

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

MARISA VIANNA MESQUITA

“DEGRADAÇÃO DO MEIO FÍSICO EM LOTEAMENTOS NOS
BAIRROS INVERNADA, FORTALEZA E ÁGUA AZUL, COMO
ESTUDOS DE CASOS DA EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE
GUARULHOS (SP)”

RIO CLARO (SP)
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

MARISA VIANNA MESQUITA

“DEGRADAÇÃO DO MEIO FÍSICO EM LOTEAMENTOS NOS
BAIRROS INVERNADA, FORTALEZA E ÁGUA AZUL, COMO
ESTUDOS DE CASOS DA EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE
GUARULHOS (SP)”

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Dr. Antonio Roberto Saad
Co-Orientador: Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira

RIO CLARO (SP)
2011

Mesquita, Marisa Vianna

Degradação do meio físico em loteamentos nos bairros Invernada, Fortaleza e Água Azul, como estudos de casos da expansão urbana no Município de Guarulhos (SP) / Marisa Vianna Mesquita.- Rio Claro : [s.n.], 2011
146 f.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Dr. Antonio Roberto Saad
Co-orientador: Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira

1. Degradação Ambiental. 2. Uso e Ocupação do solo.
3. Processos erosivos. 4. Município de Guarulhos.

MARISA VIANNA MESQUITA

“DEGRADAÇÃO DO MEIO FÍSICO EM LOTEAMENTOS NOS
BAIRROS INVERNADA, FORTALEZA E ÁGUA AZUL, COMO
ESTUDOS DE CASOS DA EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE
GUARULHOS (SP)”

Comissão Examinadora:

Dr. Antonio Roberto Saad
(IGCE/UNESP/Rio Claro e UnG/SP)

Dr. José Eduardo Zaine
(IGCE/UNESP/Rio Claro)

Dr. Eduardo Soares de Macedo
(IPT/SP)

Dr. Claudio José Ferreira
(CGMA/IG/SP)

Dr. Marcio Roberto Magalhães de Andrade
(UnG/SP)

Rio Claro, 19 de agosto de 2011

*“Dedico a duas grandes pessoas:
Prof. Dr Vicente José Fulfaro, uma pessoa
que transbordava cultura e conhecimento
e ao amigo Dr. Rafael Gioia Martins-Neto que
sempre soube despertar o gosto pela pesquisa.
Ambos sempre acreditaram no
ser humano e onde estiverem, saibam,
deixam muitas saudades”.*

*“Cada segundo é tempo para mudar
tudo para sempre”.*
(Charles Chaplin)

AGRADECIMENTOS

Ao longo dessa pesquisa, muitas pessoas e instituições se disponibilizaram em auxiliar, no qual, oferto aqui os meus mais sinceros agradecimentos.

Inicialmente, gostaria de agradecer ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista *campus* de Rio Claro, por me abraçar com tanto carinho no desenvolvimento desse trabalho, através de seus professores e funcionários.

Ao orientador Prof. Dr. Antonio Roberto Saad, pela dedicação, carinho e confiança em mim depositada ao longo do trabalho e pela convivência ao longo de todos esses anos, sendo um eterno amigo.

Ao co-orientador Prof. Dr. Antonio Manoel do Santos Oliveira pelos seus conhecimentos e ensinamentos, bem como, a disponibilidade de material existente no Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos.

Ao prof. Dr. José Eduardo Zaine, que juntamente com seu aluno Cícero foram de real importância no desenvolvimento inicial do trabalho, se predispondo em auxiliar em todas as etapas, inclusive pelas suas sugestões no exame de qualificação.

Ao colega profissional e grande amigo Prof. Dr. Marcio Roberto Magalhães de Andrade, que foi peça fundamental nessa pesquisa, dispondo de seu tempo e todo seu conhecimento principalmente nas etapas de elaboração e interpretação dos mapas.

Ao amigo Prof. Dr. José Alexandre de Jesus Perinotto, a quem me acompanhou durante todo o doutorado me apoiando em todos os momentos.

Aos amigos Sandra Emi Sato e William de Queiroz do Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos pela disponibilidade de material, dedicação na construção dos mapas e nos trabalhos de campo. Ao amigo Fabio da Costa Casado do Laboratório de Geociências da Universidade Guarulhos pelo companheirismo de sempre na etapa de editoração e design das figuras e mapas.

Gostaria de agradecer em especial a Universidade Guarulhos, instituição onde realizei minha graduação, me tornei mestre e que atualmente exerço minha

vida profissional como professora universitária. Foi dentro dessa instituição que obtive o maior apoio psicológico através de grandes amigos para o término do trabalho.

As minhas eternas professoras Dra. Maria Judite Garcia e Dra. Mary Elizabeth C. B. de Oliveira que souberam me encaminhar profissionalmente de forma prazerosa e na qual deixo aqui o meu maior respeito e minha eterna amizade.

Aos meus diversos amigos e alunos que um dia passaram pelo Laboratório de Geociências da Universidade Guarulhos e os atuais amigos e funcionários, obrigada pelo apoio, presença e companheirismo.

Um agradecimento em especial a toda minha família, a quem tive o apoio necessário nos momentos mais difíceis e que perduram com o semblante de orgulho pela realização e finalização do trabalho.

E sem poder deixar de agradecer, duas pessoas importantíssimas que se foram ao longo desses anos de doutorado, o Prof. Dr José Vicente Fúlfaro, ser humano invejável, de um conhecimento e uma cultura fantástica e que sempre esteve por perto torcendo e transmitindo seus conhecimentos. Ao Prof. Dr. Rafael Gioia Martins Neto, companheiro de estrada, que soube deixar muitos discípulos, jamais negou auxílio e sempre esteve na torcida. A vocês, dedico essa pesquisa em troca de todo meu carinho, que estejam bem mesmo longe de nós.

E, por fim, a Deus de onde retirei forças para essa grande realização pessoal.

LISTA DAS FIGURAS

Figura 01: Megalópole em desenvolvimento no Vale do Paraíba	01
Figura 02: Demonstração da erosão laminar	15
Figura 03: a) demonstração de erosão linear; b) formação de boçoroca	15
Figura 04: Tipos de movimentos: a) demonstração de rastejo; b) escorregamento tipo Plana; c) escorregamento do tipo circular; d) escorregamento do tipo em cunha; e) queda de blocos; f) queda de blocos do tipo rolamento; g) queda de bloco do tipo tombamento; h) corrida de lama	18
Figura 05: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação	19
Figura 06: Esquema da problemática de corte e aterro em áreas de declives	20
Figura 07: Condicionantes antrópicos: a) remoção da cobertura vegetal; b) lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas; c) vazamento na rede de água e esgoto; d) presença de fossas; e) execução de cortes com alturas e inclinações acima de limites; f) lançamento de lixo nas encostas/taludes	22
Figura 08: Demonstração das diversas formas de fluxo pluvial em área de encosta (1-3: vertentes retilíneas; 4-6: vertentes convexas; 7-9: vertentes côncavas)	24
Figura 09: Etapas de trabalho utilizadas para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental das microbacias estudadas.....	34
Figura 10: Fluxograma de metodologia desenvolvida pelo IPT	38
Figura 11: Caráter e tipos de produtos geotécnicos aplicados à gestão ambiental	39
Figura 12: Principais acessos rodoviários do Município de Guarulhos	40
Figura 13: Bairros do Município de Guarulhos com a localização das áreas estudadas	41
Figura 14: Divisão do Município de Guarulhos, em macrocompartimentos norte (alto) e sul (baixo), limitados pela Falha do Rio Jaguari	42
Figura 15: Arcabouço geológico do Município de Guarulhos, evidenciando as principais unidades litológicas e as feições estruturais.	44
Figura 16: Seção geológica-geomorfológica esquematizada do Estado de São Paulo	45
Figura 17: Faixas hipsométricas observadas no território de Guarulhos.	46
Figura 18: Mapa do relevo do Município de Guarulhos	48
Figura 19: Mapa das bacias hidrográficas no Município de Guarulhos	50
Figura 20: Algumas áreas de proteção ambiental do Município de Guarulhos.	53
Figura 21: Evolução urbana do Município de Guarulhos.....	56
Figura 22: Macrozoneamento do Município de Guarulhos.	57
Figura 23: Localização da área de estudo nº 1, Bairro Invernada, Microbacia Taquara do Reino, loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio	61
Figura 24: Arruamento com presença de asfalto, topo de morro	62
Figura 25: Ocupação posterior nas áreas com declive.....	62
Figura 26: Fotos aéreas e imagem de satélite da área nº 1: Bairro Invernada Microbacia	

Taquara do Reino, loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio	63
Figura 27: Crescimento do Jardim Novo Recreio	64
Figura 28: Criação de arruamento e de ocupação em forma de lotes.....	65
Figura 29: Existência de escolas.....	65
Figura 30: Existência de áreas de comércios	65
Figura 31: Mapa de Uso do Solo da Microbacia Taquara do Reino	66
Figura 32: Ravinamento em arruamento	67
Figura 33: Presença de lixo e entulho.....	67
Figura 34: Esgoto a céu aberto	68
Figura 35: Mapa Geológico da Microbacia Taquara do Reino	69
Figura 36: Visão do fundo de vale na microbacia.....	71
Figura 37: Mapa Hipsométrico da Microbacia Taquara do Reino.....	72
Figura 38 Perfis topográficos da Microbacia Taquara do Reino.....	74
Figura 39: Mapa de Degradação Ambiental da Microbacia Taquara do Reino.....	79
Figura 40: Processos erosivos do tipo ravinamento	80
Figura 41: Processos erosivos do tipo sulcos.....	80
Figura 42: Movimentos de massa do tipo escorregamento	81
Figura 43: Observação do tipo de corte e aterro	81
Figura 44: Assoreamento do Córrego Taquara do Reino.....	81
Figura 45: Ocupação no fundo do vale	82
Figura 46: Visualização de campos abandonados	82
Figura 47: Ocupação urbana precária no bairro	82
Figura 48: Área com visualização de floresta ao fundo	83
Figura 49: Localização da área de estudo nº 2, Bairro Água Azul, Microbacia do Ribeirão Guaraçau, loteamento Água Azul	85
Figura 50: Fotos aéreas e imagem de satélite da áreas nº 2: Bairro Água Azul, Microbacia do Ribeirão Guaraçau, loteamento Água Azul	86
Figura 51: Mapa de Uso do Solo da Microbacia do Ribeirão Guaraçau.....	87
Figura 52: Área de comercio do loteamento Água Azul	88
Figura 53: Área de chácaras do loteamento Água Azul	88
Figura 54: Área de lazer – Lago Água Azul	88
Figura 55: Mapa Geológico da Microbacia Ribeirão Guaraçau	90
Figura 56: Mapa Hipsométrico da Microbacia Ribeirão Guaraçau	92
Figura 57: Área de rolamento de blocos e rastejo	93
Figura 58: Perfis topográficos da Microbacia Ribeirão Guaraçau	95
Figura 59: Área de deslocamentos em loteamentos irregulares	96
Figura 60: Área de deslocamentos em arruamento.....	96
Figura 61: Recuperação do talude através de vegetação	97
Figura 62: Rolamento de blocos de rochas metabásicas	97
Figura 63: Mapa de Degradação Ambiental da Microbacia Ribeirão Guaraçau	100

Figura 64: Deslocamentos em oriundos da ocupação urbana	101
Figura 65: Deslocamentos em abertura de estrada.....	102
Figura 66: Rolamento de blocos e ravinamentos.....	102
Figura 67: Recuperação vegetal em área de deslocamentos	102
Figura 68: Área de declive com ocupação inadequada.....	103
Figura 69: Ocupação inadequada em área de aluvião	103
Figura 70: Área de vegetação preservada.....	103
Figura 71: Localização da área de estudo nº 3, Bairro Fortaleza, Microbacia Córrego do Entulho, loteamento Jardim Fortaleza.....	105
Figura 72: Fotos aéreas e imagem de satélite da área nº 3: Bairro Fortaleza Microbacia Córrego do Entulho, loteamento Fortaleza.....	106
Figura 73: Ocupação da porção central da microbacia	107
Figura 74: Arruamento na área central do loteamento Fortaleza com ruas comerciais	107
Figura 75: Mapa de Uso do Solo da Microbacia Córrego do Entulho.....	108
Figura 76: Ocupação irregular na área ao norte-leste da microbacia.....	109
Figura 77: Visualização da vegetação ao norte da microbacia	109
Figura 78: Entrada da Mineradora Basalto ao sul da microbacia	110
Figura 79: Mapa Geológico da Microbacia Córrego do Entulho	112
Figura 80: Morrotes de topos achatados e aplainados devido à realização do aterro	113
Figura 81: Montanhas de topos mais angulosos	113
Figura 82: Mapa Hipsométrico da Microbacia Córrego do Entulho	114
Figura 83: Perfis topográficos da Microbacia Córrego do Entulho	116
Figura 84: Mapa de Setorização de Encostas da Microbacia Córrego do Entulho	124
Figura 85: Mapa de Materiais Superficiais da Microbacia Córrego do Entulho	128
Figura 86: Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação da Microbacia Córrego do Entulho	129
Figura 87: Mapa de Degradação Ambiental da Microbacia Córrego do Entulho	130
Figura 88: Escorregamento em área de ocupação irregular	131
Figura 89: Área de assoreamento na planície aluvial	131
Figura 90: Deslocamento em abertura de arruamento	131
Figura 91: Área de boçoroca e escorregamento.....	132
Figura 92: Boçorocas resultantes de aterros	132
Figura 93: Ravinamento em áreas mais baixas.....	133
Figura 94: Escorregamentos e ravinamentos em áreas de empréstimo	133
Figura 95: Ocupação consolidada em área de aterros	134
Figura 96: Área de preservação ambiental	134
Figura 97: Esquema ilustrativo das intervenções nas encostas da Microbacia Córrego do Entulho	138
Figura 98: Esquema ilustrativo das intervenções nas encostas relacionadas as microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau	138

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1: Meios e componentes ambientais que podem ser degradados	07
Tabela 2: Processos do meio físico de acordo com as esferas.....	11
Tabela 3: Comparação de classificação de movimentos de massas	16
Tabela 4: Tipos de movimentos de massas e suas características.....	17
Tabela 5: Agentes e causas dos escorregamentos	21
Tabela 6: Classificação dos movimentos de encostas	23
Tabela 7: Classificação morfológica do relevo de Guarulhos	47
Tabela 8: Características geotécnicas dos SARs e sedimentos na Microbacia Taquara do Reino.....	70
Tabela 9: Parâmetros morfométricos da Microbacia Taquara do Reino	73
Tabela 10: Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades	75
Tabela 11: Parâmetros morfométricos da Microbacia Ribeirão Guaraçau	93
Tabela 12: Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades baixas e altas na Microbacia Guaraçau	94
Tabela 13: Parâmetros morfométricos da Microbacia Córrego do Entulho	115
Tabela 14: Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades baixas e altas na Microbacia Córrego do Entulho	117
Tabela 15: Características geométricas dos domínios morfológicos.....	118
Tabela 16: Características geométricas dos elementos de terreno.....	118
Tabela 17: Relação entre os setores das encostas e fundos de vale com o potencial a processos de dinâmica superficial.....	119
Tabela 18: Características geotécnicas dos materiais superficiais	119
Tabela 19: Síntese da Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs).....	120
Tabela 20: Características das unidades de uso e cobertura do solo	120
Tabela 21: Níveis de degradação ambiental de acordo com as UBCs baixas e altas na Microbacia Taquara do Reino	122
Tabela 22: Dados utilizados para a elaboração dos mapas de degradação ambiental para cada uma das áreas analisadas	135

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	01
1.1. Importância do tema	03
1.2. Hipótese e objetivos	04
 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	 06
2.1. Degradação Ambiental	06
2.1.1. <i>Degradação ambiental urbana: pobreza e crescimento populacional</i>	08
2.1.2. <i>Fatores e tipos de degradação ambiental urbana</i>	09
2.2. Processos de Dinâmica Superficial	11
2.2.1. <i>Fatores que condicionam os processos de dinâmica superficial</i>	12
2.2.2. <i>Processos de dinâmica superficial</i>	14
2.2.3. <i>Movimentos de massa em áreas de encostas e taludes</i>	19
2.2.4. <i>Problemática do escoamento superficial</i>	23
2.3. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento	25
2.4. Metodologias de análise do meio físico	27
2.5. Depósitos tecnogênicos	31
 3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS GERAIS	 34
3.1. Levantamento preliminar	35
3.2. Elaboração Cartográfica	36
3.3. Compartimentação Final	37
3.4. Representação	39
 4- ÁREAS DE ESTUDOS	 40
4.1. Município de Guarulhos	40
4.1.1. <i>Características Geoambientais do Município de Guarulhos</i>	42
4.1.2. <i>Uso e ocupação atual do solo no Município de Guarulhos</i>	52
4.2- Área de estudo nº 1: Bairro Invernada	60
4.2.1. <i>Uso e ocupação da bacia hidrográfica</i>	60
4.2.2. <i>Condições Geoambientais</i>	68
4.2.3. <i>Método aplicado à Microbacia Taquara do Reino</i>	76
4.2.4. <i>Degradação Ambiental da Microbacia</i>	78
4.3- Área de estudo nº 2: Bairro Água Azul	84
4.3.1. <i>Uso e ocupação da bacia hidrográfica</i>	84
4.3.2. <i>Condições Geoambientais</i>	89
4.3.3. <i>Método aplicado à Microbacia Ribeirão Guaraçau</i>	98
4.3.4. <i>Degradação Ambiental da Microbacia</i>	99
4.4- Área de estudo nº 3: Bairro Fortaleza	104
4.4.1. <i>Uso e ocupação da bacia hidrográfica</i>	104
4.4.2. <i>Condições Geoambientais</i>	111
4.4.3. <i>Método aplicado na Microbacia Córregp do Entulho</i>	118
4.4.4. <i>Degradação Ambiental da Microbacia</i>	123

5- CONCLUSÃO	135
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	140

RESUMO

O Município de Guarulhos, segunda maior cidade em população no Estado de São Paulo e pertencente à Região Metropolitana de São Paulo - RMSP vem sofrendo uma ocupação acelerada e desordenada ao longo de décadas. Dividido fisiograficamente em dois macrocompartimentos, separados pela Falha do Rio Jaguari, Guarulhos possui na sua porção sul uma área já consolidada com terrenos mais apropriados à ocupação e com mais facilidade de acesso a serviços e infraestrutura. As áreas com problemas encontram-se na porção norte do município, que além de serem áreas com presença de declividades acentuadas, são ocupadas irregularmente, carentes em infraestrutura e planejamento do Poder Público. Resultado da pressão de ocupação na porção norte do município foram analisados três microbacias pertencentes aos Bairros Invernada, Fortaleza e Água Azul que possuem ocupações com históricos diferentes resultando ao longo do tempo em degradações ambientais principalmente no que se refere à dinâmica superficial. Para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental para as três microbacias foram utilizados: o método de sobreposição de informações do IPT (2004) para as Microbacias Taquara do Reino (Bairro Invernada) e Guaraçau (Bairro Água Azul) e o método de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) de Vedovello (2000) para a Microbacia Lavras (Bairro Fortaleza). Os dados obtidos indicam que as três microbacias sofrem com a degradação ambiental, materializada em problemas de dinâmica superficial como escorregamentos nas regiões declivosas e um grande volume de assoreamentos, principalmente nas planícies aluvionares. A falta de planejamento e de infraestrutura nesses bairros corroboram para um aumento dessa degradação necessitando de cartografia geotécnica que possa auxiliar o Poder Público na melhor forma de uso do solo e a gerenciar os problemas existentes.

Palavras-chaves: degradação ambiental, uso e ocupação do solo, processos erosivos, Município de Guarulhos.

ABSTRACT

The municipality of Guarulhos, second large in population, state of São Paulo belongs to the RMSP – Metropolitan Region of São Paulo, has suffered from a disorderly and accelerated occupation during the decades. Fisiogeographically divided in two macro compartments, separated by Jaguari River Fault, Guarulhos has in its South portion a well done consolidated area more appropriate to land occupation resulting in facilities to access services and infrastructure as well. The biggest problems are in the Northern-part that beyond to be areas with an accentuated declivity, are irregularly occupied with no infrastructure or governmental assistance planning. Due to the occupation stress in the Northern portion were analyzed three micro basins belonging to the Invernada, Fortaleza and Agua Azul Quarters with different historical occupations resulting in a short term in an environmental degradation especially regarding to dynamic surface. To elaborate the three micro basins Environmental Degradation Map were used two methods: overlapping information for the micro basins applied for Taquara do Reino (Invernada Quarter) and Guaraçau (Água Azul quarter) and the Compartimentation Basic Units method applied to the Lavras micro basin (Fortaleza Quarter). The obtained datas suggest that the three basins suffer with the environmental degradation revealed in dynamic surface problems such as slide, a great volume of silting, mainly of the alluvial plains. The absence of planning and infrastructures in these places assure to an increase of this degradation, requiring geotechnical cartography in order to help the government to go on in a best way to use the land and manage the existing problems.

Key-words: environmental degradation, occupation and use of soil, management of erosion problems, Municipality of Guarulhos.

1- INTRODUÇÃO

Magnoli e Araújo (1993) chamam a atenção para o fato de que, a partir da década de 80, ocorre a formação de um grande adensamento populacional que compreende as regiões metropolitanas de São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro, além de toda a região do Vale do Paraíba, originando no eixo São Paulo - Rio de Janeiro uma grande megalópole (Figura 1).

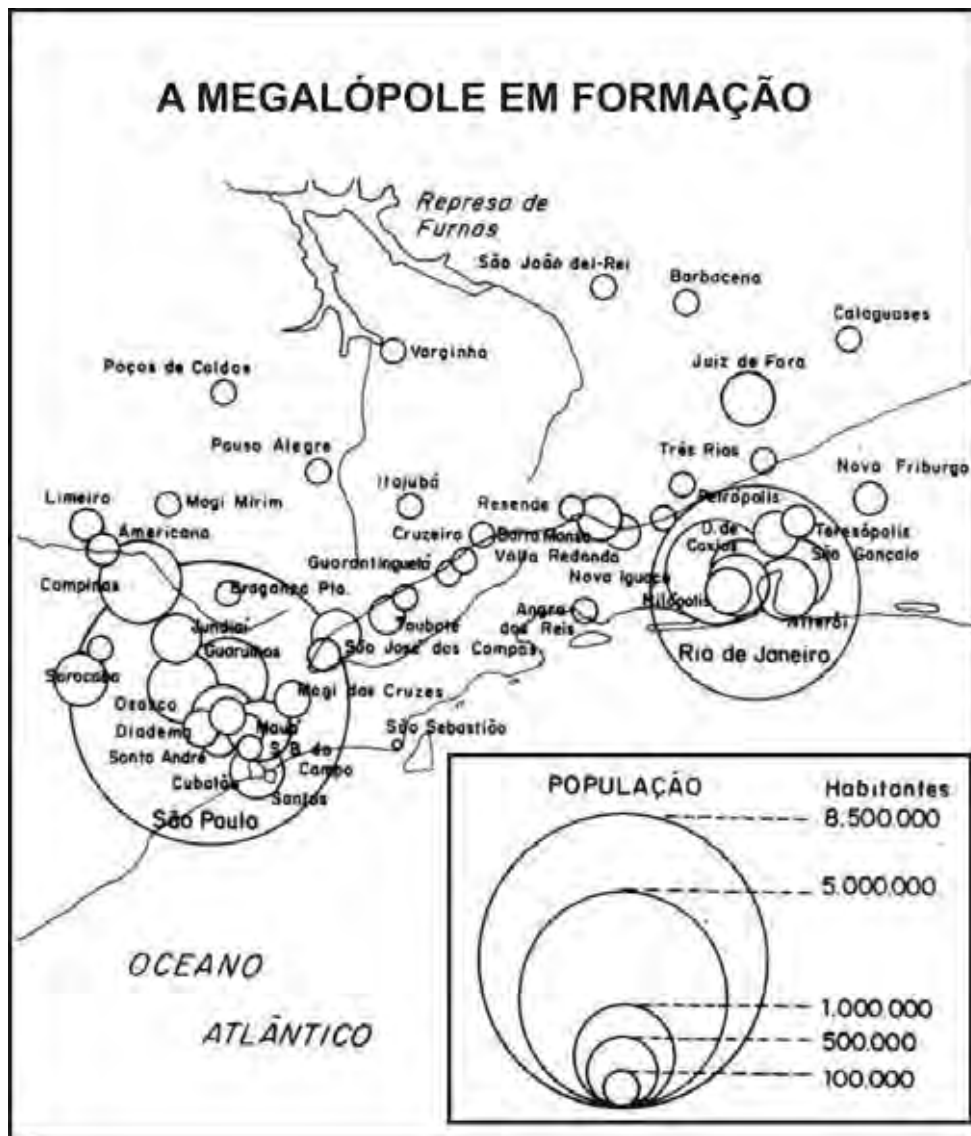


Figura 1: Megalópole em desenvolvimento no Vale do Paraíba (MAGNOLI e ARAÚJO, 1993).

Essa área, em franco desenvolvimento nos dias atuais, abriga um contingente populacional muito expressivo, onde é nítida a presença de processos intensos de conurbação e das mais variadas formas de uso e ocupação do solo: residencial, comercial, de serviços em geral, industrial, extrativista, viária, lazer e turismo, dentre outras.

Contrapondo com a pujança econômica dessa megalópole, verifica-se a falta de planejamento efetivo por parte das administrações públicas, no que se refere, principalmente, ao quesito relativo à expansão urbana. Nela situam-se importantes capitais e cidades, tais como São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas, Guarulhos, Angra dos Reis, Teresópolis, Niterói, São José dos Campos, São Bernardo, Santo André, São Caetano e Osasco, testemunho da degradação de seus meios físicos e bióticos, com reflexos na qualidade de vida de seus habitantes, fruto da ocupação urbana indevida em áreas inadequadas para essa finalidade.

Ferraz (1991), Andrade e Oliveira (2008) enfatizam que no Brasil a grande concentração populacional em centros urbanos é um aspecto a se destacar, mas que acompanha uma tendência mundial caracterizada pelo gigantismo das cidades. Nesse processo de metropolização, é gerada uma gama variada de problemas, que se materializam nas mais diferentes formas de impactos ambientais.

De acordo, com os mesmo autores e acrescido de Prandini et al. (1995), a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, considerada a mais desenvolvida do Brasil e a mais populosa, tem a expansão urbana de seus 39 municípios sob a égide de razões especulativas de mercado, as quais vêm ignorando as reais potencialidades e limitações das áreas a serem ocupadas. Como consequência, surgem nas periferias, processos de dinâmica superficial dos tipos: escorregamentos ou erosões intensas, boçorocas, subsidências e colapsos, inundações, assoreamentos, etc.

Essas áreas ficam isentas de infraestruturas implantadas pelo Poder Público, e, geralmente, são ocupadas sem qualquer tipo de preocupação de planejamento. Como consequência, essas regiões de periferia crescem desordenadamente em loteamentos que degradam a cobertura vegetal, criando problemas de escoamento superficial muitas vezes com esgoto lançado a céu aberto; lançam resíduos sólidos espalhados pelos terrenos baldios e praças; e muitos outros problemas principalmente aqueles relacionados à saúde pública. Esse crescimento desordenado, ocorre sem a preocupação de levar em consideração as

características do meio físico, consubstanciadas nas formas e declividades dos relevos, descontinuidades dos maciços rochosos, tipos de solos, entre outros.

Para analisar e gerenciar essa problemática, o Poder Público se torna responsável pela elaboração de documentos em forma de relatórios e mapeamentos que muitas vezes não conseguem demonstrar de forma ágil e técnica as situações de risco.

É importante para os profissionais que gerenciam os municípios que tenham à disposição documentos que facilitem a aplicação de medidas corretivas e aplicativos que contemplem o Plano Diretor do Município e que possam demonstrar os locais com características de uso e ocupação vulneráveis.

1.1. Importância do Tema

O Município de Guarulhos, integrante da RMSP e considerada a segunda maior cidade do Estado de São Paulo, com uma população aproximada em 1,3 bilhões de habitantes (IBGE, 2002), encontra-se em franca expansão urbana e não foge à regra de ter problemas de planejamento e de degradação ambiental. Induzida pelo seu desenvolvimento industrial, viário, aeroportuário, de serviços e por significativas obras civis, que ainda estão por acontecer, o Poder Público do município assiste à urbanização acumular, cada vez mais, problemas geotécnicos significativos, resultantes do estabelecimento de loteamentos em áreas que apresentam condições de fragilidade natural a processos de degradação ambiental, notadamente em sua periferia, ocupada por um segmento social caracterizado por baixa renda orçamentária (QUEIROZ, 2005; GOMES, 2008; SATO, 2008; ANDRADE e OLIVEIRA, 2008; ANDRADE, 2009).

Do ponto de vista do meio físico, Guarulhos possui duas grandes áreas com características geoambientais diferentes: as regiões sul e norte. A região sul com áreas mais planas e de fácil acesso, onde se deu o início da ocupação, hoje é densamente ocupada desde residências, como zonas industrializadas muito bem adaptadas na margem de grandes rodovias, com uma infraestrutura bem instalada. A região norte, por sua vez, composta por terrenos declivosos e existência de uma ocupação desordenada com loteamentos formais e informais muitas vezes clandestinos. Essa área é carente em infraestrutura básica e apresenta problemas

de processos erosivos acentuados, com um crescimento sem planejamento e um alto índice de degradação dos meios físico e biótico (GRAÇA, 2007; OLIVEIRA et al., 2009).

Dessa forma, sob um enfoque geotécnico aplicado, selecionaram-se três microbacias: Bairro Invernada (Microbacia Taquara do Reino – Loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio), Bairro Fortaleza (Microbacia Córrego do Entulho – Loteamento Jardim Fortaleza) e Bairro Água Azul (Microbacia do Ribeirão Guaraçau – Loteamento do Água Azul), todos localizados num cenário geomorfológico caracterizado por relevos declivosos, para ilustrar as degradações ambientais que se verificam frente ao processo expansionista urbano desse município. Acredita-se, que os produtos obtidos representem um importante subsídio às ações de planejamento e gestão do uso do solo, em níveis compatíveis com as necessidades de informações de um Plano Diretor Municipal.

1.2. Hipótese e Objetivos

Com base no histórico de uso e ocupação e dos problemas de degradação existentes pode-se afirmar a seguinte hipótese:

“Determinar e mapear as áreas degradadas ambientalmente, com ênfase em processos de dinâmica superficial, podendo compor e direcionar a metodologia utilizada para cada área estudada. Essas áreas foram escolhidas de acordo com o histórico do uso e ocupação do solo no município, o que resulta na análise e no comportamento do meio físico frente a uma ocupação desordenada”.

Essa tese tem como objetivo geral mapear e analisar a degradação ambiental com ênfase nos processos de dinâmica superficial em três microbacias localizadas na porção norte do Município de Guarulhos, na qual, ao longo de décadas, vem sendo implantados diferentes tipos de loteamentos.

Dentro deste contexto, serão contemplados alguns objetivos específicos para desenvolvimento e levantamento de dados, tais como:

- Mapear e analisar, historicamente, as principais formas de uso e ocupação do solo, levando-se em conta as ocupações formais e informais das áreas escolhidas para esse trabalho;
- Diagnosticar e mapear os processos de degradação ambiental, principalmente os relacionados à dinâmica superficial, bem como elaborar modelos fenomenológicos, a partir da identificação dos principais condicionantes;
- Estabelecer métodos mais adequados de análise em situações diferenciadas, quanto aos processos de uso e ocupação;
- E, finalmente, poder oferecer ao Poder Público Municipal subsídios para um melhor planejamento na expansão da ocupação urbana, hoje nitidamente caracterizada por vários núcleos de ocupação localizados na porção norte do município.

2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento da sociedade moderna, principalmente a urbana, tem ocorrido de forma desordenada, isenta de qualquer planejamento, à custa de níveis, cada vez maiores, de poluição e de degradação ambiental. Como resultados desse cenário em desequilíbrio verificam-se impactos significativos, que comprometem a qualidade ambiental, notadamente das grandes metrópoles (BRAGA et al., 2005).

2.1. Degradação Ambiental

Sánchez (2008) conceitua a degradação ambiental ou dano ambiental como qualquer alteração adversa das características do meio ambiente, o que representaria, em outras palavras, um impacto ambiental negativo. Ainda de acordo com esse autor, o agente causador da degradação ambiental é sempre o ser humano, pois pondera que os processos naturais não degradam ambientes, apenas causam mudanças.

Sob esta égide, a degradação ambiental está muito bem caracterizada na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1.981), ao tratá-la, em conjunto, com os conceitos de poluição e poluidor. Segundo essa lei, poluição corresponde à qualquer degradação ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afetem desfavoravelmente a biota;
- afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Segundo ainda essa legislação, poluidor representa a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental.

Segundo Sánchez (2008), a degradação refere-se a qualquer estado de alteração do meio ambiente, abrangendo qualquer um dos seus diferentes meios. Dessa forma, a expressão área degradada sintetiza o resultado final do dano, sua extensão e interfaces das modificações ocorridas nos seguintes meios e componentes ambientais (Tabela 1):

Tabela 1: Meios e componentes ambientais que podem ser degradados.

MEIO	COMPONENTES
BIÓTICO	Fauna
	Flora
FÍSICO	Ar
	Água
	Solo
ANTRÓPICO	Saúde
	Segurança
	Bem-estar
	Atividades sociais
	Atividades econômicas
	Condições estéticas
	Condições sanitárias

Fonte: SÁNCHEZ (2008).

Da mesma forma que a poluição se manifesta a partir de um determinado patamar, a degradação ambiental pode atingir diferentes níveis de intensidade. A recuperação da área degradada pode ser espontânea ou exigir a necessidade de intervenções mais severas para retirada ou redução da fonte de perturbação (SÁNCHEZ, 2008).

Ainda, de acordo com esse autor, a capacidade de um sistema natural se recuperar de uma ação negativa imposta por um agente externo, seja ele antrópico ou mesmo natural, é denominada de resiliência. No entanto, esse conceito não deve

ser confundido com o de estabilidade, definida como sendo a capacidade de um sistema retornar a um estado de equilíbrio depois de uma perturbação temporária.

2.1.1. Degradação ambiental urbana: pobreza e crescimento populacional

Para a maioria dos países, as cidades, principalmente as capitais, servem com excelente local para efetuarem-se negócios e alavancar a economia nacional. O crescimento econômico pode-se dar de diferentes modos: atrair investimentos internacionais, lucrar com novas tecnologias, ampliar o parque industrial e as redes de serviço e dessa forma, obter posições de destaque no mercado econômico mundial.

Como efeito imediato dessa política de desenvolvimento econômico, muitos trabalhadores das zonas rurais tem migrado para os centros urbanos, na busca de oportunidades das quais carecem nas áreas rurais.

No Brasil, este aspecto se torna muito evidente, pois o grau de urbanização em nosso país representa, nos dias atuais, cerca de 80% do total de habitantes. Via de regra, nas regiões metropolitanas esse aumento populacional é acompanhado pelo crescimento da pobreza.

Segundo Ramalho et al. (1999), a forma acelerada com que se verifica a urbanização, o Poder Público não consegue prover a população dos grandes aglomerados urbanos de moradia adequada, água potável, saneamento básico, coleta de lixo, escolas, hospitais e centros de saúde, e transportes. Assim, torna-se cada vez mais evidente a presença de um cenário urbano em expansão, diretamente ameaçado por riscos e problemas ambientais, principalmente em suas periferias.

Para exemplificar melhor essa realidade, Ramalho et al. (1999) propõem um modelo que expresse os níveis acentuados de formas de vulnerabilidade que afetam as camadas de baixa renda na maioria dos centros urbanos: a população desprovida de morar em locais onde haja serviços básicos de infraestrutura, em função dos preços das moradias e dos terrenos, é obrigada a degradar o meio ambiente para

sobreviver, o que agrava a sua vulnerabilidade e cria uma situação propícia a desencadear um processo, que a qualquer momento pode resultar num desastre, de acordo com o padrão retratado acima.

Nessa relação, geralmente não resta outra alternativa aos menos favorecidos, a não ser explorar os recursos naturais de forma insustentável.

As cidades são reflexos da intervenção do homem no meio natural. Nesse processo de antropização, são construídos ambientes aprazíveis, onde os cidadãos vivem com qualidade em termos de desenvolvimento humano; por outro lado, há ambientes problemáticos, com sintomas e sinais de degradação ambiental evidentes. Esses últimos são os mais comuns na realidade da grande população das regiões metropolitanas brasileiras. As favelas de São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Florianópolis e Brasília, além de outras cidades, são exemplos reais dessa constatação.

2.1.2. Fatores e tipos de degradação ambiental urbana

Levando-se em consideração o desenvolvimento das cidades podem-se evidenciar as seguintes formas de degradação caracterizadas principalmente nas grandes metrópoles (MARQUES, 2005):

- solo: impermeabilização, processos erosivos e disposição de resíduos;
- água: esgoto domiciliar e industrial;
- ar: poluição industrial, veículos e incineração de resíduos;
- flora: eliminação de áreas de preservação e;
- fauna: eliminação de áreas de preservação.

Dessa forma, em áreas urbanizadas, processos ocorrem em superfície. É na implantação de loteamentos, e em obras públicas e privadas que ocorrem grandes movimentações de terra que muitas vezes alteram a topografia original causando problemas de transporte de materiais.

Segundo Ramos (1995), em áreas urbanas o primeiro passo é justamente a remoção da camada superficial do solo deixando totalmente exposto o substrato que pode conter alta taxa de erodibilidade. Como geralmente em uma obra leva-se tempo para finalizá-la, esse tempo pode ser suficiente para acarretar acidentes e prejuízos com a presença das chuvas.

De acordo com Galerani et al. (1995), nos centros urbanos os processos erosivos são oriundos da água e agravados pela ação humana, envolvem problemas sócio-econômicos, ocorrendo a perda do solo, o seu empobrecimento e, por fim, o carreamento dos sedimentos para os rios.

Como forma de controle estão os fatores preventivos e principalmente os corretivos. Os preventivos exigem um trabalho de reconhecimento, ou seja, um plano de uso dos solos e os fatores corretivos servem para minimizar os problemas.

Dentre os locais mais críticos em problemas estão as áreas de encostas que são utilizadas por loteamentos irregulares e de baixa renda, nessas áreas as ações antrópicas como cortes e desmatamentos, os declives acentuados e os períodos de precipitação originam a problemática. No Brasil devido ao seu clima tropical úmido e a sua geomorfologia fazem com que o país esteja sujeito a grandes alterações oriundas de movimentos de massa em áreas de encostas.

Cerri (1993) coloca que as áreas de risco por ações antrópicas são oriundas das seguintes atividades:

- grandes cortes em relação à declividade natural;
- execução de aterros sem a devida compactação;
- retirada total da cobertura vegetal e cultivo de espécies;
- concentração da água pluvial e servida;
- sobrecarga das moradias principalmente nas áreas de declives e;
- problemas de depósitos de lixo e resíduos.

Outro fator importante no desenvolvimento de movimentos de massa em áreas de encostas está relacionado ao escoamento superficial, Jorge et al. (1998) citam que, conforme o deslocamento das águas superficiais, essas podem provocar além da erosão do solo, áreas de inundação e enchentes.

O escoamento superficial depende de uma série de fatores como declividade, tipo de cobertura do solo, grau de precipitação, e uso e ocupação do solo. De acordo com Tucci (1995), as enchentes em áreas urbanas podem ocorrer de duas formas: enchentes em áreas ribeirinhas, tidas como enchentes naturais que ocorrem em loteamentos muitas vezes clandestinos que foram instalados nas margens dos rios e as enchentes que ocorrem devido a própria urbanização, observados pelo processo de impermeabilização do terreno impedindo a infiltração da água.

Ambos os processos estão hoje presentes em qualquer área, seja ela com fatores antrópicos ou naturais, mas é nas cidades que trazem os piores efeitos gerando aumento nas taxas de mortalidade e principalmente na perda da qualidade de vida. A importância dos documentos ambientais traz ao homem a oportunidade de diagnosticar essas áreas e criar metodologias que possam auxiliar na prevenção da degradação ambiental.

2.2. Processos de dinâmica superficial

Segundo Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), a dinâmica superficial é responsável pela modificação de qualquer paisagem, pois trata-se de processos que alteram a superfície terrestre e que estão constantemente agindo na hidrosfera, atmosfera e litosfera (Tabela 2).

Tabela 2: Processos do meio físico de acordo com as esferas.

ATMOSFERA	HIDROSFERA	LITOSFERA
Circulação de água no ar	Escoamento das águas em superfície	Endógenos: sismos e vulcanismo
Circulação de partículas e gases na atmosfera	Movimentação das águas de subsuperfície	Exógenos: intemperismo e movimentos de massa

Fonte: INFANTI JUNIOR e FORNASARI FILHO (1998).

Nesses processos de dinâmicas superficiais existem uma interdependência entre vários fatores resultando em: erosão, movimentos de massa, assoreamento, inundação, subsidências e colapsos, processos costeiros, e outros casos particulares como alívio de tensões, expansão, empastilhamento, canalículos e ainda processos induzidos por sismos.

De acordo com Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), os agentes envolvidos na destruição de material na superfície são classificados como agentes móveis: rios que escavam, ondas que erodem costões rochosos, ventos que movimentam dunas de areias, geleiras que desgastam rochas; ou por agentes imóveis: congelamento da água em fraturas do maciços rochosos, dissolução dos carbonatos entre outros. Todos esses processos são definidos de uma forma genérica como processos erosivos.

2.2.1. Fatores que condicionam os processos de dinâmica superficial

O termo Erosão segundo Zachar (1982 apud SILVA et al., 2003), provém do latim, do verbo *Erodere* (escavar) que possui como definição qualquer desgaste e/ou arraste de partículas da superfície terrestre seja pela água, vento, gelo ou outros agentes geológicos.

Segundo Infanti Junior e Fornasari Filho (1998), erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rochas combinadas pela ação da gravidade com a água, vento, gelo e organismos.

Podem ser classificados como erosão natural ou geológica quando o desgaste de material é realizado pela água, vento ou qualquer outro agente natural sob condições de meio ambiente equilibrado naturalmente, sem nenhuma perturbação do homem, e a erosão acelerada, antrópica, ou ainda induzida, em que na sua maioria é a mais rápida e resulta da atividade do homem ou de outros animais (SILVA et al., 2003).

Já os movimentos de massa se caracterizam por serem movimentos de solo e rocha que deslizam encosta abaixo devido a gravidade sem às vezes ter ligação

direta com a existência da água ou do gelo. Michel (1995 apud GUERRA, 2011) justifica o papel importante da ocupação urbana nas grandes metrópoles como processos de aceleração dos desastres em áreas de encostas.

Vários são os fatores responsáveis pelos processos de dinâmica superficial, dentre os quais se destacam: tipos de solo, embasamento geológico, clima, topografia e a cobertura presente no solo.

A seguir, serão comentadas algumas dessas características tendo-se por base Silva et al. (2003):

a) tipos de solos: são partículas minerais e orgânicas formadas por processos físicos, químicos e biológicos, cujos agentes que influenciam sua formação são a variação climática, a topografia, a rocha matriz e um conjunto de comunidades bióticas.

O solo é formado ao longo do seu perfil por várias camadas denominadas de horizontes, cada uma com suas características que determinam muitas vezes a aptidão do solo de acordo com seu uso. Dentre as características que influenciam na erosão do solo está a sua textura, que consiste na distribuição quantitativa dos tamanhos de partículas que estão presente no solo.

Junto à textura, outras características como a estrutura, ou seja, como estão arranjadas as partículas dependendo do uso desse solo a estrutura pode ser modificada acelerando os processos de dinâmica superficial. Ainda fazem parte a porosidade, o quanto se tem de espaços que poderão ser ocupados pela água, a permeabilidade que é a capacidade do solo de passar a água e o ar e por fim, o conteúdo de matéria orgânica, resultante no grau de erodibilidade do solo.

De acordo com Rodrigues (1982 apud SILVA et al., 2003), todas essas características podem ser transformadas em apenas duas: a destacabilidade (associada à coesão) e a transportabilidade (associada à granulometria). Solos com partículas maiores apresentam alta destacabilidade e baixa transportabilidade, enquanto, solos com partículas de menor diâmetro possuem relação inversa, baixa destacabilidade e alta transportabilidade.

b) substrato rochoso: as características minerais das rochas juntamente com a intensidade dos processos de intemperismo mais a natureza e o grau de fraturamento são o que condicionam a suscetibilidade do terreno aos processos. A

taxa de transporte desse material é muito variável, rochas de natureza cristalina (metamórfica ou ígnea) são mais resistentes pelo desgaste do que as rochas sedimentares. As rochas ainda podem apresentar resistências diferentes frente aos processos, seja pela desagregação física ou pela decomposição química.

c) clima: tem forte influência através de vários fatores físicos do tempo podendo ser pelo vento, água e neve. Entre a erosão eólica e erosão hídrica, esta segunda tem maior distribuição no mundo, geralmente causada pela chuva e pelo escoamento superficial. É expressa pela relação entre a erosividade da chuva (fator ativo: o quanto chove) e a erodibilidade do solo (fator passivo: suscetibilidade do solo).

d) topografia: o tamanho e a quantidade das partículas arrastadas pela água dependem da velocidade com que ela escorre resultante da declividade do terreno e do comprimento da rampa percorrida. Áreas com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa, apresentam maiores velocidades no escoamento superficial e com certeza, maior capacidade de transporte; porém, terrenos com baixas declividades e, também, com maiores comprimentos de rampa podem também ter alta intensidade de transporte ficando na dependência e disponibilidade do recurso hídrico. Dessa maneira, a relação entre forma erosiva e a geometria das encostas servem para a detecção das áreas mais propícias aos processos erosivos e movimentos de massa.

e) cobertura do solo: essa característica pode influenciar de varias formas: primeiro como amortecedor da chuva, impedindo o contato direto com a gota da água e, em segundo, a cobertura do solo funciona como barreira no caminho das águas evitando enxurradas e facilitando a infiltração. Geralmente, a falta de cobertura do solo é observada logo no inicio do processo e está intimamente relacionada com os processos antrópicos.

2.2.2. Processos de Dinâmica Superficial

Atualmente, a ação antrópica consiste no principal fator de aceleração da degradação da superfície através dos desmatamentos e demais tipo de uso do solo.

Os processos decorrentes do escoamento superficial são os seguintes de acordo com Silva et al., 2003:

a) erosão laminar: esse processo é caracterizado pela remoção de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial (Figura 2).



Figura 2: Demonstração da erosão laminar (BRASIL, 2006).

b) erosão linear: esse processo é caracterizado pela formação de canais resultantes da remoção e transporte das partículas pela enxurrada em alta velocidade, condicionado ao relevo, podem originar processos do tipo ravinhas, sulcos e boçorocas (Figura 3).

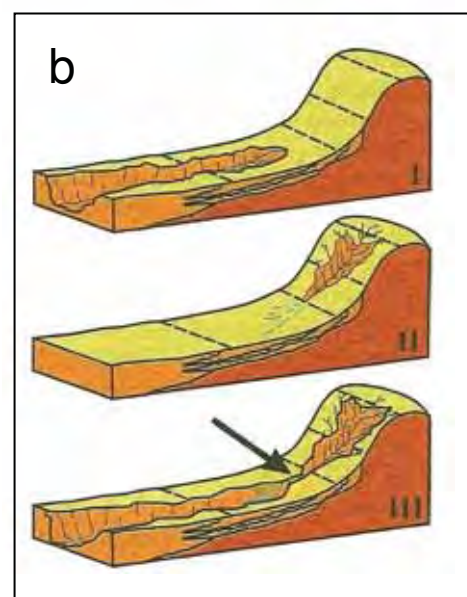
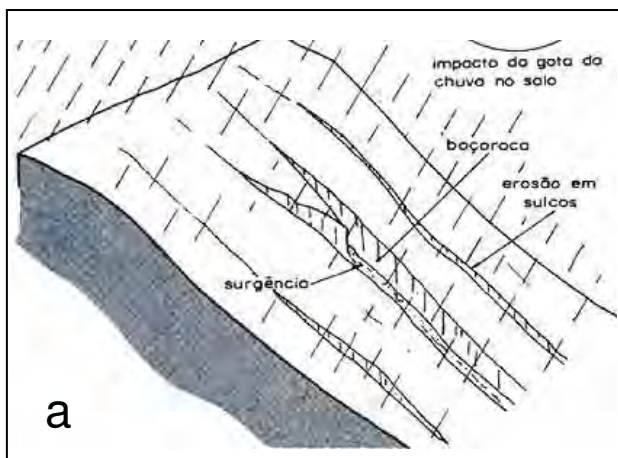


Figura 3: a) demonstração de erosão linear (BRASIL, 2006); b) formação de boçoroca (OLIVEIRA, 1989 apud SANTORO, 2009).

c) movimentos de massa: constitui de um deslizamento do solo ou de rocha devido à atuação da chuva e resultante do fator de gravidade. São divididos em vários processos cada qual com suas características particulares, no Brasil uma comparação de classificação desses processos pode ser vista na Tabela 3, onde Cunha e Guerra (1966) comparam trabalhos de destaque:

Tabela 3: Comparação de classificação de movimentos de massa.

FREIRE (1965)	GUIDICINI e NIEBLE (1984)	IPT (1991)
Escoamentos: Rastejo e Corridas Escorregamentos: Rotacionais e Translacionais Subsidências e Desabamentos	Escoamentos: Rastejo e Corridas Escorregamentos: Rotacionais, Translacionais, Quedas de blocos e Quedas de detritos Subsidências: Subsidências, Recalques e Desabamentos Formas de Transição Movimentos Complexos	Rastejos Corridas de massa Escorregamentos Quedas / Tombamentos

Fonte: CUNHA e GUERRA (1966).

Posteriormente, de acordo com a classificação realizada pelo IPT (1991), Augusto Filho (1992 apud INFANTI JUNIOR e FORNASARI FILHO, 1998) elaborou uma tabela demonstrando a característica de cada processo como pode ser observada na Tabela 4.

Muitas outras classificações nacionais e internacionais são demonstradas no trabalho realizado por Barros (2001), onde apresenta similaridades entre os autores inclusive nas descrições realizadas por Augusto Filho (1992); Oliveira (2010) e os dados do IPT (1994) quando descrevem os tipos de movimentos de massa.

Tabela 4: Tipos de movimentos de massa e suas características segundo Augusto Filho (1992 apud INFANTI JUNIOR e FORNASARI FILHO, 1998).

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO – MATERIAL – GEOMETRIA
RASTEJO creep (Figura 4a)	- vários planos de deslocamento (internos) - velocidades muito baixas a baixas (cms/ano) e decrescentes c/ a profundidade - movimentos constantes, sazonais ou intermitentes - solo, depósitos, rocha alterada/fraturada - geometria indefinida
ESCORREGAMENTOS slides (Figuras 4b, c, d)	- poucos planos de deslocamento (externos) - velocidades médias (m/h) a altas (m/s) - pequenos a grandes volumes de material - geometria e materiais variáveis: PLANARES: solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de Fraqueza CIRCULARES: solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas EM CUNHA: solos e rochas com dois planos de fraqueza
QUEDAS falls (Figuras 4e, f, g)	- sem planos de deslocamento - movimento tipo queda livre ou em plano inclinado - velocidades muito altas (vários m/s) - material rochoso - pequenos a médios volumes - geometria variável: lascas, placas, blocos, etc. ROLAMENTO DE MATAÇÃO TOMBAMENTO
CORRIDAS flows (Figura 4h)	- muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação) - movimento semelhante ao de um líquido viscoso - desenvolvimento ao longo das drenagens - velocidades médias a altas - mobilização de solo, rocha, detritos e água - grandes volumes de material - extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

Fonte: AUGUSTO FILHO, 1992 apud INFANTI JUNIOR e FORNASARI FILHO, 1998.

d) assoreamento: consiste no acúmulo de sedimentos em meio aquoso ou aéreo oriundo da força do agente transportador natural, podem ser intensificados por atividades antrópicas como: práticas agrícolas inadequadas, infraestrutura precária de urbanização e modificações de cursos d'água por barramentos ou desvios (INFANTI JUNIOR e FORNASARI FILHO, 1998).

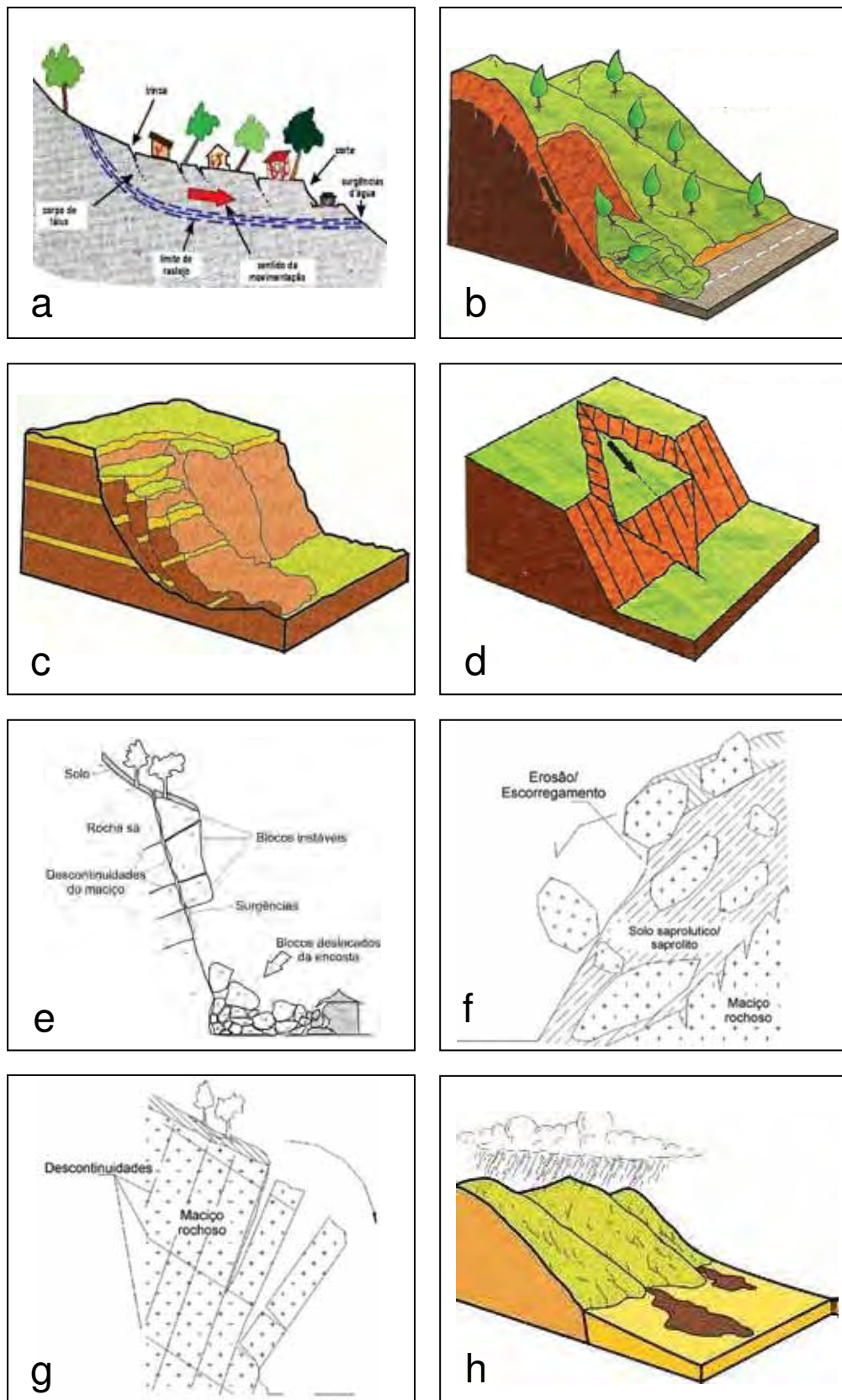


Figura 4: Tipos de movimentos: a) demonstração de rastejo; b) escorregamento tipo planar; c) escorregamento do tipo circular; d) escorregamento do tipo em cunha; e) queda de blocos; f) queda de blocos do tipo rolamento; g) queda de bloco do tipo tombamento; h) corrida de lama (BRASIL, 2006; LOPES, 2006 apud TOMINAGA et al., 2009).

e) inundação: corresponde ao extravasamento da água para a região marginal de um curso d'água (Figura 5), pode ocorrer devido a alta concentração pluvial e de escoamento superficial, também por problemas de assoreamento e pelo tipo de cobertura do solo que não possibilite a infiltração das águas (INFALTI JUNIOR e FORNASARI FILHO, 1998).



Figura 5: Perfil esquemático do processo de enchente e inundação. (BRASIL, 2006).

2.2.3. Movimentos de massa em áreas de encostas e taludes

Segundo Augusto Filho e Virgili (1998), as encostas naturais ou os chamados taludes são superfícies inclinadas formadas de rochas, solos ou ambos os materiais que são resultantes de processos geológicos e geomorfológicos. Essas áreas por questão de gravidade sofrem processos de dinâmica superficial oriundo de chuvas intensas e prolongadas, infiltração de água e saturação do solo, situação essa, agravada pela ação antrópica através de cortes e aterros (Figura 6), que com o tempo passam a desestabilizar as áreas de encostas (MASSAD, 2003).

Como fator importante, a geomorfologia é de grande valia para o entendimento dos processos existentes e da modificação da paisagem. Segundo Christofolletti (1980), conhecer as formas de relevo é entender uma história que ocorreu durante o passado, enquanto que Florenzano (2008) diz que a geomorfologia não consiste apenas no entendimento do relevo, mas na sua gênese, sua composição rochosa e pedológica, bem como, em todos os processos que atuam na sua superfície.

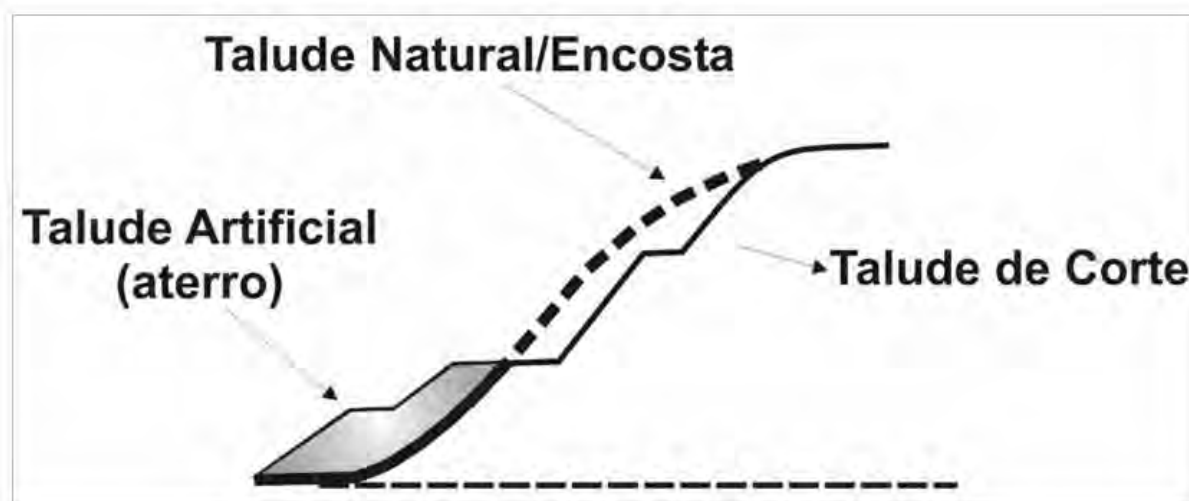


Figura 6: Esquema da problemática de corte e aterro em área de declive (MASSAD, 2003).

De acordo com as definições apresentadas em BRASIL (2006), a encosta é toda superfície natural inclinada que liga duas outras superfícies, cada qual caracterizada pela sua energia gravitacional, já os taludes naturais são definidos como encostas formadas por maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e rocha, de superfície não horizontal, originados por agentes naturais.

BRASIL (2006), ainda define talude de corte como resultante de algum processo de escavação realizado pelo homem e o talude de aterro como áreas originadas pelo acúmulo de materiais do tipo: solo, rocha, rejeitos industriais ou de mineração. Segundo Augusto Filho e Virgili (1998), a instabilidade atual dos taludes e encostas estão intimamente relacionadas à forma de uso e ocupação do solo resultantes de três atuações antrópicas: a construção de obras civis, a exploração mineral e as ocupações irregulares provenientes de loteamentos clandestinos em áreas de declive.

Segundo ainda esses autores, a movimentação de massa é causada por um conjunto de fatores:

- inclinação do talude;
- velocidade, direção e recorrência do movimento;
- natureza do material instabilizado;
- geometria do material;
- tipo de movimentação.

De acordo com Brasil (2006), existem dois condicionantes: o natural e o antrópico. Os condicionantes naturais podem ainda ser separados em dois grupos, os agentes predisponentes (características intrínsecas) e os agentes efetivos (que são diretamente responsáveis pelos movimentos).

Essa classificação é baseada em Guidicini e Nieble (1983) que utilizam os termos agentes e causas para demonstrar quem provoca e o resultado dos agentes como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5: Agentes e causas dos escorregamentos segundo Guidicini e Nieble (1983).

AGENTES			CAUSAS		
Predisponentes	Efetivos		Internas	Externas	Intermediárias
	Preparatórios	Imediatos			
Complexos geológicos, morfológicos, climato-hidrológico, gravidade, calor solar, vegetação	Pluviosidade, erosão pela água e vento, congelamento e degelo, variação de temperatura, dissolução química, fontes, mananciais, oscilações do freático, ação de animais e antrópica	Chuvas intensas, fusão do gelo e neve, erosão, terremoto, ondas, vento, ação do homem	Efeito das oscilações térmicas, redução dos parâmetros de resistência por intemperismo	Mudança na geometria do sistema, efeitos de vibrações, mudanças naturais na inclinação das camadas	Elevação do nível piezométrico em massas homogêneas, elevação da coluna de água em descontinuidades, rebaixamento rápido do lençol, erosão subterrânea, diminuição do efeito de coesão aparente

Fonte: AUGUSTO FILHO e VIRGILI (1998).

Os condicionantes antrópicos (Figura 7) constam da remoção da cobertura vegetal, lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas, vazamento na rede de água e esgoto, presença de fossas, execução de cortes com alturas e inclinações acima de limites tecnicamente seguros, execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação), execução de patamares (“aterros lançados”) com o próprio material de escavação dos cortes, o qual é simplesmente lançado sobre o terreno natural, lançamento de lixo nas encostas/taludes, retirada do solo superficial expondo horizontes mais suscetíveis, deflagrando os processos, bem como elevando fluxo de água na massa do solo (BRASIL, 2006; AUGUSTO FILHO E VIRGILI (1998).

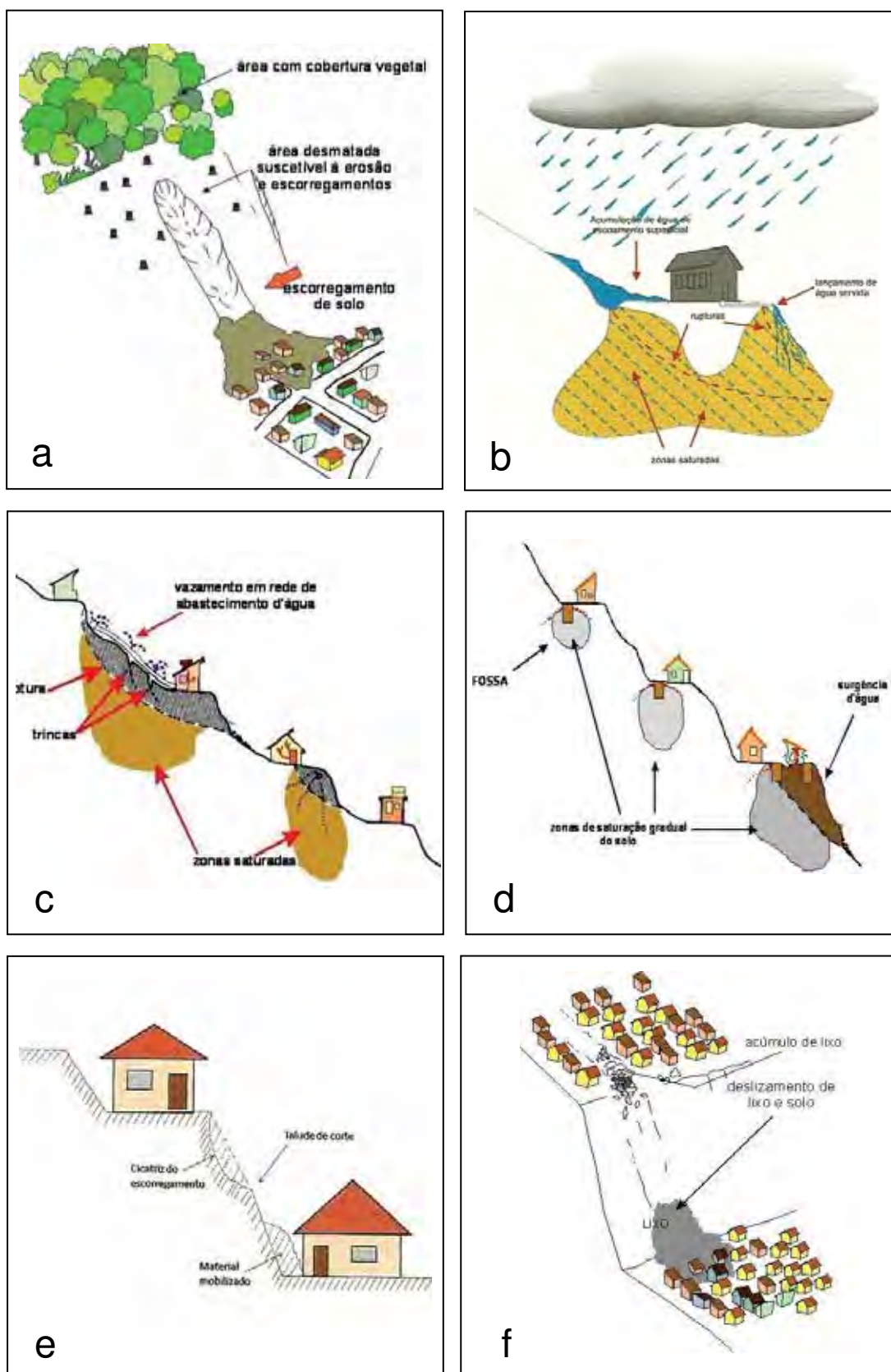


Figura 7: Condicionantes antrópicas: a) remoção da cobertura vegetal; b) lançamento e concentração de águas pluviais e/ou servidas; c) vazamento na rede de água e esgoto; d) presença de fossas; e) execução de cortes com alturas e inclinações acima de limites; f) lançamento de lixo nas encostas/taludes (BRASIL, 2006).

Já a classificação mais utilizada para os escorregamentos de encostas pode ser observada na Tabela 6 abaixo:

Tabela 6: Classificação dos movimentos de encostas segundo Varnes (1978).

TIPO DE MOVIMENTO	TIPO DE MATERIAL			
	ROCHA		SOLO (ENGENHARIA)	
			GROSSEIRO	FINO
QUEDAS TOMBAMENTOS e ESCORREGAMENTOS		de rocha de rocha de rocha	de detritos de detritos de detritos	de terra de terra de terra
ROTACIONAL	poucas unidades	abatimento de rocha	abatimento de detritos	abatimento de terra
TRANSLACIONAL	poucas unidades	de blocos rochosos	de blocos de detritos	de blocos de terra
	muitas unidades	de rocha	de detritos de detritos	de terra de terra
EXPANSÕES LATERAIS		de rocha	de detritos	de terra
CORRIDAS/ ESCOAMENTOS		de rocha (rastejo profundo)	de detritos (rastejo)	de terra de solo)
COMPLEXOS	combinação de 2 ou mais processos			

Fonte: AUGUSTO FILHO e VIRGILI (1998); ARAUJO et al. (2005).

2.2.4. Problemática do escoamento superficial

O processo de dinâmica ocorre basicamente em duas fases: a primeira que consiste na remoção das partículas e o segundo relacionado ao transporte realizado pelos agentes erosivos que muitas vezes encontram-se ligados à precipitação. Segundo Cunha e Guerra (1995), o processo erosivo pluvial fica dependente dos vários caminhos percorridos pela água da chuva, a perda de partículas do solo é resultante do escoamento superficial que depende da velocidade e turbulência do fluxo da água (Figura 8).

Moreira e Pires Neto (1998 apud BARROS, 2001) cita que as encostas são superfícies inclinadas que realizam a conexão entre uma linha divisória de água e um fundo de vale realizando grande influência no direcionamento do fluxo da água precipitada.

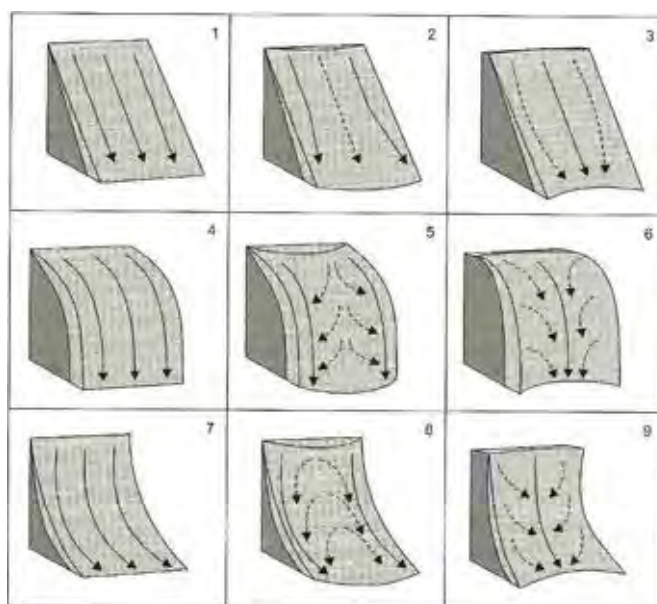


Figura 8: Demonstração das diversas formas de fluxo pluvial em área de encosta (1-3: vertentes retilíneas; 4-6: vertentes convexas; 7-9: vertentes côncavas) (RODRIGUES, 1982 apud SILVA et al., 2003).

Segundo Guerra (1999), a medida que ocorre a precipitação, a água começa o processo de infiltração que aos poucos vai saturando o solo criando as poças e posteriormente o escoamento superficial. Resultado inicial desse escoamento são os ravinamentos, a água que acumula em depressões começa a descer a encosta de início de forma linear evoluindo para a instalação de microrravinas, depois de construídos os canais bem definidos, mesmo que pequenos, tendo a tendência de serem aprofundados se tornando cada vez maiores, ou ainda, podem originar os escorregamentos.

De acordo com Andrade (2009), na concepção de análise da paisagem como um sistema, o relevo pode ainda ser desmembrado em outros subsistemas, como é o caso das encostas e do canal fluvial, todos com dinâmicas específicas.

Para análise de sua dinâmica, a encosta pode ser modelada através dos elementos naturais que a estruturam ou influenciam seu comportamento. Os elementos essenciais que são reconhecidos no sistema de encostas são:

- substrato geológico (rochas e sedimentos, composição e estrutura);
- cobertura pedológica (manto de alteração e solos);
- depósitos superficiais (colúvios, aluviões e depósitos tecnogênicos);

- superfície topográfica (formas côncavas, planas ou convexas, amplitudes e declividades);
- cobertura biológica (fisionomias e ecologia dos biomas);
- uso e ocupação sócio-econômica (alteração da cobertura e das formas topográficas, cortes e aterros);
- atmosfera (pluviosidade, temperatura, insolação).

De acordo com Wolle (1988 apud BARROS, 2001) a chuva atua nos seguintes mecanismos quando se resulta na instabilização de encostas:

- na elevação do nível da água através da percolação;
- no preenchimento de vazios como fendas e fraturas;
- e na saturação de solos reduzindo sua resistência.

Em áreas extremamente ocupadas e urbanizadas, é fato que o equilíbrio hídrico é alterado resultando um desequilíbrio nos processos de infiltração e escoamento superficial, comportamento este totalmente modificado quando a cobertura do solo é revestida por vegetação.

2.3. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento

O estudo sobre os recursos hídricos deve ser realizado de uma forma ampla e integrada. Dentro desse enfoque, a bacia hidrográfica é uma importante unidade natural onde se pode analisar a todos os fatores da superfície terrestre, levando-se a oportunidade de estudar e reconhecer as interrelações de todos os elementos da paisagem e os processos atuantes dentro dessa bacia (BOTELHO, 1999).

A bacia hidrográfica tem como definição, um conjunto de áreas com declividades no sentido de uma determinada seção onde está presente um curso d'água, ou seja, uma área definida e fechada topograficamente num curso d'água (GARCEZ e ALVAREZ, 2002). Já Botelho (1999), simplifica essa definição como sendo uma área na superfície terrestre que é drenada por um rio principal e seus tributários, sendo o seu limite traçado pelos chamados divisores de água.

De acordo com Tundisi (2003), a bacia hidrográfica possui características importantíssimas que a torna uma unidade muito bem caracterizada onde permite

uma interação multidisciplinar primordial para o estudo de diferentes formas de gerenciamento e planejamento. Com isso, a bacia ultrapassa as barreiras políticas e cria uma visão de unidade física participativa, tendo o estímulo e a interação da própria comunidade.

Ainda, segundo esse autor, as vantagens de se trabalhar com bacias hidrográficas para estudos interdisciplinares, gerenciamentos e planejamentos são os seguintes:

- a bacia hidrográfica é uma unidade física com fronteiras delimitadas;
- possui um ecossistema hidrológico integrado, proporcionando um gerenciamento adequado dos recursos hídricos;
- é uma forma de coleta e criação de um banco de dados sobre fatores biogeoquímicos, econômicos e sociais;
- oferece a oportunidade de parcerias, resoluções de problemas e principalmente, estimula a participação da população local na tomada de decisões e;
- promove dados concretos para tomada de decisões do poder público resultando no gerenciamento do desenvolvimento sustentável da bacia.

Garcez e Alvares (2002) colocam que para um planejamento integrado dos recursos presentes na bacia, devem ser levantados informações sobre:

- quantidade e qualidade das águas presentes;
- levantamentos de dados cartográficos já existentes;
- informações de detalhes sobre o meio físico e biótico e
- dados socioeconômicos da região.

Com isso, a bacia hidrográfica tornou-se atualmente uma unidade ideal para estudos, levantamentos de dados e formas de planejamento de uso e ocupação do solo. É importante salientar ainda que por ser uma unidade fechada pode-se trabalhar em maiores detalhes, denominadas de “microbacias hidrográficas”.

De acordo com o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas (PNMH) criado através do Decreto-Lei nº 94.076, de 05 de março de 1987, o termo microbacia se expandiu sendo definido como uma área drenada por um curso

d'água e seus afluentes, presente a montante de uma seção transversal, ou seja, é tida como uma unidade espacial mínima (BOTELHO, 1999)

Segundo ainda esse autor, a microbacia deve ser cuidadosamente selecionada e apresentar as condições físicas e socioeconômicas da região. É necessário como estudo inicial um levantamento prévio geral das características naturais locais e posteriormente em forma de detalhes como:

- clima: revela informações importantes das épocas de enchentes, geadas, estiagem e maior potencial de processos erosivos;
- geologia: as características minerais, texturais e estruturais dos corpos rochosos, bem como da forma de relevo e do solo contribuem para o entendimento do comportamento dos processos exógenos;
- relevo: a informação geomorfológica propicia a análise da paisagem, mostrando fatores de acumulação ou transporte de materiais e ações antrópicas;
- solos: demonstra o material a ser erodido, transportado e depositado em curto prazo, principalmente se houver ação antrópica não planejada;
- drenagens: revela a disponibilidade de recursos hídricos;
- cobertura vegetal: protegem o solo contra processos erosivos e demonstram informações importantes sobre o uso e ocupação do solo;
- uso e ocupação do solo: tipos de ocupações (formais e informais).

2.4. Metodologias de análise do meio físico

Diversas metodologias podem ser utilizadas para análise e avaliação dos processos de dinâmica do meio físico, bem como, das modificações da paisagem impostas pelo homem através dos diferentes tipos uso e ocupação do solo (processos induzidos).

Um dos produtos mais utilizados para levantamento e interpretação de dados é o sensoriamento remoto, que segundo Novo (2008 apud BRITO, 2010) trata-se como um conjunto de equipamentos transmissores com sensores que captam dados através de aeronaves, ou mesmo plataformas fixas, com o objetivo principal de

verificar eventos, fenômenos e processos que modificam a superfície terrestre ao longo do tempo. As primeiras imagens resultam em fotos aéreas que podem ser analisadas e interpretadas com a finalidade de identificar o objeto a que se quer estudar.

Vários métodos lógicos podem ser analisados pela fotointerpretação como proposto por Guy (1966), Riverau (1972), Soares e Fiori (1976), onde, os últimos autores, reafirmam que para uma fotointerpretação há a necessidade de prática para identificação e análise dos elementos presentes. Esses elementos podem ser interpretados através da textura, estrutura e forma de feição presentes nas imagens que estarão na dependência do que se pretende estudar. Segundo Riverau (1972), a análise de textura corresponde à menor superfície contínua e homogênea presente e que seja passível de uma repetição; um conjunto de diferentes texturas resulta na definição das estruturas que são definidas como: forma de organização (grau de estruturação) ou pela complexidade de organização (ordem de estruturação).

Segundo Brito (2010), o processo de fotointerpretação aérea divide-se em 3 fases:

- Fotoleitura: identificação dos elementos de textura;
- Fotoanálise: leis e organizações dos elementos de textura;
- Fotointerpretação: estabelece as relações função e objeto, ou seja, é a correlação entre a imagem que foi produzida e o fenômeno ocorrido na superfície terrestre.

Já Veneziani e Anjos (1982) adaptaram as leituras das fotos aéreas para a tecnologia atual das imagens de satélites.

Zuquette e Nakazawa (1998) mostram uma ampla descrição de metodologias internacionais e nacionais que resultam em produtos cartográficos. Métodos antigos deram início ao desenvolvimento da cartografia geotécnica como o de Moldenhaver (1919), Muller (1938), Groschopf (1951), Gwinner (1956) que realizaram ao longo do tempo estudos voltados para áreas específicas. No Brasil, as metodologias são desenvolvidas por vários grupos pertencentes às diversas instituições como: Instituto Geológico da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IG-UFRJ), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto Geológico da Universidade de São Paulo (IG-USP), Universidade Estadual de São Paulo (UNESP) de Presidente Prudente e de Rio Claro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade de Brasília (UNB), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade Federal de Alagoas (UFAL),

Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a CPRM – Serviço Geológico do Brasil que já criaram diversos produtos cartográficos adequando as metodologias para a visão ambiental.

Segundo Zuquette (1993), os mapeamentos efetuados para planejamento e meio ambiente devem levar em consideração os seguintes aspectos:

- Quanto ao conteúdo: mapas fundamentais (informações sobre os diferentes componentes do meio físico); cartas derivadas (mapa direcionado a uma finalidade) e cartas interpretativas (atributos desenvolvidos nos mapas fundamentais);
- Quanto à finalidade: cartas para usos múltiplos (com objetivos específicos para diferentes usuários) e cartas para usos específicos (para situações especiais).

O IPT (1994) desenvolveu uma metodologia através de situações específicas em áreas antropizadas levando-se em consideração o meio físico com o objetivo de oferecer respostas imediatas aos problemas presentes em diversas cidades brasileiras. Suas cartas geotécnicas possuem como objetivos: prever o conflito entre o meio ambiente e o uso do solo (ocupação) e propor medidas preventivas e corretivas.

Ainda segundo esse órgão, os produtos podem ser agrupados da seguinte forma:

- carta geotécnica: demonstram limitações e potencialidades das áreas definindo diretrizes de ocupação;
- carta de risco: avaliam os danos através de fenômenos naturais ou induzidos;
- carta de susceptibilidade: demonstram a probabilidade de ocorrência dos fenômenos naturais e induzidos;
- carta de atributos: apresenta características geotécnicas, geológicas entre outras características;
- carta de degradação: mostra os níveis de degradação e os fenômenos naturais e induzidos.

Outras metodologias de análise e interpretação de fotos e imagens se preocupam em dividir áreas que demonstrem características fisiográficas homogêneas de áreas distintas adjacentes que resultam nas características geotécnicas de uma área segundo as atividades antrópicas (VEDOVELLO, 1993). Ainda segundo esse autor, esses estudos relativos aos compartimentos fisiográficos resultam na criação das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's) que

conduzem uma metodologia de mapeamento geotécnico-geambiental dividido em três partes: compartimentação fisiográfica (caracterização e propriedades geológico-geotécnicas homogêneas), caracterização geotécnica (caracterização e propriedades geotécnicas das áreas delimitadas) e a cartografia temática final (análise e classificação em termos de fragilidades e potencialidades dos terrenos). Vedovello (2000), ainda enfatiza, que a cartografia final seja a somatória das UBC's e mais a fragilidade ou potencialidade dos terrenos.

Segundo Andrade (2009), o mapeamento representa a aplicação do conhecimento mediante os problemas resultantes da ação antrópica na paisagem, considerando que por meio do estudo do meio físico pode-se avaliar as limitações, e planejar e gerenciar melhor o uso e ocupação do solo. Ainda segundo o autor, o objetivo da cartografia geotécnica é tratar da relação homem/paisagem, sendo um instrumento e uma ferramenta tecnológica, pois trata da aplicação técnica visando obter um resultado desejado. A determinação do método adequado para sua elaboração depende da abordagem teórica da sua utilização.

Zaine (1997) desenvolveu um longo levantamento de definições sobre os mapeamentos geotécnicos citando autores como: Varnes (1974), IAEG-UNESCO (1976), Matula (1976), Cerri (1990), Nakazawa et al. (1991), Souza (1992) e Prandini et al. (1995). Segundo Cerri et al. (1990), a carta geotécnica possui uma interpretação no estabelecimento dos limites espaciais de determinadas características ou atributos do meio físico geológico.

Já Zuquette (1993) contempla que as cartas e mapas são resultados de uma avaliação para retratar os componentes presentes no meio físico e o seu comportamento frente aos diferentes tipos de uso do solo, podendo assim avaliar suas potencialidades e limitações.

De acordo com Bitar et al. (1992 apud ANDRADE, 2009) as cartas podem ser classificadas como:

- Cartas Geotécnicas Convencionais: demonstram as características dos terrenos sem muitas vezes considerar as interações das diferentes formas de uso do solo;
- Cartas Geotécnicas Dirigidas: demonstram limitações e potencialidades dos terrenos decorrentes do uso do solo, estabelecendo soluções e diretrizes para o uso do solo;
- Cartas de Suscetibilidade: demonstram a potencialidade de existências dos processos geológicos naturais e induzidos em áreas de interesse ao uso do solo;

- Cartas de Risco Geológico: avaliação do dano em potencial frente à ocupação, tendo como resultado a ocorrência de manifestações geológicas naturais ou induzidas e as conseqüências sociais e econômicas.

Segundo Zuquette e Nakazawa (1998), a cartografia geotécnica deve ser uma das metodologias de análise do meio físico indicadas para dar apoio ao planejamento urbano, territorial e ambiental, assim como, o desenvolvimento e conservação do meio ambiente.

Vedovello (2000) mostra que a cartografia geotécnica voltada às atividades de meio ambiente podem ser divididas em dois grupos: os produtos resultantes da **avaliação de áreas naturais** e os produtos resultantes da **avaliação de áreas antropizadas**.

A avaliação de áreas naturais enfocam fragilidades e potencialidades do terreno e são expressas em suscetibilidade a processos geodinâmicos ou em vulnerabilidades frente à ação antrópica. Já a avaliação de áreas antropizadas demonstram as modificações, e conflitos geoambientais existentes no terreno e coloca em evidência a análise de uso e ocupação do solo e das modificações nele processadas (Figura 22).

Vedovello (2000) enfatiza que a avaliação de áreas naturais oferece subsídios importantes para os gestores ambientais, além de construir informações que irão subsidiar a elaboração e análise da avaliação de áreas antropizadas.

2.5. Depósitos tecnogênicos

O termo tecnógeno é empregado para relacionar os estudos desenvolvidos com o objetivo de determinar quais os produtos gerados de forma direta ou indireta resultantes das atividades humanas e quais são seus processos.

Segundo Brito (2010), os estudos das transformações antrópicas surgiram no século XIX em duas vertentes: Marsh (1864) que mostra que o homem não só provoca uma ação, como essa ação, gera um resultado; e Vernadsky (1926), que colocou o homem como um agente geológico. Já no século XX vários pesquisadores estabeleceram as ações humanas em relação ao meio ambiente, discutindo as mudanças dos períodos e épocas geológicas.

No Brasil, muitos autores desenvolveram estudos de influência do homem na mudança da paisagem a partir da década de 90, analisando os fatores contribuintes para modificação das características do meio ambiente, bem como, seus resultados. Dentre eles estão: Oliveira et al. (1992); Moura et al. (1992); Dantas (1995); Peloggia (1996 e 2005); Muratori (1997); Brannstrom (1998); Cunha (2000); Bertê (2001); Souza (2001); Fujimoto (2001); Nolasco (2002); Rubin et al. (2008); Lisboa (2004); Mello et al. (2005); Estevam et al. (2005); Sobreira (2005); Korb (2006) e Figueira (2007), a maioria dos trabalhos desenvolvidos em teses e dissertações (BRITO, 2010).

Ainda Brito (2010), coloca a classificação para os depósitos tecnogênicos mostrada por Oliveira (1990), com base em Chemelon (1983), levando-se em conta sua gênese:

- Depósitos Tecnogênicos Construídos: ação direta do homem, onde há o transporte e a deposição de material (aterros e corpos de rejeitos);
- Depósitos Tecnogênicos Induzidos: processos naturais modificados (assoreamento, aluviões modernos, etc.);
- Depósitos Tecnogênicos Modificados: mudanças que ocorrem em depósitos naturais pré-existent (contaminação do solo).

Fanning e Fanning (1989) colocam uma classificação somente para os depósitos que são construídos como:

- Materiais Úrbicos: são na maioria materiais resultantes da construção civil (tijolos, vidro, concreto, plástico, metais e etc.);
- Materiais Gárbicos: material resultante de lixo orgânico resultante do homem;
- Materiais Espólicos: materiais escavados e redepositados (terraplenagem e obras civis);
- Materiais Dragados: materiais dragados de cursos d'água e colocados em áreas mais altas do que a planície aluvial.

Já Peloggia (1998), propõe outra classificação dividindo os depósitos em duas formas:

- Os depósitos de primeira ordem: correspondem aos depósitos construídos, induzidos e modificados (OLIVEIRA, 1990) e os depósitos úrbicos, gárbicos, espólicos e líticos (FANNING E FANNING, 1989);
- Os depósitos de segunda ordem: correspondem aos depósitos remobilizados, retrabalhados (NOLASCO, 1998).

Ainda segundo esse autor, os problemas na consolidação e manutenção das cidades geram a degradação ambiental, desconforto e risco de vida da população. A caracterização dos fenômenos geológicos-geotécnicos levando-se em conta principalmente os processos de dinâmica superficial, sua natureza, seus mecanismos e ocorrências resultam em subsídios para medidas de uso e ocupação do solo de forma preventiva criando projetos habitacionais e recuperação de áreas já degradadas originando planejamentos urbanos mais racionais.

3- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS GERAIS

De acordo com os objetivos propostos, as etapas de trabalho geradas no decorrer dessa pesquisa encontram-se desenvolvidas na Figura 9:

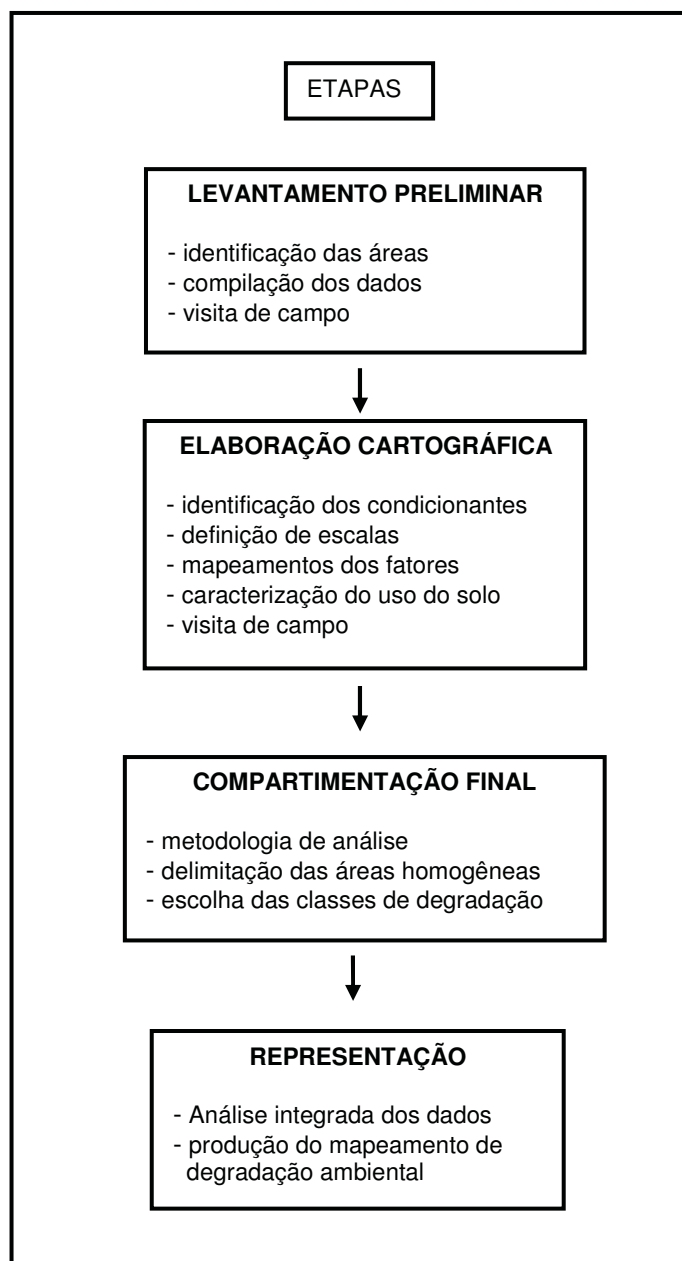


Figura 9: Etapas de trabalho utilizadas para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental das microbacias estudadas (modificado de IPT, 1994).

3.1. Levantamento Preliminar

A fase inicial dos trabalhos foi dedicada à pesquisa dos levantamentos bibliográficos e cartográficos para a escolha das áreas a serem estudadas. Como parte dessa atividade, houve a necessidade da visita ao campo para verificação do meio físico e do tipo de uso e ocupação do solo, bem como de uma primeira avaliação do estado de degradação das microbacias selecionadas.

Essa fase inicial conduziu à escolha de três áreas no Município de Guarulhos, todas com problemas de uso e ocupação inadequada, que conduziram a processos de degradação ambiental, principalmente em relação à dinâmica superficial. Essas áreas estão relacionadas a processos de loteamentos, alguns deles clandestinos, ocorridos de diferentes formas e em diferentes épocas, a partir da década de 70.

Após a seleção das áreas de estudo, pode-se então realizar um amplo levantamento bibliográfico, visitas a campo e verificar quais os tipos de metodologias e elementos cartográficos seriam mais adequados para atingir os objetivos propostos.

Essa etapa também constou na busca de referências bibliográficas sobre o assunto e do Município de Guarulhos, em especial às microbacias Taquara do Reino, Córrego do Entulho e Ribeirão Guaraçau, localizados na porção norte do município. A pesquisa teve início na consulta da legislação e de estudos realizados pelo poder público como a Lei nº 6.055, de 30 de dezembro de 2004 que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do Município de Guarulhos; o projeto de lei nº 113/2006 e a lei nº 6.253, de 24 de maio de 2007 que dispõe sobre o uso, a ocupação e o parcelamento do solo no Município de Guarulhos. Foram também pesquisados diversos documentos da Prefeitura do Município e o Plano Diretor de Drenagem, Diretrizes, Orientações e Propostas – Guarulhos (SP), apresentado em dezembro de 2008.

Foi realizado um levantamento bibliográfico para obtenção de informações em documentos sobre os problemas de uso e ocupação do solo, loteamentos e dinâmica superficial. Vale ressaltar que amplo estudos técnicos e científicos já tinham sido realizados no passado para o município como os de Juliani (1993), Diniz (1996), Mesquita (1998) e Andrade (1999 e 2009).

Com o aumento da população e agravante dos problemas de uso e ocupação do solo, a partir do ano de 2.000 muitas pesquisas foram sendo elaboradas com a criação do Laboratório de Geoprocessamento e a recomendação do Programa de Mestrado em Análise Geoambiental da Universidade Guarulhos, na qual foram desenvolvidos um conjunto de estudos ambientais para o Município de Guarulhos, como por exemplo os estudos de Graça (2007), Gomes (2008), Sato (2008) e Oliveira et al. (2009).

Juntamente a toda essa produção científica, Guarulhos teve uma necessidade maior de conhecer seu histórico cultural e de uso e ocupação do solo, tendo realizado uma série de publicações em forma de livros como: Kishi, (2005), Oliveira (2007) e Omar (2008) publicações realizadas por pesquisadores e antigos moradores do município.

Essa tese ainda contou com referências bibliográficas existentes em congressos, relatórios técnicos, simpósios e periódicos, que contemplaram um amplo estudo sobre o tema escolhido e que se encontram disseminadas nos vários capítulos que a compõem.

3.2. Elaboração Cartográfica

Para o tratamento dos dados foram utilizados uma base cartográfica através de ortofotos e base topográfica digital planialtimétrico na escala 1:1.000 da Prefeitura Municipal de Guarulhos e o mapa de uso do solo na escala 1:25.000 do projeto Bases Geoambientais para um sistema de informações ambientais do Município de Guarulhos (OLIVEIRA et al., 2009), desse projeto também foi utilizado o mapa geológico.

A montagem da base de dados espaciais foi gerada em ambiente SIG através da plataforma ArcGIS 9.3 da empresa ESRI, compatível com a escala 1:1000 ou menor com projeção UTM e datum SIRGAS 2000.

Para atualização do uso e cobertura do solo foram realizadas fotoleituras e fotointerpretações estereoscópicas com visualização e cadastramento de processos erosivos e movimentos de massa juntamente com a comprovação nos trabalhos de campo. A geração de Modelo Digital de Elevação Terreno (MDT) foi através do

módulo 3-D Analyst do ArcGIS, bem como a escolha e criação dos perfis topográficos.

3.3. Compartimentação Final

Para compatibilização de dados na base cartográfica ainda foi gerado o mapa de declividade de encostas com base no MDT e o cruzamento desses planos de informação resultaram na classificação das unidades de degradação ambiental. A fotointerpretação estereoscópica e a análise do MDT delimitaram as Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs), isso gerou a escolha das classes de degradação bem como a delimitação das áreas homogêneas.

Nessa etapa de trabalho, os métodos de análise aplicados às microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau não se mostraram eficientes quando utilizados na microbacia Córrego do Entulho, em razão do modelo de implantação de seus loteamentos. Enquanto que, no loteamento Fortaleza, a implantação se deu por meio de expressiva movimentação de terra por terraplanagem, o que modificou o perfil geral do topo à base das vertentes, nos demais a implantação ocorreu com a execução de cortes e aterros localizados, sem alterar de modo substancial o perfil geral da encosta.

A metodologia utilizada para as microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau seguiram as principais etapas e produtos criados pelo IPT como podem ser visualizados na Figura 10, que mostra a seqüência de levantamentos realizados para a elaboração da carta geotécnica.

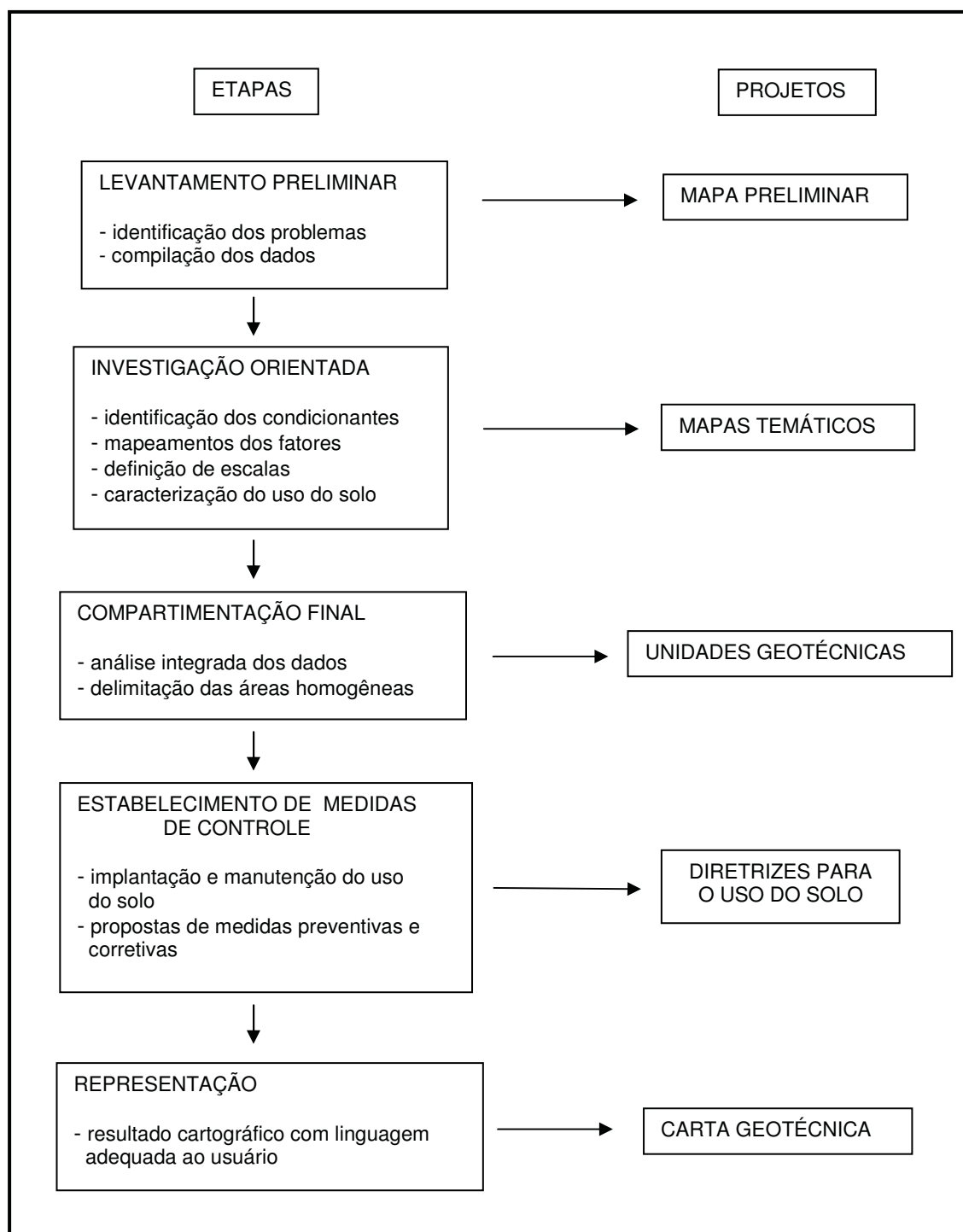


Figura 10: Fluxograma de metodologia desenvolvida pelo IPT (IPT, 1994).

Já a metodologia utilizada para a microbacia Córrego do Entulho foi a aplicada por Vedovello (2000), apresentada na figura a seguir:

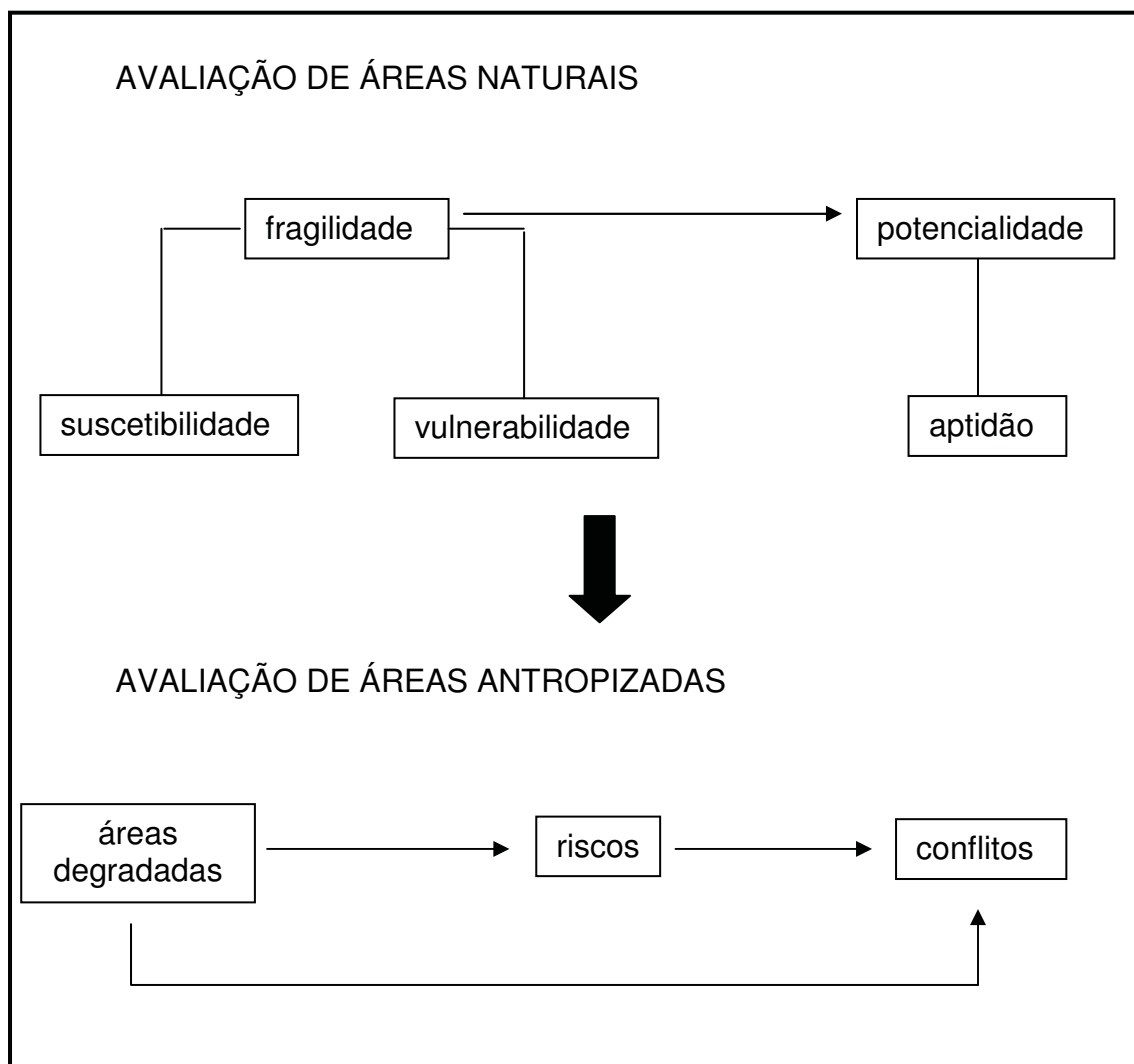


Figura 11: Caráter e tipos de produtos geotécnicos aplicados à gestão ambiental segundo Vedovello (2000).

3.4. Representação

Como resultado da análise e interpretação do material levantado pode-se então como etapa final produzir os Mapas de Degradação Ambiental para cada microbacia, bem como, comparar as diferentes formas de uso e ocupação analisando o avanço dos loteamentos ao longo do tempo.

4- ÁREAS DE ESTUDOS

4.1. Município de Guarulhos

Guarulhos localiza-se na porção nordeste da Região Metropolitana de São Paulo, sendo um dos 39 municípios que a integra. Guarulhos possui como limites os municípios de Arujá (leste), Itaquaquecetuba (sudeste), Mairiporã (noroeste), Nazaré Paulista (norte), São Paulo (sul, sudoeste, oeste) e Santa Isabel (nordeste).

Posicionado entre os paralelos 23° 16' 20" e 23° 30' 34" latitude sul e entre os meridianos 46° 20' 08" e 46° 34' 13" longitude oeste de Greenwich, o município é cortado pelo Trópico de Capricórnio e possui como principais acessos rodoviários a Rodovia Presidente Dutra (BR 116) principal eixo São Paulo/Rio de Janeiro; a Rodovia Fernão Dias (BR 381) eixo São Paulo/Belo Horizonte; Rodovia Ayrton Senna da Silva (SP 70) eixo São Paulo/Taubaté e a Avenida Santos Dumont (antiga estrada Guarulhos/Nazaré Paulista) eixo São Paulo/Nazaré Paulista (Figura 12).

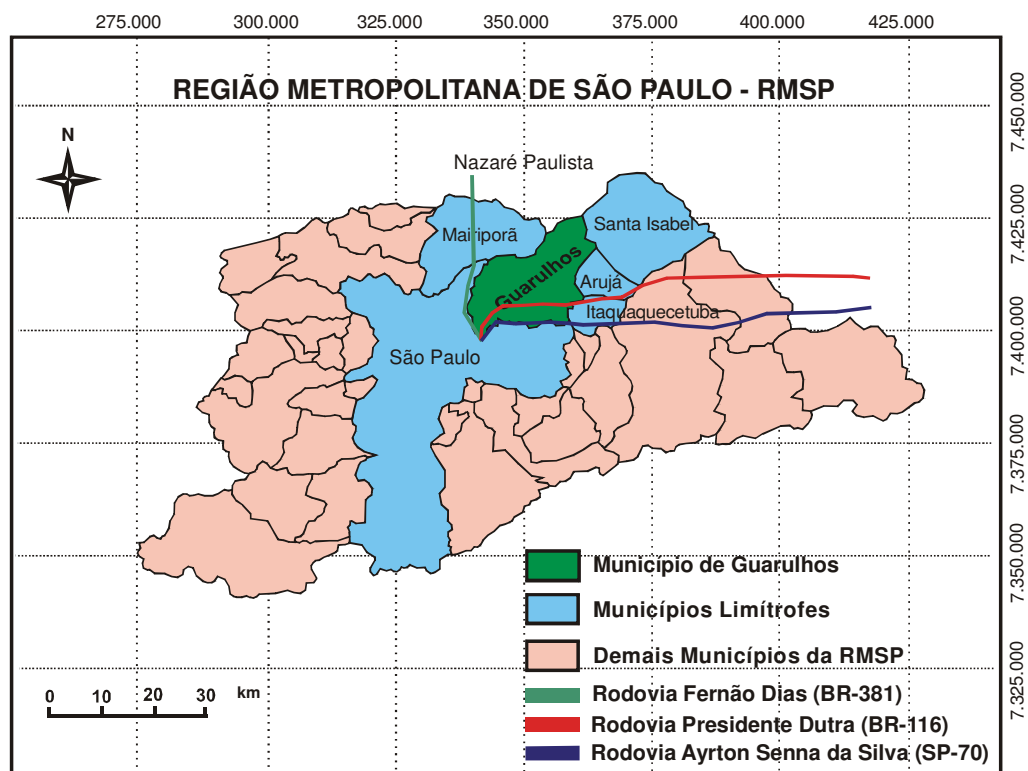


Figura 12: Principais acessos rodoviários do Município de Guarulhos (modificado de PMG, 1996).

O Município de Guarulhos possui uma área de 320 km², distribuídos em 47 bairros (Figura 13), denominados a seguir: (1) Ponte Grande; (2) Porto da Igreja; (3) Várzea do Palácio; (4) Itapegica; (5) Vila Augusta; (6) Centro; (7) Macedo; (8) Fátima; (9) São Roque; (10) CECAP; (11) Jardim Vila Galvão; (12) Tranqüilidade; (13) Gopoúva; (14) Maia; (15) Paraventi; (16) Bom clima; (17) Monte Carmelo; (18) Vila Barros; (19) Vila Galvão; (20) Torres Tibagy; (21) Picanço; (22) Vila Rio; (23) Cocaia; (24) Morros; (25) Bela Vista; (26) Taboão; (27) Cabuçu; (28) Cabuçu de Cima; **(29) Invernada**; (30) Tanque Grande; (31) Bananal; **(32) Fortaleza**; (33) São João; (34) Lavras; (35) Mato das Cobras; (36) Capelinha; **(37) Água Azul**; (38) Morro Grande; (39) Presidente Dutra; (40) Bonsucesso; (41) Sadokim; (42) Pimentas; (43) Água Chata; (44) Aracilia; (45) Itaim; (46) Cumbica; (47) Aeroporto (IBGE, 2007 apud OLIVEIRA et al., 2009).

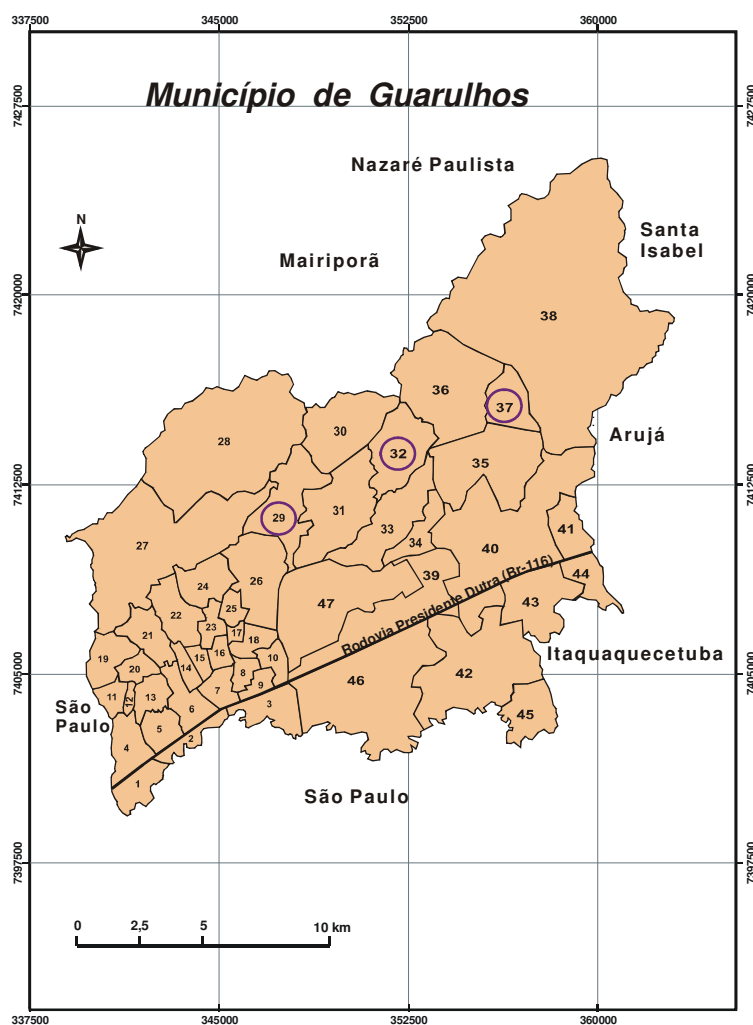


Figura 13: Bairros do Município de Guarulhos com a localização das áreas estudadas (modificado de PMG, 2004).

4.1.1. Características Geoambientais do Município de Guarulhos

Para melhor compreender os aspectos fisiográficos (geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrográficos) da paisagem Guarulhense, é importante salientar que o município pode ser subdividido em dois macrocompartimentos, o norte (alto) e o sul (baixo) separados entre si pela Falha do Rio Jaguari (GRAÇA, 2007; OLIVEIRA et al., 2009), conforme ilustrado na Figura 14. A análise que se segue obedece à essa divisão.



Figura 14: Divisão do Município de Guarulhos, em macrocompartimentos norte (alto) e sul (baixo), limitados pela Falha do Rio Jaguari (GRAÇA, 2007).

Geologia

De acordo com Andrade (1999), o substrato rochoso do município se resume aos terrenos cristalinos (Pré-Cambrianos) presentes na região norte em relevos de morros e montanhas e, ao sul, terrenos sedimentares (Terciários e Quaternários) presentes nas colinas, morrotes e nas planícies aluvionares (Figura 15).

Com base em Oliveira et al. (2009), o território de Guarulhos insere-se no contexto geotectônico da Região de Dobramentos Sudeste, mais especificamente relacionada ao Orógeno Ribeira integrante da Província Mantiqueira, que se desenvolveu durante a Orogenia Neoproterozóica Brasileiro-Pan Africana (Ciclo Brasileiro), que teve início em torno de 1,0 Ga e findou há cerca de 650 Ma.

Segundo ainda esses autores, o embasamento geológico do território de Guarulhos é formado por rochas pré-cambrianas relacionadas aos Domínios São Roque e Embu. O Domínio São Roque corresponde aos Grupos: Serra do Itaberaba que é a unidade pré-cambriana predominante, sendo representada pela Formação Morro da Pedra Preta, pela Formação Nhanguçu e pela Formação Pirucaia, e o Grupo São Roque representado pela Formação Piragibu e o Domínio Embu.

Os terrenos sedimentares Terciários, relacionados à Bacia Sedimentar de São Paulo, distribuem-se principalmente na região sul do território de Guarulhos, notadamente a sul da Falha do Rio Jaguarí. Trata-se de uma seqüência sedimentar continental, sendo em Guarulhos correlacionada com a unidade conhecida como Formação Resende, unidade basal e lateral do Grupo Taubaté (OLIVEIRA et al., 2009). É composta, predominantemente, por sedimentos clásticos grossos (conglomerados, arenitos conglomeráticos e grossos) e finos (siltitos e argilitos) (BEDANI, 2008).

Os terrenos Quaternários correspondem aos aluviões nos fundos dos vales e aos colúvios. Os aluviões ocorrem de forma expressiva e estão em formação até os dias de hoje nos fundos de vale dos rios Tietê, Cabuçu de Cima e Baquirivu-Guaçu, e, em menor proporção nos fundos de vale dos afluentes.

O principal tipo de estrutura geológica são as foliações metamórficas marcantes (SW-NE) do tipo xistosidade e secundariamente, clivagens, fraturas e falhas e alguns lineamentos e eixos de dobras.

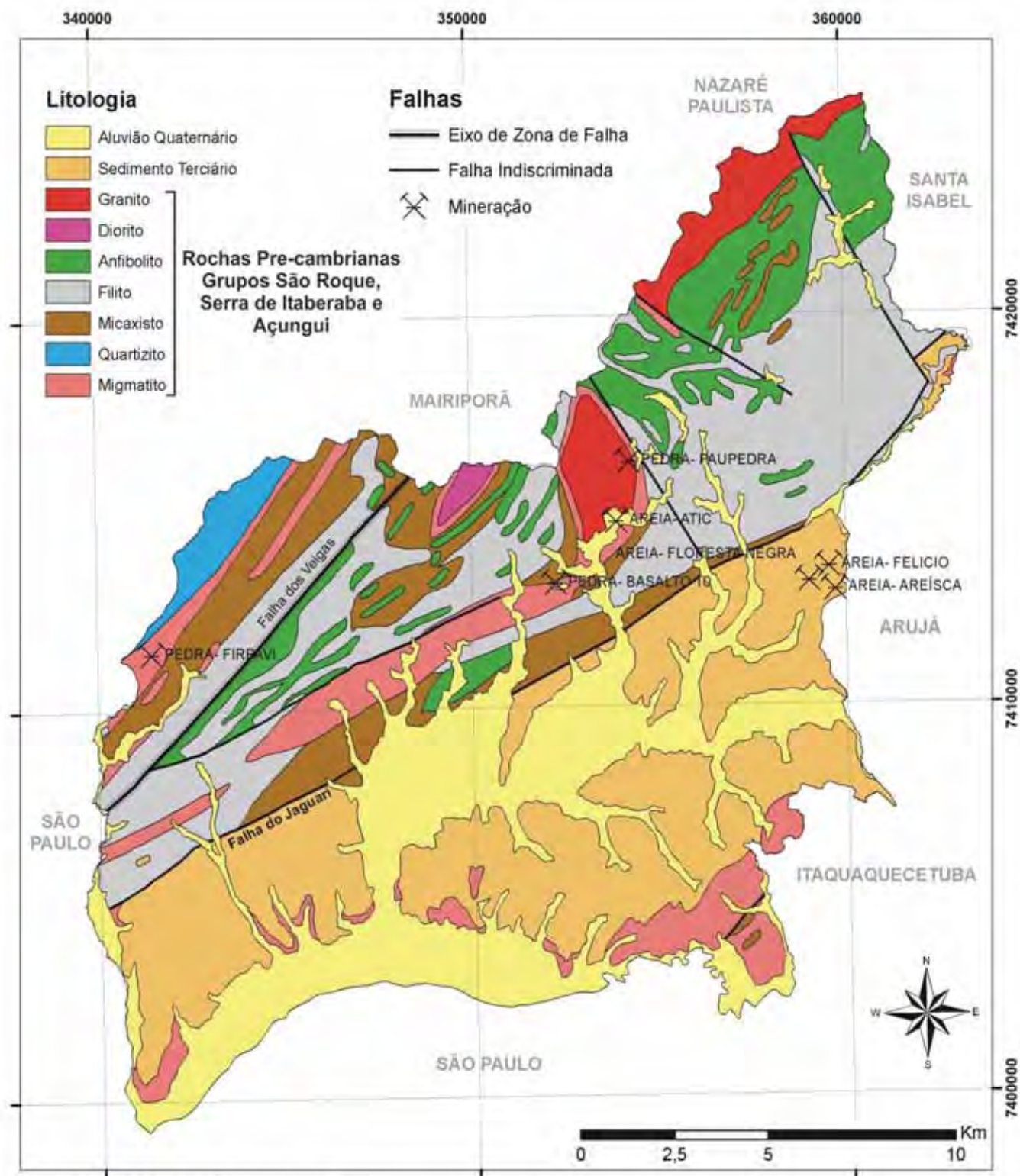


Figura 15: Arcabouço geológico do Município de Guarulhos, evidenciando as principais unidades litológicas e as feições estruturais. (EMPLASA, 1984 apud ANDRADE e OLIVEIRA, 2008).

Geomorfologia

Segundo Andrade e Oliveira (2008), o relevo presente em Guarulhos encontra-se sob o domínio geomorfológico do Planalto Atlântico (Figura 16), onde verifica-se a presença de morros, serras e planícies aluvionares.

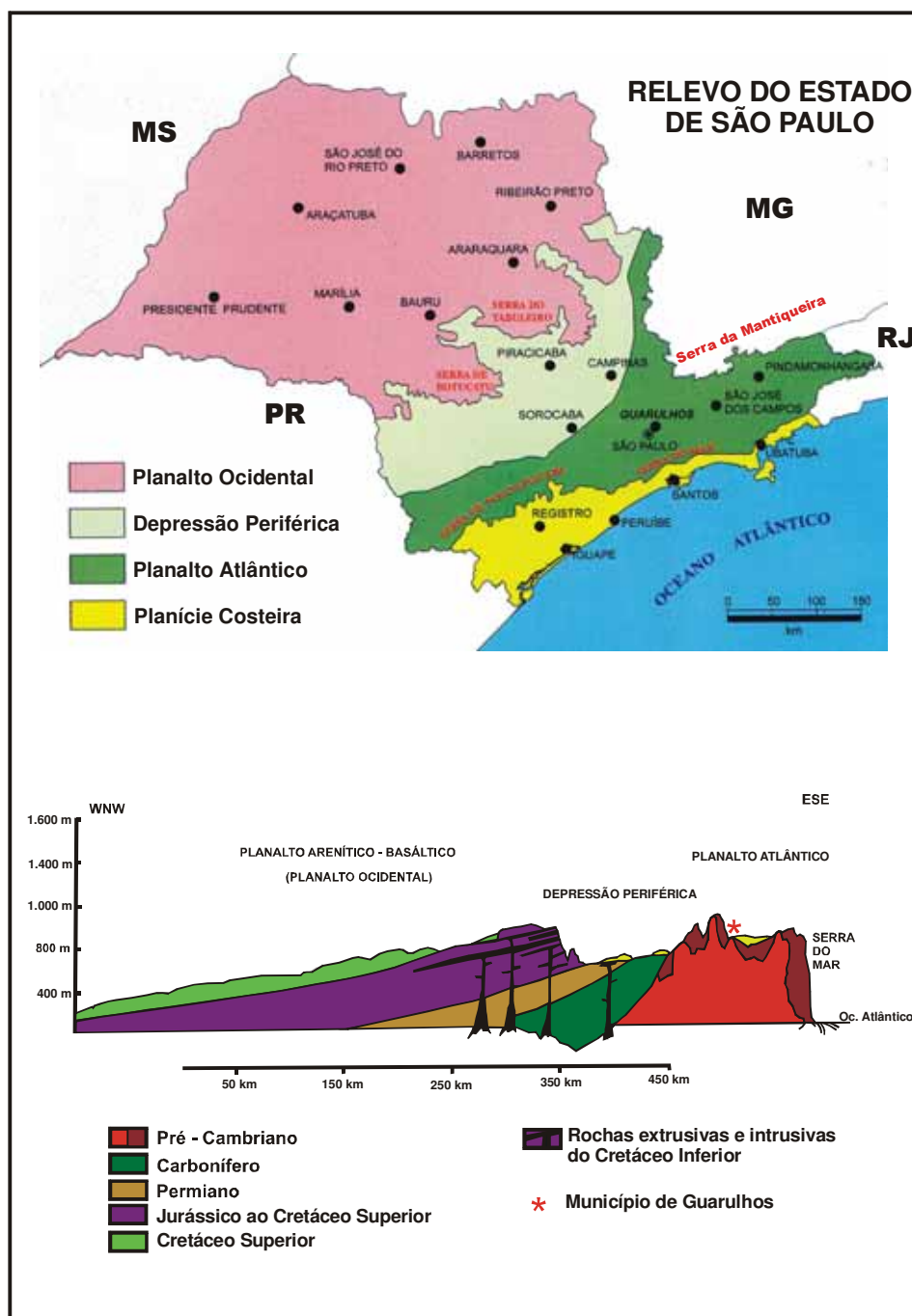


Figura 16: Seção geológica-geomorfológica esquematizada do Estado de São Paulo (OLIVEIRA, 2007; IPT, 1981 apud GRAÇA, 2007).

O relevo mais acidentado do Município de Guarulhos localiza-se a norte e a nordeste, representada por altitudes maiores que 1.000 metros, onde se encontram as serras denominadas de Pirucaia (Cantareira), Bananal e de Itaberaba (Pico do Gil) (Figura 17).

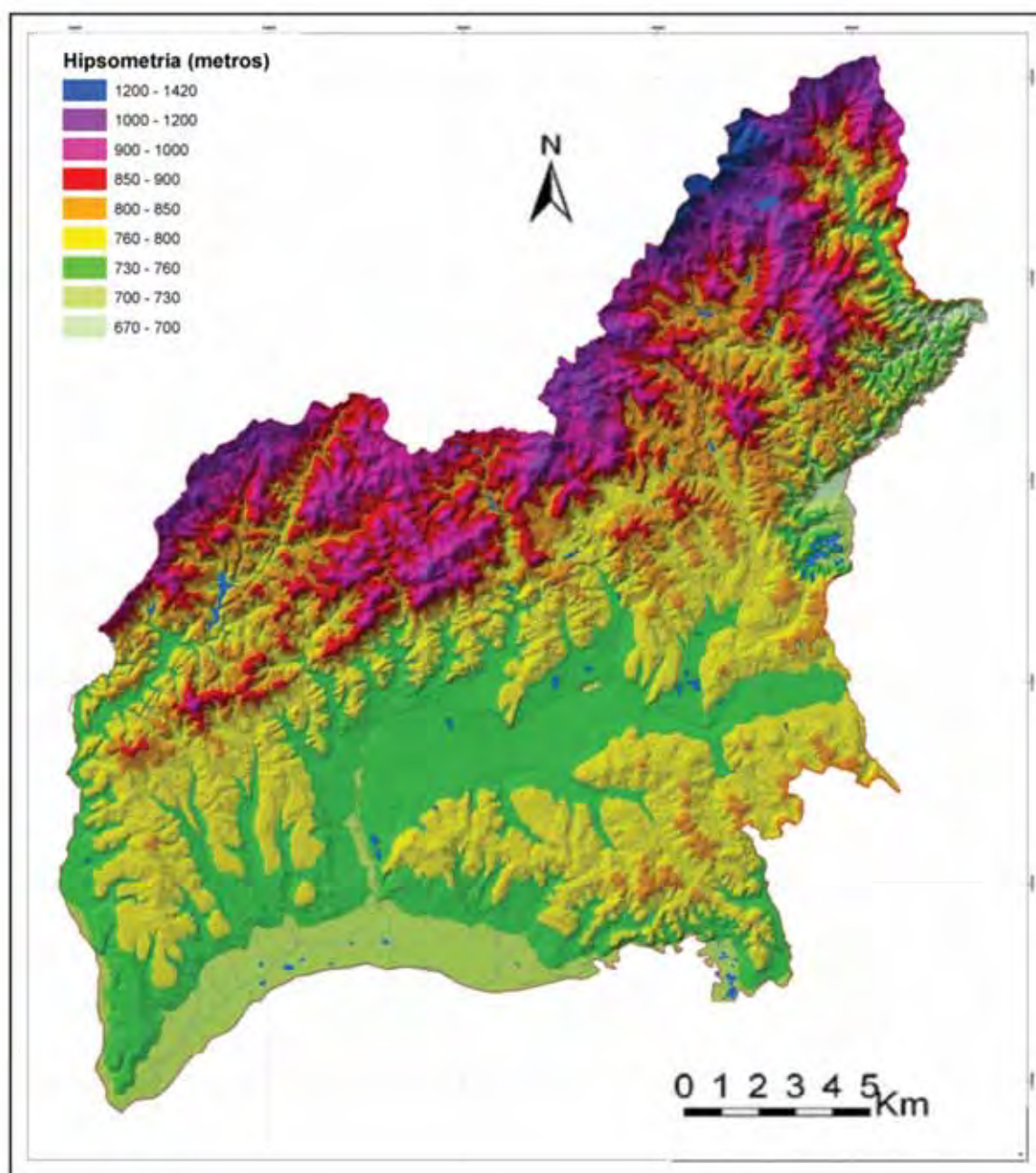


Figura 17: Faixas hipsométricas observadas no território de Guarulhos. (adaptado de OLIVEIRA, 2007).

As principais formas de relevo, associadas aos terrenos pré-cambrianos, são as serras, os morros altos e baixos, conforme classificação proposta por Andrade (1999) na Tabela 7 e ilustrado na Figura 18.

Tabela 7: Classificação morfológica do relevo de Guarulhos.

UNIDADES DE RELEVO	CARACTERÍSTICAS
Planície	Predominam declividades de até 5% e amplitudes inferiores a 10 metros. Canais de drenagem sinuosos quando não retificados.
Colinas	Predominam declividades de até 30% e amplitudes topográficas de até 40 metros. Padrão dendrítico a sub-paralelo com média densidade de drenagem.
Morrotes	Predominam declividades de até 30% e amplitudes topográficas de até 60 metros. Padrão dendrítico a sub-paralelo com média densidade de drenagem.
Morros baixos	Predominam declividades de até 45% e amplitudes de até 100 metros. Padrão dendrítico com alta densidade de drenagem.
Morros altos	Predominam declividades superiores a 45% e amplitudes de até 150 metros. Padrão dendrítico com alta densidade de drenagem.
Serras	Predominam declividades de até 45% e amplitudes superiores a 150 metros. Padrão dendrítico com alta densidade de drenagem.

Fonte: ANDRADE (1999) apud ANDRADE e OLIVEIRA (2008).

Na análise desse relevo, são marcantes as encostas longas e com alta declividade, as grandes elevações e os vales encaixados.

No compartimento sul, a topografia é mais suave e forma relevo de morrotes, colinas e planícies, com um padrão de drenagem com densidade menor, em relação ao compartimento norte, caracterizado por uma densa rede de drenagem.

Nesse compartimento, a menor altitude verificada no município ocorre junto ao córrego do Rio Jaguarí, na divisa com o Município de Arujá, com 660 metros.

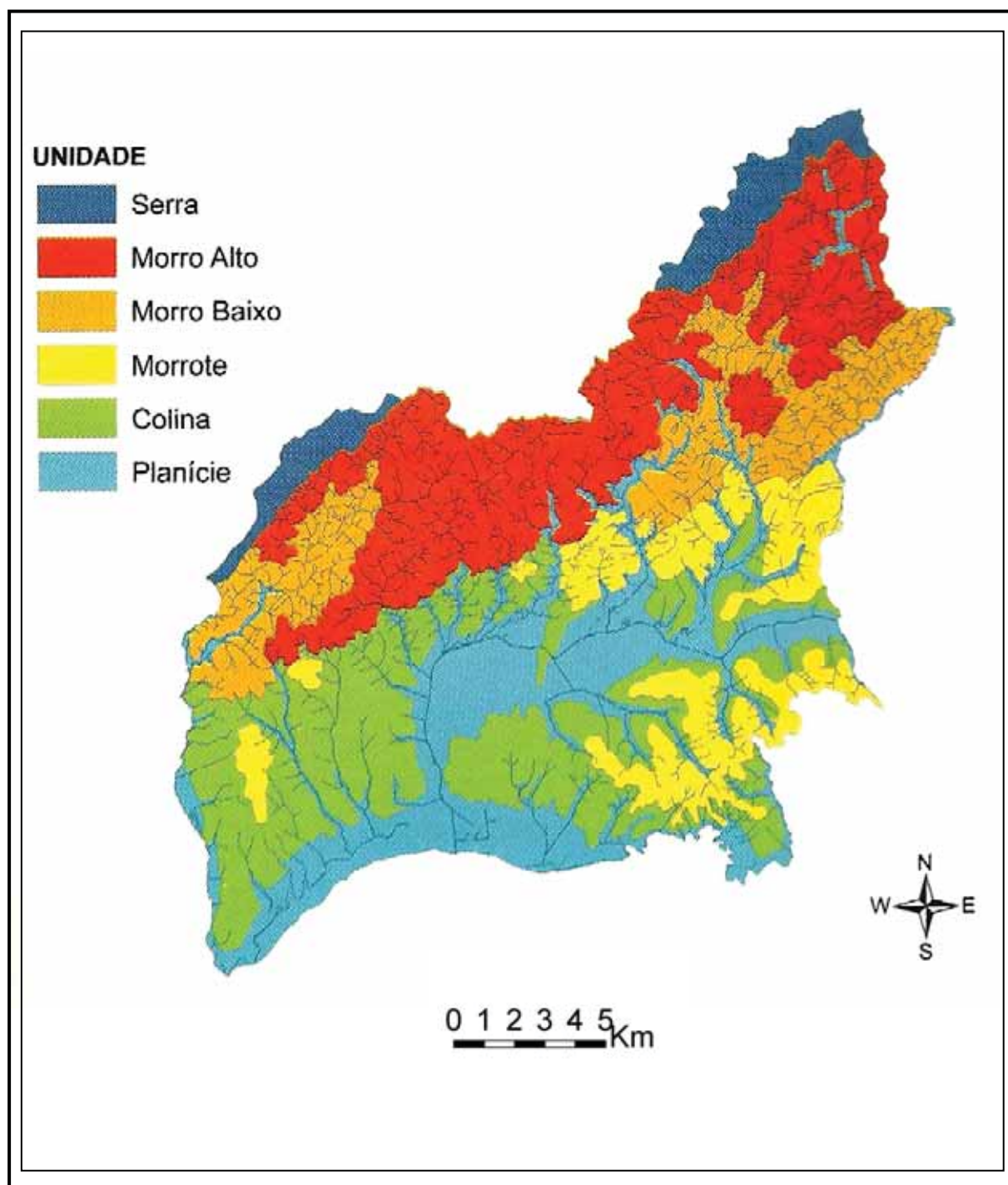


Figura 18: Mapa do Relevo do Município de Guarulhos (ANDRADE, 1999).

Pedologia

Os solos predominantes no Município de Guarulhos são os Latossolos, variedade vermelho-amarelo, e secundariamente os argissolos, ambos em geral muitos argilosos. Em relevos acidentados podem ser encontrados os cambissolos e neossolos; já nos fundos de vale encontram-se gleissolos orgânicos e argissolos, como pode ser observado nas várzeas dos rios Tiête e Baquirivú-Guaçu (ANDRADE e OLIVEIRA, 2008; OLIVEIRA et al., 2009).

Bacias Hidrográficas

Segundo o Plano Diretor de Drenagem de Guarulhos (PMG, 2008), a maior parte do município encontra-se inserida na Bacia do Alto Tietê (UGRHI 6) juntamente com 34 outros municípios.

Essa bacia corresponde a 83,6% do território e engloba o rio Tiête e seus afluentes; já o restante é pertencente à Bacia do Paraíba do Sul (UGRHI 2), que abrange os 16,4% do município (SANTOS, 2005).

De acordo com Oliveira et al. (2009), no território de Guarulhos encontram-se presentes as seguintes bacias hidrográficas (Figura 19): Rio Jaguarí (61 Km²), Rio Cabuçu de Cima (48,7 Km²), Canal de Circunvalação-Central (33,1 Km²), Rio Baquirivú-Guaçu (149,6 Km²), além de um conjunto de outras menores que deságuam diretamente no Rio Tietê (25,9 Km²).

Entre as bacias do Alto Tietê, duas estão localizadas totalmente no município (Canal de Circunvalação-Central e dos pequenos contribuintes do Tietê), e as demais (Rio Cabuçu de Cima e Rio Baquirivú-Guaçu) têm seu território compartilhado com outros municípios.

Segundo Graça (2007), na zona rural do município, encontram-se as áreas de proteção aos mananciais, declaradas através da Lei Estadual nº 898/75 e regulamentadas pela Lei Estadual nº 1.172/76, formadas por partes das bacias hidrográficas do Rio Cabuçu de Cima (26 km²), Ribeirão Tanque Grande (12 km²), e Rio Jaguari (61 km²), totalizando 99 km² ou 31% do território municipal.

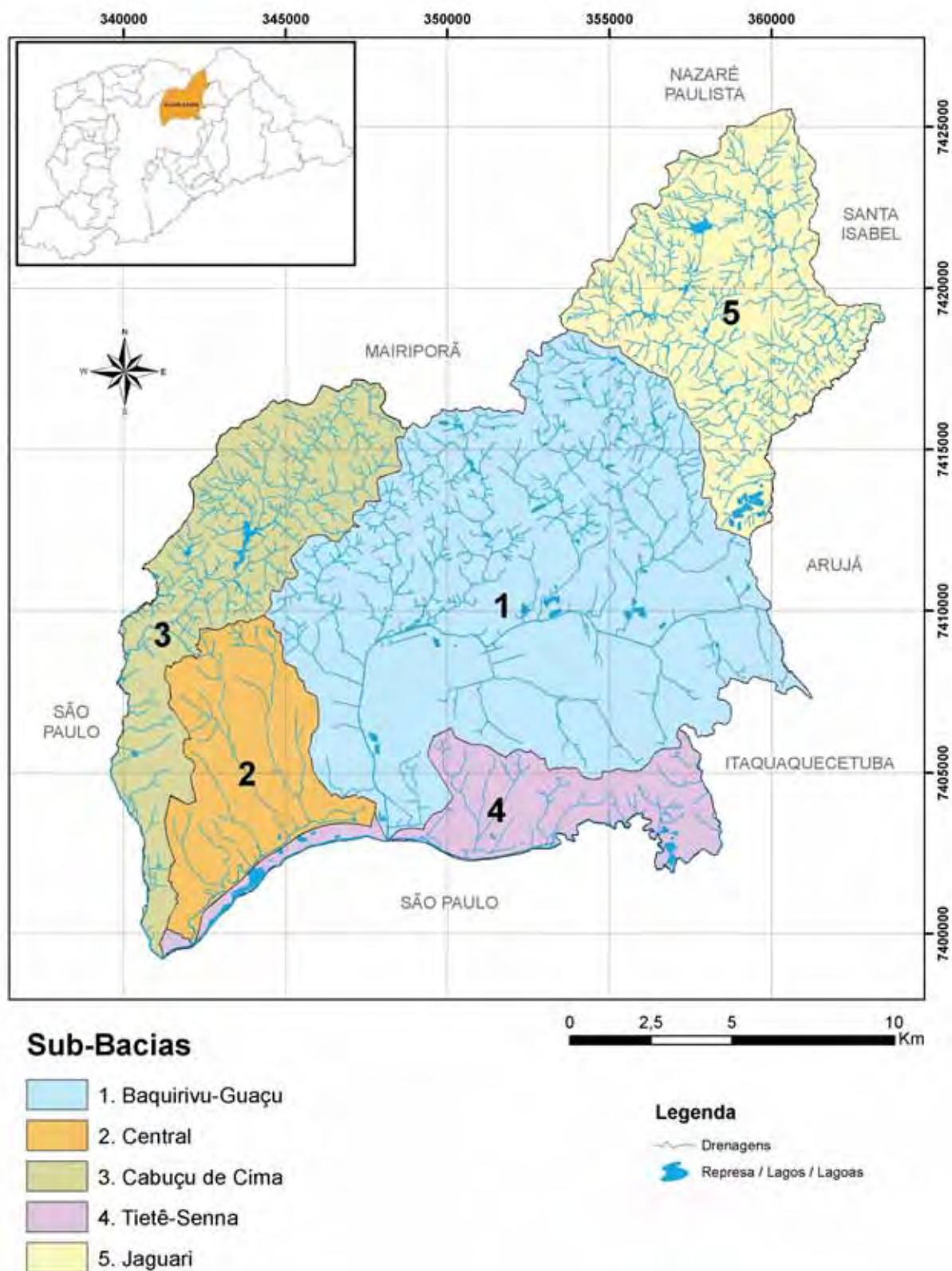


Figura 19: Mapa das bacias hidrográficas no Município de Guarulhos (OLIVEIRA et al., 2009).

Clima

De acordo com Nimer (1989), a posição geográfica do município de Guarulhos, próximo do Trópico de Capricórnio, confere-lhe forte radiação solar e uma posição de transição entre duas grandes regiões dominadas por climas muito diferentes: o sul, controlado pelas massas de ar de origem polar, e o nordeste, pelas massas de ar provenientes da Zona de Convergência Intertropical e a Zona de Influência dos Ventos Alísios, por sua vez impulsionados pelo Anticiclone Móvel do Atlântico Sul.

Segundo Andrade (1999), o município corresponde a um clima do tipo úmido, com domínio de massas de ar com origem tropical e polar, com influências de correntes atmosféricas polares marítimas, em termos de domínio climático, Guarulhos tem como predomínio o Mesotérmico Brando Úmido, com a presença de um a dois meses mais secos.

Já Coutinho et al. (2003), realizando uma relação do clima com a topografia, verificou a existência no município de duas áreas distintas quanto à altitude: as áreas altas, que variam de 700 e 800 m, correspondentes ao Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulista e as áreas mais altas, que variam entre 800 a 1.400 m, correspondentes ao Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira.

Com relação à temperatura, Guarulhos possui inverno frio e seco, com temperaturas médias que podem atingir 15°C, enquanto que nos meses de verão a média pode variar entre 23°C e 24°C. Quanto a precipitação anual, no ano de 2000, a media foi de 1666.2 mm, apresentando anos com precipitações menores (INPE, 2006 apud GRAÇA, 2007).

Flora e Fauna

Segundo o Radam Brasil (1983 apud GRAÇA, 2007), Guarulhos insere-se no domínio da Floresta Ombrófila Densa (floresta tropical pluvial, ou Mata Atlântica). Porém, devido à diminuição progressiva da temperatura a partir da costa do Estado de São Paulo, em direção ao planalto, observa-se a presença da Floresta Estacional Semidecidual.

De acordo com Andrade e Oliveira (2008), a cobertura de vegetação remanescente de Mata Atlântica existente no município corresponde a 33% do seu território distribuídos nas porções norte e nordeste do município e algumas áreas na

região urbanizada. Ainda podem ser encontradas no município algumas florestas de várzeas (regiões úmidas) e pequenas áreas de cerrado ao longo das rodovias ou topo de morros.

A biodiversidade de Guarulhos tanto de flora como de fauna encontra-se relacionadas à Mata Atlântica, predominante no município, com alguns exemplos de flora: jequitibá-branco, palmito juçara, pau-jacaré e embaúba. Na parte de fauna encontram-se ainda espécies como: suçuarana, lontra, bugio e macaco prego, além de muitas espécies de aves.

Graça (2007) salienta que Guarulhos ainda possui uma área da Serra da Cantareira (Figura 20), tombada no fim do século XIX, para garantir o abastecimento de água da cidade através das represas Engordador, Barrocada e Cabuçu.

Guarulhos ainda apresenta como unidades de conservação de sua biota e de suas paisagens naturais a Reserva Biológica Burle Marx (Unidade de Conservação Municipal); a APA da Várzea do rio Tietê; a APA do Vale do Paraíba; a APA Cabuçu – Tanque Grande; o Parque Ecológico do Tietê; o Parque Estadual da Cantareira; o Parque de Reserva Ambiental Tupinambá; os Reservatórios do Cabuçu, Tanque Grande e Jaguari (PMG, 2004).

4.1.2. Uso e Ocupação atual do solo no Município de Guarulhos

O uso e a ocupação do solo no município vêm de um longo histórico de ciclos econômicos tendo-se iniciado com o garimpo do ouro. Posteriormente, essa ocupação passa a aumentar no momento em que começam a ser explorados em Guarulhos outros materiais como a argila, areia e a brita. Esse crescimento inicial foi do tipo conhecido como polinucleado, na década de 50 com a execução do Plano Rodoviário Nacional, ocasião que instalam-se duas grandes rodovias no município: Presidente Dutra e Fernão Dias.

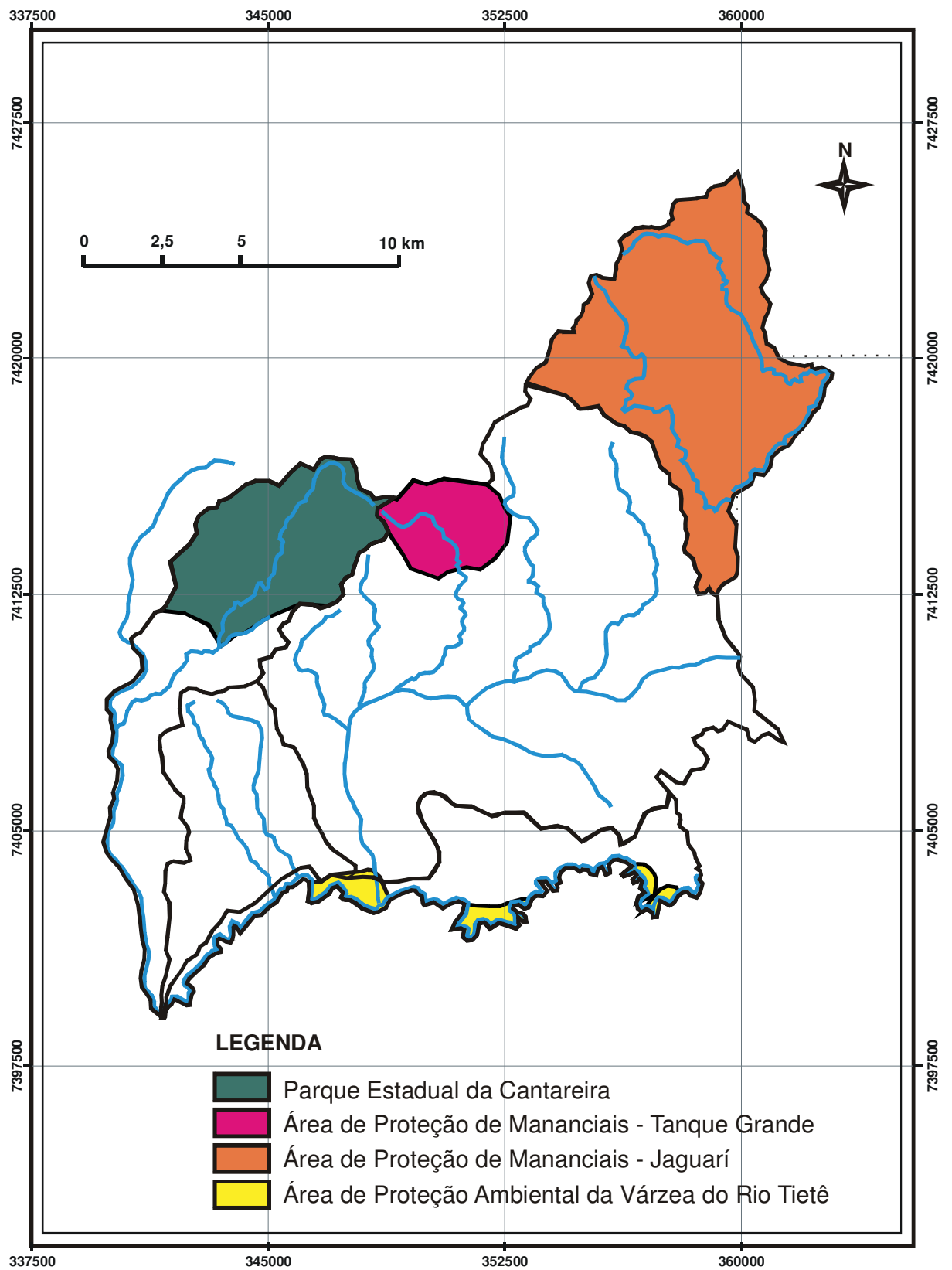


Figura 20: Algumas áreas de proteção ambiental do Município de Guarulhos (SIGAM, 2006 apud GRAÇA, 2007).

De acordo com o uso e a ocupação do solo, em seguida pode-se observar que as áreas mais altas que haviam sido abandonadas pela extração do ouro começaram a ser procuradas pela agricultura e pecuária e as áreas mais baixas deram início à fase industrial.

Devido à forte industrialização, na década de 70, o contingente humano condicionou a formação de loteamentos efetuados sem grandes preocupações.

Segundo Andrade e Oliveira (2008), a construção do espaço urbano se faz pela necessidade de ocupação como residenciais, comerciais, industriais e de serviços. O próprio parcelamento do solo vai ocorrendo de acordo com a necessidade da abertura de novos loteamentos e do sistema viário.

Ainda na década de 70, surgem as legislações estaduais de proteção aos mananciais e de zoneamento industrial com a preocupação de segurar o crescimento econômico e ambiental da Região Metropolitana de São Paulo.

Segundo PMG (1996), em 1978 é implantado o Projeto Cura na região oeste da cidade, onde na época de maior densidade, foi contemplada com a implantação de equipamentos comunitários e obras de engenharia (drenagem, pavimentação, água e esgoto).

Na década de 80, a implantação do Aeroporto Internacional de São Paulo-Cumbica, Terminal de Tancação de Combustível da Petrobrás, Terminal Intermodal de Cargas Leste, a duplicação da Rodovia Presidente Dutra e a instalação da Rodovia Ayrton Senna, contribuíram para a intensificação da ocupação na porção leste do Aeroporto e sul da Rodovia Presidente Dutra.

O bairro do Aeroporto, apesar de ser ocupado em sua maior parte com os terminais de carga/descarga e embarque/desembarque, e as pistas de pouso e decolagem, constitui um complexo com usos diversos, solos expostos, áreas urbanizadas (Base Aérea), campos antrópicos, reflorestamentos e matas (Mata da Base Aérea), se situa no centro do território, assim como a Via Dutra a sul e a linha de transmissão da Companhia Furnas (LTCF) a norte do aeroporto, disposta na direção sudoeste – nordeste (OLIVEIRA et al., 2009),

Em 1990, tem início o processo de direcionamento dos investimentos de infraestrutura como água, luz, pavimentação e de serviços sociais principalmente para as regiões de Bonsucesso, Pimentas e Cumbica com uma idéia de visão global do município. Nessa mesma época ocorre o ordenamento de uma legislação

urbanística, Lei de Zoneamento, Código de Edificações, Código de Posturas e Lei de Hierarquização Viária.

A partir de 2000, Guarulhos começa a ocupar os locais ao redor dos bairros com infraestrutura já instalada (Figura 21). Muitas dessas ocupações geraram loteamentos desordenados e totalmente irregulares, surgindo então, o Projeto de Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do Município de Guarulhos (Lei nº 6.055, de 30 de dezembro de 2.004).

Esse Plano Diretor foi criado ao longo de um processo de 2 anos divididos em cinco etapas: a primeira contemplou o estudo da área física-territorial e socioeconômica do município originando um diagnóstico preliminar; a segunda teve uma visão mais social na preocupação de demonstrar e discutir com a população para conhecimento da realidade social do município; a terceira etapa foi a preocupação de colocar o Plano Diretor no processo de discussão do Programa Planejando o Futuro de Guarulhos com o intuito de abranger o desenvolvimento urbano, econômico e social.

A quarta fase correspondeu à construção e revisão de textos para na quinta e última fase realizar os debates públicos quando foram apresentadas as diretrizes do plano em vários seguimentos sociais: organizações empresariais e sindicais, igrejas, movimentos sociais, lideranças de bairros, conselhos municipais e organizações de profissionais liberais. Para, enfim, sua finalização, como está prevista no Estatuto da Cidade, a passagem pelo Poder Legislativo.

Foram estipuladas no Plano Diretor (PMG, 2004) um novo conceito de orientação e ordenamento do uso do solo do tipo macrozoneamento, dividindo o município em cinco macrozonas: urbanização consolidada, urbanização em desenvolvimento, de dinâmica econômica e urbana, de uso rural urbano e de Proteção Ambiental (Figura 22).

Com a criação do Projeto Lei do Plano Diretor em 2004 outros produtos são iniciados para complementar um melhor desenvolvimento estrutural e social do município, como também o existente Plano Diretor de Drenagem, o Plano do Sistema Viário e o Plano de Resíduos Sólidos do Município (PMG, 2008).

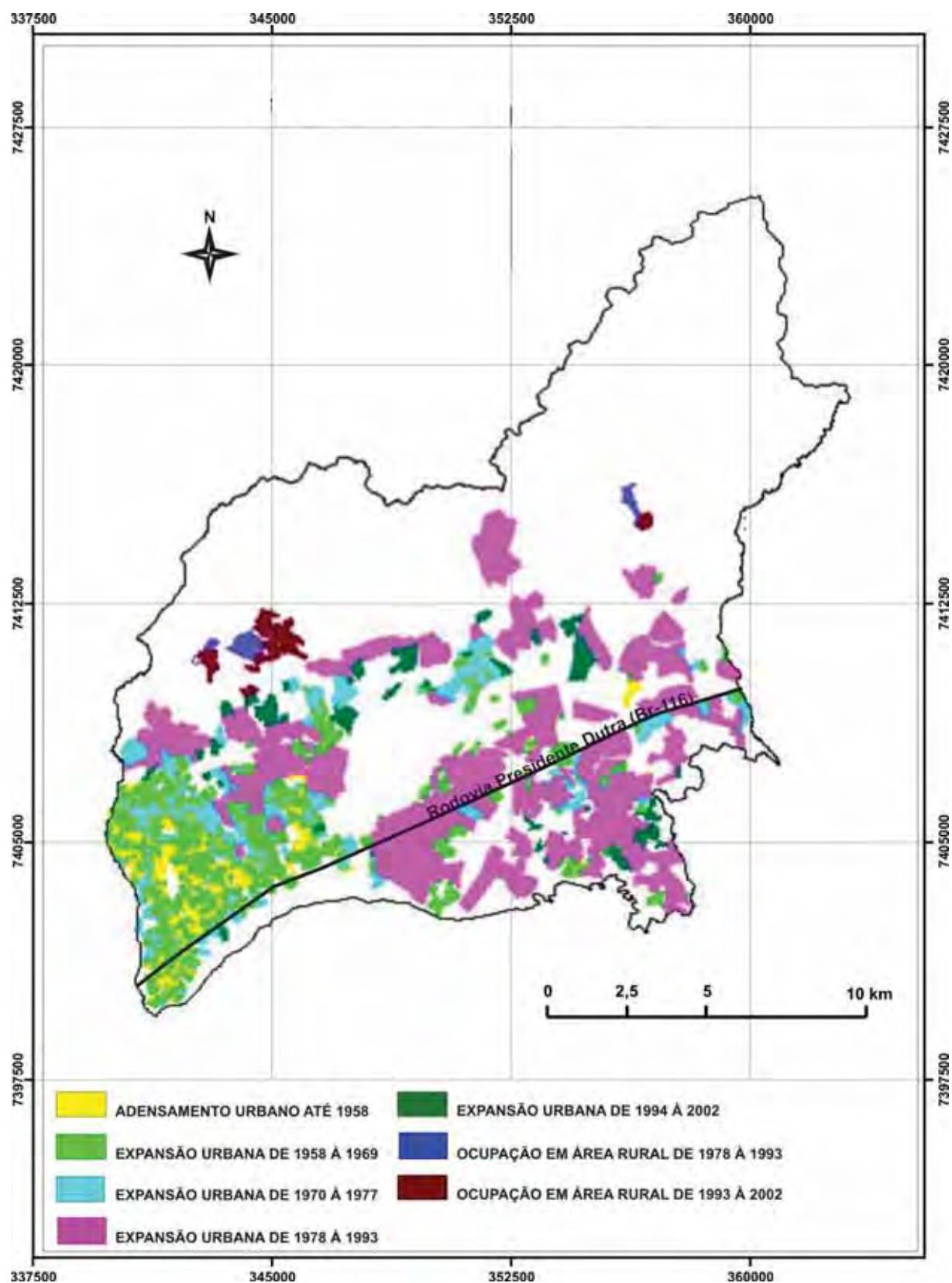


Figura 21: Evolução urbana do Município de Guarulhos (PDD, 2008 apud ANDRADE, 2009).

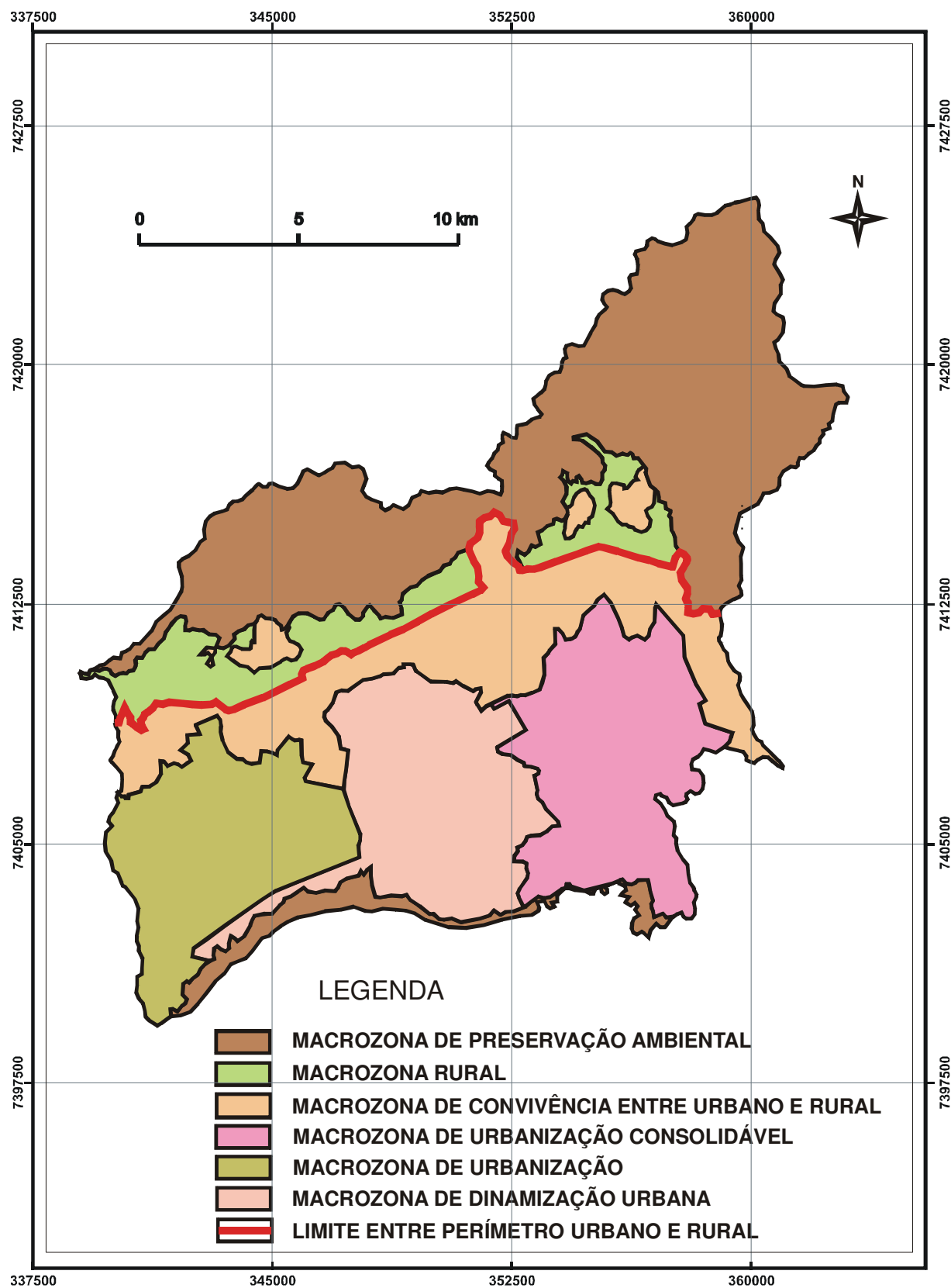


Figura 22: Macrozoneamento do Município de Guarulhos (PMG, 2004).

Este plano estabelece diretrizes para a atuação municipal no controle das inundações e enchentes, a partir da identificação das condições em que esses fenômenos são originados e como eles repercutem na cidade. Para enfrentar esses problemas são propostas diversas ações, cujo objetivo inicial é o de prevenir esse agravamento da situação atual.

Considerando que a área do município está situada no interior de grandes bacias hidrográficas, o sucesso no enfrentamento de seus problemas também depende de como os governantes, as empresas e a população dessa região deverão lidar com as águas em seus territórios. Essa condição requer que o Município de Guarulhos, além de trabalhar intensamente na sua área, passe a discutir suas propostas e soluções também com o governo estadual e as prefeituras vizinhas (PMG, 2008).

Segundo Oliveira et al. (2009), a situação atual do município corresponde a uma concentração de áreas urbanas de 77,37 km² (24,24%) com destaque as classes de alta densidade de urbanização, tanto em áreas consolidadas (57,74 km², ou 18,09%), quanto as não consolidadas (13,29 km², ou 4,16%).

A maior porção urbana e mais homogênea encontra-se nos bairros próximos ao centro de Guarulhos, com usos habitacionais, comerciais e de serviços, e nos bairros que estão a oeste do aeroporto. Podem-se verificar outros usos urbanos significativos ao sul do aeroporto, com fábricas e galpões, correspondentes à área industrial que atingem 29 km² (9%) do município.

As áreas naturais mais preservadas correspondem a 190 km² (34%) nos bairros do Cabuçu de Cima (representando pelo Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, a noroeste) e no bairro do Morro Grande, a nordeste, onde ocorrem grandes propriedades rurais. Dessas áreas, 52,13 km² (16,33%) correspondem a campos; 7,23 km² (2,26%) de reflorestamento; 4,31 km² (1,35%) de áreas de cultivo agrícola e cerca de 7 km² (2,2%) de chácaras e edificações rurais (OLIVEIRA et al., 2009).

Pode-se verificar um avanço de áreas urbanas para norte, representadas pelos bairros Cabuçu, Invernada, Fortaleza e Água Azul, uma expansão para nordeste e leste do aeroporto pelos bairros São João, Bonsucesso e Presidente Dutra. Ao sul, os bairros dos Pimentas e Itaim, crescem junto aos bairros da zona leste do município de São Paulo, presentes do outro lado do rio Tietê.

Todos esses bairros possuem crescimento desordenado muitas vezes com predomínio de uma população de baixa renda e deficiência de infraestrutura urbana, mas que estão em processo de expansão.

Guarulhos possui, ainda, áreas de mineração localizadas em três bairros da Capelinha (pedreira Paupedra), Fortaleza (pedreira Basalto) e Bonsucesso (porto de areia Areísca e Floresta Negra). Próximo a essas áreas de mineração encontram-se áreas de reflorestamento, que existem também nos bairros do Cabuçu, Bananal e Sadokim.

As agriculturas de hortaliças estão na sua maioria nos bairros de Bonsucesso, Bananal, Lavras, Sadokim e São João que corresponde à várzea do rio Baquirivú-Guaçu, mas também com pequenos focos nos bairros Cabuçu, Tanque-Grande, Taboão, Capelinha, Morro Grande, Pimentas e Itaim com predomínio de chácaras e edificações rurais.

Guarulhos ainda abrange o Parque Ecológico do Tietê entre os bairros Ponte Grande e Pimentas, o aterro sanitário Quitaúna (Cabuçu), bota-fora CDR (Cabuçu), presídios (Várzea do Palácio), tanques de combustíveis da Petrobrás (Cumbica), estação de transmissão e distribuição de energia (Itapegica) e cemitérios (Centro, Vila Rio, Picanço e Taboão).

O município deve receber nos próximos 10 anos obras de grande porte como: o Rodoanel (trecho Norte), a criação da 3ª pista do Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro, o Metro e o Trem Bala, com isso ficam visíveis que o uso do solo já com os problemas atuais tendem-se a se agravar no futuro, mas não deixando de ter oportunidades de melhorias.

4.2. Área de estudo nº 1: Bairro Invernada

A primeira área de estudo corresponde aos loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio, localizados na Microbacia Taquara do Reino e pertencentes ao Bairro Invernada, situado na porção centro-oeste do município (Figura 23). Essa microbacia, por sua vez, está contida na Microbacia Cachoeirinha-Invernada (OLIVEIRA et al., 2009), tendo sido estudada, do ponto de vista ambiental, por Oliveira et al. (2005), Queiroz (2005), Gomes (2008) e Sato (2008).

Segundo Queiroz (2005), a Microbacia Taquara do Reino está distante 15 km do centro da cidade de Guarulhos e possui uma área de 44 hectares.

Conforme dados da PMG (2010), a população estimada em 2009 para o Recreio São Jorge era de 18.330 habitantes, enquanto que para o Novo Recreio era de 15.200 habitantes.

4.2.1. *Uso e ocupação da bacia hidrográfica*

A Microbacia Taquara do Reino apresenta uma única cabeceira de drenagem. A ocupação dos loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio teve seu início pelos topos de morros (Figura 24), ao longo da Avenida Palmira Rossi e Rua Orquídea, e avenidas Palmira Rossi e Paulo Canarino, respectivamente. Aos poucos, a ocupação foi se direcionando às áreas de declive, ao longo do córrego Taquara do Reino (Figura 25).

De acordo com os estudos realizados por Sato (2008) e ilustrados na Figura 26, o loteamento Recreio São Jorge foi à primeira área a ser ocupada, com início retroativo à década de 70, sempre na forma de chácaras. Nos anos 80, essas chácaras foram parceladas em lotes menores e, na década de 90, o Recreio São Jorge se constituiria num bairro densamente ocupado.

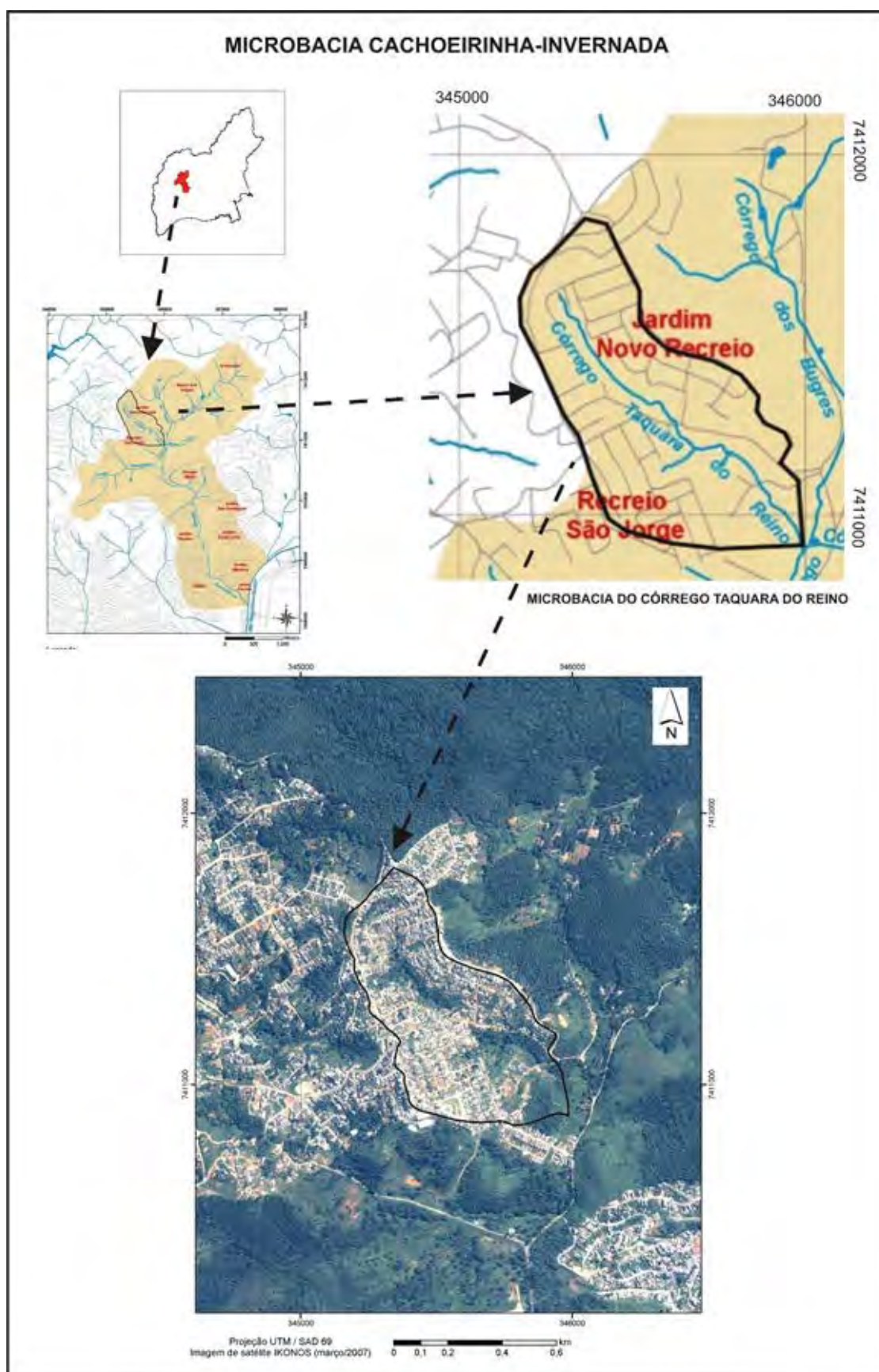


Figura 23: Localização da área de estudo nº 1, Bairro Invernada, Microbacia Taquara do Reino, loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio (OLIVEIRA et al., 2009).



Figura 24: Arruamento com presença de asfalto, topo de morro (SATO, 2006).



Figura 25: Ocupação posterior nas áreas com declive (SATO, 2007).

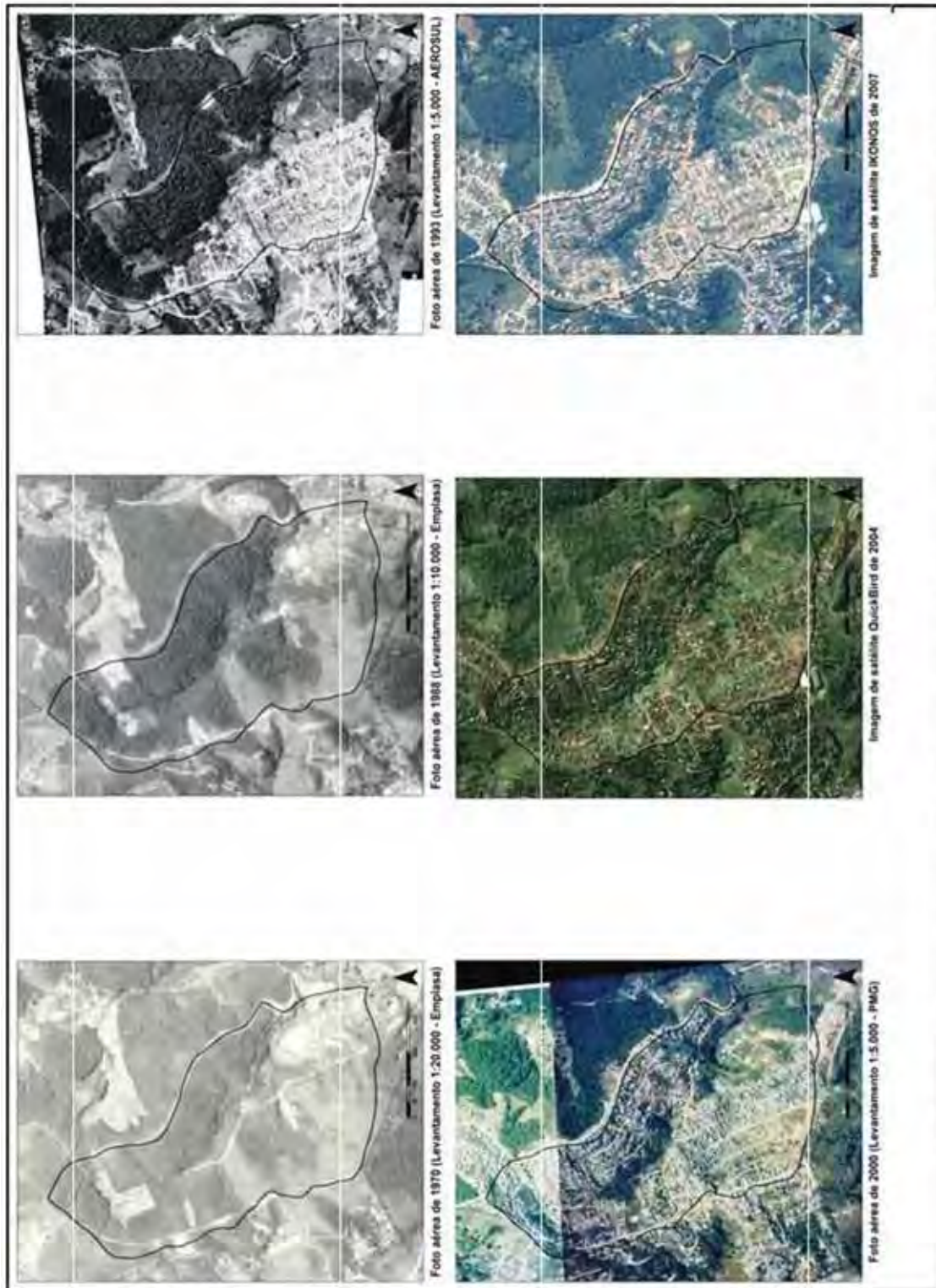


Figura 26: Fotos aéreas e imagem de satélite das áreas nº 1: Bairro Invernada, Microbacia Taquara do Reino, loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio (SATO, 2008).

Ao final dos anos 90, o Jardim Novo Recreio passa a ser ocupado, como resultado da expansão para nordeste do Recreio São Jorge (Figura 27). Inicialmente, essa ocupação se deu na forma de loteamentos comercializados pela Imobiliária Continental, e a partir de 2000, essa ocupação passa a ser dos tipos irregulares e clandestinos.

Ainda, de acordo com Sato (2008), pode-se deduzir que, pelos levantamentos de imagens de satélite referentes aos anos 2004 e 2007, esses loteamentos já apresentavam uma consolidação e um adensamento com invasões planejadas e organizadas, pois houve a preocupação de se criar arruamentos e padronização dos lotes (Figura 28).

Os tipos de uso e ocupação nessa microbacia são variados, sendo que a maioria delas não se encontra regularizada pela Prefeitura Municipal (OLIVEIRA et al., 2005). De modo geral, tem-se desde loteamentos irregulares até áreas comerciais, escolas e praças, com predomínio de ocupação residencial (Figuras 29, 30 e 31).



Figura 27: Crescimento do Jardim Novo Recreio (SATO, 2006).



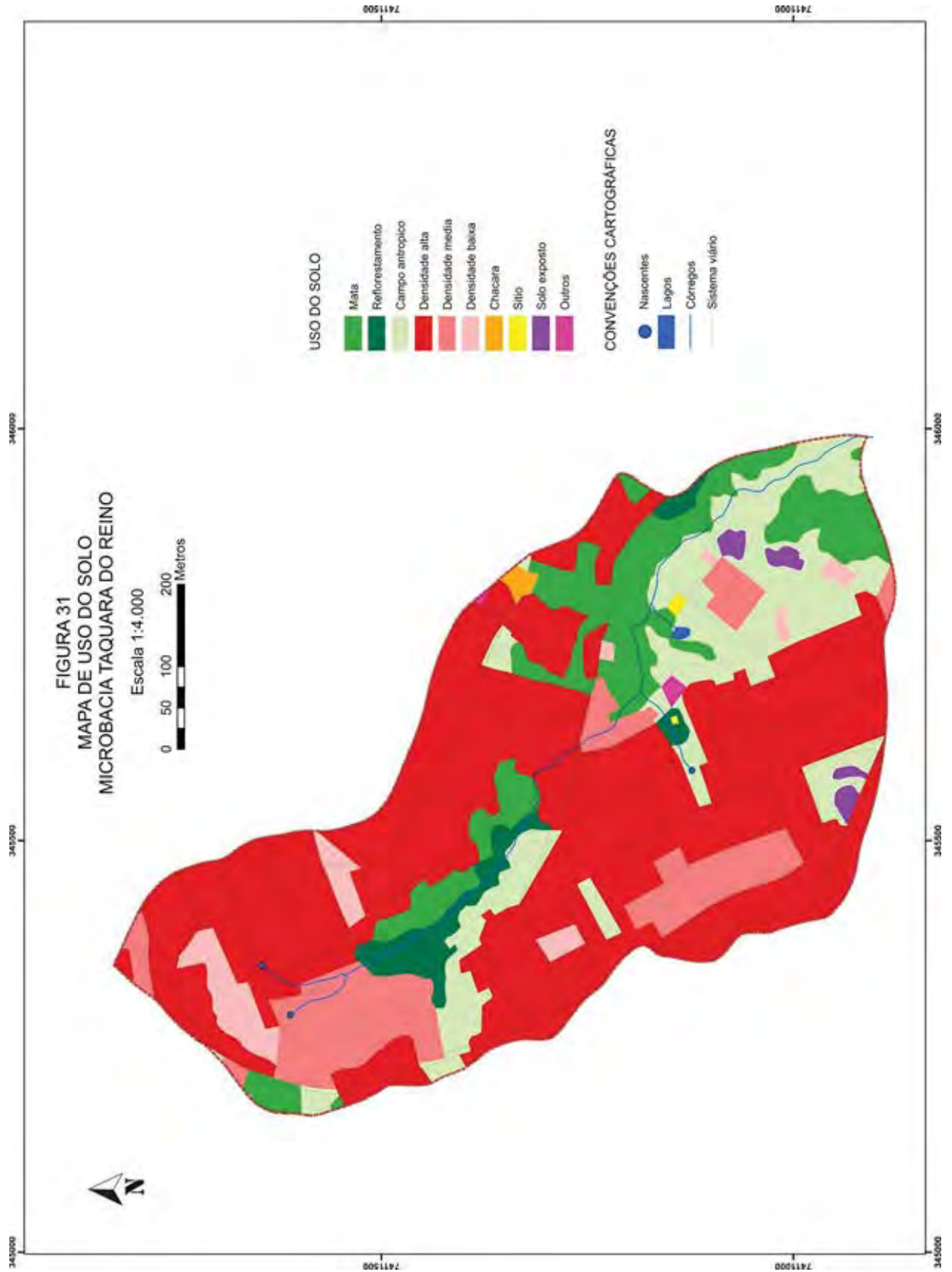
Figura 28: Criação de arruamento e de ocupação em forma de lotes (SATO, 2007).



Figura 29: Existência de escolas (SATO, 2007).



Figura 30: Existência de áreas de comércio (SATO, 2007).



Possui vários arruamentos com pavimentações inadequadas, ficando muitas vezes intransitáveis, principalmente em épocas de chuvas intensas (Figura 32). A manutenção dos serviços públicos pelo Poder Público torna-se de difícil atendimento devido o local possuir alta declividade (media 30% a 42%), sendo essa manutenção do bairro restrita apenas a sua porção mais alta, onde se encontram as áreas de comércio, a circulação do transporte público e a coleta de lixo. Com isso, a população, que se encontra localizada na porção mais baixa e nas áreas declivosas, fica sem os serviços básicos de responsabilidade da prefeitura municipal.

O loteamento ainda apresenta outros tipos de problemas: falta de saneamento e coleta de esgoto e presença de entulho, bem como processos erosivos devido ao uso inadequado do solo como será discutido a seguir (Figuras 33 e 34).



Figura 32: Ravinamento em arruamento (SATO, 2007).



Figura 33: Presença de lixo e entulho (SATO, 2007).

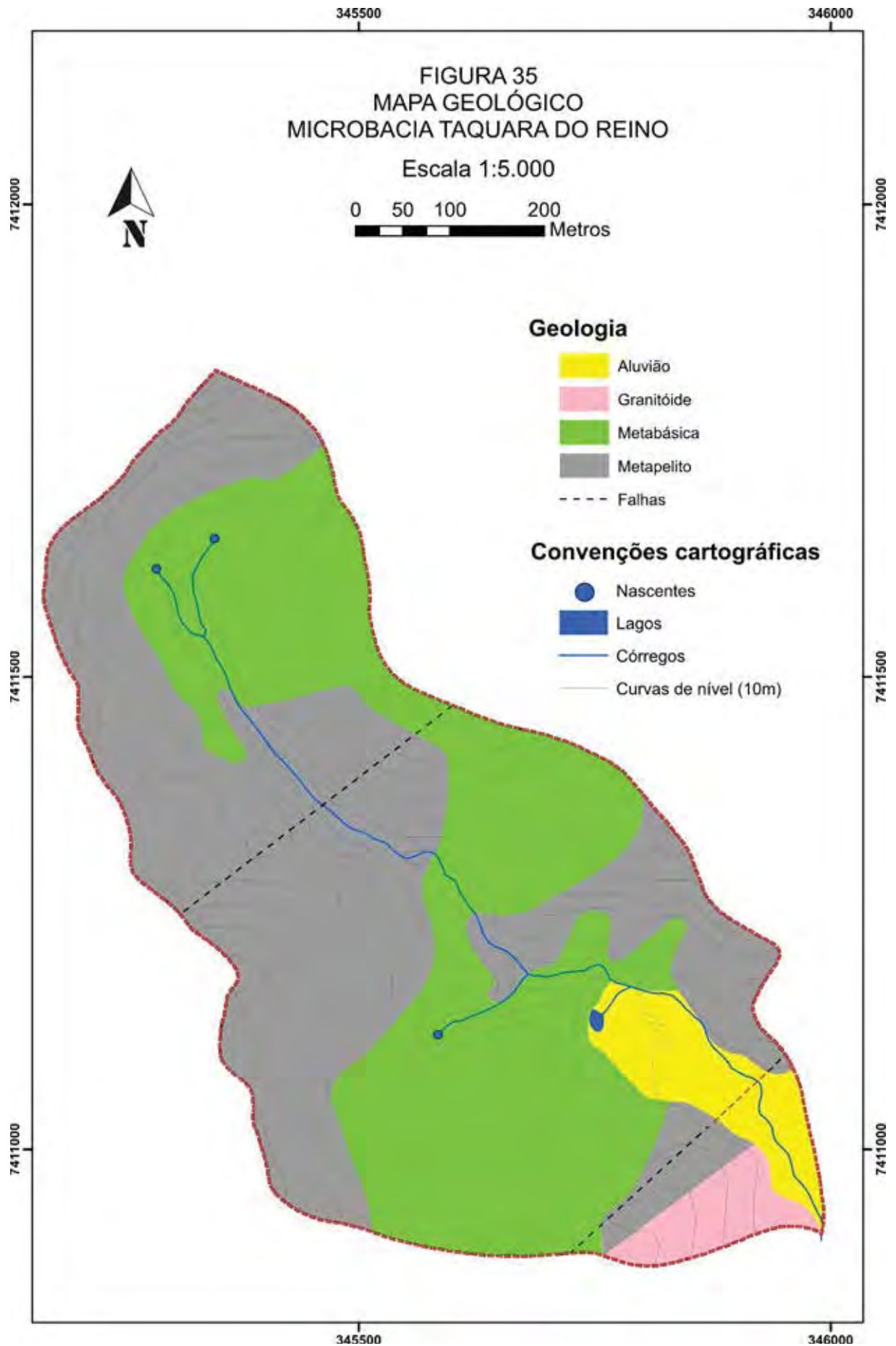


Figura 34: Esgoto a céu aberto (SATO, 2007).

4.2.2. Condições Geoambientais

Do ponto de vista geológico, a Microbacia Taquara do Reino encontra-se inserida numa área com o predomínio de rochas metassedimentares, intercaladas a rochas metavulcânicas, de idade mesoproterozoica e pertencentes ao Grupo Serra do Itaberaba (JULIANI, 1993). Observam-se a jusante da drenagem principal, sedimentos quaternários na forma de aluvião (Figura 35).

As litologias verificadas na área são metapelitos e rochas metabásicas, e em menor proporção os granitóides. Os metapelitos são compostos predominantemente por sericitaxisto, filitos e metassiltitos; as rochas metabásicas correspondem a anfibolitos e metagabros; o granitóide apresenta franca foliação de cisalhamento, podendo ser considerado um protomilonito (ANDRADE, 2009). Como citado anteriormente, os metapelitos e as rochas metabásicas ocorrem intercalados em camadas verticalizadas que podem variar de centímetros à poucos metros, dispostas de forma recorrente, que reflete a sedimentação de pelitos associados a derrames vulcânicos.



O manto de alteração do maciço é profundo, constituído por solos de alteração de rocha (SAR) com textura siltosa e espessura aproximada de 20 a 30 metros (ANDRADE, 1999; ANDRADE, 2009). As propriedades relacionadas com a estrutura e coesão do saprólito variam em função do tipo de rocha. A tabela 8 apresenta algumas características geotécnicas dos SARs presentes na área.

Tabela 8: Características geotécnicas dos SARs e sedimentos na Microbacia Taquara do Reino.

LITOLOGIA	ALTERAÇÃO (IPT, 1984)	COERÊNCIA (GUIDICINI et al., 1972)	TEXTURA (ANDRADE, 1999)	ESTRUTURA
ALUVIÃO	NÃO CONSIDERADA	INCOERENTE	ARGILO- SILTOSO	BANCOS HORIZONTAIS, ANISOTRÓPICO
METABÁSICA	MUITO A MEDIANAMENTE ALTERADA	POUCO A MEDIANAMENTE COERENTE	FRANCA	HOMOGÊNEA E ISOTRÓPICA, COM FRATURAMENTO E PEQUENOS BLOCOS
METAPELITOS	MUITO A MEDIANAMENTE ALTERADA	POUCO A MEDIANAMENTE COERENTE	SILTE A FRANCO SILTOSO	HOMOGÊNEA E ANISOTRÓPICA, CLIVAGEM ARDOSIANA PARALELA A FOLIAÇÃO PRINCIPAL, COM VEIOS DE QUARTZO
GRANITO	MUITO ALTERADA OU ROCHA SÃ EM BLOCOS	INCOERENTE A POUCO COERENTE, OU COERENTE EM BLOCOS	FRANCO ARENOSO A FRANCO SILTOSO	ISOTROPIA E HETEROGENEIDADE VARIÁVEL, BLOCOS E MATAÇÕES CRISTALINOS

Fonte: ANDRADE (2009)

Sobre o maciço rochoso, desenvolve-se uma cobertura pedológica constituída por latossolos e cambissolos rasos (1 a 1,5 metro compostos essencialmente por argilas médias) (ROSSI et al., 2009). Essa delgada cobertura argilosa de solo apresenta dupla função: a de estabilizar as encostas contra processos de dinâmica superficial (erosão e movimento de massa) e, ao mesmo tempo, dar suporte à propagação dos elementos vegetacionais da Mata Atlântica.

De acordo com os dados geomorfológicos, a microbacia encontra-se assentada num relevo de morros, apresentando uma forma alongada e uma drenagem encaixada de forma retilínea no substrato geológico, formando um típico perfil em “V”. Os topos dos morros encontram-se alinhados nos interflúvios das margens direita e esquerda, quase paralelos ao fundo de vale do córrego Taquara do Reino. Esses aspectos podem ser observados nas Figuras 36 e 37.

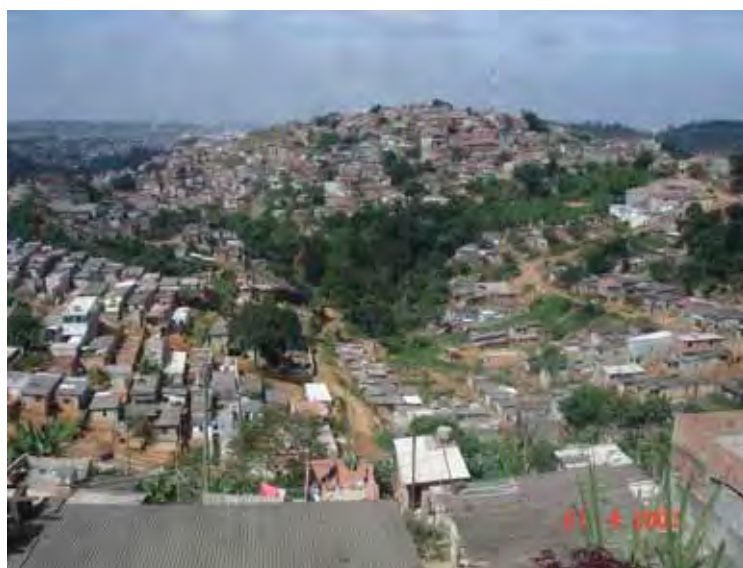


Figura 36: Visão do fundo de vale na microbacia (SATO, 2007).

As drenagens dessa microbacia correspondem a canais incipientes bifurcando-se numa única cabeceira da bacia que rapidamente forma o canal principal, o qual se apresenta reto acompanhando a direção de um conjunto de alinhamentos de drenagem de direção SE-NW, associados a fraturas e falhas geológicas (ANDRADE, 2009). Os topos formam cristas, definindo de forma marcante, a linha de cumeada.

A síntese dos parâmetros morfométricos da Microbacia Taquara do Reino é apresentada na Tabela 9.

FIGURA 37
MAPA HIPSOMÉTRICO
MICROBACIA TAQUARA DO REINO

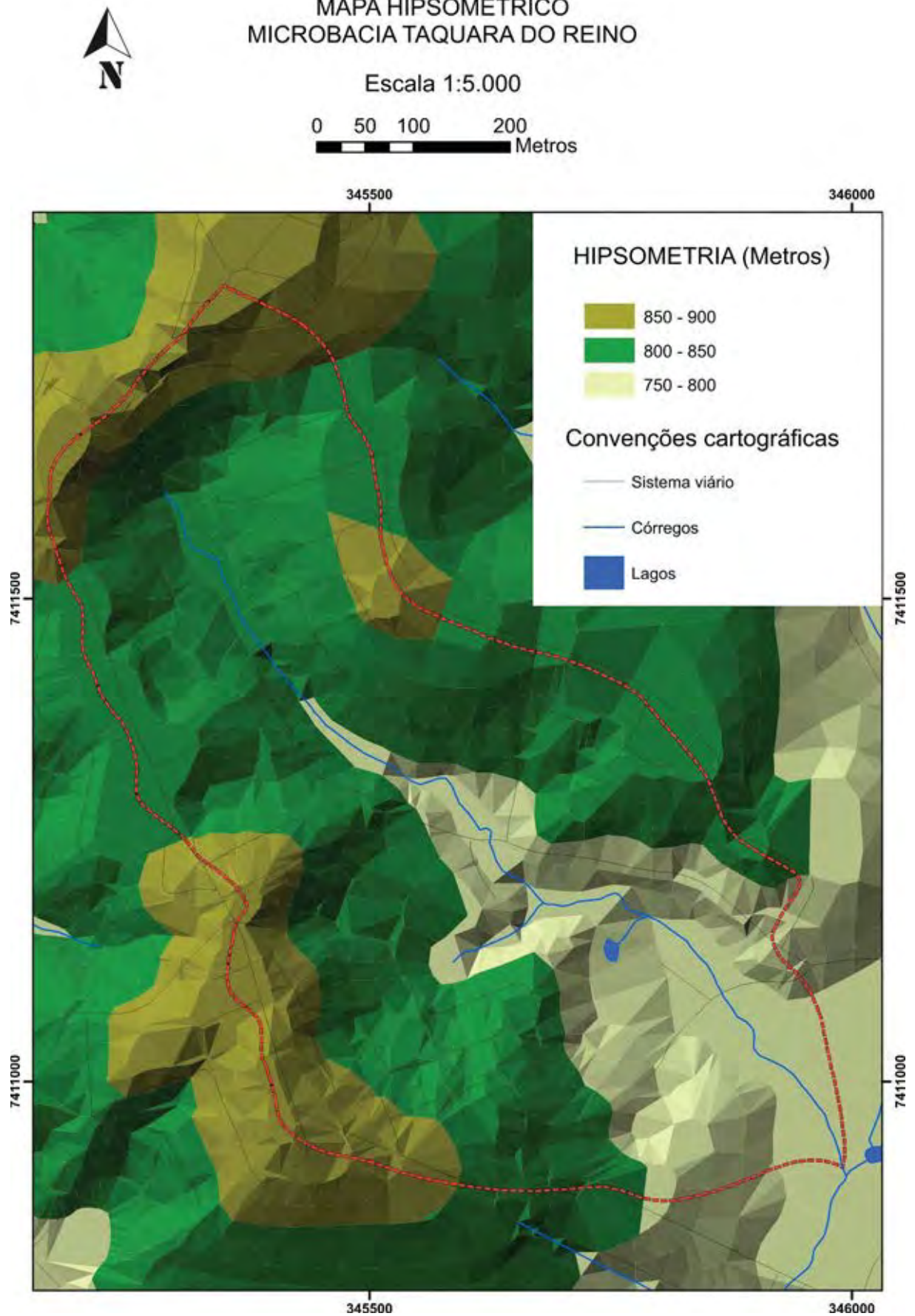


Tabela 9: Parâmetros morfométricos da Microbacia Taquara do Reino.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
ÁREA DA BACIA	43,82 ha
PERÍMETRO	2.973,73 m
COMPRIMENTO	1090 m
LARGURA MÁXIMA	580 m
ALTITUDE MÁXIMA	880 m
ALTITUDE MÍNIMA	770 m
AMPLITUDE	110 m
DECLIVIDADE MÉDIA	32\%
DECLIVIDADE MÁXIMA	65\%
ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	
COMPRIMENTO DA REDE DE DRENAGEM	1,392 km
COMPRIMENTO DO TALVEGUE PRINCIPAL	1.128,10 m
DECLIVIDADE DO TALVEGUE PRINCIPAL	4\%
CIRCULARIDADE	0,62
DENSIDADE DE DRENAGEM	3,17 km/km ²
DESNÍVEL DO TALVEGUE	45 m

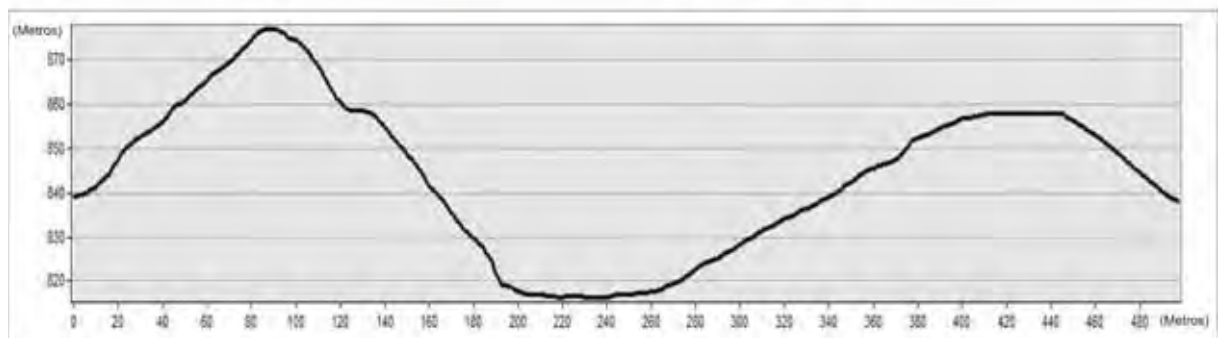
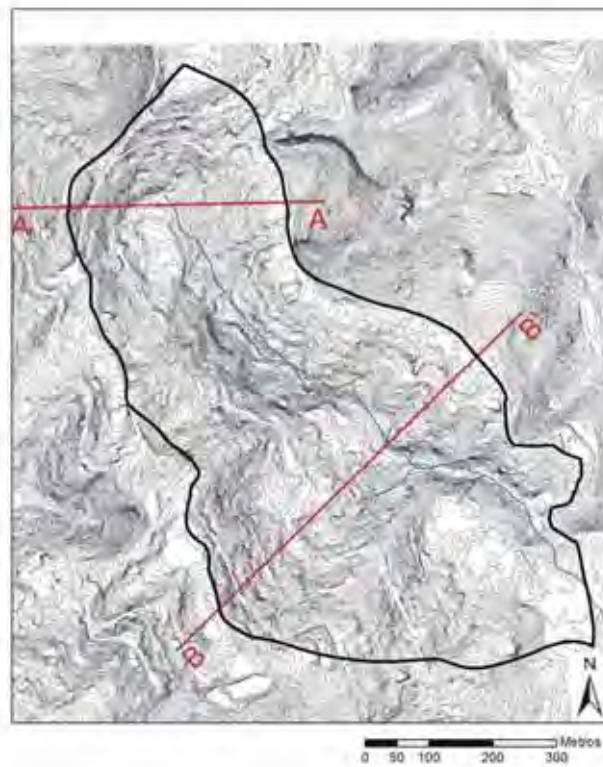
Fonte: modificado de OLIVEIRA et al.(2009)

A área apresenta encostas predominantemente convexas, prevalecendo uma forma retilínea a côncava no setor de cabeceira. No geral, as encostas apresentam amplitudes e declividades elevadas, as áreas com declividades baixas são reduzidas.

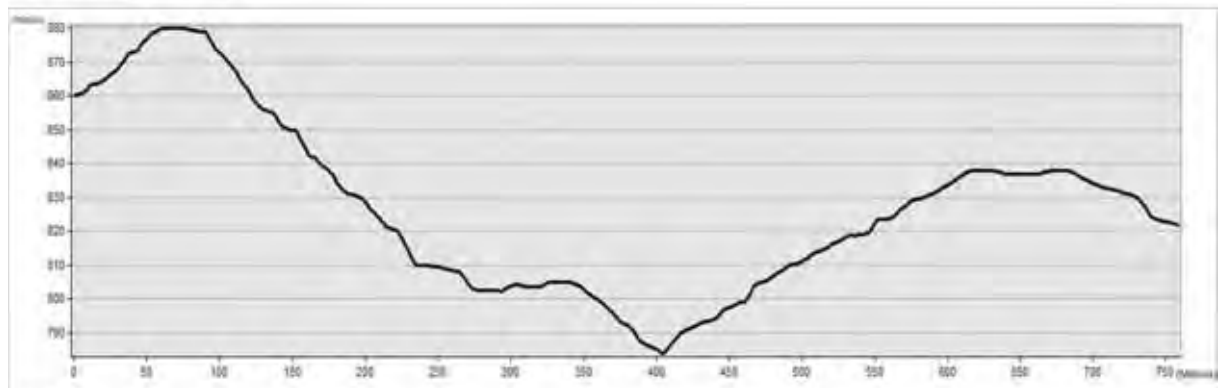
A análise do perfil topográfico (Figura 38) permite verificar que existe uma assimetria entre as encostas. Na encosta da margem esquerda (Jardim Novo Recreio), o topo é mais amplo e apresenta declividade elevada em toda sua extensão, até a base. Na margem direita (Recreio São Jorge), o topo é mais estreito e as declividades são crescentes até a base.

O conjunto dessas características confere à Microbacia Taquara do Reino um elevado nível de fragilidade no tocante ao meio físico. A combinação entre relevo (declividades e amplitudes elevadas) e substrato (solos rasos e SAR profundo) implica numa dinâmica das águas pluviais onde prevalece o escoamento superficial. Desta forma, a área é muito suscetível a processos induzidos como erosão e movimento de massa. Uma síntese das características geotécnicas na área é apresentada na Tabela 10.

FIGURA 38
LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS NA BASE CARTOGRÁFICA



Perfil topográfico AA'



Perfil topográfico BB'

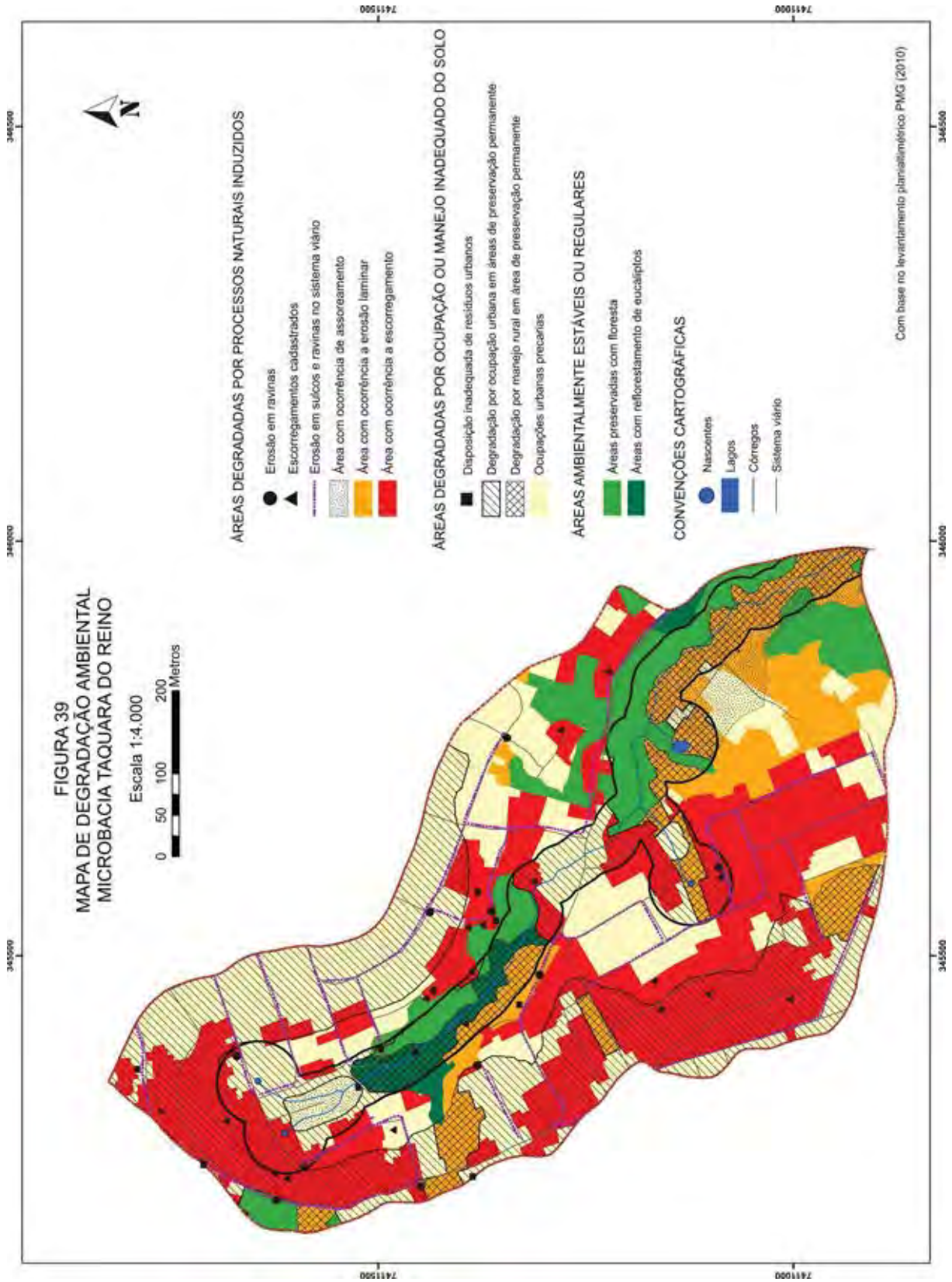


Tabela 10: Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades baixas e altas na Microbacia Taquara do Reino.

Litologia	Solos/SARs	Processos Naturais (N) / Induzidos (I)
Aluvião	Solo Transportado. Gleissolo, argiloso, por vezes com silte e/ou areia e orgânico. Incoerente. Profundidades variadas.	N: Área de acumulação sedimentar e escoamento fluvial. I: Inundação, solapamento de margens, assoreamento e recalque em fundações.
Metabásica	Solo residual laterítico raso a pouco profundo (100-200cm) e argiloso (Latossolo/Cambissolo).	Declividades baixas (abaixo de 30%) N: Áreas onde predominam a dispersão e a infiltração de águas pluviais; erosão laminar natural pouco intensa. I: Nos aterros pode ocorrer de forma restrita erosão em sulcos.
	Saprólito siltoso (textura franca; pouco a medianamente coerente). Ocorrência de pequenos blocos cristalinos.	Declividades altas (acima de 30%) N: Áreas onde predominam o escoamento superficial de águas pluviais e baixa infiltração; erosão laminar natural intensa e em sulcos. Rastejo e ocasionais escorregamentos planares. I: Nos cortes pode ocorrer erosão em sulcos e queda de blocos; nos aterros onde predominam os solos de alteração de rocha a erosão é intensa (em sulcos, ravinas) e pode ocorrer movimentos de massa (escorregamentos).
Metapelitos	Solo residual laterítico raso (100cm) e argiloso (Latossolo/Cambissolo).	Declividades baixas (abaixo de 30%) N: Áreas onde predominam a dispersão e a infiltração de águas pluviais; erosão laminar natural pouco intensa. I: Nos cortes pode ocorrer de forma restrita erosão em sulcos; nos aterros ocorre erosão em sulcos.
	Saprólito siltoso (texturas silte a franco siltoso; pouco a medianamente coerente).	Declividades altas (acima de 30%) N: Áreas onde predominam o escoamento superficial de águas pluviais e baixa infiltração; erosão laminar natural intensa e em sulcos. Rastejo e ocasionais escorregamentos planares. I: Nos cortes pode ocorrer erosão em sulcos e movimento de massa (desconfinamento e deslocamento); nos aterros onde predominam os solos de alteração de rocha a erosão é muito intensa (em sulcos e ravinas) e ocorrem movimentos de massa (escorregamentos).
Granitóide	Solo residual laterítico pouco profundo (100-200cm), argilo-arenoso (Latossolo/Cambissolo). Ocorrência de blocos cristalinos.	Declividades baixas (abaixo de 30%) N: Áreas onde predominam a dispersão e a infiltração de águas pluviais; erosão laminar natural pouco intensa. I: Nos cortes ocorre erosão por sulcos e ravinas. movimentos de massa são restritos (queda de blocos e escorregamentos); nos aterros predominam os solos de alteração de rocha onde a erosão é intensa (sulcos e ravinas) e movimentos de massa.

Fonte: ANDRADE (2009).

Sobre essa paisagem, os processos de ocupação e urbanização tanto no Recreio São Jorge como no Jardim Novo Recreio se deram, inicialmente, com o desmatamento, seguido da instalação de cortes e aterros (movimentação de terras) em grande número e de pequenas dimensões, culminando com as edificações. Esse processo foi denominado por Andrade (2009) como “modelo Recreio São Jorge”, assim concebido:

“*Modelo Recreio São Jorge*: execução de cortes e aterros em lotes de dimensões médias e pequenas (variam em média de 50 a 100 m²), feitos de forma manual. Resultam em taludes de corte com até 5 metros de altura e aterros pouco

espessos lançados nas vertentes. As plataformas em nível são de menor dimensão para construção de moradias e/ou pequenos comércios, sendo interligadas por rampas do sistema viário e/ou caminhos. Grau de compactação dos aterros e nível de segurança dos taludes corte e, especialmente de aterros, baixos ou muito baixos.” (ANDRADE, 2009).

Nesse sentido, alterou-se de forma pontual a geometria e a composição da encosta na escala do lote, ou seja, por alguns metros de extensão. O perfil da encosta, na escala do morro, mantém-se com o contorno geral pouco modificado, porém acumulando as irregularidades causadas pelos sucessivos cortes e aterros que se concentraram sobre a encosta formando um tecido contínuo.

No Recreio São Jorge, os cortes executados atravessaram inteiramente a cobertura de solo argiloso e as escavações se aprofundaram nos primeiros metros mais superficiais da rocha alterada. Os aterros foram então executados com o material desagregado, removido e depositado, compondo pacotes heterogêneos, por vezes sem compactação, dispostos em superfícies inclinadas e sem o devido preparo para sua utilização em edificações.

4.2.3. Método aplicado à Microbacia Taquara do Reino

O método aplicado para essa bacia foi baseado na abordagem paramétrica levando-se em consideração o uso, cobertura do solo e a declividade. Os dados cadastrais de degradação ambiental nas áreas foram obtidos através de trabalhos já desenvolvidos: QUEIROZ, 2005; OLIVEIRA et al., 2005; GOMES, 2008; SATO, 2008 e Defesa Civil de Guarulhos, 2010 e 2011, bem como os trabalhos de campo e as análises dos perfis topográficos.

Para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental dessa microbacia foi criada uma chave de classificação com dois níveis, levando-se em consideração a avaliação dos danos através de fenômenos naturais ou induzidos proposto pelo IPT (1994) referente à ação antrópica diante do manejo incorreto do solo:

- Nível I: Classes gerais de Degradação Ambiental;
- Nível II: Sub-classe com tipologias diferenciadas de degradação ambiental.

As classes utilizadas para a elaboração do Mapa de Degradação Ambiental foram:

- ÁREAS DEGRADADAS POR PROCESSOS NATURAIS INDUZIDOS

- Erosão em ravinas: dados obtidos de QUEIROZ (2005) e campo;
- Áreas com ocorrências à erosão laminar: declividade superior a 5% com vegetação do tipo campo;
- Escorregamentos cadastrados: dados obtidos de GOMES (2008) e Defesa Civil de Guarulhos (2010, 2011);
- Erosão em sulcos e ravinas no sistema viário: dados obtidos de GOMES (2008) e QUEIROZ (2005);
- Áreas com ocorrências a escorregamentos: áreas urbanas não consolidadas, com declividade superior a 60%, GOMES (2008);
- Depósitos de assoreamento: fotointerpretação e campo.

- ÁREAS DEGRADADAS POR OCUPAÇÃO OU MANEJO INADEQUADO DO SOLO

Nessa categoria foram inseridas as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Essas áreas são de grande importância ecológica, que podem ou não estarem cobertas por vegetação nativa. Possui como função, preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, proteger o solo, dentre outros. No presente estudo, foram consideradas APPs degradadas as áreas de nascentes naturais, os córregos e os topos de morros que foram ocupados para fins urbanos e rurais.

- Disposição inadequada de resíduos urbanos: fotointerpretação e campo;
- Degradação por ocupação urbana em APP: correspondem às APPs onde ocorre ocupações estritamente urbanas (não consolidadas) ou chácaras;
- Degradação por manejo rural em APP: correspondem às APPs onde prevalece vegetação de campo (pasto) ou reflorestamento;
- Ocupações urbanas precárias: correspondem às áreas urbanas não consolidadas.

- ÁREAS AMBIENTALMENTE ESTÁVEIS OU REGULARES

- Áreas preservadas com florestas;
- Áreas com reflorestamento de eucalipto (fora de APPs);
- Áreas com chácaras (fora de APPs).

4.2.4. Degradação Ambiental da Microbacia

A degradação ambiental ocasionada pelo modelo de uso e ocupação da Microbacia Taquara do Reino, é evidente, pelo fato do seu meio físico apresentar limitações para a ocupação urbana (QUEIROZ, 2005; SATO, 2008; GOMES, 2008; ANDRADE, 2009).

Com base nesses autores e incorporando-se o trabalho de Silva (em preparação), foi elaborado um Mapa de Degradação Ambiental da Microbacia Taquara do Reino, que pode ser visualizado na Figura 39.

As áreas degradadas, presentes tanto no loteamento Recreio São Jorge como no Jardim Novo Recreio, foram divididas em duas classes principais: *áreas degradadas por processos naturais induzidos e áreas degradadas por ocupação ou manejo inadequado do solo*.

No primeiro tipo, as limitações para a ocupação urbana, condicionada especialmente pelas áreas de alta declividade geram processos de erosão em sulcos e ravinas (Figura 40), erosão laminar (Figura 41), escorregamentos (Figura 42), especialmente em aterros lançados nas encostas (Figura 43); e depósitos de assoreamento (Figura 44).

O segundo tipo contempla a degradação ambiental pela ocupação em áreas de preservação permanente (APP's), nas formas urbanas e rurais. Essa ocupação se dá tanto nos topos de morro como em fundos de vale (Figura 45). Muito embora as alterações ambientais nas encostas e fundos de vale sejam menos agressivas com a ocupação rural, áreas de campo abandonadas também se revelam como áreas degradadas (Figura 46). Nessa categoria enquadram-se também as ocupações urbanas precárias (Figura 47) e a disposição inadequada de resíduos urbanos, face à precariedade de infraestrutura básica por parte do poder público nesses loteamentos.

Finalmente, mencionam-se as áreas ambientalmente estáveis ou regulares, constituídas por reflorestamento de eucalipto ou preservadas com florestas (Figura 48), que perfazem áreas diminutas nas diferentes formas de uso e ocupação da Microbacia Taquara do Reino.



Figura 40: Processos erosivos do tipo ravinamento (SATO, 2006).



Figura 41: Processos erosivos do tipo sulcos (SATO, 2007).



Figura 42: Movimento de massa do tipo escorregamento (SATO, 2007).



Figura 43: Observação do tipo de corte e aterro (SATO, 2007).



Figura 44: Assoreamento do córrego Taquara do Reino (SATO, 2006).



Figura 45: Ocupação no fundo do vale (SATO, 2006).



Figura 46: Visualização de campos abandonados (SATO, 2006).



Figura 47: Ocupação urbana precária no bairro (SATO, 2007).



Figura 48: Área com visualização de floresta ao fundo (SATO, 2006).

4.3. Área de estudo nº 2: Bairro Água Azul

A segunda área compreende o Loteamento Água Azul pertencente à Microbacia do Ribeirão Guaraçau no Bairro Água Azul, encontra-se assentada na Sub-bacia Baquirivú-Guaçu, parte integrante da Bacia do Alto Tiête (Figura 49).

Do mesmo modo que as áreas anteriormente estudadas, essa microbacia localiza-se na porção norte-leste do Município de Guarulhos, sendo que sua população estimada compreende cerca de dois mil habitantes (PMG, 2010). Essa microbacia foi estudada por Mesquita (1998) e, parte dela, por Juliani (1993).

4.3.1. *Uso e ocupação da bacia hidrográfica*

O início da ocupação, na forma de bairro, remonta aos anos 60, tendo como características iniciais a formação de chácaras e sítios tanto para lazer como para horticultura. Porém, em décadas anteriores, essa área foi palco de prospecção aurífera, que resultou em grande degradação ambiental, em função do abandono das áreas de garimpo, após suas intensas explorações. Essas áreas mineradas, localizadas principalmente nos topos de morro, passaram então, a ser ocupadas pela população rural, condição essa que se mantém até os dias atuais.

No entanto, conforme observado na figura 50, o loteamento Água Azul apresentou, a partir da década de 80, ensaios de urbanização com uma ocupação num primeiro momento na sua porção oeste do bairro; durante a década de 90, de acordo com Mesquita (1998), ocorreu a ocupação das áreas com declividades menores, incluindo parte leste do lago Água Azul e a área de vale dessa microbacia; esse mesmo cenário persiste até o início do ano de 2000, seguido de uma consolidação das ocupações já existentes, sem aumento da área urbanizada, o que conduziu a um equilíbrio da área anteriormente ocupada, em termos ambientais. Atualmente, essa área possui arruamentos, edificações de pequeno a médio porte, algumas utilizadas para fins residenciais, comerciais e escolares, além de áreas de lazer e de uso agrícola (Figuras 51, 52, 53 e 54).

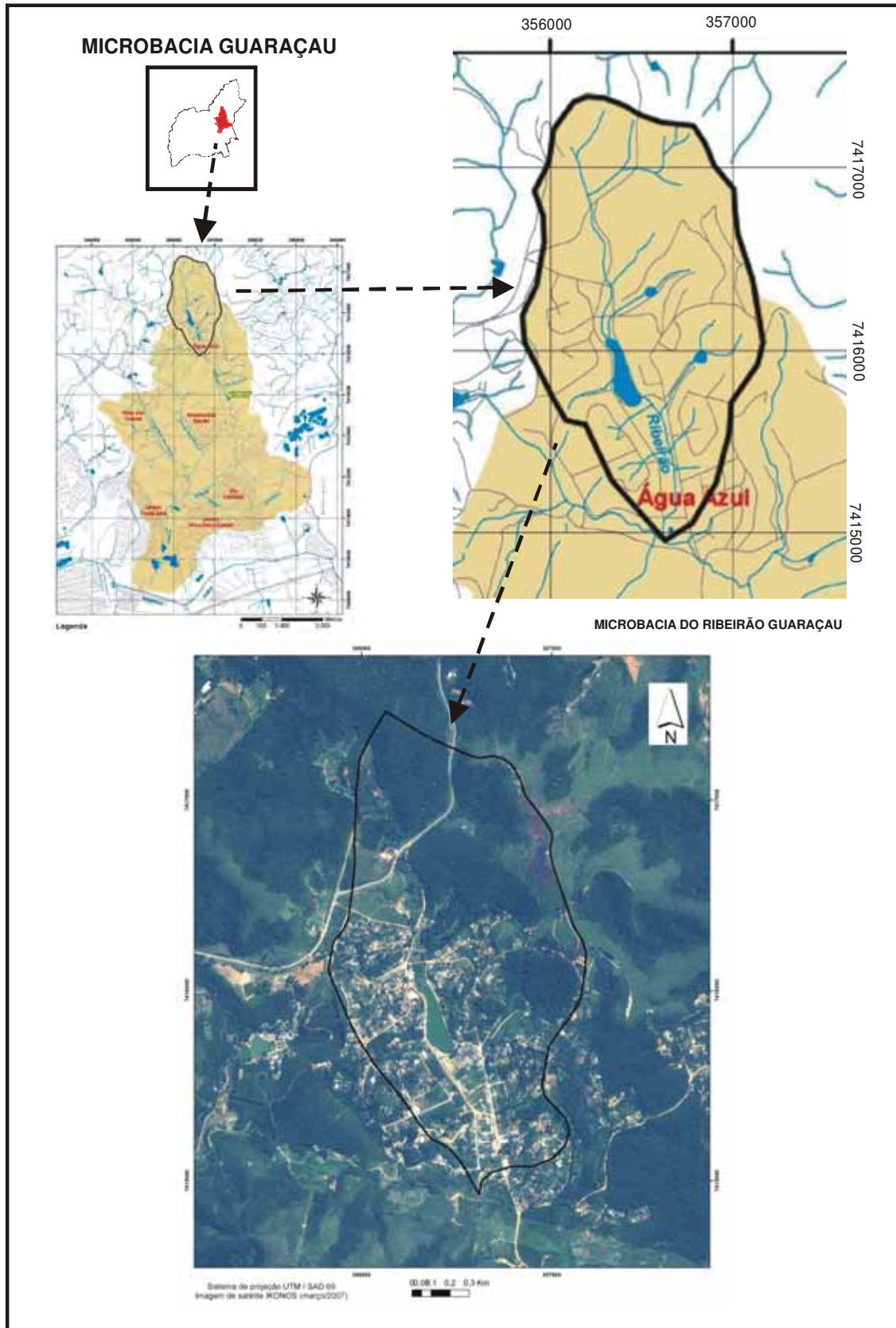


Figura 49: Localização da área de estudo nº 3, Bairro Água Azul, Microbacia do Ribeirão Guaraçau, Loteamento Água Azul (OLIVEIRA et al., 2009).

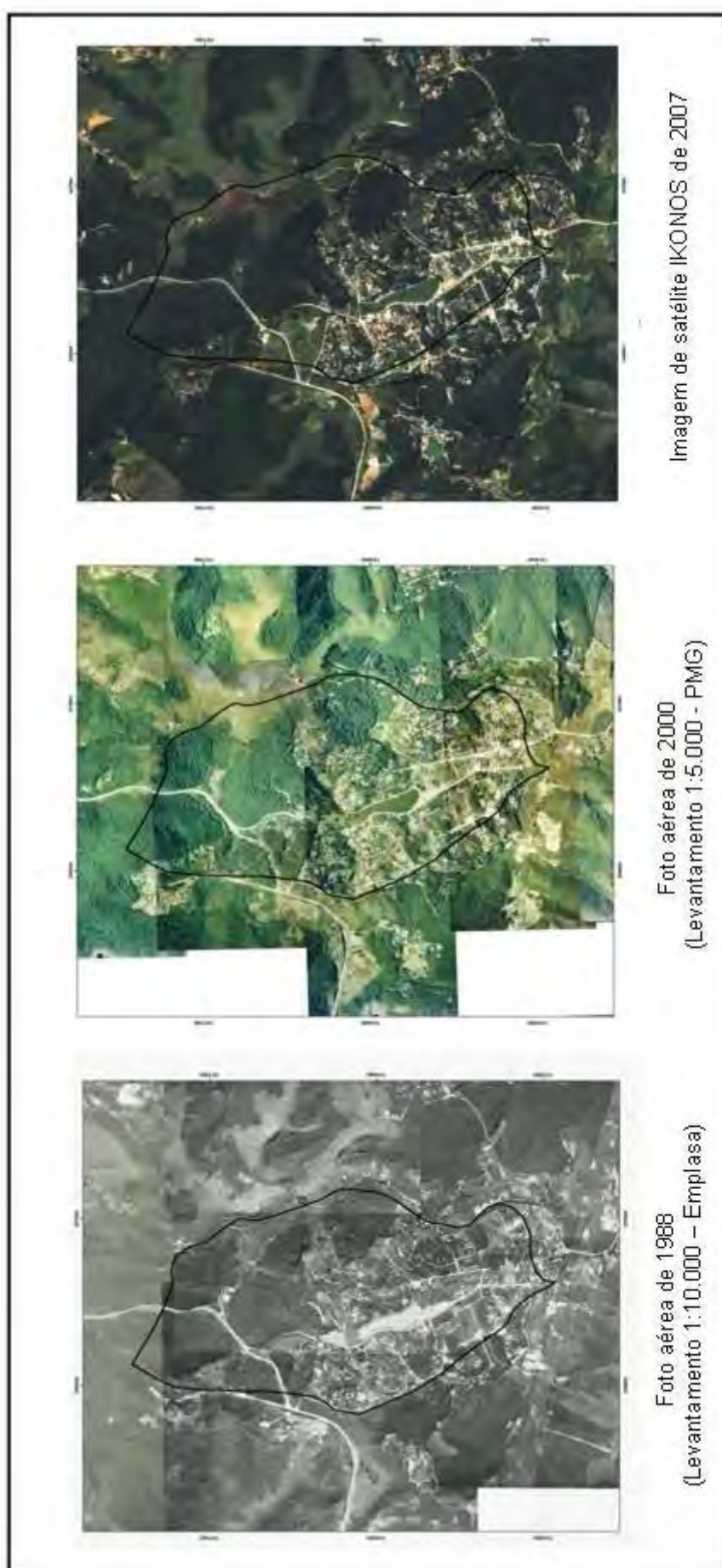


Figura 50: Fotos aéreas e imagem de satélite da área nº 2: Bairro Água Azul, Microbacia do Ribeirão Guaraçau, loteamento Água Azul.

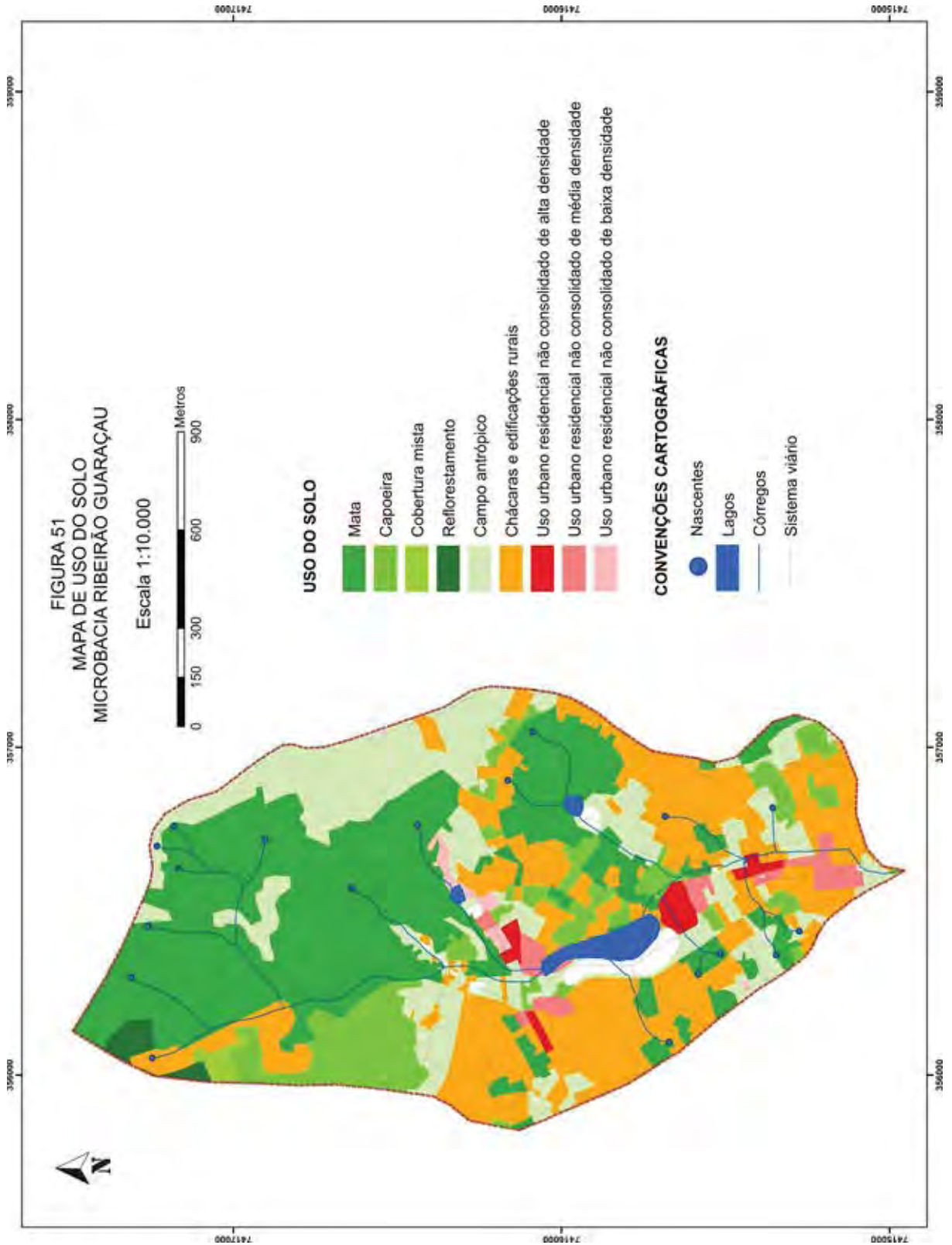




Figura 52: Área de comércio do loteamento Água Azul (MESQUITA, 1998).



Figura 53: Área de chácaras do loteamento Água Azul (MESQUITA, 1998).



Figura 54: Área de lazer – Lago Água Azul (MESQUITA, 1998).

Adicionalmente, encontram-se ainda, áreas com coberturas arbóreas (mata e capoeira) e rasteira, do tipo campo concentradas nas porções norte e leste da microbacia.

O abastecimento de água é realizado por captação de fontes naturais e poços rasos e profundos, e o saneamento urbano é inexistente, tendo a presença de fossas sépticas. O lixo é recolhido de forma precária, sendo possível à observação de resíduos as margens dos corpos d'água e localmente, nas encostas.

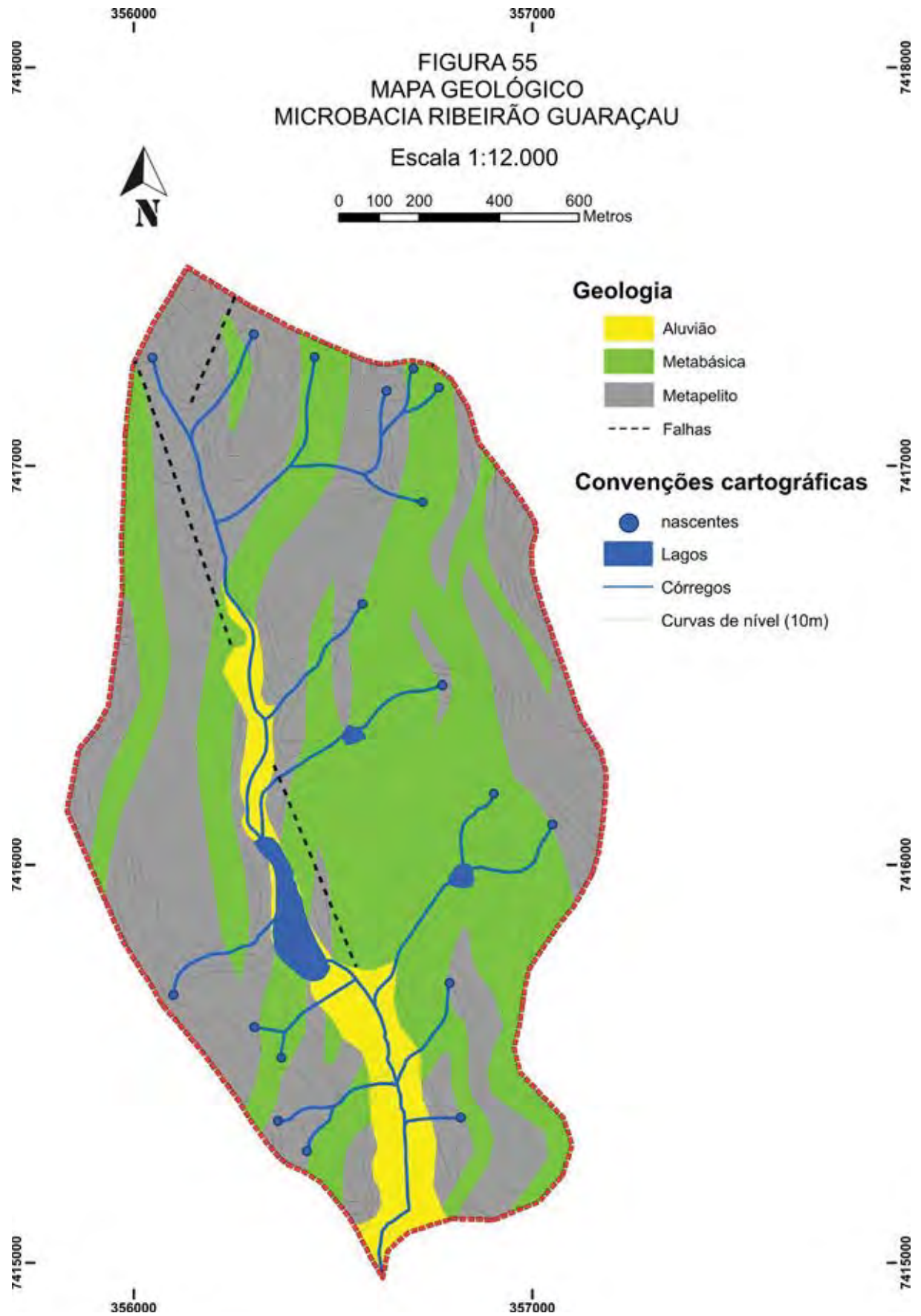
4.3.2. Condições Geoambientais

Segundo Juliani et al. (1986), o contexto geológico dessa microbacia encontra-se inserido no Grupo Serra do Itaberaba, subdividido, da base para o topo, nas Formações Morro da Pedra Preta, Nhanguçu e Pirucaia.

Sua litologia compreende, na sua maioria, metapelitos e rochas metabásicas, sendo que os metapelitos encontram-se presentes por todo o bairro com variedades de litotipos de metapelitos e metapelitos siltosos intercalados com rochas metavulcânicas básicas, metassedimentos ferruginosos, manganês e grafitosos, com presença de alguns veios de quartzo (Figura 55). Os metassedimentos grafitosos são metapelitos ricos em variações de grafita de tonalidade cinza, enquanto os metassedimentos ferruginosos possuem tonalidade marrom, sendo laminados a bandados por leitos acastanhados ou amarelados (MESQUITA, 1998).

Ainda segundo a autora, essas rochas encontram-se foliadas e deformadas, sendo a sua maioria de alterada a semi-alterada com granulação de muito fina até muito grossa, resultando em xistos com micas.

Já as rochas metabásicas são compostas por anfibolitos e anfibolitos xistos, comumente alterados originando solos vermelhos escuros e saprolíticos de cor ocre-avermelhado, com fraturas preenchidas por óxido e hidróxido de manganês. Essas rochas quando frescas possuem tonalidade escura, bem fraturadas, com veios de quartzo, o contato com os metassedimentos são interdigitados concordantes e bruscos.



Segundo Mesquita (1998), foram analisadas para essa área 18 amostras de solos, com 12 amostras correspondentes a solos saprolíticos onde não apresentaram a caracterização de solos lateríticos, devido à presença de argilo-mineral. As demais 6 amostras, resultam em solos lateríticos, no entanto, sem o processo de laterização intensa, ambos considerados solos poucos espessos.

Essa microbacia possui formato alongado com um vale encaixado no centro formando um represamento na área central; contém como formas de relevo morros e morrotes e uma planície aluvial bem expressiva (Figura 56). Os morros são arredondados, localmente achatados com existência de encostas retilíneas e convexas. Em alguns locais são visíveis espigões curtos com exposição de rochas com queda de blocos (Figura 57). Já os morrotes, são baixos e arredondados, em alguns locais achatados e com topos aplainados (MESQUITA, 1998).

A planície aluvial é constituída por terrenos baixos, geralmente planos, com sedimentos grossos gradando para sedimentos arenosos e siltico-argilosos, de pequena espessura.

As drenagens possuem canais incipientes resultando em um canal principal com a existência de um represamento na área central da microbacia. Segundo relatório simplificado do Lago Água Azul, realizado pela Prefeitura de Guarulhos em 2008, oito nascentes foram mapeadas tendo-se como conclusão que as nascentes pertencentes a porção leste da microbacia encontram-se mais bem preservadas por estarem protegidas em propriedades particulares de sítios e capeadas e preservadas com matas secundárias. As nascentes, na porção oeste, estão mal preservadas devido à ação antrópica relacionada às áreas de ocupação por moradias, comércio e arruamentos. Assim como as áreas anteriores estudadas, as drenagens dessa microbacia também obedecem a um alinhamento de direção SE-NW.

FIGURA 56
MAPA HIPSOMÉTRICO
MICROBACIA RIBEIRÃO GUARAÇAU
Escala 1:12.000

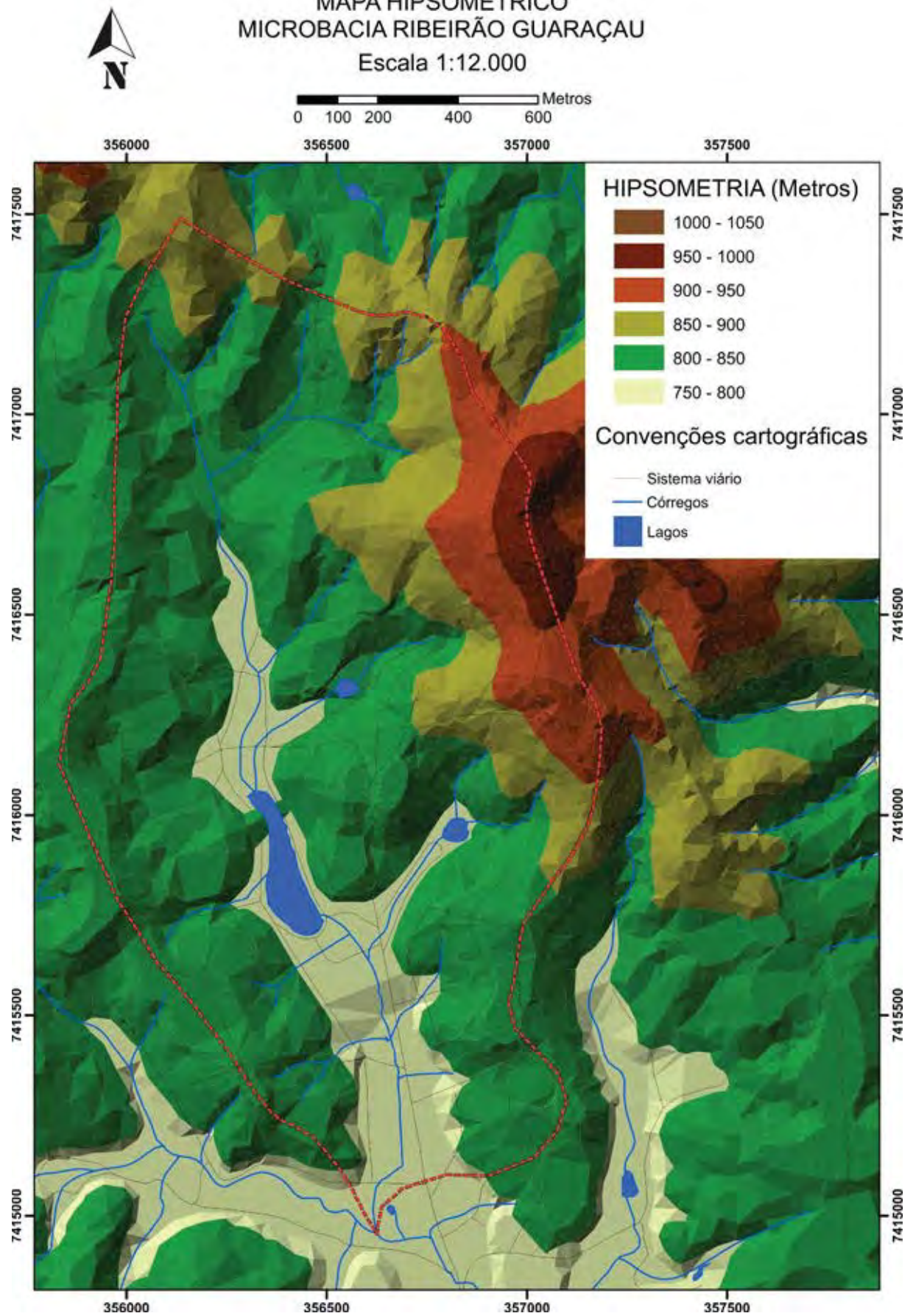




Figura 57: Área de rolamento de blocos e rastejo (MESQUITA, 1998).

A síntese dos parâmetros morfométricos da Microbacia do Ribeirão Guaraçau é apresentada na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11: Parâmetros morfométricos da Microbacia do Ribeirão Guaraçau.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
ÁREA DA BACIA	222,66ha
PERÍMETRO	6373,24m
COMPRIMENTO	2600m
LARGURA MÁXIMA	1360m
ALTITUDE MÁXIMA	990m
ALTITUDE MÍNIMA	790m
AMPLITUDE	200m
DECLIVIDADE MÉDIA	24%
DECLIVIDADE MÁXIMA	93%
ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	
COMPRIMENTO DA REDE DE DRENAGEM	7820,44km
COMPRIMENTO DO TALVEGUE PRINCIPAL	2566,30m
DECLIVIDADE DO TALVEGUE PRINCIPAL	6,5%
CIRCULARIDADE	0,69
DENSIDADE DE DRENAGEM	3,51Km/km ²
DESNÍVEL DO TALVEGUE	167 m

Fonte: modificado de OLIVEIRA et al.(2009).

Essa microbacia possui encostas com amplitudes e declividades altas principalmente na sua porção centro-norte-nordeste onde se encontram parte das cabeceiras de drenagens. Na sua porção a leste, as declividades apresentam-se mais baixas que as anteriores. Como pode ser visto nas outras áreas, essa microbacia também apresenta um perfil topográfico assimétrico entre as encostas, a margem esquerda do Lago Água Azul observa-se topos mais arredondados com altas declividades enquanto que na margem direita os topos são mais estreitos e as declividades menores (Figura 58).

As combinações da declividade, do tipo de substrato e do uso do solo, geram nessa área uma fragilidade do meio físico, assim como nas demais áreas, no tocante à dinâmica das águas pluviais resultando nos processos de erosão e movimentos de massa como pode ser observado na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12: Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades baixas e altas na Microbacia Guaraçu.

Litologia	Solos/SARs	Processos naturais (N) / induzidos (I)
Aluvião	Solo transportado, pouco espesso. Gleissolo, argiloso com silte ou areia. Incoerente.	N: áreas de acúmulo sedimentar e de escoamento superficial I: inundações e assoreamentos. Provável contaminação dos corpos d'água (lótico e lântico) em função do lançamento de esgoto doméstico.
Metapelito	Solos saprolíticos raso a pouco profundo (50 cm).	Declividades (acima de 15%) N: área com escoamento superficial de águas pluviais e baixa infiltração; erosão laminar natural e rastejos. I: nos cortes ocorrem movimentos de massa do tipo escorregamentos (desplacamentos).
Metabásica	Solo residual laterítico raso argiloso. Saprolítico silteoso com ocorrência de pequenos blocos cristalinos.	Declividades (acima de 30%) N: área com escoamento superficial de águas pluviais e baixa infiltração; rolamento de blocos. I: nos cortes ocorrem movimentos de massa do tipo escorregamentos.

Como resultado do uso do solo na década de 90, a ocupação alterou algumas áreas de encostas no tocante a abertura de pequenos lotes irregulares, assim como a abertura dos arruamentos, originando grandes deslocamentos (Figuras 59 e 60). Esses movimentos são resultados de cortes em solos de alteração de rocha, extremamente rasos e em rochas metassedimentares que atualmente encontram-se estabilizados devido o crescimento de uma cobertura vegetal (Figura 61), observado principalmente nas áreas antropizadas. Nas áreas de alta declividade, blocos de rochas metabásicas são roladas devido à existência dos taludes, porém não geram problemas maiores já que essas áreas não possuem ocupações em sua base (Figura 62).

FIGURA 58
LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS NA BASE CARTOGRÁFICA

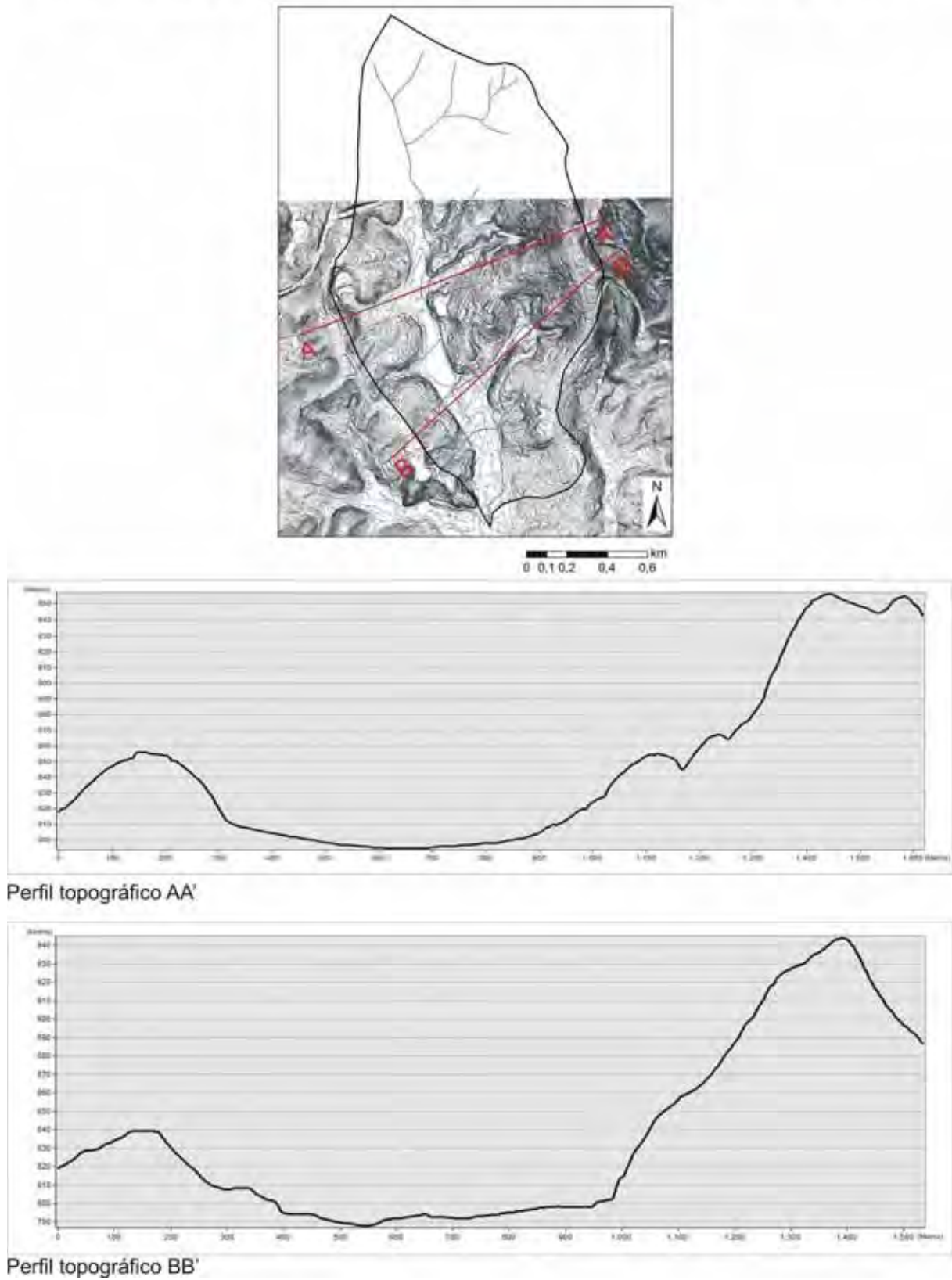




Figura 59: Área de deslocamentos em loteamentos irregulares (MESQUITA, 1998).



Figura 60: Área de deslocamentos em arruamento (MESQUITA, 1998).



Figura 61: Recuperação do talude através de vegetação (MESQUITA, 2010).



Figura 62: Rolamento de blocos de rochas metabásicas (MESQUITA, 1998).

Essa microbacia atualmente apresenta problemas do tipo assoreamento e inundações devido ao escoamento superficial, à falta de saneamento básico e à consolidação da ocupação irregular nas áreas de baixa declividade. Os problemas relacionados aos movimentos de massa e erosão diminuíram ao longo dos anos devido essa área não ser mais considerada de franca ocupação.

4.3.3. Método aplicado à Microbacia Ribeirão Guaraçau

O método aplicado para essa microbacia também foi baseado na abordagem paramétrica como na microbacia descrita anteriormente, levando-se em consideração o uso, cobertura do solo e a declividade. Os dados cadastrais de degradação ambiental nessa área foram obtidos através de trabalhos já desenvolvidos: MESQUITA, 1998 e Defesa Civil de Guarulhos, 2010 e 2011, bem como os trabalhos de campo e as análises dos perfis topográficos.

Para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental dessas microbacias foi utilizada a mesma chave de classificação com os mesmos níveis, levando-se em consideração a avaliação dos danos através de fenômenos naturais ou induzidos proposto pelo IPT (1994) referente à ação antrópica diante do manejo incorreto do solo:

- Nível I: Classes gerais de Degradação Ambiental;
- Nível II: Sub-classe com tipologias diferenciadas de degradação ambiental.

As classes utilizadas para a elaboração do Mapa de Degradação Ambiental foram:

- ÁREAS DEGRADADAS POR PROCESSOS NATURAIS INDUZIDOS

- Erosão em ravinas: obtidos de MESQUITA (1998) e campo;
- Escorregamentos e deslocamentos cadastrados: obtidos de MESQUITA (1998) e Defesa Civil de Guarulhos (2010, 2011);
- Áreas sujeitas a escorregamentos: áreas urbanas não consolidadas, com declividade superior a 60%: obtidos de MESQUITA (1998)
- Depósitos de assoreamento: fotointerpretação e campo.
- Rolamento de blocos e rastejos: obtidos de MESQUITA (1998).

- ÁREAS DEGRADADAS POR OCUPAÇÃO OU MANEJO INADEQUADO DO SOLO

Nessa categoria foram inseridas as Áreas de Preservação Permanente (APPs). Essas áreas são de grande importância ecológica, que podem ou não estarem cobertas por vegetação nativa. Possuem como função, preservar os

recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, proteger o solo, dentre outros. No presente estudo, foram consideradas APPs degradadas as áreas de nascentes naturais, os córregos e os topos de morros que foram ocupados para fins urbanos e rurais.

- Disposição inadequada de resíduos urbanos: fotointerpretação e campo;
- Degradação por ocupação urbana em APP: correspondem às APPs onde ocorre ocupações estritamente urbanas (não consolidadas) ou chácaras;
- Degradação por manejo rural em APP: correspondem às APPs onde prevalece vegetação de campo (pasto) ou reflorestamento;
- Ocupações urbanas precárias: correspondem às áreas urbanas não consolidadas.

- ÁREAS AMBIENTALMENTE ESTÁVEIS OU REGULARES

- Áreas preservadas com florestas;
- Áreas com reflorestamento de eucalipto (fora de APPs);
- Áreas com chácaras (fora de APPs).

4.3.4. Degradação Ambiental da Microbacia

Assim como desenvolvido nos loteamentos Recreio São Jorge e Novo Recreio, na microbacia Taquara do Reino, para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental (Figura 63), utilizou-se da descrição de duas grandes áreas: uma degradada por processos erosivos que muitos ocorreram na época em que o bairro estava sendo aberto para a ocupação resultando atualmente em poucos locais e a outra área em ocupação por manejo inadequado do solo relacionado principalmente por ações antrópicas.

Esse loteamento, durante as décadas de 80 e 90, teve intensa antropização, com uma visão de uma área com grande atrativo para expansão urbana principalmente na continuidade do Bairro de Bom Sucesso, rico em uma ocupação industrial com saída para a Rodovia Presidente Dutra.



Na época dessa ocupação, muitos processos erosivos foram instalados, devido principalmente à abertura das vias de acesso ao local, relacionados aos deslocamentos (Figuras 64 e 65), enquanto que os ravinamentos e queda de blocos seriam resultados de uso das áreas expostas para pastagens (Figura 66).

Com o passar dos anos, essa microbacia foi sendo abandonada pela ocupação devido sua localização afastada do centro industrial do município, consolidando sua ocupação e recuperando naturalmente muitas das suas áreas já degradadas (Figura 67).

As áreas que foram degradadas por ocupação ou uso inadequado do solo são oriundas do manejo rural e pela ocupação do tipo chácaras que é a maioria do uso presente nessa microbacia, com ênfase em duas áreas: o uso inadequado das áreas de declives e as áreas de aluvião (Figuras 68 e 69).

Essa microbacia possui uma grande área de vegetação (Figura 70) com nascentes ainda bem preservadas, o que mostra que o crescimento de ocupação não teve continuidade ao longo dos últimos anos.



Figura 64: Deslocamentos oriundos da ocupação urbana (MESQUITA, 1998).



Figura 65: Deslocamentos em abertura de estrada (MESQUITA, 1998).



Figura 66: Rolamento de blocos e ravinamentos (MESQUITA, 1998).



Figura 67: Recuperação vegetal em área de deslocamentos (MESQUITA, 2010).



Figura 68: Área de declive com ocupação inadequada (MESQUITA, 2010).



Figura 69: Ocupação inadequada em área de aluvião (MESQUITA, 2010).



Figura 70: Área de vegetação preservada (MESQUITA, 2010).

4.4. Área de estudo nº 3: Bairro Fortaleza

A segunda área estudada diz respeito ao loteamento do Jardim Fortaleza, localizado na porção central do município, pertencente à Microbacia Córrego do Entulho no Bairro Fortaleza (Figura 71). Essa área pertence à Microbacia Lavras e à Sub-bacia Baquirivú-Guaçu, é parte integrante da Bacia do Alto Tiête, e conta com uma população estimada em 10 mil habitantes em 2009 (PMG, 2010). Ressalta-se que o estudo geoambiental efetuado é inédito para essa porção do Município de Guarulhos.

4.4.1. *Uso e ocupação da bacia hidrográfica*

Segundo Santos (2005), essa microbacia possui uma ocupação extremamente problemática e não muito antiga. O loteamento Fortaleza foi licenciado pelo município em 1977 e implantado durante a década de 1980. Como se pode visualizar na Figura 72, a forma como esse loteamento foi instalado, gerou grande degradação ambiental do tipo: desmatamentos e quase 60% dessa microbacia foi aterrada.

Esse aterro foi implantado numa área rural, iniciando-se pela porção oeste da microbacia e migrando para a região leste. Em questão de pouco mais de 10 anos, essa ocupação estava instalada e consolidada.

Justamente pelo tipo de empreendimento, mais popular, ignorou-se a vocação dessa microbacia indicada inicialmente pelo Poder Público para projetos de loteamento e condomínios de alto padrão, que segundo Santos (2005) seria mais apropriado para chácaras, sítios e outras áreas de lazer, que não trariam nenhum resultado de degradação do tipo terraplanagem, impermeabilização e remoção do solo.

Devido a essa grande degradação por ocasião da instalação do loteamento Fortaleza, esta obra sofreu um embargo do Ministério Público gerando vários processos judiciais e infraestrutura não implantada e pelo desmatamento de área de preservação permanente.

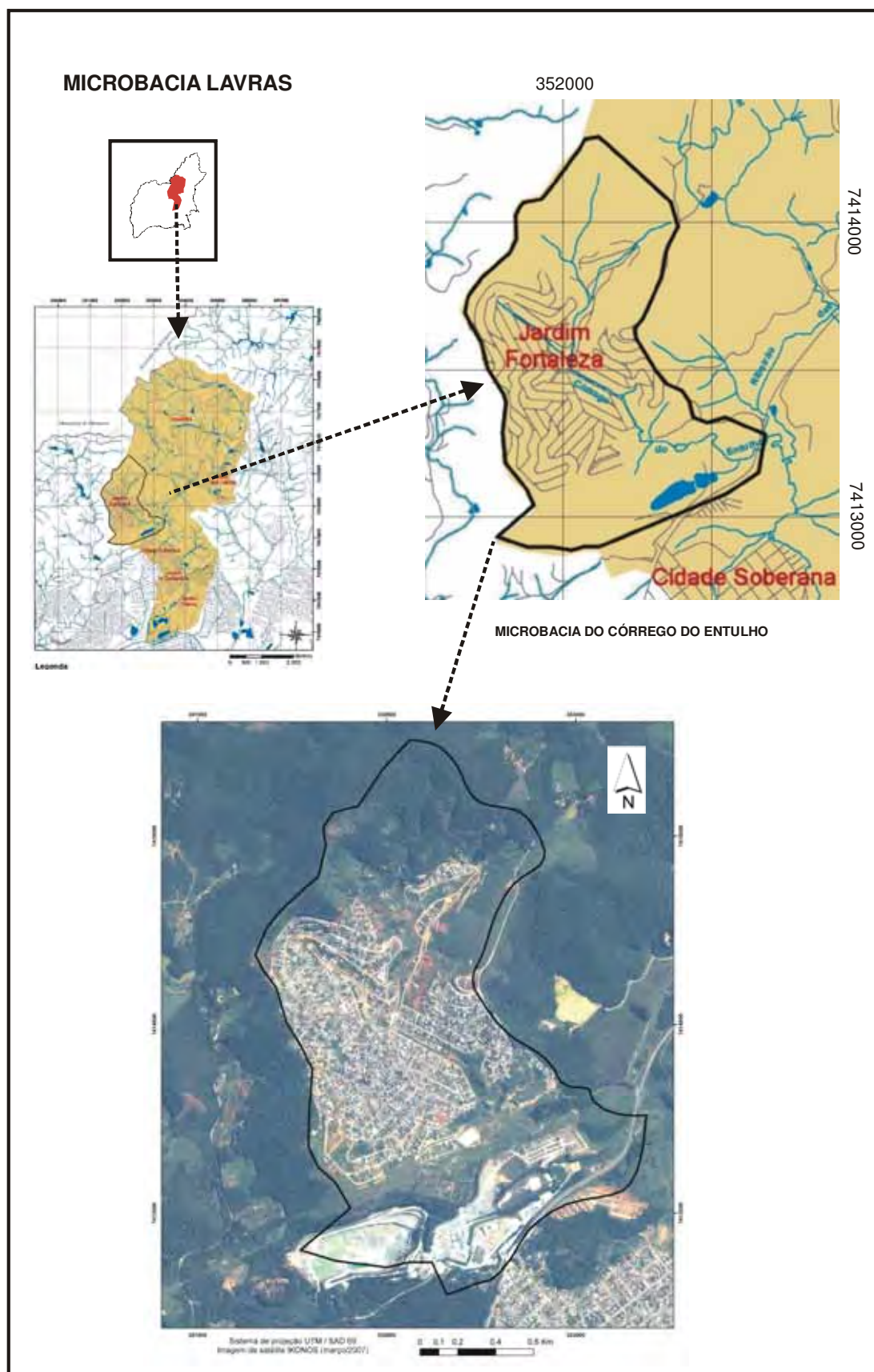


Figura 71: Localização da área de estudo nº 2, Bairro Fortaleza, Microbacia Córrego do Entulho, Loteamento Jardim Fortaleza (OLIVEIRA et al., 2009).

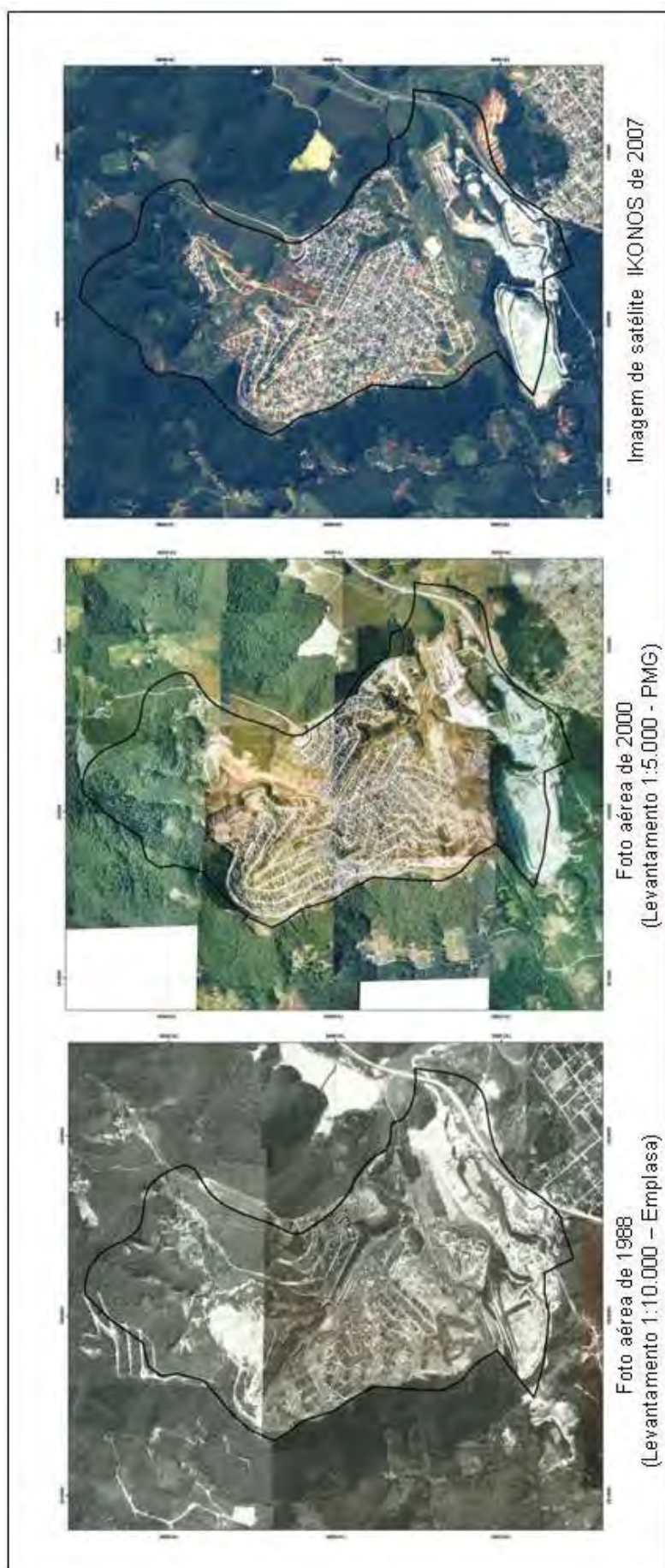


Figura 72: Fotos aéreas e imagem de satélite da área nº 3: Bairro Fortaleza, Microbacia Córrego do Entulho, loteamento Fortaleza.

A ocupação dessa microbacia é bem consolidada na porção oeste, na região central e parte da porção leste, contendo áreas comerciais, escolas, áreas de lazer, assim como residências de médio padrão (Figura 73).

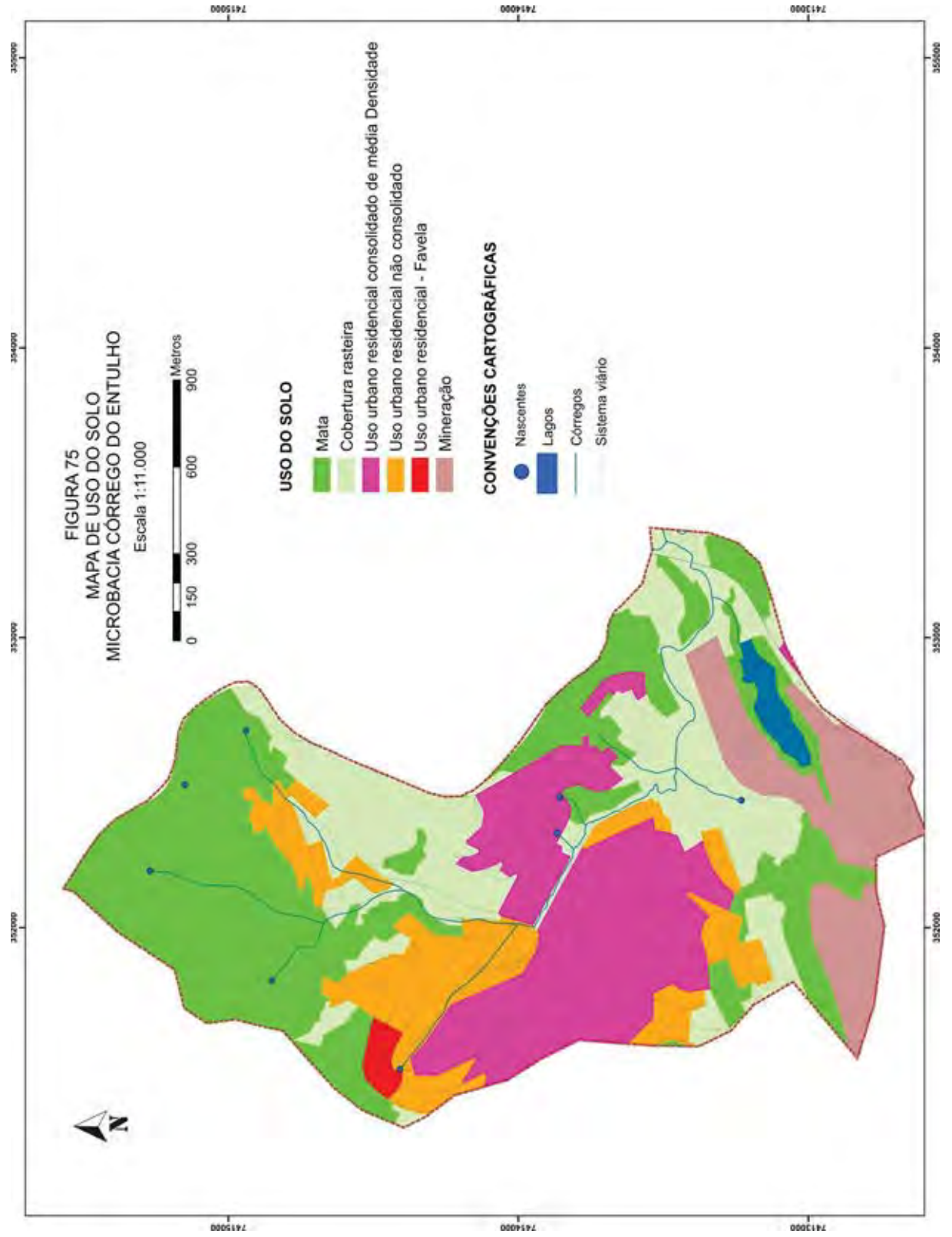


Figura 73: Ocupação da porção central da microbacia (MESQUITA, 2010).

A consolidação dessa porção da microbacia resultou na construção de vários arruamentos asfaltados (Figura 74), com uma manutenção mínima dos serviços do poder público como recolhimento de lixo e distribuição de água e esgoto (Figura 75).



Figura 74: Arruamento na área central do loteamento Fortaleza com ruas comerciais (MESQUITA, 2010).



Atualmente, observa-se que a microbacia vem sofrendo uma ocupação através de loteamentos irregulares com uma população de baixa renda, o que agrava a degradação ambiental (Figura 76). Essa ocupação ocorre na porção norte-leste, e em alguns pontos da periferia da porção central da microbacia. No extremo norte da área, encontram-se ainda áreas com presença de vegetação (Figura 77).



Figura 76: Ocupação irregular na área ao norte-leste da microbacia (MESQUITA, 2010).



Figura 77: Visualização da vegetação ao norte da microbacia (MESQUITA, 2010).

Não bastando os problemas do aterro, do desmatamento e, atualmente, da ocupação irregular das áreas de declive e das planícies, a microbacia ainda abriga na sua porção sul, a Mineradora Basalto, que produz brita para construção civil (Figura 78).



Figura 78: Entrada da Mineradora Basalto ao sul da microbacia (MESQUITA, 2010).

O loteamento Jardim Fortaleza está assentado numa área expressiva ocupando a maior parte do território da microbacia, estando localizado entre um setor preservado mais à montante e outro à jusante. A ocupação passa pelo fundo de vale principal e transpõe as encostas em direção aos topos das elevações. É notadamente visível que a implantação do loteamento Jardim Fortaleza se deu através de grande movimentação de terra por terraplenagem que alterou profundamente os perfis e a composição das encostas. Tal fato resultou em amplos setores aplainados por aterros e cortes onde se estabeleceram as áreas principais da ocupação. Conjuntamente, formaram-se diversos taludes verticalizados, muitos associados às áreas de corte para produção de material de aterro nas porções elevadas das encostas. Em alguns pontos pode-se também encontrar taludes de aterro muito elevados e inclinados.

4.4.2. Condições Geoambientais

Essa microbacia encontra-se dentro de um contexto geológico formado, em sua maioria, por metassedimentos com intercalações localizadas de rochas metavulcânicas. Ao sul da bacia, encontram-se os granitos explorados pela Mineradora Basalto. Secundariamente, são observados sedimentos aluvionares na porção a jusante da drenagem principal (Figura 79).

Os metassedimentos são formados por metapelitos xistosos do tipo filitos, com características foliáceas enquanto as metabásicas constituem-se em anfibolitos. Sobre esse conteúdo geológico assenta-se um aterro com aproximadamente 30 metros de altura, originado pela imobiliária do loteamento, aterro este resultante com os próprios metapelitos presentes na bacia.

Quando observado em terrenos originais, o solo predominante são os Latossolos Vermelho-Amarelos com textura argilosa, poucos espessos e muitos pedregosos do tipo saprolíticos. Na sua grande maioria, devido ao aterro sofrido, a área apresenta uma mistura de materiais que não condiz com a realidade original da bacia.

A geomorfologia da área é de montanhas, morros e morrotes, onde a bacia apresenta um formato alongado com um vale aterrado e assoreado. Na porção central da microbacia, os morros e morrotes são de topos arredondados na sua maioria achatados e com topos aplainados devido à realização do aterro (Figura 80). Na porção norte, as montanhas apresentam topos mais angulosos com feições naturais (Figuras 81 e 82).

A suscetibilidade do meio físico no caso estudado, considera os fatores relevo e material superficial, ou seja, forma e composição das superfícies topográficas, que no Jardim Fortaleza foram profundamente antropizadas. De qualquer forma, a estrutura do relevo mantida pelo substrato geológico-geomorfológico impõe a tipologia e intensidade dos processos de dinâmica superficial presentes.

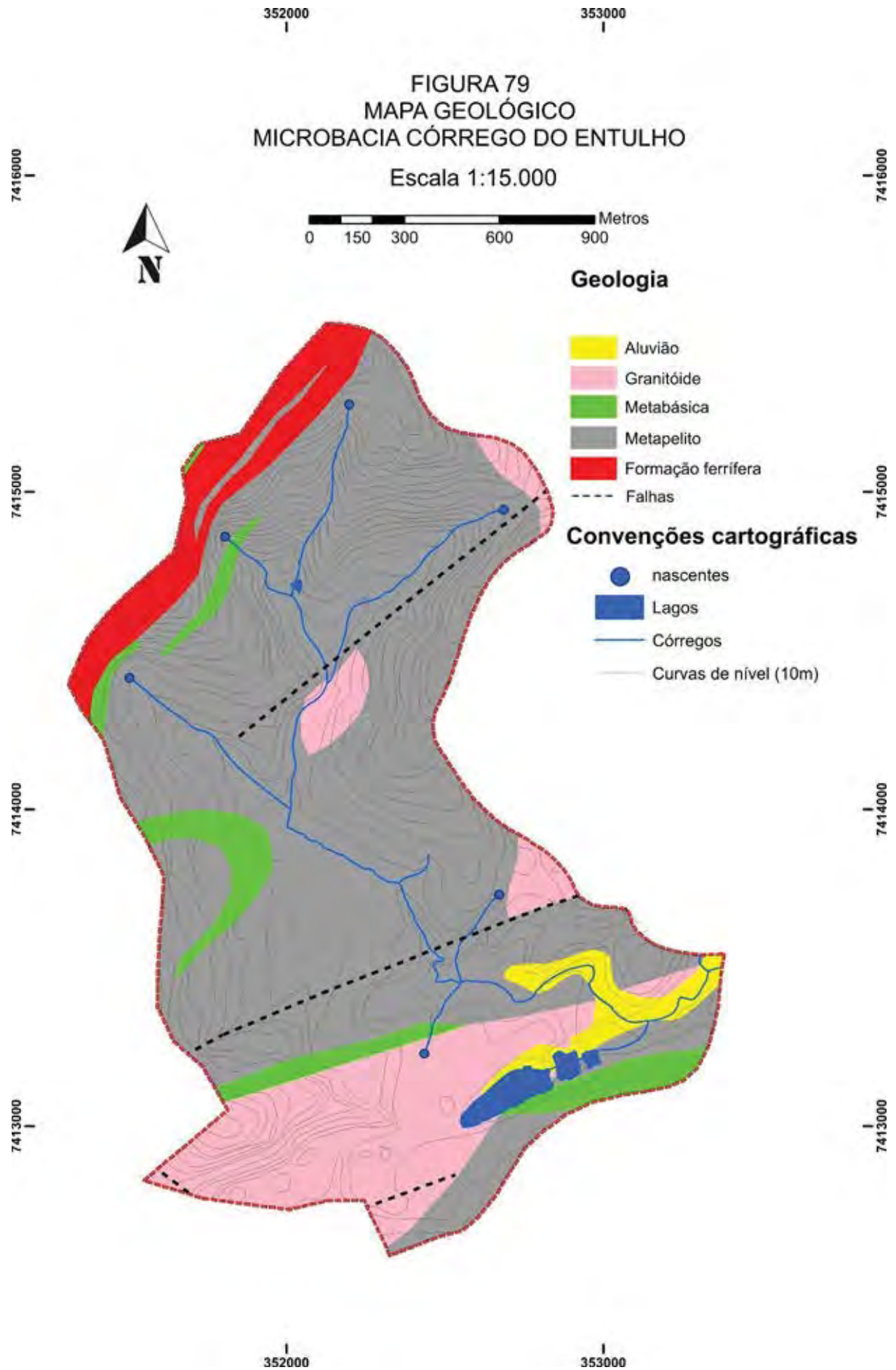


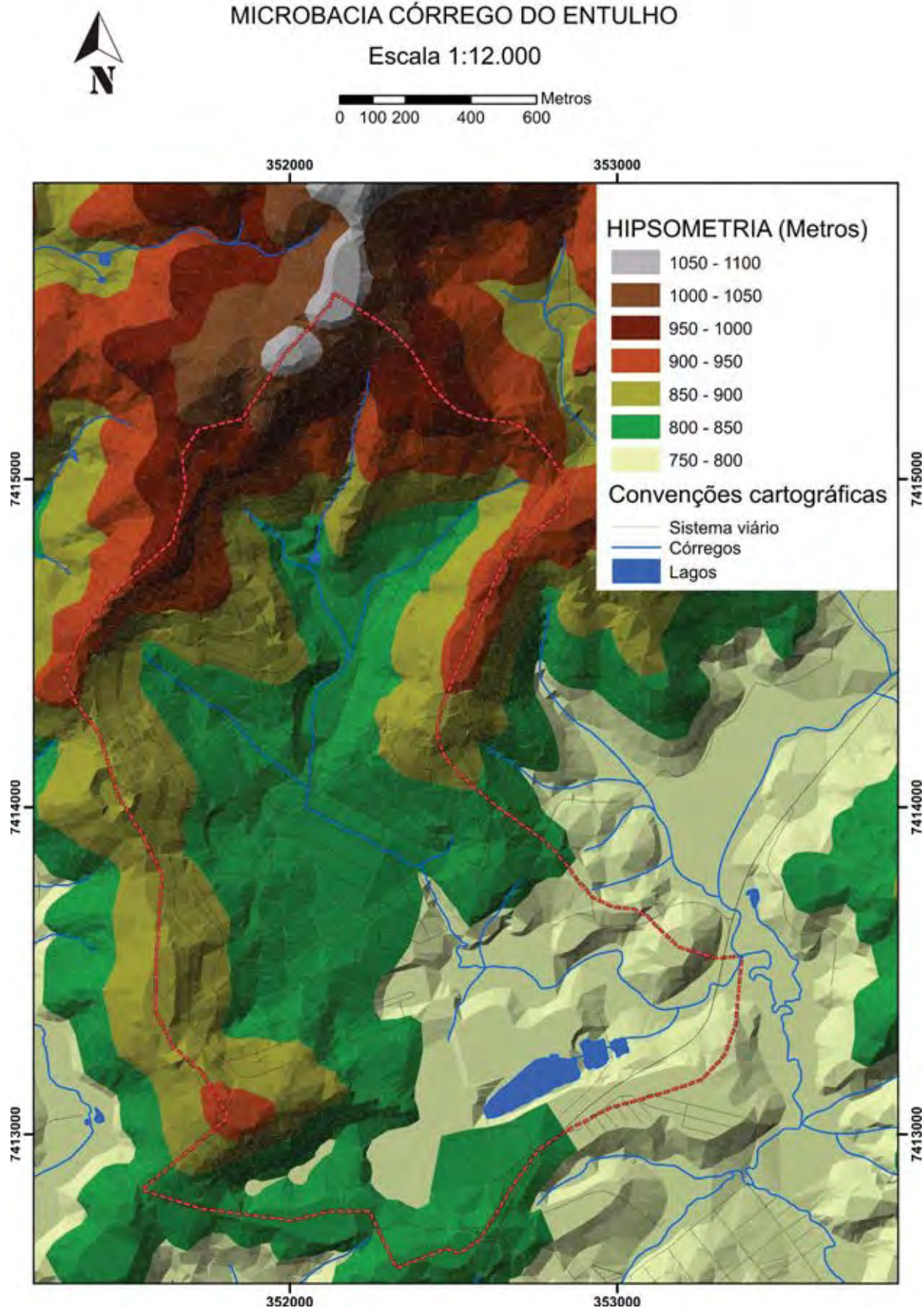


Figura 80: Morrotes de topos achatados e aplainados devido à realização do aterro (MESQUITA, 2010).



Figura 81: Montanhas de topos mais angulosos (MESQUITA, 2010).

FIGURA 82
MAPA HIPSONÉTICO
MICROBACIA CÔRREGO DO ENTULHO
Escala 1:12.000



A drenagem é formada por vários canais que se unem originando um canal principal obedecendo aos lineamentos SE-NW, parte do canal fluvial foi remodelado de acordo com a área aterrada encontrando-se totalmente fora do padrão original e assoreado. Na porção norte as nascentes são bem preservadas enquanto as demais estão totalmente antropizadas e aterradas. Os parâmetros morfométricos da Microbacia Córrego do Entulho estão apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13: Parâmetros morfométricos da Microbacia Córrego do Entulho.

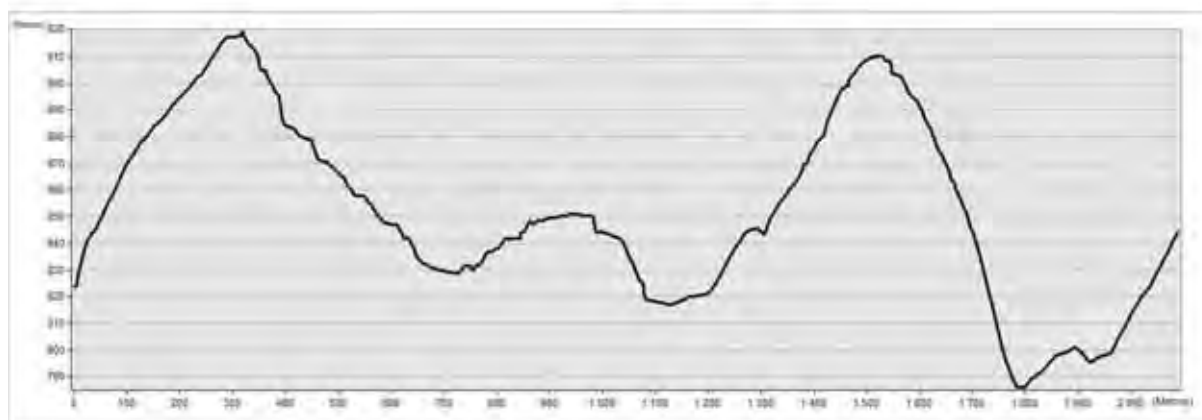
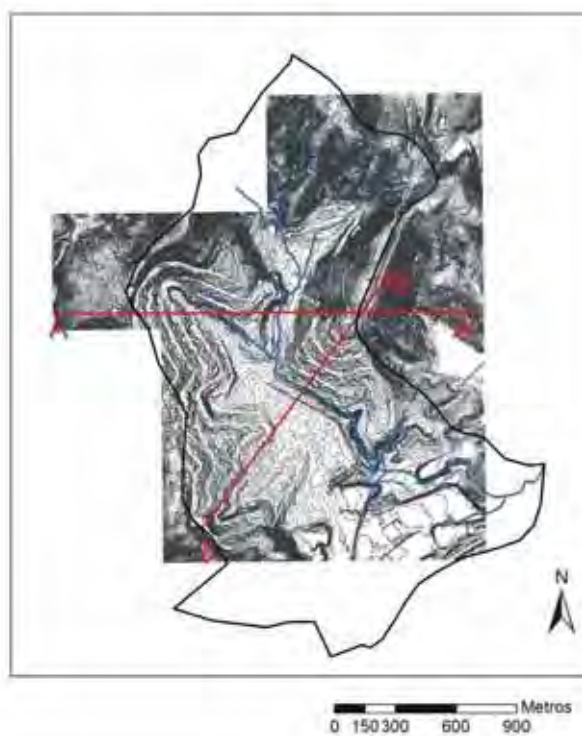
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	
ÁREA DA BACIA	323,02ha
PERÍMETRO	8858,25m
COMPRIMENTO	2950m
LARGURA MÁXIMA	1940m
ALTITUDE MÁXIMA	1060m
ALTITUDE MÍNIMA	770m
AMPLITUDE	290m
DECLIVIDADE MÉDIA	24%
DECLIVIDADE MÁXIMA	88%
ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	
COMPRIMENTO DA REDE DE DRENAGEM	6245,04m
COMPRIMENTO DO TALVEGUE PRINCIPAL	3379,94m
DECLIVIDADE DO TALVEGUE PRINCIPAL	6,8%
CIRCULARIDADE	0,52
DENSIDADE DE DRENAGEM	1,94 Km/km ²
DESNÍVEL DO TALVEGUE	230m

Fonte: modificado de OLIVEIRA et al.(2009)

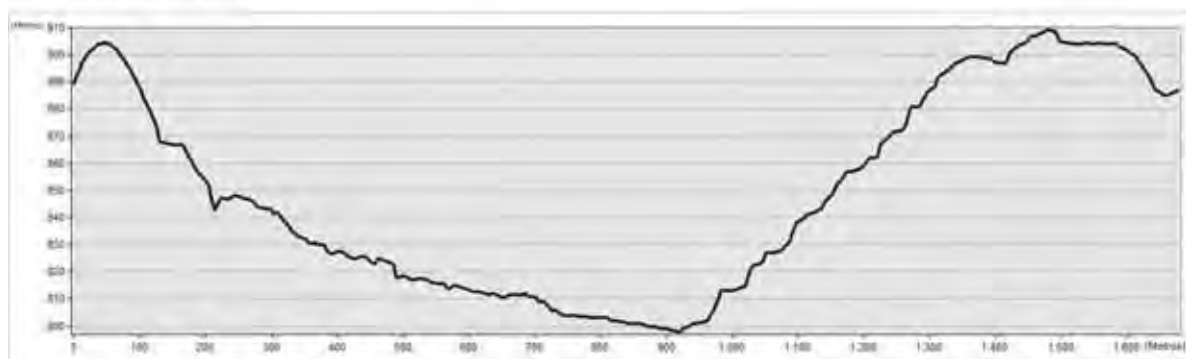
As áreas de encostas são convexas, sendo que áreas côncavas são encontradas, principalmente, nas cabeceiras de drenagens. As declividades não são acentuadas devido à região ter sido aterrada, porém alguns pontos as declividades se tornam mais elevadas por serem ainda áreas não antropizadas. O perfil topográfico mostra que há uma assimetria entre as encostas muitas vezes devido ao aterro executado nessa área (Figura 83).

O grande volume de escoamento superficial de água e a grande movimentação de terra executada nessa microbacia produzem grandes problemas do tipo escorregamentos, ravinamentos, boçorocas e, principalmente, assoreamento das drenagens, tendo como resultado final problemas com inundações e enchentes. A Tabela 14 mostra as características geotécnicas observada nessa microbacia.

FIGURA 83
LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS NA BASE CARTOGRÁFICA



Perfil topográfico AA'



Perfil topográfico BB'

Tabela 14: Síntese das características das unidades geotécnicas em declividades baixas e altas na Microbacia Córrego do Entulho.

Litologia	Solos/SARs	Processos Naturais (N) / Induzidos (I)
Aluvião	Solo totalmente transportado. Gleissolo, argiloso, por vezes com silte e/ou areia.	N: Área de acumulação sedimentar e escoamento fluvial. I: Inundação e grande volume de sedimento (assoreamentos).
Metabásica	Saprólito siltoso (textura franca; pouco a medianamente coerente). Ocorrência de pequenos blocos cristalinos.	Declividades altas (acima de 30%) N: Áreas onde predominam o escoamento superficial de águas pluviais e baixa infiltração; erosão laminar natural intensa e em sulcos. Rastejo e ocasionais escorregamentos planares. I: Nos cortes pode ocorrer erosão em sulcos e deslocamentos; nos aterros onde predominam os solos de alteração de rocha a erosão é intensa (em sulcos, ravinas) e pode ocorrer movimentos de massa (escorregamentos).
Metapelitos	Solo residual laterítico raso e argiloso (Latossolo/Cambissolo).	Declividades baixas (abaixo de 30%) N: Áreas onde predominam a dispersão e a infiltração de águas pluviais. I: Nos cortes pode ocorrer de forma restrita erosão em sulcos; nos aterros ocorre erosão em sulcos.
	Saprólito siltoso (texturas silte a siltoso; pouco a medianamente coerente).	Declividades altas (acima de 30%) N: Áreas onde predominam o escoamento superficial de águas pluviais e baixa infiltração; erosão laminar natural intensa e em sulcos. Rastejo e ocasionais escorregamentos planares. I: Nos cortes pode ocorrer erosão em sulcos e movimento de massa (desconfinamento e deslocamento); nos aterros onde predominam os solos de alteração de rocha a erosão é muito intensa e ocorrem movimentos de massa (escorregamentos).
Granitóide	Solo residual laterítico com ocorrência de blocos cristalinos.	Declividades baixas (abaixo de 30%) N: Áreas onde predominam a dispersão e a infiltração de águas pluviais; erosão laminar natural pouco intensa. I: Nos cortes ocorre erosão por sulcos e ravinas. movimentos de massa são restritos (queda de blocos e escorregamentos); nos aterros predominam os solos de alteração de rocha onde a erosão é intensa (sulcos e ravinas) e movimentos de massa.

Desta forma, observa-se que essa microbacia foi muito afetada pela instalação do loteamento, onde a movimentação de terra foi altamente degradante combinada um intenso desmatamento. Essa remoção de sedimentos, que foram sendo terraplanados, originou patamares com baixas declividades, porém com intensos processos de escoamento superficial, o que conduziu em determinadas porções dessa área, a processos erosivos intensos.

Como a área permanece sem planejamento urbano, o processo de ocupação atual tem privilegiado as áreas com declividades mais acentuadas, provocando escorregamentos favorecidos pelo escoamento superficial das águas. Justamente essa porção irregular do loteamento, encontra-se isenta dos serviços públicos como coleta de esgoto e de lixo, o que agrava ainda mais o quadro de degradação ambiental.

4.4.3. Método aplicado na Microbacia Córrego do Entulho

O método aplicado nessa microbacia foi baseado na abordagem fisiográfica proposto por Vedovello (2000), onde foi avaliada a partir de unidades de análise definidas com base na associação dos Mapas de Setores de Encosta e Fundo de Vale, Materiais Superficiais e de Uso e Cobertura do Solo.

A compartimentação e caracterização do relevo foi obtido através da delimitação e mapeamento de unidades e elementos de terreno realizado através de fotointerpretação com auxílio de um modelo digital de terreno (MDT).

A identificação de homogeneidade e similaridade foi realizada em duas etapas:

- primeira pela descrição das características geométricas dos domínios morfológicos com a dos elementos de terreno existentes na área. Essa primeira análise foi realizada através dos mapas: morfológico (ANDRADE, 1999) e geomorfológico (OLIVEIRA et al., 2009) cuja as características encontram-se na Tabela 15 a seguir:

Tabela 15: Características geométricas dos domínios morfológicos.

DOMÍNIO MORFOLÓGICO	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS
MORROS (M)	Elevações com amplitudes superiores à 100 metros, predominam declividades superiores à 30% e encostas convexas-retilíneas, subordinadamente côncavas. Os topos são agudos formando cristas alinhadas.
VALES (V)	Depressões profundas e fechadas com canais de padrão dendrítico de 1ª e 2ª ordem.

- a segunda etapa de compartimentação foi determinada pela análise das formas das encostas/fundo de vale. Foi possível identificar cinco tipos de elementos de terreno, esses setores do relevo são tratados como superfícies que apresentam comportamento geodinâmico homogêneo que podem ser verificados na Tabela 16:

Tabela 16: Características geométricas dos elementos de terreno.

ELEMENTO DE TERRENO	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS
CABECEIRA	formas côncavas e declividades que podem atingir 60%
TOPO	alinhados, estreitos e angulosos, com declividades inferiores à 10% em torno da linha de cumieira
MÉDIA ENCOSTA	formas retilíneas à convexas com declividades de até 45%
BAIXA ENCOSTA	formas predominantemente convexas com declividades de até 45%
PLANÍCIE	superfícies planas com declividades inferiores

O resultado gerou o Mapa de Setorização de Encostas onde pode-se demonstrar a fragilidade ambiental classificada de forma qualitativa numa escala de instabilidade potencial quanto a processos de dinâmica superficial como pode-se observar na Tabela 17:

Tabela 17: Relação entre os setores das encostas e fundos de vale com o potencial a processos de dinâmica superficial.

SETORES DAS ENCOSTAS E FUNDOS DE VALE	INSTABILIDADE POTENCIAL A PROCESSOS DE DINÂMICA SUPERFICIAL
CABECEIRAS	MUITO ALTA
TOPOS	ALTA
MÉDIAS ENCOSTAS	MÉDIA
BAIXAS ENCOSTAS	BAIXA
PLANÍCIES	MUITO ALTA

O Mapa de Materiais Superficiais foi gerado através do mapeamento de campo e fotointerpretação, buscando basicamente reconhecer áreas que mantêm solo residual preservado, as áreas que apresentam aterros, as que possuem solos de alteração de rocha (SAR) e as áreas que possuem depósitos de assoreamentos.

A síntese das características geotécnicas dos materiais superficiais são apresentadas a seguir na Tabela 18:

Tabela 18: Características geotécnicas dos materiais superficiais.

MATERIAIS SUPERFICIAIS	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
ATERRO	Material incoerente com níveis variados de compactação no geral baixa, predomina textura franca siltosa, são micáceos. As camadas de aterro podem ser heterogêneas com níveis formados por fragmentos de rocha (principalmente xisto e filito)
SOLO DE ALTERAÇÃO DE ROCHA - SAR	Rocha muito alterada, pouco coerente a medianamente coerente, textura predominante franca siltosa (xistos e filitos) e, subordinadamente franca arenosa (granitóides e formação ferrífera)
SOLO RESIDUAL	Solo incoerente de textura franca argilosa com presença de minerais primários, pouco espessos (1-1,5 metros) em termos pedológicos classificados como cambissolos
ASSOREAMENTO	Material muito incoerente com textura silte-arenosa (areia fina) depositados em bancos descontínuos, com presença de detritos

Por fim, a elaboração do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs foi resultado da sobreposição da compartimentação do relevo com o dos materiais superficiais gerando a classificação demonstrada na Tabela 19:

Tabela 19: Síntese das Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs).

DOMÍNIO MORFOLÓGICO	SETOR DA ENCOSTA E FUNDO DE VALE	UBCs
MORROS (M)	CABECEIRA (MC)	MCA – ATERROS MCR – SOLOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHA (SAR) MCS – SOLOS RESIDUAIS
	TOPO (MT)	MTA – ATERROS MTR – SOLOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHA (SAR) MTS – SOLOS RESIDUAIS
	MÉDIA ENCOSTA (MM)	MMA – ATERROS MMR – SOLOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHA (SAR) MMS – SOLOS RESIDUAIS
	BAIXA ENCOSTA (MB)	MBA – ATERROS MBR – SOLOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHA (SAR) MBS – SOLOS RESIDUAIS
VALES (V)	PLANÍCIE (VP)	VPA – ATERROS VPD – ASSOREAMENTOS

Obs: a primeira letra corresponde ao domínio morfológico, a segunda ao setor da encosta/fundo de vale e a terceira a composição do material superficial.

Para elaboração do Mapa de Degradação Ambiental foi realizado o cruzamento do Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) com o Mapa de Uso e Cobertura do Solo. As unidades referenciadas no Mapa de Uso e Cobertura do Solo estão demonstradas na Tabela 20:

Tabela 20: Características das unidades de Uso e Cobertura do Solo.

ÁREAS URBANAS/ VERDES/MINERAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Área residencial não consolidada (favela)	Ocupação precária sem infraestrutura adequada, superfícies livres e solos expostos com depósitos de resíduos e escoamento superficial de águas pluviais.
Área residencial não consolidada	Ocupação ordenada com infraestrutura incompleta, densidade de ocupação alta com superfícies livres e solos expostos.
Área residencial consolidada	Ocupação ordenada, com infraestrutura presente, densidade de ocupação alta recobrindo toda a superfície do solo.
Vegetação rasteira	Porte herbáceo (gramíneas), indicam aterro, SAR e solos de assoreamentos.
Vegetação arbórea	Porte arbóreo (Mata Atlântica e reflorestamento), áreas preservadas ou recuperadas.
Mineração	Intensa movimentação de terra e rocha

A definição final das classes de degradação ambiental teve como princípio uma equação que reúne fatores predisponentes e efetivos dos processos do meio físico de dinâmica superficial em questão que são a erosão, movimento de massa e assoreamento, da seguinte forma:

$$\text{DEGRADAÇÃO AMBIENTAL} = \text{SUSCETIBILIDADE DO MEIO FÍSICO} + \text{POTENCIAL DE INDUÇÃO}$$

A suscetibilidade do meio físico relaciona um conjunto de características intrínsecas dos terrenos nos quais os processos do meio físico ocorrem. O potencial de indução refere-se aos agentes responsáveis pelo desencadeamento das instabilizações do solo e/ou rocha com destaque para a ação antrópica. Por sua vez, cada fator reúne outros fatores e conjuntos de atributos, conforme as equações a seguir:

$$\text{SUSCETIBILIDADE DO MEIO FÍSICO} = f(\text{RELEVO} + \text{MATERIAL SUPERFICIAL})$$

e

$$\text{POTENCIAL DE INDUÇÃO} = f(\text{USO E COBERTURA DO SOLO})$$

A análise integrada das UBCs com as classes de uso do solo permitiu através da seleção e combinação dos atributos efetuar a classificação qualitativa da degradação ambiental dessa microbacia. Os critérios consideraram a suscetibilidade do meio físico e o potencial de indução resultante do uso e cobertura do solo, sendo importante considerar a qualidade urbana e a dinâmica superficial.

A Tabela 21 a seguir mostra de forma resumida os componentes considerados na análise da degradação da Microbacia Córrego do Entulho.

Tabela 21: Níveis de degradação ambiental de acordo com as UBCs.

UBC	Degradação Muito Alta	Degradação Alta	Degradação Média	Degradação Baixa	Degradação Muito Baixa	Degradação Inexistente
Cabeceira com aterro	Favela	Vegetação rasteira, residencial não consolidado	Residencial consolidado	Vegetação arbórea		
Cabeceira com SAR	Favela	Vegetação rasteira, residencial não consolidado	Residencial consolidado	Vegetação arbórea		
Cabeceira com solo			Residencial não consolidado			Vegetação arbórea
Planície com assoreamento	Vegetação rasteira	Vegetação arbórea				
Planície com aterro	Vegetação rasteira	Mineração	Residencial não consolidado	Residencial consolidado	Vegetação arbórea	
Topo com SAR		Favela, Vegetação rasteira	Residencial consolidado, Residencial não consolidado	Vegetação arbórea		
Topo com solo						Vegetação arbórea
Média encosta com aterro		Vegetação rasteira	Residencial não consolidado	Residencial consolidado	Vegetação arbórea	
Média encosta com SAR		Vegetação rasteira	Residencial não consolidado, mineração	Residencial consolidado	Vegetação arbórea	
Média encosta com solo		Residencial não consolidado				Vegetação arbórea
Baixa encosta com aterro		Vegetação rasteira	Mineração	Residencial não consolidado	Residencial consolidado, vegetação arbórea	
Baixa encosta com SAR			Mineração		Residencial consolidado, vegetação arbórea	
Baixa encosta com assoreamento	Vegetação rasteira	Vegetação arbórea				
Baixa encosta com solo			Residencial não consolidado			Vegetação arbórea

Finalizada a elaboração dos Mapas de Degradação pode-se então analisar e discutir os resultados nas três microbacias escolhidas.

4.4.4. Degradação Ambiental da Microbacia

De acordo com o histórico dessa área, devido ter sofrido uma grande modificação na paisagem resultante do aterro para instalação do loteamento Fortaleza, a metodologia utilizada para o mapeamento da degradação ambiental para essa microbacia foi executada através da criação das Unidades Básicas de Compartimentação que exigiram a elaboração de outros mapeamentos como:

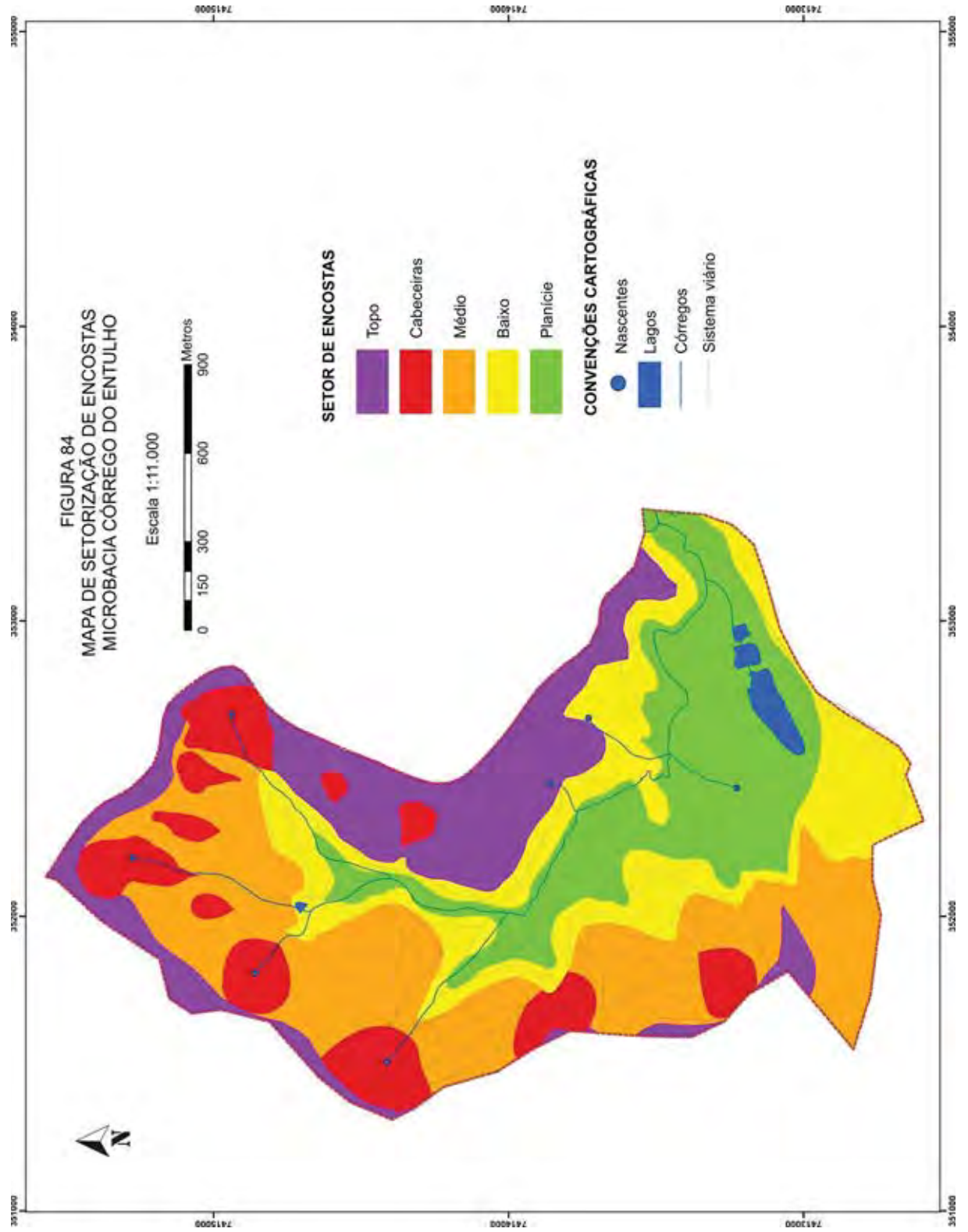
- *Mapa de Setorização de encostas* (Figura 84): os setores das encostas e fundo de vale apresentam níveis diferenciados de instabilidade potencial ou fragilidade ambiental quanto a processos de dinâmica superficial.

As cabeceiras possuem uma fragilidade extremamente alta quanto a processos de dinâmica superficial pois, além de possuírem declividades elevadas, apresentam uma geometria côncava que promove localmente o escoamento superficial concentrado favorecendo processos de erosão acelerada e formação de enxurradas. A forma côncava também promove uma maior infiltração das águas pluviais no solo que pode desencadear movimentos de massa. Outro aspecto muito relevante nas cabeceiras é que elas envolvem as nascentes naturais de água que são protegidas por legislação (APPs).

Os topos podem ser considerados como áreas de fragilidade alta pelo fato de ocorrerem nas porções mais elevadas dos terrenos, e assim estarem numa situação onde o escoamento das águas pluviais encosta abaixo, é a mais alta. Outro fato que motiva essa classificação alta de fragilidade ambiental é a sua dimensão e geometria, com solos mais rasos e, portanto mais frágeis, e também a presença de áreas protegidas por legislação (APPs).

A fragilidade ambiental das médias e baixas encostas, diferenciam-se, especialmente, em função da posição em relação à base da elevação o que determina diferentes influências no escoamento superficial.

Por fim, as planícies possuem fragilidade ambiental alta especialmente pelo fato de corresponderem ao leito maior ou menor de escoamento das águas fluviais, possuindo uma dinâmica muito delicada de equilíbrio hidráulico. As planícies recebem e depositam, e também estão na passagem do fluxo de material produzido e transferido das encostas.



- *Mapa de Materiais Superficiais* (Figura 85): destaca-se nesse mapa um corpo central de aterro que transpõe grande parte das encostas em direção aos topos, e áreas mais elevadas de exposição do SAR. São observados volumes imensos de material mobilizado em cortes e aterros.

A análise do sítio geomorfológico no loteamento Jardim Fortaleza permite observar uma situação natural onde os solos residuais ou lateríticos, são muito escassos enquanto os solos de alteração de rocha são muito abundantes, dado o aprofundado perfil de intemperismo com dezenas de metros. O reconhecimento de campo do materiais superficiais permite verificar que não houve material adequado (argiloso) para obras de terra nos volumes solicitados, tendo sido então produzido quase que todo o volume de material para aterro a partir do SAR.

A escavação e desmonte do SAR, produziu um material com as características texturais e mineralógicas dos solos de alteração das rochas presentes. Em alguns casos a desagregação no desmonte não foi homogênea, fragmentando as partículas em dimensões variadas.

Os aterros observados na área, foram construídos predominantemente com material siltooso e micáceo, compactados de forma deficiente. De forma geral, demonstram-se altamente erodíveis (SANTOS e NAKAZAWA, 1992; ANDRADE, 1999), favorecendo processos complexos que relacionam erosão e movimento de massa.

Os cortes profundos efetuados em rocha resultaram em taludes verticalizados, com situações de movimento de massa do tipo deslocamento. O material resultante da erosão, especialmente dos aterros produziram depósitos de assoreamento, formado por partículas de silte e areia fina, incluindo fragmentos de rocha e detritos da atividade antrópica. Os depósitos de assoreamento localizados nas planícies e porções baixas das encostas, são indicadores da degradação ambiental da microbacia, revelando a erosão presente nas encostas, modificando a forma e a funcionalidade dos canais das águas correntes.

Por fim, os solos residuais são argilosos formados principalmente por argilas e óxidos de ferro e alumínio, pouco profundo e muito escasso. A estrutura geral observadas em perfis de corte mostra um solo do tipo Cambissolo. Onde se tem solo residual preservado, há uma situação de maior estabilidade, especialmente quando a cobertura vegetal está presente. A composição textural e mineralógica, a coesão e

a compacidade desse tipo de solo mantém uma efetiva proteção das superfícies dos terrenos quanto ao processo de erosão.

Em síntese, os materiais superficiais observados podem ser relacionados a duas situações opostas de fragilidade e degradação ambiental. De forma geral, as áreas de aterro, solo de alteração de rocha e assoreamento, todas refletem situações de elevada alteração do meio físico que modificaram o equilíbrio natural anteriormente reinante no sistema, indicando níveis elevados de degradação ambiental. Por outro lado, onde há solo residual, a instabilidade potencial é baixa.

- *Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs* (Figura 86): foi gerado através da sobreposição das informações obtidas pela compartimentação de relevo e dos materiais superficiais. Representa em grande escala as UBCs compostas por três letras:

- MCA: morros – cabeceiras – aterros
- MCR: morros – cabeceiras – solo de alteração de rocha (SAR)
- MCS: morros – cabeceiras – solos residuais

- MTA: morros – topo - aterros
- MTR: morros – topo - solo de alteração de rocha (SAR)
- MTS: morros – topo - solos residuais

- MMA: morros – media encosta - aterros
- MMR: morros – media encosta - solo de alteração de rocha (SAR)
- MMS: morros – media encosta - solos residuais

- MBA: morros – baixa encosta - aterros
- MBR: morros – baixa encosta - solo de alteração de rocha (SAR)
- MBS: morros – baixa encosta - solos residuais

- VPA: vale – planície - aterros
- VPD: vale – planície - assoreamentos

- *Mapa de Degradação Ambiental* (Figura 87): os níveis de degradação ambiental da Microbacia Córrego do Entulho são demonstrados da seguinte forma:

Degradação Muito Alta – cabeceiras com aterro ou SAR ocupadas por moradias de baixa renda (favelas) em forma de cortes e aterros resultando em áreas com presença de escorregamentos (Figura 88); planície com aterro ou assoreamento e vegetação rasteira (Figura 89); baixa encosta com assoreamento e vegetação rasteira.

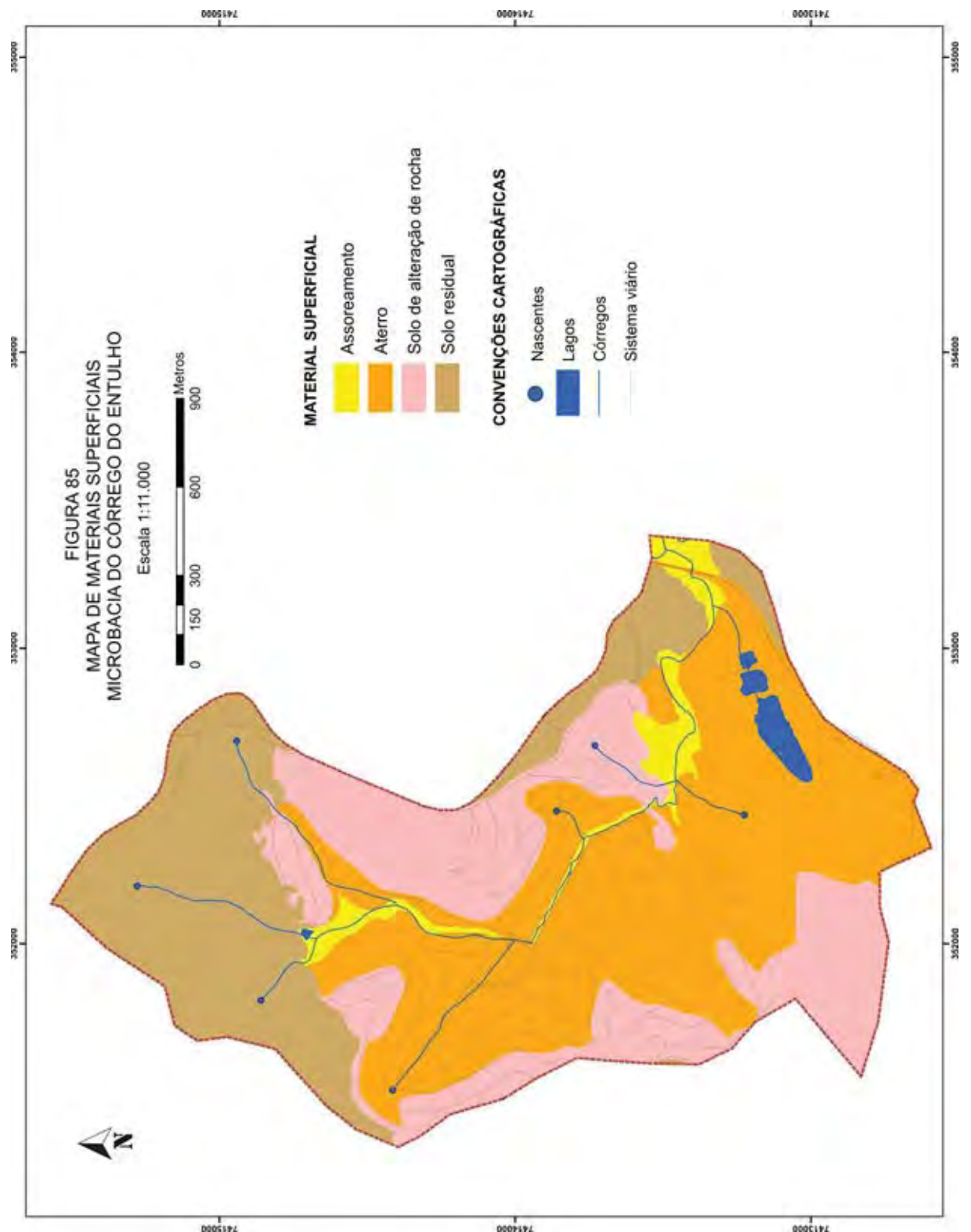
Degradação Alta – cabeceiras com aterro ou SAR, apresentando cobertura de vegetação rasteira ou ocupação residencial não consolidada com presença de escorregamentos; planície e baixa encosta com assoreamento e vegetação arbórea; planície com aterro e mineração; topo com SAR, apresentando cobertura de vegetação rasteira, existência de favela e abertura de arruamentos com deslocamentos (Figura 90); média encosta com aterro ou SAR e vegetação rasteira com presença de escorregamentos e boçorocas (Figuras 91 e 92); Média encosta com solo residual e ocupação residencial não consolidada; Baixa encosta com aterro e vegetação rasteira.

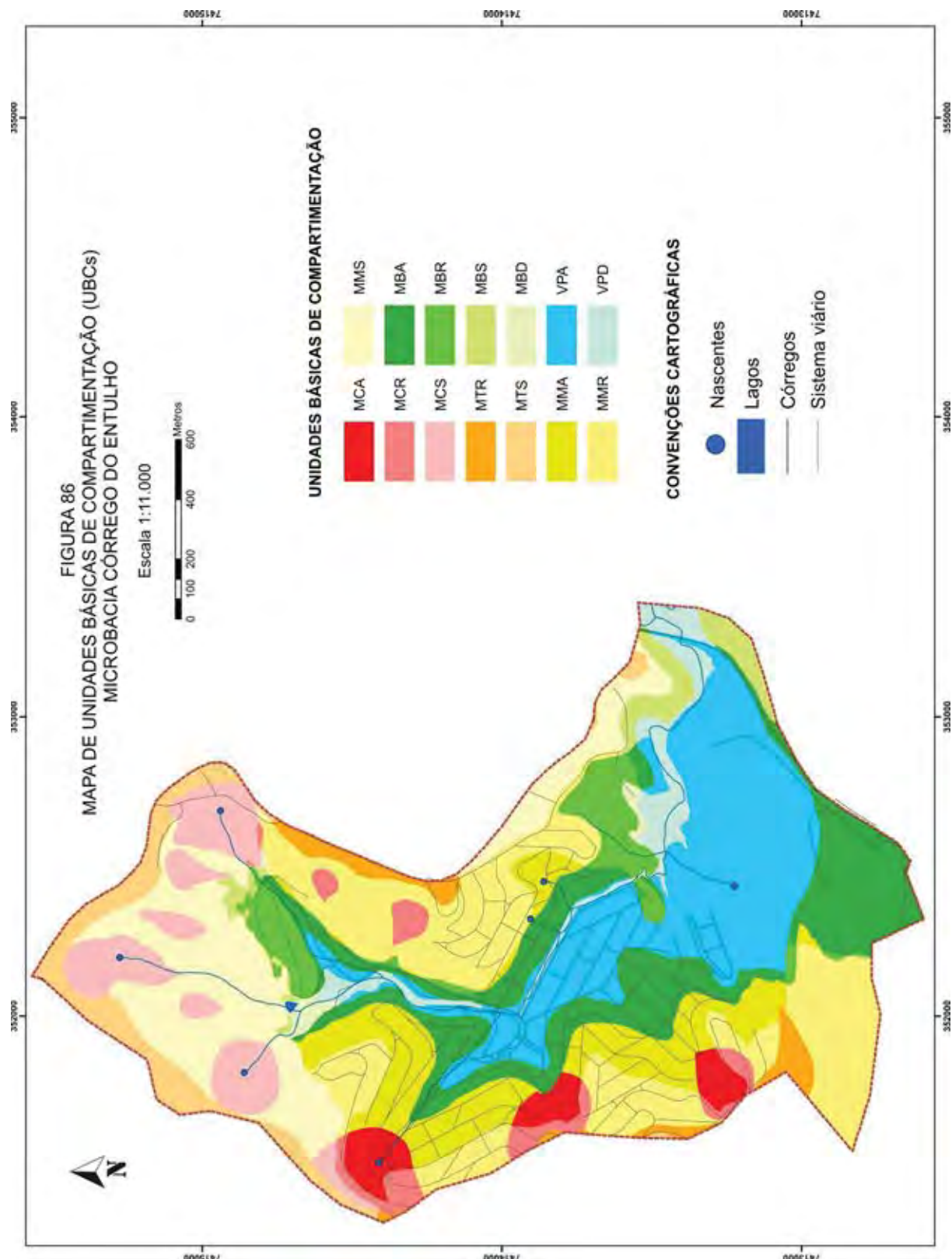
Degradação Média – Cabeceiras com aterro ou SAR e ocupação residencial consolidada; Cabeceira com solo residual e ocupação residencial não consolidada; Planície com aterro e ocupação residencial não consolidada; Topo com SAR e ocupação não residencial indistinta; Média encosta com aterro ou SAR e ocupação residencial não consolidada; Baixa encosta e residencial não consolidado com áreas de empréstimos de material com ravinamentos e escorregamentos (Figuras 93 e 94); Média e Baixa encosta com mineração.

Degradação Baixa – Cabeceiras com aterro ou SAR e vegetação arbórea; Topo com SAR e vegetação arbórea; Planície com aterro e ocupação residencial consolidada (Figura 95); Média encosta com aterro ou SAR e ocupação residencial consolidada Baixa encosta com ocupação residencial não consolidada.

Degradação Muito Baixa – quando predomina a vegetação arbórea nas porções médias e baixas das encostas, e nas planícies, seja com a presença de aterros ou SARs.

Degradação inexistente – onde há solo residual e vegetação arbórea em todas as situações de encosta e fundo de vale (Figura 96).





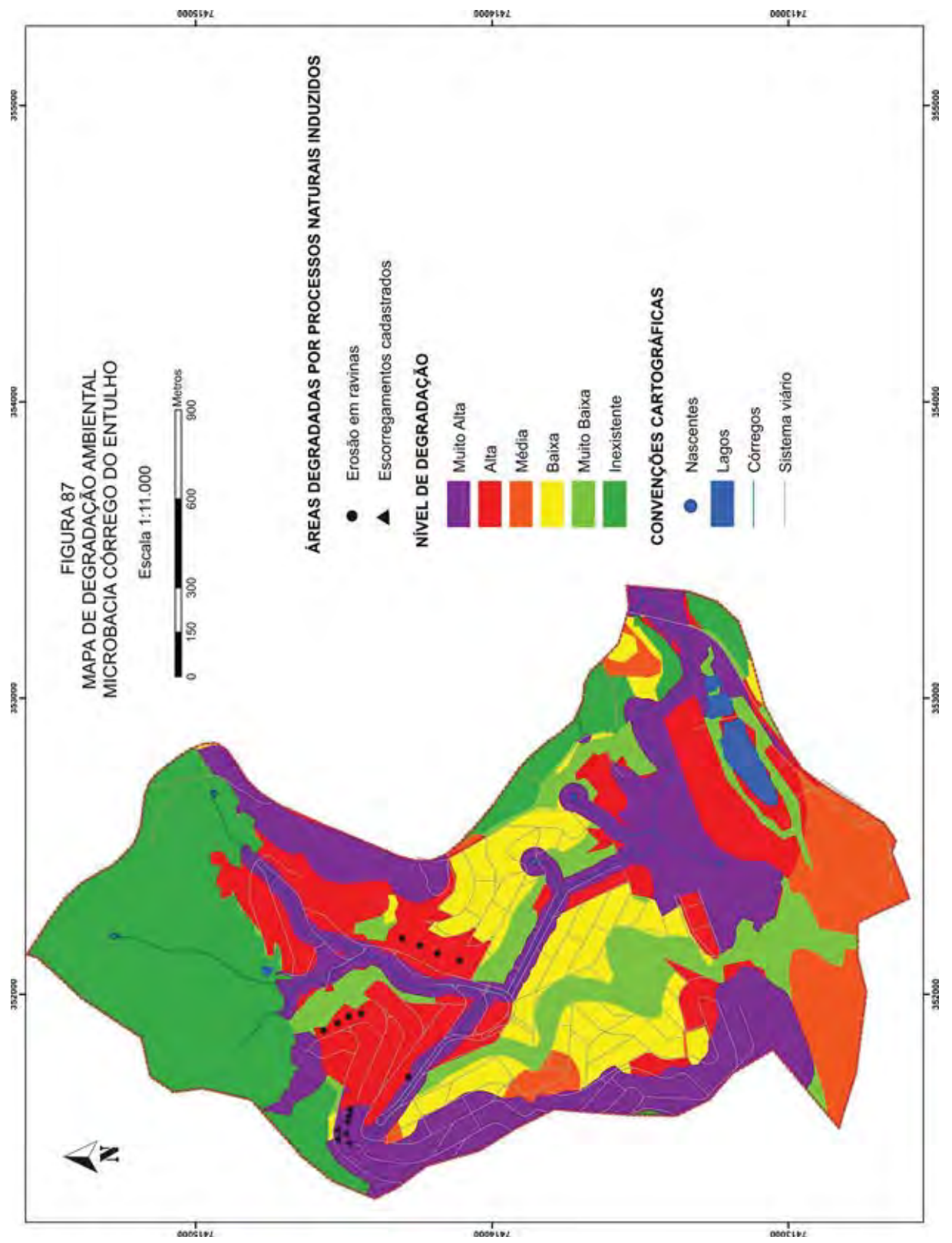




Figura 88: Escorregamento em área de ocupação irregular (MESQUITA, 2010).



Figura 89: Área de assoreamento na planície aluvial (MESQUITA, 2010).



Figura 90: Deslocamento em abertura de arruamento (MESQUITA, 2010).



Figura 91: Área de boçoroca e escorregamento (MESQUITA, 2010).



Figura 92: Boçorocas em áreas de aterros (MESQUITA, 2010).



Figura 93: Ravinamento em áreas mais baixas (MESQUITA, 2010).



Figura 94: Escorregamentos e ravinamentos em áreas de empréstimo (MESQUITA, 2010).



Figura 95: Ocupação consolidada em área de aterros (MESQUITA, 2010).



Figura 96: Área de preservação ambiental (MESQUITA, 2010).

5- CONCLUSÃO

Os mapas de degradação ambiental gerados para as microbacias Taquara do Reino, Córrego do Entulho e Ribeirão Guaraçau são inéditos para todo o município de Guarulhos. Os produtos obtidos representam a somatória dos dados adquiridos durante cada uma das etapas de trabalho os quais, por sua vez, são função do modelo de implantação desses loteamentos.

A tabela abaixo sintetiza os dados utilizados para a elaboração dos mapas de degradação ambiental para cada uma das áreas analisadas.

Tabela 22: Dados utilizados para a elaboração dos mapas de degradação ambiental para cada uma das áreas analisadas.

PARÂMETROS ANALISADOS	MICROBACIAS		
	TAQUARA DO REINO (IPT, 2004)	CÓRREGO DO ENTULHO (VEDOVELLO, 2000)	RIBEIRÃO GUARAÇAU (IPT, 2004)
Cadastro dos problemas de degradação ambiental e observação em campo			
Mapeamentos dos materiais superficiais	---		---
Setorização de encostas	---		---
Avaliação de declividades	*	#	*
Mapeamento de uso e cobertura do solo			
Delimitações de áreas de preservação ambiental			
Avaliação dos perfis topográficos			

 Dados levantados --- Não levantados * dados quantitativos # dados qualitativos

Na análise desses dados, observa-se que para elaboração do mapa de degradação ambiental da Microbacia Córrego do Entulho houve a necessidade do

mapeamento dos materiais superficiais e da setorização das encostas, dados ausentes nos demais.

É importante ressaltar que os processos de dinâmica superficial identificados relacionam-se diretamente com as formas de relevo tanto original quanto alteradas, sendo as litologias coadjuvantes nesses processos. No caso da Microbacia Córrego do Entulho (loteamento Fortaleza), em que ocorreu expressiva movimentação de terra por terraplenagem, o perfil de alteração superficial das rochas funcionam como área fonte de material para construção de aterros, bem como áreas onde se assentam diretamente a construção urbana. Dessa forma, são mais relevante as características geotécnicas desses materiais do que a sua classificação litológica, fato que conduziu ao mapeamento de materiais superficiais em detrimento do geológico.

Por outro lado, a avaliação da declividade de encostas constitui-se num parâmetro importante nos estudos relativos às Microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau, em termos quantitativos. Justifica-se essa necessidade pelo método paramétrico adotado, que se fundamenta na segmentação das encostas em trechos discretos com valores em determinadas faixas de declividade. No caso da Microbacia Córrego do Entulho, a avaliação de declividade foi também levada em consideração, mas numa avaliação média qualitativa, em cada um dos compartimentos de relevo reconhecidos.

Cada um dos mapas produzidos têm a sua importância em diagnósticos geoambientais. No caso dos mapas obtidos para as Microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau, por serem paramétricos e pontuais, o produto gerado mostra a distribuição das diferentes categorias de degradação ambiental selecionadas. Portanto, eles têm uma relevância quando se pretende obter uma primeira avaliação da degradação ambiental, em nível até de semi-detalle.

Para a Microbacia Córrego do Entulho, o nível de detalhe exigido diante da complexidade de áreas com paisagens profundamente alteradas, conduziu ao zoneamento de áreas homogêneas que se apresentam com diferentes classes de degradação qualificadas de forma gradual, desde muito alta até inexistente.

Até a elaboração dos mapas de degradação ambiental para as Microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau, os métodos adotados, baseados na abordagem paramétrica, satisfaziam as expectativas esperadas, perante as diferentes categorias de degradação ambiental reconhecidas. No entanto, quando

aplicado para a Microbacia Córrego do Entulho, mostrou-se totalmente inoperante, frente à profunda modificação da paisagem que alterou de modo significativo o relevo e a composição das encostas. Nesse caso, o modelo fisiográfico proposto por Vedovello (2000) mostrou-se mais adequado.

O Município de Guarulhos tem sido estudado sob o ponto de vista geoambiental desde a década de 90, tanto de forma técnica quanto acadêmica. Inicialmente, os trabalhos foram desenvolvidos pela Prefeitura Municipal de Guarulhos no sentido físico-territorial para estabelecer o zoneamento do uso e ocupação do solo, frente a uma demanda populacional cada vez mais crescente.

A Universidade Guarulhos, por sua vez, procurou ao longo desses anos, promover diversos estudos que culminaram em 2009 com a elaboração das “Bases Geoambientais do Município de Guarulhos” (OLIVEIRA et al., 2009), consolidando um conhecimento do meio físico do território de Guarulhos a ser utilizado em qualquer análise geoambiental.

Apesar desse acúmulo de dados gerados sobre o território, a presente tese representa uma contribuição para um melhor conhecimento ambiental do Município de Guarulhos ao apresentar sob diferentes formas, mapas de degradação ambiental de três microbacias situadas no macrocompartmento norte, a saber: Taquara do Reino, Córrego do Entulho e Ribeirão Guaraçau.

Os resultados obtidos comprovam que as áreas estudadas estão seriamente degradadas em função de uma urbanização com alta densidade de ocupação em área de morros e vales, terrenos onde o meio físico demonstra ser muito frágil para esse tipo de solicitação.

As principais ocorrências de processos geológicos observados correspondem à degradação de solos por erosão e por movimento de massa, incluindo o assoreamento dos fundos de vale. Destaca-se também a ocupação de áreas de preservação permanente verificadas tanto em topos de morros, quanto em margens de córregos e nascentes.

Os métodos aplicados, tanto o paramétrico quanto o fisiográfico, demonstraram-se eficazes para o mapeamento das áreas degradadas, ressaltando-se as seguintes considerações, tendo em vista que o método utilizado nas Microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau, basicamente paramétrico, não se mostrou eficiente para aplicação na Microbacia Córrego do Entulho pelos seguintes fatos:

1 – o modelo de implantação do loteamento Jardim Fortaleza (Microbacia Córrego do Entulho) se deu através de expressiva movimentação de terra por terraplenagem. Tal fato alterou profundamente os perfis e a composição das encostas, gerando setores aplainados (horizontal) por aterros e cortes onde se estabeleceram as áreas principais da ocupação. Também foram gerados taludes verticalizados associados às áreas de corte para produção de material de aterro nas porções elevadas das encostas (Figura 97). Ou seja, as principais superfícies ficaram horizontalizadas, modificando o perfil geral do topo à base das encostas;



Figura 97: Esquema ilustrativo das intervenções nas encostas da Microbacia Córrego do Entulho.

2 – os modelos de implantação dos loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio (Microbacia Taquara do Reino), e do loteamento Água Azul (Microbacia Ribeirão Guaraçau) se deram com a execução de cortes e aterros localizados em plataformas de menor expressão, especialmente para implantação do sistema viário e lotes pequenos (Figura 98). Ou seja, o perfil geral da encosta ficou pouco alterado do topo à base;



Figura 98: Esquema ilustrativo das intervenções nas encostas relacionadas as microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau (Modificado ANDRADE, 2009).

3 - o método paramétrico adotado nos loteamentos Recreio São Jorge e Jardim Novo Recreio (Microbacia Taquara do Reino), e do loteamento Água Azul (Microbacia Ribeirão Guaraçau), fundamenta-se na segmentação das encostas em trechos discretos com valores em determinadas faixas de declividade. Nesse sentido, para que haja uma aplicação eficiente do método, as encostas precisam ter preservados os contornos gerais próximos do perfil natural;

4 – o método fisiográfico adotado no loteamento Jardim Fortaleza (Microbacia Córrego do Entulho), consistiu na delimitação dos diferentes setores das encostas com base nas observações da fotointerpretação e de campo, gerando o zoneamento em áreas que respondem de maneira semelhante com um mínimo de heterogeneidade.

O produto final a ser obtido servirá de base para uma melhor avaliação do diagnóstico geoambiental de qualquer nova área a ser estudada. Numa próxima etapa, pretende-se aplicar o modelo fisiográfico proposto por Vedovello (2000) nas Microbacias Taquara do Reino e Ribeirão Guaraçau, o que deverá permitir de modo concreto confirmar essa afirmação.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. R. M. **Cartografia de aptidão para assentamentos urbanos do Município de Guarulhos**. 1999. 147p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANDRADE, M. R. M. **Planejamento Ambiental da APA Cabuçu-Tanque Grande**. 2009. 208p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANDRADE, M.R.M.; OLIVEIRA, A.M.S. Expansão urbana e problemas geoambientais. IN: OMAR, E.E.H. (org.). **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural**. São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008, p. 47-58.

ARAUJO, G.H.S; ALMEIDA, J.R.; GUERRA, A.J.T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológica-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABMS/ABGE/PCRJ, 1992. v.2, p.721-733.

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J.C. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE. 1998, p.243-281.

BARROS, E. J. **Mapa de risco de movimentos gravitacionais de massa, zona norte dos morros de Santos (SP), com a utilização de sistemas de informações geográficas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

BEDANI, E.F. 2008. **Paisagem natural paleógena da bacia sedimentar de São Paulo, no Município de Guarulhos, Estado de São Paulo** 2008. 119p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

BOTELHO, R.G.M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A.J.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.269-300.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL, **Ministério das Cidades**. Secretaria Nacional de Programas Urbanos. Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco. Brasília (DF), 2006.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. **Presidência da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://planalto.gov.br>. Acesso em 7 de agosto de 2009.

BRITO G.S. **Alterações ambientais decorrentes da instalação de depósitos tecnógenos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Aicuns em Goiânia, GO**. 2010. 89p. Dissertação (Exame de qualificação do Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro.

CERRI, L.E.S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes**. 1993. 197p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro.

CERRI, L.E.S.; BARBOSA, M.N.L. **Os escorregamento como riscos geológicos no Barsil: aspectos legais** In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO. 1. 1990. São Paulo. *Anais...*, São Paulo: ABGE. 448-456p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher. 1980.

COUTINHO, A.T.N.F.; SATO, S.E.; OLIVEIRA, A.M.S. **Influência da altitude nas unidades climáticas do Município de Guarulhos, SP**. In: ENCONTRO DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE GUARULHOS, 1., 2003. Guarulhos. *Painel...*, Guarulhos: UnG, 2003, Projeto Cabuçu UnG/FAPESP.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1966, p.337-375.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1995.

DINIZ, H. N. **Estudo do potencial hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio Baquirivú-Guaçu, município de Guarulhos e Arujá, SP**. 1996. 161p. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrológicos, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

FERRAZ, J.C.F. **Urbs nostra**. São Paulo: Ed. PINI/ EDUSP. 1991.

FLORENZANO, T. G. Introdução a Geomorfologia. In: FLORENZANO, T.G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GALERANI, C.; CHAVES, E.; MACEDO FILHO, J.; SANTOS, L.; SILVA, P. Controle de Erosão Urbana In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 1995, p.349-385.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 2002.

GOMES, G.L.C.C. **Análise geoambiental de áreas de risco a escorregamentos nos loteamentos do Recreio São Jorge e Novo Recreio, Município de Guarulhos – SP**. 2008. 97p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

GRAÇA, B.A. **Condicionantes geoambientais no processo histórico da ocupação territorial do Município de Guarulhos, Estado de São Paulo**. 2007. 110p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

GUERRA, A.J.T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A.J.T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011, p. 13-42.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C.M. **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1983.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE. 1998, p.131-161.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Senso populacional da Região Sudeste do Brasil**. 2002. Disponível em: <<http://ibge.org.br>>. Acesso em: 10 jan. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Ocupação em Encostas**. São Paulo: IPT, 1991.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Carta Geotécnica do Estado de São Paulo. São Paulo. Escala 1:500.000**. 2v (IPT – Publicação, 2089). 1994

JORGE, F.N.; UEHARA, K. Águas de Superfície. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (org.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE. 1998, p.101-130.

JULIANI, C. **Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos dos grupos Serra de Itaberaba e São Roque na região das Serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo, SP**. 1993. 803p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

JULIANI, C.; BELJAVSKIS, P.; SCHORSCHER, H. **Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na Região de São Roque – SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, 1986, Goiânia. *Anais...*, Goiânia: SBG, 1986. p.730 – 734.

KISHI, M. **Guarulhos século XX: imagens e história**. Guarulhos: Prefeitura, Secretaria de Cultura; São Bernardo do Campo: Usina de Idéias, 2005.

MAGNOLI, D.; ARAÚJO, R. **Geografia Paisagem e Território: Geografia do Brasil e Geral**. São Paulo: Moderna, 1993.

MARQUES, J.R. **Meio Ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MASSAD, F. **Obras de Terra: Curso Básico de Geotecnia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

MESQUITA, M. V. **Características do meio físico do bairro Água Azul, Guarulhos-SP, para fins de planejamento e ocupação urbana**. 1998. 132p. Dissertação (Mestrado em Paleontologia Estratigráfica) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOLASCO, M.C. **Depósitos antrópicos/tecnogênicos: um conceito em discussão na Geologia**. 1998. 63p. Tese (Exame de qualificação do Doutorado em Geociências, Sedimentologia e Estratigrafia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos tecnógenos associados à erosão atual**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 6, 1990. Salvador. *Anais...*, Bahia. p.411-415.

OLIVEIRA, E.S. (org.). **Guarulhos: espaço de muitos povos**. São Paulo: Noovha América, 2007.

OLIVEIRA, L.M. **Acidentes Geológicos Urbanos**. MINEROPAR –Serviço Geológico do Paraná. Curitiba. 2010.

OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M.R.M.; SATO, S.E.; QUEIROZ, W. **Diagnóstico ambiental para o manejo sustentável do núcleo do Parque Estadual da Cantareira e áreas vizinhas do município de Guarulhos**. Guarulhos: Universidade Guarulhos, 2005. 2v. (Relatório de Pesquisa FAPESP).

OLIVEIRA, T.A.; RIEDEL, P.S.; VEDOVELLO, R.; SOUZA, C.R.G.; BROLLO, M.J. 2007. Utilização de técnicas de fotointerpretação na compartimentação fisiográfica do Município de Cananéia, SP – apoio ao planejamento territorial e urbano. **Geociências**. 26 (1): 55-65.

OLIVEIRA, A. M. S.; ANDRADE, M.R.M.; SATO, S.E.; QUEIROZ, W. **Bases Geoambientais para um Sistema de Informações Ambientais do Município de Guarulhos**. Guarulhos: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos, 2009. 4v. Mapas. (Relatório FAPESP- Processo 05/57965-1).

OMAR, E.E.H. (org.). **Guarulhos tem história: questões sobre história natural, social e cultural**. São Paulo: Ananda Gráfica e Editora, 2008.

PELOGGIA, A. 1998. **O homem e o meio ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. Ed. Xamã. São Paulo, SP.

PRANDINI, F. L.; NAKAZAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N. C. **Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais**. In: Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo. 1995. p187-202.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Sumário de Dados de Guarulhos**. Secretaria de Economia e Planejamento. 1996.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do Município de Guarulhos**. 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Plano Diretor de Drenagem: diretrizes, orientações e propostas de Guarulhos**. 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Dados Estatísticos e habitacionais do Município de Guarulhos**. 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Cadastro da Defesa Civil**. 2010/2011.

QUEIROZ, W.D. **Impactos Geoambientais da ocupação urbana na Microbacia Córrego Taquara do Reino – Bairro Novo Recreio, Município de Guarulhos, SP**. 2005. 41p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

RAMALHO, R.S., COSTA, R.G.S.; MOURA, J.R.S. **Problemas ambientais causados por lixões: O lixão de Bangu-Zona oeste do município do Rio de Janeiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 9, 1999, São Pedro, SP. *Anais...*, São Pedro, SP, 1999. v. 1, 10p.

RAMOS C.L. Erosão Urbana e produção de sedimentos. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 1995, p.241-275.

SÁNCHEZ, L. E. . **Avaliação ambiental estratégica e sua aplicação no Brasil**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2008 (Boletim Técnico - USP).

SANTORO, J. A atuação do Instituto Geológico no Gerenciamento de Desastres. In: BROLLO (org.). **O Instituto Geológico na prevenção de desastres naturais**. São Paulo: Instituto Geológico. 2009. p23-26

SANTOS, S. A. D. **Tanque Grande: um espaço em transformação: estudo da região do Tanque Grande – Guarulhos, área de proteção de mananciais**. 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANTOS, A. R.; NAKAZAWA, V.A. **Erosão e assoreamento na RMSP**. In: SEMINÁRIO PROBLEMAS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, 1992, São Paulo. *Anais...* São Paulo:ABAS/ABGE/ SBG-SP, 1992. p. 177-194.

SATO, S.E. **Proposta de urbanização com base nos condicionantes geoambientais dos loteamentos do Recreio São Jorge e Novo Recreio, região do Cabuçu, Guarulhos, SP.** 2008. 68p. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. **Erosão e hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos: RiMa, 2003.

TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres naturais: conhecer e prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico. 2009.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH/UFRGS, 1995, p.15-36.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, 2003.

VARNES, D.J. 1974. The logic of engineering geological and related maps. A discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering – Professional paper 837, U.S. **Geological Survey**, 48p.

VEDOVELLO, R. **Zoneamento geotécnico por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico – aplicação em expansão urbana.** 1993. 90p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs.** 2000. 154p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia.** INPE, 61p. (INPE -2227-MD041), 1982.

ZAINE, J.E. 1997. **Cartografia Geotécnica por meio da sistemática no detalhamento progressivo: aplicação na área urbana no Município de Rio Claro (SP).** 1997. 88p. Tese (Exame de qualificação do Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro.

ZUQUETTE, L.V. **Importância do Mapeamento geotécnico no uso e ocupação, do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** 1993. Tese (Livro-Docência) Escola de Engenharia de São Carlos-USP. São Carlos.

ZUQUETTE, L.V.; NAKAZAWA, V.A. Cartas de Geologia de Engenharia. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A (Coord.) **Geologia de Engenharia.** ABGE, 1998. 238-300p.