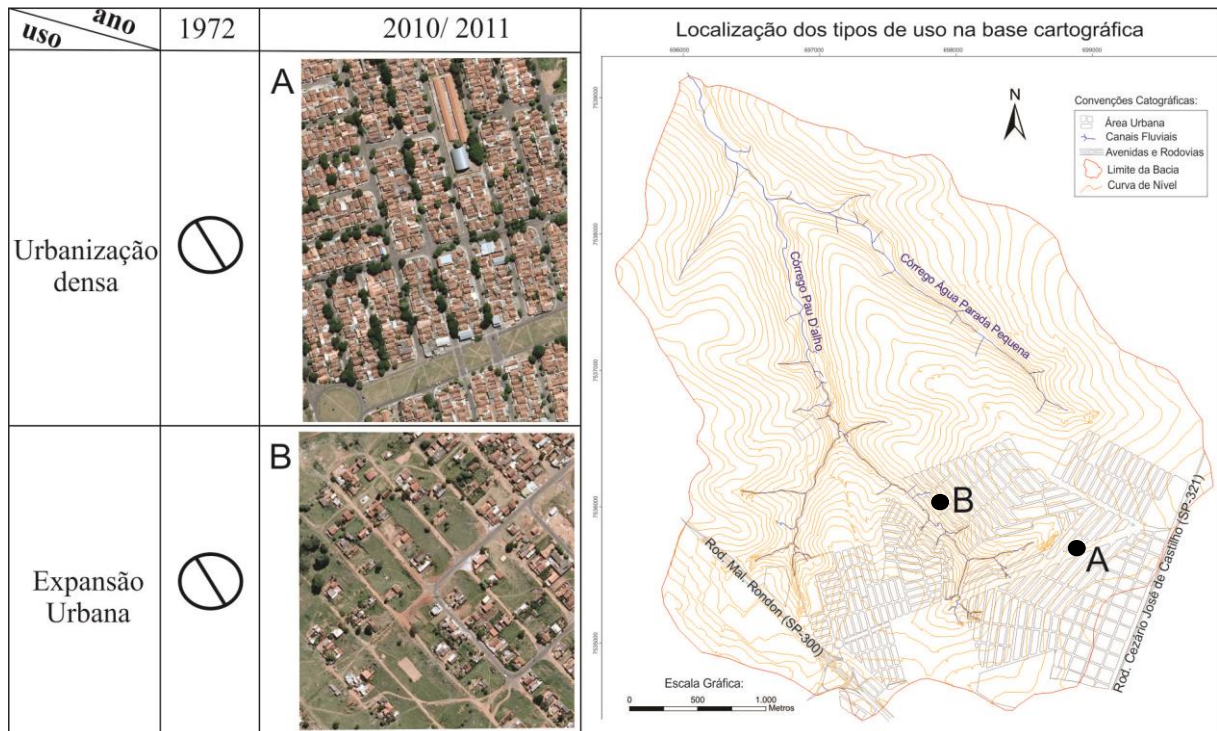


Figura 14 - Ortofotos de 2010/2011 em A e B. As setas indicam urbanização densa (em A) e expansão urbana em (em B).

A definição desta nomenclatura foi baseada no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), bem como sua identificação pelo sistema de cores RGB (Red-Green-Blue). De acordo com o autor, o sistema de classificação da cobertura e do uso da terra é dividido em níveis dependendo da escala de análise, onde o **Nível I** é a *Classe* (ex.: Áreas Antrópicas Agrícolas), o **Nível II** a *Subclasse* (ex.: Pastagem) e o **Nível III** a *Unidade* (ex.: Pecuária bovina extensiva para corte em pastos plantados). Entretanto, “o sistema de classificação está aberto para a inclusão de níveis mais detalhados, ressaltando-se que, quanto maior o nível de detalhamento pretendido, maior a exigência de informação suplementar” (IBGE, 2006, p. 37). Este aspecto permitiu maior flexibilidade à identificação e ao mapeamento dos usos.

A elaboração da legenda por meio das cores do sistema RGB, apresentadas pelo IBGE (2013), é detalhada até o Nível II e como as atividades identificadas são de escala local, que ultrapassam este Nível, foi preciso diversificar as cores; todavia sempre considerando os aspectos das respectivas Classes, os Níveis I e II.

Estes materiais cartográficos mostraram-se de suma importância para realização dos objetivos, pois, por meio da evolução histórica do uso e ocupação da terra, juntamente com os outros materiais cartográficos, foi possível avaliar a influência das ações antrópicas sobre o relevo, correlacionando os tipos de uso com os processos denudativos existentes na bacia, além

de serem materiais essenciais para a construção das cartas de síntese propostas para este trabalho e que respaldarão as análises e conclusões dos objetivos.

Cabe salientar, que os trabalhos de campo foram fundamentais para a validação e atualização dos usos identificados nos materiais aerofotogramétricos, especificamente para o período atual, uma vez que as imagens utilizadas datam de 2010/2011, segundo a EMPLASA.

3.1.7 Carta da Concentração do Escoamento Superficial

As estruturas urbanas presentes nos ambientes periurbanos, principalmente aquelas que impermeabilizam o solo, modificam as características naturais do escoamento pluvial superficial, propiciando a concentração e imputando a este, maior poder erosivo, capazes de intensificar o desenvolvimento dos processos erosivos. Assim, identificar as áreas onde há maior concentração do escoamento superficial pode contribuir com o planejamento urbano ambiental, a fim de adotar medidas corretivas e mitigadoras para que tais problemas não ocorram, ou se ocorrerem, que seja com a menor intensidade possível.

Para tal identificação, seguindo o método de *fluxo múltiplo (multiple flow)*, realizou-se o mapeamento de *Transferência de Fluxo Distribuída* ou *Fluxo Distribuído*, o qual permite calcular áreas contribuintes de fluxos superficiais a montante de uma área, tendo o fator declividade como principal parâmetro dos cálculos, por ser este, a principal variável-controle na determinação das zonas de saturação (RAMOS et. al., 2003 *apud* FONTES, 2009).

Assim, Fontes (2009) salienta que,

[...] tal método gera uma espacialização das áreas de contribuição que corresponde à tendência do percurso do escoamento em condições naturais. Oferece também recursos para verificar o fluxo diante de barreiras artificiais e incorpora influências de movimentações de terra em função da urbanização se estiverem descritas na base topográfica. (FONTES, 2009, p.150)

Assim, tendo em vista que a base cartográfica utilizada nessa pesquisa apresenta as alterações antrópicas do relevo provocadas pelo processo de urbanização, o resultado ratificou as considerações de Fontes (2009) e Moraes et. al (2014), ao apresentar a tendência do escoamento superficial na bacia, em espacial nas áreas das rodovias, mostrando-se de grande valia para a realização dos objetivos.

O procedimento técnico (Figura 14) baseia-se numa matriz elaborada a partir da base cartográfica, à qual é inserida no *software* ArcGis para gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) pela ferramenta *Topo to Raster – Spatial Analyst*, tendo como base as curvas de nível,

drenagens e os pontos cotados. A fim de avaliar os desvios do escoamento superficial gerados pela ação antrópica, originados pelos arruamentos, criou-se um arquivo (*shapefile*) combinando as drenagens fluviais, com as pluviais e as formadas pela concentração dos arruamentos. As feições (formato linha) deste novo arquivo devem apresentar a orientação do fluxo das drenagens, ou seja, o início das drenagens devem coincidir com o início de desenho das feições, assim como o seu fim deve representar o exutório das drenagens.

Mesmo com a importância verificada de tal procedimento, observa-se uma limitação do *software* em identificar automaticamente todas as interferências antrópicas oriundas da urbanização, exigindo do pesquisador a experiência no comportamento do escoamento superficial e o conhecimento prévio do local estudado.

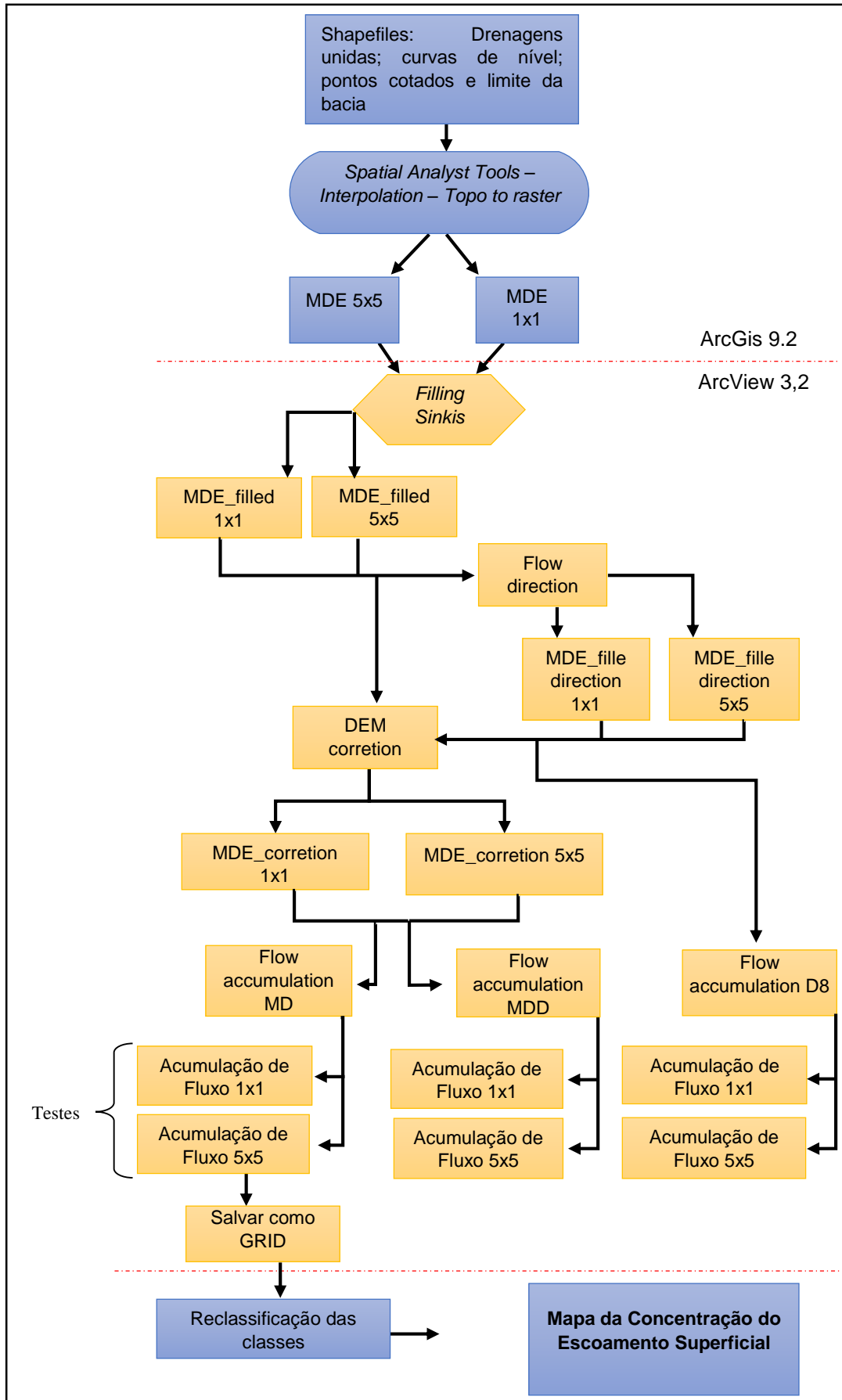


Figura 15 – Etapas do processamento da carta de concentração do escoamento superficial

Cabe ressaltar que foram efetuados diversos testes na realização do MDE, como apresentado por Moraes et. al (2014) e que, diante da escala da base cartográfica e dos resultados obtidos, o MDE gerado com células 5x5m, ou seja, cada *pixel* equivalente a 25m² no terreno, mostrou-se satisfatório, apresentando clareza dos dados.

Após a geração do MDE, esse é adicionado no programa Arc View para modelar os fluxos de escoamento (Flow), por meio da ferramenta *Hidrotools*. Durante a interpolação dos dados, há a opção de três tipos de fluxos: D8 - Fluxo Simples (*single flow*), MD - Fluxo Múltiplo (*multiple flow*) e MDD8 – Fluxo Combinado.

Segundo Fontes (2009), o fluxo simples seleciona, na matriz do terreno (*Grid* gerado pelo MDE), apenas a célula de declive mais íngreme para a orientação do fluxo a jusante, tornando-se um método simplista, passível de generalizações, fugindo das condições reais, pois, “visivelmente não representam grandes áreas de acumulação, mas múltiplas áreas desconexas” (MORAES et. al, 2014, p. 231)

Já o fluxo múltiplo “calcula a área de contribuição considerando a distribuição proporcional do escoamento do fluxo entre todas as células a jusante de uma célula central” (FONTES, 2009, p. 150). De acordo com Moraes et. al (2014), este algoritmo, tem na inclinação do terreno a principal variável de dispersão do fluxo, considerando as 8 direções possíveis a jusante do *pixel* principal, evitando “a tendência para a definição da direção do fluxo devido a estrutura da matriz” (MORAES, et al, 2014, p. 226 – 227)

Assim, esta proposta tende a minimizar os erros gerados pelo método do fluxo simples visto que, em condições naturais, o escoamento superficial tende a seguir diferentes orientações.

Além do mais, como salienta Fontes (2009),

O modelo que apresenta o escoamento de forma mais dispersa também responde de maneira mais adequada à realidade de ambientes quentes e úmidos, de muita água e relevo com concavidades de vertentes, que concentram os fluxos, e convexidades, que dispersam o fluxo, como é o caso do Brasil. (FONTES, 2009, p. 151).

O algoritmo de fluxo combinado (MDD8) calcula a acumulação do fluxo, combinando o algoritmo de fluxo simples (D8) com o de fluxo múltiplo (MD). O MD “é usado até atingir um valor limite específico e, posteriormente, o processamento passa a se dar pelo algoritmo D8, que determina a acumulação subsequente nos setores a jusante”. (MORAES et al., 2014, p.227)

Diante destas possibilidades, o MDE gerado foi processado nos 3 algoritmos, buscando a melhor representatividade da concentração do escoamento superficial da bacia.

Dos resultados, o produto gerado no algoritmo MD, foi o que apresentou o melhor resultado, facilitando a identificação das áreas de concentração do escoamento, condizendo com os resultados apontados por Fontes (2009) e Moraes et al. (2014).

O material gerado foi novamente salvo no formato *GRID* e exportado para o *software* ArcGIS 9.2, necessitando da reclassificação da distribuição dos *pixels*. Com o intuito de melhor representar o escoamento superficial e conhecendo as características da área, foram realizados diversos testes, reclassificando os valores obtidos.

Assim, o escoamento superficial foi definido entre o intervalo de 25m^2 a $>2.500\text{m}^2$ (Tabela 1), onde os *pixels* mais claros recebem menor contribuição de montante em relação aos mais escuros. Considerando que cada *pixel* possui 25m^2 , este receberá a contribuição do escoamento superficial referente a tonalidade do *pixel*. Do mesmo modo, quanto mais claro for o *pixel*, menor será a área a sua montante que interfere no seu escoamento; em contrapartida, quanto mais escuro, maior será a contribuição, ou seja, um *pixel* (25m^2) da tonalidade mais escura, recebe o escoamento de mais de 2.500m^2 de escoamento concentrado a montante.

INTERVALO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	TONALIDADES DOS <i>PIXELS</i>
25m^2	
500m^2	
1.500m^2	
$>2.500\text{m}^2$	

Tabela 1 - Distribuição do intervalo da concentração do escoamento superficial
 Fonte: Carta da concentração do escoamento superficial

Assim, os resultados gerados contribuíram para a compreensão do comportamento do escoamento superficial na bacia, enriquecendo a análise do potencial erosivo, necessária para a realização dos objetivos propostos.

3.1.8 Carta de Derivações Ambientais e Transgressão Legal

A elaboração deste produto cartográfico foi fundamentada na proposta técnica apresentada por Moroz, Canil e Ross (1994), que propõem a construção de um material cartográfico a partir dos resultados obtidos das cartas de Declividade ou Clinográfica, de Cobertura Vegetal e Uso da Terra e somadas às informações referentes à legislação ambiental vigente.

Para este trabalho, foi necessário, utilizar também, como material cartográfico intermediário, a carta geomorfológica, pois, assim como salienta Silveira (2009), a utilização de tal carta,

[...] justifica-se pela aquisição de informações relativas às formas erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas), retiradas de material, mineração e canalização de cursos fluviais, que passaram a ser tratadas como derivações ambientais, enriquecendo o produto cartográfico de síntese. (SILVEIRA, 2009, p. 68)

Os dados relacionados às declividades e que pautaram a aplicação da lei de Parcelamento do Solo, Lei Federal n.º 6766/79 (BRASIL, 1979), a qual impede, no Art. 3, o loteamento em terrenos com declives superiores a 30% de declividade, foram obtidos por meio da Carta de Declividade, na escala de 1:15.000.

Utilizou-se também a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) referente ao Código Florestal, a qual estabelece, no Art. 4º, inciso I e IV, os parâmetros, definições e limites para as Áreas de Preservação Permanente (APP's), sendo:

Art. 4º: [...]

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

[...]

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

(BRASIL, 2012, grifo nosso).

Diante da necessidade de uma legislação que norteasse e ordenasse as decisões políticas do município, foi criada a Lei 4.126 em 12 de setembro de 1996, instituindo o Plano Diretor do município de Bauru. Posteriormente, em 2008, foi criado o Plano Diretor Participativo, instituído pela Lei Municipal 5.631, de 22 de agosto.

O Plano Diretor de 2008, elaborado nos termos do Art. 51 da Lei Orgânica do Município de Bauru, apresenta 21 Setores de Planejamento, referentes às áreas urbanas e rurais (Figura 15), sendo 12 setores pertencentes a zona urbana, identificados por algarismos arábicos de 1 a 12; e, 9 setores rurais, identificados pelas letras de A a I, do alfabeto romano.

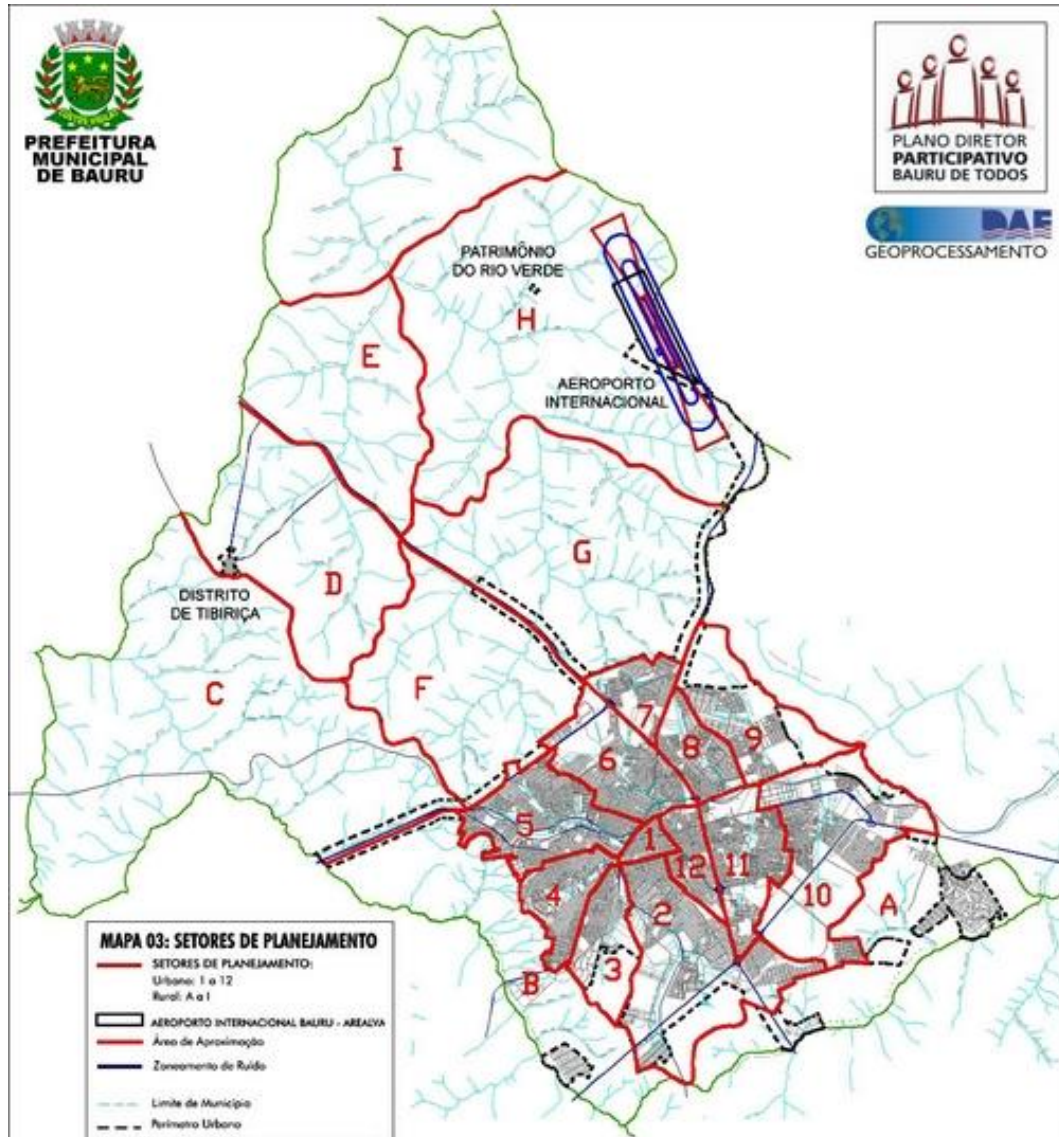


Figura 16 - Setores de Planejamento do município de Bauru

Fonte: Plano Diretor municipal de Bauru, 2008

Os setores urbanos são delimitados pelas bacias hidrográficas do espaço urbano, levando o nome dos seus respectivos rios principais. Assim, no perímetro urbano do plano diretor, a bacia do Pau D'alto compreende o setor 7 (Figura 16) e se estende para a zona rural no setor G.

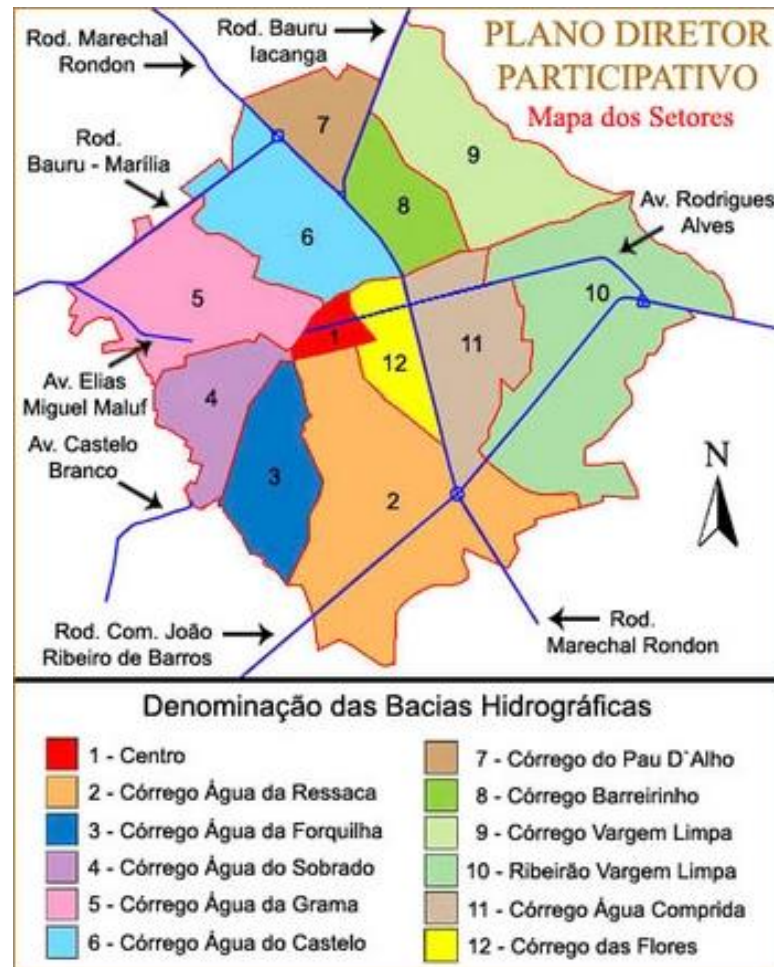


Figura 17 - Bacias hidrográficas da área urbana de Bauru e seus respectivos setores de planejamento

Fonte: Plano Diretor municipal de Bauru, 2008

Dentro do macrozoneamento urbano (Figura 17), foram divididas zonas de acordo com as características da urbanização, apresentadas no Plano Diretor Municipal (Lei nº 5612, de 22 de Agosto de 2008).

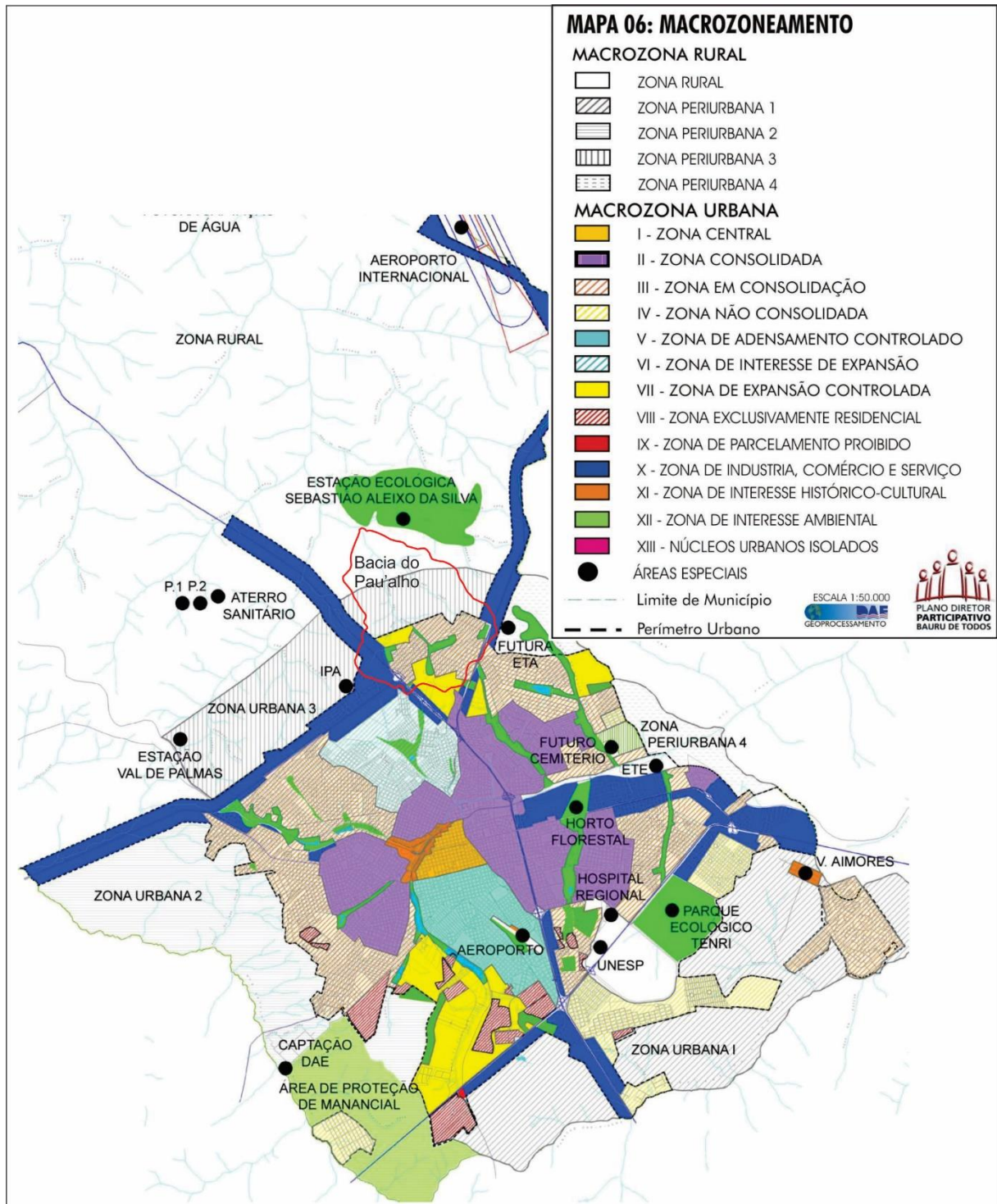


Figura 18 - Macrozoneamento do município de Bauru
Fonte: Plano Diretor municipal de Bauru, 2008

Constatou-se que as zonas urbanas *em Consolidação*, *Expansão Controlada*, *Indústria Comércio e Serviços* e de *Interesse Ambiental* distribuem-se pela área da bacia do córrego Pau D'álho, bacia de número 7 do planejamento urbano (Figura 16).

As características das zonas apresentadas no Plano Diretor, pertencentes ao setor 7, são definidas como:

Art.27 - A Zona em Consolidação é caracterizada pela acessibilidade deficitária, baixa densidade de ocupação, deficiência de infraestrutura, em especial sistema de drenagem e pavimentação, carência de equipamentos sociais, baixo investimento da iniciativa privada, presença de processos erosivos avançados e córregos assoreados, predominância de habitações populares, autoconstrução, concentração de população de baixa renda e ocupações irregulares.

[...]

Art.31 - A Zona de Expansão Controlada é caracterizada por grandes glebas vazias, loteamentos com baixa densidade, população predominantemente de baixa renda, pequenas áreas de ocupação irregular, difícil acesso, falta de infraestrutura, dificuldade de abastecimento de água e problemas de drenagem.

[...]

Art.34- A Zona de Indústria, Comércio e Serviço é caracterizada por faixas localizadas ao longo das rodovias e ferrovias, incluindo os distritos industriais, destinadas à instalação de indústrias, comércio, serviço e uso institucional, infra-estrutura deficitária, falta de acessibilidade.

[...]

Art.36- Áreas de Interesse Ambiental é caracterizada por ocorrências ambientais isoladas, tais como remanescentes de vegetação, fundos de vale e paisagens naturais notáveis, áreas de proteção de mananciais, ocupações irregulares, processos erosivos.

(BAURU, 2008).

Assim, a *Zona em Consolidação* compreende a maior parcela da parte urbana da bacia, abrangendo as regiões próximas as nascentes do córrego Pau D’alho; a *Zona de Expansão Controlada* situa-se em região de topo, próxima à Rod. Mal. Rondon (SP-300), e as margens da zona em Consolidação.

Já a *Zona de Interesse de Indústria, Comércio e Serviços*, localiza-se às margens das rodovias Mal. Rondon (SP-300) e Cezário José de Castilho (SP – 321), próximas, então, aos limites da bacia; e as *Áreas de Interesse Ambiental*, abrangem as nascentes, especificamente, do córrego Pau D’alho.

O macrozoneamento rural (Figura 17), por sua vez, é dividido em 4 zonas, sendo definidas no art. 18 da Lei nº 5612, de 22 de Agosto de 2008 (Bauru, 2008)

A bacia do córrego Pau D’alho, compreende a Zona Rural propriamente dita e a Periurbana 3, as quais diferenciam-se pela primeira possuir “propriedades destinadas às atividades agropecuárias” (BAURU, 2008), enquanto a segunda é, como apresentada pelo artigo 19, “caracterizada pela presença predominante de médias propriedades de uso agropecuário, apresenta vulnerabilidade ambiental [...]” (BAURU, 2008)

Com o intuito de reunir as informações oriundas das cartas clinográficas, cobertura vegetal, uso e ocupação da terra, geomorfológicas e das legislações mencionadas e dos

trabalhos de campo, utilizou-se o *software* ArcGis para vetorizar os dados, produzindo o material cartográfico de síntese.

Primeiramente, com a base cartográfica já elaborada, contendo o georreferenciamento e as drenagens, foram definidas as áreas de proteção permanente (APP), em torno das cursos fluviais e nascentes, através da ferramenta *buffer*, seguindo as definições do código florestal. Como a bacia só possui cursos d'água com larguras inferiores a 10m, os *buffers*, tiveram espessuras de 30m em cada margem das drenagens e 50m no entorno das nascentes.

Em seguida, foi sobreposto ao *buffer* os usos da terra referentes a vegetação natural: mata; vegetação ribeirinha e vegetação em área úmida. As partes dos *buffers* que se sobrepunham a tais usos foram separadas através da ferramenta 'recortar', representando as áreas de APP conservadas, ou seja, que não transgridem a legislação. Já as outras áreas, que não se sobrepueram aos usos, constituíram as áreas de APP sem cobertura vegetal e que, portanto, não cumprem a legislação.

O mesmo procedimento foi feito para identificar a transgressão à lei Lehman (Lei Federal nº 6766/79), inserindo as declividades superiores a 30% e a malha urbana. A intersecção da declividade com a urbanização geram polígonos que foram identificados como áreas inapropriadas à urbanização.

Após a identificação das transgressões, foi realizada a incorporação das derivações ambientais, com a inserção dos símbolos erosivos e das ações antrópicas, como os cortes topográficos, mapeados na carta geomorfológica.

Por fim, foram adicionados os setores do macrozoneamento urbano, os quais representam as políticas públicas de ordenamento territorial municipal, permitindo associá-los com as condições urbano-ambiental da bacia.

Assim, tendo em vista que “as análises ambientais pressupõem a atuação do homem como agente ativo no processo dinâmico de alteração da natureza”, a utilização da carta de Derivações Ambientais e Transgressões Legais em tais análises foi de suma importância, “possibilitando uma compreensão da realidade espacializada em um determinado território em sua totalidade” (MOROZ, CANIL e ROSS, 1994, p.36).

3.1.9 Carta de Materiais Inconsolidados

Para a elaboração deste material cartográfico, realizou-se se uma adaptação da cartografia geotécnica, apresentada por Zuquette e Gandolfi (2004), focando-se nos materiais inconsolidados, os quais são compreendidos como “[...] todos os materiais geológicos, residuais e retrabalhados, que ocorrem desde o topo da rocha sã até a superfície”, sendo que “a importância dos materiais inconsolidados reside no uso do solo e as alterações que esse uso propicia”. (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004, p.102 e 104).

Os autores apresentam dois grupos de materiais inconsolidados referentes à sua origem: os retrabalhados e os residuais. Estes materiais serão caracterizados por atributos que permitam identificá-los e definir o limite entre os dois grupos.

Uma vez determinado o limite entre os dois tipos de materiais inconsolidados, eles devem ser caracterizados e analisados com objetivo de avaliar os graus de descontinuidade e de heterogeneidade. Esses dois aspectos são fundamentais a previsão de comportamentos (geotécnico e ambiental), bem como para a definição da forma de amostragem e seleção dos ensaios de caracterização. (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004, 104).

Para a avaliação da descontinuidade e heterogeneidade dos materiais inconsolidados retrabalhados, Zuquette e Gandolfi (2004, p. 105) apresentam a “granulometria, mineralogia e cimento das partículas constituintes e alternância de camadas com diferentes graus de cimentação, minerais, distribuição das partículas, grau de compactação, e distribuição lateral, observando o maciço”.

Analisados esses parâmetros, devem ser classificados como:

- Homogêneo e Contínuo: caracterizado por pacotes de materiais que apresentam variações verticais e laterais, seja em constituição ou maciço.
- Homogêneo Descontínuo: apresenta características como camadas ou parcelas dos materiais que controlam o comportamento dos mesmos.
- Heterogêneo Contínuo: abrange pacotes de materiais de diferentes tipos e características bem distintas, porém com continuidade.
- Heterogêneo Descontínuo: possui camadas de materiais distintos, propriedades variáveis e distribuição espacial restrita de forma a gerar comportamento descontínuo.

Já os materiais inconsolidados residuais abordam a região limítrofe entre o material inconsolidado e a rocha mãe, e o limite entre a rocha alterada e a rocha sã. Para diagnosticar esses dois limites é necessário considerar “a intensidade de alguns atributos, como descoloração, desintregação, decomposição e feições reliquiares.” (ZUQUETTE e GANDOLFI, 2004, p. 106).

Contudo, como os materiais da área de estudo são espessos, chegando a dezenas de metros, não foi possível a avaliação dos materiais inconsolidados residuais com profundidade superior a 3m, focando-se, assim, nos retrabalhados.

Em relação à área de coleta de dados, a avaliação se deu, primeiramente, no maior interflúvio da bacia, entre o córrego Água parada pequena e o córrego Pau d’álho, a fim de identificar o padrão granulométrico para então, orientar a coleta nos pontos mais representativos da bacia, tendo em vista que a dimensão da área da bacia impossibilitaria a coleta em todos os pontos se estes fossem distribuídos semelhantemente aos do maior interflúvio.

Nas áreas urbanas, as coletas ocorreram onde a urbanização ainda não implantou todas as suas formas, apresentando a superfície ainda exposta, uma vez que o solo encoberto impossibilitou a coleta de materiais.

Convém esclarecer que não existe material cartográfico de detalhe sobre os solos da área. Assim, esta carta pode fornecer informações importantes para o atendimento do objetivo desta pesquisa.

Foram coletadas amostras em 58 pontos distribuídos ao longo da bacia (Figura 18), visando abarcar as seções topográficas do topo e das vertentes (baixas, médias e altas vertentes), bem como uma eventual ruptura topográfica apresentada pelas curvas de nível. A coleta e armazenamento das amostras foram realizados segundo as orientações de Santos et. al (2005).

Dos 58 pontos amostrados, apenas em 9 foi possível alcançar os materiais residuais, sendo nos pontos: 3, 5, 15, 18, 22, 38, 45, 53 e 58. (Figura 18), enfatizando a espessura do material pedológico e a escolha pelos materiais retrabalhados.

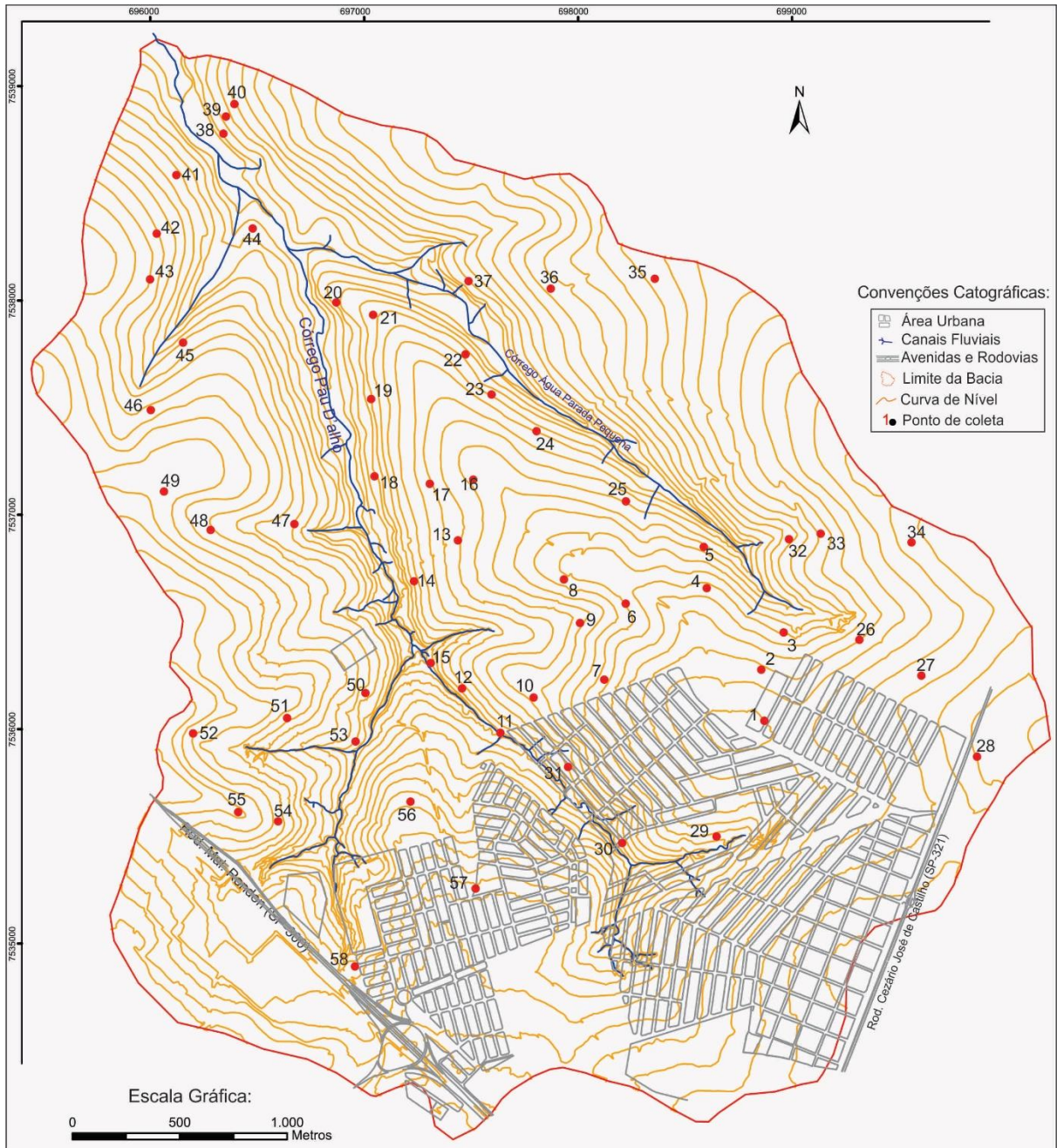


Figura 19 - Pontos de coleta e aplicação dos experimentos

Em cada ponto foram coletadas, com auxílio de um trado, no mínimo, três amostras: à 40 cm, 1,5m e 3m de profundidade, contudo, houveram situações nas quais a discordância textural e/ou de cor foram observadas fora das medidas estabelecidas; em tais situações, a coleta não se restringiu a apenas três profundidades, o que proporcionou pontos nos quais foram obtidas mais de três amostras, com o intuito de identificar os locais de transição dos materiais inconsolidados, segundo as orientações de Zuquette e Gandolfi (2004).

Cabe salientar os cuidados tomados em fazer a limpeza física do trado, a qual consiste em coletar a segunda amostra do perfil desejado para que os resíduos do perfil anterior saiam

junto com a primeira amostra, eliminando o risco de contaminação da amostra com materiais não pertencentes a ela.

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos devidamente identificados e lacrados (Figura 19), totalizando 172 amostras. Em seguida, tais amostras foram submetidas à análise granulométrica no Laboratório para Análise de Formações Superficiais (LAFS), do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN), do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Rio Claro.



Figura 20 - Coleta e armazenamento das amostras

As análises granulométricas foram pautadas nas orientações de Camargo et al. (2009, p. 47), que tem por objetivo a “determinação da distribuição percentual das partículas primárias do solo”, sob o princípio da “desagregação mecânica da amostra, dispersão e avaliação da proporção relativa das partículas primárias por sedimentação em meio aquoso” e na técnica de pipetagem.

Os procedimentos adotados consistem na secagem das mostras, para o destorreamento (Figura 20 – A) e separação de $\frac{1}{4}$ do total. Em seguida, é feita a pesagem de 10g, armazenado em frasco, no qual é adicionado uma solução de hexametáfosfato de sódio e hidróxido de sódio e, em seguida, transferidos para a mesa agitadora por 16h (Figura 20 – B); este processo é responsável por desagregar as partículas, possibilitando a separação de cada fração granulométrica.

Para a separação das frações granulométricas, o conteúdo do frasco é despejado em uma peneira de malha ANBT 270 dentro de um funil, permitindo a passagem do silte e argila para

uma proveta de 500ml (Figura 20 – C) e retendo a fração areia, a qual é coletada e colocada em um béquer devidamente identificado.

De acordo com a temperatura dos materiais da proveta é definido o tempo de agitação. Dado o tempo, segue a coleta da fração argila por meio da pipetagem e armazenada em béquer de 10ml. Em seguida, ambos os béqueres, de areia e argila, são colocados na estufa a 105°C, para a completa desidratação dos materiais (Figura 20 – D).

Após 24h em estufa, os béqueres são colocadas em dessecadoras (Figura 20 – E), até atingirem a temperatura ambiente, para em seguida serem pesados, obtendo a participação percentual de areia total e argila. O material identificado como areia total é peneirado em malha ABNT 70 para a identificação do porcentual de areia fina, à qual é pesada separadamente (Figura 20 - F).

Conhecida a participação de areia (grossa e fina) e de argila, o valor de silte é obtido pela diferenciação do porcentual faltante para completar o total da participação na amostra de solo.

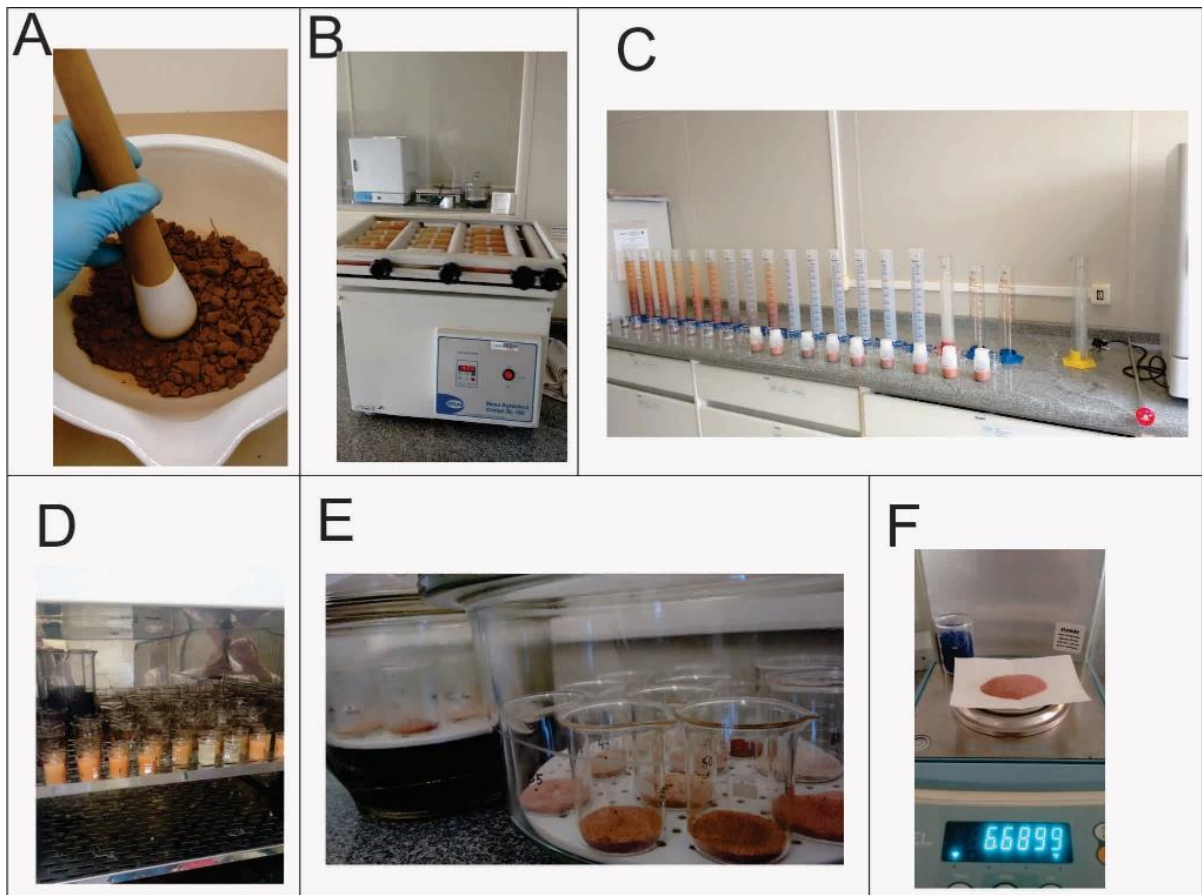


Figura 21 - Procedimento para a análise granulométrica

A identificação da granulometria dos materiais possibilitou conhecer as relações texturais entre as camadas superficiais e de subsuperfície do solo, utilizando as orientações da Embrapa (2006) para identificar as mudanças abruptas de argila, permitindo a identificação de materiais heterogêneos dos homogêneos. Assim, as áreas com mudança abrupta de argila entre as camadas superficial e subsuperficial foram caracterizadas como material heterogêneo¹ e onde a mudança de argila entre as camadas não se dá de forma abrupta, os materiais foram identificados como homogêneos.

A identificação destes dois grupos foi importante, pois segundo Santos e Zaroni (2016), a mudança textural abrupta reflete na menor infiltração de água nas camadas mais profundas, ocasionando aumento do fluxo lateral de água e contribuindo para a suscetibilidade destes solos aos processos erosivos.

Além da granulometria, foram obtidos dados de resistência e de condições de infiltração a fim de melhor caracterizar o material analisado.

A aplicação do penetrômetro, feito nos mesmos pontos de gradagem, visa a análise da compactação do solo, efeito este que se relaciona com a capacidade de infiltração do solo, que por sua vez associa-se com os índices de vazão (CRAIG 2007, PINTO 2006, CAPUTO 1988, VARGAS 1977). Deste modo, o conhecimento das camadas compactadas do solo torna-se de suma importância para a compreensão das características físicas da bacia, necessária para a realização dos objetivos propostos, uma vez que segundo Naime, et al. (2006), o excesso de compactação influencia o surgimento de processos erosivos.

Para isso, foi utilizado um penetrômetro de impacto, modelo Stolf (Foto 1), seguindo as orientações da Embrapa (1998), que salienta a interferência de raízes, pedras e outros materiais na medição, sendo então, necessária a realização de no mínimo 3 séries em cada ponto, com uma distância de, aproximadamente, 50cm uma da outra.

¹ Não foi o objetivo desta etapa da pesquisa, diferenciar os materiais naturais dos antropogênicos.



Foto 1 - Utilização do penetrômetro de impacto modelo de Stolf

Após a medição em campo, os dados foram tabelados e inseridos no programa apresentado por Stolf (2011) para identificação da resistência das camadas, dadas na unidade de medida mega pascal (MPa).

Segundo Stolf (1991), a fórmula apresentada pelos holandeses para transformação dos dados de impacto em resistência dinâmica do solo é a mais apropriada para o uso do penetrômetro de impacto, tendo a seguinte expressão:

$$R = 5,6 + 6,89N$$

Onde:

R= resistência dinâmica do solo, em quilograma força por centímetro quadrado (Kgf/cm²)

N= dados de penetrômetro de impactos, sendo o número de impactos por decímetro (impactos/dm).

Ainda, de acordo com Stolf (1991), a transformação dos dados de resistência de quilograma força (Kgf) por mega pascal (Mpa), basta dividir a expressão acima por 10, sendo:

$$R(MPa) = 0,56 + 0,689N$$

De acordo com Stolf (1983, 1984), as camadas mais próximas à superfície são as que mais variam os índices de resistência, compreendendo os valores mais significativos para a análise.

Deste modo, considerando que os dados do penetrômetro influencia as taxas de infiltração, os quais devem ser associados com a relação textural da granulometria, utilizou-se a média de resistência da camada de 10cm a 20cm, considerando ser esta camada a que mais influencia nos índices de infiltração, resistência e, conseqüentemente, nas características físicas da área.

Para a obtenção das taxas de infiltração foram realizados experimentos com o infiltrômetro de Hills (1970 *apud* GUERRA, 2002) nos pontos correspondentes as coletas de solo e aplicação do penetrômetro.

Assim como apresentado por Mathias (2011, 2016), o infiltrômetro de Hills consiste de cano de 10 cm de diâmetro por 15 de comprimento, com uma régua acoplada, onde 5cm do cano são enterrados, ficando 10cm para fora e o zero da régua rente ao solo (Foto 2).

Preparado o instrumento, o espaço do cano é preenchido com água, sendo anotados os centímetros referentes ao nível da água com o passar dos minutos. Para isso, nos primeiros 2min é anotado o nível a cada 30s e nos minutos seguintes o registro é feito a cada minuto, até a infiltração da água atingir o 0cm da régua acoplada no cano.



Foto 2 - Utilização do infiltrômetro de Hills

Com o intuito de compreender as duas principais estações do ano, tendo em vista que a umidade antecedente, vinculada aos períodos de pluviosidade, interfere diretamente nesta variável, foram considerados os dados dos períodos chuvoso (verão) e seco (inverno).

Após a coleta dos dados em campo, os mesmos foram tabelados para encontrar a taxa média de infiltração, de acordo com os cálculos propostos por Guerra (2002) e Mathias (2011), sendo:

$$TI = \frac{(\pi r^2 * h)}{t}$$

Onde:

TI = Taxa de Infiltração Média em cm³/min;

πr^2 = Área da seção do tubo;

h = Altura da lâmina d'água infiltrada em centímetros;

t = Duração do experimento em minutos.

Assim, considerando πr^2 uma constante 78,5cm², a qual constitui a área do instrumento, que multiplicada pela altura total de água infiltrada, forma o volume total infiltrado durante todo o experimento, a fórmula acima reduz-se à:

$$TI = \frac{Vol}{t}$$

A próxima etapa foi interpolar os dados trabalhados, a fim de obter uma distribuição espacial do comportamento da bacia em relação a infiltração e a resistência.

A interpolação dos dados pautou-se no método geoestático Krigagem, descrito em Landim et al. (2002), o qual salienta a efetividade do modelo para a compreensão dos fenômenos geológicos amostrados.

A análise geoestatística e a interpolação espacial dos dados foram realizadas no *software* Arcgis, utilizando o modelo da Krigagem Bayseana, que se diferencia dos outros métodos por calcular automaticamente os parâmetros necessários para a criação de um resultado preciso, por meio da criação de subconjuntos e simulações.

Após a interpolação dos dados, fez-se uma avaliação crítica destes, considerando as observações de campo, e considerou-se que o melhor resultado obtido com o modelo da Krigagem Bayseana, com um transformação dos dados com o Logempirical e o semivariograma K_bessel.

Para a elaboração da carta de material inconsolidado, utilizando ainda o *Software* arcgis, utilizou-se a técnica de análise multicritério com a ferramenta *Weighted Overlay*, a qual sobrepõe vários *rasters* usando uma escala de medição comum pré definida e pesa cada um de acordo com sua importância (Figura 21).

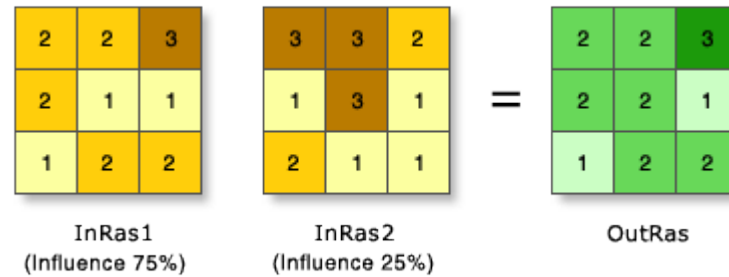


Figura 22 – Técnica de análise multicritério por meio da ferramenta *Weighted Overlay*.
Fonte: Esri, 2016

Para isso, foi preciso transformar os intervalos das classes geradas na interpolação espacial em valores únicos, formando 10 valores únicos em cada imagem *raster* (infiltração de inverno, infiltração de verão e de resistência), ponderados igualmente, ou seja, o peso de importância de cada imagem foi percentualmente igual.

A imagem gerada por tal processamento permitiu a definição do comportamento dos materiais inconsolidados.

3.1.10 Carta da Fragilidade Física

A elaboração deste material cartográfico pautou-se na proposta metodológica de Ross (1990, 1994 e 2001) para as fragilidades ambientais. Estas, são estabelecidas segundo o conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977), no qual são definidas unidades instáveis, ou de instabilidade emergente, e as estáveis, ou de instabilidade potencial.

Deste modo, foram feitas adaptações buscando uma aproximação à fragilidade potencial, uma vez que sem a variável direta da ação antrópica, as sobreposições das cartas da concentração do escoamento superficial, de material inconsolidados e da energia do relevo possibilitaram a mais possível aproximação da fragilidade quanto às características físicas da área.

Os dados do escoamento superficial mostrou-se importantes diante dos problemas de drenagem urbana existentes na área e em bacias adjacentes, como observado *in loco* e apresentado por Thomazini (2013); materiais inconsolidados se justificam perante os processos erosivos diagnosticados na bacia. Tais informações serão hierarquizadas de forma semelhante

ao proposto por Ross (1990, 1994 e 2001) para as outras variáveis e considerados na classificação do grau de instabilidade.

Para isso, utilizou-se a ferramenta *overlay* do *software* Arcgis, também apresentada na técnica de elaboração da carta de materiais inconsolidados.

Com três variáveis (materiais pedológicos, escoamento superficial e energia do relevo), foram feitos diversos ensaios na composição e peso de tais parâmetros. Primeiro considerando-os com pesos iguais e com pesos diferenciados. Contudo, como o *software* não permite valores fracionado, dois parâmetros ficaram com 33% de peso, enquanto o terceiro com 34%, como exemplificado no quadro 8.

Variável	Porcentagem de importância		
	1º Ensaio	2º Ensaio	3º Ensaio
Material inconsolidado	34%	33%	33%
Escoamento Superficial	33%	34%	33%
Energia do relevo	33%	33%	34%

Quadro 8 - Valores de importância das respectivas variáveis na composição da fragilidade física

Ensaio com pesos mais relevantes também foram feitos, seguindo a mesma lógica apresentada, mas com uma variável tendo 50% de importância e 25% para as outras duas.

As variações dos resultados foram, praticamente, imperceptíveis apresentando significava influência dos materiais inconsolidados. Assim, considerou-se que as características dos materiais pedológicos, exercem significativa influência na fragilidade física da bacia.

Desde modo, optou-se por utilizar a influência de 50% para o material pedológico, 25% para o escoamento e 25% para a energia do relevo.

O resultado obtido foi, então, validado através de trabalho de campo, apresentando-se condizente com as características da bacia elencadas durante todo este trabalho.

3.1.11 Carta de Orientação à Expansão Urbana

A carta de Orientação ao Uso Urbano constitui-se no material cartográfico final deste trabalho, tendo como parâmetros os dados obtidos nas cartas preliminares de fragilidade física, geomorfológica, derivações ambientais e transgressões legais e declividade, bem como os parâmetros apresentados pela lei municipal 2339/1982, a qual dispõe sobre a divisão do território do município em zonas de uso e regula o parcelamento e ocupação do solo.

O procedimento de elaboração deste material cartográfico consistiu na identificação de parcelas/áreas da bacia em estudo com características físicas semelhantes, utilizando o *software* ArcGis. Para isso, analisou-se a distribuição das fragilidade físicas, identificando 7 parcelas com características distintas, as quais foram vetorizadas e definidas como Unidades Físicas I, II, III, IV, V e VI.

Após este procedimento, foram inseridas as derivações ambientais, sendo as voçorocas, ravinas e os sulcos. Em relação aos sulcos erosivos, foram considerados aqueles que se mantiveram ao longo do período histórico analisado (1972 e 2010/2011), os quais foram identificados e mapeados por meio da interpretação das fotografias aéreas (adquiridas junto a EMPLASA, dos anos de 1972 e 2010/ 2011).

A utilização destes na composição da orientação a expansão urbana se deu por considerar que suas presenças históricas indicam uma fragilidade física/ambiental das áreas nas quais se encontram, propiciando o desenvolvimento de processos erosivos lineares mais avançados.

Em seguida foram adicionadas as declividades iguais e maiores que 30% (trinta por cento), como áreas proibidas ao uso urbano de acordo com a lei Lehmann (Lei Federal 6766/79) e as APP's (Áreas de Proteção Permanente) definidas pelo Código Florestal (Lei Federal (12651/12). Assim, estas áreas foram identificadas como impróprias ao uso urbano pelos motivos legais, bem como pela presença das derivações ambientais.

Os índices urbanísticos apresentados pela lei municipal 2339/82 pautaram a formulação da orientação a expansão urbana, pois segundo Acioly e Davidson (2011) os parâmetros urbanísticos quanto ao tamanho do lote, densidade urbana, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento, variam de acordo com as características locais e os costumes das respectivas populações. Deste modo, os parâmetros aceitos e adotados em países europeus não satisfazem as necessidades da população brasileira e muito menos das africanas, tornando-se de grande complexidade a padronização universal dos índices urbanos.

Até mesmo dentro do mesmo território nacional há divergências quanto aos índices urbanos adequados. A exemplo, a lei Lehmann (Lei Federal 6766/79) apresenta a dimensão mínima dos lotes com 125m² com 5m de testada. Contudo, em regiões de grande concentração da população, há a permissão da utilização de lotes menores, como em São Paulo, onde a lei municipal 16.402/2016 permite lotes menores que 125m².

Para cidade de Bauru (SP), os parâmetros urbanísticos são regulamentados pela lei municipal 2339/82, a qual recebeu diversas complementações, apresentadas no quadro 9, que surgiram com as exigências da expansão urbana.

Lei municipal	Deliberação da Lei	Alterações e complementações
Lei 2375/82	Acrescenta inciso ao artigo 27 da Lei nº 2339/82	
Lei 2407/82	Altera anexo 1 da Lei 2339/82	
Lei 3230/90	Infraestrutura em Núcleos habitacionais	
Lei 3351/91	Proíbe prédio na Jd. Estoril I, II e IV	
Lei 3587/93	Permite alojamento estudantil em zona estritamente residencial (exceto no Jd. Estoril)	
Lei 3640/93	Institui corredor comercial e de serviço revoga o recuo de frente especial.	Alterada pelas Leis: 3961/95; 4244/97; 4354/98; 4446/99; 4483/99
Lei 3691/94	Proíbe prédio no Jd. D. Sarah	Complementada pelas Leis: 3701/94; 4339/98
Lei 3701/94	Proíbe prédio na vilas Aeroporto e Guedes	Complementada pela Lei: 4339/98
Lei 4193/97	Proíbe a construção de prédios multifamiliar nos bairros Jd. América, Aeroporto e adjacências.	
Lei 4218/97	Dispõe sobre Distrito Industrial	
Lei 4244/97	Corredor Comercial	
Lei 4299/98	Permite a construção de escolas regulares de outros níveis nas zonas estritamente residenciais	
Lei 4310/98	Institui a Área Urbana de Interesse Especial de Proteção do novo Aeroporto de Bauru	
Lei 4329/98	Altera índices referentes a loteamentos populares	
Lei 4339/98	Acrescenta artigo à Lei 3691/94 que proíbe construção de edifício multifamiliar no Jardim Dona Sarah	
Lei 4415/99	Inclui § 3º no artigo 14 e altera índices urbanos da lei 2339/82	
Lei 4483/99	Altera índices urbanos nas zonas predominantemente de serviço (ZS) e industrial (ZI) e cria corredor comercial	

Quadro 9 - Leis do município de Bauru (SP) que deliberam sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo.

Fonte: Lei municipal nº 2339/82, com atualização de 2000

Entre as leis que regulam o parcelamento, uso e ocupação do solo, destacam-se as de número 2407/82 e 4415/99 (ressaltadas no quadro 9), pois alteram diretamente a Lei 2339/82, modificando os índices urbanísticos apresentados pela mesma.

No entanto, mesmo com adequações dos parâmetros urbanísticos, a última atualização das leis que regulam os índices urbanísticos data do ano 2000, ou seja, mais de 15 anos que não se reavalia os padrões urbanísticos municipais.

A utilização de padrões formulados há mais de uma década podem não condizer com a realidade atual da urbanização, a qual tem apresentado um dinamismo veemente. Mas, como a administração pública os considera atuais, foram utilizados na elaboração da orientação à expansão urbana.

A estrutura organizacional do zoneamento municipal ocorre pelo Macrozoneamento, com as respectivas zonas (apresentados no plano diretor, lei municipal 5631/08) e o tipos de usos (descritos na lei municipal 2339/82), como apresentado na figura 22.

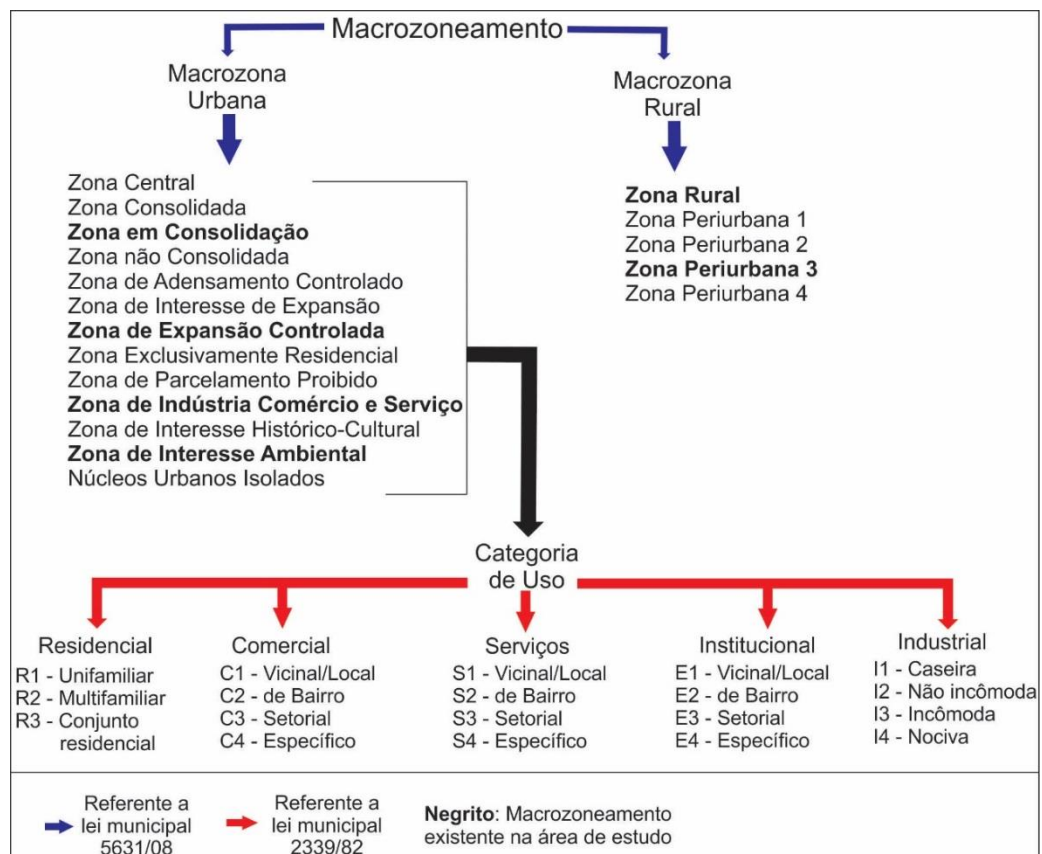


Figura 23 - Estrutura organizacional do zoneamento urbano de Bauru (SP).

Fonte: Leis municipais 5631/08 e 2339/82

Elaborado pelo autor

Para a elaboração deste material cartográfico consideraram-se os parâmetros vinculados aos usos residencial, comercial e de serviços, por avaliar que estes referem-se ao objetivo do trabalho e que o uso industrial, como abordado pela lei 2339/82, exigiria a avaliação caso a caso dos órgãos competentes. Já o uso institucional não foi considerado, pois enquadra-se na

obrigatoriedade apontada pela Lehmann (Lei Federal 6766/79), referenciada no plano diretor (Lei Municipal 5631/08) de 5% da gleba urbanizada, ou seja, se há urbanização, exija-se empreendimentos institucionais, cabendo aos órgãos responsáveis a avaliação da demanda que cada zona, bairro e uso necessitam.

Os parâmetros urbanístico considerados foram: tamanho mínimo do lote (LM) dado em m²; testada, referente ao cumprimento em metros da face lindeira ao arruamento; taxa máxima de ocupação (TO), indicando a porcentagem do lote a ser ocupado pela edificação e, conseqüentemente, a área do lote a ser impermeabilizada; coeficiente máximo de aproveitamento (CA), orientando o total de área construída em cada lote.

A exemplo do uso de tais parâmetros, se um lote de 400m² tiver uma edificação de 200m², esse terá uma TO de 50% e um CA de 50%, mas se o mesmo lote tiver uma edificação de dois pisos (sobrado), com 200m² cada pavimento, então a TO permanece de 50%, mas o CA será de 100%, pois a área construída somando os dois pavimentos será igual a área total do lote.

Nesta lógica, os índices urbanísticos para a cidade de Bauru variaram entre: LM – 125m² a 700m²; testada – 5m a 20m; TO – 50% a 100%; CA – 50% a 400%, os quais foram tabelados para compor a orientação à expansão urbana

Com isso, de acordo com as características físicas e os índices urbanísticos, formularam-se as seguintes diretrizes:

- I. Declividades <2%, dificultam o escoamento superficial, sugerindo TO de 50%, afim de favorecer a infiltração.
- II. Declividades de 2% - 12%, proporcionam o escoamento superficial, permitindo maiores TO (75%), uma variedade do LM e, conseqüentemente, um maior densidade urbana.
- III. Declividades de >12% e <30%, indicam maior energia do escoamento superficial, exigindo maiores gastos de terraplanagem; sugere-se então a disposição dos lotes seguindo a orientação das curvas de nível, afim de amenizar os gastos e a energia do escoamento superficial.
- IV. Material pedológico com baixa resistência, dificulta a estabilização das edificações, encarecendo-as, o que prejudicaria os loteamentos de interesse social e os multifamiliares verticais.
- V. As áreas de forte fragilidade e discordância textural dos materiais pedológicos, sugere-se LM de 500m² com TO de 50%, do tipo residencial unifamiliar, possibilitando baixa densidade urbana e populacional.

A partir dessas diretrizes, foi elaborada a carta final de orientação a expansão urbana.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados obtidos através dos trabalhos de campo e das cartas elaboradas são aqui apresentados e analisados, divididos em dois subtópico.

O subtópico abaixo (4.1) apresenta as características da área de estudo, obtidas na bibliografia consultada, bem como os dados alcançados nas trabalhos de campo, nas análises laboratoriais e dos materiais cartográficos elaborados.

A análise das características da área de estudo possibilitaram a análise da fragilidade e de do produto final de síntese, os quais são apresentados na subtópico 4.2.

4.1.Área de Estudo

A bacia hidrográfica do córrego Pau D’alho (BAURU - SP) possui uma área de aproximadamente 13,27 km², situada na cidade de Bauru, no estado de São Paulo, limitada pelas coordenadas geográficas 22° 14’ S e 22° 17’ S e 49° 3’ W e 49° 5’ W (Figura 23), sobre formações geológicas pertencentes ao Grupo Bauru, localizada no compartimento geomorfológico do Planalto Ocidental Paulista, o qual se insere na Bacia Sedimentar do Paraná, no estado de São Paulo.

O Planalto Ocidental Paulista, segundo Ross e Moroz (1997) e IPT (1981b), abrange cerca de 50% de todo o território paulista, sendo que para Ross e Moroz (1997, p.42) “neste planalto pode-se identificar variações fisionômicas regionais”, diferenciando algumas fisionomias dentro do Planalto Ocidental.

Os autores delimitam, portanto, entre tais variações, o Planalto Centro Ocidental, no qual se insere a bacia do Pau D’alho. Tal unidade morfoescultural “limita-se ao norte com o estado de Minas Gerais, a noroeste com o Estado de Mato Grosso do Sul, a sudoeste com o estado do Paraná e ao sul e leste com a Depressão Periférica Paulista” (ROSS; MOROZ 1997, p.42), constituindo-se por um relevo de “colinas amplas e baixas com topos convexos e topos tabulares”.

Ainda, segundo o IPT (1981b), o Planalto Centro Ocidental apresenta entalhamento médio dos vales, inferior a 20m, extensos interflúvios com colinas amplas na ordem de 1.750 e 3.750m, vertentes de perfis retilíneas e convexas com declividades médias, predominando os valores entre 2 e 10%, topos aplainados e drenagem de baixa densidade, com padrão subdentrítrico e vales abertos.

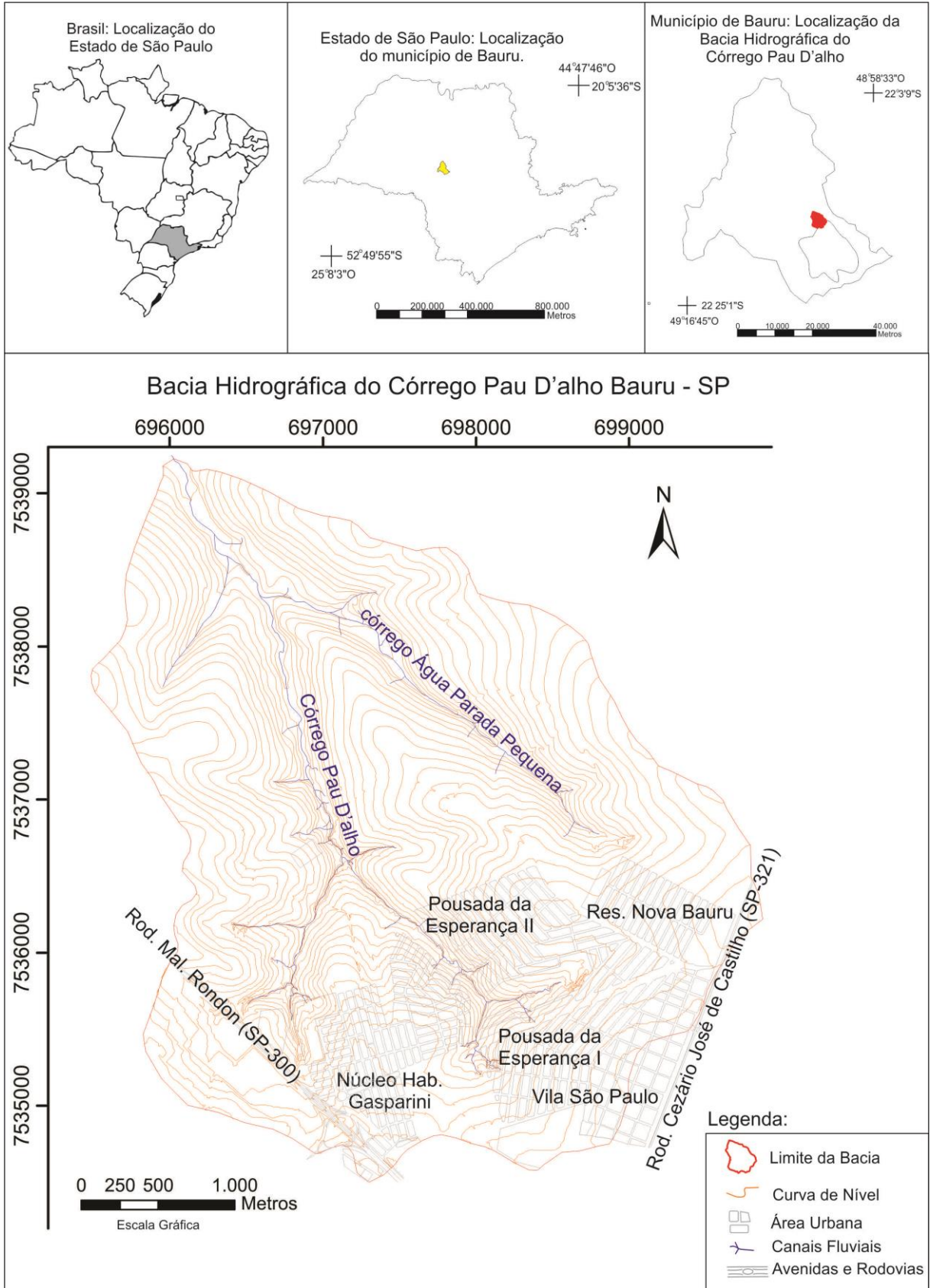


Figura 24 - Localização da área de estudo.

Fonte: Base cartográfica

O substrato geológico desta porção do território do estado de São Paulo se encontra na unidade geológica da Bacia Sedimentar do Paraná, que, segundo o IPT (1981b), constitui uma unidade geotectônica estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana, a partir do Devoniano, ou até mesmo do Siluriano.

Segundo o mesmo autor (p.46), “a subsidência dessa bacia, mesmo com caráter oscilatório, permitiu a acumulação de grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e sills de diabásio” que, juntamente com uma inclinação homoclinal das camadas paleozoicas e mesozoicas em direção ao interior da bacia, já no Cretáceo Superior, permitiram a formação de um grande grupo geológico, o Grupo Bauru, recobrando as lavas basálticas do Planalto Ocidental, do Grupo São Bento, a oeste do Estado de São Paulo.

As litologias que compõem mais de 40% do estado de São Paulo, parte do Sul de Minas Gerais, Norte do Paraná e Oeste do Mato Grosso do Sul, constituem o Grupo Bauru, identificado nas décadas de 1970 e 1980, com uma área de aproximadamente 330.000km² (BATEZELLI et al., 2003), sendo tal grupo constituído, segundo Soares (1980 *apud* IPT, 1981a) e Almeida (1980 *apud* IPT, 1981a), pelas Formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília (Figura 24).

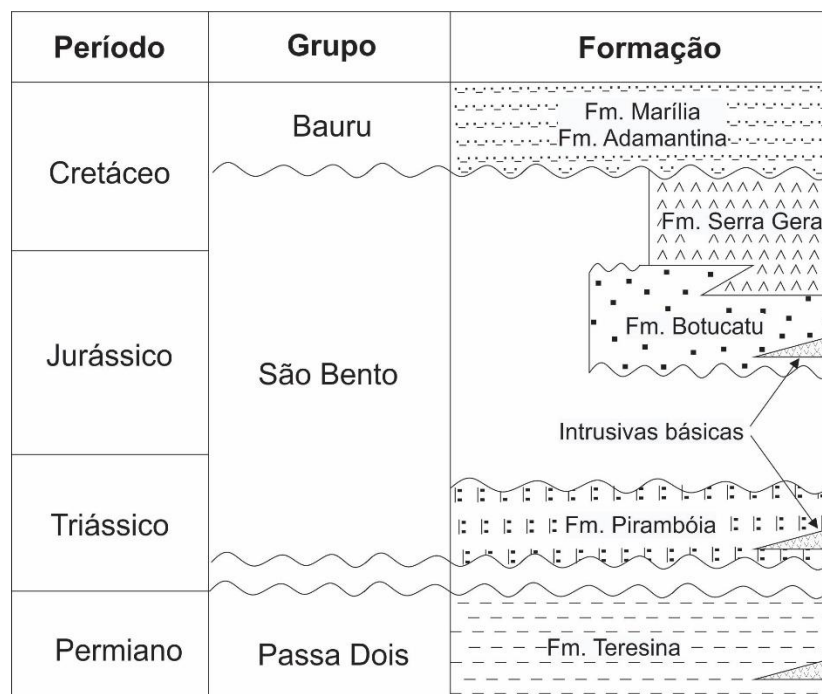


Figura 25 - Coluna estratigráfica do município de Bauru.

Fonte: Canato, et al., 2014

Posteriormente, Fernandes (1998) apresenta uma nova classificação do Grupo Bauru, subdividindo-o e o denominando de Bacia Bauru. Assim, a Formação Caiuá é elevada à

categoria de Grupo e passa a compreender a Formação Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio, enquanto o Grupo Bauru abarca a Formação Marília, Uberaba, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Vale do Rio do Peixe, sendo estas três últimas anteriormente denominadas de Adamantina (FERNANDES; COIMBRA, 2000)

Assim, a bacia do córrego Pau D'alto encontra-se sobre as Formações Marília e Rio do Peixe, segundo Fernandes (1998) ou Adamantina e Marília, de acordo com as concepções de Soares (1980 *apud* IPT, 1981a) e Almeida (1980 *apud* IPT, 1981a), estando a Formação Marília presente nas porções mais elevadas do relevo, ocupando as áreas de topo dos interflúvios, enquanto a Formação Rio do Peixe encontra-se nas áreas mais rebaixadas e nos fundos de vale.

No estado de São Paulo, a Formação Marília se faz presente através do Membro Echaporã, que se caracteriza por “arenitos finos a médios, imaturos, com frações grossas e grânulos em quantidades subordinadas”, com cimentação e nódulos carbonáticos, formando arenito conglomerático com clastos de arenito, sobre pequenas faixas de concrecionamento disjuntas, por superfície de erosão (FERNANDES, 2004, pg. 61).

Já a Formação Rio do Peixe é caracterizada por arenitos muito finos a finos, intercalados com siltitos ou lamitos arenosos, formando estratos maciços com estratificação/laminação plano-paralela grosseira, com intensa cimentação por CaCO_3 , correspondente “a depósitos essencialmente eólicos, acumulados em extensas áreas planas, na forma de lençóis de areia e campos de dunas baixas, associados com depósitos de loess.” (FERNANDES, 2004, pg. 58).

Além do mais, Fernandes (1998) salienta as características climáticas áridas e semi-áridas, nas quais ocorreram as deposições, proporcionando considerável material arenoso as Formações Marília e Rio do Peixe, bem como a transição gradual entre essas, dificultando a identificação dos seus limites, como apresentado por Thomazini (2013).

Tais condições geológicas refletem-se, tanto nas características do relevo como nos tipos de solos da área estudada. Desta forma, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado São Paulo (ROSS; MOROZ, 1997), a cidade de Bauru, inserida no compartimento geomorfológico do Planalto Ocidental Paulista, apresenta solos do tipo Latossolo Vermelho – Amarelo, que ocorre de forma generalizada, e Argissolo Vermelho – Amarelo, comumente localizado nas vertentes mais inclinadas, ambos possuindo textura média à arenosa.

Diante das condições litológicas, verifica-se no município de Bauru o predomínio de solos muito desenvolvidos, com alteração pronunciada dos minerais primários, característicos de clima quente e úmido. Assim, Almeida Filho (2000) descreve o solo bauruense, na maior parte do território, como Latossolos Vermelho Escuro, textura média e Argissolos Vermelho, textura arenosa-média.

Segundo Cavaguti (1993 apud ALMEIDA FILHO, 2000, p.72) “constatou-se maior tendência à erosão linear em solos Argissolos [sic] que em Latossolos, embora as boçorocas de maior dimensão tenham se desenvolvido em Latossolos”. Isso porque os Latossolos são bem desenvolvidos, estáveis e bem drenados, mas quando sofrem atividades excessivas de ocupação irregular, perdem seus microagregados causando maiores desgastes, surgindo assim às voçorocas.

A granulometria dos materiais pedológicos da bacia do córrego Pau D’alho, obtida para a elaboração da carta de Materiais Inconsolidados, apresenta caráter arenoso, em especial da camada superficial (40 cm), com predomínio de areia e areia-franca, enquanto as camadas mais profundas (150 cm em diante), predominam como franco-arenosa (Figura 25).

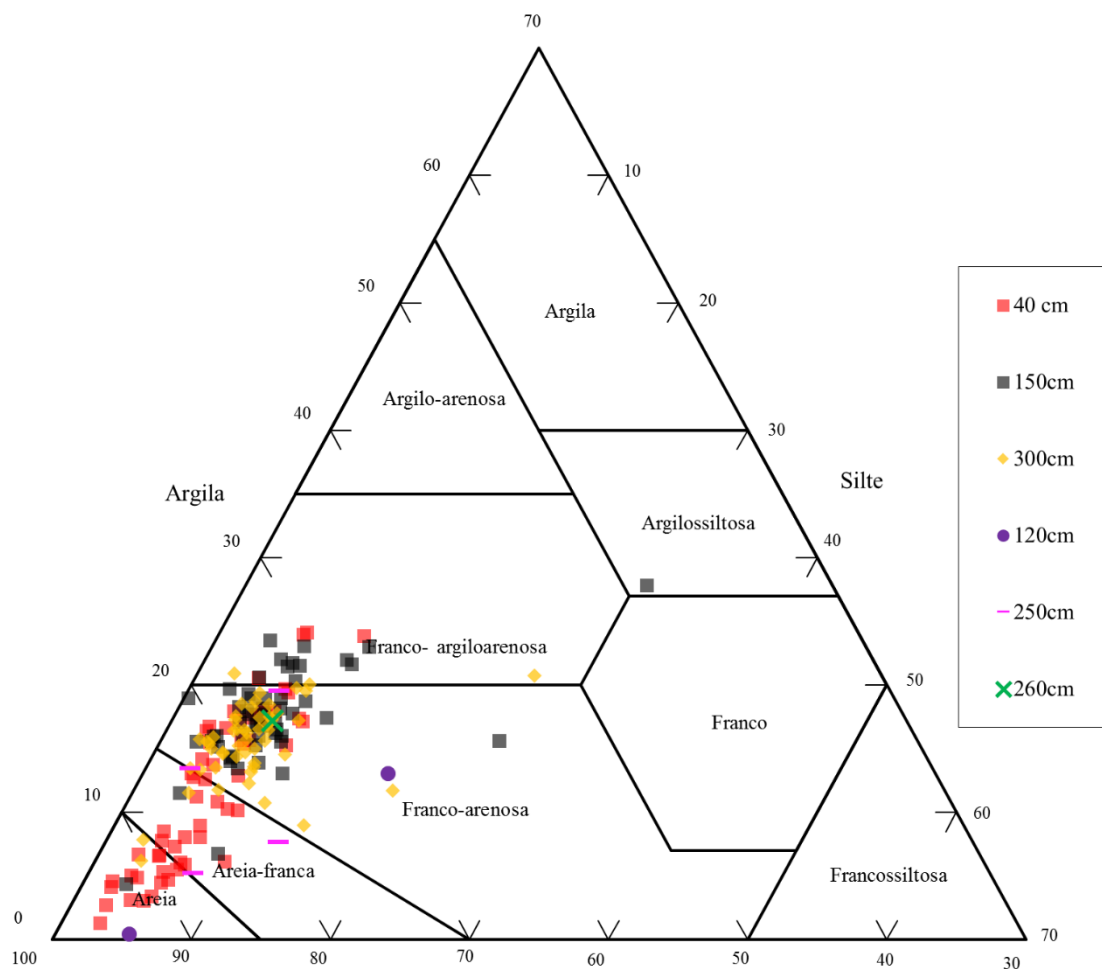


Figura 26 - Classificação textural dos materiais em suas respectivas camadas dos 58 pontos amostrados, apresentados na figura 18.

Em relação à resistência de tais materiais, o padrão observado consiste na distribuição da camada (10cm a 20cm de profundidade) mais resistente nas médias e altas vertentes, próximas a borda da bacia (Figura 26), em especial na porção oeste e noroeste.

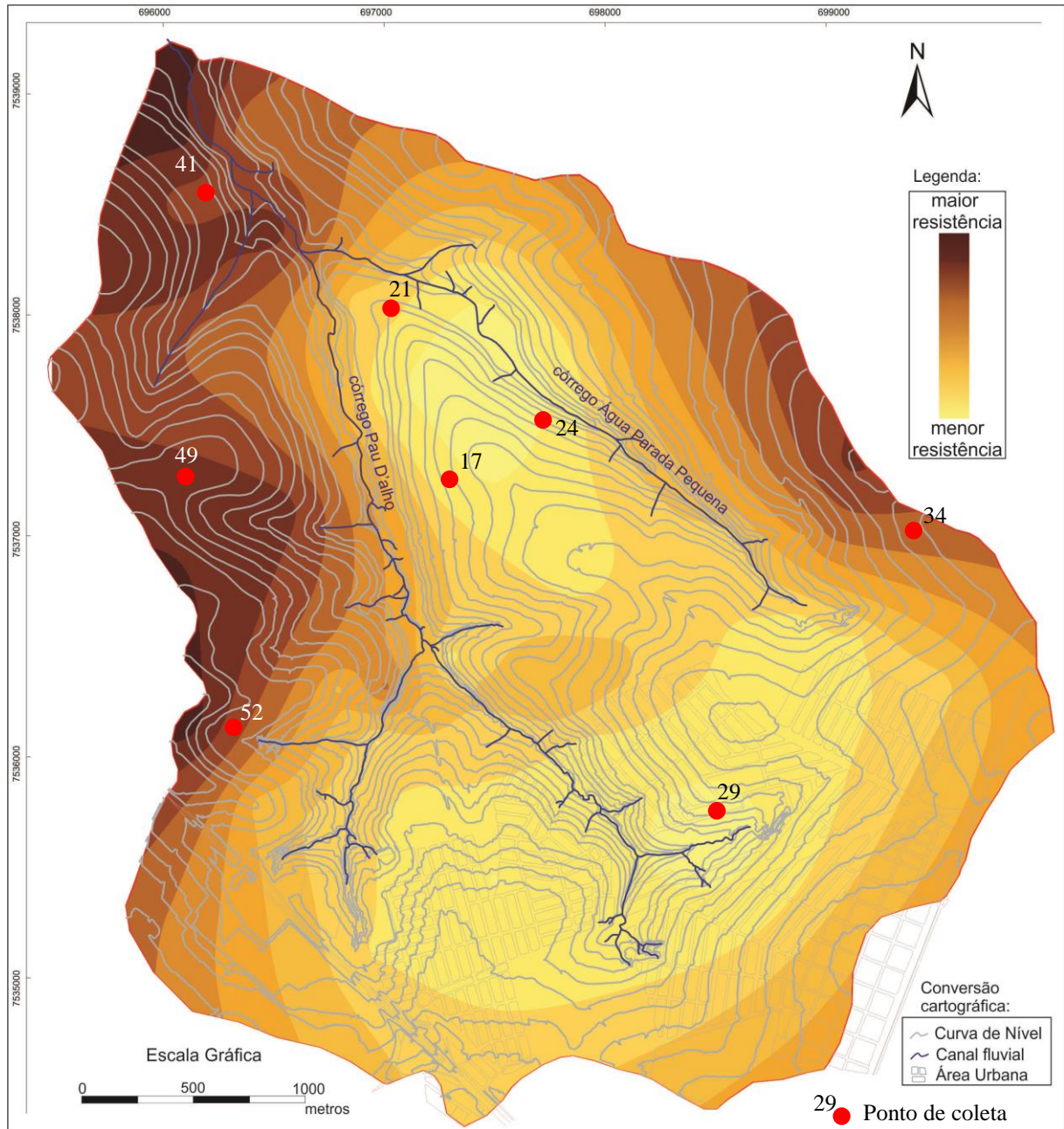


Figura 27 - Distribuição espacial das taxas de resistência do solo (camada de 10 cm a 20 cm).

Os pontos 34 e 49, localizados em alta vertente e topo, respectivamente, exemplificam uma característica do material mais resistente, apresentando ligeira resistência nas camadas mais superficiais e à medida que se aprofunda, esta resistência vai diminuindo (Gráficos 1 e 2).

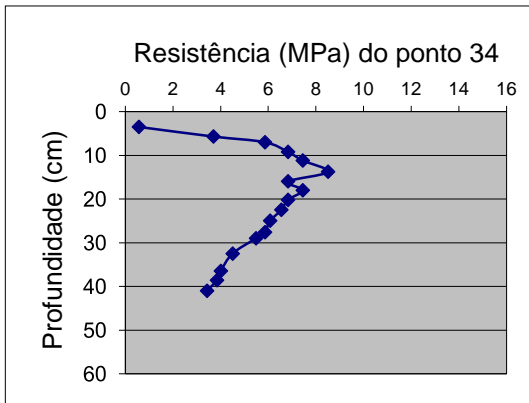


Gráfico 1 - Resistência do material, ponto 34.

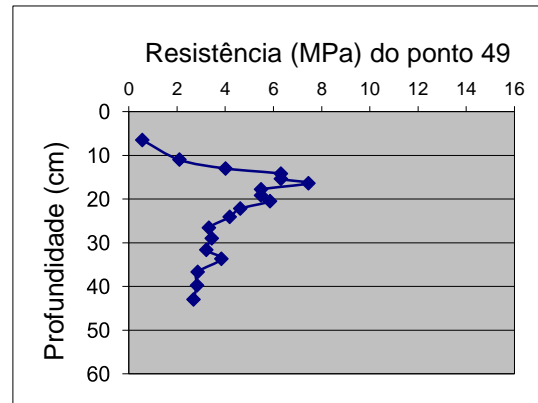


Gráfico 2 - Resistência do material, ponto 49.

Já nos pontos 41 e 52, localizados em baixa vertente e vertente côncava, respectivamente, com declividades mais acentuadas, a resistência do material aumenta gradativamente, sendo mais elevada em torno dos 20 cm de profundidade (Gráficos 3 e 4).

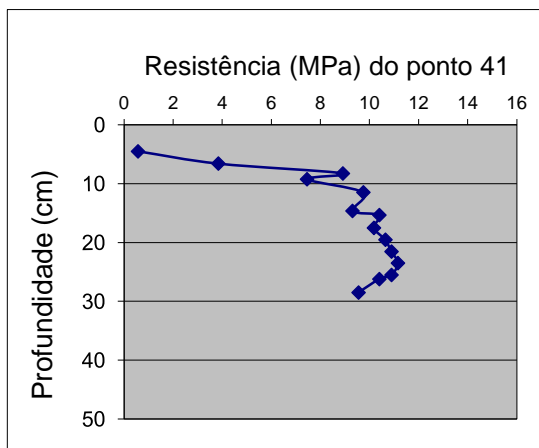


Gráfico 3 - Resistência do material, ponto 41.

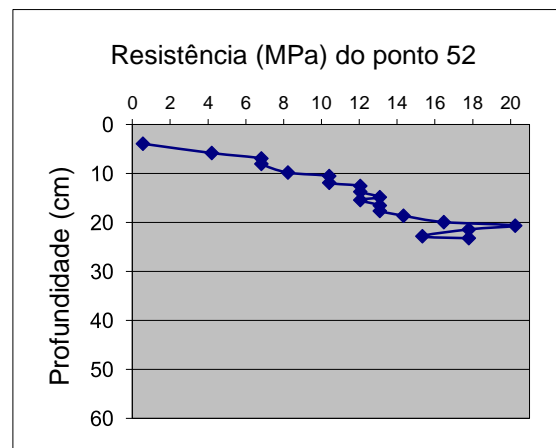


Gráfico 4 - Resistência do material, ponto 52.

As diferenças no padrão de resistência dos materiais se mostram mais relacionadas com as características do relevo do que com o uso, tendo em vista que sobre ambos ocorrem pasto e lavoura temporária.

À medida que se caminha para o centro da bacia, tende a diminuir a resistência dos materiais da camada superficial, com destaque para as áreas de nascente do córrego Pau D'alho, o qual apresenta baixa resistência, associando-se com as voçorocas representadas na carta geomorfológica.

Os pontos 17, 21, 24 e 29 exemplificam as características do comportamento dos materiais com baixa resistência, apresentando uma tendência da baixa resistência logo nas camadas superficiais (Gráficos 5, 6 e 7), com ligeiras variações (Gráfico 8).

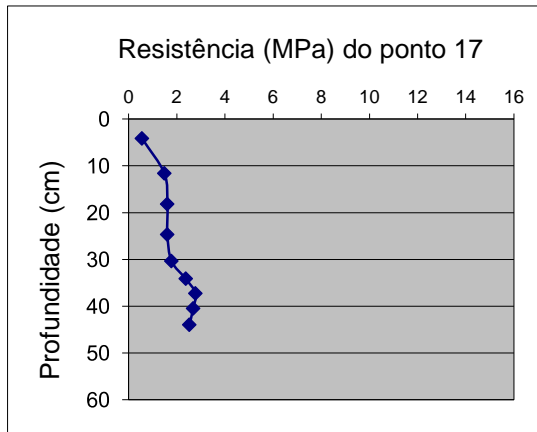


Gráfico 5 - Resistência do material, ponto 17.

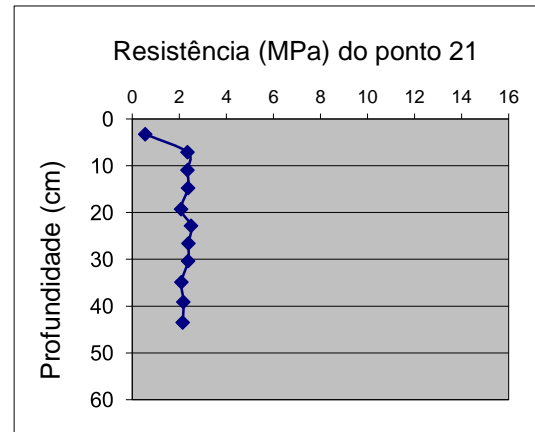


Gráfico 6 - Resistência do material, ponto 21

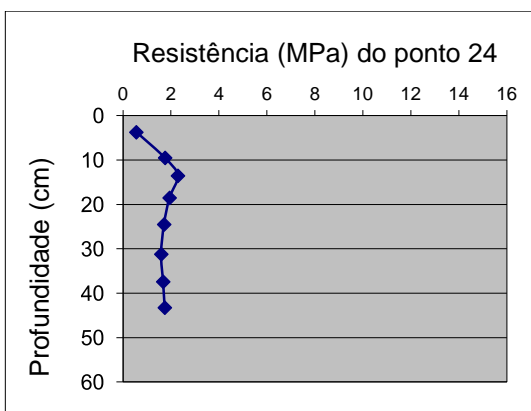


Gráfico 7 - Resistência do material, ponto 24.

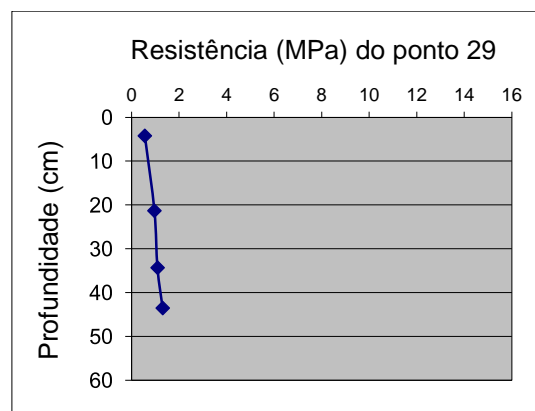


Gráfico 8 - Resistência do material, ponto 17.

Ao analisar as características granulométricas de afloramentos rochosos na bacia do córrego do Castelo, adjacente à do córrego Pau D'algo, Thomazini (2013) constatou a predisposição de boa aderência e compactação dos solos, mas a argila que predomina o cimento dos grãos é facilmente decomposto pela água, tornando-os suscetíveis ao forte escoamento superficial, o que acarreta na perda das características naturais de tais materiais, propiciando o desenvolvimento de processos erosivos.

Sobre tais características, predomina o clima tropical úmido, identificado como Cwa na classificação de Koeppen, com duas estações bem definidas, uma seca (maio-setembro) e outra chuvosa (outubro-abril), atribui características de mesotérmico de inverno seco (SANTOS; CASTRO, 2006) e temperatura média superior a 18°C (CANATO et al. 2014), sendo o mês de agosto o mais seco, com médias pluviométricas de 35 mm. Já os meses mais úmidos são dezembro, janeiro e fevereiro, ultrapassando os 180 mm de chuva (Gráfico 9).

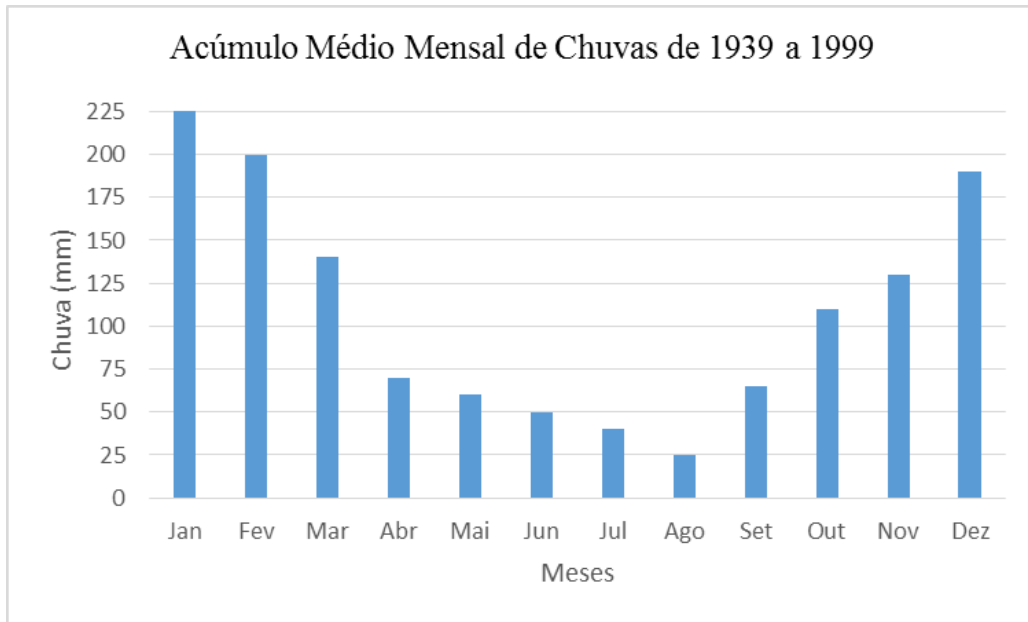


Gráfico 9 - Pluviograma do acúmulo médio mensal de 1939 a 1999 no município de Bauru/SP

Fonte: SIGRH. Município Bauru, posto bacia Bauru D-036

O potencial hídrico da bacia córrego Pau D'algo, principalmente no verão, contribui para aumento do escoamento superficial, influenciando diretamente na formação dos processos erosivos (ROSS; MOROZ, 1997).

A estes se relacionam as taxas de infiltração da bacia, maiores nas bordas oeste e leste, bem como nas proximidades do baixo curso do córrego Pau D'algo. Contudo, as taxas de inverno e verão apresentaram discordância significativas.

No inverno, as áreas que margeam a borda sudeste, leste, até a porção norte da bacia, tendem a altas taxas de infiltração (Figura 27).

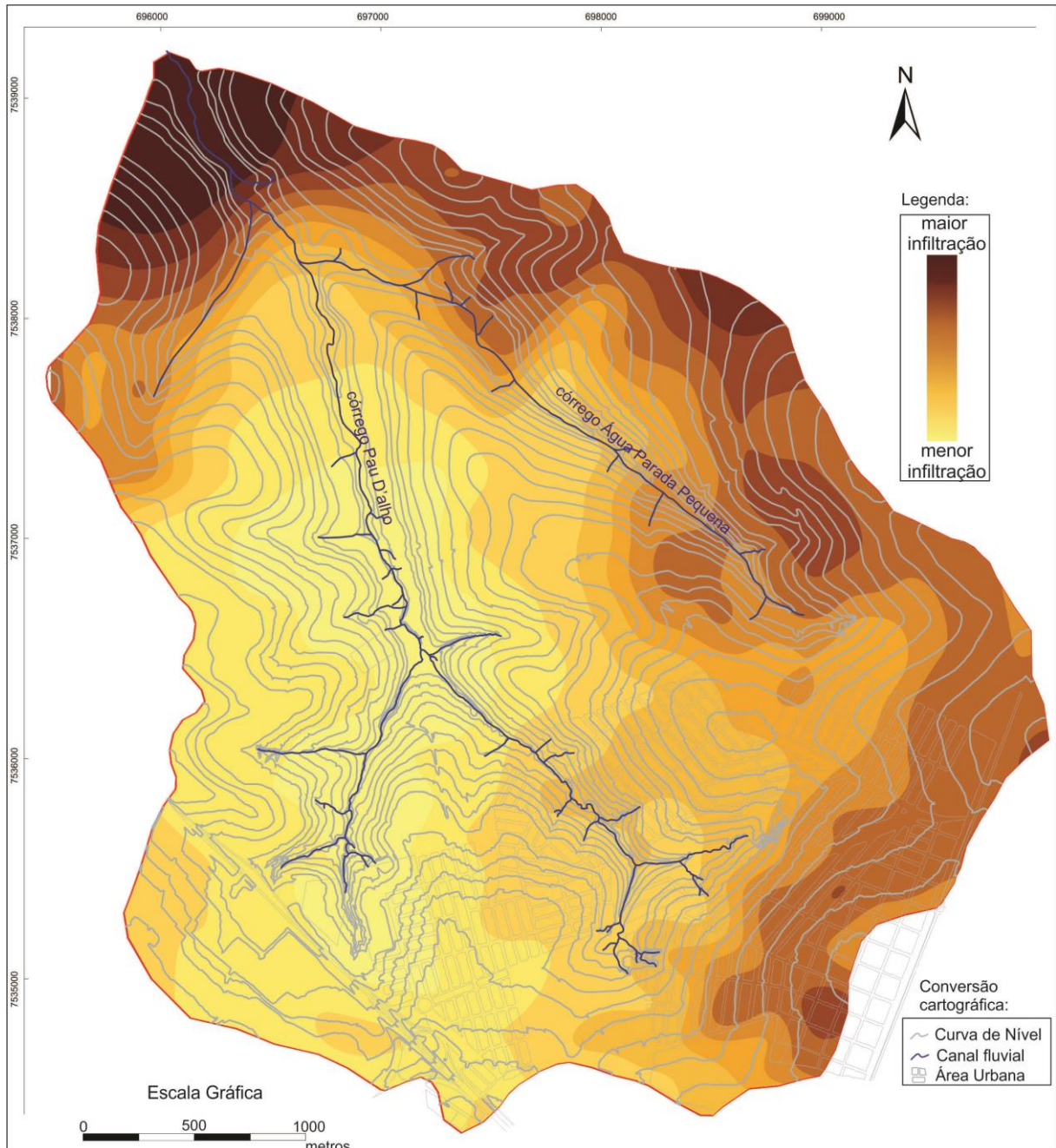


Figura 28 - Distribuição espacial das taxas de infiltração de inverno.

Do centro a oeste e sul da bacia, tendem a baixa infiltração no inverno, com destaque as baixa vertentes e fundo de vale do médio curso do córrego Pau D’alho, o qual apresentam as menores taxas de infiltração nesta estação do ano (Figura 27).

No verão, observa-se certa simetria da infiltração na porção centro-norte da bacia, tendendo a alta infiltração nas médias e altas vertentes da margem leste do córrego Água Parada Pequena e da margem oeste do córrego Pau D’alho (Figura 28).

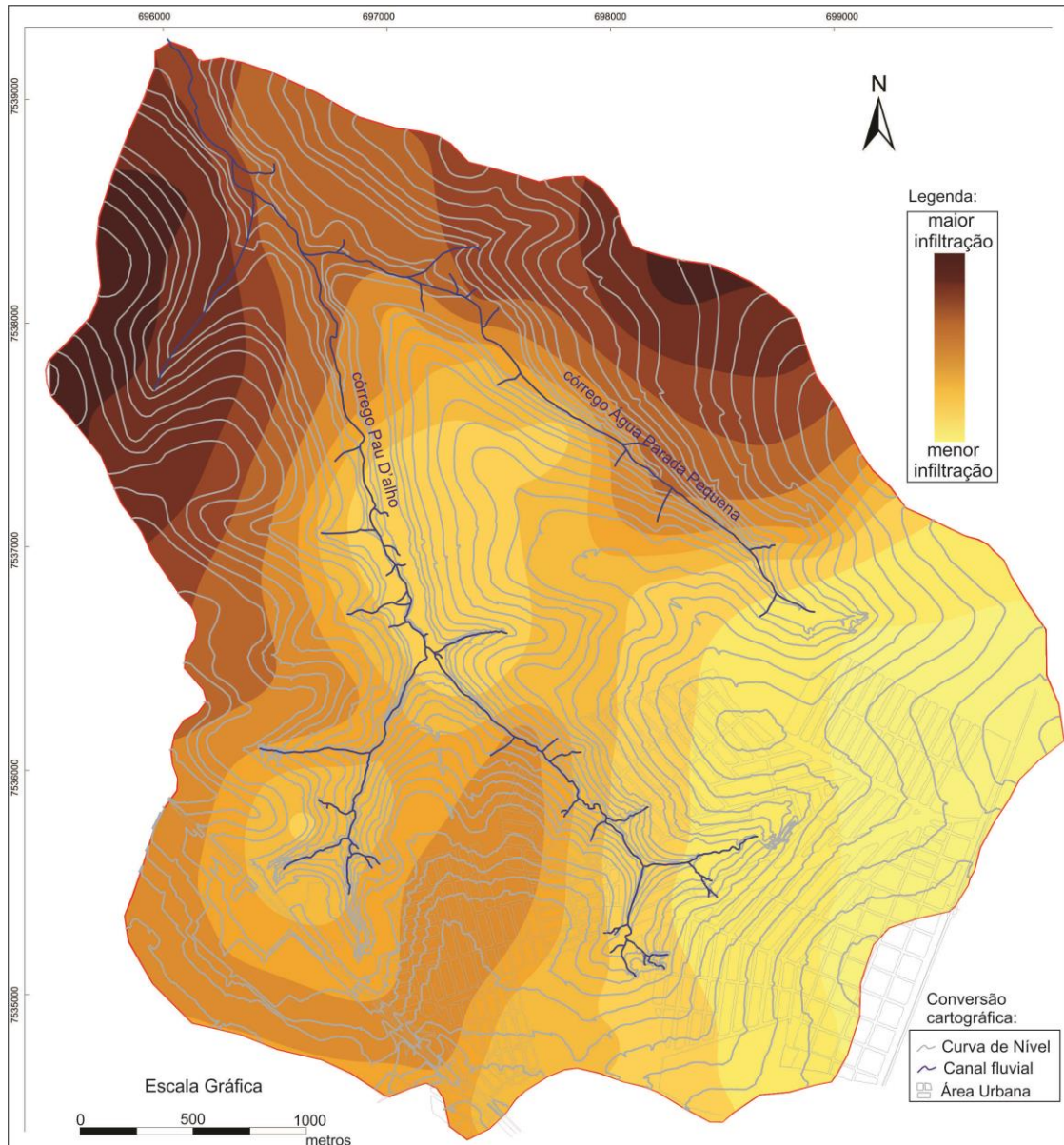


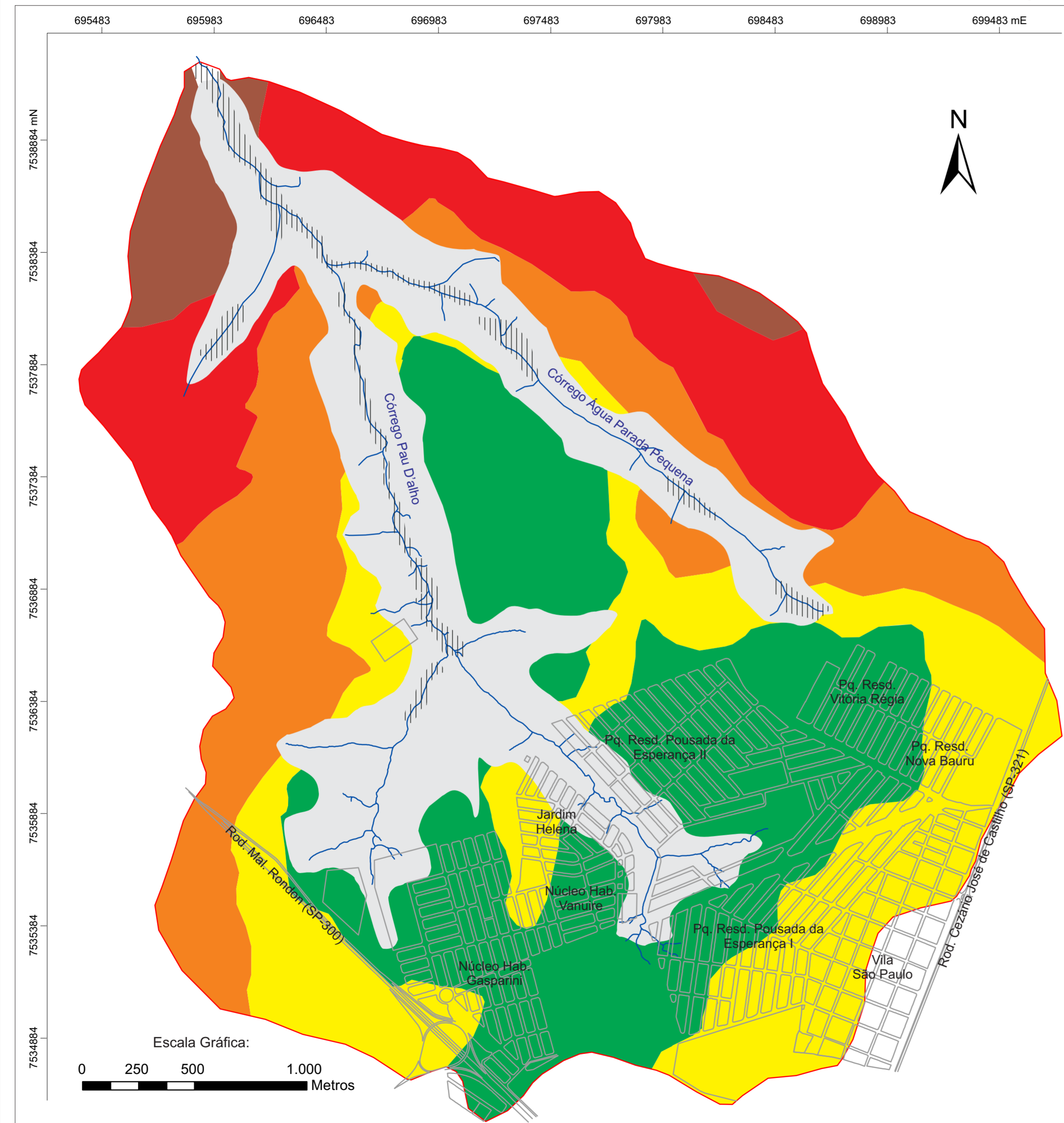
Figura 29 - Distribuição espacial das taxas de infiltração de verão.

As baixas infiltrações no verão ocorrem no maior interflúvio da bacia, entre os córregos Pau D'alho e Água Parada Pequena, bem como na porção sudeste (Figura 28). Esta última, é uma das áreas de maior diferença entre as taxas de infiltrações de inverno e verão (Figura 29), podendo ainda ser agravada pelo uso urbano ali presente.

Outra área discrepante é na vertente da margem esquerda do córrego Pau D'alho, que no inverno apresenta baixa infiltração, mas no verão essa se torna alta (Figura 29), demonstrando a influência do uso na infiltração, pois nesta porção da bacia predomina o uso de lavoura temporária, podendo variar as etapas da plantação entre uma estação e outra.

As características granulométricas dos materiais da bacia e seus comportamentos, referentes a resistência e infiltração, permitiram a elaboração da carta de materiais inconsolidados (Figura 29).

CARTA DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

- Material inconsolidado homogêneo, resistência ≤ 2 (Mpa); infiltrações > 43 (cm³/min.) no inverno e menor que 30 (cm³/min.) no verão.
- Material inconsolidado homogêneo, resistência entre 2 e 3 (Mpa); infiltrações variando entre 43 a 45 (cm³/min.) no inverno e entre 30 a 40 (cm³/min.) no verão.
- Material inconsolidado homogêneo, resistência entre 2,5 a 5 (Mpa); infiltrações variando entre 45 a 47 (cm³/min.) no inverno e entre 40 a 50 (cm³/min.) no verão.
- Material inconsolidado homogêneo, resistência entre 3 a 5 (Mpa); infiltrações variando entre 47 a 50 (cm³/min.) no inverno e entre 40 a 50 (cm³/min.) no verão.
- Material inconsolidado homogêneo, resistência > 5 (Mpa); infiltrações > 50 (cm³/min.) no inverno e > 50 (cm³/min.) no verão.
- Material inconsolidado heterogêneo com relação textural abrupta; resistência < 2 (Mpa); infiltração até 40 (cm³/min.) no inverno e até 36 (cm³/min.) no verão.
- Material de caráter hidromórfico

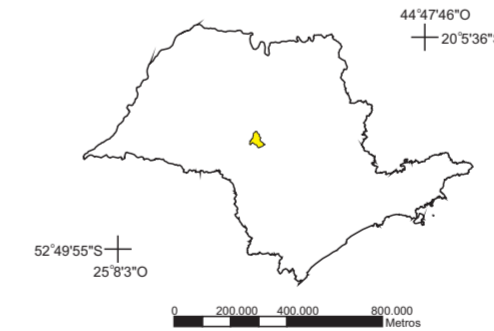
Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia

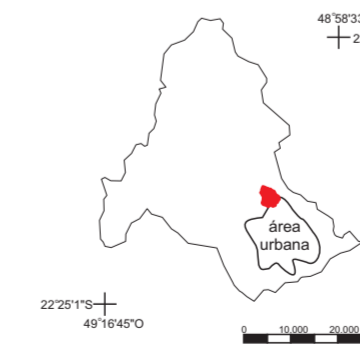
Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru.



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'alho



PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Prof^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci
 Fonte: Base topográfica fornecida pela PMB e pelo CATI/SP,
 Projeção Universal Transverso de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenas UTM (metros)



Figura 30 - Carta de materiais inconsolidados da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

No que se refere à morfometria do relevo, a bacia do córrego Pau D'alto coincide com as descrições da bibliografia ao apresentar declividades predominantes entre 5% – 12%, compreendendo 48% da área total, seguida das declividades de 2% - 5%, com 24% de participação, e a menor representatividade se dá com as declividades maiores que 30%, abrangendo apenas 2% da bacia (Gráfico 10).

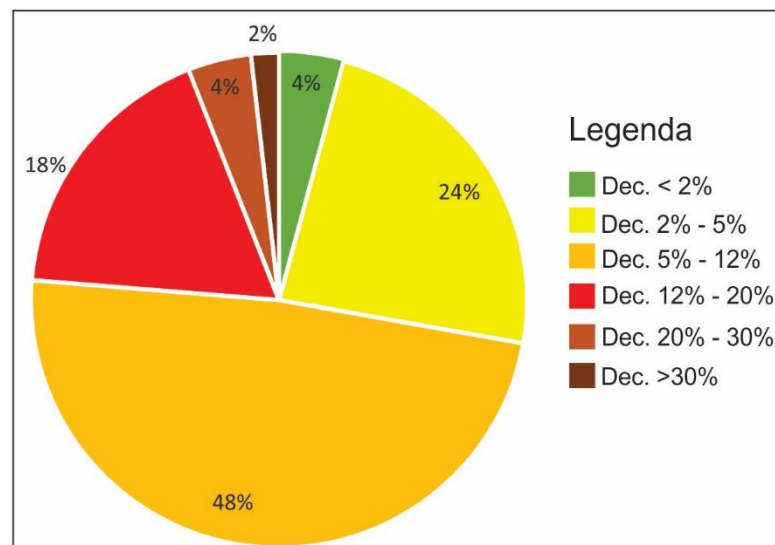


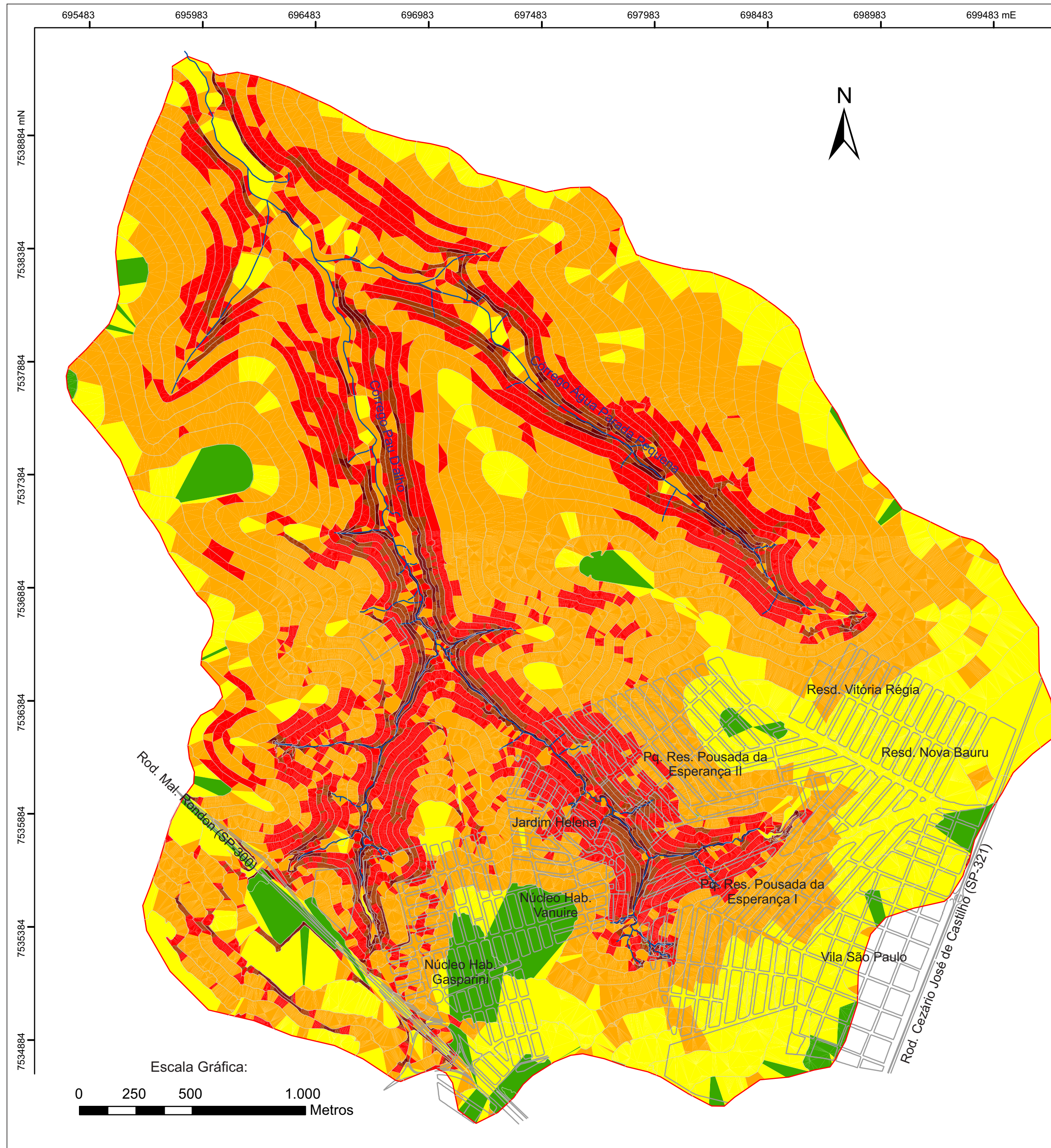
Gráfico 10 - Participação das classes de declividade.

As declividades de 5% - 12% encontram-se, principalmente nas médias vertentes (Figura 30), onde se destacam classes de dissecação horizontal (Figura 31) de 320m até superior a 640m e dissecação vertical (Figura 32) ente 30m a 60m.

O aumento da densidade de drenagem gera dissecação horizontal inferior a 40m, que somada com declividades acima de 12%, propiciam forte energia do relevo (Figura 33), como ocorre no médio curso do córrego Pau D'alto.

Além do mais, nas médias vertentes, é o afloramento do lençol freático, marcando as rupturas topográficas abruptas nas mesmas, criando drenagens de pequena extensão e o desenvolvimento de processos erosivos, como demonstrado na carta geomorfológica (Figura 34) e salientado na figura 35.

CARTA CLINOGRÁFICA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

Classes de Declividade

- < 2%
- 2% - 5%
- 5% - 12%
- 12% - 20%
- 20% - 30%
- ≥30%

Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia
- Curva de Nível

Brasil: Localização do Estado de São Paulo

Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru. 44°47'46"O
+ 20°5'36"S

Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'Alho 48°58'33"O
+ 22°3'9"S

Scale bars: 0, 200,000, 400,000, 800,000 Metros (for São Paulo); 0, 10,000, 20,000, 40,000 Metros (for Bauru).

PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

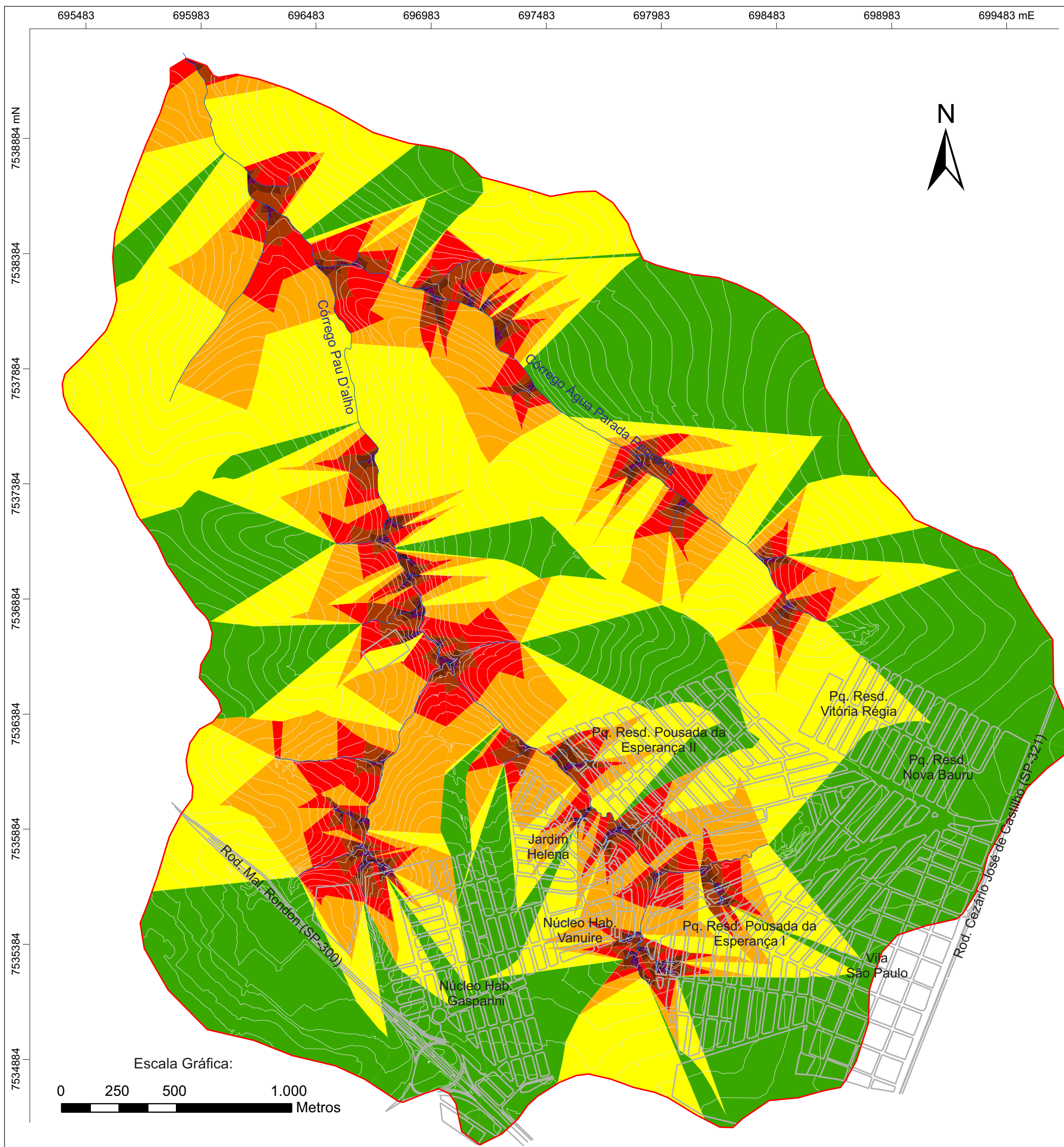
Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Fonte: Base cartográfica
Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
Datum: SIRGS 2000
Coordenadas UTM (metros)



Figura 31 - Carta clinográfica da bacia do Córrego Pau D'Alho, Bauru (SP).

CARTA DE DISSECAÇÃO HORIZONTAL DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

Classes de Dissecação Horizontal

- < 10m
- 10m + 20m
- 20m + 40m
- 40m + 80m
- 80m + 160m
- 160m + 320m
- 320m + 640m
- ≥ 640m

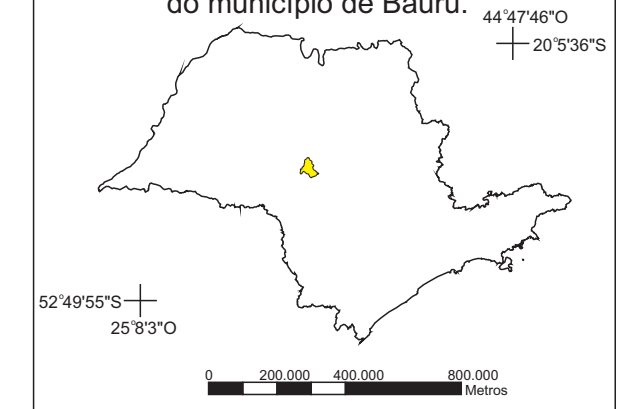
Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia
- Curva de Nível

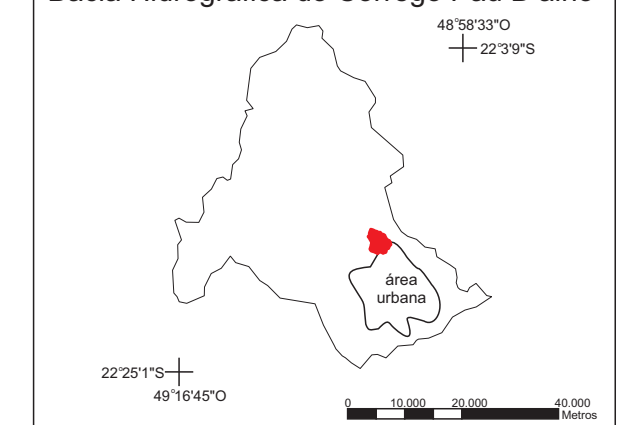
Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru.



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'Alho



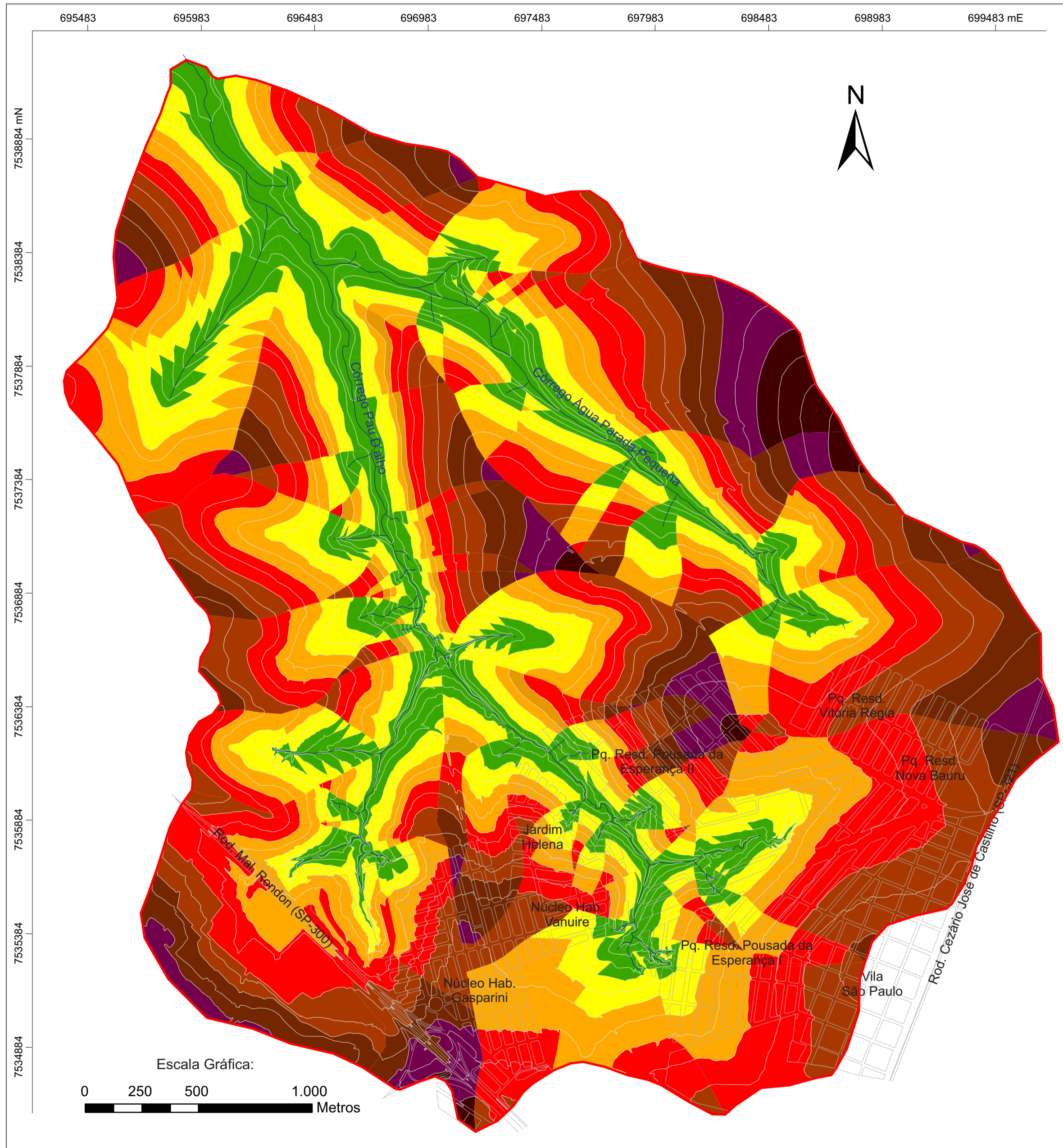
PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).
 UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Prof^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci
 Fonte: Base cartográfica
 Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)



Figura 32 - Carta da dissecação horizontal da bacia do Córrego Pau D'Alho, Bauru (SP).

CARTA DE DISSECAÇÃO VERTICAL DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

Classes de Dissecação Vertical

Green	< 10m
Yellow	10m + 20m
Orange	20m + 30m
Red	30m + 40m
Brown	40m + 50m
Dark Brown	50m + 60m
Purple	60m + 70m
Dark Purple	≥ 70m

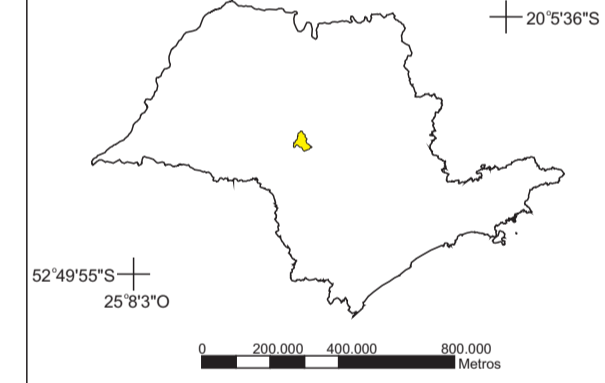
Convenções Cartográficas:

Grid pattern	Área Urbana
Blue line	Canais Fluviais
Grey lines	Avenidas e Rodovias
Red outline	Limite da Bacia
Grey line	Curva de Nível

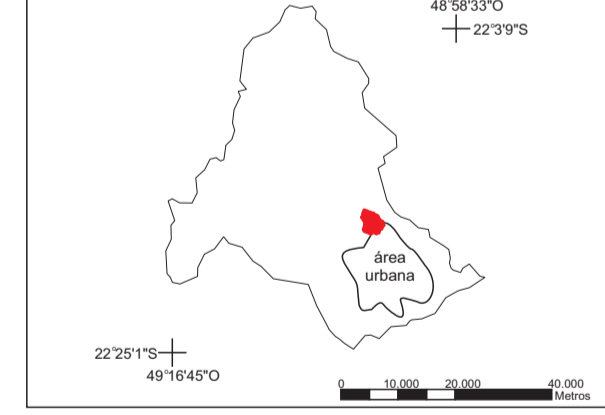
Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru. 44°47'46"O + 20°5'36"S



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'alho 48°58'33"O + 22°3'9"S



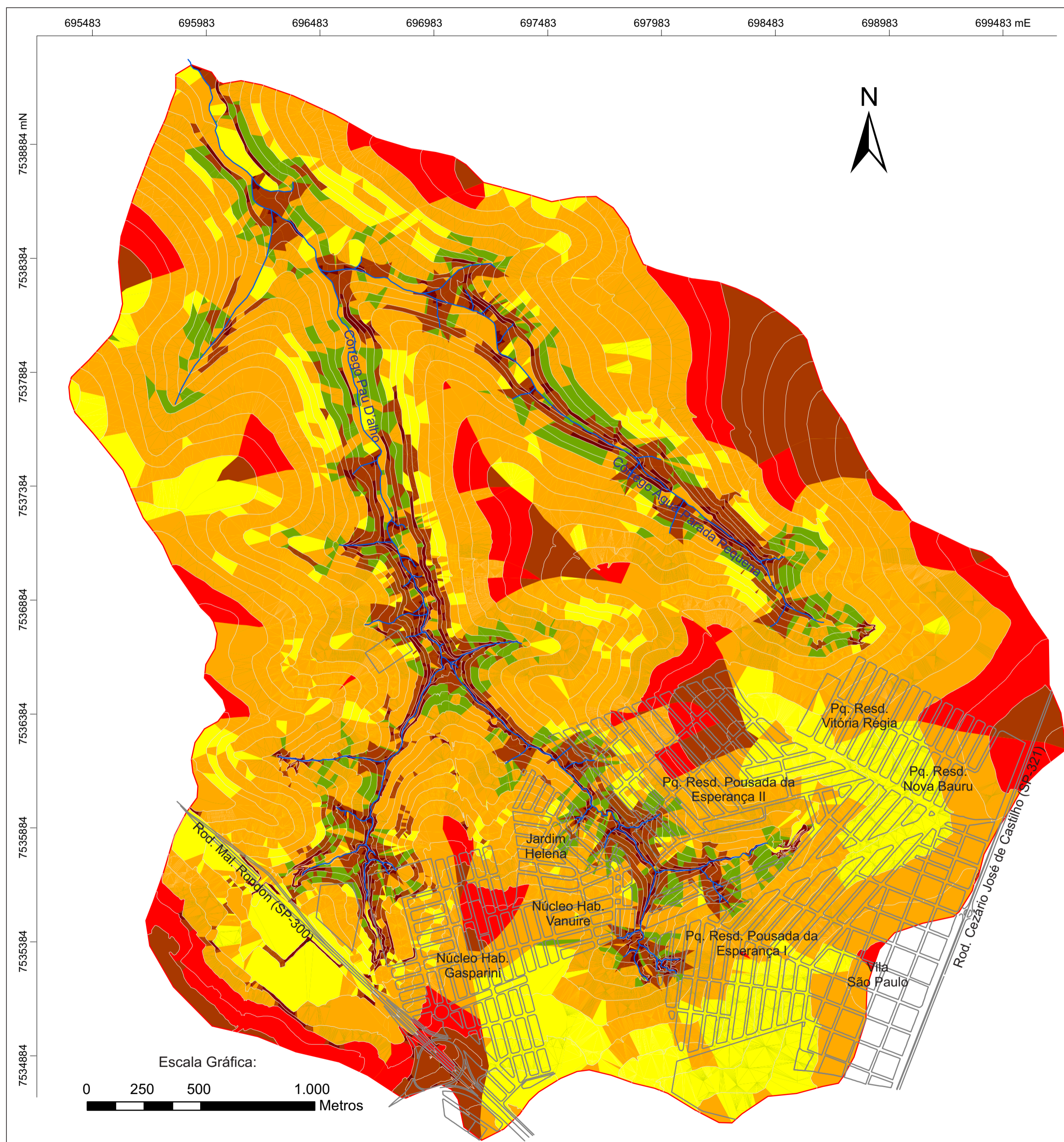
PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP). UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Prof^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci
 Fonte: Base cartográfica
 Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)



Figura 33 - Carta da dissecação vertical da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

CARTA DA ENERGIA DO RELEVO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

Classes da Energia do Relevo

- Muito Fraca
- Fraca
- Média
- Medianamente Forte
- Forte
- Muito Forte

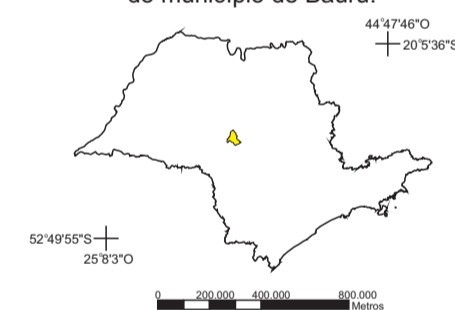
Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia
- Curva de Nível

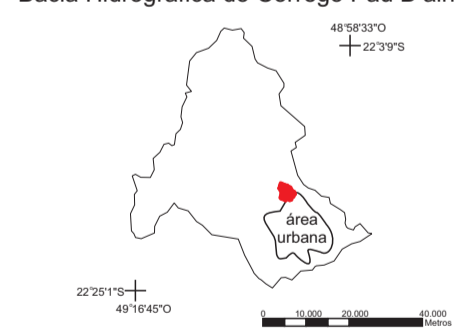
Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru.



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'alho



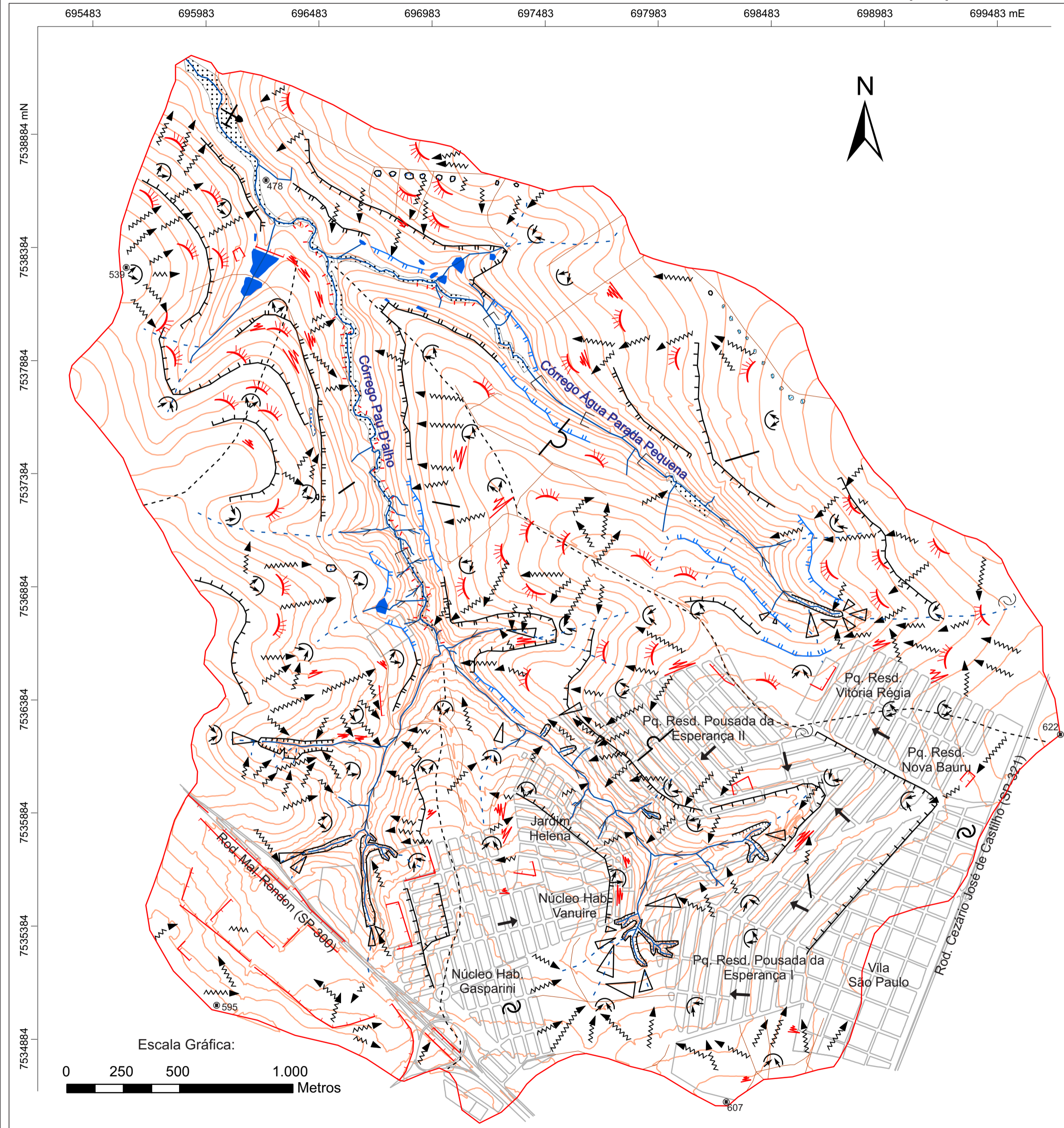
PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP). UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci
 Fonte: Base cartográfica, Carta Clinográfica, Carta da Dissecação Vertical e Horizontal
 Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)



Figura 34 - Carta da energia do relevo da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

CARTA GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



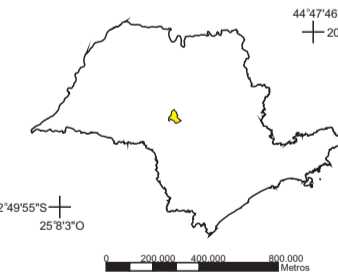
Legenda:

ELEMENTOS	DENOMINAÇÃO		SÍMBOLO
Vertentes		Côncava	
		Convexa	
		Retilínea	
		Irregular	
Colo topográfico			
Linha de cumeada			
Formas de Vertente e Interflúvios	Feições erosivas	Sulcos	
		Ravinas	
		Voçoroca	
		Borda do canal fluvial	
		Marcas de erosão difusa	
		Topografia e morfometria	Curva de nível
	Ponto cotado		
	Caimento topográfico		
Ações das Águas Correntes	Feições de drenagens	Canal fluvial	
		Canal pluvial	
	Área de acumulação de planície e terraço fluvial		
	Modelado de entalhe	Rupturas topográficas	suave
abrupta			
Fundo de vale		Com afloramento de lençol	
		Em V	
	Plano		
Modelado Antrópico	Degraus antrópicos		
	Bacia de contenção		
	Terraços agrícolas		

Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru.



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'alho



Convenções Cartográficas:

	Área Urbana
	Avenidas e Rodovias
	Limite da Bacia

PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
Orientação: Prof^ª Dr.^ª Cenira Maria Lupinacci

Fonte: Base cartográfica, fotografias aéreas EMPLASA, 2010/2011
Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
Datum: SIRGS 2000
Coordenadas UTM (metros)

Apoio:



Figura 35 - Carta geomorfológica da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

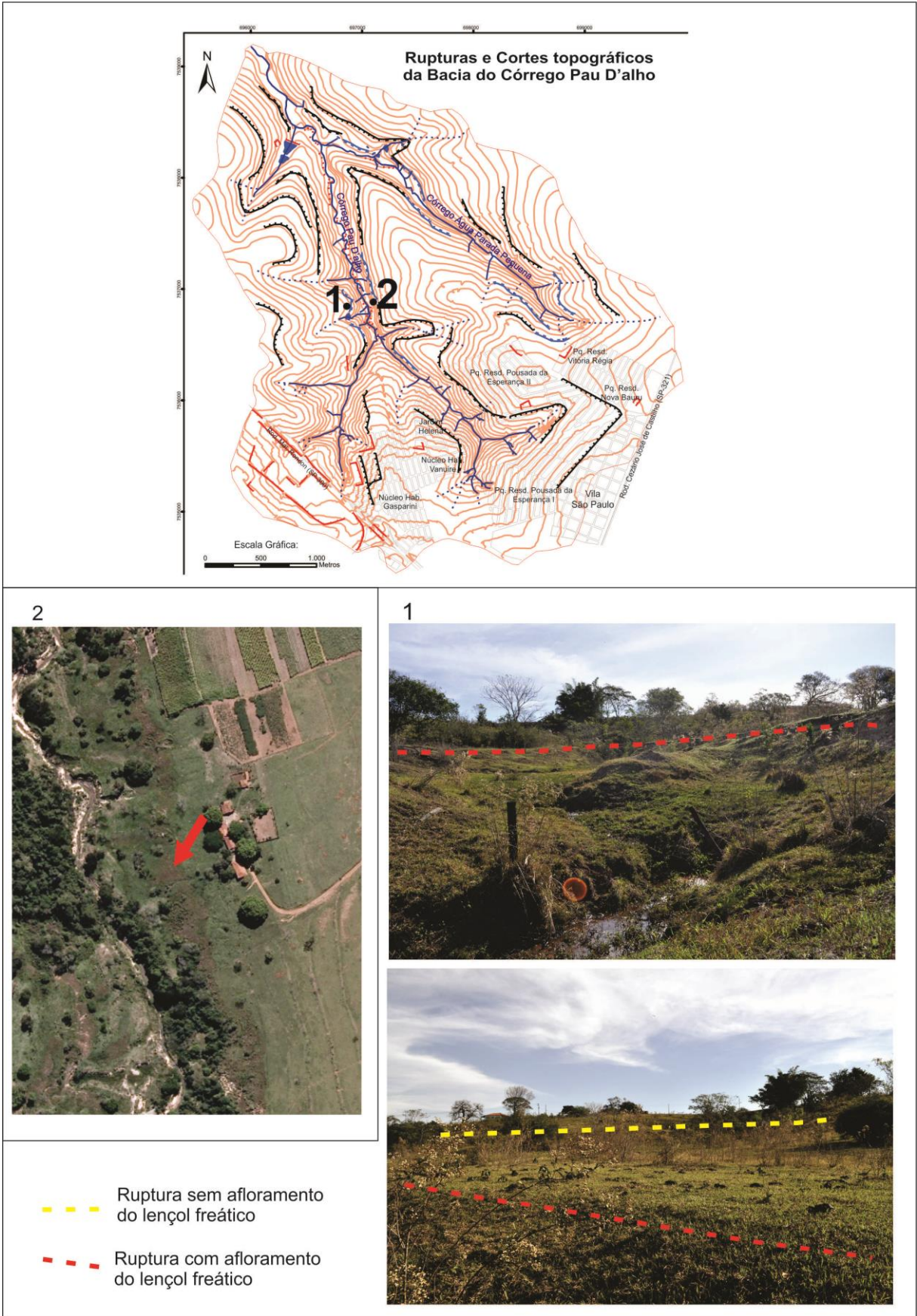


Figura 36 - Rupturas topográficas com afloramento do lençol freático.
 Fonte: Carta geomorfológica; Imagens orbitais (EMPLASA); fotos do autor.

As regiões de alta vertente e topo caracterizam-se por declividades entre 2% - 5%, com alguns topos com declividades inferiores a 2%, como ocorre próximo no Núcleo Habitacional Gasparini e Vila São Paulo, apresentando longas vertentes e topos convexos (Foto 3).



Foto 3 - Imagem panorâmica da área de estudo.

Fonte: Arquivo do autor

Nestas áreas predominam baixas classes de dissecação horizontal (Figura 31), com distanciamento entre a linha de cumeeada e os cursos fluviais superiores a 640m. Contudo, tais características favorecem a ocorrência de forte dissecação vertical (Figura 32), superior a 60m, gerando uma energia do relevo fraca nos topos e alta vertente, mas que se intensifica (aumentando para média e forte) em direção as baixas vertentes.

Nas baixas vertentes, predominam as declividades entre 12% a 20%, intercaladas por maiores declividades (20% - 30% e >30%). Tais declividades ainda podem ser encontradas em alta vertente e topo devido às alterações antrópicas, como os cortes e aterros topográficos, identificados pelas curvas de nível, nas áreas próximas a Rod. Mal Rondon (SP-300).

Assim, as maiores declividades (Figura 30), superiores a 12% predominam nas baixas vertentes das áreas de nascente e médio curso dos córregos e, à medida que se caminha para o baixo curso do córrego Pau D'algo, as declividades vão diminuindo de intensidade, predominando de 5% - 12% e com significativa representatividade da declividade de 2% - 5%.

O interflúvio entre o córrego Pau D'algo e o Água Parada Pequena apresenta energia do relevo medianamente forte e forte nas áreas de alta vertente e topo, provocadas pela dissecação vertical maior que 70m, enquanto nas médias vertentes e fundos de vale, com declividades predominando entre 5% a 12% e de 12% a 20%, a energia do relevo é média e forte, respectivamente.

Contudo, na face oeste deste interflúvio, as energias mais fortes são mais significativas em relação à face leste, pois, a vertente da face Oeste possui dissecação vertical que ultrapassa os 70m, enquanto as da face leste restringem-se aos 60m.

Já na sub-bacia do córrego Água Parada Pequena, nas vertentes da margem direita, a energia do relevo mostra-se medianamente forte e forte nas áreas de alta vertente, influenciada pela dissecação vertical superior a 70m.

Em direção à baixa vertente, a energia do relevo tende a diminuir, influenciada pela diminuição da dissecação vertical, mas volta a se intensificar devido à combinação de declividades superiores a 12% e a dissecação horizontal inferior a 160m, provocada pelo entalhe das drenagens.

Assim tais características proporcionam o desenvolvimento de feições erosivas, que vão desde sulcos a voçorocas, mesmo com a presença dos terraços agrícolas (Figura 36), criados para a contenção dos processos erosivos, como demonstrado pela carta geomorfológica (Figura 34).

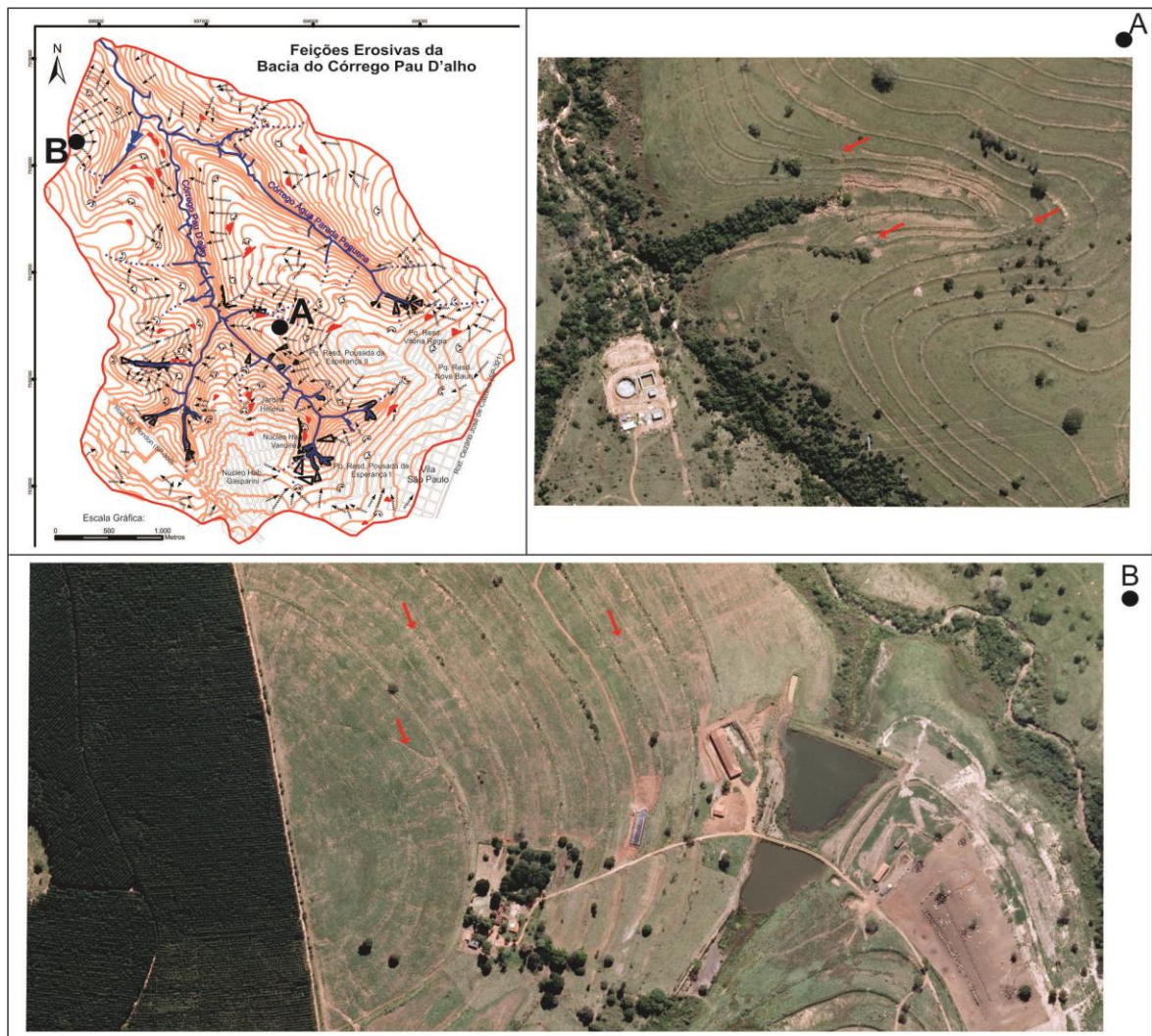
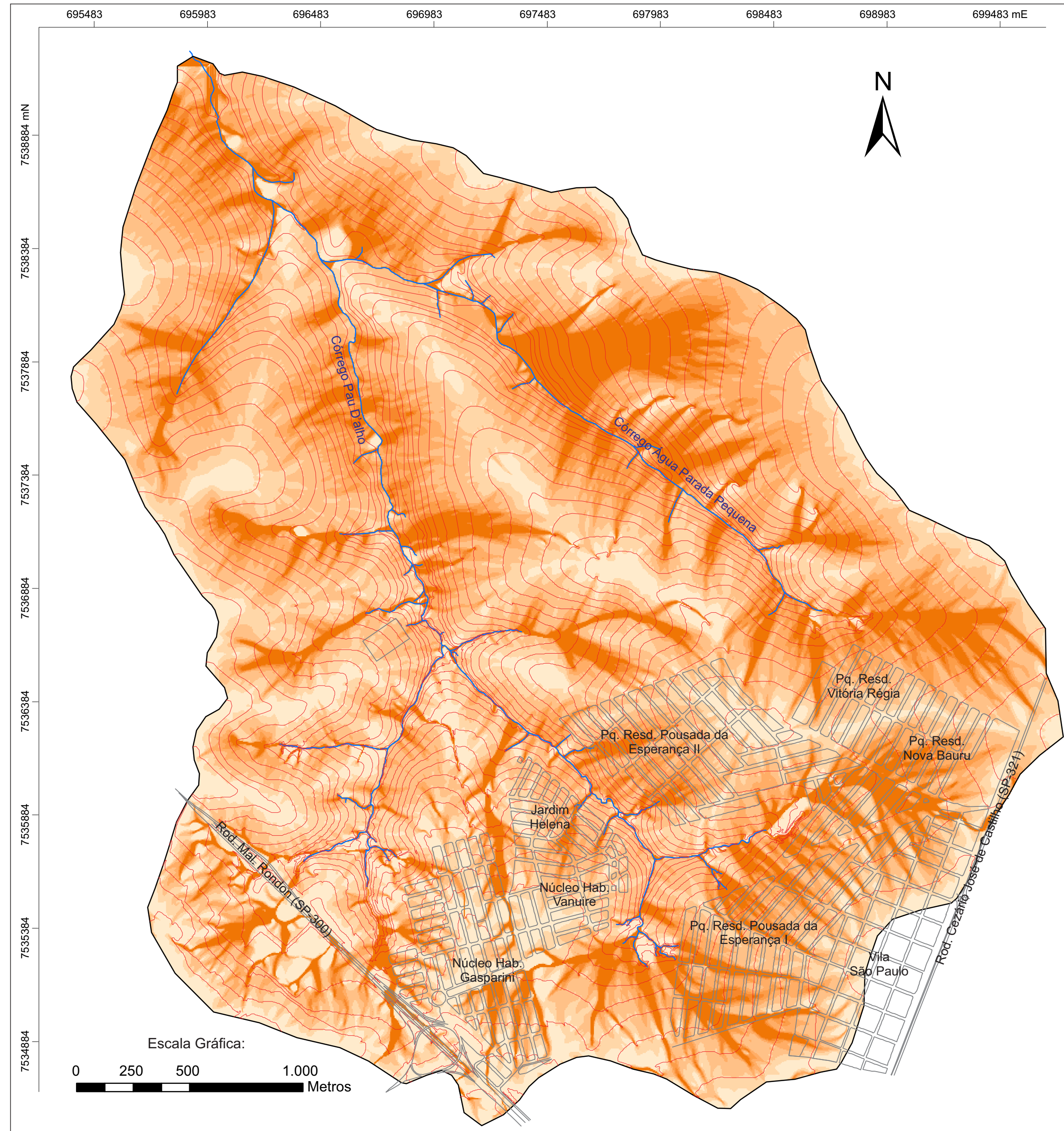


Figura 37 - Localização e demonstração dos sulcos erosivos em vertentes com terraços agrícolas. Fonte: Carta geomorfológica e fotografias aéreas (EMPLASA).

A ineficiência dos terraços agrícolas em conter o desenvolvimento de processos erosivos também é observada na margem esquerda do córrego Pau D'Alho, no setor do baixo curso, onde a energia do relevo média é predominante, mas há a presença de energias muito forte, forte e medianamente forte e a ocorrência de diversos sulcos erosivos, mesmo com escoamento superficial difuso (Figura 37).

CARTA DA CONCENTRAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



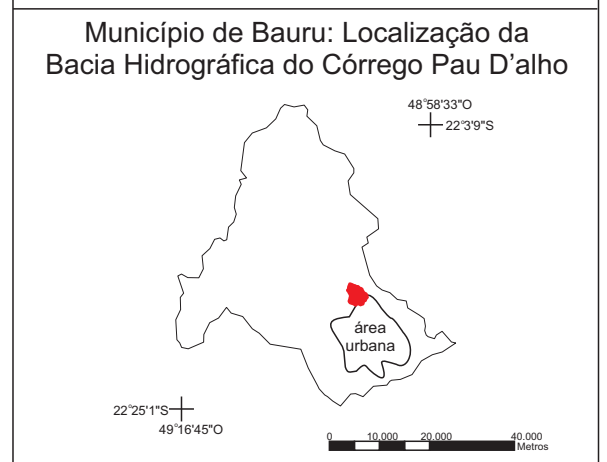
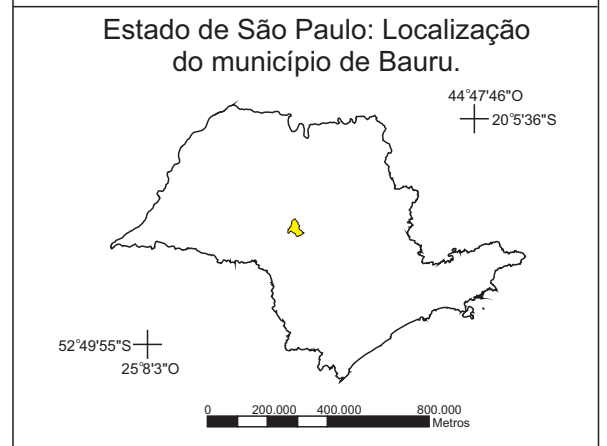
Legenda:

Concentração do escoamento superficial em m²

25
1500
>2500

Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia
- Curvas de Nível



PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
Orientação: Prof^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci
Fonte: Base topográfica fornecida pela PMB e pelo CATI/SP
Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
Datum: SIRGS 2000
Coordenadas UTM (metros)



Figura 38 - Carta da concentração do escoamento superficial da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

A área de baixa vertente nas proximidades da foz do córrego Pau D'algo apresenta declividades variadas, mas com presença marcante das declividades entre 5% a 20%; já nas planícies fluviais ocorrem declividades inferiores a 5%.

São nestas planícies, com aproximadamente 65m de uma margem a outra, que se encontra uma atividade de extração de areia (Foto 4). A areia tem origem nas áreas a montante, onde a ação denudativa é mais intensa e se desenvolvem diversos processos erosivos, depositando o material em tal planície devido à diminuição da declividade e, conseqüentemente, da energia do relevo.



Foto 4 - Acúmulo de sedimentos no baixo curso, com destaque para a mineração de areia.

Fonte: Arquivo do autor

No médio curso do córrego Pau D'algo, também, são identificadas áreas de acumulação de sedimentos (Foto 5), como demonstra a carta geomorfológica, mesmo sob o predomínio de declividades maiores que 12% e energia do relevo forte nas vertentes, demonstrando o desequilíbrio sistêmico da bacia, o qual é intensificado pelas alterações antrópicas sobre o relevo.



Foto 5 - Acúmulo de sedimentos no médio curso.
Fonte: Arquivo do autor

Além do mais, esta área é marcada pela erosão das margens do córrego, devido a presença de material pedológico heterogêneo e ao aumento significativo da carga hídrica, originado pela urbanização e pelo despejo do esgoto tratado no alto curso pela estação de tratamento do Departamento de Água e Esgoto do município (Figura 38).

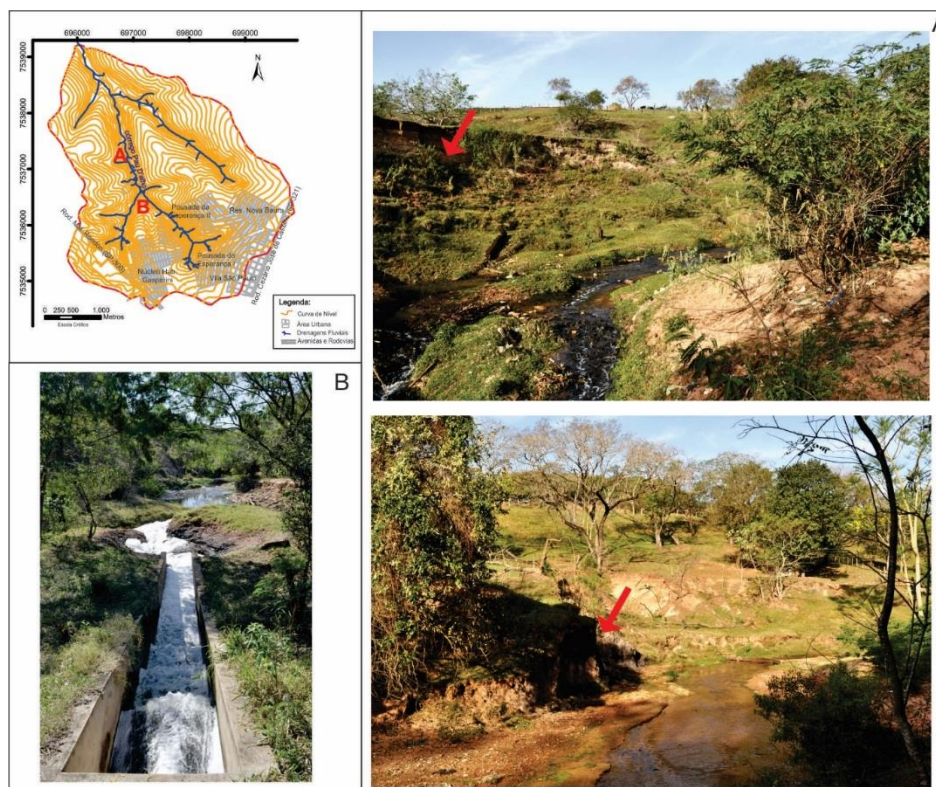


Figura 39 - Localização e demonstração da: A - Erosão das margens do córrego Pau D'elho; B- Despejo do esgoto tratado.
Fonte: Base cartográfica e fotos do autor.

As áreas do alto curso e nascente, que apresentam as maiores declividades, associam-se com as maiores classes de dissecação horizontal (distância entre a linha de cumeada e os rios, inferiores a 40m), indicando intensa atividade denudativa, como demonstrado pela carta geomorfológica, com o desenvolvimento de processos erosivos que dão origem às voçorocas (Figura 34).

A estes fatores morfométricos, soma-se a característica do uso à dinâmica morfológica, quer pela expansão urbana com o aumento da concentração do escoamento superficial ou pelo pisoteio do gado. Este último, contribuindo para o processo denudativo do relevo, principalmente onde há forte energia do relevo e fragilidades geomorfológicas como as rupturas topográficas com afloramento do lençol freático.

Favorecido pela sua posição geográfica, no interior do estado de São Paulo, Bauru passou, nas primeiras décadas do século XX, a escoar milhares de toneladas de café à capital, através das companhias ferroviárias Paulista e Sorocabana e, posteriormente, surgindo a Estrada de Ferro Noroeste, iniciando no ponto de encontro das outras duas, com destino a Corumbá, na divisa com a Bolívia

O papel econômico que Bauru assume, propicia um crescimento populacional de 40% já nos primeiros 14 anos após sua emancipação como município, em 1896 (MUNHÓZ, 1997).

Contudo, o sucateamento das linhas férreas em função da expansão rodoviária, a partir da segunda metade do século XX, freou o desenvolvimento de Bauru, que passou a atrair poucos investimentos industriais, ficando fadado ao setor comercial; enquanto outras regiões do estado, como Ribeirão Preto e São José Rio Preto, mais distantes da capital, mas beneficiadas pelas rodovias Anhanguera e Washington Luis, respectivamente, apresentaram um maior desenvolvimento econômico do que Bauru (TOLEDO, 2013).

A duplicação das rodovias Castelo Branco (SP-280) na década de 1980 e posteriormente da Marechal Rondon (SP-300) no fim dos anos de 1990, evidencia o papel econômico de Bauru no estado de São Paulo, em parte pelo processo de desconcentração da indústria da capital, mas principalmente pelo crescimento econômico autóctone atraindo novos investimentos e, conseqüentemente, contribuindo não somente para o seu desenvolvimento, mas para das demais cidades do entorno (TOLEDO, 2013).

Essa dinâmica no município influencia diretamente no uso e ocupação da terra da bacia do córrego Pau D'alto. No ano de 1972, o uso da terra (Figura39) de maior área era de pasto sujo, com 5,2km² e ocupando 39,4% da área total da bacia; em seguida, registrou-se o uso de pasto, com área de 3,5km², contribuindo com 26,7% da área total da bacia que somados

compreendiam 8,78km² e 66,1% da área total da bacia, restando menos da metade para os demais usos, distribuídos entre atividades agrícolas, rodovias e as coberturas vegetais.

O uso com a terceira maior área era de lavoura abandonada, com 1,5km² e 11,4% de participação. Os demais usos possuíam menos de 1km² cada, participando com menos de 10% da área total, sendo que o uso de menor participação era os de rodovias e corpos d'água, com áreas de 0,09km² e 0,01km², ocupando 0,72% e 0,14%, respectivamente, da área total (Gráfico 11).

O cenário atual apresenta maior variação nos usos (Figura 40). O uso de pasto e pasto sujo ainda predomina, mas suas participações diminuíram. O uso de pasto abrange 3,2km² e 24,2% da área total da bacia; seguido pelo pasto sujo, com 2,81km², referente a 21,2% da área total, que somados compreendem 45,4% da bacia (Gráfico 12), representando uma diminuição de 31,4%² em relação ao ano de 1972, sendo que o uso de pasto sujo diminuiu 46% e o de pasto teve uma queda de 10% (Gráfico 13).

Esta queda ocorreu em função do aumento dos outros usos já existentes, bem como o surgimento de novos, como a expansão urbana e a urbanização densa; sendo este último o terceiro em área, cobrindo 1,7km², referente a 12,8% do total da bacia.

As classes de uso de menor participação no cenário atual são as de horticultura, que ocupa uma área de 0,04km², corpos d'água, abrangendo 0,03km², e mineração, possuindo área de 0,01 km², responsáveis por 0,3%, 0,2% e 0,1% da área total, respectivamente (Gráfico 12).

² Valor obtido através da fórmula de variação porcentual $((V_f - V_i) / V_i) * 100$, sendo o V_i referente a 1972 e o V_f ao atual.

CARTA DA COBERTURA VEGETAL, USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017 - CENÁRIO DE 1972

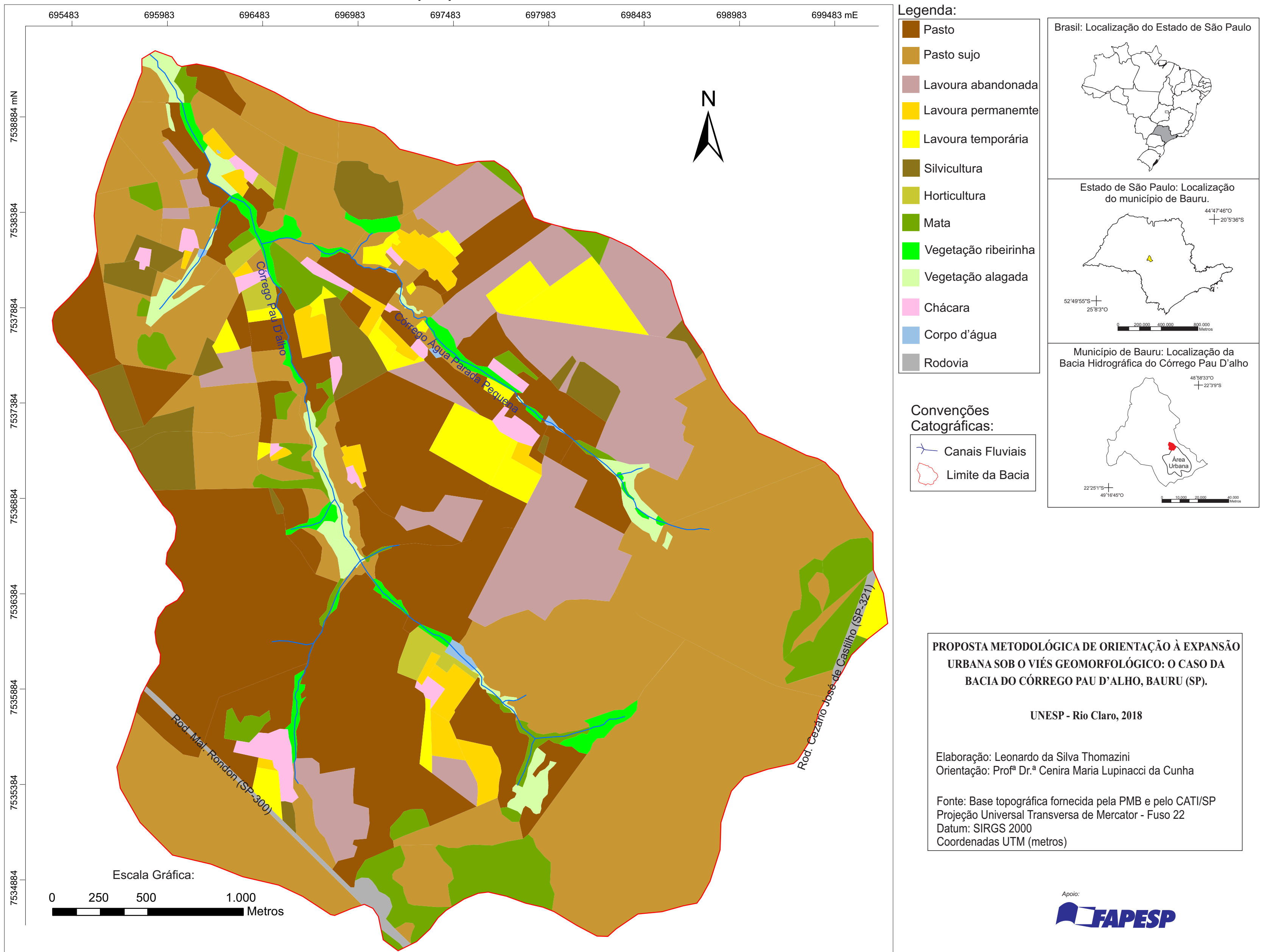


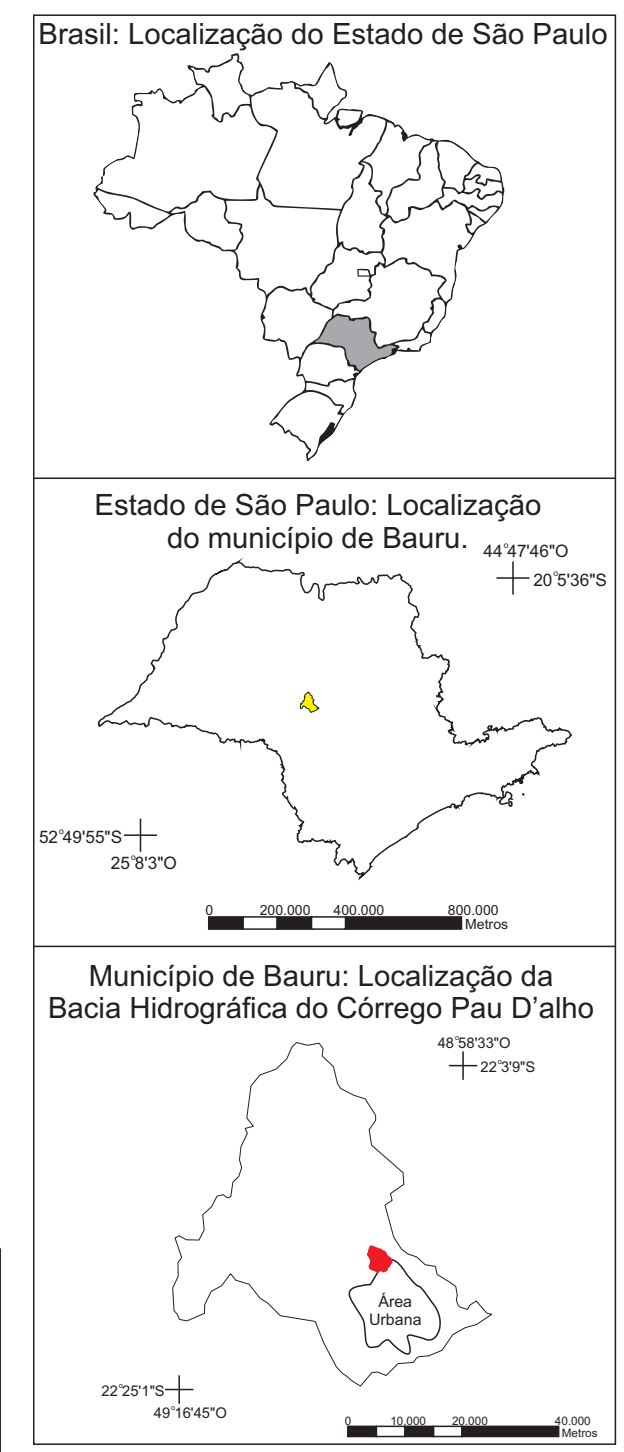
Figura 40 - Carta da cobertura vegetal, uso e ocupação da terra da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP) – cenário de 1972

CARTA DA COBERTURA VEGETAL E USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017 - CENÁRIO ATUAL



- Legenda:**
- Pasto
 - Pasto sujo
 - Lavoura temporária
 - Silvicultura
 - Horticultura
 - Mata
 - Vegetação ribeirinha
 - Vegetação alagada
 - Urbanização densa
 - Expansão urbana
 - Ocupação ribeirinha
 - Mineração
 - Chácara
 - Corpo d'água
 - Rodovias, Comércio e serviços

- Convenções Cartográficas:**
- Área Urbana
 - Canais Fluviais
 - Avenidas e Rodovias
 - Limite da Bacia



PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Prof^o Dr.^a Cenira Maria Lupinacci

Fonte: Base topográfica fornecida pela PMB e pelo CATI/SP
 Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)



Figura 41 - Carta da cobertura vegetal, uso e ocupação da terra da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP) – cenário de atual

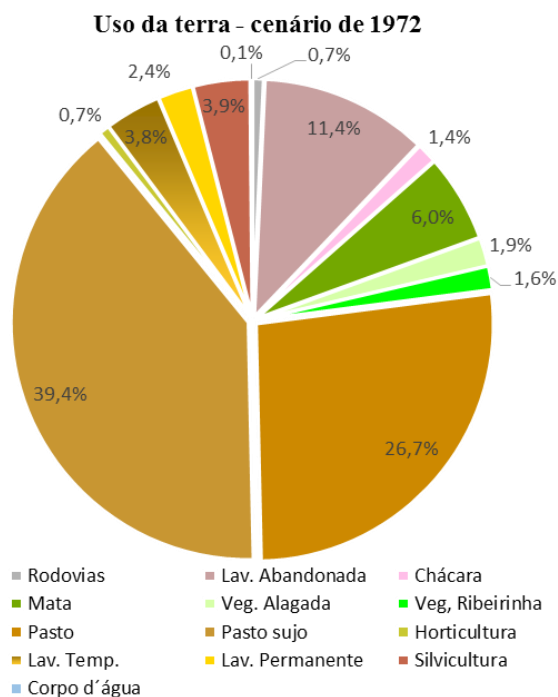


Gráfico 11 - Participação das coberturas vegetais e usos da terra em porcentagem, ano de 1972.

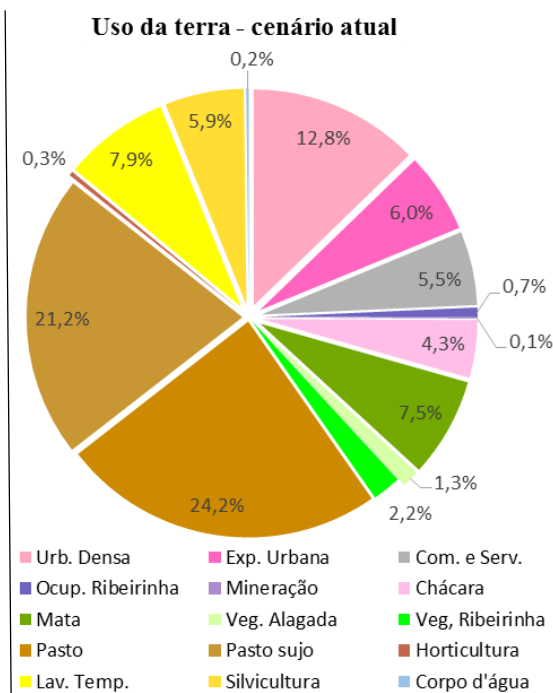


Gráfico 12 - Participação das coberturas vegetais e usos da terra em porcentagem, ano de 2016.

Em 1972 (Figura 39), as rodovias presentes na área de estudo eram de mão única e ocupavam 0,10km² da área da bacia, mas com o tempo essas foram duplicadas, atraindo novos serviços e mudando sua funcionalidade econômica, ocupando agora uma área de 0,73km², representando um aumento de 630% (Gráfico 13).

A exemplo disto, destaca-se a rodovia Cezário José de Castilho (SP – 321), recentemente duplicada, para ligar a cidade ao novo aeroporto, inaugurado em 2006, o qual conta com a presença de 2 empresas aéreas (Latam e Azul), demonstrando a importância do município no cenário econômico regional.

O uso de chácara teve também um significativo aumento de 217% (Gráfico13), demonstrando a fragmentação territorial causada pelo avanço urbano, pois, o surgimento de loteamentos e a aproximação da urbanização levam ao surgimento de chácaras e sítios destinados ao lazer, constituindo uma segunda residência.

Outro uso de aumento significativo, de 108%, foi o de lavoura temporária, com grandes áreas destinadas ao cultivo de milho para o gado, como observado *in loco*.

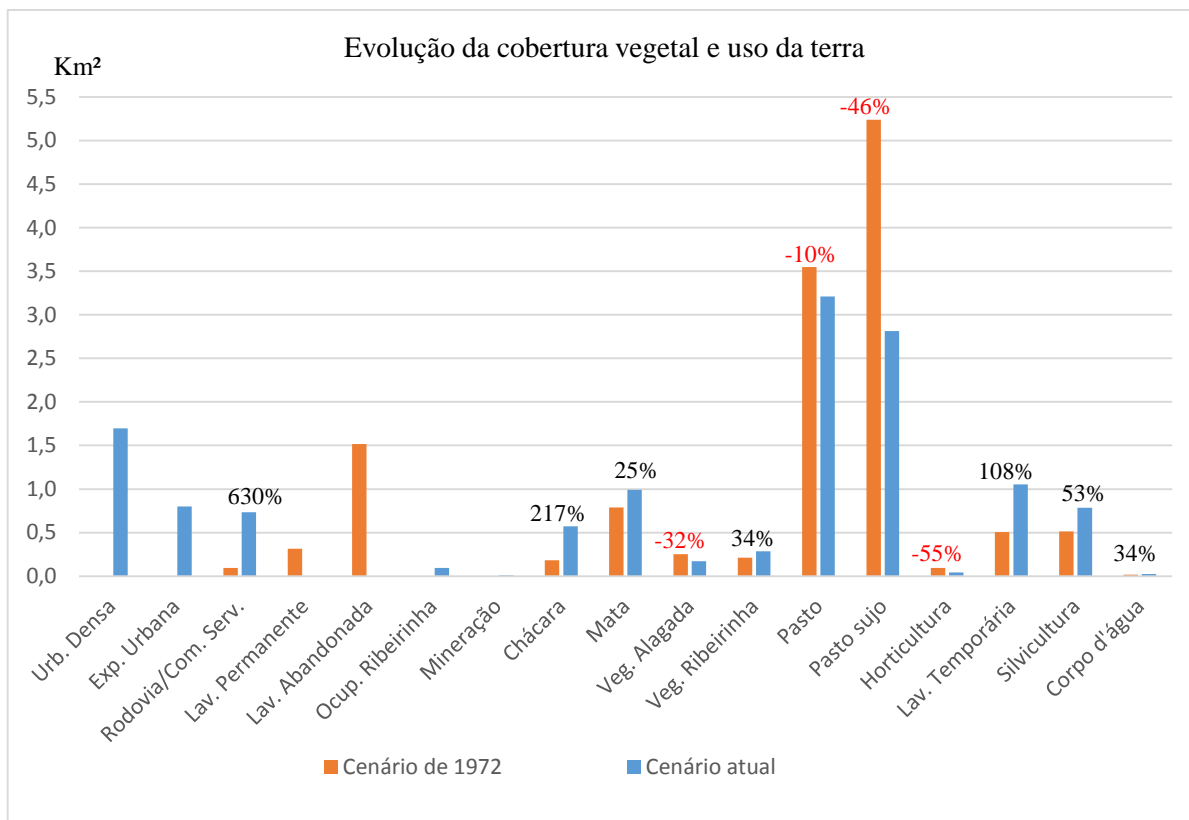


Gráfico 13 - Evolução percentual dos usos da terra entre os períodos de 1972 e atual.

Por outro lado, alguns usos deixaram de ter participação, tais como: lavoura permanente e lavoura abandonada, evidenciando a transformação da bacia do caráter rural para o periurbano, os quais apresentam grandes impactos antrópicos e alterações da paisagem.

Diante de tal crescimento observado nos últimos anos, a bacia do córrego Pau D'alto, compreende uma via de expansão urbana de acordo com o Plano Diretor - Lei Municipal 5.631/08, e caracterizando-se por uma ocupação da população de baixa renda.

Portanto, a cidade de Bauru assume um importante significado em âmbito estadual, constituindo espaço de investigação ideal ao objetivo deste trabalho proposto.

4.2. Análise da Fragilidade e das Unidades Físicas

O desenvolvimento urbano na bacia do córrego Pau D'algo apresenta um histórico bem mais recente que o da própria expansão urbana do município, como demonstra a carta de uso e ocupação da terra de 1972 (Figura 39), a qual não apresenta o uso urbano. Já no mapeamento do uso e ocupação da terra atual (Figura 40), o urbano é responsável por mais de 25% da área, demonstrando a intensidade do processo de urbanização que a área de estudo passou ao longo destes anos, assumindo características periurbanas.

O caráter periurbano fica evidente quando agrupados os tipos de usos da terra existentes na bacia do Pau D'algo, em três categorias para cada período analisado – 1972 (Tabela 2) e atual (Tabela 3) – mediante suas características referentes aos aspectos da urbanização, das atividades rurais e de cobertura vegetal.

O uso urbano tem avançado pelo setor sul da bacia, alongando-se dos topos as baixas vertentes, justificado pela continuidade da mancha urbana já existente e orientado pelo plano diretor municipal (lei municipal 5631/08), o qual define o perímetro urbano e impede o loteamento além deste.

A ampliação das rodovias que circundam a bacia, servindo como vias de circulação de pessoas e mercadorias, também contribuem para a expansão urbana, quer pela praticidade de deslocamento, como pela instalação de empreendimentos comerciais, sendo este último o tipo de uso que mais cresceu, com aumento de 630%.

Assim, o respectivos usos da categoria urbano, saltaram de 0,68% da área total da bacia em 1972, para 25% nos dias atuais.

Categoria	Tipos de uso	Área (km²)	Porcentagem em relação ao total
Uso Urbano	Rodovias	0,1	0,72%
Uso Rural	Lav. abandonada	11,92	89,82%
	Chácara		
	Pasto		
	Pasto sujo		
	Horticultura		
	Lav. permanente		
	Lav. temporária		
	Silvicultura		
Corpo d'água			
Cobertura Vegetal	Mata	1,26	9,46%
	Veg. em área úmida		
	Veg. ribeirinha		

Tabela 2 - Agrupamento das classes de uso da terra por categorias, ano de 1972.

Categoria	Tipos de uso	Área (km²)	Porcentagem em relação ao total
Uso Urbano	Urb. Densa	3,33	25,08%
	Expansão Urbana		
	Rodovias, Comérc. e serviços		
	Ocup. Ribeirinha		
Uso Rural	Mineração	8,5	64,01%
	Chácara		
	Pasto		
	Pasto sujo		
	Horticultura		
	Lav. temporária		
	Silvicultura		
	Corpo d'água		
Cobertura Vegetal	Mata	1,45	10,92%
	Veg. em área úmida		
	Veg. ribeirinha		

Tabela 3 - Agrupamento das classes de uso da terra por categorias, cenário atual.

Não obstante a tais fatores, observa-se a influência das características físicas na expansão da urbanização, a qual se desenvolve sobre declividades predominantes de 2% - 12% (Figura 30) e energias do relevo fraca e média (Figura 33).

A urbanização avança sobre áreas com características morfométricas favoráveis, principalmente em relação à declividade. No entanto, o desenvolvimento de processos erosivos lineares avançados presentes, como demonstrado pela carta geomorfológica (Figura 34), salienta a necessidade de considerar outros fatores, como o comportamento dos materiais e o escoamento superficial, para a avaliação da aptidão e orientação a expansão urbana.

A existência de tais processos erosivos é exemplificada na carta de fragilidade física, que ao considerar os dados do escoamento superficial, textura dos materiais pedológicos, resistência e infiltração, apresenta a intensificação da fragilidade nas áreas de concentração do escoamento superficial e nos materiais com discordância textural abrupta.

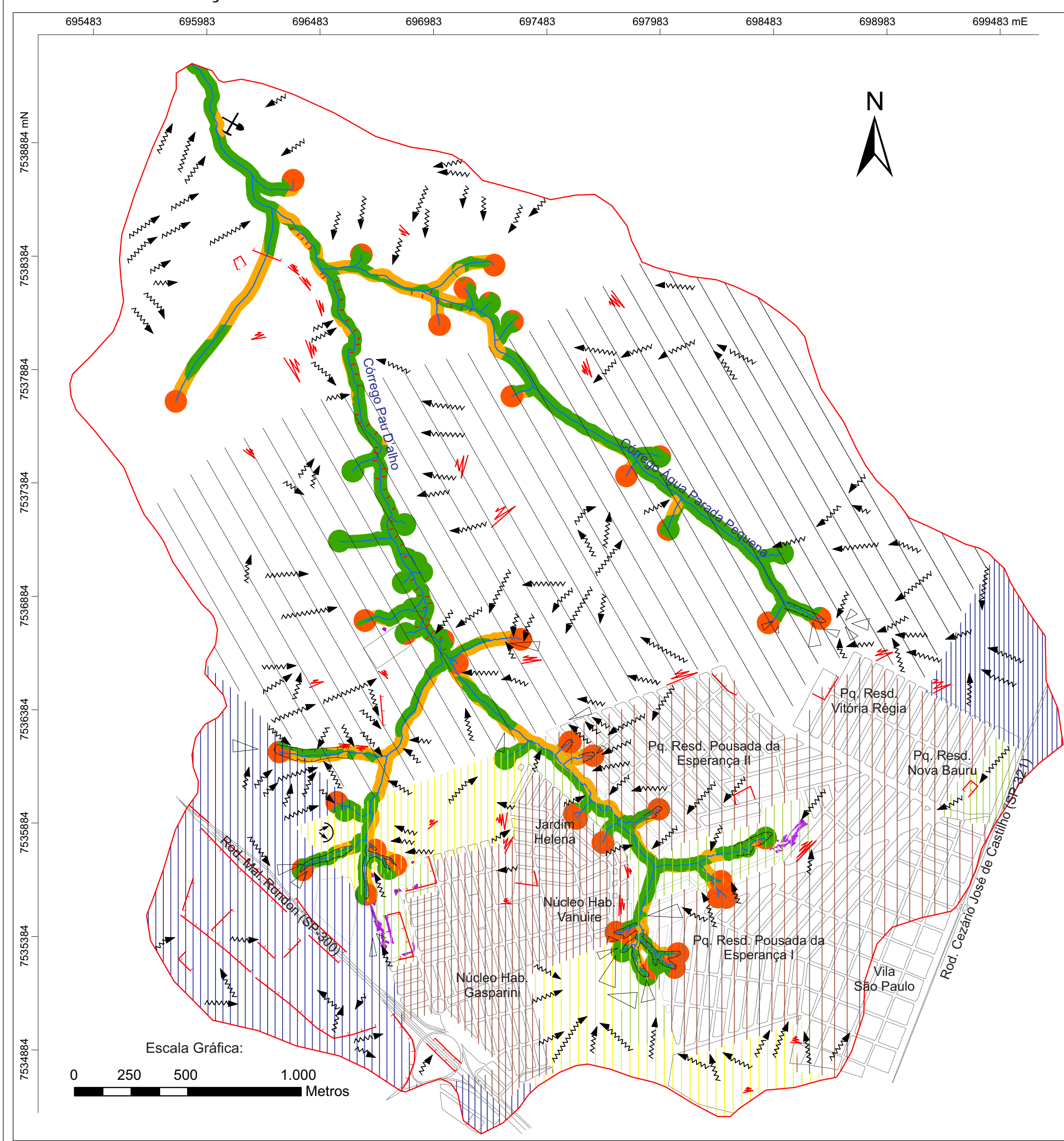
Assim, setores da área de estudo com baixa declividade e energia do relevo fraca, podem apresentar fragilidade física forte, dependendo das características dos materiais pedológicos e do comportamento do escoamento superficial e da infiltração, podendo desenvolver processos erosivos, os quais são intensificados pela expansão urbana.

Os problemas enfrentados nas áreas de uso urbano são ressaltados, também, no plano diretor, como demonstra a carta de derivações ambientais e transgressões legais (Figura 41), ao classificar os bairros do Núcleo Gasparini, Pousada da Esperança I e II, Vila São Paulo e Residencial Nova Bauru, como zona em consolidação (lei nº5631/08), evidenciando a falta de infraestrutura adequada e propriedades irregulares.

O setor sudoeste da bacia, correspondente ao macrozoneamento de indústria, comércio e serviços e expansão controlada (Figura 41), abarcando também o bairro Gasparini, tende a concentração do escoamento superficial (Figura 37), orientado pelos arruamentos, indicando a influência da impermeabilização do solo na intensificação do escoamento superficial. Este escoamento é canalizado para umas das nascentes do córrego Pau D'algo, próximas à Rodovia Mal. Rondon (SP-300), contribuindo para o desenvolvimento das voçorocas existentes no local (Foto 6).

Deste modo, a urbanização e a rodovia Mal. Rondon (SP-300) intensificam a concentração do escoamento superficial e canalizam-no às nascentes, as quais desprovidas de mata ciliar nas APP's, contribuem para o surgimento das ravinas e voçorocas, como mapeado na carta de transgressão legal e derivações ambientais (Figura 41)

CARTA DE DERIVAÇÕES AMBIENTAIS E TRANSGRESSÕES LEGAIS DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

1 - Usos transgressivos à legislação
 Área sem vegetação natural que se constitui como Área de Preservação Permanente situada em faixa marginal, medida a partir da borda da canha do leito regular, com largura mínima de 30 metros, para o curso d'água com menos de 10 metros de largura (Código Florestal, Lei nº 12.651/2012)
 Área sem vegetação natural que se constitui como Área de Preservação Permanente situada ao entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, em qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (Código Florestal, Lei nº 12.651/2012)
 Áreas urbanizadas em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) (Lei Federal nº6.766/79 - Lei Lehmann)

2 - Cobertura vegetal não transgressiva à legislação
 APP em cumprimento ao Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/2012

3 - Derivações Ambientais
 Sulco Erosivo
 Ravina
 Voçoroca
 Erosão difusa
 Degrau antrópico
 Erosão na borda do canal fluvial
 Extração de Areia

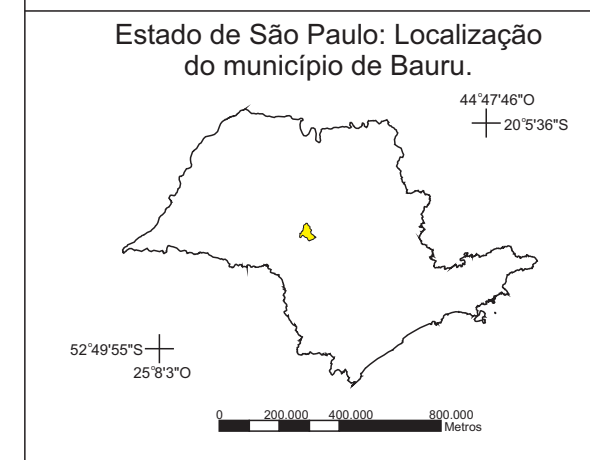
4 - Macrozoneamento
 Plano Diretor Participativo do Município de Bauru, Lei Municipal nº 5631/2008 - Título III, Capítulo I - Do Ordenamento do Território, Seção I.

4.1 - Urbano
Art. 27 - A Zona em Consolidação é caracterizada pela acessibilidade deficitária, baixa densidade de ocupação, deficiência de infraestrutura, em especial sistema de drenagem e pavimentação, carência de equipamentos sociais, baixo investimento da iniciativa privada, presença de processos erosivos avançados e córregos assoreados, predominância de habitações populares, autoconstrução, concentração de população de baixa renda e ocupações irregulares.
Art. 31 - A Zona de Expansão Controlada é caracterizada por grandes glebas vazias, loteamentos com baixa densidade, população predominantemente de baixa renda, pequenas áreas de ocupação irregular, difícil acesso, falta de infraestrutura, dificuldade de abastecimento de água e problemas de drenagem.
Art. 34 - A Zona de Indústria, Comércio e Serviço é caracterizada por faixas localizadas ao longo das rodovias e ferrovias, incluindo os distritos industriais, destinadas à instalação de indústrias, comércio, serviço e uso institucional, infraestrutura deficitária, falta de acessibilidade.
Art.36 - Áreas de Interesse Ambiental é caracterizada por ocorrências ambientais isoladas, tais como remanescentes de vegetação, fundos de vale e paisagens naturais notáveis, áreas de proteção de mananciais, ocupações irregulares, processos erosivos.

4.2 - Rural
Art. 22 - A Zona Periurbana 3 é contígua a Macrozona urbana caracterizada pela presença predominante de médias propriedades de uso agropecuário, apresenta vulnerabilidade ambiental por abrigar a maior parte das nascentes do Córrego Água Parada

Convenções Cartográficas:

- Área Urbana
- Área Urbana a ser implantada
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia
- Drenagens Fluvial



PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Profª Dr.ª Cenira Maria Lupinacci

Fonte: Base topográfica fornecida pela PMB e pelo CATI/SP, Carta Geomorfológica, Carta de Cobertura Vegetal, Uso e Ocupação da Terra - Cenário Atual, Lei municipal nº 5631/08, Leis Federais nº 6766/79 e 12651/12.

Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)



Figura 42 - Carta de derivações ambientais e transgressões legais da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).



Foto 6 - Voçoroca de cabeceira, próxima a rod. Mal. Rondon (SP-300).
Fonte: Arquivo do autor

No setor sudeste da bacia, abrangendo as áreas dos conjuntos habitacionais Pousada da Esperança II, Nova Bauru e Vila São Paulo, a presença do uso de expansão urbana permite um escoamento superficial um pouco mais difuso, mas continuando a concentrá-lo nas nascentes, desprovidas de mata ciliar.

Na vila São Paulo, as áreas drenadas pelo afluente Água Parada Pequena, canalizam o escoamento superficial (Figura 37) para as suas nascentes, também com escassez da mata ciliar, o qual é intensificado pela rodovia Cezário José de Castilho contribuindo para o desenvolvimento de diversos sulcos, ravinas e voçoroca (Figura 42), mesmo não estando sob o uso urbano diretamente, ratificando as pressões que as ações antrópicas exercem nas áreas adjacentes à sua atuação.



Figura 43 - Voçoroca na cabeceira do córrego Água Parada Pequena, próxima ao parque residencial Vitória Régia.
Fonte: Fotografia aérea (EMPLASA, 2010/2011)

Nas áreas próximas às rodovias, ao sul da bacia, mesmo sendo alta vertente e topo, foram registradas classes significativas de fragilidade física. Isso se deve às concentrações do escoamento superficial, orientado pelas rodovias, e pelas amplitudes altimétricas entre o limite das sub-bacias com suas respectivas drenagens, imputando, a tais áreas, elevada energia no escoamento superficial. Com isso, mesmo nas áreas adjacentes, de média vertente (como por exemplo, próximas aos bairros Gasparini, Pousada da Esperança I e Vila São Paulo), que apresentam energia do relevo fraca, constata-se a ocorrência de sulcos erosivos e ravinas (Figura 43), como demonstra a carta geomorfológica (Figura 34).



Figura 44 - Feições erosivas em média vertente, com energia do relevo fraca.
Fonte: Fotografia aérea (EMPLASA, 2010/2011)

Em todos os setores do macrozoneamento presentes na bacia, tanto urbano como rural, nota-se uma discrepância em relação às APP's exigida por lei com a cobertura vegetal existente. De toda a área legal de APP, apenas 62% é recoberta de vegetação, sendo os outros 38% já desmatados e substituídos por outros usos, como pasto e o urbano (Gráfico 14).

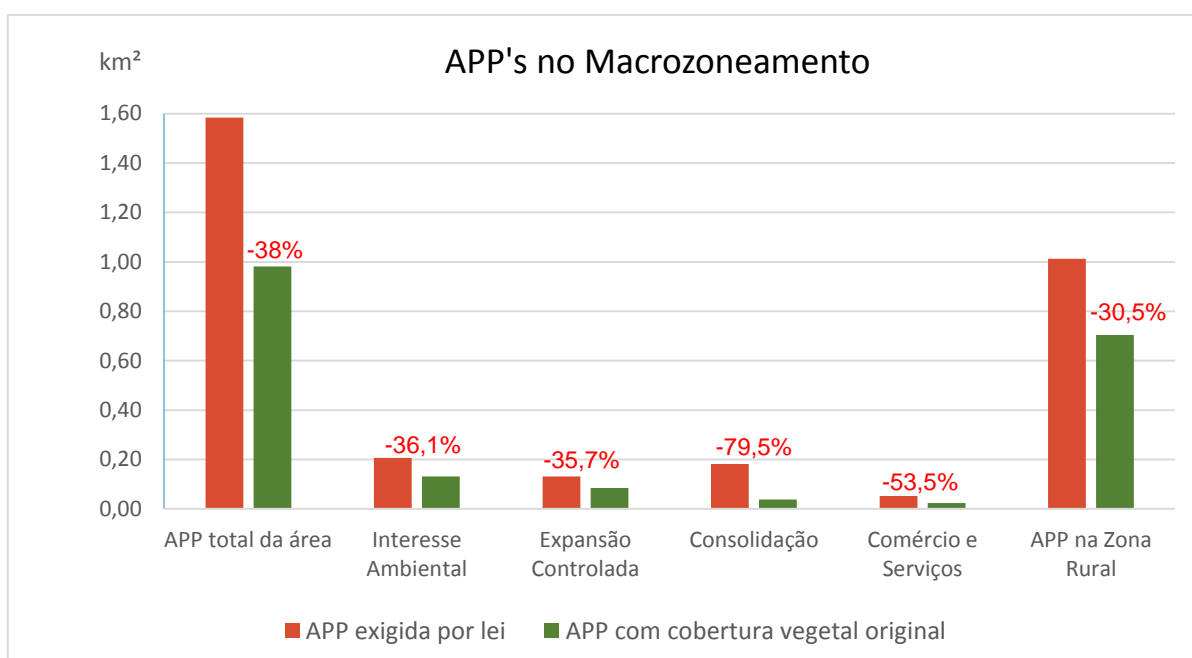


Gráfico 14 - - Relação das APP's exigidas por lei com a cobertura vegetal original, por setores do macrozoneamento municipal.

No macrozoneamento urbano, o setor referente ao interesse ambiental, caracterizado pela presença da mata ciliar e vegetações remanescentes, possui uma defasagem da mata ciliar em relação ao exigido por lei de 36,1%, demonstrando que os moldes da urbanização adotados na área, desrespeitam as leis ambientais, não condizendo com um planejamento urbano-ambiental.

Contudo, o maior problema encontra-se no setor de consolidação, onde 79,5% da APP foi desmatada, sobrando apenas 20,5%. Valor este preocupante, considerando que este setor é caracterizado por deficiências no sistema de drenagem e pavimentação, justificando as ocorrências de feições erosivas nos fundos de vale e nas nascentes (Figura 34).

Não menos preocupante, está a zona de comércio e serviços, com uma defasagem de 53,5% da vegetação nas áreas de APP's, principalmente por canalizar o escoamento superficial para as nascentes, as quais já apresentam processos de voçorocamento.

Na zona rural, mesmo apresentando a maior parcela de APP's preservadas, ainda assim, ocorre um déficit de 30,5% em relação à área determinada por lei. Mesmo com o

aumento da cobertura vegetal na bacia, a manutenção da mata ciliar está distante do ideal, ou mesmo do mínimo necessário para cumprir com a legislação ambiental, colaborando com a evolução das diversas feições erosivas mapeadas.

As características dos materiais pedológicos (Figura 29), também evidenciam a fragilidade das áreas de baixa vertente, as quais apresetam relação textural abrupta, dificultando a percolação da água e favorecendo o escoamento de subsuperfície. Deste modo, a infiltração que é maior nas camadas superficiais, diminui quando atinge a camada com maior porcentagem de argila, favorecendo o escoamento horizontal de subsuperfície, o qual provoca a desestabilização do terreno e propicia o desenvolvimento de processos erosivos. Além do mais, tais áreas, coincidem com muitas das rupturas topográficas abruptas, apresentadas na carta geomorfológica (Figura 34), e com o aumento da declividade (Figura 30), denotando fragilidade física forte.

As áreas urbanizadas se expandiram sobre materiais de baixa resistência (<2Mpa) e baixa infiltração no verão (<30 cm³). O escoamento superficial neste período chuvoso é intensificado pela impermeabilização do solo e concentrado pelos arruamentos, exercendo forte pressão sobre as áreas adjacentes, onde os solos não estão impermeabilizados, desenvolvendo processos erosivos e contribuindo para a formação das erosões de cabeceira, como as voçorocas (Figura 44)



Figura 45 - Sulcos erosivos no término das ruas pavimentadas, no bairro Pousada da Esperança II.

Fonte: Fotografia aérea (EMPLASA, 2010/2011)

Na média vertente da margem direita do córrego Água Parada Pequena e na média e alta vertente da margem esquerda do córrego Pau D'algo, a resistência em 3Mpa a 5Mpa e a infiltração de 40cm³/min. a 50cm³/min. indicam áreas com baixo potencial de desenvolvimento erosivo, do ponto de vista do comportamento dos materiais. Contudo, o uso de pasto e lavoura temporária atuam para a formação pontual de processos erosivos como os sulcos e ravinas, principalmente pela pisoteio do gado e a disposição espacial das plantações de milho e soja.

O mesmo ocorre ao norte e nordeste da bacia, onde as taxas de infiltração são as mais significativas em ambas as estações (inverno e verão), mesmo com alta resistência (Figura 29) e fraca dissecação vertical (Figura 32), o que resulta na formação de sulcos erosivos.

Já as áreas de material heterogêneo (Figura 29), localizadas na baixa vertente, apresentam baixa resistência e baixa infiltração, tanto no inverno como no verão. Estas áreas associam-se às maiores declividades (Figura 30), rupturas topográficas abruptas, afloramento de lençol freático (Figura 34) e a ausência de vegetação exigida por lei (Figura 41), constituindo em uma região fragilizada do ponto de vista geomorfológico.

Isto indica a complexidade da área de estudo em relação as suas características físicas e que a compreensão da sua dinâmica, perpassa pela análise da morfometria e do comportamento dos elementos que a compõem. A urbanização, considerada como elemento integrante do sistema bacia hidrográfica, passa a ser avaliada sob a análise holística, tendo a fragilidade física (figura 45) como pano de fundo.

A partir da fragilidade física, foram identificadas 7 (sete) unidades físicas, com características específicas, das quais 6 (seis) foram identificadas como aptas, mas com restrições e 1 (uma) inapta a urbanização. Além das unidades físicas, foram mapeadas feições erosivas e restrições legais, consideradas impróprias ao urbano.

Para as unidades físicas possíveis de serem urbanizadas, propõe-se um modelo pautado nas características físicas de cada unidade, apresentando-se orientações específicas a urbanização (Figura 46)

CARTA DA FRAGILIDADE FÍSICA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017

Legenda

- Muito Fraca
- Fraca
- Média
- Medianamente Forte
- Forte
- Muito Forte

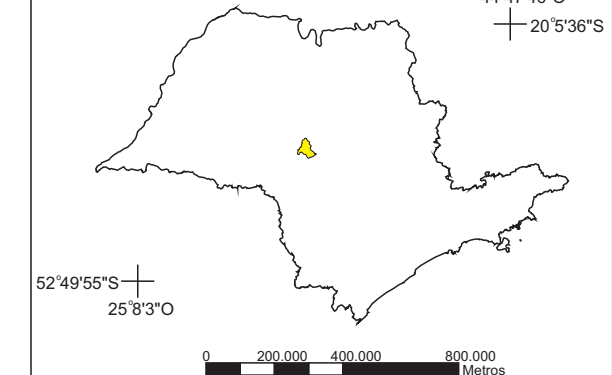
Convenções Cartográficas

- Área Urbana
- Canais Fluviais
- Avenidas e Rodovias
- Limite da Bacia

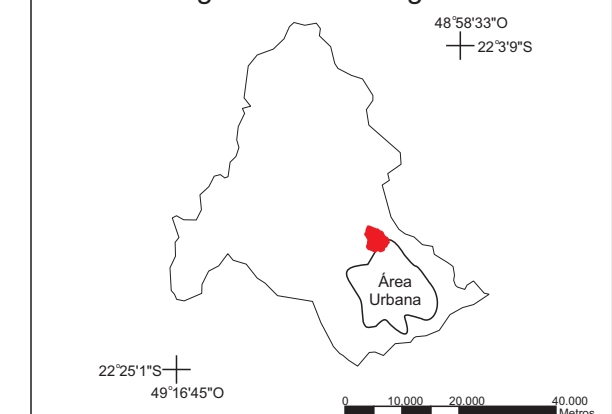
Brasil: Localização do Estado de São Paulo



Estado de São Paulo: Localização do município de Bauru.



Município de Bauru: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Pau D'alho



PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP). UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Prof^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci
 Fonte: Base Cartográfica, Carta de Material Inconsolidado, Carta do Escoamento Superficial e Carta da Energia do Relevo

Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)

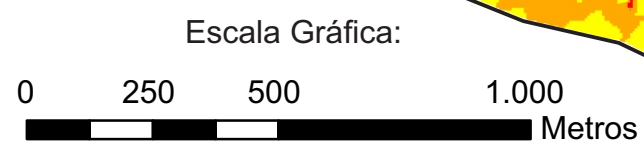
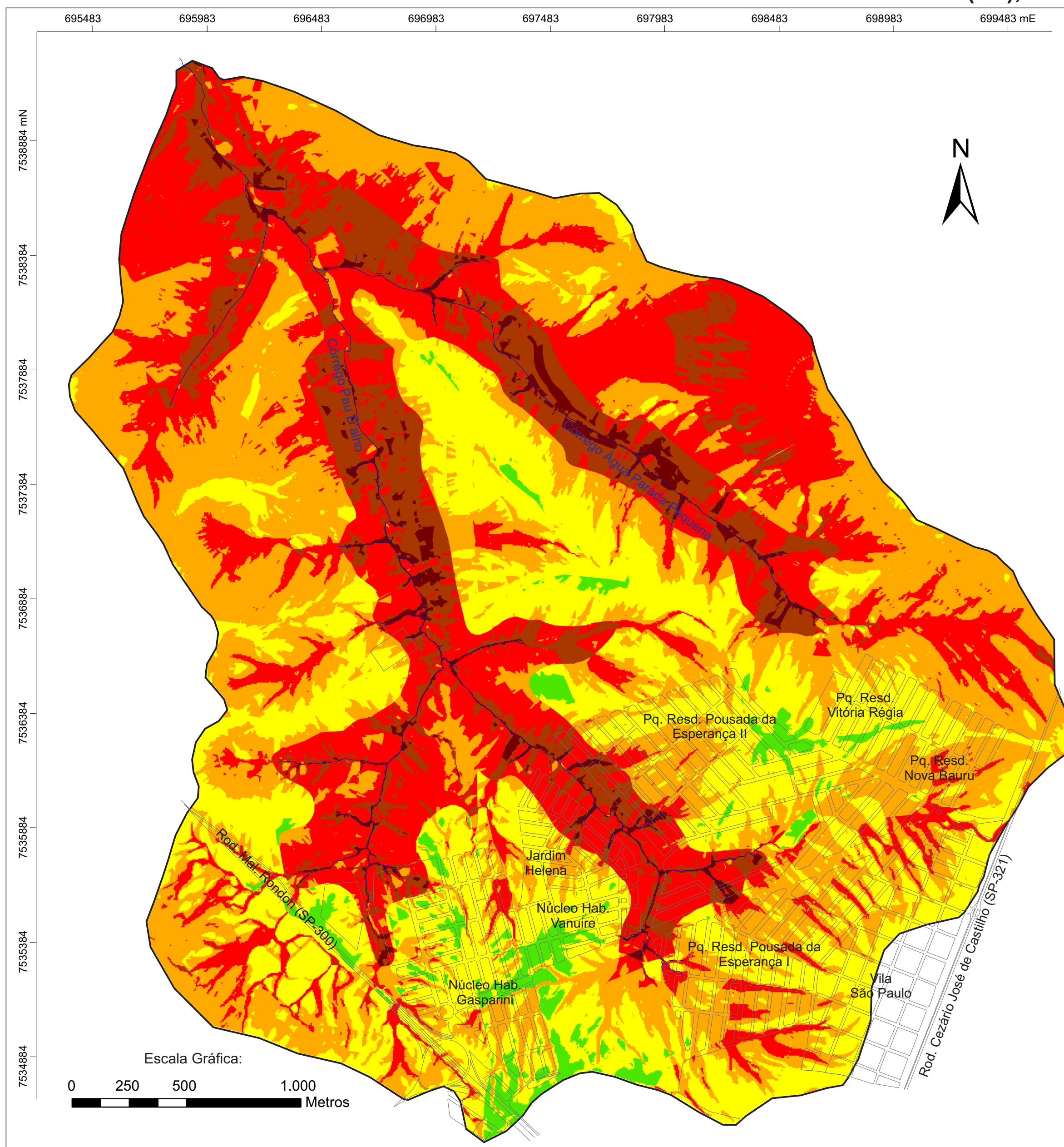
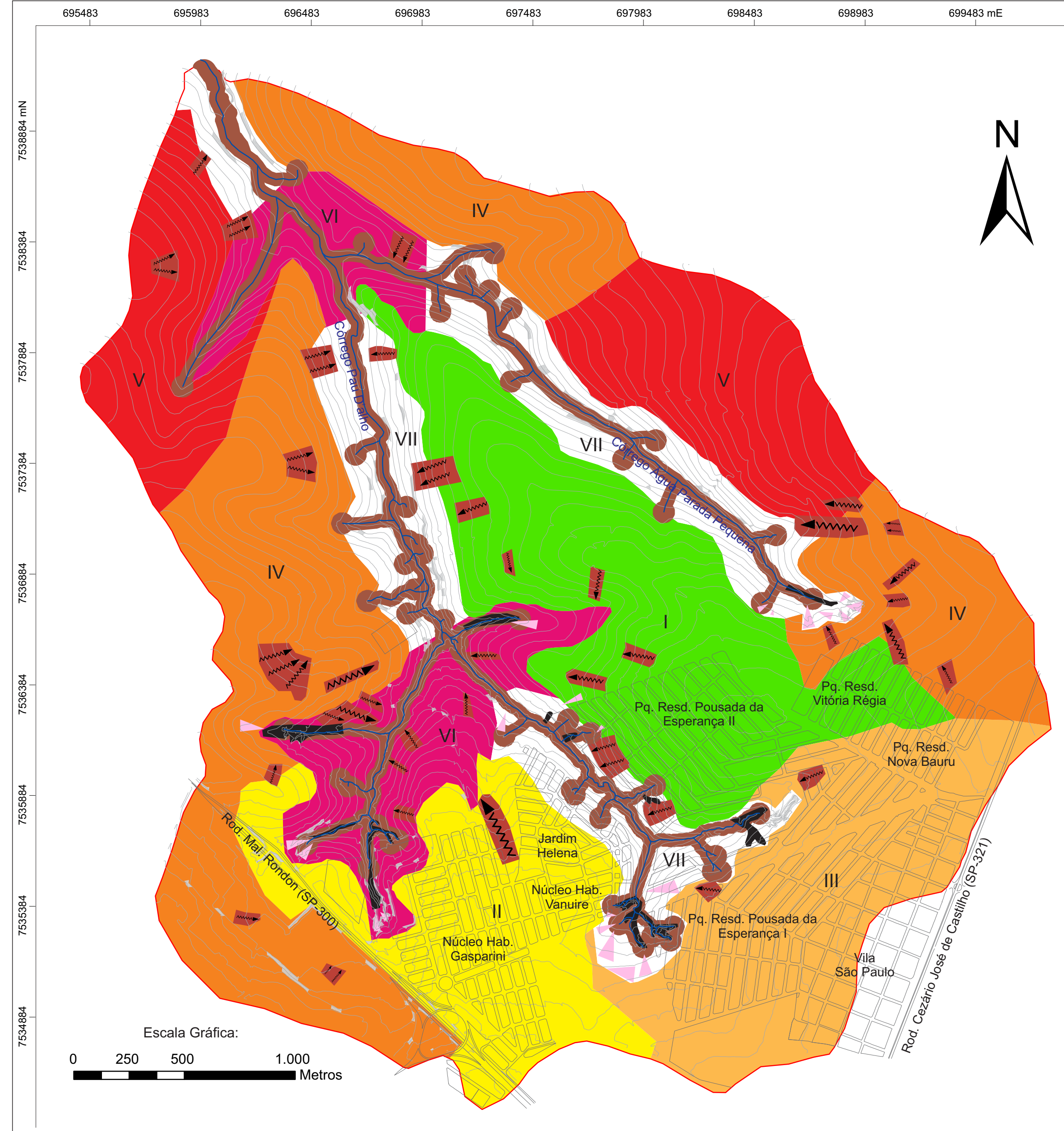


Figura 46 - Carta da fragilidade física da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

CARTA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO - Bauru (SP), 2017



Legenda:

Unidade Física	Característica Físicas	Categoria de Uso Urbano Permitido	Aptidão a Urbanização	Sugestão a Urbanização	
I	<ul style="list-style-type: none"> Interflúvio, com extensa vertente e topo convexo; Sulcos erosivos pronunciados; Rupturas topográficas abruptas em média vertente. 	Unifamiliar	Apto	As características físicas indicam: <ul style="list-style-type: none"> a utilização variada de tamanhos de lotes; a diversificação do tipo de uso; a intensificação da urbanização. 	
		Multifamiliar Horizontal	Apto		
		Multifamiliar Vertical	Apto		
		Comércio Vicinal	Apto com restrição		
		Comércio de bairro	Apto com restrições na Zr		
		Serviço Vicinal	Apto com restrição		
Serviço de Bairro	Apto com restrições no Zr				
II	<ul style="list-style-type: none"> Vertentes côncavas e convexas; Cortes topográficos antrópicos; Erosão laminar; Sulcos erosivos a jusante da área urbana. Predomínio da fragilidade fraca; Vertentes côncavas concentrando o escoamento superficial proporcionando fragilidade média; Declividades <2% próximo ao topo; Declividades entre 5%-12% a partir da alta vertente; Material pedológico homogêneo e com profundidade superior a 3m; Baixa resistência (< 2Mpa); Alta capacidade de infiltração (> 40 cm³/min.). 	Unifamiliar	Apto com restrição	As características físicas indicam: <ul style="list-style-type: none"> Utilização variada de tamanhos de lotes; Diversificação do tipo de uso; Intensificação da urbanização. 	
		Multifamiliar Horizontal	Apto com restrição		
		Multifamiliar Vertical	Apto com restrição		
		Comércio Vicinal	Apto com restrição		
		Comércio de bairro	Apto com restrição		
		Serviço Vicinal	Apto com restrição		
Serviço de Bairro	Apto com restrição				
III	<ul style="list-style-type: none"> Vertentes côncavas próximas as nascentes; Desenvolvimento de sulcos erosivos; Erosão laminar; rupturas topográficas atenuadas pela urbanização; Fragilidade fraca intercalada com a média, onde há significativa concentração do escoamento superficial; Declividades entre 2% - 12%; Material pedológico homogêneo e com profundidade superior a 3m; Baixa resistência (< 2Mpa) nas altas vertentes; Infiltração de 30 a 45 cm³/min. 	Unifamiliar	Apto com restrição	As características físicas indicam: <ul style="list-style-type: none"> A intensificação da densidade urbana, devido a localização estratégica da unidade. 	
		Multifamiliar Horizontal	Apto com restrição		
		Multifamiliar Vertical	Apto com restrição		
		Comércio Vicinal	Apto com restrição		
		Comércio de bairro	Apto com restrição		
		Serviço Vicinal	Apto com restrição		
Serviço de Bairro	Apto com restrição				
IV	<ul style="list-style-type: none"> Vertentes alongadas; Rupturas topográficas suaves em média vertente; Rupturas abruptas nas altas vertentes; Sulcos erosivos significativos nas vertentes côncavas, a montante de processos erosivos da unidade VII; Erosão laminar nas vertentes convexas amplas no médio curso do córrego Pau d'Alho; Rupturas topográficas antrópicas próximas a rodovia Mal. Rondon. 	Unifamiliar	Apto com restrições	As características físicas indicam: <ul style="list-style-type: none"> Aptidão à expansão urbana 	
		Multifamiliar Horizontal	Apto com restrição a Testada		
		Multifamiliar Vertical	Apto com restrição a Testada		
		Comércio Vicinal	Apto com restrições		
		Comércio de bairro	Apto com restrição ao LM ¹		
		Serviço Vicinal	Apto com restrição ao LM ¹		
Serviço de Bairro	Apto com restrição				
V	<ul style="list-style-type: none"> Rupturas topográficas suaves em média vertente; Sulcos erosivos pronunciados no baixo curso do córrego Pau d'Alho; Fragilidade forte, intercalada com a fragilidade muito forte; Predomínio de declividades entre 5%-12%; Material pedológico homogêneo Resistência do material pedológico entre >5Mpa - 2,5Mpa Infiltração entre 40cm³/min. - 50cm³/min. 	Periurbano/Rural (APA Água Parada)	Apto com restrições	As características físicas indicam: <ul style="list-style-type: none"> A expansão urbana. 	

Unidade Física	Característica Físicas	Categoria de Uso Urbano Permitido	Aptidão a Urbanização	Sugestão a Urbanização
VI	<ul style="list-style-type: none"> Domínios de terrenos em baixa vertentes; Desenvolvimento de ravinas a montante das voçorocas, nas regiões de nascentes; Rupturas topográficas abruptas com afloramento de lençol Fragilidade medianamente forte e forte no setor de alto e médio curso; Fragilidade forte e muito forte no baixo curso, do córrego Pau d'Alho; Declividades de 12% - 20%; Material pedológico heterogêneo; Resistência do material pedológico <2Mpa; Infiltração entre 36cm³/min.-40m³/min. 	Unifamiliar	Baixa aptidão, com grandes restrições	Sugere-se: <ul style="list-style-type: none"> LM¹ de 500m²; TO² de 50%; Contenção da densidade urbana; Privilegiar áreas permeáveis; Desenvolver um layout urbano perpendicular as curvas de nível, a fim de amenizar a energia do escoamento superficial; Evitar as vertentes côncavas, nas áreas próximas as nascentes, com tendência de desenvolvimento de processos erosivos; Destinar estas terrenos as áreas verdes, parques urbanos e/ou institucionais, como exigidas por lei.
		Multifamiliar Horizontal	Baixa aptidão, com grandes restrições	
		Multifamiliar Vertical	Baixa aptidão, com grandes restrições	
		Comércio Vicinal	Baixa aptidão, com grandes restrições	
		Comércio de bairro	Baixa aptidão, com grandes restrições	
		Serviço Vicinal	Baixa aptidão, com grandes restrições	
Serviço de Bairro	Baixa aptidão, com grandes restrições			

2. Áreas não aptas à urbanização

Identificação	Justificativa
Unidade Física VII	Materials inconsolidados heterogêneos, propicio ao desenvolvimento de processos erosivos lineares, como ravinas e voçorocas em áreas próximas as nascentes. Sugere-se tais áreas ao uso verde, exigida pela legislação.
Ravinas	Forma erosiva pronunciada, intensificando a fragilidade física
Voçoroca	Forma erosiva avançada, intensificando a fragilidade física e a instabilidade do relevo
Áreas de Proteção Permanente (APP)	Restrições do Código Florestal (Lei Federal 12.651/12)
Declividade ≥ 30%	Restrição da lei Lehmann (Lei Federal 6.766/79)
Sulcos Erosivos	Áreas que apresentam sulcos ao longo da dinâmica geomorfológica (1972 e 2011).

Convenções Cartográficas:

- Curva de Nível
- Limite da Bacia
- Canais Fluviais
- Área Urbana
- Avenidas e Rodovias

PROPOSTA METODOLÓGICA DE ORIENTAÇÃO À EXPANSÃO URBANA SOB O VIÉS GEOMORFOLÓGICO: O CASO DA BACIA DO CÓRREGO PAU D'ALHO, BAURU (SP).

UNESP - Rio Claro, 2018

Elaboração: Leonardo da Silva Thomazini
 Orientação: Prof^o Dr.^a Cenira Maria Lupinacci

Fonte: Base topográfica fornecida pela PMB e pelo CATI/SP, Carta Clinográfica, Carta de Fragilidade Física, Carta de Materiais Inconsolidados, Carta Geomorfológica e Carta de Restrições Legais e Transgressões Ambientais.

Projeção Universal Transverso de Mercator - Fuso 22
 Datum: SIRGS 2000
 Coordenadas UTM (metros)

Apoiado por:

Figura 47 - Carta de orientação a expansão urbana da bacia do Córrego Pau D'alho, Bauru (SP).

A **unidade física I** (Figura 46) compreende o interflúvio entre o córrego Pau D’alho e o Água Parada Pequena, estando na porção central da bacia. Predomina a fragilidade física fraca, aumentando para média e medianamente forte nas vertentes côncavas, à medida que se intensifica a concentração do escoamento superficial

Nos topos há o predomínio da declividade <2% e nas vertentes os declives variam entre 5% - 12%. Mesmo com declividades baixas, observa-se o desenvolvimento de sulcos erosivos, mais pronunciados nas vertentes retilíneas, côncavas e ao sul da unidade, onde a urbanização não se encontra consolidada e os arruamentos não estão pavimentados, indicando a influência do escoamento superficial no desenvolvimento de tais processos erosivos.

O material pedológico homogêneo encontra-se espesso, com baixa resistência (< 2Mpa) e alta capacidade de infiltração (> 40 cm³/min.).

Nesta unidade, encontram-se as zonas de interesse social, preferencialmente residencial e a APA (área de proteção ambiental) Água Parada, sendo permitido pela lei municipal n.º 2339/82 a variação no tamanho dos lotes e a diversificação dos tipos de usos (Quando 10).

Unidade Física	Macro zoneamento	Zoneamento	Categorias de Uso						
			Unifamiliar	Multifamiliar		Comércio		Serviços	
				Horizontal	Vertical	Vicinal	de Bairro	Vicinal	de Bairro
I	Em Consolidação;	Interesse social	LM: 160m ² Test.: 8m TO: 50% CA: 100%	LM: 160m ² Testada: 8m TO: 75% CA: 150%	LM: 400m ² Test.:20m TO: 50% CA: 250%	LM: 125m ² Test.:5m TO: 50% CA: 100%	LM:400m ² Test.:10m TO:50% CA:200%	LM: 125m ² Test.: 5m TO: 50% CA: 100%	LM: 400m ² Test.: 10m TO: 50% CA: 200%
		Pref. Residencial	LM: 250m ² Test.:10m TO: 75% CA: 150%	LM: 125m ² Test.:5m TO: 75% CA: 150%	LM: 500m ² Test.:20m TO: 66% CA: 300%	LM: 125m ² Test.: 5m TO: 75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.: 5m TO: 75% CA: 100%	LM: 125m ² Test.: 5m TO: 75% CA: 100%	LM: 125m ² Test.: 5m TO: 75% CA: 100%
	Periurbana	APA Água Parada	x	x	x	x	x	x	x

X: Sem dados;

(1): Usos de pequeno porte. Médio porte usar LM: 250m², Testada: 10m; TO: 75%; CA: 150%

Quadro 10 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82 na unidade física I.

Fonte: Leis municipais 2339/82 e 5631/08

Elaborado pelo autor

O histórico de ocupação nesta unidade passa de atividades tipicamente rurais, predominando o pasto, pasto sujo e lavoura abandonada, para a existência da expansão urbana, denotando um caráter periurbano. Mas, em direção ao centro da bacia, ainda prevalece o uso de pasto.

As características favorecem a utilização de variados tamanhos de lotes e a diversificação do tipo de uso, por compreender uma variação das disposições topográficas e clinográficas, justificando o avanço da urbanização sobre esta unidade.

Contudo, as declividades, menores que 5% nos topos, dificultam o escoamento superficial nestas áreas, sugerindo uma TO a 50% a fim de possibilitar uma maior infiltração. A baixa resistência do material pedológico indica maior gasto com as edificações, pois torna-se mais difícil a estabilização das mesmas e com isso, sugere-se que tais áreas não sejam destinadas para loteamentos de baixa renda, onde os recursos costumam ser reduzidos.

A **unidade física II** (Figura 46) encontra-se ao sul da bacia do Pau D'alto, predominando topos convexos com baixa declividade (<2%), os quais podem dificultar o escoamento superficial. Com isso, sugere-se uma TO de 50% nestas áreas a fim de favorecer a infiltração, que pode ser significativa nesta unidade em função das características dos materiais de superfície, os quais apresentaram, em experimento de campo, taxas >40 cm³/min.

Já nas vertentes, a declividade varia entre 5% - 12%, tendo, nas de formato côncavo, a concentração do escoamento superficial e o aumento da fragilidade física para média e medianamente forte, em relação a fragilidade fraca, predominante nesta unidade.

As áreas que apresentaram fragilidade física média e medianamente forte coincidem com os setores de desenvolvimento de sulcos e marcas de erosões laminares, inclusive nas altas vertentes e a jusante das áreas urbanizadas, indicando a influência da urbanização na intensificação do desenvolvimento de processos erosivos.

O material pedológico é homogêneo e espesso (mais profundos que 3m), com resistência <2Mpa, exigindo maiores cuidados com as edificações quanto maior for o CA.

A expansão urbana e a urbanização densa tiveram um avanço significativo nesta unidade, ao longo dos anos, inculindo uma urbanização diversa, como demonstrado pelo macrozoneamento municipal, com zonas em consolidação, expansão controlada e de indústria, comércio e serviços.

Os menores índices urbanísticos (lote de 125m², testada de 5m, TO de 50% e CA de 100%) são permitidos para o uso de comércio, sem grandes variações entre os zoneamentos (Quadro 11). Contudo, os valores permitidos referem-se a cada zona, não considerando a localização delas, ou seja, se a zona ocupa altas ou baixas vertentes, os índices urbanísticos são os mesmos.

Unidade Física	Macro zoneamento	Zoneamento	Categoria de Uso						
			Unifamiliar	Multifamiliar		Comércio		Serviços	
				Horizontal	Vertical	Vicinal	de Bairro	Vicinal	de Bairro
II	Em Consolidação	Pref. Residencial	LM: 250m ² Test.:10m TO: 75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO: 75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%
	Expansão Controlada	Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO: 75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.: 5m TO:75% CA: 100%
	Índústria Comércio e Serviços	ZS (Pred. de serviço)	(2)LM:250m ² Test.:10m TO:66% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 133%	LM: X Test.: X TO:66% CA: 150%	(2)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 133%	(2)LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	(2)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 150%	(2)LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%

X: Sem dados
(1): Usos de pequeno porte. Médio porte usar LM: 250m², Testada: 10m; TO: 75%; CA: 150%
(2): Uso tolerado

Quadro 11 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física II.

Fonte: Leis municipais 2339/82 e 5631/08

Elaborado pelo autor

No todo, as características físicas favorecem a utilização variada de tamanhos de lotes e dos tipos de usos, possibilitando a intensificação da urbanização. Contudo, as áreas de maior fragilidade (média e medianamente forte) merecem maior atenção, especialmente por estarem próximas às nascentes, sugerindo-se assim, TO de 50% para lotes de 125m² e 66% para lotes de 250m², a fim de permitir mais áreas permeáveis.

As restrições à urbanização observadas nesta unidade referem-se à alta TO (75%) permitida, atualmente, pela legislação municipal, a qual permite a impermeabilização de uma parcela significativa do lote e diante das características físicas da unidade, as áreas de maior fragilidade sugerem maior possibilidade de infiltração.

A **unidade física III** (Figura 46) também se encontra no sul da bacia, limitando-se com as unidades I, II e VII, margeada pela rodovia Cézario José de Castilho (Bauru – Arealva, SP – 321), posição geograficamente estratégica, favorecendo a intensificação da densidade urbana.

As áreas de topo, ao sul, compõem o divisor de água da bacia e as longas vertentes se prolongam em direção as nascentes do córrego Pau D’alho, sendo muitas dessas de formato côncavo.

O uso histórico sobre esta unidade apresenta o surgimento da urbanização densa, em detrimento do pasto sujo, sendo estes os usos predominantes. A porção urbanizada não apresenta feições erosivas devido à impermeabilização do solo, mas propicia o aumento do escoamento superficial, refletindo nas adjacências do urbano, onde os solos não são impermeabilizados, levando ao desenvolvimento de processos erosivos.

Outro aspecto a se destacar, é a ocorrência de sulcos erosivos ao longo do período de 1972 a 2010, observados na foto interpretação quando da elaboração da carta de uso e ocupação da terra, demonstrando a tendência histórica para a ocorrência de tais processos erosivos, mesmo com predomínio da fragilidade física fraca. Este fato é justificado pela intensificação da fragilidade mediante a concentração do escoamento superficial, importante para a dinâmica desta unidade, mesmo com declividades entre 2% - 12%.

O material pedológico de textura homogênea e espessa, apresenta índices de resistência menores (<2Mpa) nas baixas vertentes, aumentando em direção às altas vertentes (chegando a 3Mpa) e capacidade de infiltração de 30 a 45 cm³/min.

Tais características favorecem uma urbanização diversificada, como é determinado pela legislação municipal (Quadro 12), permitindo estabelecer zonas de interesse social até de indústria, comércio e serviços, sendo este último favorecido pela presença da rodovia Cezário José de Castilho (SP-321), ligando o município ao aeroporto estadual Moussa Tobias.

Unidade Física	Macro zoneamento	Zoneamento	Categorias de Uso						
			Unifamiliar	Multifamiliar		Comércio		Serviços	
				Horizontal	Vertical	Vicinal	de Bairro	Vicinal	de Bairro
III	Em Consolidação	Interesse social	LM:160m ² Test.:8m TO:50% CA: 100%	LM:160m ² Test.:8m TO:75% CA: 150%	LM:400m ² Test.:20m TO:50% CA: 250%	LM:125m ² Test.:5m TO:50% CA: 100%	LM:400m ² Test.:10m TO:50% CA: 200%	LM:125m ² Test.:5m TO:50% CA: 100%	LM:400m ² Test.:10m TO:50% CA: 200%
		Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA:150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%
		ZS (Pred. de Serviços)	(2)LM:250m ² Test.:10m TO:66% CA:150%	LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 133%	LM:XX Test.:XX TO:66% CA: 150%	(2)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 133%	(2)LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	(2)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 150%	(2)LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%
	Expansão Controlada	Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%
	Indústria Comércio e serviços	Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO: 75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Testada:5m TO:75% CA: 100%
ZCSI (Zona ind., com. e serv.)		(3)LM:250m ² Testada:10m TO:66% CA: 150%	(4)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 133%	(5)LM:250m ² Test.:10m TO:66% CA: 400%	(6)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 150%	(7)LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	(6)LM:125m ² Test.:5m TO:66% CA: 150%	(7)LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	

1: Usos de pequeno porte. Médio porte usar LM: 250m², Testada: 10m; TO: 75%; CA: 150%
2: Uso Tolerado
3: Quando definido como Zona Predominantemente Comercial (ZC1), utiliza TO: 75%
4: Não permitido em Zona Predominantemente Comercial (ZC1)
5: Quando definido como Zona Predominantemente de serviço (ZS) ou Zona Industrial (ZI), utilizar CA: 150%
6: Quando definido como Zona Predominantemente Comercial (ZC1), utiliza TO: 75% e CA: 400%
7: Quando definido como Zona Predominantemente Comercial (ZC1), utiliza LM: 125m²; Testada: 5m² e CA: 400%

Quadro 12 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física III.

Fonte: Leis municipais 2339/82 e 5631/08

Elaborado pelo autor

Contudo, para manter o equilíbrio dos terrenos sugerem-se algumas ressalvas à urbanização, visto que nesta unidade encontra-se a montante de processos erosivos avançados e de nascentes do córrego Pau D'algo, localizados na unidade VII. Assim, sugerem-se LM de 125m² com TO de 50% nas altas vertentes e 250m² com TO de 75% nas baixas vertentes, favorecendo maior infiltração nas altas vertentes e diminuindo em direção as baixas vertentes.

Também, diante das características físicas da unidade, e da pressão que esta unidade exerce nas áreas adjacentes, sugere-se o controle da densidade urbana, privilegiando lotes maiores com TO menor, tendo menos habitantes por m².

A **unidade IV** (Figura 46) se divide em três glebas, sendo duas na margem direita do córrego Água Parada Pequena e uma na margem esquerda do córrego Pau D'algo. Foram assim definidas, pois apresentam características físicas semelhantes, com vertentes alongadas, apresentando sulcos erosivos pronunciados nas vertentes de formato côncavo e marcas de erosões laminares nas convexas.

As rupturas topográficas suaves em média vertente e abruptas nas baixas vertentes, influenciam na declividade, a qual se distribui entre 2% - 5% nas altas, aumentando em direção as baixas vertentes, chegando a 12%.

A duplicação da rodovia Marechal Rondon (SP – 300) proporcionou significativa alteração do uso da terra na unidade, ao longo dos anos, marcando o aumento da zona de indústria, comércio e serviços. Além do mais, a rodovia alterou a topografia local, criando rupturas antrópicas abruptas, capazes de concentrarem e intensificarem o escoamento superficial.

O uso de lavoura temporária surgiu abrangendo as médias e altas vertentes da gleba situada na margem esquerda do córrego Pau D'algo, no que antes predominava o pasto e pasto sujo. Assim, com este novo uso, os solos passaram a ficar mais expostos, principalmente no período entre safra, acarretando no desenvolvimento de sulco erosivos.

A maior parte desta unidade encontra-se no macrozoneamento periurbano e rural, tendo como índices urbanísticos as referências das zonas preferencialmente residencial e de indústria, comércio e serviço, as quais apresentam pouca variação (Quadro 13).

Unidade Física	Macro zoneamento	Zoneamento	Categoria de Uso						
			Unifamiliar	Multifamiliar		Comércio		Serviços	
				Horizontal	Vertical	Vicinal	de Bairro	Vicinal	de Bairro
IV	Índústria Comércio e Serviços	Prof. Residencial	LM: 250m ² Test.: 10m TO: 75% CA: 150%	LM: 250m ² Test.: 10m TO: 75% CA: 150%	LM: 250m ² Test.: 10m TO: 75% CA: 150%	LM: 125m ² Testada: 5m TO: 75% CA: 100%	(1)LM: 125m ² Testada: 5m TO: 75% CA: 100%	LM: 125m ² Testada: 5m TO: 75% CA: 100%	LM: 125m ² Test.: 5m TO: 75% CA: 100%
		ZCSI (Zona ind., com. e serv.)	(3)LM: 250m ² Test.: 10m TO: 66% CA: 150%	(4)LM: 125m ² Test.: 5m TO: 66% CA: 133%	(5) LM: 250m ² Test.: 10m TO: 66% CA: 400%	(6)LM: 125m ² Testada: 5m TO: 66% CA: 150%	(7)LM: 250m ² Testada: 10m TO: 75% CA: 150%	(6)LM: 125m ² Testada: 5m TO: 66% CA: 150%	(7)LM: 250m ² Test.: 10m TO: 75% CA: 150%
	Periurbana e Rural	APA Água Parada	x	x	x	x	x	x	x

X: Sem dados

1: Usos de pequeno porte. Médio porte usar LM: 250m², Testada: 10m; TO: 75%; CA: 150%

3: Quando definido como Zona Predominantemente Comercial (ZC1), utiliza TO: 75%

4: Não permitido em Zona Predominantemente Comercial (ZC1)

5: Quando definido como Zona Predominantemente de serviço (ZS) ou Zona Industrial (ZI), utilizar CA: 150%

6: Quando definido como Zona Predominantemente Comercial (ZC1), utiliza TO: 75% e CA: 400%

7: Quando definido como Zona Predominantemente Comercial (ZC1), utiliza LM: 125m²; Testada: 5m² e CA: 400%

Quadro 13 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física IV.

Fonte: Leis municipais 2339/82 e 5631/08

Elaborado pelo autor

Deste modo, a urbanização da parcela, ainda rural, fica suscetível a novos parâmetros urbanísticos, os quais devem respeitar a capacidade de suporte do meio.

O meio físico caracteriza-se pela fragilidade média, chegando a medianamente forte nas áreas de concentração do escoamento superficial, com material pedológico homogêneo e infiltração (30cm³/min. – 50cm³/min.) e resistência (2Mpa – 5Mpa) crescentes das baixas as altas vertentes.

Assim, sugere-se que o *layout* urbano vise a contenção do escoamento superficial, com LM 250m² e TO de 75% nas altas vertentes e TO de 50% nas médias e baixas vertentes, visando favorecer a infiltração.

Para as edificações que necessitam de lotes maiores (acima de 250m²), como as multifamiliares, indica-se que a testada seja de 20m, orientando as construções a seguirem as curvas de nível, visando diminuir o custo com a terraplenagem e minimizar a energia do escoamento superficial.

Já a **unidade física V** (Figura 46), divide-se em duas glebas. Uma se estendendo à margem direita no médio curso do córrego Água Parada Pequena e a outra à margem esquerda, no baixo curso do córrego Pau D'alho.

Apresentam declividades entre 5% - 12%, mas com fragilidade física forte, intercalada com muito forte e rupturas topográficas suaves nas médias vertentes, refletindo no desenvolvimento de processos erosivos, em especial no baixo curso do Pau D'alho, onde os usos de pasto e lavoura temporária deixam constantemente o solo exposto.

A evolução histórica do uso sobre as áreas desta unidade demonstra uma diversidade das atividades exercidas sobre elas, como lavoura abandonada, silvicultura e chácaras, denotando intensa ação antrópica sobre o relevo e, conseqüentemente, as derivações ambientais e transgressões legais.

Com material pedológico homogêneo, de resistência variando entre 2,5Mpa - >5Mpa e taxa de infiltração entre 40cm³/min – 50cm³/min, esta unidade pode ser urbanizada. Contudo, a fragilidade física apontada indica que a expansão urbana poderá intensificar o desenvolvimento dos processos erosivos, à medida que os materiais são retrabalhados para a implantação das estruturas urbanas.

Sem índices urbanísticos sugeridos, por estar na macrozona rural, sugere-se que o LM tenha 300m², com TO de 50% e CA de 100%, visando controlar a densidade urbana, tendo em vista a existência da fragilidade forte e muito forte.

A **unidade física VI** (Figura 46) também se divide em duas glebas, sendo uma localizada no médio curso do córrego Pau D'algo, compreendendo um afluente da margem esquerda e a outra margem, presente no baixo curso, na confluência com o córrego Água Parada Pequena.

Encontram-se em baixa vertente, com declividades mais acentuadas (12% - 20%), rupturas topográficas abruptas com afloramento do lençol freático, proporcionando, em algumas áreas, declividades superiores a 30%.

A fragilidade física (Figura 45) medianamente forte predomina na gleba de médio curso e a forte na de baixo curso, justificando o desenvolvimento dos processos erosivos. No entanto, os processos erosivos se desenvolvem independentemente da intensidade da fragilidade, pois, observa-se maior quantidade de sulcos erosivos, ravinas e voçorocas na gleba com predomínio da fragilidade medianamente forte, indicando com isso, que há outros fatores que influenciam tais processos, como por exemplo, a urbanização a montante.

Deste modo, os sulcos erosivos se desenvolvem principalmente nas vertentes côncavas, as quais concentram os escoamentos superficiais e os canalizam em direção as nascentes, dando origem também as ravinas e voçorocas.

Assim, a principal mudança no uso da terra desta unidade é o avanço da expansão urbana na gleba próxima as nascentes do Pau D'algo, que mesmo sem grande presença, exerce sua influência na concentração e intensificação do escoamento superficial, fato este não apreciado nas leis de zoneamento, uso e ocupação municipais, as quais regulam os índices urbanísticos. Ainda, esse cenário é agravado pela condição atual, onde há o uso urbano preferencialmente

residencial em uma macrozona de interesse ambiental (Quadro 14), indicando a omissão do poder público em fiscalizar e orientar o avanço urbano.

Unidade Física	Macro zoneamento	Zoneamento	Categoria de Uso						
			Unifamiliar	Multifamiliar		Comércio		Serviços	
				Horizontal	Vertical	Vicinal	de Bairro	Vicinal	de Bairro
VI	Expansão Controlada	Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.: 10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Testada:5m TO:75% CA: 100%
	Interesse Ambiental	Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.: 10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.: 10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Testada:5m TO:75% CA: 100%
	Periurbana e Rural	APA Água Parada	x	x	x	x	x	x	x

X: Sem dados
1: Usos de pequeno porte. Médio porte usar LM: 250m², Testada: 10m; TO: 75%; CA: 150%

Quadro 14 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física VI.

Elaborado pelo autor

Com material pedológico heterogêneo, somado à baixa resistência (<2Mpa) e menor infiltração (36cm³/min – 40cm³/min) em relação às outras unidades, prepondera-se a baixa aptidão à urbanização desta unidade.

Assim, recomenda-se o uso de LM de 500m² e TO de 50%, visando conter a densidade urbana e aumentar a área de permeabilidade, bem como um *layout* urbano perpendicular as curvas de nível, a fim de amenizar a energia do escoamento superficial. Também, sugere-se evitar as vertentes côncavas, nas áreas próximas as nascentes, com tendência ao desenvolvimento de processos erosivos.

O destino e uso então sugerido para esta unidade, são áreas verdes, parques urbanos e/ou institucionais, referentes aos 15% (10% as áreas verdes e 5% as áreas institucionais) exigidos por lei (Lei municipal nº 2339/82).

Entre as áreas não aptas a urbanização, encontra-se a **unidade física VII**, (Figura 46) dividida em 3 (três) glebas, compreendendo as baixas vertentes de quase a totalidade do entorno do córrego Água Parada Pequena, as cabaceiras e foz do córrego Pau D'alho.

É considerada inapta a urbanização, por apresentar declividades de até 30%, com rupturas topográficas abruptas demarcando os afloramentos do lençol freático, além de estar envolta de processos erosivos avançados, também, considerados como áreas impróprias a urbanização, principalmente nas regiões de nascentes.

No baixo curso do córrego Pau D'alho, as declividades variam entre 2% - 12%, teoricamente propícias à urbanização, mas as características da unidade, de material pedológico

heterogêneo, resistência <2Mpa e infiltração entre 36cm³/min – 40cm²/min., podem gerar problemas futuros de enchentes.

Mesmo o poder público municipal estabelecendo a existência da zona preferencialmente residencial nessa unidade (Quadro 15), sugere-se a implantação de áreas verdes, como exigido por lei, sem espaços construídos; isso também se justifica pela fragilidade física, caracterizada como forte e muito forte.

Unidade Física	Macro zoneamento	Zoneamento	Categoria de Uso						
			Unifamiliar	Multifamiliar		Comércio		Serviços	
				Horizontal	Vertical	Vicinal	de Bairro	Vicinal	de Bairro
VII	Em Consolidação	Pref. Residencial	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:250m ² Test.:10m TO:75% CA: 150%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	(1)LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%	LM:125m ² Test.:5m TO:75% CA: 100%
	Interesse Ambiental	APA Água Parada	x	x	x	x	x	x	x
	Periurbana e Rural	APA Água Parada	x	x	x	x	x	x	x

X: Sem dados
1: Usos de pequeno porte. Médio porte usar LM: 250m², Testada: 10m; TO: 75%; CA: 150%

Quadro 15 - Relação das zonas e dos tipos de uso permitidos de acordo com a lei municipal 2339/82, na unidade física VII.

Fonte: Leis municipais 2339/82 e 5631/08

Elaborado pelo autor

As outras áreas não aptas (Figura 46) constituem-se em:

- I. Setores tomados por sulcos erosivos que, se existentes nos dois períodos históricos (1972 e 2010) analisados, são considerados com área de fragilidade física propícia ao desenvolvimento de tais processos erosivos, já que se mostram constantes, distribuindo-se por toda a bacia, sem um padrão específico;
- II. Setores com a presença de ravinas e voçorocas, geralmente associadas, nas áreas próximas as nascentes e com presença marcante na unidade física VI e VII;
- III. Terrenos com declividades iguais ou maiores que 30%, por serem proibidas a urbanização de acordo com a Lei Lehmann (Lei Federal nº 6766/79);
- IV. Áreas de APP's, reguladas pelo Código Floresta (Lei Federal nº 12651/12), como áreas exclusivamente vegetadas.

5. SISTEMÁTICA DE ORIENTAÇÃO A EXPANSÃO URBANA

A sistemática de orientação a expansão urbana pautou-se nos dados elencados neste trabalho que, por meio do objetivo proposto, visou abordar os aspectos geomorfológicos, bem como as características físicas da área de estudo, gerando importantes materiais cartográficos, sob a metodologia esquematizada na figura 47.

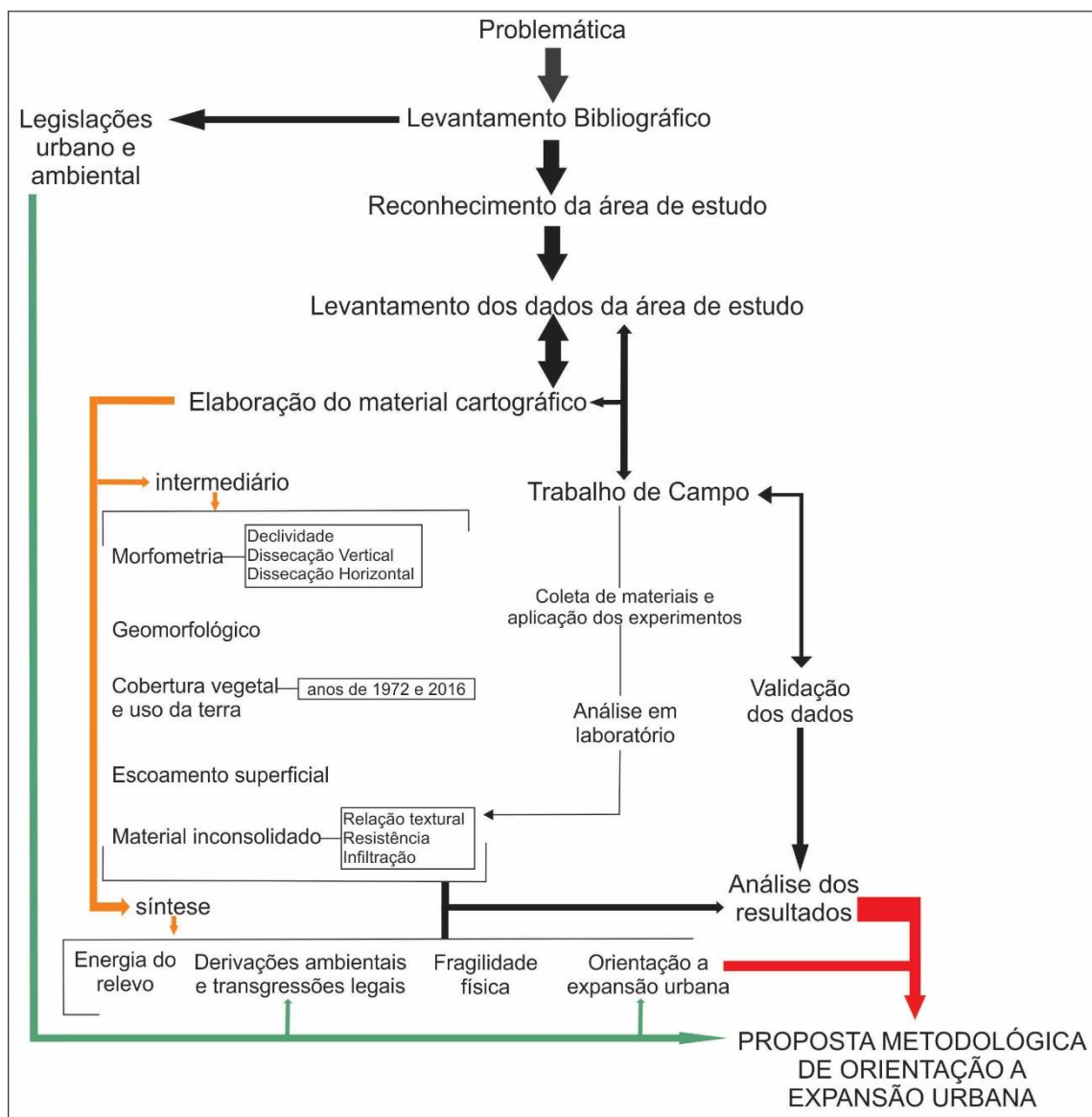


Figura 48 - Metodologia desenvolvida visando a orientação à expansão urbana.

Fonte: Elaborado pelo autor

Após o reconhecimento da área de estudo, segue o levantamento bibliográfico, importante na obtenção de dados secundários, tanto de caráter físico como socioeconômico, com ênfase as características geológicas, climáticas, o histórico de ocupação e as atividades

existentes. Nesta etapa, também, foi elencado a legislação ambiental e de zoneamento urbano vigentes, no âmbito federal e municipal, as quais regulam as coberturas vegetais, os usos e ocupações da terra.

A legislação constitui em um importante instrumento de orientação à análise dos resultados, apontando para o modelo urbano utilizado pelos órgãos responsáveis pelo planejamento e gestão territorial e por compor as cartas sínteses de derivações ambientais e transgressões legais e a de orientação a expansão urbana.

A morfometria do relevo é analisada por meio das cartas clinográfica, dissecações vertical e horizontal e energia do relevo, obtidas através da base cartográfica e processadas em plataforma digital, permitindo a quantificação da geometria do relevo, necessária na compreensão dos processos geomorfológicos da bacia, em especial dos processos erosivos.

A estes mapeamentos, são associados a cobertura vegetal, uso e ocupação da terra, de ao menos dois períodos históricos, a fim de analisar a dinâmica de ocupação antrópica na bacia, a tendência da expansão urbana e suas consequências na morfodinâmica do relevo.

Para a identificação da cobertura vegetal e usos da bacia estudada, foram realizadas interpretações das fotografias aéreas datadas dos anos de 1972 e 2010/2011, com atualizações, através de trabalhos de campo, permitindo um mapeamento mais atual que 2011. Contudo, cabe salientar, que a elaboração deste material depende dos materiais aerofotogramétricos disponíveis, podendo em alguns casos, variar o período histórico analisado.

Alia-se ainda a carta de escoamento superficial, auxiliando na compreensão do desenvolvimento de processos erosivos nas áreas de concentração do escoamento, justificando a importância desta variável na realização do objetivo do trabalho.

A carta de materiais inconsolidados destaca-se por apresentar as características e o comportamento dos materiais pedológicos. Para a sua elaboração são coletados materiais pedológicos para a análise granulométrica em laboratório, importante na identificação da relação textural dos mesmos, e aplicados experimentos em campo para a quantificação das taxas de resistência e infiltração da área.

Com a quantificação do relevo e o comportamento dos materiais pedológicos, é possível compreender a morfodinâmica da bacia, refletida nas feições apresentadas na carta geomorfológica e observada *In loco*.

Em posse de tais dados, procede a sintetização dos mesmos, gerando as cartas de derivações ambientais e transgressões legais e a de fragilidade física, constituindo em mapeamentos de síntese, auxiliando na análise holística do objeto estudado e contribuindo para a realização do objetivo proposto.

Cabe salientar, que os trabalhos de campo são necessários em todas as etapas da pesquisa, quer seja pela coleta de matérias e aplicação de experimentos, ou pela validação dos dados obtidos, reportando-se ao reconhecimento da área em estudo.

Da análise destes materiais cartográficos, dos trabalhos de campo e das legislações ambiental e de zoneamento, formulou-se a construção do pilar metodológico, a carta de orientação a expansão urbana.

A fragilidade física, por abranger as principais características físicas da área de estudo (morfometria, comportamento dos materiais e o escoamento superficial) e possibilitar a identificação de unidades com características específicas, norteia a elaboração da carta de orientação a expansão urbana. A esta são agregadas as derivações ambientais e as transgressões legais, bem como os índices urbanísticos previstos em lei.

Assim, considerando suas características físicas e os índices urbanísticos legais, as unidades físicas são classificadas como aptas ou inaptas à urbanização. As não aptas são assim definidas por serem transgressões a legislação, como as APP's, declividades acima de 30%, processos erosivos pronunciados, como os sulcos, ravinas e voçorocas e predomínio da fragilidade física forte e muito forte, considerados indicadores de fragilidade potencial.

Já para as unidades aptas, são propostos os índices urbanísticos com base àqueles elencados pela legislação, visando um modelo de urbanização que combine a maximização do espaço e a capacidade de suporte do meio físico, a fim de obter um desenvolvimento urbano-ambiental.

Durante o desenvolvimento desta metodologia, avaliou-se qualitativamente as etapas realizadas, constando a eficácia da declividade, da carta geomorfológica, do escoamento superficial, dos materiais inconsolidados, das derivações ambientais e transgressões legais e da fragilidade física. Estas foram consideradas imprescindíveis a concretização do objetivo, em detrimentos de outras que se mostraram menos relevantes.

Assim, propõe-se uma sistemática diminuta de orientação a expansão urbana visando a agilidade na elaboração e obtenção das informações necessárias a gestão urbana (Figura 48). Com isso, busca-se alcançar os órgãos públicos e privados, responsáveis na gestão urbana e que, em muitos casos, não possuem tempo hábil para o desenvolvimento de todas as etapas apresentadas neste trabalho.

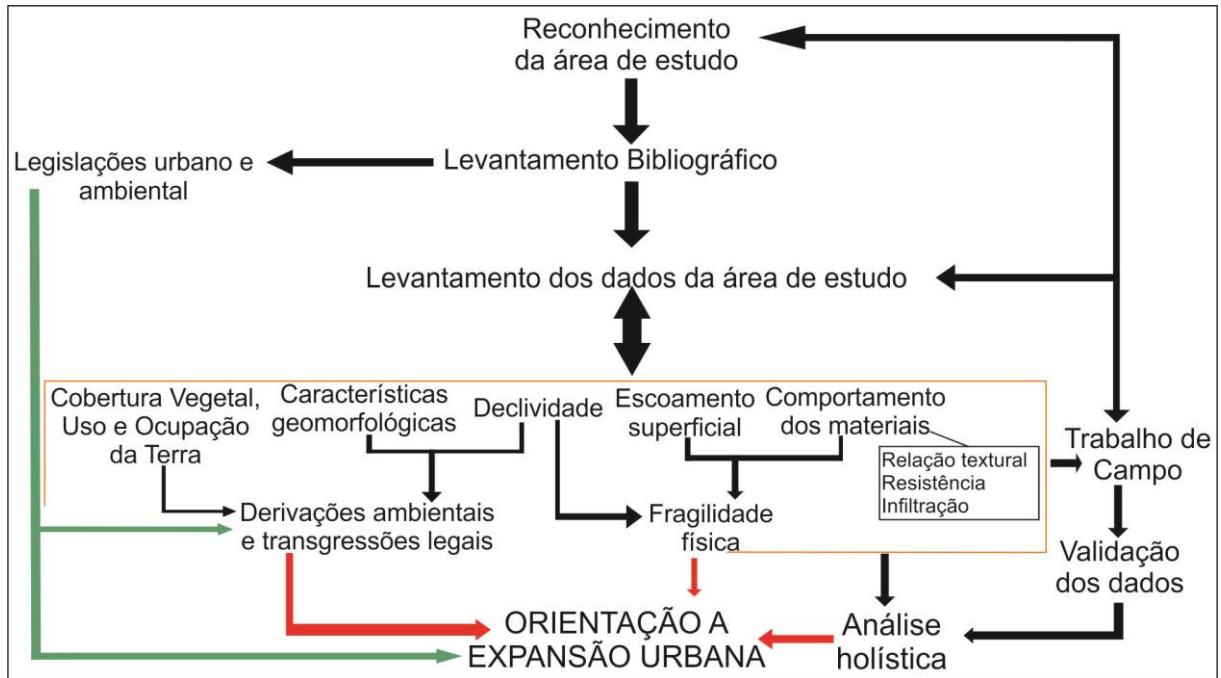


Figura 49 - Proposta metodológica sintetizada de orientação a expansão urbana.

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta sintetização metodológica salienta a utilização da declividade como informação da morfometria da área, pois é referenciado pela lei federal de parcelamento do solo (Lei Lehmann) e responde satisfatoriamente na elaboração da carta de orientação a expansão urbana.

A relevância da carta geomorfológica decorre da capacidade desta em auxiliar a análise da morfodinâmica e que, juntamente com as legislações ambientais e de zoneamento e a declividade, compõem a carta síntese das derivações ambientais e transgressões legais.

A análise do escoamento superficial é necessária pela característica climática da área, de quente e úmido, responsável pelo acúmulo energético na concentração do escoamento durante os eventos chuvosos, corriqueiros no verão.

Estes, juntamente com a carta de materiais inconsolidados, permitem a formulação da fragilidade física, a qual correspondeu satisfatoriamente na definição das unidades de análise a orientação a expansão urbana.

Por fim, com a base na fragilidade física, considerando as derivações ambientais e as transgressões legais, com respaldo à legislação federal e municipal, obtém-se o modelo de urbanização adequado as características físicas da área estudada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia do córrego Pau D'alto apresenta características físicas que favorecem a urbanização, como o predomínio de declividades de até 12%, consoante com as orientações da Lei de Lehmann (6.766/79) e o plano diretor municipal (5631/08) e o predomínio da fragilidade física fraca e média. Contudo, observa-se o desenvolvimento de diversos processos erosivos que dão origem à feições tais como sulcos, ravinas e voçorocas, inclusive em áreas onde há técnicas de contenção de erosão, como os terraços agrícolas, indicando a deficiência do planejamento adotado.

Por se tratar de uma região periurbana, é possível identificar a influência da urbanização no desenvolvimento dos processos erosivos. A medida que os arruamentos e a impermeabilização do solo concentram o escoamento superficial, proporcionam a este maior poder erosivo, gerando nas áreas não impermeabilizadas no entorno da urbanização ações denudativas mais intensas que as características morfométricas indicam.

Com isso, justifica-se a necessidade de avaliação da fragilidade física-ambiental de áreas periurbanas, tais como a bacia do córrego Pau D'alto e que carecem de estudos mais aprofundados e precisos.

O setor da bacia com maior presença da fragilidade física fraca é justamente o setor de maior uso urbano. Assim, o avanço da urbanização (apresentado pelas cartas de uso e ocupação da terra e de cobertura vegetal dos anos de 1972 e 2016) tende a se direcionar para as áreas de maior potencial denudativo, demonstrado pelas cartas de energia do relevo, clinográfica e de dissecação horizontal e vertical e, também, sobre áreas onde há feições erosivas bem desenvolvidas, tais como as ravinas e voçorocas.

Mesmo com o aumento da cobertura vegetal de 1972 para os dias atuais, constata-se que esse não foi suficiente para conter a evolução dos processos erosivos. Assim, o avanço da urbanização na bacia incidiu sobre uma área com processos erosivos já avançados, não aumentando o número das voçorocas, mas influenciando no aumento das ravinas nas áreas adjacentes.

A isto, associa-se o solo não impermeabilizado próximo as nascentes, suscetível ao poder erosivo da concentração do escoamento superficial e a falta de mata ciliar, demonstrando o poder denudativo que o uso periurbano pode exercer sobre o relevo.

Os tipos de materiais e o comportamento dos mesmos, evidenciam a complexidade geomorfológica da bacia, ao apresentar a baixa resistência do material onde há uma fraca energia do relevo e, conseqüentemente, maior fragilidade física, desenvolvendo processos

erosivos avançados, ou seja, as características estruturais influenciam os fenômenos geomorfológicos, os quais podem ser agravadas pelo comportamento antrópico, a exemplo da existência das voçorocas, mesmo antes da urbanização.

A localização estratégica da bacia do Pau D'algo propicia uma urbanização diversificada, com zonas destinadas a indústria comércio e serviços, atraídas pelas rodovias, e para os diversos usos residenciais, favorecidos pelo interesse do mercado imobiliário e pelas características físicas.

Os padrões urbanísticos apresentados pela lei municipal de 2339/82, demonstram a característica de urbanização do município de Bauru – SP, condizente com as legislações federais, com lotes mínimos de 125m², testada de 10m e taxas de ocupação de 75%, podendo variar de acordo com o tipo de uso em relação ao macrozoneamento.

Assim, tais índices mostram-se importantes à compreensão do modelo de urbanização do município, os quais refletem as vontades e necessidades da população e, por isso, são essenciais quando se pensa em urbanização. Contudo, a forma que a lei os apresentam, não os consideram dentro da perspectiva do ambiente físico, no qual serão implementados.

Diante da experiência adquirida no desenvolvimento da metodologia de orientação a expansão urbana, aplicada na bacia do Córrego Pau D'algo, notou-se a necessidade do desenvolvimento de modelos que auxiliem uma urbanização menos impactante, do ponto de vista geomorfológico.

Deste modo, a carta de orientação a expansão urbana, trouxe uma perspectiva até então desconhecida, fundamentando a análise e o entendimento da área, que sob os aspectos físicos e legais, propõe um modelo de urbanização condizente com a capacidade de suporte da área de estudo.

Os parâmetros imprescindíveis para a elaboração da orientação a expansão urbana são, a declividade, as feições e processos geomorfológicos, o comportamento dos materiais pedológicos, a concentração do escoamento superficial e a legislação ambiental e de zoneamento.

Tendo em vista que a bacia do córrego Pau D'algo está propensa ao avanço urbano, a não compreensão, ou até mesmo a compreensão parcial, do comportamento geomorfológico da bacia poderá trazer problemas futuros, tais como a instabilidade litológica pelo avanço das voçorocas e enchentes, provocando grandes prejuízos ao patrimônio público e privado. Compreender suas fragilidades e potencialidades físicas torna-se de suma importância para a gestão territorial, visando um planejamento urbano-ambiental.

Portanto, a proposta metodológica desenvolvida, de orientação a expansão urbana, mostrou-se de suma importância ao identificar as características geomorfológicas, o comportamento dos materiais pedológicos e o processo de ocupação da bacia, apontando suas fragilidades físicas e com isso, permitindo a proposição de uma urbanização pautada nos moldes legais.

Por se tratar de um modelo inédito, o estudo não se encerra com este trabalho, mas abre a necessidade de aplicação em outros ambientes, com características geológicas, geomorfológicas e pedológicas diferentes, afim de aferir sua praticidade e efetividade observadas para a bacia do córrego Pau D'algo e assim, validar tal metodologia.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACIOLY, C; DAVIDSON, F. **Densidade Urbana**: um instrumento de planejamento e gestão urbana. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Mauad X, 2011
- ADELI, Z; KHORSHIDDOUST, A. Application of geomorphology in urban planning: case study in landfill site selection. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, ELSEVIER, n. 19, p. 662 – 667. 2011. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811012985>>. Acesso em: 07 set. 2017.
- ALLEN, A. Environmental planning and management of the peri-urban interface: perspectives on an emerging field. **Environment and Urbanization**, n. 15, Apr. 2003
- ALMEIDA FILHO, G. S. **Diagnósticos de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru – SP**. 2000. 221 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas, 2000
- BARBOSA, C. **Planejamento Urbano Sustentável**: diretrizes de urbanização embasadas nas características geomorfológicas/pedológicas de vertentes. 2010. 123 f. Dissertação (mestrado em geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2010.
- BATEZELLI, A. et al. Análise estratigráfica aplicada à formação Araçatuba (Grupo Bauru – K3) no Centro-Oeste do estado de São Paulo. **Geociências**, São Paulo, v. 22, n. especial, p. 5-19, 2003
- BAURU. Lei municipal nº 5.631, 22 de Agosto de 2008. Prefeitura Municipal de Bauru, Bauru, SP. **Plano Diretor Participativo do Município de Bauru**. Disponível em: <<http://hotsite.bauru.sp.gov.br/planodiretor/lei.aspx>> Acesso em: 14 ago. 2013
- BAURU. Lei municipal nº 2339 de Fevereiro de 1982. **Prefeitura Municipal de Bauru**, Bauru, SP. Disponível em:
<http://www.bauru.sp.gov.br/arquivos2/sist_juridico/documentos/leis/lei2339.pdf> Acesso em: 07 set. 2017
- BAURU. **Primeiros tempo da nossa história**. Disponível em:
<http://www.bauru.sp.gov.br/arquivos/arquivos_site/publicacoes/Primeiros%20Tempos%20da%20Nossa%20Bauru.pdf> Acesso em: 10/08/2016.
- BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas**: Fundamentos, desenvolvimentos e aplicações. 5ª ed. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 2010
- BETARELLI JUNIOR, A. A; MONTE-MOR, R. L. de M; SIMÕES, R. F. Urbanização extensiva e o processo de interiorização do estado de São Paulo: Um enfoque contemporâneo. **R. B. Estudos Urbanos e Regionais**, v. 15, n. 12, p. 179 – 197, nov. 2013
- BRASIL. **Estatuto da Cidade**. Lei Federal nº 10.257 de 10 de Julho de 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm> acesso em: 10/04/2014

BRASIL. Lei nº 12.651, 25 de maio de 2012. Brasília, DF. **Código Florestal**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: 14 ago. 2013

BRASIL. Lei nº 6766, 19 de Dezembro de 1979. Brasília, DF. **Lei Lehmann** (Parcelamento do Solo Urbano. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm>. Acesso em: 14 ago. 2013

CAMARGO, O. A. de; et al. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Boletim Técnico 106. Campinas. 2009

CANATO, H. M. et al. Caracterização hidrográfica do aquífero adamantina na área urbana de Bauru, SP. **Ciências e Engenharia**, v. 23, n. 2, p. 39 – 47, jul – dez. 2014.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2º Ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2014

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Implicações: Fundamentos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988

CARVALHO, P. F; MENDES, I. A; ARRUDA, E; SIQUEIRA, M. C. Contribuição da Análise Geomorfológica para o Planejamento Urbano. In: CARVALHO, P. F.; BRAGA, R. (Org.). **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**, LPM, Deplan – IGCE – Unesp: Rio Claro, 2001. p. 55-65

CERON, A.O.; DINIZ, J.A.F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, ano 28, n. 2, p. 161 – 173, abr./jun. 1966.

CHORLEY, R. J. A geomorfologia e a teoria dos sistemas. **Notícias Geomorfológicas**. Campinas, v. 11, n. 21. 1971

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

_____. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008

COATES, D. R. Introduction. **Urban Geomorphology**. The Geological Society of America, Colorado - US, p. 1-6, 1976.

COOKE, R.U. Urban Geomorphology. **The Geographical Journal**, v.143, n. 1, mar. 1976, p. 59 - 65

CÔRREA, R. L. Sobre Agentes Sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. In.: Carlos, A. F. A. *et al.* **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2011

CRAIG, R. F. **Mecânica dos solos**. Tradução: Amir Kurban. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f.: il. + mapas. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

DE BIASI. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, n. 6, p. 45 – 60, 1992.

DETWYLER, T.R; MARCUS, M.G. **Urbanization and environment** : the physical geography of the city, Belmont: Duxbury, 1972

ESRI. **Weighted overlay**. 2016. Disponível em: <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/weighted-overlay.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

EMBRAPA. **Utilização do equipamento penetrômetro de cone para identificação dos níveis de compactação do solo**. Instruções Técnicas, n. 15, dez. 1998.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª ed. 2006

FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, UFPR, n. 55, p. 53-66, 2004.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998. 216 f. Tese (doutorado em geologia sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 717 – 728, dez. 2000.

FERREIRA, M. V.; TINOS, T. M.; PINTON, L. de G.; CUNHA, C. M. L. da. A dissecação horizontal como parâmetro morfométrico para avaliação do relevo: proposta de técnica digital automática. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 4, p. 585-600, out./dez. 2014.

FERREIRA, M. V.; TINOS, T. M.; PINTON, L. de G.; CUNHA, C. M. L. da. A cartografia da dissecação vertical para avaliação do relevo: proposta de técnica automática. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.67, p. 1231-1245, 2015

FONTES, N. **Proposta Metodológica para Planejamento de Sistemas de Espaços Livres: Ribeirão Preto – SP**. 194 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009

FUINI, L. L. A Abordagem Sistêmica e a Questão da Dicotomia Físico/Social na Ciência Geográfica. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. XV, n. 1, p. 45 – 51, jan. 2011

GOUDIE, A; VILES, H. **The Earth Transformed** – An Introduction to Human Impacts on the Environment. Oxford, Blackwell Publishers, 1997.

GUERRA, A. J. T.(org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2002, p.139-156

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2012

GUERRA, A. J. T; JORGE, M. do C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006

HANSEN, W. R. Geomorphic Constraints on Land Development in the Front Range Urban Corridor, Colorado. **Urban Geomorphology**. The Geological Society of America, Colorado - US, p. 85 – 110, 1976.

IBGE. **Manual técnico de uso da Terra**, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:<Ftp://geofpt.ibge.gov.br/documentos/recursosnaturais/usodaterra/manualusodaterra.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2009.

IBGE. **Manual técnico de uso da Terra**, 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2013.

IPT. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo - SP: IPT, 1981a (caderno 6)

_____. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1: 1.000.000. São Paulo - SP: IPT, 1981b (caderno 5)

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: Uma perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução (coord.) José Carlos Neves Epiphânio, et. al., 2ª ed. São José dos Campos: Parêntese, 2011

JORGE, M. do C. O. Geomorfologia Urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 117 – 142.

KHAREL, G. **Impacts of Urbanization on Environmental Resources: A Land Use Planning Perspective**. 2010. 58f. Dissertação (Master of City and Regional Planning) – The University of Texas, Arlington, 2010.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software SURFER**. DGA, IGCE – UNESP/ Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto didático 08, 21 pp. 2002. <disponível em: www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html> acesso em: Fev. de 2014

MACHADO, A. C. P. **Alterações morfológicas decorrentes da expansão urbana no setor Leste da cidade de Rio Claro (SP):** subsídios ao planejamento urbano. 2015. 172f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2015.

MATHIAS, D. T. **Proposta de Recuperação de áreas Peri-urbanas Erodidas com Base em Parâmetros Hidrológicos e Geomorfológicos:** córrego Tucuzinho (São Pedro/SP).128 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2011.

MATHIAS, D. T. **Contribuição metodológica para o diagnóstico da dinâmica erosiva linear e seu prognóstico evolutivo visando subsidiar projetos de recuperação.** 178 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista – Fac. C. Tecnol, Presidente Prudente, 2016

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana.** 2ªed. Petrópolis: Vozes. 2002

MENDES, I. A. **A dinâmica erosiva do escoamento pluvial na bacia do Córrego Lafon Araçatuba / SP.** 1993. 171 f.: il. + mapas. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 1993

MENDONÇA, F. Geografia Socioambiental. **Terra Livre**, São Paulo, n. 16, p. 139 – 158. 2001

MORAES, I. C. et al. Comparação de Metodologias na Definição de Fluxos Acumulados a Partir de Modelos Digitais de Elevação do Terreno Aplicado a Suscetibilidade de Inundação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2. Abr/jun, 2014, p. 223-235

MORETTI, R. de S. **Normas Urbanísticas para Habitação de Interesse Social:** recomendações para elaboração. 2ª Ed. São Paulo: IPT, 1997. V.1

MOROZ, I. C.; CANIL, K.; ROSS, J. L. S. Problemas Ambientais nas Áreas de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.7, p. 35-48, 1994.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente.** 4ª ed. Fortaleza: Abes, 2011

MUNHÓZ, E. R. **O uso e a ocupação do solo do município de Bauru – SP.** Rio Claro, SP, 1997.

NAIME, J. de M; FERRAZINI JUNIOR, J.; RABELLO, L. M. *et. al.* **Penetrômetro Dinâmico Automatizado** – Versão Eletrônica. Comunicado técnico 79, São Carlos, 2006

NIR, D. **Man, a geomorphological agent:** An Introduction to Anthropic Geomorphology. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983

PASCHOAL, L. G., CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologia para mapeamentos geomorfológicos: uma aplicação na área do

complexo argileiro de Santa Gertrudes/SP. *In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Recife, p:1-13.2010.

PELOGGIA, A. A. **O Homem e o Ambiente Geomorfológico**. São Paulo: Xamã, 1998

PENNA, N. A. Urbanização, Cidade e Meio Ambiente. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, N° 12, pp. XX, 2002.

PINTO, C. de S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antrópica na Definição de Unidades Espaciais de Planejamento Urbano: Exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 17, p. 101 – 111. 2005

RODRIGUES, C; GOUVEIA, I. C. M.-C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos em áreas urbanizadas do meio tropical úmido: exemplos na grande São Paulo. *In: GUERRA. A. J. T; JORGE, M. do C. O (Org.). Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 66 - 94

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto, 1990.

_____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p. 63-74, 1994

_____. Análise na Abordagem Geográfica Integrada da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.9, p.65-75, 1995

_____. **Geomorfologia e Geografia Aplicada a Gestão Territorial: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental**. 2001. 322f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – FFLCH, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2001.

_____. *Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental*. 1º reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2009

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1: 500.000. São Paulo – SP, 1997

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J. **Mudança textural abrupta**. (Agência Embrapa De Informação Tecnológica). Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_26_2212200611546.html>. Acesso em: 10 jan. 2016

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 3º ed. São Paulo: Hucitec, 1996

SANTOS, R. D. dos; et al. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SANTOS, L. J. C. e CASTRO, S.S. Lamelas (bandas onduladas) em Argissolo Vermelho-Amarelo como Indicadores da Evolução do Relevo: o Caso das Colinas Médias do Platô de Bauru (sp). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, n. 1 P. 46 – 64. 2006.

SANTOS FILHO, R. D. dos. Antropogeomorfologia Urbana. In: GUERRA, A. J. T.(org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011

SCHICK, A.P.; GRODEK, T.; WOLMAN, M.G. Hydrologic processes and geomorphic constraints on urbanization of alluvial fan slopes. **Geomorphology**, n. 31, p. 325-335, 1999

SCHVASBERG, B. Planejamento Urbano no Brasil pós-1988: panorama histórico e desafios contemporâneos. In.: FARIA, R. de; SCHVASBERG, B. **Políticas Urbanas e Regionais no Brasil**. 1º ed. Brasília: UnB – FAU, 2011 (16 – 32)

SILVEIRA, A. **Diagnóstico Ambiental do Setor Noroeste do Sítio Urbano de Piracicaba (SP): Uma Abordagem Geográfica**. 178 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009.

SILVEIRA, A. **Proposta metodológica para avaliação dos níveis de restrição do relevo ao uso urbano**. 183f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2013.

SPIRIDONOV, A.I. **Princípios de la metodología de las investigaciones de campo y el mapeo geomorfológico**. Havana: Universidad de la Havana, Facultad de Geografía, 1981. 3v.

SOTCHAVA, V.B. O Estudo de Geossistemas: Métodos em Questão, (16): 1-52, IG. USP, 1977

SOUZA, T. de A., OLIVEIRA, R. C. de. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**. Ed. Especial, v. 2 n. 4, p. 1348 – 1355, 2012

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 229-235, 1991

STOLF R. **Penetrômetro de Impacto Stolf- programa de manipulação de dados em Excel-VBA**. UFSCar, 2011.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia Física e Geomorfologia: tema para debate. **Revista da ANPEGE**, v. 5, p. 17 – 26. 2009

SUERTEGARAY, D. M. A; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 11-27. 2011

THOMAZINI, L. da S. **Análise da fragilidade Ambiental em área urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego do Castelo, Bauru (SP)**. 143f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2013.

THOMAZNI, L. da S.; LUPINACCI, C. M. Análise da dinâmica erosiva linear em área de expansão urbana: um recorte do Centro-Oeste Paulista, Brasil. In: **V Seminário Ibero Americano de Geografia Física**. Portugal, 2016.

TOLEDO, E. F. T. **Processos de emergência e consolidação de novos espaços industriais no estado de São Paulo**: ações de agentes locais e externos e transformações geográficas ocorridas nos municípios mais industrializados da região administrativa de Bauru. 2013. 239f. Tese (Doutorado em geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2013.

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

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBEG – SUPREN, 1977

TRIMBLE, S. W. Contribution of Stream Channel Erosion to Sediment Yield from an Urbanizing Watershed. **SCIENCE**, v. 278, p. 1442-1444, nov. 1997

TUCCI, C. E. M. Aspectos Institucionais do controle das inundações urbanas. In: **I Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste**, 1999, Brasília.

TUCCI, C. E. M; MARQUES, D. L. da M. **Avaliação e controle de drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos**. EDUSP, 1977

VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van ITC System of geomorphological survey. Netherlands, **Manuel ITC Textbook**, v. VII, Chapter VII, 1975

WHITE, R. R. **Urban Environment Management: Environmental Change and Urban Design**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, 1994

YERMOLAEV, O. P.; SELIVANOV, R. N. The Use of Automated Geomorphological Clustering for Purposes of Urban Planning (The Example of the City of Kazan). **World Applied Sciences Journal**, Kazan, v. 30, n. 11, p. 1648-1655, 2014

ZACHARIAS, A. A. **Metodologias convencionais e digitais para a elaboração de cartas morfométricas do relevo**. 2001. 166 f.: il. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2001.

ZANATTA, F. A. S. **Diagnóstico visando planejamento ambiental da alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP)**. 2014. 140f. Dissertação (Mestrado em geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2014.

ZHANG, H.; MA, W.; WANG, X. Rapid Urbanization and Implications for Flood Risk Management in Hinterland of the Pearl River Delta, China: The Foshan Study. **Sensors**, n. 8, p. 2223-2239, 2008

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

APÊNDICE A – DADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Ponto de Coleta				
Data coleta	1			
Localização	698630; 7536263			
Altitude (m)	596			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1295	1296	1297	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	34,8700	31,4220	30,4920
	Areia Fina (%)	43,0570	45,0880	45,0330
	Argila(%)	17,3000	17,0500	17,3000
	Silte (%)	4,7730	6,4400	7,1750
Rel. Textural	franco arenosa	franco arenosa	franco arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,986			
areia total	77,927	76,510	75,525	

Ponto de Coleta				
Data coleta	2			
Localização	698617; 7536482			
Altitude (m)	587			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1298	1299	1300	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	38,5330	33,2270	32,6040
	Areia Fina (%)	44,8960	43,1000	45,2950
	Argila(%)	12,8000	16,8500	16,2500
	Silte (%)	3,7710	6,8230	5,8510
Rel. Textural	Areia-Franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,316			
areia total	83,429	76,327	77,899	

Ponto de Coleta				
Data coleta	3			
Localização	698713;7536642			
Altitude (m)	570			
Profundidade (cm)	40	120		
número laboratório	1301	1302		
Análise Textural	Areia Grossa (%)	52,8520	54,9810	
	Areia Fina (%)	43,0350	39,2400	
	Argila(%)	1,3000	0,5000	
	Silte (%)	2,8130	5,2790	
Rel. Textural	areia	areia		
Relação Textural (B/A)	0,385			
areia total	95,887	94,221		

Ponto de Coleta				
Data coleta	4			
Localização	698382; 7536833			
Altitude (m)	566			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1303	1304	1305	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	23,2550	21,9730	20,7540
	Areia Fina (%)	50,3180	53,9040	55,4580
	Argila(%)	17,4000	16,2500	16,5000
	Silte (%)	9,0270	7,8730	7,2880
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,934			
areia total	73,573	75,877	76,212	

Ponto de Coleta				
Data coleta	5			
Localização	698369; 7537010			
Altitude (m)	561			
Profundidade (cm)	40	150	250	
número laboratório	1306	1307	1308	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	24,3300	18,9080	12,9660
	Areia Fina (%)	63,9830	48,9400	66,8980
	Argila(%)	5,5000	22,0000	7,7000
	Silte (%)	6,1870	10,1520	12,4360
Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Areia-franca	
Relação Textural (B/A)	4,000			
areia total	88,313	67,848	79,864	

Ponto de Coleta				
Data coleta	6			
Localização	698033; 7536766			
Altitude (m)	574			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1309	1310	1311	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	24,0010	21,5740	19,8510
	Areia Fina (%)	49,4480	52,2410	53,8090
	Argila(%)	17,1500	17,8000	17,2000
	Silte (%)	9,4010	8,3850	9,1400
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,038			
areia total	73,449	73,815	73,660	

Ponto de Coleta				
Data coleta	7			
Localização	697941; 7536440			
Altitude (m)	569			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	13012	1313	1314	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	26,0540	23,9360	21,0180
	Areia Fina (%)	49,6920	50,1160	50,4470
	Argila(%)	17,8500	19,0000	20,0500
	Silte (%)	6,4040	6,9480	8,4850
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,064			
areia total	75,746	74,052	71,465	

Ponto de Coleta				
Data coleta	8			
Localização	697767; 7536870			
Altitude (m)	564			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1315	1316	1317	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	24,8870	24,1790	23,7040
	Areia Fina (%)	50,1880	55,9750	55,4090
	Argila(%)	17,9500	14,0500	13,2000
	Silte (%)	6,9750	5,7970	7,6870
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,783			
areia total	75,075	80,154	79,113	

Ponto de Coleta				
Data coleta	9			
Localização	697837; 7536683			
Altitude (m)	559			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1318	1319	1320	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	50,2240	58,1140	48,2430
	Areia Fina (%)	41,2310	34,3800	32,1120
	Argila(%)	4,9000	4,4000	14,7500
	Silte (%)	3,6450	3,1060	4,8950
Rel. Textural	Areia	Areia	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,898			
areia total	91,455	92,494	80,355	

Ponto de Coleta				
Data coleta	10			
Localização	697637; 7536363			
Altitude (m)	568			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1321	1322	1323	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	34,1180	28,6830	28,9270
	Areia Fina (%)	54,9210	51,3620	52,5630
	Argila(%)	6,6000	14,3000	13,5500
	Silte (%)	4,3610	5,6550	4,9600
Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	2,167			
areia total	89,039	80,045	81,490	

Ponto de Coleta	11			
Data coleta	25/01/2016			
Localização	697494; 7536211			
Altitude (m)	537			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1324	1325	1326	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	27,8890	27,0620	23,6470
	Areia Fina (%)	58,5500	48,4140	53,2430
	Argila(%)	8,1000	16,0500	15,6500
	Silte (%)	5,4600	8,4740	7,4600
	Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,981			
areia total	86,439	75,476	76,890	

Ponto de Coleta	12			
Data coleta	26/01/2016			
Localização	697329; 7536402			
Altitude (m)	543			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1327	1328	1329	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	27,4370	21,8380	16,0540
	Areia Fina (%)	57,4250	53,9320	38,9080
	Argila(%)	9,0000	15,5500	20,7500
	Silte (%)	6,1380	8,6800	24,2880
	Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,728		2,306	
areia total	84,862	75,770	54,962	

Ponto de Coleta	13			
Data coleta	21/01/2016			
características	média vertente			
Localização	697311; 7537038			
Altitude (m)	545			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1330	1331	1332	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	33,2620	30,1380	30,1310
	Areia Fina (%)	45,2640	50,5680	52,5280
	Argila(%)	15,4000	19,0000	13,3500
	Silte (%)	6,0740	0,2940	3,9910
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,234			
areia total	78,526	80,706	82,659	

Ponto de Coleta	14			
Data coleta	21/01/2016			
características	baixa vertente			
Localização	697122; 7536862			
Altitude (m)	523			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1333	1334	1335	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	22,9320	20,2500	18,9360
	Areia Fina (%)	64,8240	56,5860	58,9860
	Argila(%)	6,1000	16,9000	15,0000
	Silte (%)	6,1440	6,2640	7,0780
	Rel. Textural	Areia/Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	2,770			
areia total	87,756	76,836	77,922	

Ponto de Coleta	15		
Data coleta	26/01/2016		
características	baixa vertente		
Localização	697194; 7536511		
Altitude (m)	522		
Profundidade (cm)	40	150	
número laboratório	1336	1337	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	18,1630	29,0400
	Areia Fina (%)	66,3710	55,6500
	Argila(%)	6,1500	6,8000
	Silte (%)	9,3160	8,5100
	Rel. Textural	Areia-franca	Areia
Relação Textural (B/A)	1,106		
areia total	84,534	84,690	

Ponto de Coleta	16			
Data coleta	01/02/2016			
características	topo			
Localização	697377; 7357298			
Altitude (m)	545			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1338	1339	1340	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	26,3160	23,5760	23,2180
	Areia Fina (%)	61,1990	54,6140	56,4690
	Argila(%)	5,9500	13,9500	12,3000
	Silte (%)	6,5350	7,8600	8,0130
	Rel. Textural	Areia/Areia-franca	Franco-arenosa	Areia-franca/Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	2,345			
areia total	87,515	78,190	79,687	

Ponto de Coleta	17			
Data coleta	01/02/2016			
características	alta/média vertente			
Localização	697190; 7537281			
Altitude (m)	541			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1341	1342	1343	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	24,8580	24,2390	23,7520
	Areia Fina (%)	51,5550	55,6030	54,9420
	Argila(%)	17,7000	14,4500	13,6000
	Silte (%)	5,8870	5,7080	7,7060
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	0,816			
areia total	76,413	79,842	78,694	

Ponto de Coleta	18			
Data coleta	01/02/2016			
características	baixa vertente; limite afloramento de			
Localização	697377; 7357298			
Altitude (m)	511			
Profundidade (cm)	40	100	150	
número laboratório	1344	1345	1346	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	22,7530	21,4920	19,9380
	Areia Fina (%)	66,5610	49,9660	49,7320
	Argila(%)	4,7500	21,5500	11,7000
	Silte (%)	5,9360	6,9920	18,6300
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Areia-franca
Relação Textural (B/A)	4,537			
areia total	89,314	71,458	69,670	

Ponto de Coleta	19			
Data coleta	10/02/2016			
características	baixa vertente			
Localização	696930; 7537663			
Altitude (m)	511			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1347	1348	1349	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	30,3150	18,2890	31,4440
	Areia Fina (%)	57,2050	47,4590	45,0130
	Argila(%)	7,3500	23,0000	20,9000
	Silte (%)	5,1300	11,2520	2,6430
Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	3,129			
areia total	87,520	65,748	76,457	

Ponto de Coleta	20			
Data coleta	02/02/2016			
características	alta vertente			
Localização	696788; 7538060			
Altitude (m)	501			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1350	1351	1352	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	21,1290	19,1480	20,0170
	Areia Fina (%)	59,0450	58,5080	58,4720
	Argila(%)	12,9000	15,3500	13,8500
	Silte (%)	6,9260	6,9940	7,6610
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,190			
areia total	80,174	77,656	78,489	

Ponto de Coleta	21				
Data coleta	02/01/2016				
características	média vertente				
Localização	696946; 7538006				
Altitude (m)	527				
Profundidade (cm)	40	150	250	300	
número laboratório	1353	1354	1355	1356	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	23,8110	9,8220	17,4450	31,8230
	Areia Fina (%)	57,7620	33,5400	69,7810	44,1800
	Argila(%)	10,1500	27,8500	5,2500	14,5500
	Silte (%)	8,2270	28,7880	7,5240	9,4470
Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Areia	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	2,744				
areia total	81,573	43,362	87,226	76,003	

Ponto de Coleta	22			
Data coleta	05/02/2016			
características	baixa vertente			
Localização	697344; 7537837			
Altitude (m)	506			
Profundidade (cm)	40	150	260	
número laboratório	1357	1358	1359	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	30,8680	7,2640	22,0720
	Areia Fina (%)	46,0400	69,6830	53,5100
	Argila(%)	17,4500	13,0500	17,2000
	Silte (%)	5,6420	10,0030	7,2180
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,748			
areia total	76,908	76,947	75,582	

Ponto de Coleta	23			
Data coleta	05/01/2016			
características	baixa vertente			
Localização	697456; 7537664			
Altitude (m)	527			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1360	1361	1362	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	22,1030	19,6980	27,0690
	Areia Fina (%)	60,6290	54,8160	51,6950
	Argila(%)	10,8500	18,2000	14,7000
	Silte (%)	6,4180	7,2860	6,5360
Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,677			
areia total	82,732	74,514	78,764	

Ponto de Coleta	24			
Data coleta	05/01/2016			
características	baixa vertente			
Localização	697650; 7537507			
Altitude (m)	519			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1363	1364	1365	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	17,1540	14,6110	19,9030
	Areia Fina (%)	68,1990	53,0330	64,4740
	Argila(%)	8,1000	21,6500	11,5500
	Silte (%)	6,5470	10,7060	4,0730
Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Areia-franca	
Relação Textural (B/A)	2,673			
areia total	85,353	67,644	84,377	

Ponto de Coleta	25			
Data coleta	09/02/2016			
características	baixa vertente			
Localização	698039; 7537202			
Altitude (m)	539			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1366	1367	1368	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	23,3440	12,6350	25,8530
	Areia Fina (%)	52,2040	47,3920	64,6470
	Argila(%)	15,3000	15,6500	6,2000
	Silte (%)	9,1520	24,3230	3,3000
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Areia	
Relação Textural (B/A)	1,023			
areia total	75,548	60,027	90,500	

Ponto de Coleta	26			
Data coleta	08/01/2016			
características	baixa vertente			
Localização	698974; 7536594			
Altitude (m)	583			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1369	1370	1371	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	29,7290	30,0110	30,7410
	Areia Fina (%)	43,5890	45,6080	46,1000
	Argila(%)	19,4500	16,5500	16,5500
	Silte (%)	7,2320	7,8310	6,6090
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,851			
areia total	73,318	75,619	76,841	

Ponto de Coleta	27			
Data coleta	08/01/2016			
características	média vertente			
Localização	699325; 7536386			
Altitude (m)	606			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1372	1373	1374	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	40,8000	37,9190	35,4080
	Areia Fina (%)	37,2250	39,0080	42,7500
	Argila(%)	15,7000	16,9000	15,7500
	Silte (%)	6,2750	6,1730	6,0920
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,076			
areia total	78,025	76,927	78,158	

Ponto de Coleta	28			
Data coleta	08/01/2016			
características	topo			
Localização	699506; 7536035			
Altitude (m)	617			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1375	1376	1377	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	46,3670	39,6060	38,5180
	Areia Fina (%)	36,3390	37,5940	36,3980
	Argila(%)	12,6500	16,0000	17,8000
	Silte (%)	4,6440	6,8000	7,2840
	Rel. Textural	Areia-franca/Fran	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,265			
areia total	82,706	77,200	74,916	

Ponto de Coleta	29			
Data coleta	09/02/2016			
características	baixa vertente			
Localização	698317; 7535722			
Altitude (m)	572			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1378	1379	1380	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	32,9600	26,9350	26,7220
	Areia Fina (%)	49,3070	48,3780	52,6010
	Argila(%)	10,3000	17,3000	10,7500
	Silte (%)	7,4330	7,3870	9,9270
	Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Areia-franca
Relação Textural (B/A)	1,680			
areia total	82,267	75,313	79,323	

Ponto de Coleta	30			
Data coleta	09/02/2016			
características	baixa vertente			
Localização	698018; 7535738			
Altitude (m)	561			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1381	1382	1383	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	26,2640	20,4760	25,4270
	Areia Fina (%)	64,9290	51,9540	51,9790
	Argila(%)	3,4000	18,7500	9,0000
	Silte (%)	5,4070	8,8200	13,5940
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Areia-franca
Relação Textural (B/A)	5,515			
areia total	91,193	72,430	77,406	

Ponto de Coleta	31			
Data coleta	09/02/2016			
características	baixa vertente			
Localização	697785; 7536065			
Altitude (m)	551			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1384	1385	1386	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	33,8980	24,6290	23,9220
	Areia Fina (%)	58,8940	47,7220	55,6310
	Argila(%)	3,1500	20,3500	14,4000
	Silte (%)	4,0580	7,2990	6,0470
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	6,460			
areia total	92,792	72,351	79,553	

Ponto de Coleta	32			
Data coleta	15/04/2016			
características	baixa vertente; lençol a 3m			
Localização	698736; 7537043			
Altitude (m)	566			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1501	1502	1503	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	43,0580	42,7720	46,1290
	Areia Fina (%)	50,6380	42,2990	43,3990
	Argila(%)	4,1500	11,5500	7,8500
	Silte (%)	2,1540	3,3790	2,6220
	Rel. Textural	Areia	Areia-franca	Areia-franca
Relação Textural (B/A)	2,783			
areia total	93,696	85,071	89,528	

Ponto de Coleta	33			
Data coleta	15/04/2016			
características	média vertente			
Localização	698872; 7537066			
Altitude (m)	581			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1504	1505	1506	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	34,7540	35,7410	34,4050
	Areia Fina (%)	44,4250	44,7540	46,6420
	Argila(%)	16,6500	15,2000	15,0000
	Silte (%)	4,1710	4,3050	3,9530
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	0,913			
areia total	79,179	80,495	81,047	

Ponto de Coleta	34			
Data coleta	15/04/2016			
características	alta vertente			
Localização	698865; 7537067			
Altitude (m)	593			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1507	1508	1509	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	32,3880	31,7050	27,9060
	Areia Fina (%)	43,4480	44,6230	47,6670
	Argila(%)	18,1000	17,2000	17,5000
	Silte (%)	6,0640	6,4720	6,9270
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	0,950			
areia total	75,836	76,328	75,573	

Ponto de Coleta	35			
Data coleta	15/04/2016			
características	topo; mato alto			
Localização	698159; 7538161			
Altitude (m)	541			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1510	1511	1512	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	19,3576	22,8990	21,1110
	Areia Fina (%)	50,4470	55,0840	57,6180
	Argila(%)	23,9500	17,0500	16,4500
	Silte (%)	6,0270	4,9670	4,8210
	Rel. Textural	Franco-argiloarenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	0,712			
areia total	69,805	77,983	78,729	

Ponto de Coleta	36			
Data coleta	15/04/2016			
características	média vertente			
Localização	698159; 7538163			
Altitude (m)	533			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1513	1514	1515	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	23,0960	20,4080	19,3540
	Areia Fina (%)	55,4600	57,8250	59,6000
	Argila(%)	15,7000	16,1500	15,2500
	Silte (%)	5,7440	5,6170	5,7960
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,029			
areia total	78,556	78,233	78,954	

Ponto de Coleta	37			
Data coleta	15/04/2016			
características	baixa vertente; lençol nos 3m			
Localização	697627; 7538236			
Altitude (m)	510			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1516	1517	1518	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	17,1730	16,1690	14,6210
	Areia Fina (%)	56,2250	56,1920	65,7990
	Argila(%)	19,7000	21,5000	14,6000
	Silte (%)	6,9020	6,1390	4,9800
	Rel. Textural	Franco-arenosa/ Franco-	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,091			
areia total	73,398	72,361	80,420	

Ponto de Coleta	38			
Data coleta	18/04/2016			
características	baixa vertente; lençol a 2,5m			
Localização	696295; 7538779			
Altitude (m)	491			
Profundidade (cm)	40	150	250	
número laboratório	1519	1520	1521	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	36,8920	24,6900	20,7100
	Areia Fina (%)	54,9620	47,9270	53,2090
	Argila(%)	5,0500	23,5000	19,5500
	Silte (%)	3,1320	3,8830	6,5310
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	4,653			
areia total	91,854	72,617	73,919	

Ponto de Coleta	39			
Data coleta	18/04/2016			
características	média vertente			
Localização	696315; 7538806			
Altitude (m)	494			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1522	1523	1524	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	16,8690	18,4520	17,9020
	Areia Fina (%)	52,7690	57,4450	60,1210
	Argila(%)	24,1500	17,7500	17,5500
	Silte (%)	6,2120	6,3530	4,4270
	Rel. Textural	Franco-argiloarenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	0,735			
areia total	69,638	75,897	78,023	

Ponto de Coleta	40			
Data coleta	18/04/2016			
características	alta vertente			
Localização	696316; 7538851			
Altitude (m)	510			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1525	1526	1527	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	18,9130	18,3090	15,5270
	Areia Fina (%)	59,0750	59,1210	60,4790
	Argila(%)	17,9500	18,3000	18,7500
	Silte (%)	4,0620	4,2700	5,2440
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,019			
areia total	77,988	77,430	76,006	

Ponto de Coleta	41			
Data coleta	18/04/2016			
características	baixa vertente; lençol a 3m			
Localização	696869; 7536444			
Altitude (m)	478			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1528	1529	1530	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	25,3360	19,2710	17,6200
	Areia Fina (%)	65,0960	55,5770	59,5000
	Argila(%)	6,7000	20,6000	18,5500
	Silte (%)	2,8680	4,5520	4,3300
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	3,075			
areia total	90,432	74,848	77,120	

Ponto de Coleta	42			
Data coleta	18/04/2016			
características	média vertente			
Localização	696020; 7538781			
Altitude (m)	515			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1531	1532	1333	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	21,9320	17,7240	17,9240
	Areia Fina (%)	58,7480	59,6700	60,2600
	Argila(%)	16,4500	19,7000	17,3000
	Silte (%)	2,8700	2,9060	4,5160
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,198			
areia total	80,680	77,394	78,184	

Ponto de Coleta	43			
Data coleta	18/04/2016			
características	alta vertente			
Localização	696022; 7538491			
Altitude (m)	516			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1534	1535	1536	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	19,5910	21,5420	19,2501
	Areia Fina (%)	61,3000	58,6510	61,2190
	Argila(%)	15,5000	16,0000	15,9500
	Silte (%)	3,6090	3,8070	3,6300
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,032			
areia total	80,891	80,193	80,469	

Ponto de Coleta	44			
Data coleta	19/04/2016			
características	baixa vertente; lençol a 2m			
Localização	696404; 7538260			
Altitude (m)	484			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1537	1538	1539	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	25,9160	22,5360	19,9990
	Areia Fina (%)	61,8070	53,2140	51,9930
	Argila(%)	8,5500	18,2000	19,5500
	Silte (%)	3,7270	6,0500	8,4580
Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	2,129			
areia total	87,723	75,750	71,992	

Ponto de Coleta	45			
Data coleta	19/04/2016			
características	baixa vertente, lençol a 50cm			
Localização	696128; 7537887			
Altitude (m)	520			
Profundidade (cm)	40	150	250	
número laboratório	1540	1541	1542	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	23,8490	20,8420	18,5750
	Areia Fina (%)	70,9330	59,1080	64,7550
	Argila(%)	2,7500	13,5000	13,5000
	Silte (%)	2,4680	6,5500	3,1700
Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	4,909			
areia total	94,782	79,950	83,330	

Ponto de Coleta	46			
Data coleta	19/04/2016			
características	alta vertente			
Localização	696130; 7537892			
Altitude (m)	534			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1543	1544	1545	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	26,4740	27,9120	27,3880
	Areia Fina (%)	53,8390	53,9400	54,0980
	Argila(%)	16,7500	15,6000	15,7500
	Silte (%)	2,9370	2,5480	2,7640
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,931			
areia total	80,313	81,852	81,486	

Ponto de Coleta	47			
Data coleta	18/04/2016			
características	baixa vertente			
Localização	696671; 7531468			
Altitude (m)	523			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1546	1547	1548	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	21,0130	20,5350	20,0990
	Areia Fina (%)	62,4700	59,8990	60,8880
	Argila(%)	13,0500	15,9500	15,4000
	Silte (%)	3,4670	3,6160	3,6130
Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,222			
areia total	83,483	80,434	80,987	

Ponto de Coleta	48			
Data coleta	19/04/2016			
características	média vertente			
Localização	696598; 7537230			
Altitude (m)	534			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1549	1550	1551	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	20,7540	19,8150	18,8120
	Areia Fina (%)	54,1420	56,4470	56,5660
	Argila(%)	20,5500	19,3000	19,3500
	Silte (%)	4,5540	4,4380	5,2720
Rel. Textural	Franco-argiloarenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	0,939			
areia total	74,896	76,262	75,378	

Ponto de Coleta	49			
Data coleta	19/04/2016			
características	topo			
Localização	696046; 7537248			
Altitude (m)	544			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1552	1553	1554	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	24,0260	22,9680	20,2910
	Areia Fina (%)	58,0840	57,7510	60,7840
	Argila(%)	14,2000	15,6500	15,6000
	Silte (%)	3,6900	3,6310	3,3250
Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	1,102			
areia total	82,110	80,719	81,075	

Ponto de Coleta	50			
Data coleta	21/04/2016			
características	baixa vertente			
Localização	696913; 7536382			
Altitude (m)	529			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1555	1556	1557	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	24,2150	19,3060	17,1400
	Areia Fina (%)	63,3460	53,2300	58,0180
	Argila(%)	5,2500	22,0500	18,4500
	Silte (%)	5,1890	5,4140	6,3920
Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa	
Relação Textural (B/A)	4,200			
areia total	87,561	72,536	75,158	

Ponto de Coleta	51			
Data coleta	21/04/2016			
características	média vertente			
Localização	696706; 7536377			
Altitude (m)	542			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1558	1559	1560	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	29,1780	16,4180	16,0080
	Areia Fina (%)	64,2200	55,4600	60,3500
	Argila(%)	4,6000	21,7500	17,4500
	Silte (%)	2,0020	6,3720	6,1920
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	4,728			
areia total	93,398	71,878	76,358	

Ponto de Coleta	52			
Data coleta	21/04/2016			
características	topo			
Localização	696038; 7536233			
Altitude (m)	572			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1561	1562	1563	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	34,6160	30,8010	29,9700
	Areia Fina (%)	49,4150	46,1760	46,5650
	Argila(%)	11,2500	17,7500	18,2500
	Silte (%)	4,7190	5,2730	5,2150
	Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,578		1,622	
areia total	84,031	76,977	76,535	

Ponto de Coleta	53		
Data coleta	29/04/2016		
características	baixa vert.; rocha a 1m		
Localização	696879; 7536142		
Altitude (m)	524		
Profundidade (cm)	40	120	
número laboratório	1564	1565	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	25,0940	25,1560
	Areia Fina (%)	66,8210	44,1710
	Argila(%)	3,1000	13,1000
	Silte (%)	4,9850	17,5730
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	4,226		
areia total	91,915	69,327	

Ponto de Coleta	54			
Data coleta	29/04/2016			
características	média vertente			
Localização	696537; 7535831			
Altitude (m)	558			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1566	1567	1568	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	26,3190	21,4910	22,4810
	Areia Fina (%)	62,6600	53,7050	53,5800
	Argila(%)	6,6500	19,0000	16,9000
	Silte (%)	4,3710	5,8040	7,0390
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	2,857			
areia total	88,979	75,196	76,061	

Ponto de Coleta	55			
Data coleta	29/04/2016			
características	alta vertente			
Localização	696365; 7535871			
Altitude (m)	577			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1569	1570	1571	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	31,7530	23,6530	22,5370
	Areia Fina (%)	58,1850	46,7020	49,9860
	Argila(%)	4,5000	23,0500	19,7500
	Silte (%)	5,5620	6,5950	7,7270
	Rel. Textural	Areia	Franco-arenosa	Franco-arenos/argil oarenosa
Relação Textural (B/A)	5,122			
areia total	89,938	70,355	72,523	

Ponto de Coleta	56			
Data coleta	29/04/2016			
características	alta vertente			
Localização	697107; 7535916			
Altitude (m)	553			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1572	1573	1574	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	30,4310	25,0590	21,7750
	Areia Fina (%)	57,8010	51,9560	56,1560
	Argila(%)	7,8000	17,9500	16,5000
	Silte (%)	3,9680	5,0350	5,5690
	Rel. Textural	Areia-franca	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	2,301			
areia total	88,232	77,015	77,931	

Ponto de Coleta	57			
Data coleta	29/04/2016			
características	média/alta vertente			
Localização	697387; 7535542			
Altitude (m)	600			
Profundidade (cm)	40	150	300	
número laboratório	1575	1576	1577	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	32,1830	29,4680	29,4510
	Areia Fina (%)	49,3780	46,7190	48,9730
	Argila(%)	13,7500	19,0000	16,5500
	Silte (%)	4,6890	4,8130	5,0260
	Rel. Textural	Franco-arenosa	Franco-arenosa	Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	1,382			
areia total	81,5610	76,1870	78,4240	

Ponto de Coleta	58			
Data coleta	29/04/2016			
características	baixa vertente; rocha a 2m			
Localização	696868; 7535208			
Altitude (m)	575			
Profundidade (cm)	40	150	200	
número laboratório	1578	1579	1580	
Análise Textural	Areia Grossa (%)	20,4780	20,3520	31,0540
	Areia Fina (%)	45,1610	51,2320	51,0870
	Argila(%)	23,8500	17,4500	11,7500
	Silte (%)	10,5110	10,9660	6,1090
	Rel. Textural	Franco-argiloarenosa	Franco-arenosa	Areia-franca/Franco-arenosa
Relação Textural (B/A)	0,732			
areia total	65,6390	71,5840	82,1410	

APÊNDICE B – DADOS DOS PONTOS AMOSTRADOS

Pontos de coleta	Localização dos Pontos amostrados		Taxas de infiltração (cm ³ /min.)		Taxas de Resistência (Mpa)	Relação Textural
	X	Y	Média Inverno	Média Verão	Entre 10cm e 20 cm	Horizontes A/B
1	698630,000	7536263,000	34,1304	16,0204	2,08	0,986
2	698617,000	7536482,000	39,2500	33,6910	1,76	1,316
3	698713,000	7536642,000	51,6447	5,6976	1,48	0,385
4	698382,000	7536833,000	29,0741	24,5313	1,86	0,934
5	698369,000	7537010,000	98,1250	34,1304	1,52	4,000
6	698033,000	7536766,000	145,3704	4,8724	2,30	1,038
7	697941,000	7536440,000	35,6818	37,3810	2,53	1,064
8	697767,000	7536870,000	83,5106	43,5869	1,48	0,783
9	697837,000	7536683,000	13,8683	94,8068	2,19	3,352
10	697637,000	7536363,000	51,6447	28,0357	3,22	2,167
11	697494,000	7536211,000	109,0278	130,8333	2,17	1,981
12	697329,000	7536402,000	24,3034	22,3202	2,37	1,728
13	697311,000	7537038,000	64,0816	43,3702	2,01	1,234
14	697122,000	7536862,000	15,0962	10,1948	2,15	2,770
15	697194,000	7536511,000	6,0557	7,2893	1,23	1,106
16	697377,000	7537298,000	70,4036	71,3636	1,53	2,345
17	697190,000	7537281,000	37,3810	11,0563	1,59	0,816
18	696952,000	7537313,000	4,1867	4,9343	2,28	4,537
19	696930,000	7537663,000	25,9050	78,5000	1,23	3,129
20	696788,000	7538060,000	56,0714	56,0714	1,50	1,190
21	696946,000	7538006,000	18,8400	3,0092	2,24	2,744
22	697344,000	7537837,000	42,4324	8,1640	1,17	0,748
23	697456,000	7537664,000	51,8152	37,3810	0,86	1,677
24	697650,000	7537507,000	20,4961	1,9625	2,02	2,673
25	698039,000	7537202,000	43,6111	109,7902	2,14	1,023
26	698974,000	7536594,000	25,3226	1,0467	1,60	0,851
27	699325,000	7536386,000	49,0625	8,4780	1,74	1,076
28	699506,000	7536035,000	64,3443	3,7680	2,73	1,265
29	698317,000	7535722,000	13,1488	41,3158	0,96	1,680
30	698018,000	7535738,000	52,3333	32,7083	1,80	5,515
31	697785,000	7536065,000	46,1765	23,7879	1,46	6,460
32	698736,000	7537043,000	26,0365	123,2339	2,75	2,783
33	698872,000	7537066,000	98,1250	78,5000	4,81	0,913
34	698942,000	7537361,000	23,7879	39,2500	7,46	0,950
35	698159,000	7538163,000	92,8994	261,6667	3,75	0,712
36	697697,000	7538119,000	22,7650	52,3333	2,62	1,029
37	697318,000	7538122,000	124,6032	227,5362	1,46	1,091
38	696295,000	7538779,000	152,4272	10,1178	2,80	4,653
39	696323,000	7538858,000	64,8760	49,0625	3,10	0,735
40	696389,000	7538868,000	43,2507	12,0554	3,15	1,019
41	696027,000	7538782,000	59,4697	65,4167	9,98	3,075
42	696022,000	7538499,000	178,4091	341,3043	3,36	1,198
43	696024,000	7538181,000	68,2609	65,4167	8,08	1,032
44	696421,000	7538369,000	8,1117	10,4013	10,38	2,129
45	696143,000	7537890,000	27,0825	130,8333	2,63	4,909
46	695846,000	7537669,000	46,1765	78,5000	4,23	0,931
47	696584,000	7537165,000	21,0738	19,1463	5,67	1,222
48	696454,000	7537166,000	20,6579	37,3810	7,69	0,939
49	696046,000	7537248,000	54,8951	78,5000	5,57	1,102
50	696913,000	7536382,000	74,7619	60,3846	6,66	4,200
51	696706,000	7536377,000	63,5113	87,2222	1,60	4,728
52	696038,000	7536233,000	59,4697	56,0714	12,96	1,578
53	696879,000	7536142,000	16,6813	26,1667	1,40	4,226
54	696537,000	7535831,000	19,0534	5,8875	2,14	2,857
55	696365,000	7535871,000	39,2500	39,2500	1,60	5,122
56	697107,000	7535916,000	22,4286	32,7083	1,98	2,301
57	697387,000	7535542,000	70,0893	78,5000	1,47	1,382
58	696864,000	7535232,000	21,1022	31,4000	1,91	0,732