

Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente

**DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO A ENCHENTE NA BACIA DO CÓRREGO
MORUMBI, MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP**

CAMILA PONTIN NOVAES

Dissertação de mestrado apresentada à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"- Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente.

Presidente Prudente/SP
2015

Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente

**DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO A ENCHENTE NA BACIA DO CÓRREGO
MORUMBI, MUNICÍPIO DE PIRACICABA-SP**

**DETERMINATION OF FLOOD RISKS IN THE MORUMBI STREAM BASIN,
PIRACICABA-SP**

CAMILA PONTIN NOVAES

Orientadora: **Profa. Dra. Maria Cristina Perusi**

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora para obtenção do título de Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Ciência e Tecnologia de Presidente Prudente.

Linha de Pesquisa: Dinâmicas da Natureza

FICHA CATALOGRÁFICA

N815d Novaes, Camila Pontin.
Determinação do grau de risco a enchentes na bacia do Córrego
Morumbi, município de Piracicaba-SP / Camila Pontin Novaes. - Presidente
Prudente: [s.n], 2015
148 f.

Orientador: Maria Cristina Perusi
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Enchente. 2. Grau de risco. 3. Urbanização. I. Perusi, Maria Cristina.
II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III.
Título.

BANCA EXAMINADORA


PROFA. DRA. MARIA CRISTINA PERUSI
ORIENTADORA


PROF. DR. EDSON LUIS PIROLI
(UNESP/OURINHOS)


PROF. DR. ROBERTO BRAGA
(UNESP/RIO CLARO)


CAMILA PONTIN NOVAES

Presidente Prudente (SP), 07 de agosto de 2015.

RESULTADO: APROVADA

Dedico a todos os atingidos pelas enchentes

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, especialmente meus pais, Luceli e Luiz Carlos, pelo apoio incondicional, e aos meus irmãos, Gustavo, Felipe, Guilherme e Gabriela, que foram todos sempre um exemplo de determinação, comprometimento, responsabilidade e sucesso.

Sou especialmente grata a minha orientadora Profa. Dra. Maria Cristina Perusi, exemplo de profissional, mulher e guerreira, comigo desde a graduação, nas aventuras acadêmicas e que me fez seixo, sempre em movimento.

Tenho grande gratidão pelo meu melhor amigo, Adilson Toledo Bernardes, por passar finais de semana, feriados e noites inteiras estudando comigo, por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu duvidava e por trazer à tona o meu melhor.

Agradeço aos meus amigos, companheiros de jornada, principalmente Camila Al Zaher, menina do coração de ouro, e Renata Cardoso, companheira nessa cidade do Sol.

Foi muito valioso todo o apoio técnico da UNESP/Ourinhos, principalmente de Alexandre Greco, por colaborar com toda a produção de mapas e pela paciência de ensinar.

Agradeço a toda a comunidade acadêmica da FCT/UNESP-Presidente Prudente, ao Programa de Pós-Graduação pela minha formação enquanto Mestre, a Seção de Pós-Graduação sempre auxiliando os alunos, a todos os professores e colegas pelas trocas e construção de conhecimento.

Tenho especial sentimento de apreço pela banca examinadora desde o exame de qualificação Profa. Dra. Encarnita Salas Martin, Prof. Dr. Edson Luís Piroli e Prof. Dr. Roberto Braga, por contribuírem para que o trabalho evoluísse.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

RESUMO

No território brasileiro identificam-se diversos problemas ambientais, dentre os mais comuns destacam-se as inundações. Esse fenômeno se concentra de forma expressiva nas áreas urbanas, onde o processo de urbanização possui papel fundamental por estar diretamente relacionado à poluição dos corpos hídricos, dizimação parcial e mesmo total da vegetação, em especial a ciliar, apesar da legislação vigente, intensa impermeabilização do solo, entre outros, que provocam impactos negativos sobre o meio ambiente. Dessa forma, este trabalho teve por objetivo principal determinar o grau de risco ambiental relacionado às enchentes na bacia do Córrego Morumbi, localizada na cidade de Piracicaba/SP, onde anualmente ocorrem enchentes que acometem a população, como no caso do Rio Piracicaba e Ribeirão Piracicamirim, historicamente registradas. Para tanto foi utilizada a metodologia proposta por Oliveira e Robaina (2004), que considera três variáveis: suscetibilidade natural; padrão urbano da área; registro de acidentes (eventos), que quando cruzados levam à determinação do grau de risco. Como principais resultados têm-se o diagnóstico da vegetação que indicou que parte da bacia do Córrego Morumbi se encontra conforme a legislação. No entanto, ainda há parcelas de mata ciliar que necessitam ser recompostas. O uso e cobertura da terra mostrou que 62,4% da bacia se encontram impermeabilizados devido ao uso urbano. A caracterização morfométrica da referida bacia elencou elementos que contribuem para a ocorrência e acentuação de episódios de enchentes, como o pequeno tamanho da área, o sistema de drenagem regular, fator de forma apresentando uma tendência baixa e coeficiente de compactidade, com tendência alta de enchentes. Para o grau de risco a área se apresenta como suscetível por apresentar pelo menos uma das três componentes que integram essa variável; o padrão Urbano se identificou como Alto em toda a bacia por apresentar a soma seis (6) das componentes que o integram; apresentou registro de eventos conforme declaração de moradores e comerciantes da área em alguns pontos, o que por fim resultou na determinação dos Graus de *Risco III - Moderado*, no qual a área apresenta-se com suscetibilidade natural e está ocupada com moradias de Alto Padrão Urbano com registro de ocorrências e do *Risco IV – Baixo*, quando a área ocupada com Alto Padrão apresenta suscetibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos.

Palavras-chave: enchentes; grau de risco; urbanização

ABSTRACT

In Brazil are identified various environmental issues among the most common there are the floods. This phenomenon focuses expressively in urban areas, where the process of urbanization has a primary role being directly related to the pollution of water bodies, partial decimation and even total of the vegetation, especially the riparian, despite the current legislation, intense sealing soil, etc., which have adverse effects on the environment. Thus, this work had the main objective to determine the degree of environmental risk related to floods in the basin of stream Morumbi, located in Piracicaba / SP, where floods occur every year affecting the population, as in the case of floods in the rivers Piracicaba and Piracicamirim, historically registered. Therefore, we used the methodology proposed by Oliveira and Robaina (2004), which considers three variables: natural susceptibility; urban pattern of the area; Accident record (events), which when crossed lead to determine the risk degree. The main results was the diagnosis of vegetation indicating that part of the basin stream Morumbi is as legislation, however there are still riparian parcels that need to be put back. The use and land cover showed that 62.4% of the basin is sealed due to urban use. The morphometric characterization of the referred basin indicated that there are elements contributing to the occurrence and accentuation of episodes of flooding, such as the small size of the area, regular drainage system, form factor featuring a median trend and compactness coefficient with uptrend flood. To the risk degree of the area is presented as susceptible to present at least one of the three components that make up this variable; the Urban standard identified as High across the basin for presenting the sum six (6) of the components that make up this variable; presented event log as declaration of residents and businesses of the area at some points of the basin, which finally resulted in the determination of the *Risks Grade III - Moderate*, in which the area is presented with natural susceptibility and is occupied with housing Urban High Standard with event registration and *Risk Grade IV – Low*, when the High Standard occupied area features natural susceptibility and has no events occurring record.

Keywords: floods; degree of risk; urbanization

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento da Dissertação de Mestrado apresenta primeiramente a introdução, os objetivos da pesquisa e a fundamentação teórico-metodológica organizada em capítulos. No capítulo 3.1 “PRINCÍPIOS TEÓRICOS E HISTÓRICOS NO CONTEXTO AMBIENTAL URBANO” é abordada a relação entre o homem e o meio de maneira dialética, analisando como essa relação se dá no ambiente urbano e os problemas ambientais consequentes da produção do espaço urbano baseado na relação homem-meio numa sociedade capitalista. Além de explicar sobre o conceito de natureza numa perspectiva histórica e como ele evoluiu dentro da ciência geográfica. O capítulo 3.2 “IMPACTOS AMBIENTAIS URBANOS” discorre sobre os impactos ambientais urbanos relacionados à falta de vegetação e discute a sua importância para o equilíbrio dos mesmos, o processo e as consequências da impermeabilização do solo urbano em decorrência do seu uso. No capítulo 3.3 “AS ENCHENTES URBANAS” se trata especificamente do problema ambiental das enchentes, seus conceitos, processos e consequências. No capítulo 3.4 “ESTUDOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS” é levantada a questão dos estudos em bacias hidrográficas como unidades de análise e sua caracterização física com base nas propriedades que contribuem para a ocorrência e maximização dos efeitos das enchentes, através da morfometria. No capítulo 3.5 “RISCO E DETERMINAÇÃO DO GRAU DE RISCO A ENCHENTES” é realizada a definição de áreas de risco, risco ambiental e vulnerabilidade, além das políticas existentes que dão suporte para as ações nesse assunto e a metodologia de avaliação e determinação do grau de risco de uma determinada área. No capítulo 4 “MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS” é caracterizada a área de estudo, física e socioambientalmente, além de descrever a metodologia utilizada em cada etapa da pesquisa. O item “DISCUSSÃO DOS RESULTADOS” trata dos resultados obtidos através da produção de material cartográfico, de levantamento de dados em campo e da discussão teórico-metodológica. Apresentam-se também propostas de medidas mitigatórias no capítulo 5.7 que visam minimizar as consequências das enchentes, minimizar perdas e manter uma convivência harmônica entre homem e natureza na cidade. Ao final apresentam-se as considerações finais, referências e os apêndices.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Exemplo de calçada verde em Piracicaba/SP.....	22
2	Exemplo de calçada verde em Piracicaba/SP.....	22
3	Gráfico com taxas de escoamento superficial e infiltração de água para os diferentes pavimentos numa chuva de 236,62 mm.....	24
4	Perfil esquemático dos processos de enchente e inundação.....	26
5	Esquema de divisor de águas.....	31
6	Hierarquia dos canais proposta por Horton.....	37
7	Diferença entre as formas de bacia.....	39
8	Mapa de localização da bacia do Córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP.....	50
9	Localização do bairro Morumbi, no município de Piracicaba/SP.....	53
10	Gráfico da evolução da área urbanizada de Piracicaba/SP de 1784 até 2000.....	54
11	Localização da bacia do córrego Morumbi.....	56
12	Climograma da cidade de Piracicaba/SP entre os períodos de 1917-1998: temperatura média e precipitação pluviométrica.....	57
13	Mapa de classificação dos tipos de solos da bacia do Córrego Morumbi.....	60
14	Mapa de profundidade do solo da bacia do Córrego Morumbi.....	61
15	Mapa de classificação dos tipos de relevos da bacia do Córrego Morumbi.....	64
16	Ruas entrevistadas na bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP.....	70
17	Mosaico utilizado para a delimitação da área da bacia do Córrego Morumbi.....	75
18	Mapa de elevação do terreno da bacia do Córrego Morumbi.....	77
19	Mapa de declividade da bacia do Córrego Morumbi.....	79
20	Perfil longitudinal da bacia do Córrego Morumbi.....	81
21	Perfil longitudinal do Córrego Morumbi.....	83
22	Mapa de delimitação da área de preservação permanente do Córrego Morumbi.....	86
23	Mapa de classificação do uso e cobertura da terra da bacia do Córrego Morumbi.....	90
24	Mapa de estimativa de permeabilidade do solo.....	92

25	Casas com padrão construtivo baixo.....	94
26	Casas com padrão construtivo médio.....	94
27	Casa com padrão construtivo alto.....	94
28	Estabelecimentos comerciais com padrão construtivo médio.....	97
29	Estabelecimento comercial com padrão construtivo alto.....	97
30	Trecho do Córrego Morumbi com baixa intervenção antrópica, apesar da notória presença de lixo.....	102
31	Trecho misto do Córrego Morumbi.....	103
32	Trecho com alta intervenção antrópica no Córrego Morumbi.....	103
33	Proximidade do asfaltamento com o Córrego Morumbi.....	104
34	Córrego protegido pela vegetação e distante do asfaltamento e construções.....	105
35	Trecho onde foi realizada a obra de contenção de erosão.....	107
36	Água do córrego transbordada para a Rua Segisfredo Paulino de Almeida, em janeiro de 2014.....	108
37	Mapa de localização de ocorrências de enchente na bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP.....	109
38	Mapa de Determinação do Grau de Risco da bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP.....	111

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
1	Distribuição da população urbana e rural no Brasil de 1940 a 2010..	10
2	Taxa de urbanização da cidade de Piracicaba/SP.....	55
3	Classes de solo identificadas na bacia do Córrego Morumbi.....	58
4	Lista de ruas.....	69
5	Declividades da bacia do Córrego Morumbi.....	78
6	Variação das altitudes da bacia ao longo de sua extensão.....	80
7	Variação das altitudes do córrego ao longo de sua extensão.....	82
8	Parâmetros morfométricos da bacia do Córrego Morumbi.....	84
9	Área referente aos usos da terra da bacia.....	91
10	Características apresentadas na bacia do Córrego Morumbi.....	105
11	Variáveis presentes no Padrão Urbano da bacia.....	106
12	Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco.....	110

LISTA DE QUADROS

Quadro	Título	Página
1	Valores do escoamento superficial e infiltração para os diferentes pavimentos numa chuva de 236,62 mm.....	24
2	Declividades de acordo com a classificação da EMBRAPA.....	35
3	Classes de cobertura e uso da terra Níveis I e II.....	66
4	Variáveis consideradas na avaliação da suscetibilidade natural.....	71
5	Parâmetros utilizados para a definição do padrão urbano.....	72
6	Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco.....	73
7	Ilustração das classes de uso e cobertura da terra.....	88
8	Localização de bairros e ruas que podem ser atingidos pelas águas no município de Piracicaba/SP.....	101

ÍNDICE

	Página
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3.1 Princípios teóricos e históricos no contexto ambiental urbano.....	5
3.2 Impactos ambientais urbanos.....	11
3.2.1 Impactos em áreas de preservação permanente.....	13
3.2.2 3.2.2 Impactos da Impermeabilização do solo urbano.....	19
3.3 As enchentes urbanas.....	25
3.4 Estudos em bacias hidrográficas.....	27
3.4.1 Características físicas de bacias hidrográficas.....	30
a) Área.....	30
b) Tipo de solo.....	32
c) Hipsometria.....	34
d) Declividade da bacia e do curso d'água.....	34
e) A rede de drenagem.....	36
f) Fator de forma e coeficientes de compacidade.....	39
3.5 Risco e determinação do grau de risco a enchentes.....	42
4 MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	49
4.1 Material.....	49
4.1.1 Caracterização geral do município de Piracicaba/SP e da área de pesquisa.....	49
4.2 Procedimentos metodológicos.....	65
4.2.1 Elaboração de mapas.....	65
4.2.2 Caracterização morfométrica.....	68
4.2.3 Elaboração e aplicação de entrevistas e questionários	68
4.2.4 Determinação do grau de risco.....	71

5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	74
5.1	Parâmetros morfométricos.....	74
5.2	Avaliação da área de preservação permanente.....	85
5.3	Estimativa do grau de permeabilidade do solo.....	87
5.4	Caracterização socioambiental da área.....	93
5.4.1	Imóveis residenciais.....	93
5.4.2	Imóveis comerciais.....	96
5.5	Entrevista com a Defesa Civil Municipal de Piracicaba/SP.....	99
5.6	Determinação do grau de risco de enchentes.....	102
5.6.1	Suscetibilidade natural.....	102
5.6.2	Padrão urbano.....	106
5.6.3	Registro de acidentes.....	107
5.6.4	Determinação do grau de risco.....	110
5.7	Medidas mitigatórias.....	112
5.7.1	Medidas estruturais e não-estruturais.....	112
5.7.2	Infraestruturas verdes.....	115
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
7	REFERÊNCIAS.....	120
	APÊNDICES.....	132

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Segundo a Classificação Geral dos Desastres e a Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos, as enchentes estão relacionadas com o incremento das precipitações hídricas. Porém, antes de serem desastres, as enchentes são fenômenos naturais, intrínsecas ao regime dos rios. Quando esse fenômeno entra em contato com a sociedade, causando danos, passa a ser um desastre (CEPED, 2011). Dessa forma, desde as primeiras ocupações primitivas, as populações expunham-se aos episódios de avanço e recuo das águas fluviais.

Entendendo que os conceitos de enchente e inundação são distintos, esclarece-se que a enchente consiste no fenômeno que ocorre quando há o aumento do nível de água do rio em razão de fortes precipitações periódicas, mas sem transbordamento da água para além do seu leito menor ou leito de cheia. Já a inundação versa no transbordamento da água para além do leito de cheia e há a ocupação do leito maior ou planície fluvial, quando a água atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (ALMEIDA, 2011). Apesar de a inundação apresentar o transbordamento da água para além do leito de cheia, há de se considerar que ambas provocam danos a partir do momento em que a margem do rio é ocupada por população ribeirinha, ou por outras atividades, além da enchente poder ser um impacto antecedente à inundação.

O termo enchente é então adotado neste trabalho devido ao fato de ocorrer ocupação de áreas próximas aos cursos d'água, muitas vezes avançando para dentro do leito menor dos rios e córregos, levando a incidentes que ocorrem nos limites do leito de cheia natural. Tal fato se deve ao intenso processo de expansão urbana e seu caráter desordenado. Logo, se trata da presença do homem e a proximidade com que este se estabelece com relação ao curso d'água.

O processo de urbanização provoca enchentes devido à intervenção antrópica, que conseqüentemente resulta em impermeabilização de superfícies, modificação da cobertura vegetal local e obstrução do canal hídrico. Ainda a ocupação de áreas ribeirinhas, tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, que ocorrem naturalmente, colocam a população muito próxima, inclusive dentro, de áreas de risco de cheia. Com o aumento dos espaços urbanizados, de extensão construída, essas áreas de várzea que estão sujeitas sazonalmente ao alagamento ficam suprimidas, provocando aceleração do escoamento, intensificação dos picos de vazão e das inundações.

De acordo com o IBGE (2010), 84,4% da população total do Brasil moram em áreas urbanas. A região sudeste segue como a mais urbanizada do país, com 92,9%

da população. Além disso, esse processo no Brasil tem ocorrido de forma pouco planejada, com ocupação de áreas irregulares e de risco geomorfológico, como fundos de vale e encostas. Na referida região, anualmente, centenas de pessoas morrem e milhares ficam desalojadas ou desabrigadas por causa das chuvas, enchentes, deslizamentos, soterramentos e doenças decorrentes da exposição à água contaminada e proliferação de vetores. De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais, no volume São Paulo (CEPED, 2011), dentre os anos de 1991 e 2010 no Estado de São Paulo, as inundações resultaram em 40 pessoas gravemente feridas, 48 desaparecidas, 485 levemente feridas, 2.555 enfermas, 169 mortas, 69.206 desabrigadas, 69.521 deslocadas, 112.581 desalojadas e 4.138.650 afetadas.

Inserido neste contexto está o município de Piracicaba, localizado no centro-leste do Estado de São Paulo, onde boa parte dos fundos de vale urbanos é caracterizada pelo intenso processo de ocupação, o que leva à impermeabilização do solo e incipiente cobertura vegetal, provocando um desequilíbrio hidrológico, comprovado pelos recorrentes episódios de enchentes em diversos pontos da cidade, como no entorno do Rio Piracicaba e do Ribeirão Piracicamirim, que acometem a população causando danos e prejuízos.

Num momento em que o Estado de São Paulo passa por uma grave “escassez” hídrica, discutir sobre enchentes parece paradoxal. No entanto, em ambos os casos existe a similaridade de que o equilíbrio hidrológico encontra-se em situação anormal, seja por fatores naturais, seja devido à má gestão dos recursos hídricos. A qualidade e quantidade de tais recursos estão diretamente ligadas à segurança hídrica, que é definida pela garantia da oferta de água para o abastecimento humano e para as atividades produtivas em situações de seca, estiagem ou desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água que signifique restrição ao consumo. Abrange ainda as medidas relacionadas ao enfrentamento de cheias e das ações necessárias para a redução dos riscos associados a eventos críticos: secas e cheias (ANA, 2013).

Mantém ainda relação com a perda de água, devido às grandes extensões de uso urbano que causam impermeabilização, aumento do escoamento superficial, redução da infiltração de água no solo, diminuindo assim o fluxo de água dos rios em estações secas. Sendo a infiltração o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo tornando-se responsável pelo reabastecimento dos aquíferos subterrâneos dos quais dependem as vazões dos cursos d’água nos períodos de estiagem, além de ter fundamental importância para as inundações.

Nesse sentido a determinação do grau de risco a enchentes, objetivo desta pesquisa, pode ser utilizada para o planejamento e ordenamento do território, norteado para a identificação das áreas caracterizadas e avaliadas como de risco. Essa

informação pode ser empregada na distribuição espacial dos aglomerados populacionais, otimizando o uso territorial e diminuindo os impactos negativos sobre os mesmos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral dessa pesquisa é determinar o grau de risco a enchentes na bacia do Córrego Morumbi, no município de Piracicaba-SP, de acordo com a metodologia de Oliveira e Robaina (2004).

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os parâmetros morfométricos da bacia do Córrego Morumbi e verificar a relação destes com a ocorrência de enchentes;
- Avaliar a situação da Área de Preservação Permanente da bacia do Córrego Morumbi;
- Classificar o Uso e Cobertura da terra da bacia do Córrego Morumbi e estimar o grau de impermeabilização da bacia;
- Verificar nas políticas nacionais, estaduais e municipais como ocorre a atuação em áreas de risco ambiental e desastres naturais;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Princípios teóricos e históricos no contexto ambiental urbano

Para abordar as relações dialéticas presentes na produção do espaço geográfico e as diversas manifestações desse fenômeno na paisagem a partir de uma visão integrada, faz-se necessária uma análise da evolução dos conceitos de natureza ao longo da história da ciência e, assim, buscar entender o processo de “ruptura” construída ao longo do desenvolvimento do capitalismo, que cada vez mais aprofunda a dicotomia sociedade-natureza.

A sociedade contemporânea presencia problemas que envolvem seu modo de relacionar-se com a natureza, colocando em questão o conceito de natureza (OLIVEIRA; THOMAZ JR, 2002; MORIMOTO; SALVI, 2009) e a forma dialética desta relação. Konder (1998) traz que a dialética na concepção moderna significa o modo de pensar as contradições da realidade, o modo de compreender a realidade como essencialmente contraditória e em permanente transformação.

A separação entre sociedade e natureza, comumente considerada característica essencial do capitalismo, com reflexos nos sistemas de pensamento que o acompanharam, é na verdade mais antiga (CIDADE, 2001). As percepções do homem sobre a natureza são diferentes de acordo com a visão de mundo de cada época, ou seja, é um conceito construído histórica e socialmente.

Vários autores fazem um retrospecto de concepções de mundo acompanhado da interpretação de natureza num sentido científico-filosófico. Cidade (2001) segue uma linha desde a Grécia Antiga até o pensamento ocidental do século XX, passando pelas relações homem-natureza orgânica, cartesiana, empirista, racionalista iluminista, idealista, positivista, fenomenológica e correntes críticas como o marxismo e o estruturalismo.

Barbosa (2006) também atrela o conceito de natureza ao desenvolvimento científico e ao pensamento filosófico, subordinados à lógica dominante de cada período histórico, desde o cartesiano, empirista, positivista, evolucionista e chegando à dialética na visão marxista, dando ênfase na relação histórica e o papel do homem de domínio e transformação. Essa relação nos moldes capitalistas é caracterizada intensamente pela utilização de recursos naturais vistos como um objeto de exploração. Para Bernardes e Ferreira (2005, p. 21):

Sob o processo de acumulação, o capitalismo deve expandir-se continuamente para sobreviver enquanto modo de produção, ocorrendo a apropriação da natureza e sua transformação em meios de produção em escala mundial. Com a produção da natureza nesta

escala, a relação com a natureza passa a ser, antes de mais nada, uma relação de valor de troca: é a partir da etiqueta de preço que se coloca, na mercadoria que se determina, o destino da natureza, passando a relação com a natureza a ser determinada pela lógica do valor de troca.

A visão geográfica de natureza também transitou por várias fases tendo se distinguido na evolução das diferentes escolas geográficas, ou seja, o entendimento de Sociedade e Natureza varia no espaço e no tempo.

No século XIX a natureza passa a ser concebida cada vez mais como um objeto, como consequência do desenvolvimento da ciência e da técnica. Sendo na ciência, a natureza subdividida em física, química, biologia, e o homem em economia, antropologia, história etc. Nesse sentido, pensar o homem e a natureza orgânica e integradamente se tornou falha, pois a separação não se dava exclusivamente no nível do pensamento, mas também da realidade objetiva construída pelo homem (OLIVEIRA; THOMAZ JR, 2002).

Para Milton Santos (2004), a atual economia moderna mundializada, que emprega o modelo de utilização dos recursos naturais, uma estrutura de produção, uma estrutura do consumo e uma estrutura de classes, trazem repercussões na economia de cada país, cujos resultados relativos ao homem e ao espaço são específicos deste período da história.

Para Oliveira e Thomaz Jr (2002) a separação homem-natureza vem sendo discutida particularmente na Geografia, que tradicionalmente tratou essa questão de forma dicotômica (geografia física e geografia humana), haja vista a questão ambiental atual exigir um novo paradigma em que homem e natureza façam parte do mesmo processo.

A relação homem-meio não apareceu como uma discussão própria da Geografia até o século XVIII, sendo que a partir daquele momento surgem os relatos de viagem em tom literário, agrupando conhecimentos a respeito dos fenômenos naturais. A sistematização desses conhecimentos ocorre no início do século XIX, pois demandou um número de condições históricas presentes no processo de transição do modo de produção feudal para o avanço e domínio do modo de produção emergente, o capitalista, o que não se deu de forma homogênea. Parte-se do Positivismo como base para todas as correntes da Geografia Tradicional, sendo esta uma redução da realidade ao domínio da aparência dos fenômenos, no aspecto mensurável, descritivo e classificatório (MORAES, 2007).

Os principais autores que compõem a base da Geografia Tradicional são primeiramente os alemães Alexandre Von Humboldt e Karl Ritter, em que se tem, no primeiro, a natureza como aspecto determinante sobre as condições de vida do

homem, além de se constituir como uma ciência descritiva e contemplativa da “paisagem” natural e, no segundo, um princípio metodológico num sentido comparativo de arranjos individuais. Com Friedrich Ratzel, a ideia de que as condições naturais determinam a história, vem carregada de uma conotação militarizada, introduzindo o conceito de *heartland* (*espaço vital*), naturalizando o expansionismo territorial, contribuindo para o desdobramento da Geopolítica, porém mantendo a visão determinista. Para o francês Vidal de La Blache, o homem tinha possibilidades de modificar o meio, dando origem ao Possibilismo. A relação homem-meio se via segmentada, mas buscou entender a utilização do meio pelo homem e denominou *gênero de vida* a relação entre a população e os recursos, em que a diversidade dos meios explicava a diversidade dos gêneros de vida. Seguindo tem-se o alemão Alfred Hettner e o americano Richard Hartshorne que pretendiam para além do determinismo e do possibilismo, uma visão Racionalista, buscando explicar o porquê e em que se distinguem as diferentes porções da superfície terrestre (MORAES, 2007).

A Geografia inicia um movimento de renovação em meados da década de 1950, surgindo incertezas e questionamentos em vários pontos relacionados à Geografia Tradicional, instalando-se na década de 1970 um tempo de críticas e de propostas. Surge então a Geografia Pragmática com um intuito de renovação metodológica, de novas técnicas, novas linguagens, planejamento e intervenção na realidade. Esta terá desdobramentos em Geografia Quantitativa, baseada em métodos matemáticos, na Geografia Modelística, com modelos de representação das estruturas e organização do espaço e na Geografia Teorética, articulando as duas anteriores. Conjuntamente neste período surge a Geografia Crítica, que adota uma postura radical levando à uma ruptura com o pensamento anterior. Assume um conteúdo político para o conhecimento científico, buscando uma Geografia militante instrumentalizando-se, por meio do entendimento das contradições que regem a relação homem-meio, para uma transformação da realidade social, uma sociedade mais justa e a libertação do homem (MORAES, 2007).

Sendo assim, a relação do homem com a natureza é contraditória e na contradição gera a perda da identificação do homem com a natureza e, conseqüentemente, a degradação ambiental (OLIVEIRA; THOMAZ JR, 2002).

A abordagem analítica que norteará esta pesquisa é o conceito geográfico de Paisagem que, ao logo do tempo, incorporou elementos naturais e antrópicos. Schier (2003) aponta que originalmente o conceito de paisagem se liga ao positivismo alemão numa forma estática e, no francês, numa forma mais dinâmica de caráter processual. Esta perspectiva perdurou até a década de 1940, sendo a paisagem retomada como

conceito-chave aproximadamente no início da década de 1970, por Carl Sauer, Denis Cosgrove e Milton Santos.

Para Schier (2013), de maneira geral, o estudo da paisagem exige um direcionamento para uma avaliação que defina os elementos envolvidos, a escala e a temporalidade, tratando do objeto em seu contexto geográfico e histórico, considerando a configuração social e os processos naturais e humanos. Ressalta ainda as abordagens neopositivista e a materialista que deram ênfase ao conceito de região, a abordagem da ecologia humana com a ideia de características reunidas em diversas categorias num mesmo recorte espacial, a abordagem cultural que desempenhou papel na configuração de marcas culturais e a problemática ambiental se liga à questão cultural e à ação diferenciada do homem na paisagem.

O que aqui se pretende é adotar uma perspectiva integrada de paisagem, visto que se analisa de forma relacional o meio ambiente físico e a ação antrópica. Para paisagens urbanas, em especial, a ação antrópica apresenta consequências significativas com relação ao seu estado original, podendo ser observadas no aspecto do visível como um panorama de crise ecológica/ambiental que fica evidente ao observar-se na sociedade contemporânea um “desenvolvimento ambientalmente predatório e socialmente injusto, manifestado, principalmente nos processos de modernização da agricultura, de urbanização e de exploração desenfreada dos recursos naturais” (OLIVEIRA; THOMAZ JR, 2002, p.7). Tendo Braga (2003, p. 114) afirmado que “a urbanização modifica todos os elementos da paisagem: o solo, a geomorfologia, a vegetação, a fauna, a hidrografia, o ar e, até mesmo, o clima”. Tal situação não é restrita apenas a uma determinada paisagem ou recorte espacial, mas faz parte de uma lógica de organização espacial que se manifesta globalmente. Sendo essa lógica um reflexo do modo do homem pensar e organizar seu espaço para nele viver.

Uma forma de materialização da produção capitalista do espaço é o ambiente urbano, onde a organização segue a lógica desse sistema. É preciso entender que esse ambiente sofreu diversos processos históricos, sociais e econômicos para resultarem no que temos hoje como cidade (CARLOS, 2005).

A cidade é uma realização humana que compreende não só uma localidade, uma moradia, a sede de uma administração, a cidade é “um modo de viver, de pensar, mas também de sentir. A vida urbana produz ideias, comportamentos, valores, conhecimentos, formas de lazer e também uma cultura” (CARLOS, 2005, p.26). Segundo a referida autora, a cidade aparece como materialização das relações dos homens normatizada por ideologias; é forma de pensar, sentir, consumir; é modo de vida, de uma vida contraditória. E em cada momento histórico, a cidade assume

formas, características e funções distintas, “em cada época é o produto da divisão, do tipo e dos objetos de trabalho” (CARLOS, 2005, p. 57).

De acordo com Sposito (2001), a cidade hoje é o resultado cumulativo de todas as outras cidades anteriores, alteradas, destruídas e reconstruídas, produzidas pelas transformações sociais ocorridas através dos tempos, concebidas pelas relações que promovem essas mudanças. As transformações que ocorreram, ao longo do tempo, facilitaram a estruturação do modo capitalista e provocaram consequências decisivas para o próprio processo de urbanização. Dessa forma, “a cidade nunca fora um espaço tão importante, e nem a urbanização um processo tão expressivo e extenso a nível mundial, como a partir do capitalismo” (SPOSITO, 2001, p.11).

Para entender o presente é preciso resgatar o passado, a partir de uma perspectiva histórica, estudando e analisando as transformações e impressões deixadas no espaço. Pois, por mais que o tempo passe, as marcas, deixadas na paisagem através de cada momento histórico, nos indica os processos pelos quais aquele lugar sofreu. Como explicita Milton Santos (2004, p.14):

O passado passou, e só o presente é real, mas a atualidade tem isto de singular: ela é formada de momentos que foram, estando agora cristalizados como objetos geográficos atuais; essas formas-objetos, tempo passado, são igualmente tempo presente enquanto formas que abrigam essa essência, dada pelo fracionamento da sociedade total. Por isso, o momento passado está morto como tempo, não porém como espaço; o momento passado já não é, nem voltará a ser, mas sua objetivação não equivale totalmente ao passado, uma vez que está sempre aqui e participa da vida atual como forma indispensável à realização humana.

Sendo o conceito de paisagem de Milton Santos (2006, p. 66) “o conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”.

Correa (2005) traz que o espaço urbano atual pode ser entendido, em termos gerais, como o conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si. Tais usos definem áreas, como o centro da cidade, local de concentração de atividades comerciais, de serviços e de gestão, áreas industriais, áreas residenciais distintas em termos de forma e conteúdo social, de lazer e, entre outras, aquelas de reserva para futura expansão. Este complexo conjunto de usos da terra é, em realidade, a organização espacial da cidade ou, simplesmente, o espaço urbano que aparece assim como espaço fragmentado (CORREA, 2005).

Um determinado tipo de urbanização, observado a partir do século XV, o modelo europeu, aquele das cidades-suportes para o desenvolvimento capitalista, foi trazido para o Brasil, modelo este comum na América colonizada pelos Portugueses e

Espanhóis, baseados num sistema econômico agroexportador e explorador (REIS FILHO, 1968). Considerando o conceito de urbanização relacionado à ideia de processo, remetendo-se à análise da origem e da evolução das cidades, às transformações de ordem política e socioeconômica, consideradas em dimensão temporal (SPOSITO, 1993). Desse modo, pode-se dizer que a urbanização brasileira resulta das formas tomadas pelo capitalismo, que acabam se traduzindo nas articulações econômicas, sociais e políticas (SPOSITO, 2001).

O processo de intensificação da urbanização no Brasil pode ser caracterizado, em termos gerais, pela mudança no caráter da vida econômica em torno das atividades agrárias, enquanto a população vivia em sua maioria no campo, para uma sociedade mais urbana. Essa mudança se torna mais expressiva nos finais do século XIX e início do século XX, com a presença da indústria nas cidades. No Brasil, “bem como na maioria dos países periféricos, a urbanização se deu de forma acelerada mesmo em regiões onde a industrialização não ocorreu de modo intenso” (UGEDA JÚNIOR; AMORIM, 2009, p.6).

Os autores articulam ainda as mudanças nas relações de trabalho no campo e na cidade, a partir da década de 1960, que resultaram no êxodo rural e no crescimento das cidades brasileiras. O que fica evidenciado através dos dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostrando que em 1940 a população do campo era de 68,76%; em 1970 o cenário começa a mudar e em 2010 tal quadro se inverte, já que na área urbana se concentra 84,36% da população (TABELA 1).

Tabela 1. Distribuição da população urbana e rural no Brasil de 1940 a 2010

Ano	População Urbana (%)	População Rural (%)
1940	31,24	68,76
1950	36,16	63,84
1960	44,67	55,33
1970	55,62	44,08
1980	67,7	32,3
1991	75,47	24,53
2000	81,23	18,77
2010	84,36	15,64

Fonte: Séries Estatísticas do IBGE de 1940 a 2010

Para Brito e Souza (2006) a urbanização brasileira acelerada não é apenas um fenômeno de aumento demográfico nas cidades, mas está também relacionado com a própria sociedade brasileira que a partir da segunda metade do século XX passava a

concentrar nas cidades as atividades econômicas mais relevantes e também se tornavam difusoras de padrões de relações sociais, incluindo as de produção e dos estilos de vida.

O modelo de urbanização implantado no Brasil e comum em países em desenvolvimento pode ainda ser caracterizado pela falta de um planejamento eficaz, crescimento desordenado e falta de infraestrutura, o que colabora para o surgimento de diversos problemas na maioria das cidades: problemas econômicos, sociais e principalmente problemas ambientais, tema central desse trabalho (UGEDA JÚNIOR; AMORIM, 2009).

3.2 Impactos ambientais urbanos

Entende-se impacto ambiental a partir da definição do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), Resolução nº001/86, que considera como qualquer alteração das propriedades físicas químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Alguns impactos ambientais são decorrentes do processo de ocupação e expansão urbana, bem como da falta de planejamento adequado. Além disso, devem ser compreendidos numa leitura que considere a interação dos diferentes elementos do meio.

Uma importante lição da leitura de paisagem é que toda e qualquer situação desastrosa é sempre precedida por uma mudança. O ambiente é dinâmico. Isto significa que uma situação de equilíbrio sempre pode, de maneira abrupta ou gradual, ser transformada em uma situação de não equilíbrio. A questão é responder em que medida as alternativas de uso e ocupação da terra estão contribuindo ou introduzindo essa transformação que pode resultar em um evento desastroso para o homem (SANTOS, R.F.,2007, p.1).

Ademais, se observa nas últimas décadas o reconhecimento de que estudos sobre desastres e risco devem estar fundamentados e relacionados a problemas ambientais (MAFFRA; MAZZOLA, 2007).

Com o desenvolvimento e avanço tecnológico principalmente nos séculos XIX e XX, houve mudanças significativas no modo de vida do homem e do seu ambiente. Entende-se por meio ambiente a “soma das condições que envolvem, dão condição de vida, sustentam e mantêm relações de troca com os seres vivos em um território”

(SANTOS, R.F; CALDERYRO, 2007, p. 20). Tais transformações acabaram por gerar impactos ambientais. Dentre os principais pode-se destacar a poluição atmosférica e dos recursos hídricos, contaminação do solo, falta de saneamento básico, alta produção de resíduos sólidos e esgoto, chuvas ácidas, falta de áreas verdes, ilhas de calor, enchentes, dentre outros. Nesse sentido, pode-se afirmar que a urbanização modifica todos os elementos da paisagem. (BRAGA, 2003).

Como possíveis condições para a geração de impactos negativos têm-se o manejo inadequado do solo e a intensificação do seu uso. Estes devem ser compreendidos por uma lógica que leve em consideração a atuação antrópica no meio urbano (UGEDA JÚNIOR; AMORIM, 2009). Os principais efeitos e processos decorrentes das alterações no meio são descritos por Braga (2003). Para o referido autor as alterações no meio trazem como consequência para o solo a impermeabilização, a contaminação e a erosão. Na hidrografia causa desequilíbrio hidrológico, enchentes, poluição de mananciais e contaminação de aquíferos. Na vegetação provoca o desmatamento, a redução da diversidade e plantio de espécies inadequadas. Para o homem geram estresse, doenças e violência urbana. Considera ainda que estes processos estão relacionados, havendo impactos e consequências causais, como no ciclo hidrológico, principalmente sobre os processos de infiltração, armazenagem nos corpos d'água e fluxo fluvial, que resultam nas enchentes urbanas, que acometem sazonalmente as cidades. Demonstra que há uma relativa fragilidade do sistema hidrológico urbano, sendo que pequenas mudanças no meio podem acarretar grandes alterações com inevitáveis impactos na qualidade de vida.

Esses impactos têm produzido um ambiente degradado, que tende a piorar nas condições atuais da realidade brasileira. Esse processo está sendo intensificado na medida em que a densidade e os limites urbanos se ampliam. “A importância desse impacto está latente através da imprensa e da TV, onde se observa, em diferentes pontos do país, cenas de enchentes associadas a danos materiais e humanos” (TUCCI, 1997, p.6).

Logo, existe a necessidade de instrumentalização, capacitação e responsabilização dos administradores visando melhor gestão ambiental, principalmente no que se refere ao controle do uso e ocupação da terra, através das leis de zoneamento urbano e gestão das áreas de risco, sendo importante incorporar diretrizes de proteção e controle ambiental, sobretudo nos fundos de vale, das áreas sujeitas à inundação, das cabeceiras de drenagem, das áreas de alta declividade e a promover o aumento da permeabilidade do solo urbano, que serão abordados ao longo do texto.

Certos problemas ambientais urbanos são consequência da alteração na vegetação natural local. Isso se dá devido ao uso e ocupação do solo urbano que possui como uma de suas características a supressão da vegetação, dando lugar às construções e impermeabilização. O uso e a ocupação se apresentam como um dos principais definidores da qualidade ambiental, sofrendo o meio ambiente urbano uma ampla degradação, em que regulamentar e direcionar essa ocupação se faz necessário (UGEDA JÚNIOR; AMORIM, 2009).

Para Lindenmaier (2013) uma cidade que possui espaços bem arborizados apresenta maior qualidade do meio ambiente urbano e conseqüentemente melhor qualidade de vida da população, já que a presença de espaços com vegetação nas áreas urbanas irá contribuir para diversos aspectos relacionados à qualidade ambiental, como o conforto térmico, atenuação das ilhas de calor, filtro à poluição do ar, balanço hídrico do solo e na umidade do ar, na diminuição do impacto da chuva, além de servir para recreação e ornamento de ruas e espaços públicos. O arrefecimento da temperatura ocorre pela absorção de calor no processo de transpiração e redução da radiação e reflexão dos raios solares enquanto a qualidade do ar é melhorada através da interceptação de partículas e absorção de gases poluentes pelas plantas.

Entende-se, então, que as áreas vegetadas são importantes para a manutenção da qualidade do meio urbano, tendo sua supressão as mais diversas implicações para o clima, para a atmosfera, para a fauna, para a hidrologia e conseqüentemente para o homem.

3.2.1 Impactos em áreas de preservação permanente

A área de preservação permanente (APP) é um instrumento legal de proteção ao meio ambiente por imposição da lei, em que a vegetação ao longo dos cursos d'água e no entorno de nascentes deve ser mantida intacta.

A definição de APP pode ser encontrada na legislação brasileira no Código Florestal Brasileiro (1968/2012), na Lei de Uso e Parcelamento do Solo (1979) e no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2006).

Segundo o antigo Código Florestal Brasileiro, na Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 a APP era definida como:

[...] área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de

fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965, s/p).

Com a alteração do Código Florestal Brasileiro em 2012 pela Lei 12651/12, que mantém a mesma definição de APP, modificou-se que quando houver áreas consolidadas em APP no entorno de nascentes é admitida manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio de no mínimo 15 metros, a eliminação de vegetação nativa em nascentes, dunas e restinga poderá se dar somente em caso de utilidade pública e em áreas consolidadas até 2008 em APP, permitem-se atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e turismo rural (LEI nº 12.651/12).

As especificidades para a proteção destas áreas são de que ao longo dos cursos hídricos se mantenham as florestas e demais vegetações naturais, numa faixa cuja largura mínima será de 30 metros para cursos d'água de menos 10 metros de largura; de 50 metros para cursos d'água de 10 a 50 metros de largura; de 100 metros para cursos d'água de 50 a 200 metros de largura; de 200 metros para cursos d'água de 200 a 600 metros de largura; e de 500 metros para cursos d'água com largura superior a 600 metros. No entorno de nascentes a extensão da vegetação deve se dar num raio de no mínimo 50 metros. Sendo a intervenção ou a supressão da vegetação nativa em APP permitida somente nas hipóteses de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental previstos nesta Lei. (BRASIL, 2012).

Apesar da polêmica discussão acerca da revisão do Código Florestal Brasileiro, essa ainda é a ferramenta legal que deveria garantir a integridade dos ecossistemas ripários, seja em áreas urbanas ou rurais. O que ocorre é que a Lei, ao definir novos limites para as APP's, desconsidera os ciclos naturais, como a ocupação do leito e da planície fluvial pela água, na tentativa de atender aos interesses humanos, o que acarreta em problemas.

De acordo com documento elaborado em Grupo de Trabalho pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e a Academia Brasileira de Ciências (ABC), quando ainda tramitavam as propostas de alteração do Código Florestal Brasileiro de 1965, estimou-se que se ocorresse a alteração na definição da APP ripária com a redução da faixa mínima de 30 metros para 15 metros nos rios com até 5 metros de largura, que compõem mais de 50% da rede de drenagem em extensão, resultaria numa redução de 31% na área protegida pelas APP's ripárias.

A Lei de Uso e Parcelamento do Solo, Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, traz as áreas "*non aedificandi*", sendo estas as áreas ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias,

havendo a obrigatoriedade da reserva de uma faixa não-edificável de 15 metros de cada lado.

Segundo a Resolução nº 369 do CONAMA (2006), são consideradas áreas de preservação permanente, aquelas localizadas em cada posse ou propriedade, bens de interesse nacional e espaços territoriais especialmente protegidos, cobertos ou não por vegetação, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. A Resolução 303, de 20 de março de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Art.2º, inciso II, define nascente ou olho d'água como local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea.

O Plano Diretor de Piracicaba, lei complementar nº 186, de 10 de outubro de 2006, traz as áreas de preservação permanente (APP) como porções do território municipal onde estão localizadas florestas de preservação permanente, que poderão ser definidas por lei ou por ato declaratório do Poder Público Municipal, respectivamente, nos termos dos Arts. 2º e 3º da Lei Federal 4.771/65 e suas alterações.

Como funções ambientais da área de preservação permanente no meio urbano, segundo Schäffer et al. (2011) são: a proteção do solo de modo a prevenir a ocorrência de desastres associados ao uso e ocupação inadequados; proteção dos corpos d'água, evitando enchentes, poluição das águas e assoreamento dos rios; manutenção da permeabilidade do solo e do regime hídrico, como prevenção contra inundações e enxurradas, colaborando com a recarga de aquíferos e evita o comprometimento do abastecimento público de água em qualidade e quantidade; função ecológica de refúgio para a fauna e de corredores que facilitam o fluxo gênico de fauna e flora, particularmente entre as áreas verdes situadas no perímetro urbano e suas proximidades; atenuação de desequilíbrios climáticos intra-urbanos, como o desconforto térmico e o efeito "ilha de calor" e ainda possibilita a valorização da paisagem e do patrimônio natural.

A vegetação que se encontra nas margens dos cursos hídricos, considerada área de preservação permanente pelo Código Florestal Brasileiro (LEI nº 12.651/12), é chamada de mata ciliar (ou zona ripária), assim como os cílios protegem os olhos, a mata ciliar protege rios, lagos e nascentes (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010).

A mata ciliar em mananciais, reservatórios e demais corpos d'água, possui funções como regular o fluxo de água, sedimentos e nutrientes entre os ecossistemas aquático e terrestre, sendo essencial para a proteção do solo e dos recursos hídricos, evitando o assoreamento e auxiliando na qualidade da água, atua também sobre os

elementos climáticos, contribuindo para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, além da velocidade dos ventos e da ação das chuvas (ZANINI, 1998).

No entanto, em áreas urbanizadas essa faixa marginal a ser preservada encontra um impasse, uma vez que as áreas centrais das cidades são as mais atingidas pela redução das matas ciliares, visto serem as mais almejadas pela especulação imobiliária e pelas atividades econômicas de uma maneira geral (FARIAS, 2007).

Em termos de hidrologia florestal, para Lima e Zakia (2000), as matas ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos. Do ponto de vista ecológico, as zonas ripárias têm sido consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal.

A retirada ou redução da mata ciliar tem efeitos negativos sobre a biodiversidade, como a extinção de espécies de grupos de plantas e animais. Na Mata Atlântica 50% dos anfíbios anuros (sapos e rãs) estão concentrados em riachos com menos de 5 metros de largura. Há ainda espécies de mamíferos semiaquáticos (ariranhas, lontras), que dependem das matas ciliares, além de espécies de aves, répteis, borboletas e peixes (SBPC/ABC, 2011). Dessa forma pode-se entender que a redução das faixas de vegetação determinadas pela alteração do Código Florestal Brasileiro fere a manutenção da vida de muitas espécies.

A vegetação ciliar contribui para a capacidade de armazenamento da água numa bacia hidrográfica ao longo da zona ripária, o que contribui para o aumento da vazão na estação seca do ano (ELMORE; BESCHTA, 1987 apud LIMA; ZAKIA, 2000). Para os referidos autores esta verificação permite, talvez, concluir que a destruição da mata ciliar pode, a médio e longo prazo e pela degradação da zona ripária, diminuir a capacidade de armazenamento de uma bacia hidrográfica e, conseqüentemente, a vazão na estação seca.

A cobertura vegetal densa, florestal ou não, tende a favorecer infiltração de água no solo, dificultando o escoamento superficial da água. Quando cessada a chuva, a vegetação retira a umidade do solo através de suas raízes e a elimina através do processo de transpiração, proporcionando maior taxa de infiltração (PINTO et al., 1976). A cobertura vegetal não somente protege o terreno da compactação do solo pela chuva, caracterizado pelo aumento da densidade e redução da porosidade, como também proporciona uma camada de matéria orgânica em decomposição. A transpiração dos vegetais retira a umidade do solo e, desse modo, tende a proporcionar um alto valor para a capacidade de infiltração durante os períodos iniciais de chuva (WISLER; BRATER, 1964).

Com a retirada da vegetação o escoamento superficial se dará de forma mais rápida sobre um terreno, que ficará menos permeável e menos rugoso, podendo intensificar o processo de erosão e de condução de sólidos às calhas fluviais, lagos e reservatórios, acelerando o assoreamento, o que contribui para a redução da calha natural do rio e um dos motivos das inundações ocorrerem.

O material sólido na drenagem urbana é produzido em estágios diferentes do desenvolvimento urbano. Num estágio inicial de ocupação urbana, quando ocorre modificação da cobertura vegetal pela retirada da sua proteção natural, o que deixa o solo desprotegido, aumentando a erosão nos períodos de chuva, elevando também a produção de sedimentos. Num estágio intermediário da expansão urbana, onde parte da população está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções e a produção de lixo da população que se soma ao processo de produção de sedimentos. E, finalmente, num estágio avançado de desenvolvimento urbano, quando praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, têm-se sedimentos provindos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada e, ainda, resíduos sólidos (TUCCI, 2004).

Há ainda em especial a mata ciliar no entorno de nascentes. Para Calheiros (2004) a nascente compreende o afloramento do aquífero freático, que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa), ou cursos d'água (regatos, ribeirões e rios).

As nascentes possuem elementos hidrológicos de importância para a dinâmica fluvial, na medida em que marcam a passagem da água subterrânea para a superficial, e recebe uma parcela da água das chuvas que quando atinge o solo infiltra e percola para os aquíferos mais profundos (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009). Vale destacar que:

[...] a água subterrânea possui uma dinâmica mais lenta do que a superficial e, assim, mais bem distribuída no tempo. Após atingirem os aquíferos, as águas são paulatinamente redistribuídas à superfície por fluxos subterrâneos, culminando em sua exfiltração. Muitos desses fluxos não cessam nem mesmo em estiagens prolongadas, pois são constantemente alimentados pelas águas armazenadas nos aquíferos. Com isso, mesmo na época de seca a exfiltração pode ser mantida originando rios perenes (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009, p.3).

Para os referidos autores essa é a principal importância das nascentes para os sistemas fluviais, pois como a água das chuvas é temporária, se torna responsabilidade das nascentes perenes, que se alimentam através dos aquíferos, a manutenção dos fluxos dos rios e córregos, mesmo em períodos secos.

Para Felipe e Magalhães Junior (2009) a questão de proteção das nascentes está particularmente presente em espaços urbanos, na medida em que a legislação específica para a maior parte das zonas urbanas brasileiras não garantiu, em termos ambientais, a necessária proteção das nascentes. Os autores consideram que isso se dá, em parte, devido à falta de operacionalização do aparato legal e também devido aos diversos interesses especulativos e imobiliários do espaço urbano, nos quais para que houvesse a construção de residências, prédios comerciais, ou mesmo da infraestrutura urbana, muitas nascentes foram drenadas e extinguidas.

O desenvolvimento urbano que altera a cobertura vegetal provoca diversos efeitos que alteram o ciclo hidrológico natural, aumenta o escoamento superficial, reduz o nível do aquífero freático e reduz a evapotranspiração, processo este onde há perda de água pela transpiração das folhagens e do solo (TUCCI, 2004).

Em áreas urbanas os impactos ambientais negativos ocorrem em contextos diferentes das zonas rurais, necessitando, portanto, de uma legislação específica. O que muito se vê ocorrer é o poder municipal, através do Estatuto da Cidade e do Plano Diretor, obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, encontrar brechas para o não cumprimento de legislações ambientais, em detrimento do uso e parcelamento do solo (DAMIS; ANDRADE, 2006). Já que de acordo com o Art 2º do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), no caso das áreas urbanas, compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, em todo o território abrangido, deverá seguir o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo de cada município.

Ao longo dos cursos d'água deveriam ser observadas todas as normas que regulam as APP's, porém na prática estas tem sido majoritariamente ignoradas na maioria dos núcleos urbanos, o que se associa a graves prejuízos ambientais como o assoreamento dos corpos d'água e a eventos que acarretam sérios riscos para as populações humanas, como as enchentes e os deslizamentos de encostas (ARAÚJO, 2002). Para o documento elaborado pelo SBPC/ABC (2011), a lógica deveria ser, para áreas urbanas, valer os mesmos princípios das demais áreas visando à proteção do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade. O que deve ocorrer também é evitar-se a ocupação de áreas de risco de desastres naturais, principalmente aqueles decorrentes de inundações, enchentes em áreas de várzea e de deslizamentos e escorregamentos de massa em encostas.

O desenvolvimento urbano, então, deve caracterizar-se aliando políticas de desenvolvimento com a proteção ambiental, o desenvolvimento social e a eficiência econômica, que pode ser traduzida como a promoção da harmonia dos seres humanos entre si e dos seres humanos em relação à natureza, ou como a melhora da

qualidade de vida humana dentro dos limites de capacidade dos ecossistemas (FERREIRA, 1995 apud FARIAS, 2007). Como pode ser visto na Constituição Federal Brasileira que estipula no artigo 225 que:

[...] todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988, s/p).

No entanto, quando se trata de preservação do meio ambiente, o modelo de desenvolvimento econômico baseado na exploração dos recursos naturais e degradação da natureza, característico da sociedade capitalista, acaba se enfrentando obstáculos, o que faz com que as legislações existentes na esfera ambiental necessitem ser mais rígidas em seu cumprimento.

3.2.2 Impactos da Impermeabilização do solo urbano

Para Garcez e Alvarez (1988), o papel desempenhado pela forma de uso e cobertura da terra de uma bacia hidrográfica, modifica as características de uma bacia ao longo do tempo através da ocupação pelo homem.

De acordo com o Manual de Uso da Terra (IBGE, 2013), a definição do uso da terra é relativa às atividades conduzidas pelo homem, com a intenção de obter produtos e benefícios através dos recursos da terra. Já a Cobertura da Terra foi definida como os elementos da natureza como “água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra” (IBGE, 2013, p. 44). Dessa forma, o uso e a cobertura da terra apresentam uma relação entre si.

Um dos impactos do desenvolvimento urbano é a alteração da cobertura da terra que altera vários componentes do ciclo hidrológico natural. Uma das consequências é a impermeabilização do solo com as edificações, pavimentações, introdução de condutos para escoamento pluviais, além do aumento de sedimentos nos cursos hídricos, a poluição de águas superficiais e contaminação de águas subterrâneas.

O conceito de impermeabilização do solo traz a noção de perda de capacidade de absorção de água pelo solo, através da cobertura de uma dada superfície do terreno com materiais artificiais impermeáveis (CE, 2012), tendo como principal causa a urbanização, crescente nas cidades brasileiras. A urbanização modifica fatores da

paisagem, como o relevo, a hidrografia e o solo. Esse fator é significativo, visto que cerca de 85% da população brasileira reside em áreas urbanas.

A impermeabilização do solo isola-o da atmosfera, impedindo a infiltração das águas pluviais e as trocas de gases, uma vez que reduz a infiltração de água no solo, a impermeabilização exerce impacto na hidrologia, podendo alterar o estado das bacias hidrográficas e na quantidade de água disponível, através da redução da capacidade de infiltração e do aumento do escoamento superficial. Afeta ainda a biodiversidade, o conforto térmico resultante da absorção de energia solar pelo asfalto e telhados, a qualidade do ar pela supressão da vegetação que captura partículas em suspensão e absorve gases poluentes e conseqüentemente a qualidade de vida da população (CE, 2012).

Com a alteração da superfície da bacia hidrográfica, decorrentes do uso e da ocupação, ocorrem impactos sobre os processos verticais (precipitação, evapotranspiração, insolação) e longitudinais da bacia (escoamento superficial e do subsolo), sendo esse impacto caracterizado pelo efeito que provoca no comportamento das enchentes, na vazão além das condições ambientais locais e a jusante (TUCCI, 2002) e, como visto, também alteram a capacidade de infiltração da água no solo. Normalmente, a capacidade de infiltração de floresta, vegetação nativa, é alta (PRITCHETT, 1979 apud TUCCI; CLARKE, 1997), o que produz pequena quantidade de escoamento superficial. Dessa forma, a alteração da cobertura do solo através do uso e da ocupação humana provocam impactos no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, sendo o grau de risco a enchentes uma das maiores problemáticas dessas transformações.

Em pesquisa realizada por Piroli (2014) na microbacia do Córrego Água da Veada em Ourinhos/SP, o autor demonstra que a alteração da cobertura da terra em decorrência do uso urbano, a longo prazo, reduz a infiltração da água no solo, provocando processos erosivos e assoreamento, o que por sua vez contribui para os episódios de enchentes, potencializados pela impermeabilização.

Quando esta água não consegue infiltrar em consequência da impermeabilização, ela escorrerá superficialmente, adquirindo velocidade e volume, causando processos erosivos nas encostas, assoreamento nas baixadas e inundações nos vales (PIROLI, 2014, p.7).

O impacto causado na pedosfera é motivo de preocupação já que a formação do solo é um processo muito lento, de escala geológica, além de ser fundamental na produção de alimentos, fornece habitat para uma infinidade de macro e microorganismos, e modera o fluxo de água para os aquíferos (CE, 2012).

Com a urbanização e os consequentes processos dela derivados, tem-se a retirada da vegetação que é substituída por solo exposto, que acaba se compactando e erodindo, ou por superfícies impermeáveis como pavimentação, construções, asfaltamento, canalização de cursos d'água. O desenvolvimento urbano possui como uma das etapas anteriores à construção de uma edificação a terraplanagem, quando há grande movimentação de terra, sendo esta transferida para diferentes pontos da bacia, sob a ação do vento, que movimenta as partículas para as ruas, calçadas e também das chuvas que carregam estas partículas para jusante (LECHIU et al., 2012). Essas alterações correspondem às superfícies criadas pela ação antrópica, estabelecendo uma relação entre os diferentes usos do solo e o grau de impermeabilização. Sendo o mapeamento de classificação do uso e cobertura da terra uma ferramenta de suporte para a avaliação desta relação.

Pode-se ainda adicionar a densidade da ocupação urbana, expressa na relação entre o número de habitantes por quilômetro quadrado, variável integrante de uma metodologia para avaliação de áreas urbanas impermeáveis (CAMPANA; TUCCI, 1994; MENEZES FILHO; TUCCI, 2012). Para os referidos autores, a impermeabilização do solo aumenta com a densificação da população na medida em que são criadas ruas, calçadas e telhados.

Para Ferreira, et al. (2008), as áreas residenciais com alta densidade de ocupação têm taxas de impermeabilização variando entre 40% e 70%, e áreas comerciais e industriais são caracterizadas por taxas de impermeabilização de 70% a 90%. Os autores afirmam que os canais de drenagem que são revestidos com concreto aumentam a capacidade de escoamento da seção transversal do canal e impedem a infiltração, além desse tipo de obra transferir os problemas de enchentes de áreas à montante do canal para áreas à jusante.

A partir do aumento da impermeabilização decorrente do avanço da urbanização, têm-se como consequência o desequilíbrio hidrológico do escoamento na bacia hidrográfica, ocasionando episódios de enchentes mais frequentes e danosos à população residente. Nesse sentido é possível relacionar as dinâmicas de enchentes ao processo de urbanização e de impermeabilização do solo.

Para minimizar estas ocorrências tem-se como alternativa a preservação da mata ciliar com a implementação de áreas de preservação permanente, discutidas anteriormente, criação de parques e praças arborizadas com o intuito de aumentar as áreas verdes públicas, utilizando espécies nativas de cada bioma, além escolher o porte das espécies mais adequado para cada uso. No caso do Estado de São Paulo, considera-se a existência dos domínios da Mata Atlântica e do Cerrado. Sendo áreas verdes públicas conceituado por Benini e Martin (2010, p.77) como:

[...] todo espaço livre (área verde/lazer) que foi afetado como de uso comum e que apresente algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada), que possa contribuir em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade e mitigue os efeitos da poluição sonora e atmosférica) e que também seja utilizado com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais.

Há ainda o recurso das calçadas verdes (FIGURA 1 e 2), que também deve levar em consideração a largura da calçada preexistente e o fluxo de pedestres. O que caracteriza uma calçada verde não é apenas a incorporação de árvores, mas uma concepção de estratégia para aumentar a quantidade e qualidade das superfícies verdes, aumentar as superfícies permeáveis e de drenagem e um questionamento das atuais superfícies pavimentadas e impermeáveis (ALTAMIRANO et al., 2008).

Figuras 1 e 2. Exemplo de calçada verde em Piracicaba/SP



Fotos: Novaes (2015)

No município de Piracicaba/SP, por exemplo, encontram-se informações no Manual de Normas Técnicas de Arborização Urbana, desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Piracicaba em parceria com a Secretaria de Defesa do Meio Ambiente:

No plantio nas calçadas e demais espaços viários devem-se levar em consideração limites mínimos entre as dimensões das espécies escolhidas quando adultas e a localização de construções e demais mobiliários urbanos, assim como sempre garantir espaço para a mobilidade humana quer seja andando nas calçadas ou em veículos motorizados. Tais limites não devem evitar a implantação de árvores de médio e grande porte nos bairros da cidade. A prefeitura ou iniciativa privada ao desenvolverem implantação de projetos de arborização viária devem criar espaços para uma eficiente cobertura arbórea para os bairros da cidade com objetivo de permitir o alcance

das funções da arborização descritas na Lei Complementar de arborização urbana do município de Piracicaba nº199 de 12 de maio de 2007. Segundo esta lei, a arborização urbana não poderá ser implantada com a utilização de espécies de pequeno porte ou arbustos. Devem ser considerados para definição do porte da árvore a largura da copa e altura quando adulta observando-se condições específicas de cada local ou via pública (PREFEITURA MUNICIPAL 2007, p.2).

O Manual estabelece ainda faixas permeáveis no entorno das árvores localizadas em calçadas.

Em volta das árvores plantadas deverá ser adotada uma área permeável, seja na forma de canteiro, faixa ou piso drenante, que permita a infiltração de água e a aeração do solo. As dimensões recomendadas para essas áreas não impermeabilizadas, sempre que as características dos passeios ou canteiros centrais o permitirem, deverão ser de 2 m² para árvores de copa média (entre 8 e 12 metros de raio) e de 3 m² para porte grande (com 13 a 20 metros de raio) (PREFEITURA MUNICIPAL, 2007, p.3).

Apesar de não trabalharem propriamente com o termo calçada verde, nota-se que a ideia está inserida na Legislação. No entanto, não fica clara a obrigatoriedade do plantio em calçadas na área urbana do município de Piracicaba, a não ser na Lei Complementar de arborização urbana do município de Piracicaba nº199 de 12 de maio de 2007, Capítulo II, Art. 3º: “A densidade arbórea mínima para arborização de calçadas deve ser de, um indivíduo arbóreo por lote, a cada 10m (dez metros) de testada”, o que não constitui a caracterização de calçada verde e no Plano Diretor de Desenvolvimento, Lei complementar nº 186, de 10 de outubro de 2006, que estabelece uma taxa de permeabilidade, definido pelo percentual expresso pela relação entre a área do lote sem pavimentação impermeável e sem construção no subsolo e a área total do terreno, de 10% da área do lote exceto para as zonas industriais que exige 15%.

Tucci (2000) afirma que se houver ampliação da impermeabilização, conseqüentemente há aumento do escoamento superficial, alega que a impermeabilização de 7% da área dos lotes acarreta na duplicação do escoamento superficial e em casos onde a impermeabilização é maior, com 80% do lote, gera-se um volume de escoamento superficial oito vezes maior.

Num experimento realizado por Maus et al. (2007), com diferentes tipos de cobertura, no Município de Santa Maria-RS, como paralelepípedo, asfalto, gramado e pavimento permeável, com uma chuva de 236,62 mm, obteve-se como resultados de escoamento superficial e de infiltração conforme apresentado no Quadro 1.

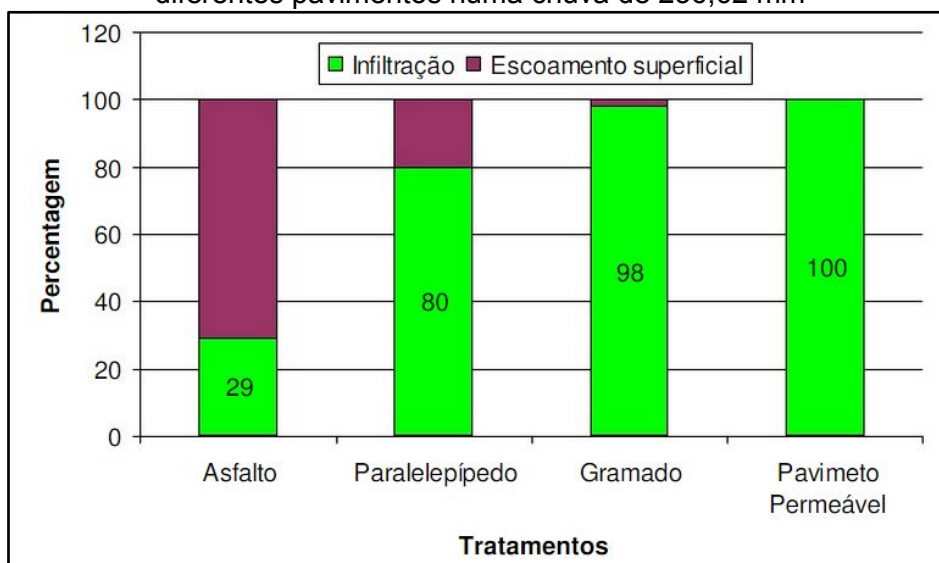
Quadro1. Valores do escoamento superficial e infiltração para os diferentes pavimentos numa chuva de 236,62 mm

Valores acumulados de escoamento e infiltração de água nas diferentes parcelas.			
Tratamento	Precipitação acumulada (mm)	Escoamento superficial (mm)	Infiltração (mm)
Asfalto	236,62	168,00	68,62
Paralelepípedo	236,62	51,34	185,28
Gramado	236,62	5,00	231,62
Pavimento permeável	236,62	0,00	236,62

Fonte: Maus et al. (2007)

Dessa forma pode-se notar que o asfalto apresentou escoamento superficial de 71%, o paralelepípedo 20%, o gramado 2% e o pavimento permeável não apresentou escoamento superficial, sendo toda a água infiltrada, como mostra a Figura 3.

Figura 3. Gráfico com taxas de escoamento superficial e infiltração de água para os diferentes pavimentos numa chuva de 236,62 mm



Fonte: Maus et al. (2007)

Perusi et al. (2012), em estudo realizado sobre a impermeabilização de calçadas na sub-bacia do Córrego Água da Veada, município de Ourinhos/SP, mostraram que o uso de pavimentos permeáveis como os pisos intertravados em uma calçada pode gerar índices de permeabilidade de 45%. Os autores afirmam que se o planejamento das calçadas aliar pavimentos permeáveis com espécies de forrações e/ou gramas, pode-se atingir taxas de permeabilidade de até 70%. Ressaltam ainda que a construção de calçadas ecológicas com índices de 50% de permeabilidade causaria um incremento de 730% na água absorvida, o que reduziria o escoamento superficial.

Fica claro que a manutenção de áreas permeáveis de maneira geral garantiria maior infiltração da água contribuindo, assim, para a minimização de episódios de enchentes.

3.3 As enchentes urbanas

De maneira geral, para Pompêo (2000), as enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido às chuvas de elevada magnitude. Para o referido autor, as enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes de chuvas intensas de longo período de recorrência dos episódios, devido a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças de equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas ou ainda por causa da própria urbanização.

Áreas urbanizadas são mais suscetíveis à inundação, pois uma determinada precipitação que antes da urbanização não causaria enchentes, após esse processo podem resultar em vazões muito maiores e inundações generalizadas devido, principalmente, à remoção da vegetação, à impermeabilização do solo e à canalização do rio, além do carregamento de sedimentos, lixo e esgoto para os cursos d'água (GONDIM FILHO et al., 2004 apud SILVA; SANTOS, 2010).

Segundo a Classificação Geral dos Desastres e na Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos, estabelecidos pela Política Nacional da Defesa Civil (2007), as enchentes estão relacionadas com o incremento das precipitações hídricas. Porém, antes de serem desastres, as enchentes são fenômenos naturais, intrínsecas ao regime dos rios. Quando esse fenômeno entra em contato com a sociedade, causando danos, passa a ser um desastre (CEPED, 2011). Dessa forma, desde as primeiras ocupações primitivas, as populações expunham-se aos episódios de avanço e recuo das águas fluviais.

A ocorrência de um desastre natural é caracterizada pela:

[...] ocorrência de pelo menos um destes fatores: 10 ou mais óbitos; 100 ou mais pessoas afetadas; declaração de estado de emergência ou calamidade pública pelo município, estado ou país; pedido de auxílio internacional (critérios definidos por SCHEUREN et al. 2008). Quando o mesmo fenômeno ocorre em uma área sem moradias é denominado de evento natural; quando atinge uma área habitada, mas o número de óbitos ou pessoas afetadas não atinge o critério mencionado acima, é denominado acidente (AMARAL, R.; GUTJAHR, 2011, p.21).

Entende-se que a enchente consiste no fenômeno que ocorre quando há o aumento do nível de água do rio em razão de fortes precipitações periódicas, mas sem

transbordamento da água para além do seu leito menor ou leito de cheia, como se pode observar na Figura 4. A importância de se analisar as enchentes nesse trabalho se deve ao fato de haver moradias e atividades comerciais localizadas nesse limite, no qual a cheia natural atinge a população presente.

Figura 4. Perfil esquemático dos processos de enchente e inundação



Fonte: BRASIL (2007)

As enchentes podem ainda ser definidas, segundo Vianna (2000), como eventos em que são verificados valores extremos de vazão associados à inundação de planícies ou áreas adjacentes ao canal principal dos cursos d'água. São fenômenos naturais dos regimes dos rios e outros corpos d'água, sendo que todo rio tem sua área natural de inundação, que passa a ser um problema quando os limites naturais dos rios não são respeitados.

A enchente pode ainda caracterizar-se por uma vazão relativamente grande de escoamento superficial e a inundação caracterizar-se pelo extravasamento do canal. Assim uma enchente pode não causar uma inundação, principalmente se obras de controle forem construídas para esse fim. Por outro lado, mesmo não havendo um grande aumento de escoamento superficial, poderá acontecer uma inundação, caso haja alguma obstrução no canal natural do rio (VILLELA; MATTOS, 1975 apud SILVA; SANTOS, 2010).

As enchentes provocadas pela urbanização, segundo Pompêo (2000), ocorrem devido ao excessivo parcelamento do solo e conseqüente impermeabilização de grandes superfícies, pela ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, pela obstrução de canalizações por detritos e sedimentos lançados nos corpos d'água e às obras de drenagem inadequadas. A condição da vegetação local também interfere, no sentido de que quando há a retirada e substituição da cobertura vegetal natural, estes se tornam fatores modificadores que, em muitas situações, resultam simultaneamente em redução de tempo de

concentração e em aumento do volume de escoamento superficial, causando o extravasamento de cursos d'água. Com o aumento das áreas urbanizadas, das áreas construídas, essas áreas de várzea, que estão sujeitas sazonalmente ao alagamento, ficam suprimidas provocando aceleração dos escoamentos, intensificação dos picos de vazão e das inundações.

A urbanização tende a agravar os eventos de enchente, estabelecendo uma relação praticamente direta entre a densidade urbana, a impermeabilização do terreno e o aumento dos eventos de enchentes. Pode ainda provocar aumento das vazões máximas em até sete vezes em média, devido à impermeabilização do solo e o aumento das condições de escoamento por dutos e canais, o que também incide na degradação da qualidade das águas, no aumento dos processos erosivos e no assoreamento dos corpos d'água por sedimentos e resíduos sólidos (MATTES, 2005).

Para Tucci (1995), as enchentes em áreas urbanas podem ocorrer por consequência de dois processos, de maneira isolada ou de forma integrada, sendo o primeiro as enchentes em áreas ribeirinhas, que são as enchentes naturais que atingem a população que ocupa os leitos de rios por falta de planejamento do uso da terra. Essas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito menor, de acordo com os eventos extremos, em média com tempo de recorrência da ordem de dois anos. Segundo, seriam as enchentes devido à urbanização, em que são provocadas pela urbanização, aumento da frequência e magnitude devido à ocupação da terra com superfícies impermeáveis e instalação de rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente, o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento. A diferença entre os dois tipos ocorre devido ao primeiro ser um processo natural de cheia do rio, e o segundo ocorrer pela intervenção antrópica no meio.

Esses processos são significativos em bacias hidrográficas urbanas, tendo em vista as características inerentes de tal unidade referentes à sua área de contribuição e as alterações que a urbanização provoca. Sendo assim, passa a ser a unidade apropriada de análise de enchentes.

3.4 Estudos em bacias hidrográficas

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, define os princípios e normas para a gestão de recursos hídricos considerando as bacias hidrográficas como unidade, no Art 1º, inciso V, “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de

Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997), tornando fundamental a compreensão de seu conceito.

Segundo Christofolletti (1980), as bacias hidrográficas são compostas por um conjunto de canais de escoamento de água. A quantidade de água que a bacia hidrográfica vai receber depende do tamanho da área ocupada pela bacia hidrográfica e por processos naturais que envolvem precipitação, evaporação, infiltração, escoamento, etc. Também compreendida como rede hidrográfica, a mesma é uma unidade natural que recebe a influência da região que drena, é um receptor de todas as interferências naturais e antrópicas que ocorrem na sua área tais como: topografia, vegetação, clima, uso e ocupação etc. Assim um corpo de água é o reflexo da contribuição das áreas no entorno, que é a sua bacia hidrográfica.

Pode-se conceituar também como “uma área definida e fechada topograficamente num curso d’água, de forma que toda a vazão afluente possa ser medida ou descarregada através desse ponto” (GARCEZ; ALVAREZ, 1988, p.43).

Já para Bertolini et al. (1993), bacia hidrográfica é a área geograficamente delimitada por espigões e drenada por um curso d’água ou por um sistema conectado de cursos d’água (BERTOLINI et al., 1993). Para os autores, quanto menor for a bacia hidrográfica, mais homogênea ela é, mais similaridade existirá entre seus elementos naturais (solo, água, vegetação, clima) e sociais (população, problemas, interesses comuns) e conseqüentemente mais fácil de ser trabalhada. Sendo assim, a unidade geográfico-territorial da bacia hidrográfica é ideal para tratamento, uso, manejo e conservação do solo, dos recursos naturais e a organização da população (BERTOLINI et al., 1993).

Por Bacia Hidrográfica entende-se ainda “(...) a compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Esse compartimento é drenado superficialmente por um curso d’água principal e seus afluentes” (SANTANA, 2003, p.27).

Busca-se neste tópico entender, analisar e caracterizar a bacia hidrográfica como unidade de análise, suas diferentes propriedades e características fundamentais, relacionando, sempre que possível, com a ocorrência de enchentes.

A unidade para os estudos hidrológicos, segundo Pompêo (2000), deve ser a Bacia Hidrográfica, uma vez que os transbordamentos de cursos d’água podem se dar por desequilíbrio hidrológico em regiões à montante. Nesse sentido, o que chove nas nascentes e nos afluentes dos rios principais de uma Bacia Hidrográfica contribui com o aumento do volume que corre nos cursos d’água, sendo que “a associação entre o volume de água e a energia potencial resulta em uma enorme capacidade de promover efeitos adversos como o carregamento de todo tipo de sedimento para as

áreas mais baixas da bacia” (VITTE; VIELA FILHO, 2006, p.8). Com sedimentação no rio, a sua calha diminui, aumentando a velocidade com que a água atinge seu leito maior, transbordando.

As bacias hidrográficas, quando sujeitas ao processo de ocupação, podem ser submetidas a diversos desequilíbrios ambientais. Cunha e Guerra (1999) afirmam que as mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, a ação humana tem sido um importante acelerador dos processos de desequilíbrio da paisagem. Podem agir como indicadores dos impactos causados por atividades antrópicas, os quais podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e qualidade da água e os parâmetros relacionados com o uso do solo (FERNANDES; SILVA, 1994 apud SANTOS, A.F, 2004). Para Guerra e Cunha (1996), elas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pelo seu caráter integrador. Sendo, nessa ótica, possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza.

As bacias hidrográficas podem ainda ser classificadas, para efeito político administrativo em: a) **Federal** quando sua rede de drenagem se insere em mais de um estado, b) **Estadual** quando inserido num estado e c) **Municipal** quando sua rede de drenagem se insere num município (SANTANA, 2003). Apesar da esfera municipal não estar incluída dos termos da lei, é considerada na literatura.

Há também o conceito de sub-bacia, como um desmembramento de uma bacia e parte integrante da mesma:

[...] as bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos (SANTANA, 2003, p.32).

Ainda de acordo com o autor, as sub-bacias de menor ordem comumente são restritas a um município. Isso é relevante para o sucesso de qualquer ação, pois as comunidades possuem uma interação próxima com os componentes do meio físico. A utilização desta unidade se justifica ainda por serem os locais onde os problemas irão se manifestar mais imediatamente, e onde a estrutura administrativa deveria ser mais sensível a responder a esses problemas (SANTANA, 2003).

A conceituação de bacias e sub-bacias hidrográficas carrega a noção de terem uma delimitação bem definida, porém no caso de bacias e sub-bacias urbanas, muitas vezes não apresentam seus limites tão claramente como traz a definição. Isso se deve ao fato da ação antrópica e, sobretudo, à urbanização, por modificarem os aspectos originais daquela área, com atividades de exploração do curso hídrico, com o

asfaltamento, com a criação de dutos para captação de água que deveria alimentar os cursos d'água, com as canalizações dos rios, entre outros aspectos.

Para Garcez e Alvarez (1988), as características físicas de uma bacia hidrográfica como topografia, geologia, geomorfologia, pedologia e tipo de cobertura da bacia, desempenham papel essencial no seu comportamento hidrológico, sendo importante medir numericamente algumas dessas influências. Os autores destacam ainda a importância do papel desempenhado pela cobertura e uso da bacia, sendo que a ocupação pelo homem que altera o tipo de cobertura do terreno de uma bacia, em alguns casos de forma substancial, modifica as características de uma bacia ao longo do tempo.

3.4.1 Características físicas de bacias hidrográficas

Para análises hidrológicas ou ambientais, a caracterização física de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados, por ter relação com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2007).

As características físicas de uma bacia hidrográfica, tais como a área de drenagem, o tipo de solo, a elevação do terreno, a declividade da bacia, a declividade do curso d'água, o tipo de rede de drenagem, a densidade de drenagem, a forma da bacia e o uso do solo, levam a entender a predisposição natural de uma área à ocorrência de enchentes e inundações. Tendo em vista que a enchente se caracteriza como o aumento do escoamento superficial, as características físicas da bacia hidrográfica, bem como as transformações a que ela está sujeita através da ação do homem, contribuem e impactam sobremaneira para a ampliação deste fenômeno.

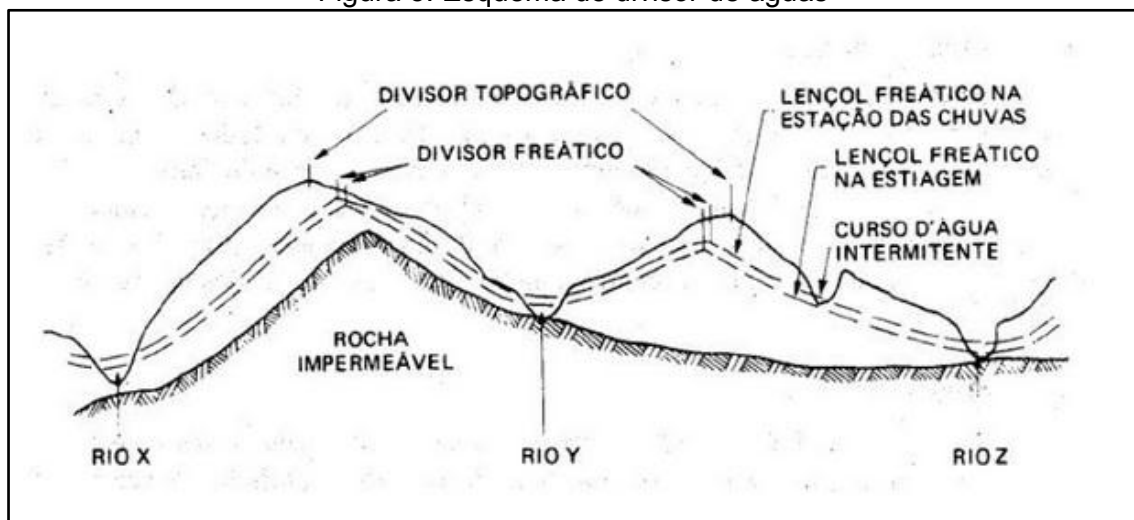
Há seis tipos de características fundamentais para classificar e compreender uma bacia: Área, Tipo de Solo, Elevação, Declividade, Rede de Drenagem, Forma, que são trabalhadas neste capítulo.

a) Área

Cada bacia de drenagem é circundada por um divisor, assim designado por ser a linha de separação que divide as precipitações que caem nas bacias vizinhas. (WISLER; BRATER, 1964) Através dos divisores de água se delimita a área de uma bacia hidrográfica. A bacia poderá conter uma sub-bacia, nas quais as águas superficiais estão ligadas à rede hidrográfica do curso d'água principal. Pode ser

delimitada pela topografia, pela formação geológica e pelo divisor freático (FIGURA 5) (GARCEZ; ALVAREZ, 1988).

Figura 5. Esquema de divisor de águas



Fonte: Villela e Matos (1975)

A área da bacia é delimitada topograficamente e se utiliza das curvas de nível de uma Carta Topográfica. Como caracterizam Wisler e Brater (1964) “Circundando toda a bacia de drenagem, há uma superfície, ou divisor topográfico, que delimita a área da qual se deriva o escoamento superficial” (WISLER; BRATER, 1964, p.47).

Segundo Tucci (1997) a área da bacia é fundamental para definir a sua potencialidade hídrica e tem grande importância na sua resposta hidrológica, pois, se desconsiderarmos os outros fatores, quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes, pois maior será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez. Não havendo consenso, considera-se como bacias pequenas aquelas com área inferior a 3 Km², bacias médias com área variando de 3 Km² a 1000 Km² e bacias grandes com área superior a 1000 Km². Para Wisler e Brater (1964), bacias pequenas são as que possuem área inferior a 10 milhas quadradas (26 Km²) e bacias grandes com área superior a esse valor. A bacia do Córrego Morumbi se classifica como pequena bacia por apresentar área igual a 1,26 Km² ou 126 ha.

A área da bacia hidrográfica constitui-se, ainda, em elemento básico para o cálculo de outras características físicas, sendo encontrada expressa em Km² ou hectares (ha = 0,01Km²) (VILLELA; MATTOS, 1975).

b) Tipo de solo

A definição de Solo é dada por Bertoni e Lombardi Neto (1999) como uma coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva e que se constitui um recurso básico sem o qual os seres vivos não poderiam existir. Nas bacias hidrográficas, as características de escoamento são influenciadas pelo tipo predominante de solo, devido às diferentes capacidades de infiltração resultantes da dimensão dos grãos, união, forma e arranjo das partículas. A porosidade, definida como a porcentagem de vazios em um dado volume de agregado, afeta não só a infiltração como a capacidade de armazenamento de água e é diferente para os diferentes tipos de solo (WISLER; BRATER, 1964).

Os solos urbanos recebem frequentemente intervenções antrópicas, podendo modificar as suas características originais através da adição ou remoção de matérias que alteram seus atributos químicos e/ou físicos. Essas transformações possuem influência sobre a vegetação e a hidrologia, interferindo no escoamento e infiltração da água no solo, contribuindo para maximizar ou minimizar episódios de enchentes em bacias antropizadas.

As características próprias de cada tipo de solo possui em relação com a capacidade de infiltração de água, através de atributos como a textura, estrutura, condutividade hidráulica, densidade, umidade, presença de matéria orgânica, características físicas e mineralógicas (BRANDÃO et al., 2006).

Para Brandão et al. (2006, p. 13) a água infiltrada é responsável pelo reabastecimento dos aquíferos subterrâneos dos quais dependem as vazões dos cursos d'água nos períodos de estiagem, além de ter fundamental importância para as inundações.

Importância para o manejo e conservação do solo e da água, por ser determinante da ocorrência do escoamento superficial, responsável por processos indesejáveis, como a erosão e as inundações. Deste modo, o conhecimento do processo de infiltração da água e do solo fornece subsídios não apenas para o dimensionamento de estruturas de controle de erosão e inundação, mas também para definição de práticas de uso e manejo do solo que sejam capazes de reduzir a erosão do solo a níveis considerados como toleráveis (BRANDÃO et al., 2006, p.14).

Os fatores, de acordo com Brandão et al. (2006) são:

- *A estrutura e a textura* que determinam a quantidade, a forma e a continuidade dos macroporos, influenciando na condutividade hidráulica e a estabilidade dos

agregados. O aumento da proporção de silte no solo reduz a infiltração, na medida em que possui baixa potencialidade em formar agregados, sendo facilmente deslocada para camadas inferiores, onde podem obstruir os poros. A textura arenosa de maneira geral possui maior quantidade de macroporos, apresentando maior condutividade hidráulica e taxas de infiltração. Os solos argilosos bem estruturados podem ter maior condutividade hidráulica do que os solos de estrutura instável apresentando maior taxa de infiltração. Camadas que diferem em textura ou estrutura no perfil de solo podem retardar o movimento da água durante a infiltração.

- *A condutividade hidráulica* depende da porosidade, variando de solo para solo, mesmo dentro de um mesmo solo com variações estruturais e de compactação, devido uma carga externa ou por efeito da expansividade das argilas.
- *A densidade*, quanto maior, menores serão as taxas de infiltração, devido à redução da porosidade e da macroporosidade.
- *A umidade* elevada, inicialmente, terá menor taxa de infiltração, devido a um menor gradiente hidráulico, e mais rapidamente a taxa de infiltração se tornará constante.
- *A presença de matéria orgânica* estabiliza os agregados. Baixos teores de matéria orgânica (2%) causam baixa estabilidade dos agregados proporcionando menos condutividade hidráulica e, assim, baixa taxa de infiltração.
- *As características químicas* afetam a dispersão nos agregados. O aumento da concentração de íons de sódio, potássio, magnésio ou cálcio no solo tende a aumentar a dispersão química das argilas que acabam por obstruir os poros e reduzir a taxa de infiltração.
- *A mineralogia* de solos formados com argilas expansíveis tende a diminuir o tamanho dos poros levando a uma redução na condutividade hidráulica. A redução pode ser atribuída ainda à obstrução dos poros mais finos por partículas de argila que se dispersam a medida que se expandem.

c) Hipsometria

A variação de altitudes e também a altitude média de uma bacia hidrográfica são fatores importantes, relacionados com a temperatura e precipitação, principalmente quanto à fração do volume total que cai. A altitude média da bacia é considerada igual à média das altitudes de todas as interseções. Uma análise mais completa das características de altitude de uma bacia pode ser feita pela medição, em uma carta conveniente, das áreas compreendidas entre pares sucessivos de curvas de nível. Avalia-se, então, a porcentagem do total correspondente a cada uma dessas áreas, e a porcentagem da área total que fica acima ou abaixo de cada curva de nível é obtida por meio de soma (WISLER; BRATER, 1964).

A altitude e a elevação média de uma bacia são elementos que influenciam a precipitação e as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, influenciam o escoamento superficial médio (VILLELA; MATTOS, 1975). Uma forma de se fazer a representação gráfica do relevo médio da bacia hidrográfica é a curva hipsométrica, que fornece a variação de elevação dos terrenos da bacia com relação ao nível do mar.

De acordo com Castro e Lopes (2001), a altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração.

d) Declividade da bacia e do curso d'água

A declividade representa a variação dos gradientes do terreno em intervalos previamente estabelecidos e de acordo com sua finalidade, sendo útil na caracterização e delimitação das unidades e regiões geomorfológicas. Existe uma importante relação da declividade de uma bacia hidrográfica com a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo e a contribuição da água do solo para os fluxos dos cursos d'água. Os fatores que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração de água nos leitos do curso d'água tem uma importante relação com a extensão das enchentes (WISLER; BRATER, 1964).

A declividade do terreno controla significativamente a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva para a água da chuva

concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. Além disso, a declividade vai ter grande influência nos processos de erosão e infiltração. A magnitude dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração, além de suscetibilidade para erosão dos solos, dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

A declividade da bacia é um parâmetro de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas (LINSLEY et al., 1975 apud BORSATO; MARTONI, 2004). Borsato e Martoni (2004) consideram como baixa declividade de 0 a 12%, média declividade de 12 a 24%, como média a alta declividade de 24 a 36%, e como alta a muito alta declividade maior que 36%.

De acordo com a Embrapa (1979) e o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) que se utilizam da mesma classificação, os valores estipulados de declividade para cada classificação de relevo estão descrito no Quadro 2.

Quadro 2. Declividades de acordo com a Classificação da Embrapa

Declividade (%)	Classificação
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa (1979)

Já a declividade do canal é a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo trecho fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1974). De acordo com Strahler (1964), a declividade dos canais está intimamente ligada com a declividade dos terrenos de uma bacia. Vertentes com declividades altas contribuem com uma grande quantidade de detritos maiores em direção aos canais que, por sua vez, devem ter uma declividade alta para poderem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de uma declividade menor.

O perfil longitudinal é a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água, entre a nascente e a foz (CHRISTOFOLETTI, 1981). Canais típicos apresentam um perfil longitudinal côncavo para o céu (LINSLEY et al., 1975 apud BORSATO; MARTONI, 2004), com os valores de declividade aumentando em direção à nascente do rio. Segundo Strahler (1964), o

perfil longitudinal de quase todos os canais, sob as mais variadas condições climáticas e geológicas apresentam essa condição.

Para o IBGE (2009), as diferentes propostas de classificação de declividade possibilitam a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos e a movimentos de massa, de maneira a orientar o uso adequado do relevo. Essas informações são importantes, tendo em vista a possibilidade de indicar fatores críticos e restritivos a determinados usos. Para o uso urbano tem sido um fator regulador de ocupação, “fato que pode ser constatado nos limites estabelecidos nos planos diretores e amparados na legislação ambiental” (IBGE, 2009, p.115).

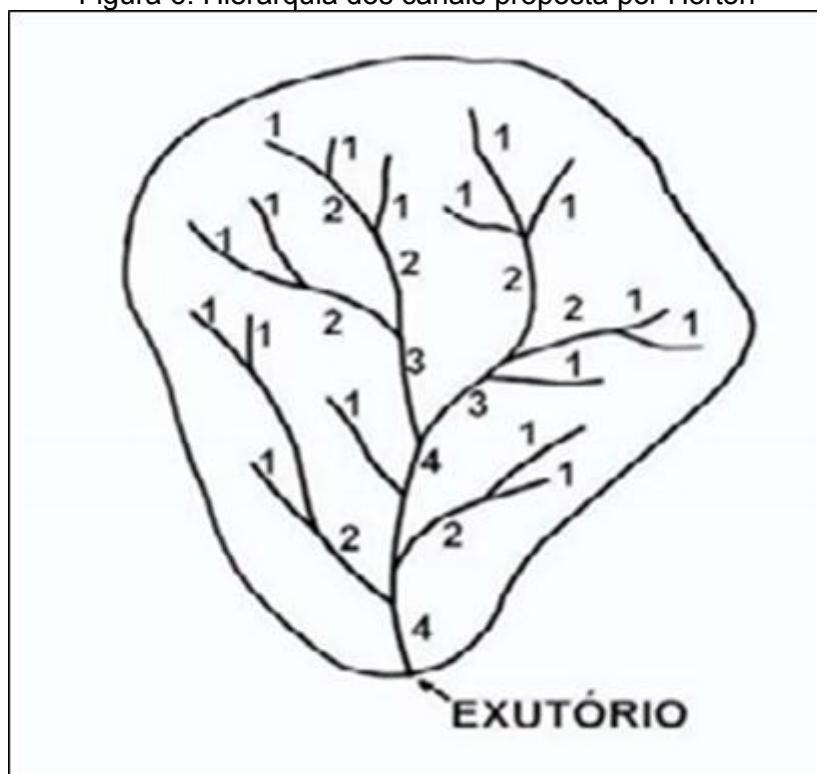
e) A rede de drenagem

O estudo do sistema de drenagem de uma bacia, das suas ramificações e desenvolvimento é importante por indicar a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Para Wisler e Brater (1964), as características de uma rede de drenagem são basicamente: ordem dos cursos d’água; extensão; e densidade de drenagem.

- Ordem dos cursos d’ água

A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia. Segundo a Classificação proposta por Horton (1945) citado por Villela e Mattos (1975), os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de canais de segunda e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante (FIGURA 6). Nesta classificação, a maior ordem é atribuída ao rio principal, valendo esta designação em todo o seu comprimento, desde o exutório da bacia até sua nascente.

Figura 6. Hierarquia dos canais proposta por Horton



Fonte: Villela e Mattos (1975)

Ordem inferior ou igual a 4 é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra, considerando-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem (HORTON, 1945 apud TONELLO et al., 2006).

Estabelecer um ordenamento na disposição dos canais para efeitos comparativos entre sub-bacias inseridas é parâmetro morfométrico essencial para a caracterização da rede de drenagem na descrição das unidades geomorfológicas (VARGAS, 2012).

- Extensão do escoamento

A extensão do tributário cresce em função de sua ordem, quanto mais extenso for o canal, mais ordens ele pode apresentar. Ao medir a extensão do rio em uma carta topográfica pode-se, em geral, acompanhar seu curso com bastante exatidão. Para rios sinuosos a extensão é, algumas vezes, medida ao longo do eixo do vale, desdobrada em uma série de segmentos retos que se cortam sob diversos ângulos. As sinuosidades devidas às alças e a tortuosidade geral do curso d'água são desprezadas e a extensão resultante pode ser menos do que a real que a água percorre no vale (WISLER; BRATER, 1964).

Essa medida representa a distância média que a água da chuva teria de percorrer sobre o terreno da bacia caso o escoamento se desse em linha reta (VILELLA; MATTOS, 1975). Segundo os referidos autores a água precipitada, depois de se ter iniciado o escoamento superficial, vai percorrer uma extensão até encontrar um curso d'água. Uma extensão de escoamento pequena poderia provocar alagamentos em dias de chuvas intensas em função da menor possibilidade de infiltração da água no solo.

- Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é a relação entre o comprimento do curso de água de uma bacia e a sua área total. Segundo Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento, fornecendo uma indicação da eficiência de drenagem da bacia. Ainda segundo os autores este índice varia de 0,5 Km/Km² para bacias com drenagem pobre, e 3,5 Km/Km² ou mais para bacias bem drenadas.

- Bacias com drenagem pobre → $Dd < 0,5 \text{ Km/Km}^2$
- Bacias com drenagem regular → $0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ Km/Km}^2$
- Bacias com drenagem boa → $1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ Km/Km}^2$
- Bacias com drenagem muito boa → $2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ Km/Km}^2$
- Bacias excepcionalmente bem drenadas → $Dd \geq 3,5 \text{ Km/Km}^2$

Este índice pode ser determinado utilizando a seguinte equação:

$$Dd = L/A$$

Em que,

Dd = Densidade de drenagem

L = Comprimentos do canal da rede (Km)

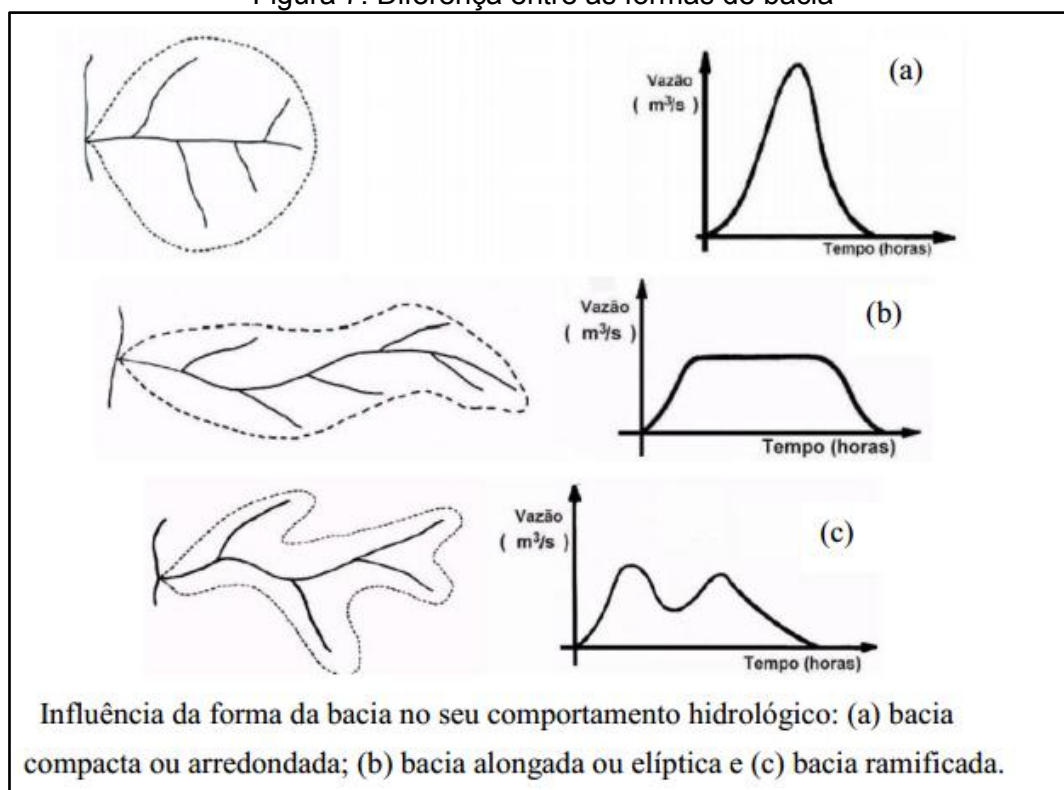
A = Área

Baixa densidade de drenagem geralmente se associa a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação (TONELLLO et al., 2006).

f) Fator de Forma e Coeficientes de Compacidade

A forma da bacia hidrográfica é importante por influenciar no tempo de concentração, ou seja, no tempo necessário para que a partir do início da precipitação toda a bacia contribua na seção em estudo, em suma, é o tempo que leva a água dos limites da bacia para a saída da mesma (VILELLA; MATTOS, 1975). Esse índice representa a proporção com que a água é fornecida ao rio principal, durante seu percurso da nascente à foz (WISLER; BRATER, 1964). Após ter seu contorno definido a bacia hidrográfica apresenta um formato e esse formato tem uma influência sobre o escoamento global. Isso é verificado por meio de coeficientes que permitem quantificar a influência da forma no modo de resposta de uma bacia à ocorrência de uma precipitação (FIGURA 7).

Figura 7. Diferença entre as formas de bacia



Fonte: Silva, R.C (2011)

- Fator de forma (K_f)

O fator de forma indica a relação da forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão) (TONELLO et al., 2006).

O fator de forma é um índice que exprime a maior ou menor tendência para enchentes numa bacia. Uma bacia com um fator de forma baixo tem menos tendência para cheias que uma bacia do mesmo tamanho, mas com um fator de forma superior (VILELLA; MATTOS, 1975). O fator de forma K_f é a relação entre a largura média (\bar{L}) e o comprimento mais longo L da bacia. O comprimento mais longo L é a distância desde o início da secção considerada até à cabeceira mais distante da bacia. (WISLER; BRATER, 1964) Assim, o fator de forma resulta da expressão:

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Para Oliveira et al. (2012), o fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75 - sujeito a enchentes;
- 0,75 – 0,50 - tendência mediana;
- <0,50 - não sujeito a enchentes

Uma bacia com K_f baixo, ou seja, com o L grande, terá menor propensão a enchentes que outra com mesma área, mas de K_f maior. Isto se deve ao fato de que, numa bacia estreita e longa (K_f baixo), haver menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão (VILELLA; MATTOS, 1975). Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (TONELLO et al., 2006).

- Coeficiente de compacidade (K_c)

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual à bacia. O coeficiente de compacidade de uma bacia hidrográfica (K_c) é um índice que informa sobre a susceptibilidade da ocorrência de inundações nas partes baixas da bacia. Um coeficiente mínimo igual a 1 corresponderia à bacia circular e quanto mais próximo desta unidade, maior semelhança a um círculo onde o tempo de escoamento é mais curto, logo mais propenso a enchentes. Portanto, inexistindo outros fatores, quanto maior o K_c menos propensa à enchente é a bacia. O coeficiente de compacidade das bacias hidrográficas é sempre um número superior à unidade, uma vez que o círculo é a figura geométrica de menor perímetro para uma dada área. Bacias que apresentam

este coeficiente próximo de 1 são mais compactas, tendem a concentrar o escoamento e são mais susceptíveis a inundações.

Oliveira et al. (2012) traz as seguintes interpretações:

- 1,00 – 1,25: bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- 1,25 – 1,50: bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e
- >1,50: bacia não sujeita a grandes enchentes.

Esse cálculo se dará através da fórmula:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que,

P = Perímetro (Km);

A = Área da bacia (Km²).

Essas caracterizações utilizam critérios físicos específicos, destacando sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas, indicando o nível de propensão de uma bacia às enchentes. Esses cálculos foram realizados e serviram de complemento na análise do risco às enchentes na bacia do Córrego Morumbi, além de participarem da caracterização física da área de estudo.

Deve-se ainda considerar que existem os fatores de urbanização e suas alterações no comportamento hidrológico da bacia como, por exemplo, a dizimação da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo que alteram a capacidade de infiltração da água e aumentam a velocidade do escoamento superficial. Dessa maneira, mesmo havendo relação entre a morfometria da bacia com a ocorrência de enchentes, há ainda outros fatores que devem ser levados em consideração e que interferem tanto para somar, como a urbanização, quanto para amenizar os impactos. O que torna a análise essencial no estudo de comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, sobretudo as urbanas, onde se concentram a maior parte da população brasileira.

3.5 Risco e determinação do grau de risco a enchentes

O termo risco está frequentemente acompanhado de um adjetivo, que o qualifica e que o associa ao cotidiano da sociedade: risco ambiental, risco tecnológico, risco natural, risco social, risco biológico, risco econômico, entre outros. Exatamente pela noção de risco passar por diversos níveis da sociedade, desde o acadêmico até o âmbito empresarial é objeto de uso na economia (análise do risco-país, risco de queda nas bolsas de valores), na engenharia (avaliação de riscos de acidentes em construções, na segurança do trabalho), nos seguros, na saúde, ou seja, é um conceito consideravelmente difundido, por ser, entre outros motivos, o risco um componente recorrente da sociedade moderna (ALMEIDA, 2010).

Na Geografia os riscos comumente podem estar relacionados a processos tecnológicos, sociais e naturais (DAGINO; CARPI JÚNIOR, 2007). Os estudos geográficos sobre risco que tratam de fenômenos naturais, que em situações extremas causam danos e expõem as populações ao perigo, denominam-se como *natural hazards*, ou perigos naturais às enchentes, deslizamentos, tornados, erupções vulcânicas, furacões, vendavais, granizo, geadas, nevascas, desertificação, terremotos entre outros. Estes são considerados perigos no momento em que causam dano às populações, demandando esforço e apreensão por parte de pesquisadores envolvidos com ações de planejamento e gestão e com a relação do homem com seu ambiente. (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005), estando as pessoas que habitam essas áreas sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais (BRASIL, 2007).

Quando referentes a eventos naturais os riscos são vistos principalmente ligados à Geomorfologia, à Climatologia, à Hidrologia e à Geologia, sendo o risco associado a eventos externos que incidem sobre uma área (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2004).

A presente pesquisa trata do risco de enchentes, considerando-o uma condição potencial de ocorrência de um acidente, ou seja, uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e sua propriedade, em razão da possibilidade de ocorrência de processos naturais. No entanto, vale destacar que as situações de risco não estão desligadas do que ocorre em seu entorno, o ambiente, em seu sentido amplo, seja o ambiente natural, seja o construído pelo homem (social e tecnológico). Portanto, o termo risco ambiental seria o mais adequado. Dessa forma, “o risco ambiental torna-se um termo sintético que abriga os demais, sem que eles sejam esquecidos ou menosprezados” (DAGINO; CARPI JÚNIOR, 2007, p.60).

Para compor a análise do risco ambiental, devem-se associar características naturais e sociais. Como indicadores ambientais, têm-se os aspectos climático (regime de chuvas), hidrológico (rede hidrográfica), geomorfológico (proximidade de cursos d'água, ocupação de encostas), a urbanização e a exposição à degradação ambiental (moradia com baixa cobertura de esgoto, tratamento de água e manejo de resíduos sólidos) (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2004).

Para Brum Ferreira (1993) apud Oliveira e Robaina (2004) a definição de risco está integrada à noção de risco ambiental, subdividido em Natural e Antrópico. Os riscos naturais seriam definidos por riscos geológicos, climáticos e geomorfológicos. Dentro desta concepção, o risco geomorfológico indica áreas sujeitas à ocorrência de desastres naturais relacionados à dinâmica superficial, através de dinâmica de encostas e por dinâmica fluvial. Os riscos por dinâmica fluvial ocorrem geralmente em áreas planas, localizadas próximas à rede de drenagem e sujeitas a inundações, alagamentos e erosão de margens. Já o risco ambiental relacionado à ação antrópica, está ligado à dinâmica do espaço urbano, como ocupação inadequada e à vulnerabilidade do território, ligados à população, equipamentos, organização social e econômica e recursos naturais.

Para Manzione (2011, p.26), o conceito de risco é abordado mais frequentemente associado ao perigo de um determinado evento, podendo estar relacionado a processos naturais ou ser consequência de atividades humanas. Dessa forma, o risco é um produto do **perigo** - que é a probabilidade de ocorrência de um fenômeno potencialmente danoso num certo período de tempo numa determinada área; da **vulnerabilidade** - que representa o grau de perdas humanas e sociais, físicas e econômicas dos elementos; e dos **elementos** em risco - expresso por todos os objetos, pessoas, animais, atividades e processos que podem ser afetados de maneira adversa por um fenômeno potencialmente perigoso, em uma área particular, tanto direta como indiretamente, isso inclui população, propriedades, edifícios, instalações, atividades econômicas, incluindo serviços públicos, ou mesmo o meio ambiente (fauna, flora, solo, água, ar) em risco em uma determinada área.

Para o referido autor (2011, p.26), as perdas humanas e sociais podem ser primárias ou secundárias. As primárias referem-se às fatalidades ocorridas, ao número de feridos, desabrigados, perda de renda ou oportunidades de emprego e as secundárias abrangem doenças, invalidez, impactos psicológicos, perda de coesão social por ruptura das estruturas comunitárias e instabilidades políticas em virtude de insatisfações com as medidas do governo frente à crise. As perdas físicas também podem ser classificadas como primárias, através de sedimentação, poluição, danos estruturais ou colapso de edifícios e infraestrutura, danos não estruturais e aos

conteúdos, ou como secundárias com a deterioração progressiva dos edifícios afetados e da infraestrutura que não é reparada. Já as perdas econômicas primárias são aquelas geradas pela interrupção dos negócios em virtude de danos a edifícios e infraestrutura, perda de mão de obra na produção em virtude de fatalidades, feridos ou forças de socorro, custo do plano de resposta e socorro, e as secundárias são causadas por perdas nas agências de seguro e aumento dos prêmios pagos, perdas nos mercados e nas oportunidades de comércio por interrupção das atividades, perda de confiança por parte de investidores e diminuição nos fluxos de mercado e custo dos reparos.

Risco é compreendido ainda por Lopes e Reis (2011, p.15), como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas esperadas (mortes, pessoas afetadas, danos às propriedades, meios de subsistência, atividade econômica interrompida ou danos ambientais) resultado das interações entre perigo natural ou por indução humana e condições de vulnerabilidade.

Quanto ao conceito de vulnerabilidade, vale destacar que esta noção, embora associada, difere da de risco:

A vulnerabilidade é diferente do risco. A base etimológica da palavra advém do verbo latino “ferir”. Enquanto que o risco implica a exposição a perigos externos em relação aos quais as pessoas têm um controle limitado, a vulnerabilidade mede a capacidade de combate a tais perigos sem que se sofra, a longo prazo, uma potencial perda de bem-estar (PNUD, 2007, p.78).

A vulnerabilidade ambiental possui um enfoque que a trata como resultante dos atributos físico-naturais de uma área. Nessa visão, a vulnerabilidade ambiental representa o grau de suscetibilidade natural de um ambiente, ou a um impacto provocado por um uso qualquer, avaliada através da fragilidade estrutural do substrato físico, a sensibilidade relacionada à proximidade de ecossistemas sensíveis e grau de maturidade dos ecossistemas (TAGLIANI, 2003). Para além das condições de suscetibilidade natural à ocorrência destes eventos e da antropização do ambiente natural, a análise social do risco deve levar em conta a vulnerabilidade social considerando a escolaridade, a renda, a faixa etária e o acesso a serviços públicos, de um determinado grupo ou indivíduo (HOGAN, 2005).

A noção de vulnerabilidade social, ao considerar a insegurança e a exposição a riscos e perturbações provocadas por eventos ou mudanças econômicas, daria uma visão mais ampla sobre as condições de vida dos grupos sociais mais pobres e, ao mesmo tempo, consideraria a disponibilidade de recursos e estratégias das próprias famílias para enfrentarem os impactos que as afetam (KAZTMAN et al., 1999).

Entendendo que o risco se apresenta de maneira diferenciada numa área devido às diferenças de vulnerabilidade de indivíduos ou grupos, que incorporam as condições sociais e econômicas, predispondo-os a uma maior ou menor suscetibilidade. Os locais mais afetados nas cidades por inundações e deslizamentos, costumam ser aqueles cujas moradias são voltadas para as populações mais carentes, apresentando habitações precárias e com debilidades na infraestrutura urbana. Nessas áreas é comum que se sobreponham situações de pobreza e degradação ambiental relacionada ao destino inadequado dos dejetos líquidos e sólidos. Os grupos mais pobres da sociedade, além da sua própria falta de defesa econômica e social, são mais vulneráveis, pois carecem de fontes externas de apoio, incluindo a atuação do Estado, o que leva a um enfraquecimento na sua capacidade de resposta e de recuperação de um evento (ESTEVES, 2011). Os processos através dos quais o risco se converte em vulnerabilidade, em qualquer país, são modelados pelo estado latente do desenvolvimento humano, que inclui as desigualdades dos rendimentos, as oportunidades e o poder político que marginaliza os mais pobres (PNUD, 2007).

Um dos componentes da vulnerabilidade é a resiliência, dada como a medida da capacidade de um sistema (ou parte de um sistema) em absorver ou se recuperar da ocorrência de um evento danoso (SEADE, 2005). Entendendo a resiliência como a capacidade de resposta, de recuperação, de retornar ao estado anterior, pode-se dizer que áreas de menor resiliência serão mais vulneráveis. As áreas ou grupos sociais com menor capacidade de resiliência serão aquelas em que a população geralmente possui características de baixa renda e, geralmente, são esses grupos que ocupam irregularmente áreas como os fundos de vale.

Em 2011, durante a 7ª Semana Nacional de Redução de Desastres, a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil lançou no Brasil a campanha "Construindo Cidades Resilientes: Minha Cidade está se Preparando". Com objetivo de aumentar o grau de consciência e compromisso em torno de práticas de desenvolvimento sustentável, diminuindo a vulnerabilidade e propiciando bem estar e segurança aos cidadãos, integrando a Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD), coordenada pela Organização das Nações Unidas (ONU). Entre as medidas adotadas estão: a criação de programas educativos e de capacitação em escolas e comunidades locais, o cumprimento de normas sobre construção e princípios para planejamento e uso do solo, os investimentos em implantação e manutenção de infraestrutura que evitem inundações e o estabelecimento de mecanismos de organização e coordenação de ações com base na participação de comunidades e sociedade civil organizada. A campanha define Cidade Resiliente

como sendo aquela que tem capacidade de resistir, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre e, de maneira organizada, prevenir que vidas e bens sejam perdidos (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2015).

A percepção do risco também é algo que deve ser levado em conta:

El riesgo ambiental es una circunstancia de la existencia social cuya naturaleza y significado depende de la experiencia, del desarrollo socioeconómico y de las estrategias con que se enfrentan los peligros. Los diversos estudios realizados hasta el momento han demostrado que la imagen que tienen los habitantes de lugares peligrosos sobre sus riesgos y el abanico de posibilidades para evitarlos o paliarlos suele ser bastante diferente de la que tienen técnicos y políticos. La percepción adecuada de las características del peligro es un elemento decisivo a la hora de dar respuestas al evento, situación que influye no sólo en los costos que este provoca sino en todas las actividades de la vida del grupo (CASTRO, S.D.A., 2000, s/p).

A autora atenta para o risco ambiental ser uma circunstância da existência social, onde a natureza e o significado dependem da experiência, desenvolvimento socioeconômico e estratégias com os perigos que enfrentam e os vários estudos até agora mostraram que a imagem que os habitantes de lugares perigosos têm dos riscos e as possibilidades para evitar ou aliviar-lhes, muitas vezes é bastante diferente da visão técnica e política. A percepção adequada das características de perigo é decisiva ao dar respostas para o evento, uma situação que afeta não apenas os custos que isso provoca, mas em todas as atividades da vida do grupo.

Nesse sentido, para Oliveira et al.(2004), o planejamento e o ordenamento do território deverão ser norteados para a identificação das áreas suscetíveis, caracterizadas e avaliadas quanto às características naturais, de maneira a serem utilizadas na distribuição espacial dos aglomerados populacionais, otimizando o uso e diminuindo os impactos sobre as mesmas. As áreas mais suscetíveis aos processos naturais possuem, conseqüentemente, uma capacidade menor para uma série de usos.

A avaliação e hierarquização das situações de risco servem de base para a gestão das áreas de risco que devem estar inseridas nas políticas de desenvolvimento urbano. Entendendo-se como gestão as ações para a identificação da tipologia do processo, o mapeamento das áreas de risco, o monitoramento e as medidas estruturais e não estruturais que podem ser adotadas (BRASIL, 2007). Estes seguem ainda dois princípios fundamentais, o de Previsão e o de Prevenção.

Para Marcelino et al. (2006), o mapeamento de áreas de risco é um dos instrumentos de análise de risco mais eficiente, pois a partir deste mapa é possível elaborar medidas preventivas, planificar as situações de emergência e estabelecer

ações conjuntas entre a comunidade e o poder público, com o intuito de promover a defesa permanente contra os desastres naturais. As medidas preventivas estão associadas à identificação das áreas com maior potencial de serem afetadas, onde são hierarquizados os cenários de risco e a proposição de medidas corretivas.

Segundo a Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que rege a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, no Art 6º, inciso III, cabe à União promover estudos referentes às causas e possibilidades de ocorrência de desastres de qualquer origem, sua incidência, extensão e consequência. Sendo que o inciso IV, deste mesmo artigo, define que cabe à União também apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A PNPDEC orienta que o gerenciamento de riscos e de desastres deve ser focado nas ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação e demais políticas setoriais, com o propósito de garantir a promoção do desenvolvimento sustentável.

A elaboração e implantação dos Planos de Proteção e Defesa Civil nos três níveis de governo estabelecem metas de curto, médio e longo prazo. Além de possuir um Sistema Nacional de Informações e Monitoramento de Desastres, Profissionalização e a qualificação, em caráter permanente, dos agentes de proteção e defesa, um cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, entre outras.

A avaliação do risco de enchentes adotado pelo Ministério das Cidades em 2007 considera três variáveis, sendo elas: a) Análise dos cenários de risco e potencial destrutivo dos processos hidrológicos ocorrentes. O primeiro critério de análise refere-se à identificação do cenário hidrológico presente em cada área a ser investigada; b) A Vulnerabilidade da ocupação urbana. O segundo critério para análise de risco refere-se à vulnerabilidade da ocupação urbana presente em cada área de risco. A avaliação da vulnerabilidade compreende a análise do padrão construtivo; c) Distância das moradias ao eixo da drenagem. O terceiro critério para análise de risco refere-se à distância das moradias ao eixo da drenagem, logicamente considerando o tipo de processo ocorrente na área e o raio de alcance desse processo (BRASIL, 2007).

Na pesquisa em questão trabalhar-se-á com a proposta apresentada por Oliveira e Robaina (2004), na qual a análise de riscos associados a processos de geodinâmica externa, e que são chamados de risco geomorfológico, levam em conta os seguintes parâmetros: suscetibilidade natural, ocupação humana e registro de ocorrência de acidentes. O cruzamento dos dados permite determinar o grau de risco

ambiental. Em seu estudo da Bacia do Arroio Cadena, na cidade de Santa Maria/RS, Oliveira e Robaina (2004) identificaram problemas vinculados principalmente à dinâmica fluvial, associados à susceptibilidade natural da planície de inundação e de seus afluentes, e de dinâmica de vertentes, associado ao relevo e referentes a processos erosivos decorrentes do material rochoso friável. Gerou-se um mapa de zoneamento e hierarquização de risco, cuja importância se reflete no planejamento ambiental e urbano.

Gomes (2008), utilizando-se da mesma metodologia nas microbacias dos córregos Furninhas e Chumbeadinha, Ourinhos/SP, obteve os graus de Risco Alto para a microbacia do córrego Furninhas e Risco Moderado para a microbacia do córrego Chumbeadinha. Uma vez estabelecidos os graus de risco, a autora busca dialogar a respeito das diferentes formas de apropriação dos fundos de vale.

Em Novaes (2012), a partir desta metodologia, foram determinados os graus de Risco Alto para os imóveis comerciais e o Risco Iminente para os imóveis residenciais da Rua do Porto, município de Piracicaba-SP, local de grande importância histórica e turística da cidade, além de área residencial, que sofre com os recorrentes episódios de enchentes, podendo essa informação auxiliar na atuação da Defesa Civil Municipal.

Nesse sentido, o planejamento e o ordenamento do território deverão ser norteados para a identificação das áreas suscetíveis aos processos naturais, assim o mapeamento destas áreas auxilia na definição de planos de ação e prioridades de ajuda que devem ser associadas às políticas de defesa civil, que sejam realizáveis e eficazes (OLIVEIRA et al.,2004).

4 MATERIAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

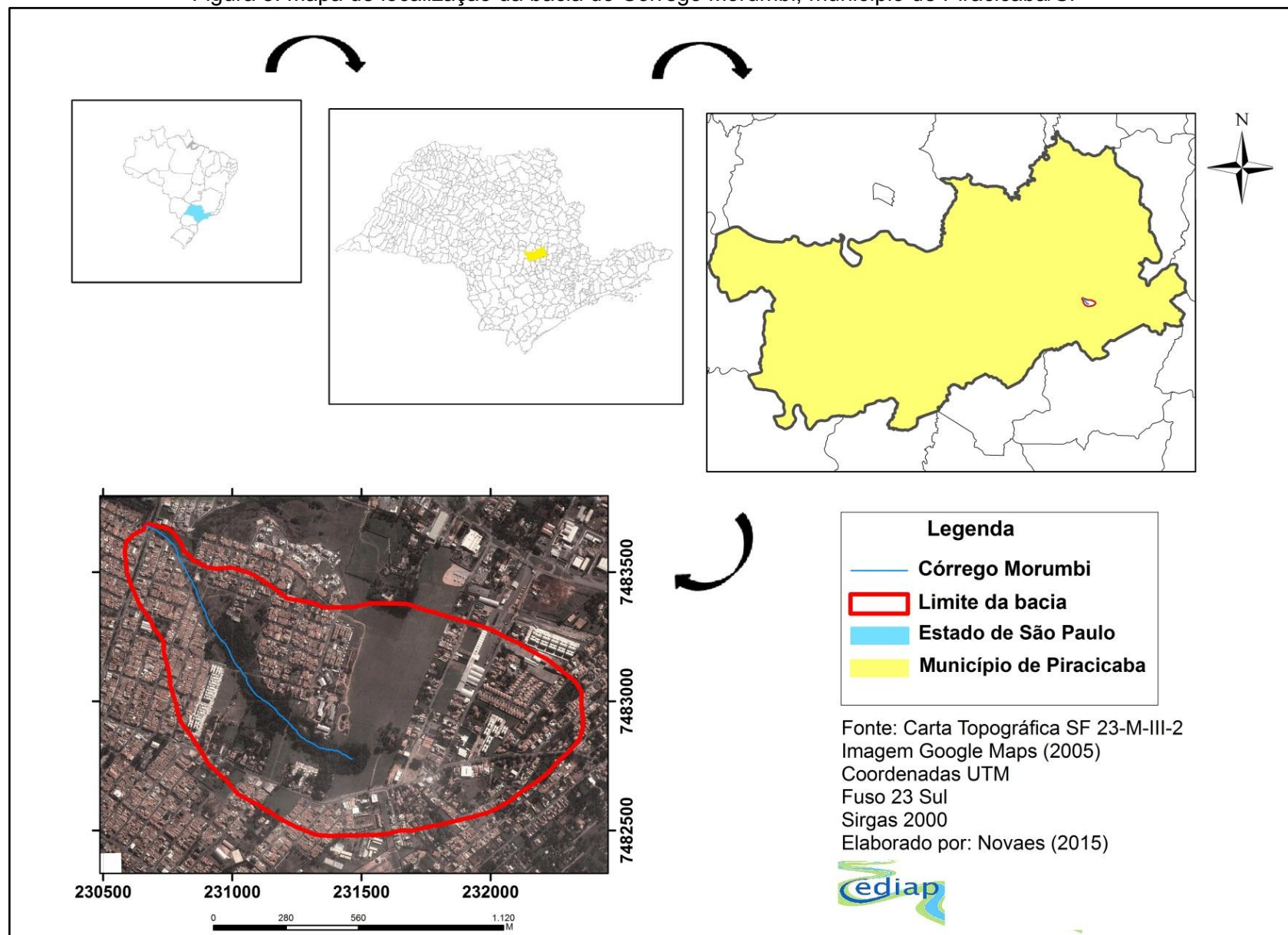
4.1 Material

Trabalhou-se na bacia urbana do Córrego Morumbi, no município de Piracicaba/SP, com dados socioambientais, morfométricos e produtos cartográficos.

4.1.1 Caracterização geral do município de Piracicaba/SP e da área de pesquisa

A bacia do córrego Morumbi está inserida no contexto urbano do município de Piracicaba (FIGURA 8), localizado no interior do Estado de São Paulo, que tem sua sede na Latitude 22°42'30"S e Longitude 47°38'01"W, fazendo divisa com treze municípios: Rio Claro, Itacemópolis, Limeira, Santa Bárbara d'Oeste, Rio das Pedras, Saltinho, Tietê, Laranjal Paulista, Conchas, Anhembi, Santa Maria da Serra, São Pedro e Charqueada. Piracicaba possui unidade territorial de 1.376,913Km², com densidade demográfica de 264,77 hab/Km² (IBGE, 2010), conta com uma população de 388.412 habitantes e desse total, 356.743 (97,85%) vivem em área urbana (IBGE, 2014).

Figura 8. Mapa de localização da bacia do Córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP



Elaborado por: Novaes (2015)

A cidade de Piracicaba, de acordo com Percin (2000), teve seu início na época da colonização do Brasil, das sesmarias, na margem direita do Rio Piracicaba por volta de 1722. A sociedade que ali se formou era composta por:

[...] administrados (índios carajós), escravos (provavelmente índios), mulatos, caboclos, brancos pobres, comandados pelo Diretor-Povoador Antonio Correa Barbosa, que trazia a jovem esposa, dona Ana de Lara, alguns filhos pequenos, muitos parentes e amigos. Não chegavam a duzentas pessoas (PERECIN, 2000,p.31).

A comunidade sobrevivia da produção de suas roças, da pesca e da construção de canoas com as quais abastecia as necessidades monçoneiras de Araraitaguaba, particularmente o Forte de Iguatemi (PERECIN, 2000).

A partir de 1777, houve a introdução dos canaviais, dos engenhos e da escravaria, para produzir o ouro branco (açúcar), que já começava a encontrar colocação no mercado internacional pelo porto de Santos. Anos depois, em 1784, a comunidade foi transferida para a margem esquerda do rio Piracicaba, a fim de se aproximarem da estrada de Itu (PERECIN, 2000).

Com o avanço sobre o território piracicabano, o número de habitantes aumentou. Em 1822, a população urbana se aproximava de 700 pessoas distribuídas em quatro ruas (PERECIN, 2000, p.32). Neste mesmo período, em um momento de grande efervescência política e às vésperas da Proclamação da Independência do Brasil, Piracicaba foi elevada à condição de Vila sob a denominação de Vila Nova Constituição, sendo elevada à Cidade somente em 1856 (PIRES, 2008, p.3). Com isso, delimitou-se o perímetro urbano da Vila Nova Constituição, ou seja, marcaram-se os limites do rossio e a partir daí foram determinados os lugares para as repartições públicas, cadeias, residências de autoridades e donos de terra. Ao redor, com certa distância, ficavam o comércio e alguns terrenos vagos que mais tarde dariam origem a chácaras e bairros rurais (PIRES, 2008, p.3).

Na segunda metade do século XIX Piracicaba conservava ainda o aspecto rural, havendo permanência da policultura, ou agricultura de subsistência para consumo interno, junto da lavoura canavieira que continuamente ia crescendo, sendo ao final do século XIX que o município inicia a apresentar certo desenvolvimento econômico. Fatores como iluminação pública, máquinas a vapor, a chegada da Estrada de Ferro Ituana e a construção da Fábrica de Tecidos Luiz de Queiroz ajudaram a modificar a estrutura econômica de Piracicaba através do fluxo de capital (PIRES, 2008).

A partir de 1940 Piracicaba assiste, assim como em outras partes do país, o êxodo rural, em que “a população do município cresce, neste período, 0,62%. O aumento populacional da área urbana foi de 3,34% e a zona rural indicaria uma diminuição de 2,13% entre seus moradores” (ELIAS NETO, 2000, p.235). O crescimento urbano nessa década tem relação com o declínio do ciclo do café, quando os vazios urbanos começam a ser preenchidos (BARRETO et al.,2006).

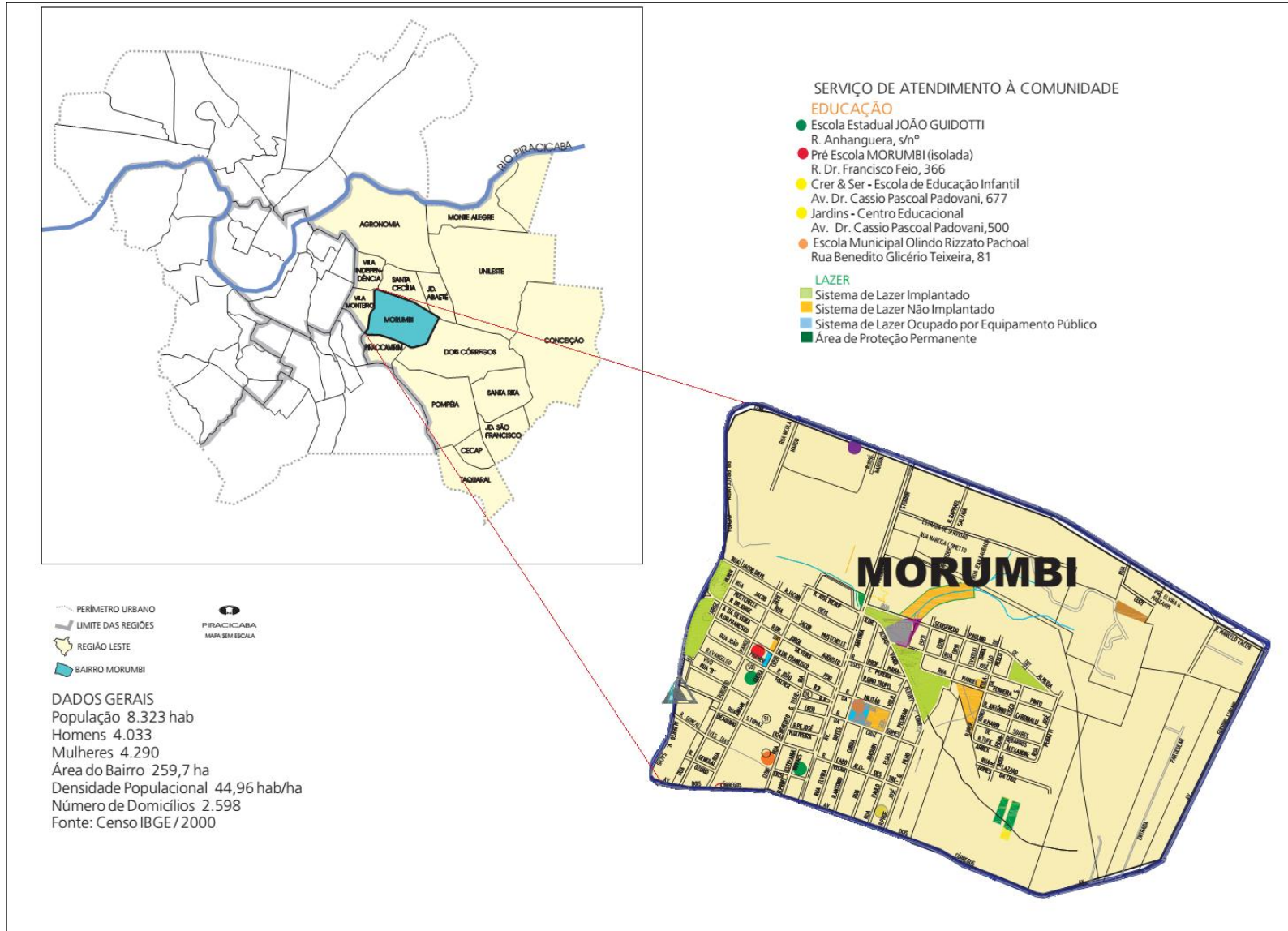
Nos anos 1950 Piracicaba presenciou a década da urbanização, das cidades que se modernizavam, “chegou a ser o sétimo município mais populoso do Estado. Será nesta década que a paisagem urbana se modificará, a partir do centro da cidade” (ELIAS NETO, 2000). Havia aproximadamente 87.835 habitantes nesta década (IBGE, s/p). As mudanças haviam provocado até mesmo o surgimento da primeira lei de zoneamento:

Ainda em 1957, quando a Câmara definiu os limites da primeira área estritamente residencial, onde se destacava toda a extensão da Avenida Independência. Era necessário se preservar os moradores vizinhos dos grandes núcleos de industrialização, que haviam se fixado nas proximidades da estação Sorocabana e em Vila Rezende (ELIAS NETO, 2000, p.253).

Também há o outro lado deste processo de modernização. A partir da década de 1950 começam a surgir “bairros que se formam desordenadamente, deslocando os habitantes mais pobres para loteamentos distantes do centro para escapar da valorização imobiliária” (PEREZ apud ELIAS NETO, 2000, p.254). E o contraste pobreza/riqueza se fez evidente através desses bairros mais distantes que não possuíam infraestrutura, como rede de coleta de esgoto, de água encanada e ruas de fácil acesso.

A bacia do Córrego Morumbi encontra-se no loteamento que deu origem ao Bairro Morumbi e que teve início da ocupação em 1958, por iniciativa de Adolfo de Souza Queiroz, que adquiriu as terras do Sítio Morumbi, uma antiga propriedade. Na época grande parte dessas terras era tomada por vegetação nativa e o restante ocupado por três olarias e poucas residências (IPLAPP, 2000). O bairro localiza-se na região leste do município de Piracicaba/SP (FIGURA 9). Limita-se com os Bairros Vila Monteiro, Piracicamirim, Dois Córregos e Santa Cecília. O bairro Morumbi como um todo possui uma população de 9.348 habitantes, distribuídos em 3.317 domicílios, numa área de 259,7 ha, sendo a densidade populacional de 36,00hab/ha (IBGE, 2010).

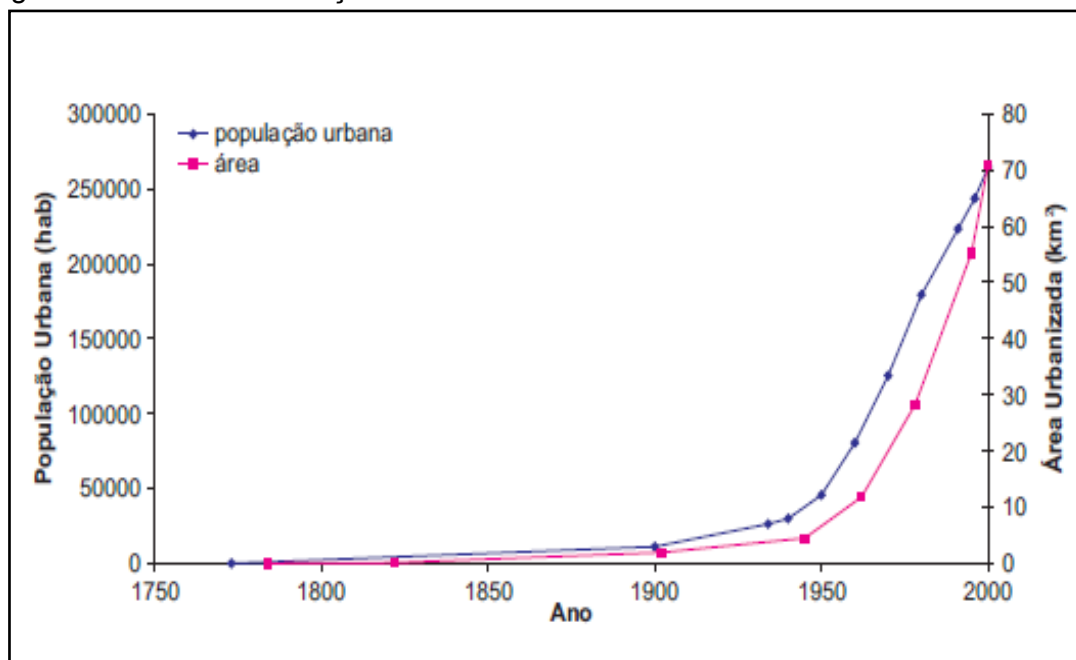
Figura 9. Localização do bairro Morumbi, no município de Piracicaba/SP



Fonte: IPLAPP (2000)

Nas décadas de 1960/1970 houve um aumento da urbanização mais significativo em relação aos anos anteriores, resultado do “milagre econômico” da década de 70 (FIGURA 10) (BARRETO et al.,2006).

Figura 10. Gráfico da evolução da área urbanizada de Piracicaba/SP de 1784 até 2000



Fonte: Barreto et al. (2006)

A partir dos anos 1980 a transição urbano-rural aumentou sua complexidade, quando houve uma crescente urbanização do meio rural, ocasionando uma inversão a favor das ocupações não-agrícolas em detrimento das agrícolas, culminando com a maior ocupação dos residentes rurais nos mais diversos ramos da atividade econômica (BARRETO et al., 2006). A crise econômica vivida pelo país a partir da década de 1980 levou ao acirramento dos problemas urbanos, encerrando a ilusão da mobilidade social e da possibilidade de ignorar as diferenças de classe na ocupação do espaço urbano (CALDEIRA, 2000, p.231).

No final dessa década até o ano 2000, o perímetro urbano foi ampliado de 146,88 Km² para 164,04 Km², num aumento total de 17,16 Km², ao passo que a população aumentou de 275.650 para 329.158 habitantes, passando a contar com um total de 53.508 novos moradores (OTERO, 2011). O aumento dos loteamentos entre 1991 e 2000 contou com 19 loteamentos, acrescentando aproximadamente 300 hectares à malha urbana do município, totalizando 5.311 novos lotes (OTERO, 2011). Para a década seguinte, de 2001 a 2010, a cidade de Piracicaba experimentou um aquecimento do mercado imobiliário com o crescimento dos lançamentos de loteamentos. No último período foram implantados 61 loteamentos, representando

novos 897 hectares urbanos, significando uma produção de 14.964 novos lotes (IPPLAP, 2010). Essa produção se deu num contexto de redução do ritmo de crescimento demográfico, em que se somaram 35.714 novos habitantes ao longo da década (OTERO, 2011).

A população do bairro Morumbi que em 1991 era de um total de 8.050 habitantes teve um aumento no ano 2000 para 8.323 habitantes e no ano 2010 para 9.348 habitantes (IBGE, 2010).

O aumento populacional de Piracicaba e do bairro Morumbi foi acompanhado pelo aumento da taxa de urbanização, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Taxa de urbanização da cidade de Piracicaba/SP

Ano	Taxa de urbanização (%)
1980	92,35
1985	93,62
1990	94,87
1995	95,92
2000	96,42
2010	97,85

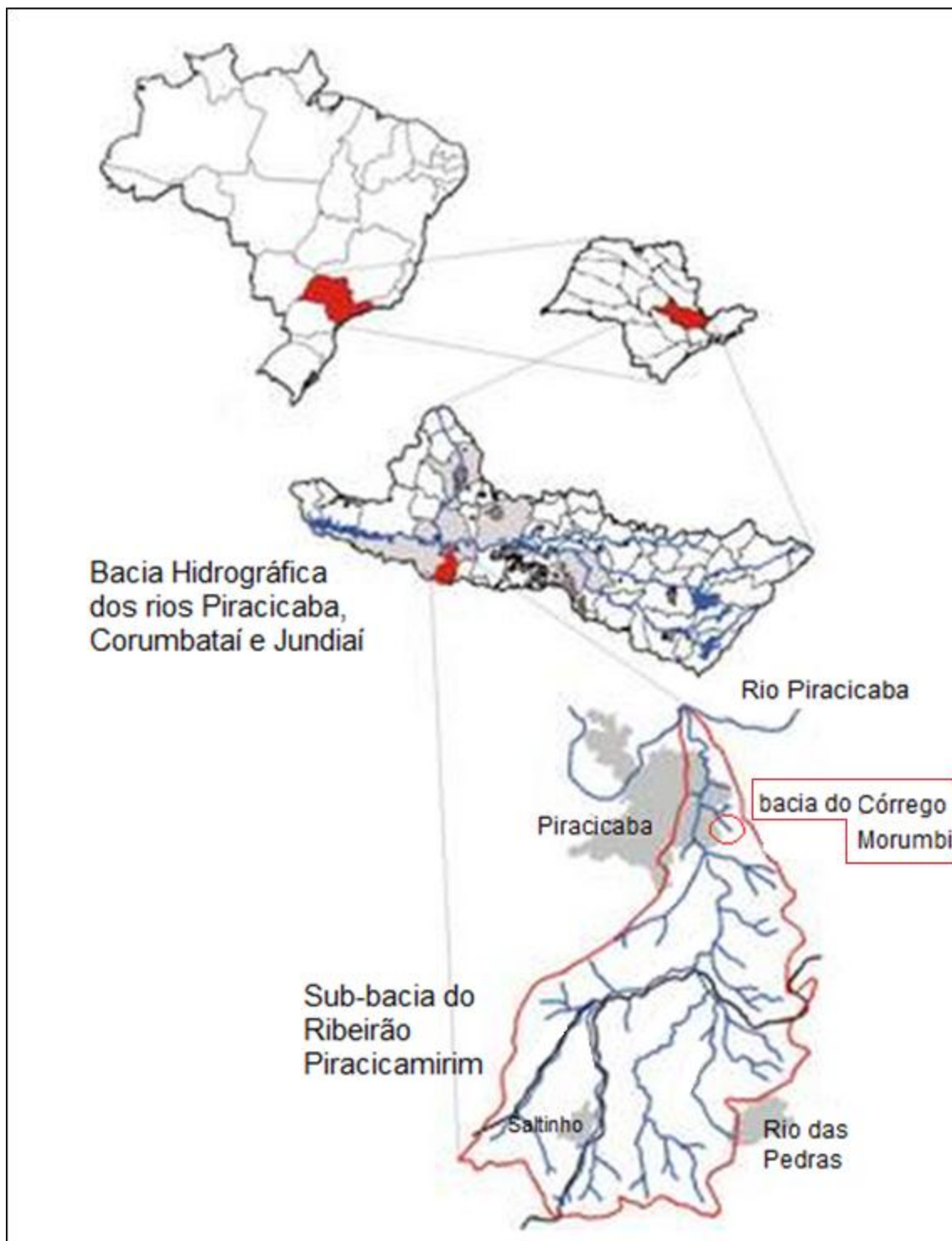
Fonte: SEADE (2010)

A dinâmica de produção do espaço urbano no município de Piracicaba ao longo do tempo apresentou mudanças nos aspectos políticos, econômicos e urbanísticos. Entende-se então que a paisagem sofreu todas essas mudanças, que resultou na cidade que temos hoje e nos problemas enfrentados por ela.

— Hidrografia

A bacia do Córrego Morumbi está inserida na sub-bacia do Ribeirão Piracicamirim, que por sua vez se insere na bacia do Rio Piracicaba. A sub-bacia do Ribeirão Piracicamirim abrange 3 municípios do Estado de São Paulo: Piracicaba, Saltinho e Rio das Pedras, em um total de 133 Km², forma a maior sub-bacia urbana de Piracicaba. As suas nascentes estão localizadas no município de Saltinho com os córregos Saltinho e Campestre e no município de Rio das Pedras com os córregos das Palmeiras e Joaquim Bento e sua foz no município de Piracicaba dentro da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Os mapas com as delimitações estão apresentadas na Figura 11, com destaque para a bacia do Córrego Morumbi (SOUZA, 2007).

Figura 11. Localização da bacia do Córrego Morumbi



Adaptado de Souza (2007)

— Vegetação

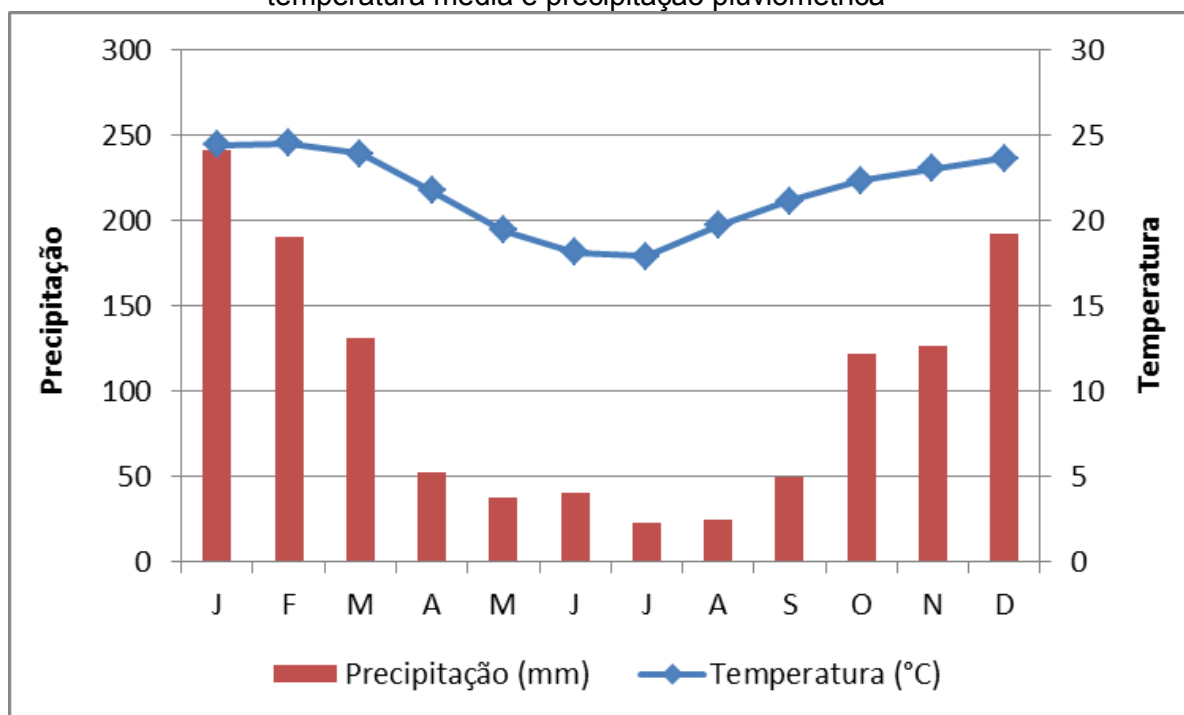
A bacia do Piracicaba possui menos de 30% da cobertura vegetal original de Mata Atlântica, relativa à área de preservação permanente. A cobertura vegetal de Piracicaba atinge 9,2% do território do município. A área desmatada soma 124,4 mil hectares, sendo os remanescentes 12,5 mil hectares. Desses, 1.034 hectares de

cobertura vegetal natural estão em regiões de várzea (margens de rios e ribeirões), isso significa que matas que protegem os cursos d'água dentro da cidade correspondem a 8,2% da área total de vegetação (JP, 2010). No ano de 2000 existiam cerca de 600 famílias morando em áreas verdes ou de preservação permanente na cidade de Piracicaba (SENTELHAS, 2000).

— Clima

O clima de Piracicaba é classificado por Köppen como clima Cwa, mesotérmico, com inverno seco e a temperatura média no mês mais quente é $\geq 22^{\circ}\text{C}$ (CEPAGRI, 2011). O período de inverno situa-se entre os meses de abril a setembro, as chuvas se intensificam a partir do mês de novembro e seguem até o mês de março. A precipitação média anual é de cerca de 1.230 mm (Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP) conforme pode ser entendido pelo Climograma da Figura 12.

Figura 12. Climograma da cidade de Piracicaba/SP entre os períodos de 1917-1998: temperatura média e precipitação pluviométrica



Fonte: ESALQ-USP

Elaborado por: Novaes (2015)

O clima na região sofre influência das massas de ar Atlântica Polar e Tropical, provocando diferenças regionais dadas pela distância em relação ao mar e por fatores topoclimáticos, como as serras do Japi e de São Pedro (COMITÊPCJ, online, 2011, s/p). A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é um fenômeno típico de

verão na América do Sul, compreende uma faixa de nebulosidade desde o Sul da Amazônia até o Atlântico Sul, e que estacionada por vários dias provoca alteração do regime hídrico nas regiões afetadas e também atua na região de Piracicaba (QUADRO; ABREU, 1994). O fenômeno *El Niño* também influencia o regime pluviométrico da cidade de Piracicaba, caracterizado pelo aumento positivo da temperatura da superfície do Oceano Pacífico, que provoca de forma simultânea anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (Austrália) e de Taiti. Esse fenômeno afeta a circulação atmosférica determinando anomalias de temperatura do ar e principalmente, de precipitação pluvial em diversas regiões do Globo (BERLATO; FONTANA, 1997).

Dessa forma entende-se que de dezembro à março apresentam-se os meses que possuem uma precipitação média significativa, podendo representar o período de risco de enchentes. As médias esperadas para esses meses de acordo com as médias do período entre 1917 e 1998 são para janeiro de 241 mm, para fevereiro de 190 mm, para março de 131 mm e para dezembro de 192 mm (ESALQ-USP).

— Solos

Os solos são classificados a partir de atributos diagnósticos que nomeiam as classes definidas em níveis categóricos, o primeiro nível corresponde às Ordens, o segundo se refere às subordens e o terceiro aos grandes grupos. Com base na Carta de Solos do Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP, 2014), foram identificados três tipos de solos na bacia do Córrego Morumbi (TABELA 3).

Tabela 3. Classes de solo identificadas na bacia do Córrego Morumbi

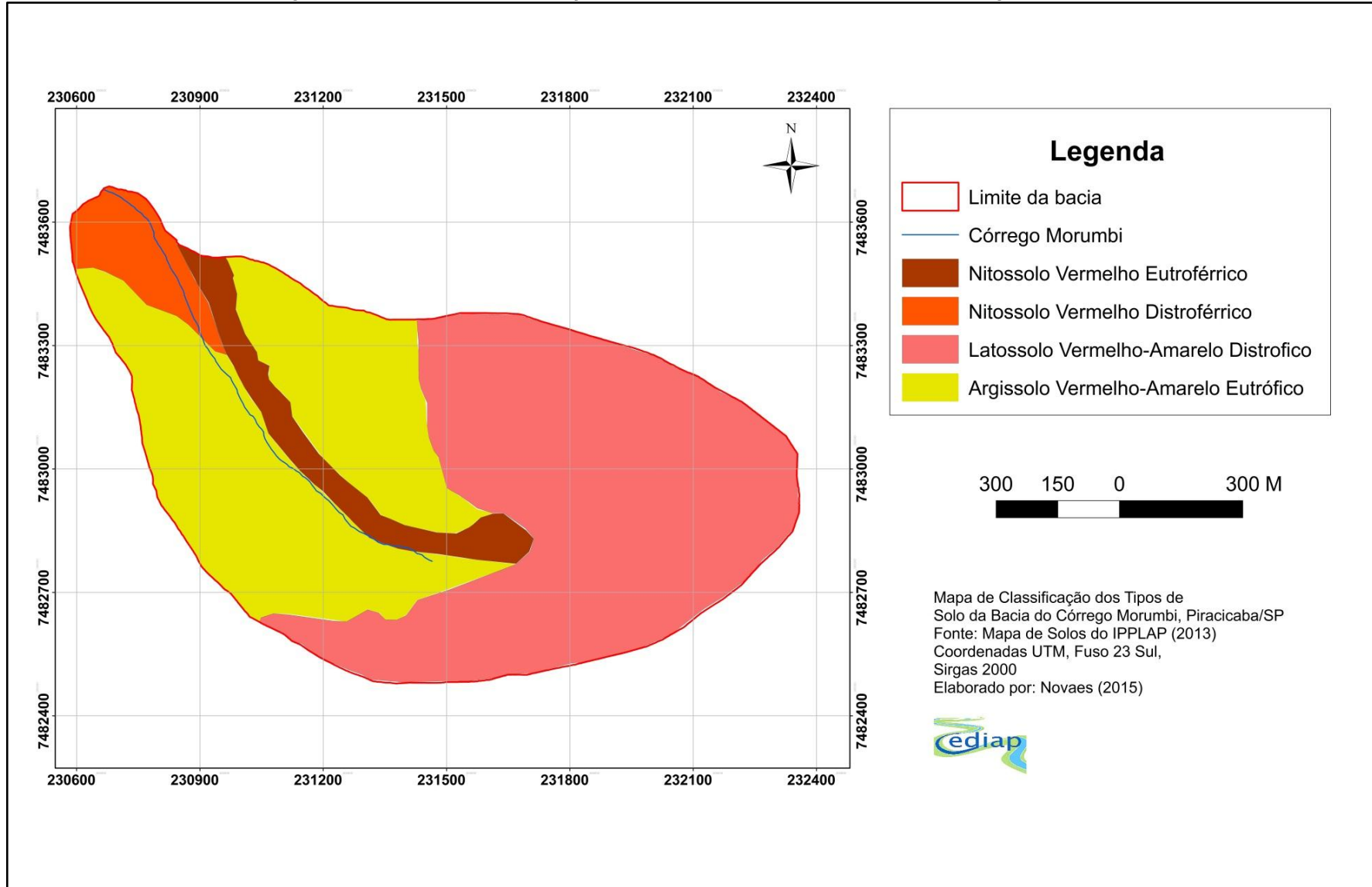
Ordem	Sub-ordem	Grandes Grupos	Nomenclatura	Área (Km²)
Latossolo	Vermelho-amarelo	Distrófico	LVA _d 1	0,6
Nitossolo	Vermelho	Distroférico	NV _d f1	0,07
Nitossolo	Vermelho	Eutroférico	NV _e f1	0,09
Argissolo	Vermelho Amarelo	Eutrófico	PVA _e 1	0,5

Elaborado por: Novaes (2015)

Fonte: IPPLAP (2014)

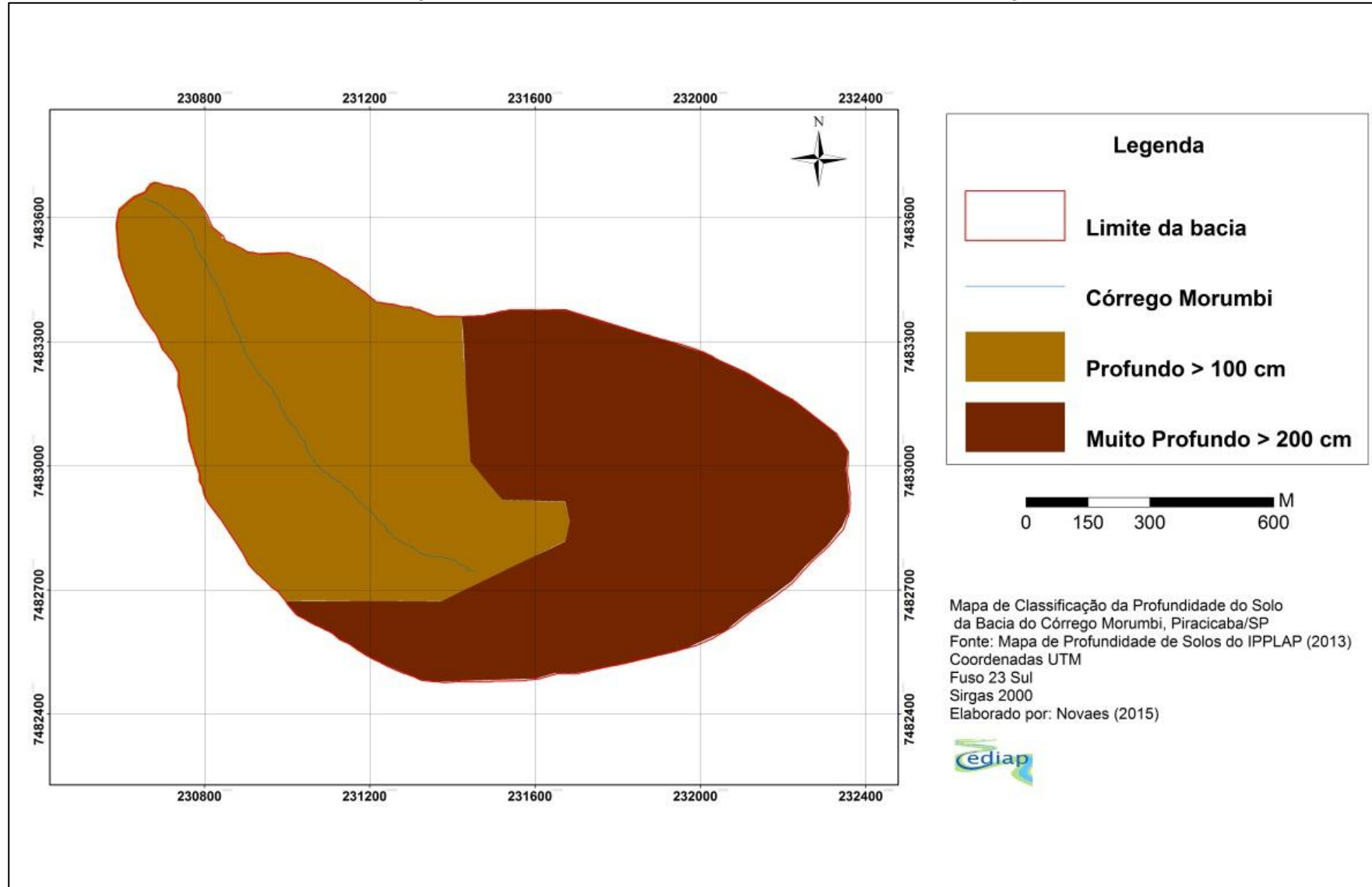
As classes se encontram distribuídas de acordo com o Mapa de Classificação dos Tipos de Solos elaborado na Figura 13 e suas profundidades na Figura 14.

Figura 13. Mapa de Classificação dos Tipos de Solos da bacia do Córrego Morumbi



Fonte: IPPLAP (2013)
 Elaborado por Novaes (2015)

Figura 14. Mapa de Profundidade do Solo da bacia do Córrego Morumbi



Fonte: IPPLAP (2013)
 Elaborado por Novaes (2015)

Apresentam-se as características básicas de cada um dos tipos de solo encontrados na bacia do Córrego Morumbi.

- Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd1)

Os Latossolos são constituídos por material mineral, que se encontra em estágio avançado de intemperização, muito evoluídos e, por isso, profundos, friáveis, bastante porosos, de textura variável, com estrutura pequena granular, ou aparente estrutura maciça, apresentando estabilidade dos agregados, com argilas de baixa capacidade de troca de cátions, os teores de óxidos de ferro e de alumínio são elevados, formando-se geralmente em ambientes de umidade e calor e variam de fortemente a bem drenados (EMBRAPA, 2006; LEPSCH, 1977). Apresentam coloração variando desde amarelas ou mesmo bruno-acinzentadas até vermelho-escuro-acinzentadas, dependendo da natureza, forma e quantidade dos constituintes minerais - mormente dos óxidos e hidróxidos de ferro - segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro no material de origem e se a hematita é herdada ou não (EMBRAPA, 2006).

Distrófico significa que a condição química abaixo da camada arável apresentará Saturação por Bases (V%), porcentagem de cargas negativas ocupadas por bases (Ca, Mg, K), abaixo de 50%, indicando solos de baixa fertilidade.

- Nitossolo Vermelho Distroférico (NVdf1)

Compreendem solos de composição mineral, com textura argilosa ou muito argilosa, têm estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, derivados de rochas básicas e ultrabásicas, com diferenciação de horizontes pouco notável. Corresponde ao que se denominava anteriormente de Terra Roxa Estruturada. Sua avançada evolução pedogenética se dá pela atuação de ferratização com intensa hidrólise (EMBRAPA, 2006). Nitossolos possuem cores brunas, vermelhas, vermelho-escuras e háplicos.

Apresentam risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estes solos estão associados. Abstraindo-se o relevo, são aptos a todos os usos agropastoris e florestais adaptados às condições climáticas (EMBRAPA, 1999).

Distroféricos significam solos de baixa fertilidade e altos teores de ferro nos horizontes superficiais (EMBRAPA, 1999).

- Nitossolo Vermelho Eutroférico (NVef1).

A diferença característica do Nitossolo descrito no tópico anterior é a condição de Eutroféricos, que representam solos de alta fertilidade e com altos teores de ferro.

- Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe1)

Esta classe de solos é composta por material mineral e tem como característica marcante um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. As cores do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas e as do horizonte A são sempre mais escuras. Possui evolução avançada com atuação incompleta do processo de ferralitização, a profundidade dos solos é variável, mas em geral são pouco profundos e profundos (IBGE, 2007). A denominação Eutrófico indica solos de alta fertilidade, por apresentar elevado potencial nutricional abaixo da camada arável apresentando Saturação por Bases (V%) maiores ou iguais a 50%.

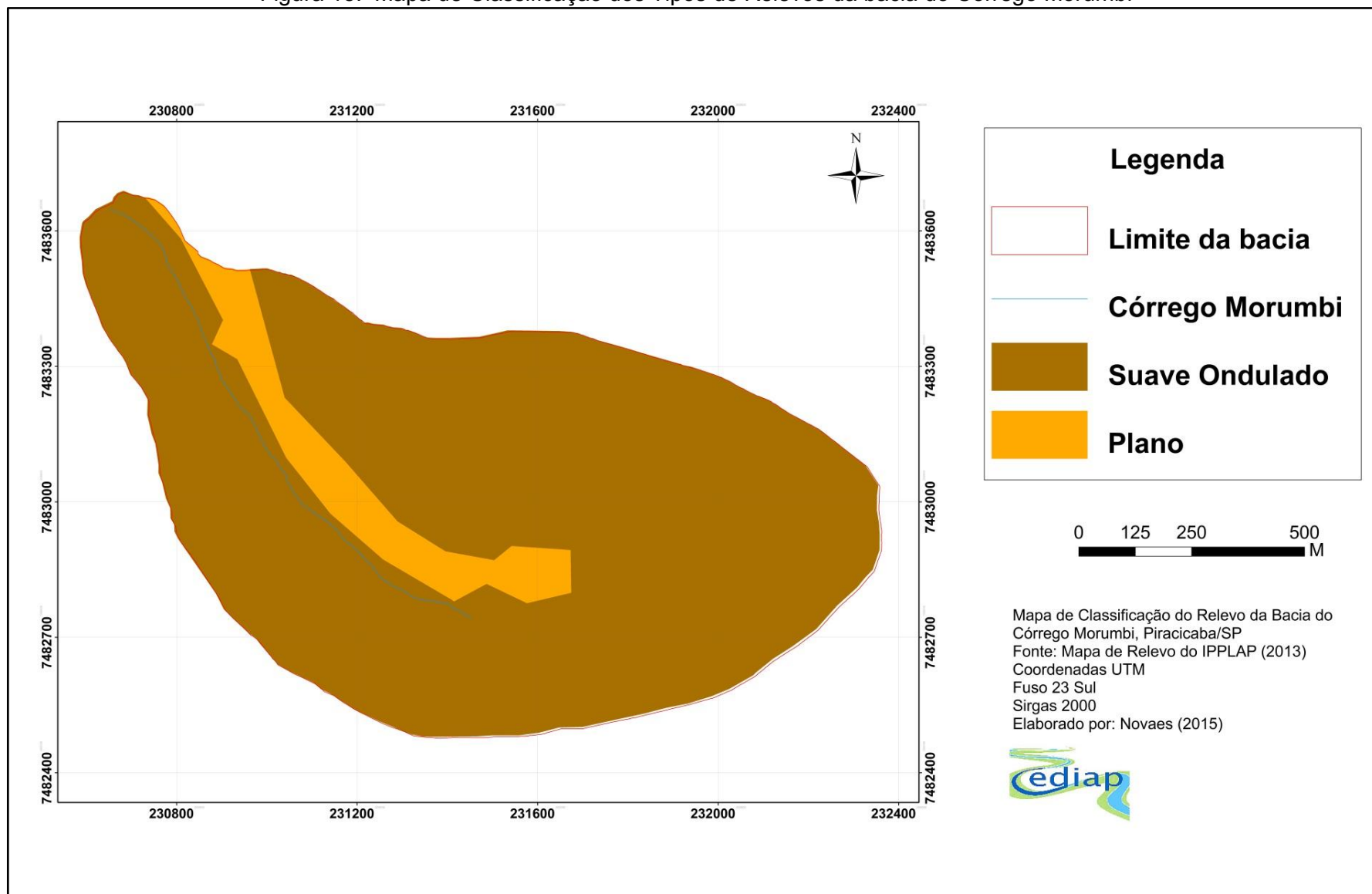
— Geologia

Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), Piracicaba encontra-se no Grupo São Bento, Formação Serra Geral. Caracteristicamente possui rochas vulcânicas toleíticas em derrames basálticos de coloração cinza a negra, textura afanítica, com intercalações de arenitos intertrapeanos, finos a médios de estratificação cruzada tangencial e esparsos níveis vitrofíricos não individualizados. Sua litologia predominante são os Basaltos e Arenitos. São essas rochas que vão gerar os latossolos e nitossolos, que por serem argilosos são mais resistentes à erosão, provocando menos assoreamento dos corpos hídricos.

— Geomorfologia

Quanto à Geomorfologia o município está inserido na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, na morfoescultura da Depressão Periférica, mais especificamente no Médio Tietê. Os modelados dominantes, no município de modo geral, são colinas com topos amplos, sua altimetria média varia de 500 a 650 metros, com declividades dominantes de 10 a 20%. A elevação da bacia do Córrego Morumbi varia de 540 a 610 metros. Na bacia do Córrego Morumbi estão presentes os relevos plano e suavemente ondulado, conforme figura 15.

Figura 15. Mapa de Classificação dos Tipos de Relevos da bacia do Córrego Morumbi



Fonte: IPPLAP (2013)
Elaborado por Novaes (2015)

4.2 Procedimentos metodológicos

Valeu-se de informações obtidas a partir da revisão e análise de literatura e de dados coletados para o desenvolvimento do trabalho. Submeteu-se o projeto de pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa em agosto de 2013, sendo aceito.

A sistematização da história de ocupação e expansão urbana do município de Piracicaba-SP e da área de estudo foi feita a partir de referencial histórico como Elias Neto (2000), Perecin (2000), Barreto et al. (2006) e dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP).

4.2.1 Elaboração de mapas

A delimitação da área da bacia hidrográfica do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP foi feita a partir das curvas de nível, nas quais os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes formando uma linha fechada. A base foi a Carta Topográfica de Piracicaba do IBGE (1969), Folha SF 23-Y-A-I-V, na escala 1:50.000 e a imagem do Google Maps do ano de 2005, trabalhada no Software “*ArcGis 9.3*”, programa que a partir da delimitação calcula a área, expressa em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (Km²).

O Mapa de classificação dos tipos de solos que se encontram na bacia do Córrego Morumbi foi elaborado a partir de Mapa de tipo de solos de Piracicaba, disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba (IPPLAP), trabalhado no Software “*ArcGis 9.3*”, onde foi georreferenciado e posto na escala da bacia.

O Mapa de classificação dos tipos de relevo da bacia do Córrego Morumbi foi elaborado a partir do Mapa de relevos disponibilizado pelo IPPLAP, trabalhado no Software “*ArcGis 9.3*”, onde foi georreferenciado e posto na escala da bacia.

O Mapa de elevação do terreno também teve como base a Carta Topográfica de Piracicaba (IBGE, 1969), trabalhado no Software “*ArcGis 9.3*”, em que as curvas de nível foram digitalizadas nos intervalos de 10 metros, sendo elas: 540-550 metros, 550-560 metros, 560-570 metros, 570-580 metros, 580-590 metros, 590-600 metros, 600-610 metros.

Para a declividade da bacia foi utilizada a Carta Topográfica de Piracicaba (IBGE, 1969), no qual através da digitalização das curvas de nível, elaborada no Software “*ArcGis 9.3*”, determina-se em porcentagem as declividades. Para tanto,

delimitou-se os intervalos de 0-3%, 3-6%, 6-12%, 12-20%, entre dois pontos extremos da bacia. A declividade da bacia e do curso d'água utiliza-se da mesma base cartográfica, calculando a distância entre as curvas de nível gerando um perfil longitudinal do córrego e da bacia.

A elaboração do Mapa de Área de Preservação Permanente (APP) teve como base a Carta Topográfica de Piracicaba do IBGE (1969), Folha SF 23-Y-A-I-V, na escala 1:50.000 e imagens do Google Maps do ano de 2005, digitalizadas no Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o Software “ArcGis 9.3”, que formaram o mosaico que resultou na imagem utilizada. No Software foram calculadas as distâncias com base no Código Florestal Brasileiro e na Lei de Uso e Parcelamento do Solo para áreas urbanizadas consolidadas de 15 metros e 30 metros ao longo do perfil do córrego Morumbi e a distância de 50 metros para a área de nascente do córrego.

Elaborou-se o Mapa de Classificação de Uso e Cobertura da terra, no Software “ArcGis 9.3”, adotando a fotointerpretação da imagem de satélite, através da identificação dos elementos relacionados ao uso da área, tais como rede de drenagem, a cobertura vegetal e a ocupação antrópica, a partir da utilização do recorte da imagem da bacia hidrográfica. As classes de uso e cobertura adotadas foram as do Manual de Uso da Terra do IBGE (2013) que é dividido em dois níveis (QUADRO3).

Quadro 3. Classes de cobertura e uso da terra Níveis I e II

Nível I	Nível II
1. Áreas antrópicas não agrícolas	Área urbanizada Área de mineração
2. Áreas antrópicas agrícolas	Cultura temporária Cultura permanente Pastagem Silvicultura Uso não identificado
3. Áreas de vegetação Natural	Florestal Campestre
4. Águas	Corpo d'água continental Corpo d'água costeiro
5. Outras áreas	Área descoberta

Fonte: IBGE (2013).

Organizado por: Novaes (2014)

A partir do mapa de classificação do uso e cobertura da terra pôde-se estimar o nível de Permeabilidade da bacia hidrográfica, através da relação da classificação do uso da terra com o grau de permeabilidade, de acordo com as classes apresentadas por Costa et al. (2005) dispostas em Muito Permeável, Permeável, Moderadamente Permeável, Pouco Permeável e Impermeável. Sendo:

- **Muito Permeável:** cobertura do solo que não possui materiais que possam selá-lo, como asfalto, concreto, grandes superfícies de rochas expostas, etc. Essa classe engloba áreas de vegetação natural, reflorestamento, culturas, pastos e gramíneas em geral, ou seja, áreas sem cobertura impermeável. Dentro das áreas consideradas como muito permeáveis encontraram-se diferentes tipos de cobertura e uso do solo, como áreas florestadas, usos agrícolas e solos expostos, que possuem diferentes comportamentos em relação à infiltração da água. Porém, seu agrupamento dentro de uma mesma classe foi escolhido, pois nestas superfícies não há impermeabilização total de grandes áreas construídas ou pavimentadas.
- **Permeável:** áreas com muito baixa ocupação, como os loteamentos em fase inicial de instalação, onde predominam as áreas permeáveis (sem cobertura) com poucas edificações. Mesmo que se aproxime à classe Muito Permeável em algumas áreas, considera-se importante o mapeamento destas como indicativas de “frentes” de impermeabilização, onde o solo tende a sofrer um processo de selamento mais acelerado (em termos percentuais) que em outras áreas, sendo digno de atenção dos órgãos públicos interessados neste tipo de adensamento.
- **Moderadamente Permeável:** áreas mais adensadas e consolidadas de ocupação em relação à classe anterior. Essa classe abrange predominantemente áreas de uso residencial. O que não implica na certeza de que todas as áreas dessa classe estejam incluídas neste padrão de uso, é possível que, em alguns casos, um processo de adensamento ocorra com o passar do tempo, pois são áreas com considerável espaço para novas edificações (lotes sem área construída).
- **Pouco Permeável:** áreas de uso também predominantemente residencial, onde o adensamento de construções é ainda maior em relação à classe Moderadamente Permeável.
- **Impermeável:** áreas onde o adensamento urbano é alto, e praticamente todos os espaços já foram edificados, com algumas poucas exceções. O padrão de ocupação é variado (residencial médio e baixo, comercial e equipamentos urbanos).

4.2.2 Caracterização morfométrica

Para caracterizar o tipo de rede de drenagem considerou-se a ordem dos cursos de água pela classificação de Horton (1945), no qual os canais de primeira ordem não possuem tributários, os canais de segunda ordem têm afluentes de primeira ordem, os canais de terceira ordem recebem afluentes de canais de segunda e podem receber diretamente canais de primeira ordem e assim por diante. O cálculo da extensão do escoamento foi elaborado com base em Wisler e Brater (1964) e Villela e Mattos (1975), que se utilizam da extensão do córrego e da extensão média da bacia, ambos calculados no Software “ArcGis 9.3”, e a partir destes resultados calcula-se a extensão do escoamento (I), onde I (extensão do escoamento) = A (área da bacia) / 4L (comprimento da bacia). O índice de densidade de drenagem (Dd) pode ser determinado utilizando-se da seguinte equação: Dd (Densidade de drenagem) = L (comprimento do canal em Km) / A (Área), proposta em Villela e Mattos (1975).

A análise da forma é dividida em dois índices, o Fator de Forma (Kf) e o Coeficiente de Compacidade (Kc). O Kf é a relação entre a largura média \bar{L} e o comprimento mais longo L da bacia. O comprimento mais longo L é a distância desde o início da secção considerada até a cabeceira mais distante da bacia, expressa pela

fórmula $Kf = \frac{A}{L^2}$ (WISLER; BRATER, 1964). O Kc é a relação entre o perímetro

(calculado no Software “ArcGis 9.3”) da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Para uma bacia circular ideal o índice seria de valor Kc=1, então, quanto mais próximo da unidade (1) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo.

Os cálculos morfométricos são apresentados na caracterização física da bacia no Capítulo “Estudos em bacias hidrográficas”.

4.2.3 Elaboração e aplicação de entrevistas e questionários

Foram consultados órgãos públicos da cidade de Piracicaba como a Defesa Civil Municipal e Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba acerca das enchentes em Piracicaba. Esse contato se deu através de entrevistas com um responsável de cada um dos órgãos, além da disponibilidade de materiais para consulta.

A entrevista com o Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba – IPPLAP foi realizada em fevereiro de 2014 como Diretor do Departamento de Projetos

Especiais. O objetivo consistia em conhecer os projetos da Prefeitura Municipal relacionados às enchentes na cidade, além da aquisição de materiais, os quais foram disponibilizados por meio de ofício. Dentre os itens solicitados estavam: Estudo de bacias hidrográficas de Piracicaba; Mapa de solo e Mapa de relevo.

A entrevista com a Defesa Civil de Piracicaba foi realizada com o Secretário Executivo através de roteiro de perguntas (APÊNDICE 1) e disponibilização de materiais referentes à sua atuação no que diz respeito às enchentes. A consulta aos registros da Defesa Civil de ocorrência dos eventos de enchente no Córrego Morumbi não pôde ser concluída por falta de documentos arquivados do órgão consultado acerca da área de estudo. Foram utilizados os relatos dos moradores e comerciantes coletados através dos questionários.

Houve ainda coleta de dados socioambientais através da aplicação de questionários junto à população residente e trabalhadora, realizado no período de dezembro de 2013 a agosto de 2014. De 400 imóveis visitados, 114 responderam, equivalente a cerca de 30%, sendo 19 estabelecimentos comerciais e 95 residenciais.

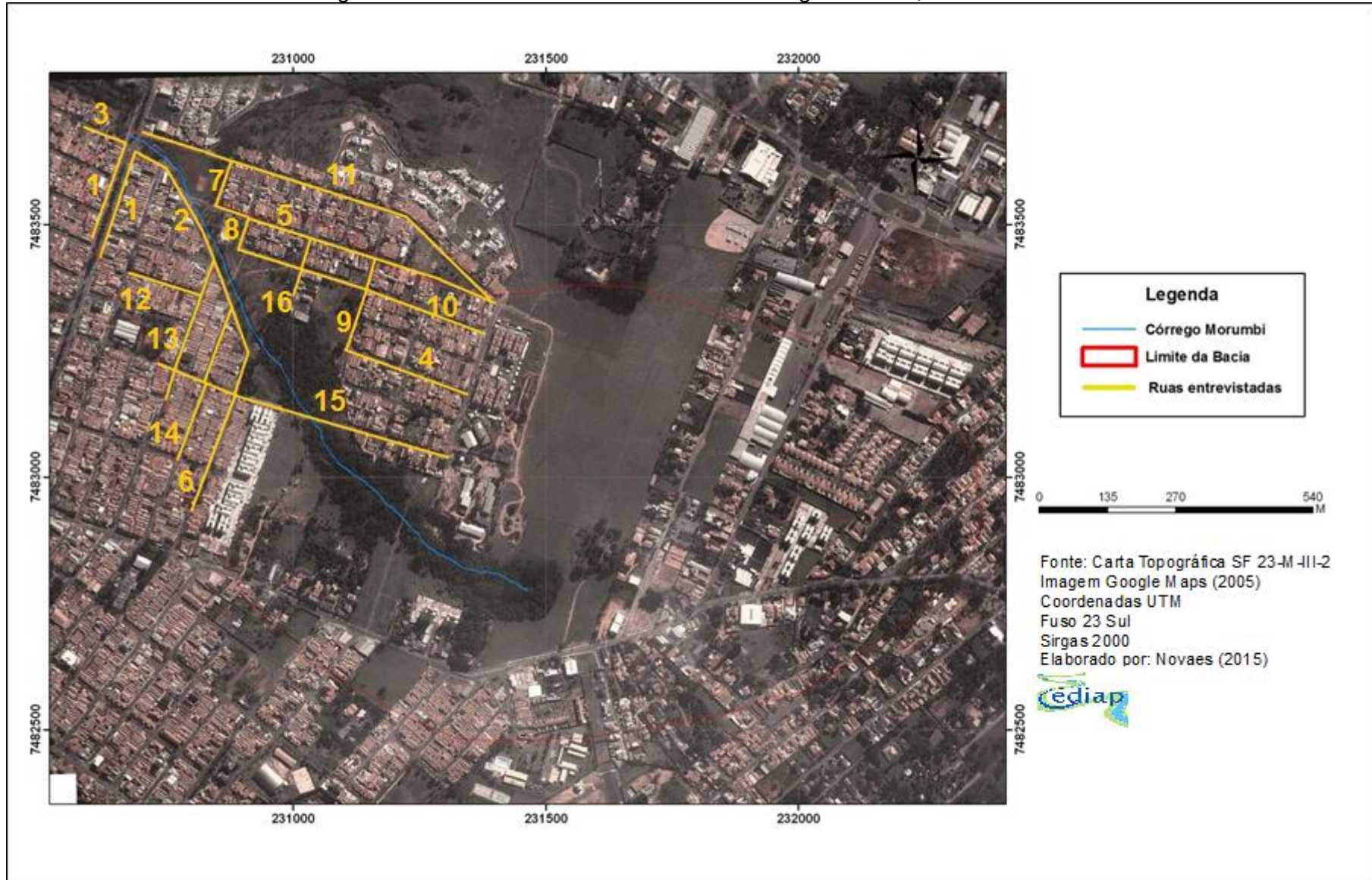
A localidade foi a bacia do Córrego Morumbi, optando-se por concentrar a aplicação dos questionários pelas ruas principais (TABELA 4), as mais sujeitas às enchentes, mais próximas ao córrego (FIGURA 16). Os dados geraram as informações necessárias para a caracterização socioambiental da área de estudo, bem como esclareceu os relatos sobre os episódios de enchente.

Foi analisada a distribuição de frequência das respostas com relação a 31 questões de ordem pessoal (idade, renda, escolaridade, etc.) e percepção de risco ambiental (quanto à problemática da enchente e das condições de conservação do córrego, dentre outros) (APÊNDICE 2). Esses foram aplicados individualmente a um morador ou a um comerciante de cada imóvel com idade igual ou superior a 18 anos.

Tabela 4. Lista de ruas

1	Avenida Pazinto Sturion
2	Avenida Aldrovandro Fleuri Pires Correa
3	Rua José Bichoff
4	Rua Mario Soares de Barros
5	Rua José Riolando Teodoro
6	Rua Prof. José Galucci Filho
7	Rua Prof. Armando Mendes Vollet
8	Rua Prof. Jair Correa de Arruda
9	Rua Prof. Eulálio de Arruda Mello
10	Rua Manoel Ferreira Pinto
11	Rua Segisfredo Paulino de Almeida
12	Rua Gino Truffi
13	Rua Joaquim Servolo
14	Rua Paulo Elias Pecorari
15	Rua Lázaro Gomes da Cruz
16	Rua Salvador Silveira de Moraes

Figura 16. Ruas entrevistadas na bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP



Elaborado por: Novaes (2015)

4.2.4 Determinação do grau de risco

Baseado na metodologia adotada por Oliveira e Robaina (2004) foi determinado o grau de risco ambiental na bacia hidrográfica. Essa metodologia leva em conta as seguintes variáveis: suscetibilidade natural; padrão urbano da área; registro de acidentes (eventos); e definição do grau de risco.

De acordo com a metodologia adotada pôde-se identificar a suscetibilidade natural aos eventos de enchentes na bacia do Córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP, conforme a presença ou não de pelo menos uma das características físicas citadas no Quadro 4.

Quadro 4. Variáveis consideradas na avaliação da suscetibilidade natural

VARIÁVEL	CARACTERÍSTICAS
Estado de intervenção do canal	Bacias com alto, médio ou baixo impacto
Declividade	Inferior a 2% ou Superior a 12%
Proximidade das construções ao canal	Inferior a 30 metros

Adaptado de Oliveira; Robaina (2004)
Elaborado por: Novaes (2013)

A análise do estado de intervenção nos canais de drenagem é classificada em: a) Bacias com alto impacto (estágio máximo de descaracterização, canais fechados, retificados ou mistos), b) Bacias com médio impacto (canais com vestígios de alterações, com trechos mistos e algumas nascentes já canalizadas ou fechadas e alguns trechos com baixa intervenção antrópica) e c) Bacias com baixo impacto (predominam atividades rurais, não há espaço urbano altamente construído) (OLIVEIRA; ROBAINA, 2004). O estado de intervenção do canal foi observado a campo com registros fotográficos ao longo do córrego.

Quanto à declividade consideram-se suscetíveis as áreas ocupadas com declividade inferior a 2% e que se localizem nas margens dos cursos fluviais, ou apresentam declividade superior a 12%, onde os processos erosivos da vertente são mais acentuados e sujeitos a processos de movimentos de massa, áreas de depósitos fluviais junto às drenagens, determinados como geotecnicaamente instáveis (OLIVEIRA; ROBAINA, 2004). Esta variável foi identificada a partir do Mapa de Declividade elaborado pela autora, apresentado na caracterização física da bacia.

São consideradas suscetíveis, ainda, as áreas de construção de imóveis ou asfaltamento com proximidade inferior a 30 metros dos cursos fluviais, que por serem próximas ao leito são suscetíveis aos processos de inundação e solapamento de margens. A Lei Federal 6.766/79 estabelece as áreas junto aos canais como sendo “*non aedificanti*” e também conforme o Novo Código Florestal Brasileiro (2012), que institui as

áreas de preservação permanente as matas ciliares numa faixa marginal mínima de 15 metros em áreas urbanas consolidadas, em cursos d'água com menos de 10 metros de largura e áreas onde foram evidenciados processos de dinâmica superficial em estágio intensificado pelas atividades antrópicas. Este componente foi verificado através do Mapa de delimitação da APP e em campo. Sendo assim, com as características observadas, possível identificar se há suscetibilidade natural ou não à ocorrência de enchentes na bacia.

O Padrão Urbano da área considera as características construtivas dos imóveis (padrão construtivo alto/médio/baixo), as condições de infra-estrutura básica oferecidas à população residente na área (rede pluvial, canalização de esgoto cloacal, obras de contenção e rede viária), bem como o adensamento populacional e a forma de ocupação do espaço (ordenada/desordenada). O padrão construtivo dos imóveis foi obtido através da observação a campo e com a aplicação dos questionários compostos por perguntas objetivas e subjetivas, conforme o material utilizado na construção e o tamanho do imóvel, sendo os imóveis de alto padrão construídos de alvenaria em boas condições; médio padrão de alvenaria ou outro material em condições médias; e baixo padrão de alvenaria ou outro material em estado precário. Cada parâmetro utilizado para estabelecer o Padrão Urbano tem valores atribuídos de acordo com sua ocorrência, conforme observado no Quadro 5.

Quadro 5. Parâmetros utilizados para a definição do Padrão Urbano

Variável	Característica	Valor
Malha Viária	Pavimentada	1
	Não pavimentada	0
Esgoto	Canalizado	1
	Direto no ambiente	0
Rede Pluvial	Apresenta	1
	Não apresenta	0
Padrão Construtivo	Alto/Médio	1
	Baixo	0
Ocupação	Ordenada	1
	Desordenada	0
Obras de Contenção	Apresenta	1
	Não apresenta	0

Fonte: Oliveira et al. (2004)

Somando os valores atribuídos é possível caracterizar o Padrão Urbano em três subdivisões distintas: a) *Alto Padrão*: áreas que apresentam valor máximo (6) na soma total dos atributos; b) *Médio Padrão*: áreas que tenham apresentado somas iguais a 3, 4 e 5; c) *Baixo Padrão*: áreas que apresentam somas iguais a 0, 1 e 2.

O registro de acidentes foi obtido através de relatos dos moradores e comerciantes. Dessa forma foi gerado o grau de risco ambiental, estabelecendo o cruzamento entre a suscetibilidade natural, o registro de ocorrências e o padrão urbano, conforme o Quadro 6.

Quadro 6. Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco

Grau de risco	Susceptibilidade natural	Ocorrência de eventos/acidentes	Padrão Urbano
Risco IV Baixo	Apresenta	Sem registros	Alto
Risco III Moderado	Apresenta Apresenta	Sem registros Com registros	Médio Alto
Risco II Alto	Apresenta Apresenta	Com registro Sem registros	Médio Baixo
Risco I Iminente	Apresenta	Com registro	Baixo

Fonte: Oliveira e Robaina (2004).
Organização: Novaes (2012)

Sendo assim, são estabelecidos 4 graus para as áreas de risco, baseados em Oliveira e Robaina (2004):

Risco IV – baixo: quando a área ocupada com Alto Padrão apresenta suscetibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos;

Risco III – moderado: quando a área apresenta-se com suscetibilidade natural e está ocupada com moradias de Médio Padrão Urbano, sem ocorrência de eventos, ou se a área estiver ocupada por moradias de Alto Padrão Urbano com registro e ocorrências;

Risco II – alto: quando a área suscetível apresentar predomínio de ocupação de Médio Padrão Urbano com registro de evento ou de Baixo Padrão sem registro;

Risco I – iminente: quando a área ocupada com moradias de baixo Padrão Urbano apresentar suscetibilidade natural e ocorrência de eventos.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como resultados têm-se a elaboração, delimitação e análise dos parâmetros morfométricos, o diagnóstico da área de preservação permanente, uso e cobertura da terra e estimativa de impermeabilização da bacia, além da caracterização socioambiental e a determinação do grau de risco da bacia.

5.1 Parâmetros morfométricos

A delimitação da área da bacia do Córrego Morumbi (FIGURA 17), resultou na medida de 1,26 Km² ou 126 ha. Essa medida demonstra que a bacia em questão é considerada pequena. Quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes. Dessa forma entende-se que uma bacia de área menor apresentará picos maiores, pois menor será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez durante uma precipitação. Isso se desconsiderarmos outros parâmetros como o uso do solo, a cobertura da terra e a impermeabilização do solo.

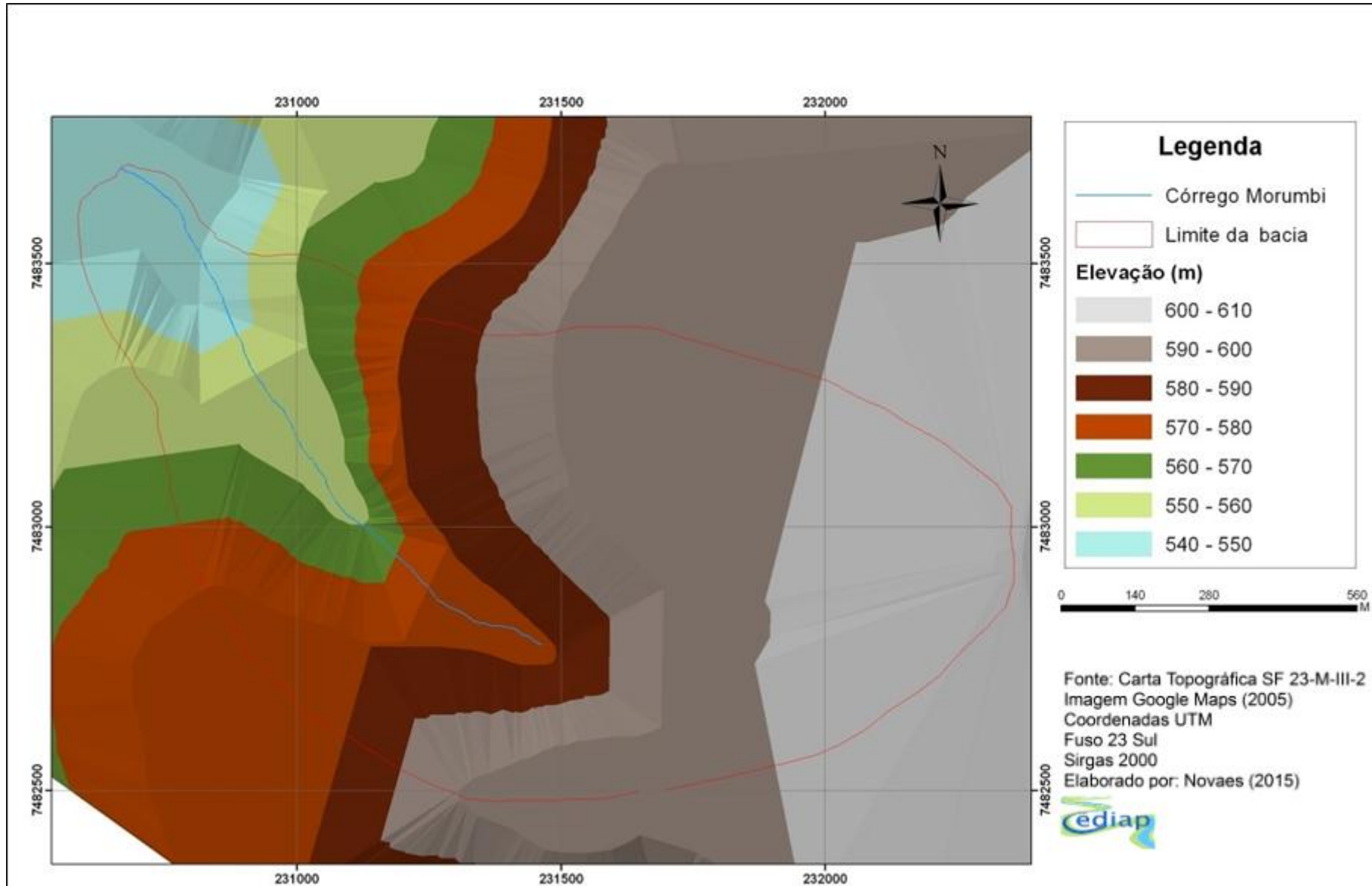
Figura 17. Mosaico utilizado para a delimitação da área da bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2015)

A elaboração do mapa de elevação do terreno da bacia do Córrego Morumbi mostrou que a altitude varia entre 540 e 610 metros, sendo a altitude média de 578 metros (FIGURA 18). A altitude e a elevação média de uma bacia são elementos que influenciam a precipitação e as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, influenciam o deflúvio médio (VILLELA; MATTOS, 1975). A variação de altitudes e também a altitude média de uma bacia hidrográfica são fatores importantes, relacionados com a temperatura e precipitação, principalmente quanto à fração do volume total que cai. A altitude média da bacia é considerada igual à média das altitudes de todas as interseções.

Figura 18. Mapa de elevação do terreno da bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2015)

Constatou-se que há o predomínio da classe de declividade de 0-3%, seguido pelos intervalos de 3-6%, 6-12%, 12-20% (TABELA 5), o que representa a predominância de baixa e média declividade (BORSATO; MARTONI, 2004). Esse parâmetro também qualifica o relevo como plano, suavemente ondulado e ondulado (EMBRAPA, 1979). A dominância da declividade baixa revela que a velocidade de escoamento superficial será baixa, sendo uma maior quantidade de água armazenada no solo, o que poderia resultar em enchentes menos pronunciadas, dependendo da duração e intensidade da chuva, isso se desconsiderando o fator de impermeabilização.

Tabela 5. Declividades da bacia do Córrego Morumbi

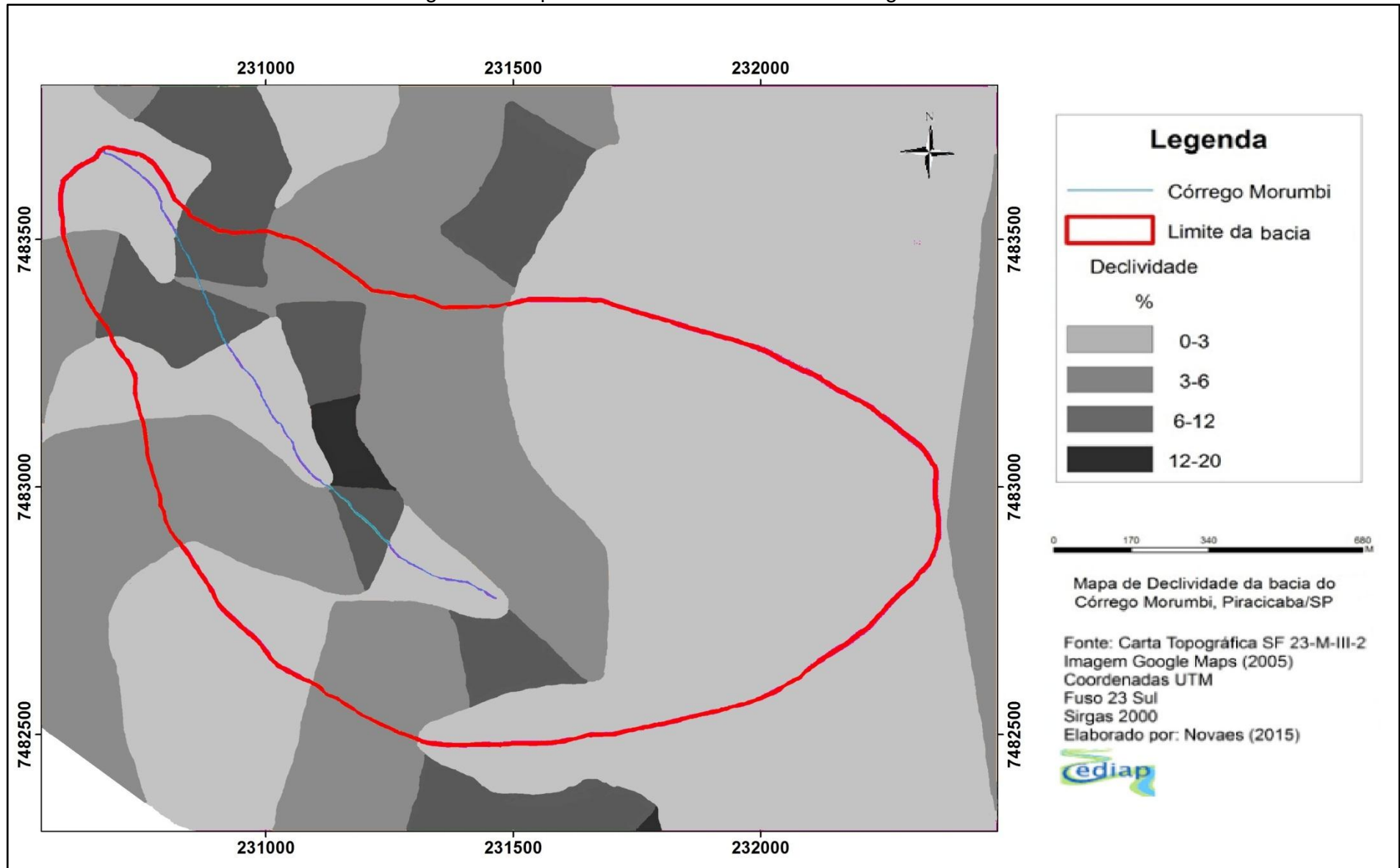
Declividade	Relevo	Área em Km²	Área em %
0-3%	Plano	0,5	40
3-6%	Suave ondulado	0,4	33
6-12%	Suave ondulado/ Ondulado	0,3	24
12-20%	Ondulado	0,06	3

Adaptado de EMBRAPA (1999)

Elaborado por: Novaes (2014)

A Figura 19 representa as classes de declividade da área em questão.

Figura 19. Mapa de declividade da bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2015)

Foram elaborados ainda os perfis longitudinais respectivamente da bacia (FIGURA 20) e do córrego (FIGURA 21) para representação visual. Ambos apresentam perfil de canal típico, com os valores de declividade aumentando em direção à nascente do rio.

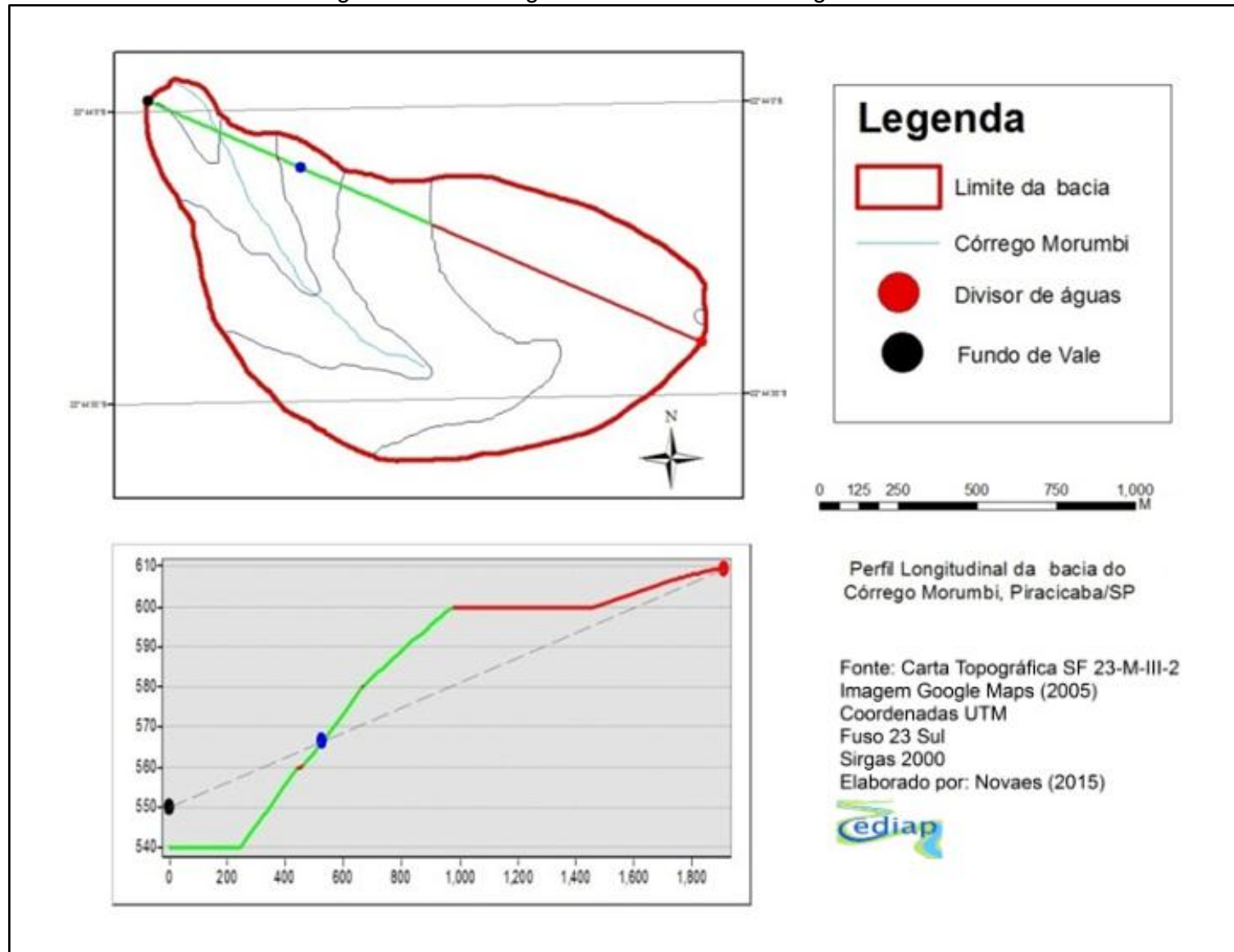
As altitudes do perfil longitudinal da bacia variam no total entre 610 e 540 metros (FIGURA 20), apresentando uma variação suave, de 10 metros, entre as altitudes de 610 a 600 metros, numa extensão de 400 metros, mantendo a altitude de 600 metros, numa extensão de 600 metros e depois uma variação mais significativa entre as altitudes de 600 a 540 metros numa extensão de 700 metros, mantendo a variação de 540 por 200 metros de extensão (TABELA 6).

Tabela 6. Variação das altitudes da bacia ao longo de sua extensão

Varição da altitude (m)	Extensão da variação (m)
610 a 600	400
600	600
600 a 540	700
540	200
610 a 540	1900

Elaborado por: Novaes (2015)

Figura 20. Perfil longitudinal da bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2015)

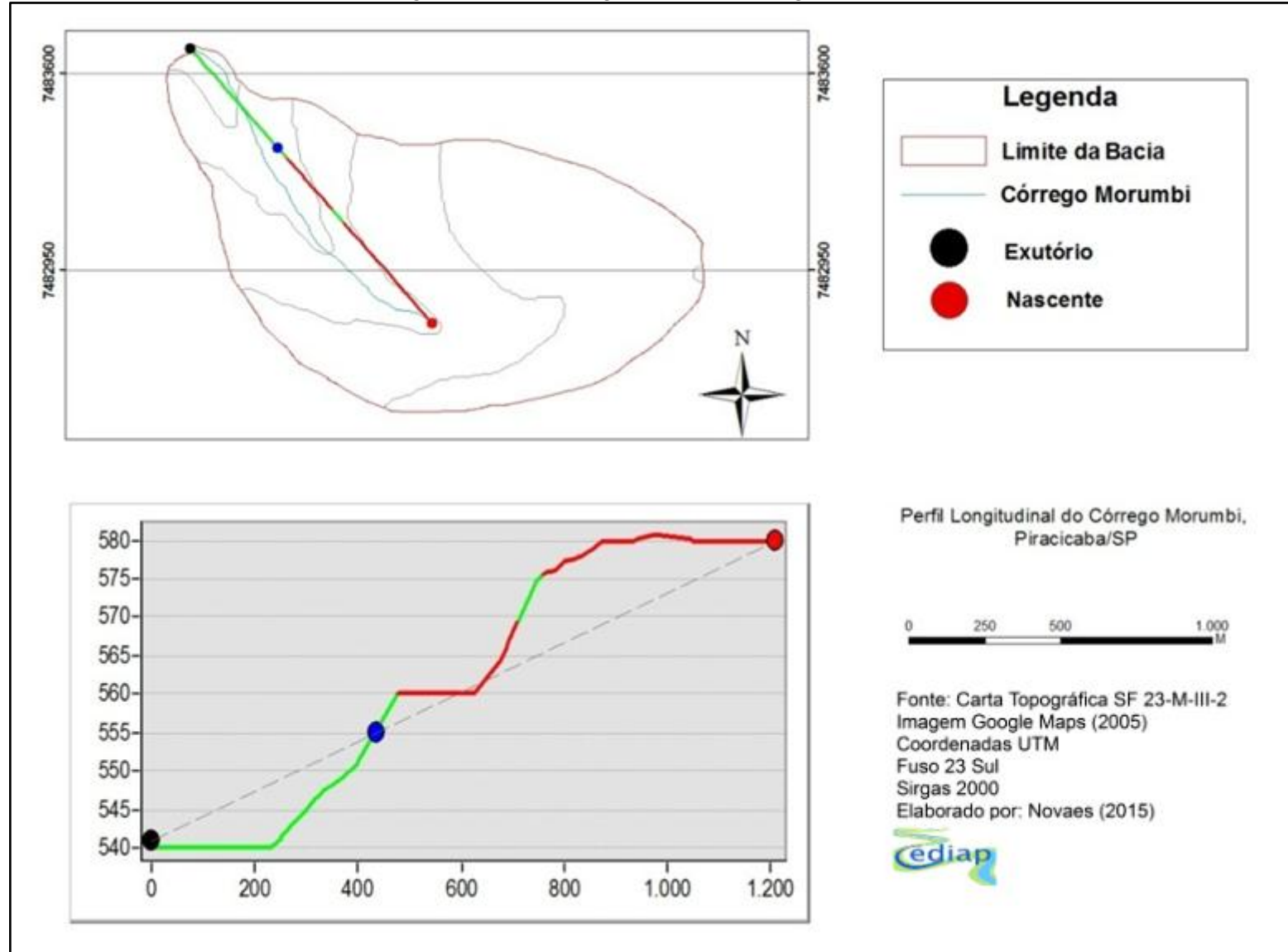
O perfil longitudinal do córrego variou ao todo de 540 a 580 metros (FIGURA 21) numa extensão de aproximadamente 1200 metros. Partindo da nascente a altitude varia de 580 a 575 por uma extensão de 450 metros, seguido de uma variação de altitude de 575 a 560 por uma extensão de 150 metros, mantendo a altitude de 560 metros por uma extensão de 200 metros, variando novamente de 560 a 540 por 200 metros de extensão e mantendo a altitude de 540 metros por mais 200 metros de extensão. Conforme Tabela 7.

Tabela 7. Variação das altitudes do córrego ao longo de sua extensão

Varição da altitude (m)	Extensão da variação (m)
580 a 575	450
575 a 560	150
560	200
560 a 540	200
540	200
580 a 540	1200

Elaborado por: Novaes (2015)

Figura 21. Perfil longitudinal do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2015)

A bacia do Córrego Morumbi apresenta um canal de primeira ordem, já que não recebe água de outros tributários.

A avaliação da extensão do escoamento do Córrego Morumbi, a partir dos valores da área da bacia e do comprimento médio da bacia, resultou em $L=0,2\text{Km}$, medida essa que representa a distância que a água teria de percorrer dentro bacia, se corresse em linha reta.

A Densidade de drenagem determinada foi $Dd=1,008\text{ Km/Km}^2$. Representa que a bacia analisada tem uma densidade de drenagem de aproximadamente 1 Km de curso d'água por Km^2 de área, o que se verifica como de drenagem regular, não sendo eficiente. O que pode ser explicado por possuir apenas um único canal hídrico, o que não constitui uma drenagem densa.

Os cálculos referentes à forma resultaram nos valores de $Kf=0,34$ para o fator de forma, ou seja, uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita as enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma, o que significa que esse valor adquirido representa uma tendência baixa a enchentes.

Foi obtido o valor de $Kc=1,19$ para o coeficiente de compacidade, um número considerado próximo da unidade e, quanto mais próximo da unidade maior a tendência de enchentes por maior semelhança a um círculo, onde o tempo de escoamento é mais curto, o que significa que esse valor representa uma alta tendência a grandes enchentes.

Os valores obtidos para os parâmetros morfométricos resultaram na tabela 8

Tabela 8. Parâmetros morfométricos da bacia do Córrego Morumbi

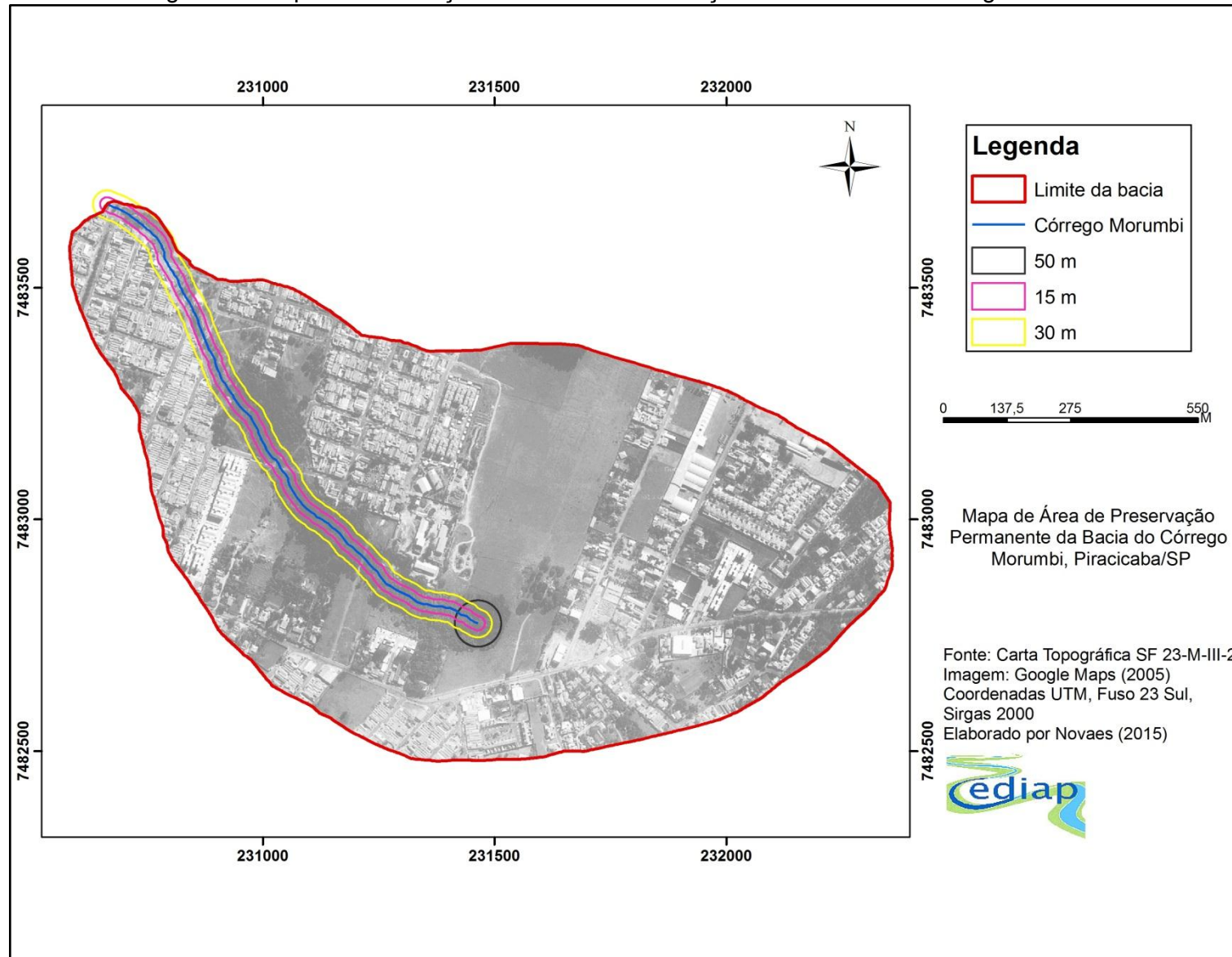
Parâmetro	Valores
Área	1,26 Km^2
Altitude média	578 metros
Declividade predominante	Plano de 0-3 %
Perímetro	4,78 Km
Comprimento médio da bacia	0,2 Km
Extensão do Córrego	1,27 Km
Densidade de drenagem	1,008 Km/Km^2
Fator de forma	0,34
Coeficiente de compacidade	1,19

Elaborado por: Novaes (2015)

5.2 Avaliação da área de preservação permanente

A delimitação da APP no entorno e ao longo do Córrego Morumbi resultou na Figura 22. O Córrego Morumbi se enquadra na largura de até 10 metros. Observa-se no mapa que a área de preservação permanente no entorno da nascente foi respeitada com os 50 metros de vegetação e, em boa parte do trecho ao longo do curso hídrico, tem-se os 15 metros de vegetação. Porém, onde a ocupação se encontra mais concentrada, essa faixa marginal vai sendo reduzida, o que aumenta as consequências decorrentes da supressão da vegetação.

Figura 22. Mapa de delimitação da Área de Preservação Permanente do Córrego Morumbi








Elaborado por: Novaes (2015)

Isso revela que, apesar de apresentar condições medianas com relação à vegetação, ainda há a necessidade de instrumentalização dos municípios visando sua gestão ambiental, principalmente no que se refere ao controle da ocupação do solo através das leis de zoneamento urbano, sendo importante incorporar diretrizes de proteção e controle ambiental, sobretudo de modo a controlar a ocupação de fundos de vale, das áreas sujeitas à inundação, das cabeceiras de drenagem, das áreas de alta declividade e a promover o aumento da permeabilidade do solo urbano.

5.3 Estimativa do grau de permeabilidade do solo

Na bacia foi possível identificar as seguintes classes de uso da terra: **florestal, pastagem, campestre, cultura temporária e urbana** conforme ilustrado no Quadro 7, conforme a tipologia do Manual de Uso da Terra do IBGE (2013).

Quadro 7. Ilustração das classes de uso e cobertura da terra

Classe de uso e cobertura da terra	Ilustração das classes de uso e cobertura da terra
Florestal	
Pastagem	
Campestre	
Cultura temporária	
Área urbanizada	

Fotos: Novaes (2015)

Elaborado por: Novaes (2015)

As áreas de vegetação natural compreendem um conjunto de estruturas florestais e campestres abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo-lenhosas, em diversos estágios sucessivos de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas.

A área de Pastagem é definida como a área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. Nessas áreas o solo está coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas, cuja altura pode variar de alguns decímetros a alguns metros.

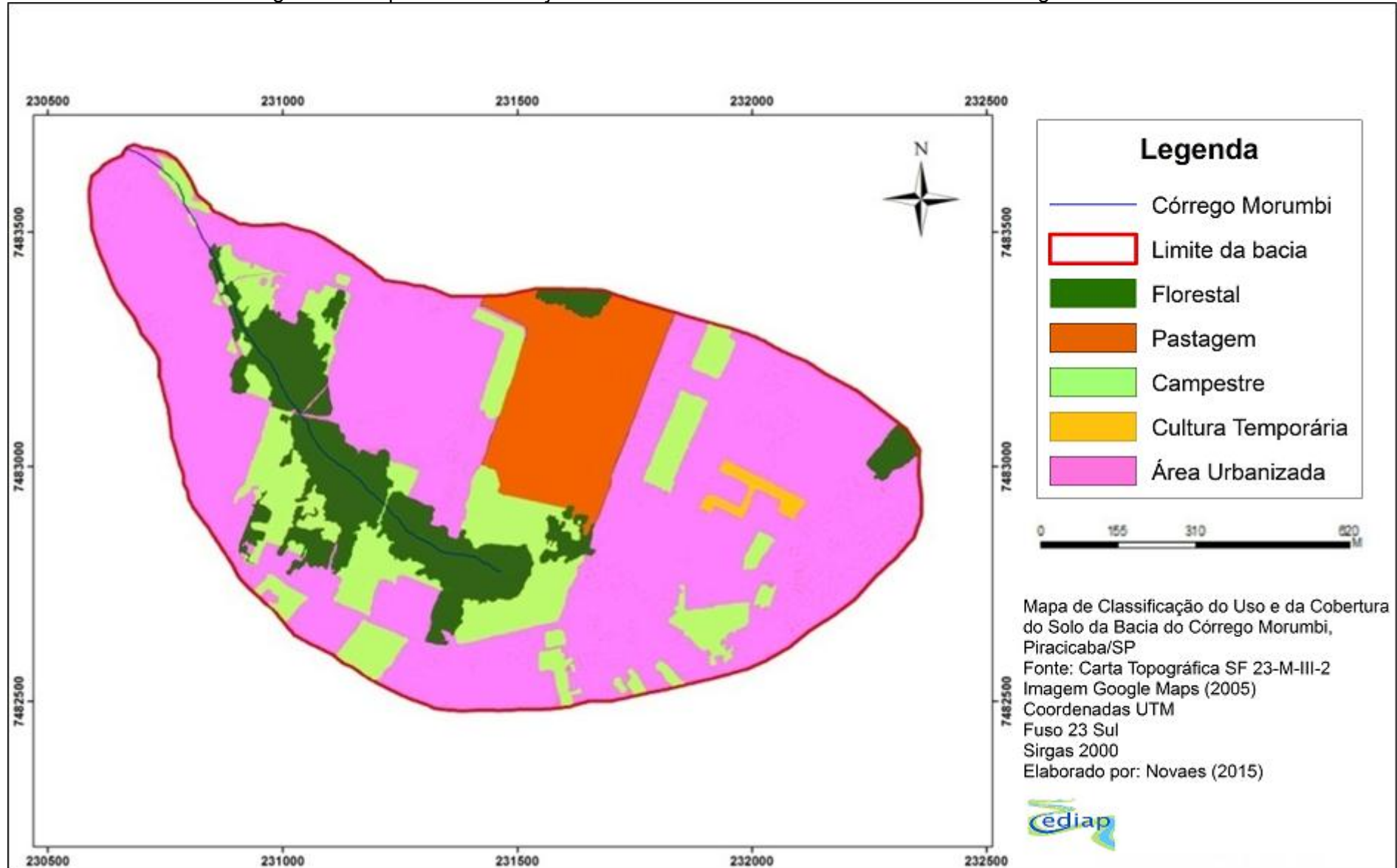
A categoria Campestre apresenta diferentes categorias de vegetação fisionomicamente bem diversa da florestal, ou seja, aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso. As áreas campestres quando destinadas ao pastoreio do gado, são consideradas pastagens naturais, ainda que tenham recebido algum manejo.

Há também culturas temporárias de hortícolas, nessa categoria estão as culturas praticadas de forma intensiva, direcionadas à produção de alimentos, flores, gramas e plantas ornamentais. Em função de seus produtos altamente perecíveis, é desenvolvida, preferencialmente, próxima aos grandes centros consumidores e incluem hortaliças folhosas e de talos.

Na subclasse áreas urbanizadas considera-se as áreas correspondentes às cidades (sedes municipais), às vilas (sedes distritais) e às áreas urbanas isoladas. Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídas nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem, em alguns casos, encontrar-se isoladas das áreas urbanas.

As classes de uso da terra se encontram distribuídas conforme Figura 23.

Figura 23. Mapa de Classificação do Uso e Cobertura da Terra da bacia do Córrego Morumbi



Elaborado por: Novaes (2015)

A porcentagem referente à área de cada uso está na Tabela 9.

Tabela 9. Área referente aos usos da terra da bacia

Uso/Cobertura da terra	Área em Km²	Área em %
Florestal	0,15	12
Pastagem	0,15	12
Campestre	0,16	13
Cultura temporária	0,008	0,6
Área urbanizada	0,8	62,4
Área total da bacia	1,26	100

Elaborado por: Novaes (2014)

Cada um dos usos e cobertura da terra irá interferir no grau de impermeabilização, no escoamento superficial de água, no equilíbrio hidrológico da bacia como um todo, sendo importante a identificação dos mesmos.

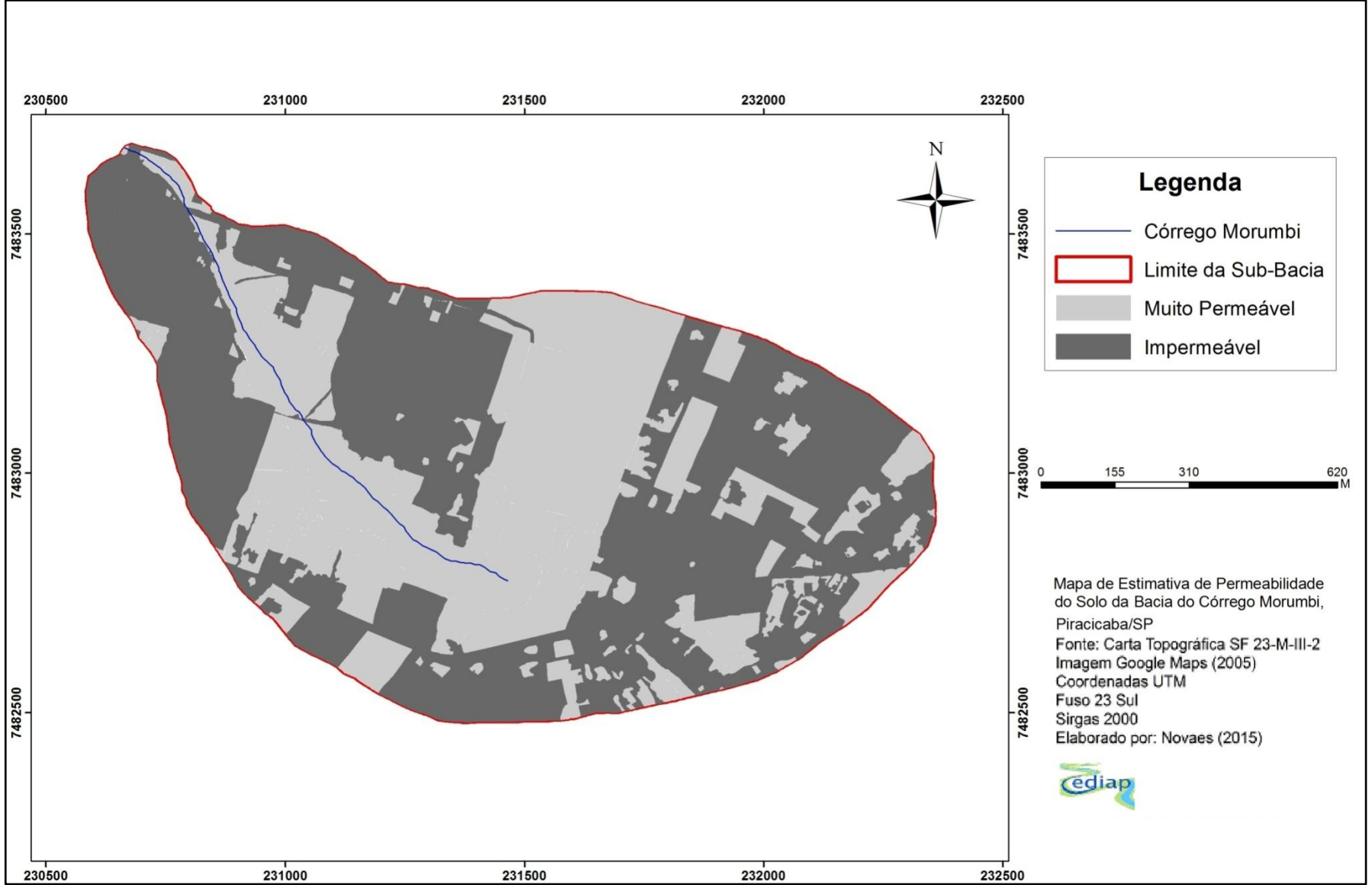
A partir da classificação do uso e cobertura da terra foi possível fazer uma estimativa da permeabilidade do solo na bacia, estimativa no sentido de cálculo aproximado, por se tratar de uma paisagem dinâmica, no tempo e no espaço.

De acordo com a metodologia de Costa et al. (2005) as classes Florestal, Pastagem, Campestre, Cultura Temporária são consideradas Muito Permeáveis por se tratarem de superfícies que não se encontram impermeabilizadas com materiais que possam selá-lo, como asfalto, concreto, grandes superfícies de rochas expostas, etc. Essa classe engloba áreas de vegetação natural, reflorestamento, culturas, pastagens e gramíneas em geral, ou seja, áreas sem cobertura impermeável. Nas áreas consideradas como Muito Permeáveis encontraram-se diferentes tipos de cobertura e uso do solo, como áreas florestadas, usos agrícolas e solos expostos, que possuem diferentes comportamentos em relação à infiltração da água (COSTA et al.,2005).

A classe Urbanizada é considerada como Impermeável por se tratar de áreas onde o adensamento urbano é alto e praticamente todos os espaços já foram edificados, com algumas poucas exceções, com padrão de ocupação variado (residencial, comercial e equipamentos urbanos).

A distribuição de áreas permeáveis e impermeáveis da bacia se encontra na Figura 24.

Figura 24. Mapa de Estimativa de Permeabilidade do Solo



Elaborado por: Novaes (2015)

Somam-se como área impermeável 62,4% da bacia e área Muito Permeável de 47%, de acordo com a metodologia de Costa et al. (2005).

Áreas permeáveis contidas no interior dos imóveis apresentaram dificuldades para ser detectadas pela imagem de satélite utilizada, o que foi possível de ser constatado a campo no momento da aplicação dos questionários. Para os imóveis residenciais, 78% não possuíam área permeável em suas residências em parte interna nem externa tal como terra, grama ou brita; 13% declararam possuir área permeável no interior de suas residências com no máximo 30% de permeabilidade e 9% possuíam área permeável na área externa, observando-se alguns poucos espécimes de árvores na calçada.

Verificou-se que 63% dos imóveis comerciais entrevistados não possuíam área permeável interna nem externa, 11% declarou possuir área permeável na área interna da propriedade, mas não ultrapassava em média 10% do terreno; e ainda 26% possuíam área permeável na área externa encontrando-se alguns poucos espécimes de árvores na calçada.

Há, portanto, um considerável percentual de área impermeabilizada tanto nas propriedades quanto nas áreas públicas, o que pode influenciar de forma direta no escoamento superficial e, por consequência, na incidência de enchentes e seus eventuais impactos.

5.4 Caracterização socioambiental da área

A partir da aplicação de questionários foi possível obter um panorama das principais características socioeconômicas e ambientais referentes aos moradores e comerciantes inseridos na bacia. As respostas apresentadas servem como base para a caracterização Socioambiental da área, apresentada sob a divisão entre Imóveis Residenciais e Comerciais. Para se estabelecer um padrão comparativo buscaram-se dados oficiais dos mesmos parâmetros levantados ao longo da aplicação dos questionários in loco.

5.4.1 Imóveis residenciais

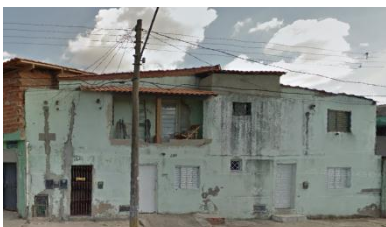
Para os imóveis residenciais foi possível obter informações sobre o perfil do tipo de propriedade do imóvel (casa própria ou de aluguel), do padrão construtivo do imóvel (Baixo, Médio ou Alto), a faixa etária dos entrevistados, a faixa salarial, a escolaridade, o tempo em que moram no local, quantos episódios de enchente presenciaram, se alguma vez sofreram prejuízo devido às enchentes. Além disso, foi

questionado aos moradores sobre a opinião acerca da adequação de construir próximos a cursos d'água, as condições em que se encontra o Córrego Morumbi, se a vegetação se encontra em estado ideal e se possuíam área permeável em suas propriedades.

Foi constatado que a maioria dos imóveis eram casas próprias, com 60% do total, ao passo que os imóveis alugados também respondem por uma parcela considerável, com 40%. Esse dado pode afetar a forma como o morador enxerga o seu entorno e seus possíveis problemas.

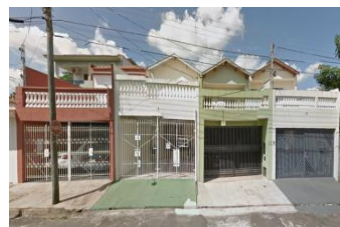
O padrão construtivo dos imóveis, com base no tamanho e estrutura das casas, se apresentou como predominantemente Médio (FIGURA 26) com 83%, seguido de Baixo (FIGURA 25) com 10% e Alto (FIGURA 27) com 7%.

Figura 25. Casas com Padrão Construtivo Baixo



Fonte: Google Street View (2011)

Figura 26. Casas com Padrão Construtivo Médio



Fonte: Google Street View (2011)

Figura 27. Casa com Padrão Construtivo Alto



Fonte: Google Street View (2011)

Com relação aos residentes, as faixas etárias dos entrevistados se apresentaram como 6% de 18 a 25 anos, 19% de 25 a 40 anos, 42% de 40 a 60 anos e 33% acima de 60 anos. Em outras palavras, mais de 70% dos residentes tem mais de 40 anos de idade, sendo uma parte representativa desses composta por idosos.

A faixa salarial dos residentes que responderam ao questionário foi de 25% com renda até 1 salário mínimo (s.m); 40% com renda entre 1 a 2 s.m; 13% com renda de 2 a 4 s.m; 7% com renda superior a 4 s.m; e 15% não informaram a renda salarial mensal. Nota-se, então, um predomínio de moradores com baixa renda, de até 2 Salários Mínimos, fato que pode ser explicado pelo perfil etário marcado pelo predomínio de aposentados. Comparado a média salarial nacional, tendo por base o salário mínimo de 2014 no valor de R\$ 724,00, tem-se através dos dados da Pesquisa Mensal de Emprego do IBGE (2014) para pessoas maiores de 18 anos, que 17% da população brasileira conta com renda mensal de até 1 s.m; 28,93% com renda de 1 a 2 s.m; 16,78% com renda de 2 a 3 s.m; 11,97% com renda de 3 a 5 s.m e 15,86% com renda acima de 5 s.m, há ainda na contagem a população sem renda (5,24%) e os que não declararam (3,31%). Pode-se constatar então que 45%, parte considerável da população no Brasil recebe até 2 s.m., assim como na bacia.

A escolaridade dos residentes entrevistados mostrou que 2% não frequentaram a escola; 19% possui o Ensino Fundamental I Completo; 8% possui o Ensino Fundamental I Incompleto; 6% possui o Ensino Fundamental II Completo; 5% possui o Ensino Fundamental II Incompleto; 41% possui o Ensino Médio Completo; 4% possui o Ensino Médio Incompleto; 14% possuem o Ensino Superior Completo e 2% possui Superior Incompleto. Uma parcela representativa apresentou grau de escolaridade de Nível Médio. Comparando com a escolaridade média do Brasil, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) do IBGE (2013), aponta que em 2013 o percentual de pessoas que haviam frequentado o Ensino Fundamental era de 55,6%; o Ensino Médio 16,96% e Ensino Superior 12,94%. O que evidencia que os moradores da área estão acima da média nacional para os Ensinos Médio e Superior no Brasil.

Quanto ao tempo em que residem no local, tem-se que 9% moram há menos de 1 ano, 14% moram de 1 a 5 anos, 14% moram de 5 a 10 anos, 21% mora de 10 a 20 anos, 22% moram de 20 a 30 anos, 19% moram de 30 a 50 anos e 1% mora há mais de 50 anos. Tal fato demonstra que a maioria dos moradores já ocupa a área por mais de uma década, o que aumenta a possibilidade de terem presenciado diversos episódios de chuva intensa e enchente.

Do total, 2% presenciou 1 episódio, 21% presenciou de 2 a 5 episódios, 9% presenciou de 5 a 10 episódios e 23% presenciaram acima de 10 episódios de enchentes e 45% dos entrevistados não presenciou. Analisando a ocorrência dos episódios de enchente nota-se uma divisão, já que mais de 30% dos moradores já presenciaram mais de cinco episódios, ao passo que quase metade dos entrevistados relatou não ter presenciado enchentes.

No que se refere aos prejuízos consequentes das enchentes, tem-se que 99% não sofreram prejuízo e 1% sofreu prejuízo financeiro de cerca de R\$ 80,00, devido à água que entrou na residência e danificou os móveis.

Quando questionados se consideravam adequado realizar construções próximos a cursos d'água de modo geral, 43% responderam que sim e 57% responderam que não, o que nos aponta um relativo desconhecimento dos moradores acerca das particularidades das APP's e dos dispositivos legais que as definem e regulam. Com relação às condições do Córrego Morumbi 15% dos entrevistados o considerou em boas condições alegando motivos semelhantes aos dos comerciantes, de não existir lançamento de esgoto direto, não identificarem mau cheiro e insetos e considerarem a água de boa qualidade, 38% consideraram o córrego em condições moderadas causadas pela água de má qualidade, por não haver conservação nem manutenção na vegetação, por haver animais peçonhentos e lixo doméstico, alegam ainda abandono da área pelo poder público; e 47% consideraram o córrego em

condições ruins e apontam, principalmente, a presença de lixo doméstico, entulho, mau cheiro, falta de manutenção e falta de mata ciliar.

Quanto à quantidade de vegetação 66% responderam que se encontrava em situação ideal e 34% consideraram que a vegetação não se encontra em estado ideal devido à necessidade de se aumentar a arborização e a mata ciliar.

A proximidade da residência com relação ao Córrego suscitou elementos positivos e negativos a partir da percepção dos moradores. Como elementos negativos foi apontada a presença de mau cheiro, insetos, falta de iluminação, o risco de dengue e falta de proteção no entorno do córrego direcionada para as crianças. No entanto, como pontos positivos mencionou-se a proximidade com a natureza, conforto térmico, beleza da área verde, proximidade com o hospital e a boa vizinhança.

Com respeito à causa das enchentes muitos não sabiam responder, enquanto que outros apontaram a sujeira como principal fator, além de erosão, assoreamento, a atuação do relevo e a pavimentação excessiva decorrente da urbanização. Sobre o que poderia ser feito para evitar ou minimizar os efeitos das enchentes foram apontadas algumas medidas como canalização, barreira de contenção de erosão, modificação do córrego com alargamento e aprofundamento do leito, manutenção de limpeza, medidas de conscientização a fim de diminuir a poluição, foi apontado que falta participação da população, diálogo entre os moradores e a prefeitura.

Observa-se, também, que a percepção sobre as condições ambientais do córrego e a sua vegetação varia, mas o que pode ser destacado é que na visão dos moradores a presença do poder público é exigida, mas em trabalho conjunto com a população. Em conversa com os moradores muitos relataram ter plantado árvores, instalado bancos para lazer, colocado placas advertindo para não se jogar lixo, entre outras ações que demonstram que parte dos moradores sente vontade de cuidar e preservar aquele local.

5.4.2 Imóveis comerciais

Para os imóveis comerciais também foi possível gerar informações sobre o perfil do tipo de propriedade do imóvel, do padrão construtivo, a faixa etária, a faixa salarial do entrevistado, a escolaridade, o tempo em que trabalha no local, quantos episódios de enchente presenciaram, se alguma vez sofreram prejuízo devido às enchentes. E ainda se consideravam adequado construir próximos a cursos d'água, a condição em que se encontra o Córrego Morumbi, se a vegetação se encontra em estado ideal e se possuíam área permeável em suas propriedades.

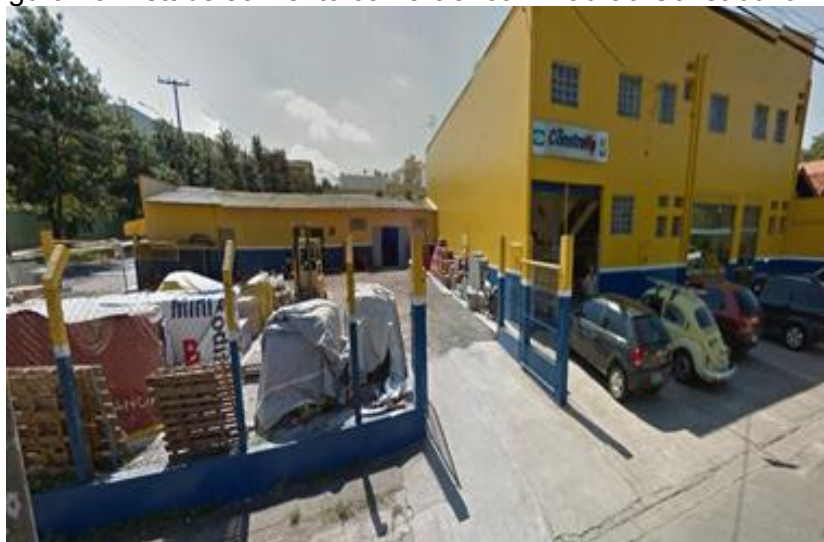
Quanto à propriedade do imóvel comercial, 47% são próprios e 53% alugados, o que denota a possibilidade de não permanência no local. O padrão construtivo dos imóveis comerciais majoritariamente é de padrão médio (FIGURA 28), com 95%, seguido do padrão alto (FIGURA 29) com 5%, sem imóveis de padrão baixo.

Figura 28. Estabelecimentos comerciais com Padrão Construtivo Médio



Fonte: Google Street View (2011)

Figura 29. Estabelecimento comercial com Padrão Construtivo Alto



Fonte: Google Street View (2011)

As faixas etárias apresentaram 16% de 18 a 25 anos, 32% de 25 a 40 anos, 52% de 40 a 60 anos. O que chama a atenção é o fato de boa parte dos entrevistados ter mais de 40 anos de idade e uma reduzida presença de jovens no comércio.

Quanto à faixa salarial tem-se 16% com renda de até 1 s.m, 26% de 1 a 2 s.m, 32% de 2 a 4 s.m, 21% acima de 4 s.m, e 5% não forneceu a informação. Uma parte considerável dos entrevistados (42%) recebe até 2 s.m. o que, comparado ao salário médio do Brasil, há equivalência, já que 45% da população brasileira com mais de 18 anos recebe até 2 s.m.

A escolaridade resultou em 5% dos comerciantes com Ensino Fundamental Incompleto, 5% com Ensino Médio Incompleto, 42% com Ensino Médio Completo, 16% com Ensino Superior Incompleto, 32% com Ensino Superior Completo. A PNAD do IBGE (2013) aponta que em 2013 o percentual de pessoas que haviam frequentado o Ensino Fundamental era de 55,6%, o Ensino Médio 16,96% e Ensino Superior 12,94%. O que evidencia que os comerciantes da área, assim como os moradores, estão acima da média nacional para os Ensinos Médio e Superior.

Em relação ao tempo em que trabalham no local tem-se 16% com menos de 1 ano, 42% de 1 a 5 anos, 10% de 5 a 10 anos, 16% de 10 a 20 anos, 6% de 20 a 30 anos e 10% de 30 a 50 anos.

Durante o tempo em que trabalham no local 52% não presenciaram episódios de enchentes, 21% presenciaram de 2 a 5 episódios, 6% presenciaram de 5 a 10 episódios e 21% presenciaram acima de 10 episódios.

Os representantes dos imóveis comerciais questionados acerca de prejuízos relacionados aos episódios de enchente apontaram que 95% não sofreram prejuízos financeiros e 5% sofreu prejuízos de forma indireta, relacionados à queda de fluxo de pessoas e conseqüentemente de rendimento. Citaram ainda o aparecimento de animais peçonhentos que buscam abrigo em lugar seco, a sujeira que fica nas ruas e calçadas após as enchentes, a dificuldade de acesso às vias causando transtornos e atrasos.

Quando questionados se consideravam adequado realizar construções próximo a cursos d'água de modo geral, 37% responderam que sim e 63% responderam que não, muito provavelmente devido ao receio de prejuízos decorrentes de episódios de enchentes.

Com relação à condição do Córrego Morumbi 10% consideraram em boas condições alegando não existir lançamento de esgoto direto, não se identificar mau cheiro e insetos e considerarem a água de boa qualidade. Em contraponto, 58% consideraram o córrego em condições moderadas causada pela água de má qualidade, por não haver conservação, por não haver manutenção na vegetação, por haver animais peçonhentos e lixo doméstico, alegam ainda abandono da área pelo poder público. Ainda 32% consideraram o córrego em condições ruins e apontaram a

presença de lixo doméstico, entulho, mau cheiro, falta de manutenção e falta de mata ciliar.

Em específico, quanto à quantidade de vegetação, 63% responderam que se encontrava em situação ideal, inclusive comparando com outros locais menos arborizados da cidade. Ainda, 37% consideraram que a vegetação não se encontra em estado ideal devido à necessidade de se aumentar a arborização e a mata ciliar.

Como pontos negativos relacionados à proximidade do estabelecimento com o córrego, foram apontados a presença de mau cheiro, insetos e violência onde um trecho do córrego foi caracterizado como frequentado por usuários de atividade ilegais. No entanto, como pontos positivos mencionou-se a proximidade com a natureza, conforto térmico, beleza, área com alto fluxo de pessoas, o que estimula o comércio.

Com respeito à causa das enchentes, assim como os residentes, muitos não sabiam responder, enquanto que outros apontaram o transbordamento do córrego devido às chuvas que aumentam o volume de água, a erosão das margens e o assoreamento do córrego, o canal do córrego estreito, o canal de passagem de água debaixo da avenida que não suporta um grande volume de água, presença excessiva de lixo, falta de manutenção e planejamento por parte do poder público.

Quanto ao que poderia ser feito para evitar ou minimizar os efeitos das enchentes foram apontadas algumas medidas estruturais como canalização, barreira de contenção de erosão, alargamento do córrego, medidas de manutenção como limpezas mais frequentes, instalação de lixeiras e medidas de conscientização a fim de diminuir a poluição.

Observa-se que a percepção sobre as condições ambientais do córrego quanto à qualidade de sua água e a sua mata ciliar variam, o que pode estar associado ao nível de conhecimento e experiência dos indivíduos, bem como o modo como cada pessoa se insere na comunidade, seja como morador, seja como comerciante.

5.5 Entrevista com a Defesa Civil Municipal de Piracicaba/SP

Atuar durante os eventos de enchentes, em Piracicaba/SP, compete às atribuições da Defesa Civil Municipal. Esta conta com apoio de diversas Secretarias Municipais que formam a força-tarefa em caso de fortes chuvas e enchentes, que atuam direta ou indiretamente: Secretaria Municipal de Trânsito, Secretaria Municipal de Obras, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, Secretaria Municipal de Governo - Centro de Comunicação Social, Secretaria Municipal de Saúde, Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social, Secretaria Municipal de Educação – Rádio Educativa FM, Secretaria Municipal de

Transportes Internos, Serviço Municipal de Água e Esgoto – SEMAE, Chefia de Gabinete, Empresa de Desenvolvimento Habitacional – EMDHAP, Corpo de Bombeiros.

O secretário executivo destaca que há pouco interesse por parte da população em projetos de prevenção de enchentes, sendo sua participação restrita a um cadastro realizado nas áreas mais afetadas do município, com a finalidade de conhecimento do tamanho dessas áreas, de quantos caminhões e recursos humanos serão necessários para o possível trabalho de remoção e para onde essas famílias e seus pertences podem ser levados.

A classificação de áreas de risco seguida pela Defesa Civil Municipal é a mesma adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e o Ministério das Cidades. No Jornal Gazeta de Piracicaba do dia 19 de março de 2014 saiu a notícia de que o IPT iniciara um levantamento de áreas de risco no município, no qual uma equipe de técnicos identificou e mapeou as principais áreas de risco em Piracicaba ligadas a enchentes e deslizamentos, contando com a presença da Defesa Civil Municipal. No dia seguinte 20 de março de 2014 publicou-se outra matéria, expondo que dos nove pontos analisados, sete estão relacionados a risco de enchente e dois a deslizamentos (ROCHA, 2014). Esse relatório ainda não se encontra disponível.

Em um folheto informativo da Prefeitura Municipal de dezembro de 2011, alega-se que houve investimentos na ampliação e modernização da frota de máquinas, equipamentos e veículos das secretarias municipais com objetivo de atender às obrigações diárias das secretarias e prestar socorro nos momentos de chuva e enchentes. Destaca-se ainda que as máquinas e veículos são colocados à disposição da Defesa Civil Municipal e, em momentos de necessidade, direcionados para atender os atingidos pelas águas dos rios Piracicaba, Corumbataí e Ribeirão do Piracicamirim, este último podendo ser destacado por ser onde se localiza a bacia do Córrego Morumbi. Traz ainda os locais que costumam ser atingidos pelas cheias, com a localização dos bairros e ruas (QUADRO 8). Apesar de terem utilizado o termo alagamento, o que ocorre é enchente ou inundação.

Quadro 8. Localização de bairros e ruas que podem ser inundados na cidade de Piracicaba/SP

LOCAIS QUE PODEM SER ALAGADOS	
BAIROS	RUAS
Artemis	Rua do Barreiro Rua José Ferreira Filho
Santa Terezinha	Rua José Zillio Rua Luiz Corrêa
Vila Rios	Rua Bananal Rua Benedito Sid. Novoletti Rua Dracena
IAA	Rua Francisco Togni Rua Guará Rua Garantã Rua Guararapes Rua Inocência de Paula Eduard Rua João Pedro Corrêa Rua Pedro Proetti Rua Valdomiro Corrêa
Gran Park	Rua Luiz Gonzaga de Lima Rua Alcides Pericinato Rua Gonzaga de Lima
Itaperu	Rua Seis. KM 176
Algodão	Rua Gertrudes Barbosa Moretti Rua Rafael Ducatti Rua Vera Cruz
Nhô Quim	Rua Maria Stenico
Vila Industrial	Rua Antonio Rufino Rua Candido Portinari
Vila Fátima	Rua Alberto Coral
Nova Piracicaba	Rua das Magnólias
Jd. Itamarati	Av. Cruzeiro do Sul Rua Emilio Galdi Rua Ernest Mahle
Vila Rezende	Rua Inácio Martins
Ondinhas	Rua 31 de Outubro Rua João Medeiros Gomes Rua Vicente Taques
Jupia	Rua dos Dourados
Bongue	Rua Prof. Eduardo Goldschimith Rua Inacio Vas. C. Caldeira Rua Cristiano Martiries e Rua Antonio Pinto Coelho Rua Antonio Correa Ferraz Rua Andre de Moraes Sampaio Av. Felipe W. C. de Vasconcelos Av. das Ondas Estrada do Bongue Estrada Particular Rua 01 Rua 08
Região do comércio à beira rio	Rua do Porto Rua Moraes Barros Rua Rangel Pestana Rua Regente Feijó Rua XV de Novembro Rua Antonio Corrêa Barbosa Av. Beira Rio Travessa Silvino D. Novaes Rua Benjamin Constant
Jaraguá	Av. Abel Pereira
São Jorge	Rua Querubim Sampaio

A esta tabela serão acrescentadas algumas ruas do Parque 1º de Maio, Astúrias, Vila Independência, Morumbi, Maracanã.

Fonte: Prefeitura Municipal (2011)

Ao final do Quadro 8, aponta-se que ainda serão acrescentados outros bairros e suas ruas que são acometidas pelas águas, destacando que o bairro Morumbi, objeto desta pesquisa, seria um deles.

5.6 Determinação do grau de risco de enchentes

A metodologia adotada leva em conta as seguintes variáveis: suscetibilidade natural; padrão urbano da área; registro de acidentes (eventos); que por fim levam à definição do grau de risco.

5.6.1 Suscetibilidade natural

O estado de intervenção do canal aponta que é uma bacia com médio impacto por apresentar trechos a montante com baixa intervenção antrópica (FIGURA 30), com trechos mistos (FIGURA 31) e trechos com alterações, onde é visível que o córrego passa sob uma avenida, ponto este crítico de enchente (FIGURA 32).

Figura 30. Trecho do Córrego Morumbi com baixa intervenção antrópica, apesar da notória presença de lixo



Foto: Novaes (2013)

Figura 31. Trecho misto do Córrego Morumbi



Foto: Novaes (2013)

Figura 32. Trecho com alta intervenção antrópica no Córrego Morumbi

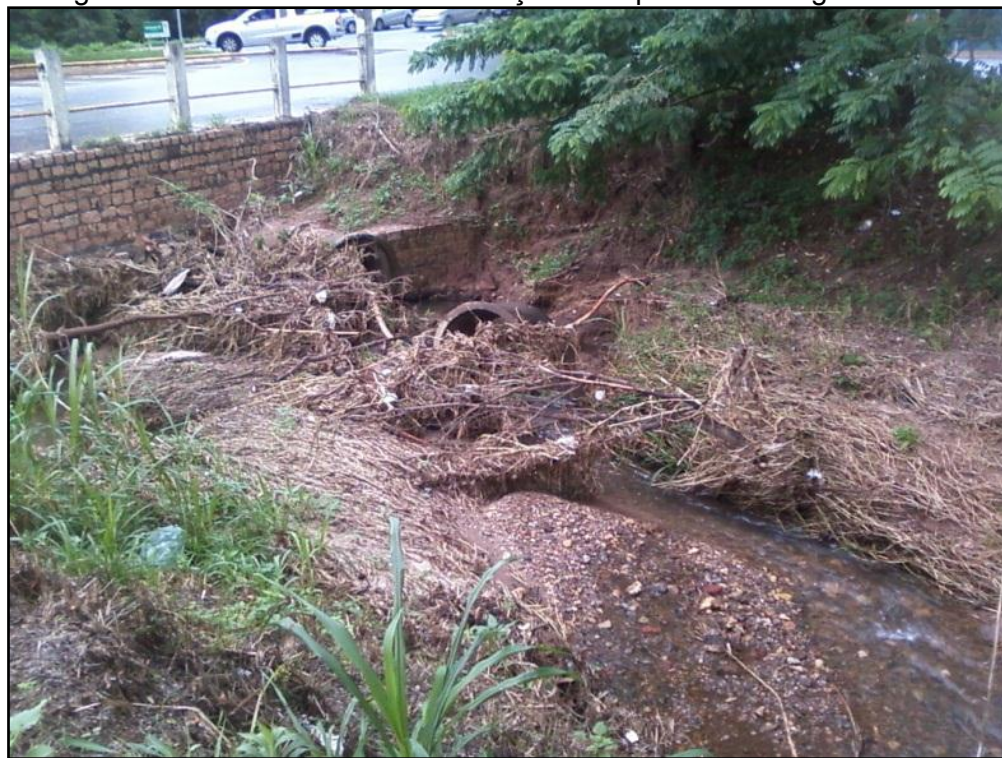


Foto: Novaes (2013)

A classe de declividade predominante à montante foi entre 0 a 3%, representando 40% da declividade encontrada na bacia, seguida do declive de 3 a 6%, representando 33% da área da bacia, declive de 6 a 12% representando 24% da área da bacia e declive de 12 a 20% representando 3% da área da bacia.

Quanto à proximidade de construções e asfaltamento fica evidente que os pontos críticos de enchentes, a Avenida Antônia Pazzinato Sturion e outros pontos vistos no mapa de APP, não respeitam os 15 metros definidos por lei (FIGURA 33), enquanto outros trechos se encontram conforme a legislação (FIGURA 34).

Figura 33. Proximidade do asfaltamento com o Córrego Morumbi na Av. Antônia Pazzinato Sturion



Foto: Novaes (2013)

Figura 34. Córrego protegido pela vegetação e distante do asfaltamento e construções



Foto: Novaes (2013)

A sistematização das variáveis observadas na área aponta suscetibilidade natural em toda a bacia do córrego Morumbi, município de Piracicaba/SP, por apresentar pelo menos uma das variáveis, sendo que em alguns pontos apresenta todas as variáveis possíveis (TABELA 10).

Tabela 10. Variáveis da suscetibilidade natural apresentadas na bacia do Córrego Morumbi

VARIÁVEL	CARACTERÍSTICAS
Estado de intervenção do canal	Bacia com médio impacto
Declividade	Predominante entre 0 e 3%
Proximidade das construções ao canal	Presença de trechos com marca inferior à 30 metros e 15 metros para áreas urbanas consolidadas

Elaborado por Novaes (2013)

Devem-se levar em conta as diferentes classes de declividade distribuídas pela bacia, pois em alguns pontos essa variável não se apresenta como característica determinante para a suscetibilidade, porém vale lembrar que para apresentar suscetibilidade é suficiente que se apresente pelo menos uma das características descritas na tabela.

5.6.2 Padrão urbano

O Padrão Urbano indica as características relacionadas à pavimentação, canalização de esgoto, rede de drenagem pluvial, padrão construtivo dos imóveis e existência de obras de contenção. Foram observadas as variáveis referentes ao padrão urbano, que resultou na Tabela 11.

Tabela 11. Variáveis presentes no Padrão Urbano da bacia

Variável	Característica	Valor
Malha Viária	Pavimentada	1
Esgoto	Canalizado	1
Rede Pluvial	Apresenta	1
Padrão Construtivo	Alto/Médio	1
Ocupação	Ordenada	1
Obras de Contenção	Apresenta	1

Elaborado por Novaes (2014)

A soma das variáveis encontradas no local resultou em 6, o que é equivalente ao Alto Padrão, áreas que apresentam valor máximo (6) na soma total dos atributos, o que significa que há pavimentação da malha viária, com asfaltamento nas ruas. O esgoto se encontra canalizado, apresentando rede pluvial. O padrão construtivo dos imóveis varia de baixo, médio e alto, no entanto há predomínio de imóveis de Padrão Médio, numa ocupação organizada.

A obra de contenção existente se localiza entre a Rua Segisfredo Paulino de Almeida e a Avenida Aldrovandro Fleuri Pires Correa, constituído pela contenção de erosão da margem do Córrego, com a construção de muros de gabião (FIGURA 35), se relacionando indiretamente às enchentes. O que acaba evitando o solapamento das margens e o carreamento de sedimentos no córrego evitando o assoreamento.

Muros de gabião são construídos pela superposição de “gaiolas” de malhas de arame galvanizado cheios com pedras cujos diâmetros devem ser superiores à abertura da malha das gaiolas. São empregados para conter desníveis pequenos ou médios inferiores a 5 metros. O uso de gabiões é uma das soluções usualmente adotadas por ser de fácil execução e com baixo custo (ONODERA, 2005).

Figura 35. Obra de contenção de erosão no trecho entre a Rua Segisfredo Paulino de Almeida e a Avenida Aldrovandro Fleuri Pires Correa

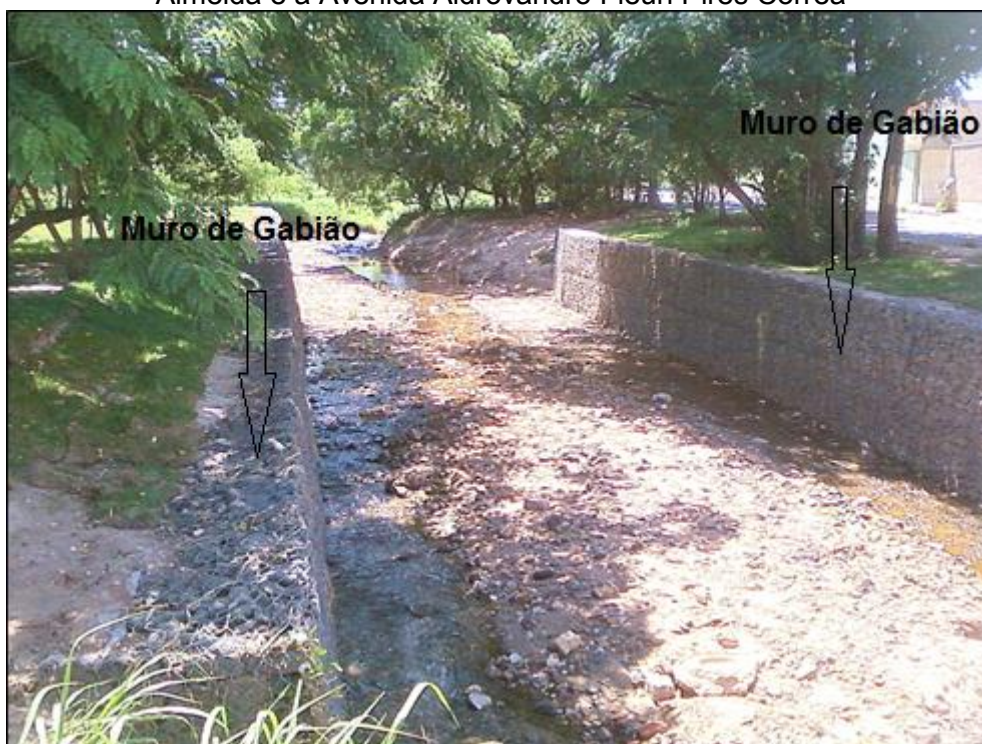


Foto: Novaes (2014)

No entanto a obra, concretizada pela prefeitura municipal em 2014, não foi realizada de modo a produzir muito efeito, na medida em que o trecho onde foi implantado possui uma extensão curta, recebendo ainda sedimentos de pontos à montante do Córrego.

5.6.3 Registro de acidentes

Devido à dificuldade de obtenção de dados oficiais junto à defesa civil de Piracicaba, foram considerados os registros presentes nos relatos levantados ao longo da aplicação dos questionários por moradores e comerciantes. Vale ressaltar que em ambas as categorias (residencial e comercial), foram relatados diversos episódios na bacia, o que demonstra a recorrência dos eventos de enchentes (FIGURA 36).

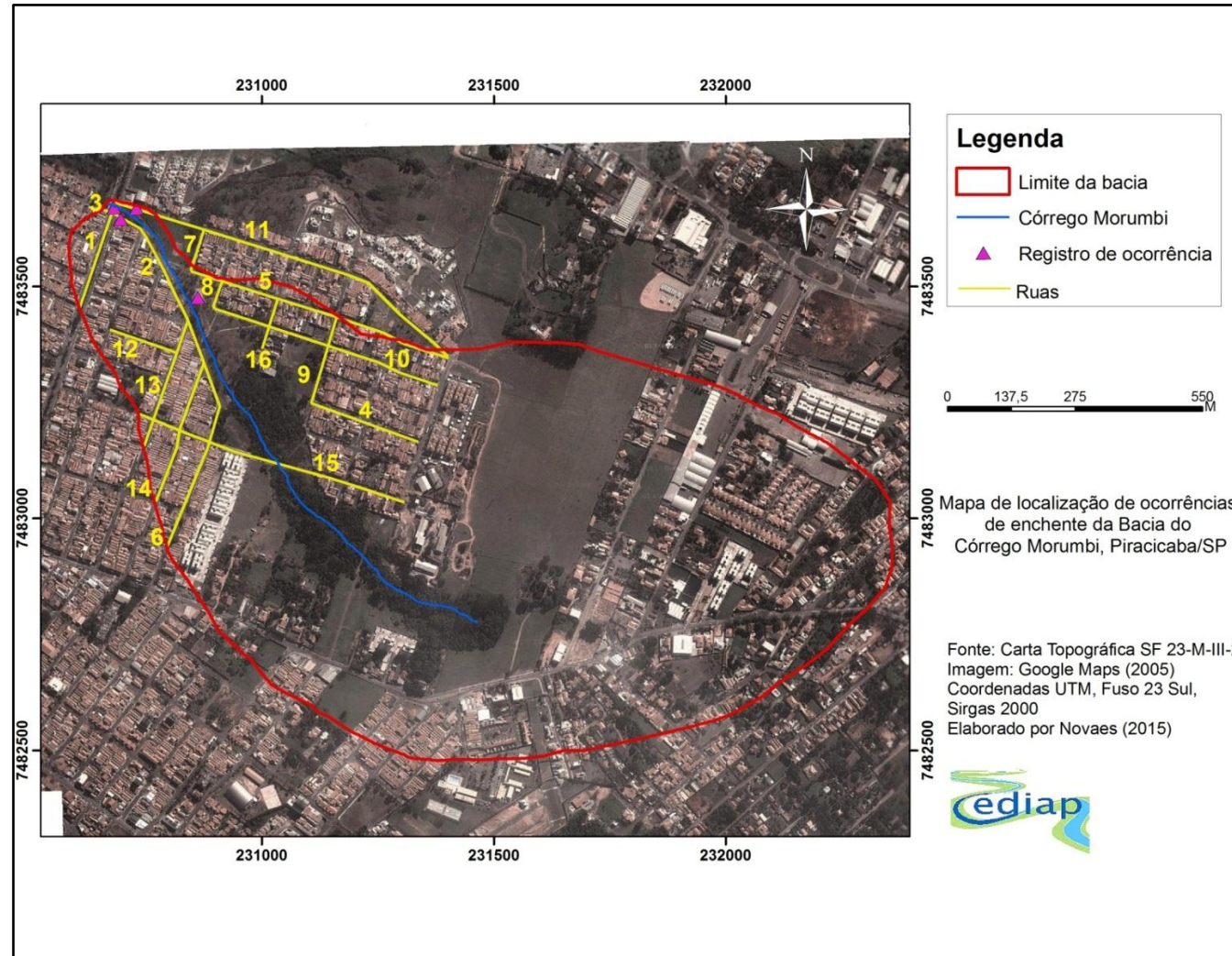
Figura 36. Água do córrego transbordada para a rua Segisfredo Paulino de Almeida, em Janeiro de 2014



Foto: Cedida por Huff Injeção e Auto Elétrica (2014)

De acordo com os moradores e comerciantes a área principal acometida pelas enchentes se dá no ponto próximo ao exutório da bacia, localizado na Avenida Antônia Pazzinato Sturion (Rua 1) e suas ruas mais próximas, como a Rua Segisfredo Paulino de Almeida (Rua 11) e Avenida Aldrovandro Fleuri Pires Correa (Rua 2), pontos estes onde a água atinge ou ultrapassa o leito menor de cheia, extravasando de suas margens para a rua e calçada. Os pontos relatados estão localizados na Figura 37.

Figura 37. Mapa de localização de ocorrências de enchente na bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP



Elaborado por: Novaes (2015)

5.6.4 Determinação do grau de risco

Com o cruzamento das informações levantadas de Suscetibilidade Natural, o Registro de Ocorrências e o Padrão Urbano, obteve-se para a área em questão os Graus de Risco III e IV. Sendo o Grau III – Moderado, no qual a área apresenta suscetibilidade natural e está ocupada com moradias de Alto Padrão Urbano com registro de ocorrências; e o Grau IV – Baixo, quando a área é ocupada com Alto Padrão Urbano, apresenta suscetibilidade natural e não tem registro de ocorrência de eventos (TABELA 12).

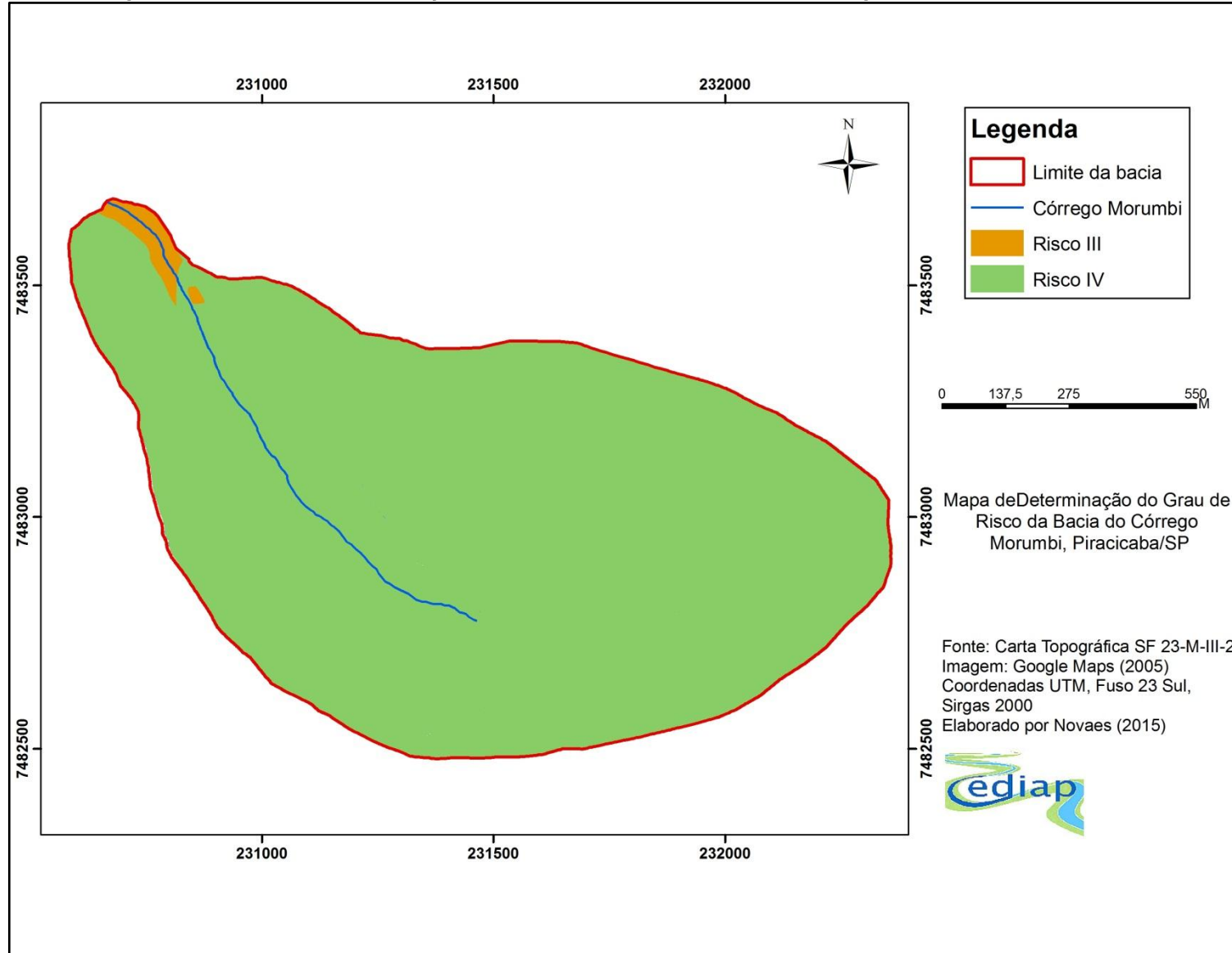
Tabela 12. Cruzamento das variáveis e respectivos graus de risco

Grau de risco	Suscetibilidade natural	Ocorrência de eventos/acidentes	Padrão Urbano
Risco IV Baixo	Apresenta	Sem registros	Alto
Risco III Moderado	Apresenta	Com registros	Alto

Fonte: Oliveira e Robaina (2004)
Organizado por: Novaes (2014)

Os Graus de Risco estão distribuídos na bacia de acordo com o Mapa de determinação do Grau de Risco (FIGURA 38), no qual se observa alguns pontos em que o risco é maior, devido à suscetibilidade condizente com a intervenção do canal médio, a proximidade em relação ao curso, à baixa declividade, além da ocorrência de enchentes e o padrão urbano alto, constituindo o Grau III-Moderado, representando 3% da bacia (0,03 Km²). E uma parcela significativa da bacia no qual o risco é menor, apesar de apresentar suscetibilidade e padrão urbano alto, não apresentou registro de ocorrências, constituindo o Grau IV-Baixo, representando 97% da bacia (1,23 Km²).

Figura 38. Mapa de Determinação do Grau de Risco da bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP



Elaborado por: Novaes (2015)

Ambos os riscos apresentam suscetibilidade natural, no entanto o Grau III apresentou todas as variáveis, declividade, intervenção e proximidade, enquanto que para as áreas determinadas como Grau IV alguns pontos não apresentaram proximidade, mas apresentaram declividade e outros pontos não apontaram a declividade, mas sim a proximidade com o canal. Contudo, havendo a presença de pelo uma das variáveis é suficiente para se configurar como suscetível. O padrão urbano foi consistente em toda a bacia, se configurando como Padrão Alto. O fator decisivo para a determinação dos diferentes graus de risco foi o registro de ocorrências, na medida em que nas áreas Risco III houve registro e na área Risco IV não houve registro de ocorrências.

Vale ressaltar que a metodologia aplicada não avalia elementos como a permeabilidade do solo e as características morfométricas relacionadas à ocorrência de enchentes. Fatores esses que podem influenciar diretamente no escoamento superficial ao longo da Bacia e acarretar novos elementos para a discussão.

De acordo com a metodologia aplicada, o Risco é considerado Moderado e Baixo, o que não significa que não existam danos, pois se apresentam danos secundários, como os já citados anteriormente por Manzione (2011), com a deterioração progressiva dos edifícios afetados e a diminuição nos fluxos de mercado, que afetam o cotidiano dos moradores e dos comerciantes e possuem uma relação direta com o quadro de desequilíbrio visto na bacia hidrográfica.

5.7 Medidas mitigatórias

Existem ações de contenção de enchente com a tomada de medidas estruturais e não-estruturais que visam minimizar as suas consequências, minimizar perdas e manter uma convivência harmônica com o rio, incluindo ações de cunho social, econômico e administrativo. Há também as infraestruturas verdes que se inserem no âmbito do planejamento urbano e regional com a finalidade de reintegrar a natureza no cenário urbano e trazendo muitos benefícios que vão além de conter enchentes e deslizamentos, mas também manter ou recuperar a biodiversidade (fauna e flora), estimular o lazer e o transporte limpo (caminhada, bicicleta).

5.7.1 Medidas estruturais e não-estruturais

As medidas estruturais, para Tucci (1997), são aquelas que modificam o sistema fluvial, de caráter corretivo, como as obras de engenharia, podendo ser extensivas, quando procuram modificar as relações de precipitação e vazão, quando

visam a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão. As medidas estruturais também podem ser intensivas, aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos: 1) aceleram o escoamento com construção de diques, aumentando a capacidade de descarga dos rios e corte de meandros (abertura de um canal); 2) retardam o escoamento com reservatórios e as bacias de amortecimento; 3) desviam o escoamento com obras como canais e desvios. Apesar de minimizar o problema em curto prazo, as medidas estruturais são caras, paliativas e frequentemente ocasionam outros impactos ambientais gerando uma falsa sensação de segurança, incentivando a ampliação da ocupação das áreas inundáveis.

Já as medidas não-estruturais, em conjunto com as anteriores ou não, podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor. Essas medidas funcionam de forma preventiva, como o zoneamento que consiste no mapeamento das áreas de risco de enchentes e a não ocupação destas áreas. Para tal, é necessário preparar um mapa de inundação, composto por linhas que indicam as áreas atingidas para um determinado risco de inundação. Além do estabelecimento da não ocupação destas áreas, deve-se também manter o monitoramento com a previsão de precipitação, de vazão do rio e de risco de enchente, que envolve um sistema de coleta e transmissão de informações; sistema de processamento de informações; modelo de previsão de vazão e níveis; procedimentos para acompanhamento e transferência de informação para a Defesa Civil, órgão responsável por agir em casos de desastres naturais (TUCCI, 1997).

Aponta ainda como medidas não-estruturais as construções à prova de enchente, no qual são projetadas para reduzir perdas e os seguros de enchente que permite uma proteção econômica para as perdas decorrentes das enchentes para os atingidos.

As medidas não-estruturais de caráter educativo e de planejamento, para Silva (2006), apesar de apresentarem resultados perceptíveis a médio e longo prazo, são de baixo custo e de fácil aplicação permitindo uma correta percepção do risco. Tais medidas, quando tomadas em conjunto com as medidas estruturais, podem minimizar os custos e os impactos catastróficos das enchentes. Algumas das principais ações não estruturais são: uso de material resistente à água nas construções, edificações; regulamentação da ocupação da área de inundação por cercamento; regulamentação do loteamento e código de construção; compra de áreas de inundação; seguro de inundação; previsão de cheia e plano de evacuação; incentivos fiscais para uso prudente da área de inundação; política de desenvolvimento adequada ao município, evitando prejuízos da inundação.

No entanto, é necessário conhecer as causas e consequências de uma enchente, para então definir as medidas preventivas que serão adotadas. Nesse sentido, os problemas ambientais urbanos, tal como a enchente, podem ser minimizados ou até mesmo evitados se houver planejadores no setor de administração pública e a população em geral tomar conhecimento dos problemas que o nosso modo de vida urbano pode ocasionar.

Essas medidas não-estruturais geralmente são desenvolvidas por entidades que operam a rede de alerta estadual ou municipal. Por isso a importância de se ter uma gestão dos recursos hídricos baseada na unidade da Bacia Hidrográfica, com uma gestão integrada entre os poderes públicos que integram determinada Bacia Hidrográfica, desde o monitoramento, coleta e transmissão de dados que possam auxiliar o controle e o combate às enchentes em todas as cidades dessa Bacia Hidrográfica.

Nota-se, no entanto, que a tendência predominante nas cidades brasileiras vai no sentido de remediar as situações envolvendo enchentes, através da construção de obras caras de engenharia, ao invés de procurar alternativas para preveni-las. A ocupação de várzeas e planícies de inundação natural dos cursos d'água e de áreas de encosta com acentuado declive tem sido uma das principais causas de desastres naturais, ocasionando todos os anos a mortalidade e a morbidade a milhares de vítimas, além de perdas econômicas em termos de infraestrutura e edificações. Se as cidades forem adequadamente administradas, com a devida atenção dada ao desenvolvimento social e ao meio ambiente, podem se evitar os problemas decorrentes de uma urbanização rápida, particularmente nas regiões em desenvolvimento (SBPC/ABC, 2011).

Pompêo (2000) traz como medidas preventivas e corretivas a melhoria de fluxo dos rios e canais; planejamento de uso e ocupação do solo; reservatórios para amortecimento de cheias; reservatórios subterrâneos artificiais; redução de vazão instalada em propriedades individuais, com rede de galerias que suportem a retenção de água; redução do volume na hora da precipitação; nova postura tecnológica no desenvolvimento de materiais; drenagem urbana sustentável.

Para alcançar propostas de gestão de enchentes, Pompêo (2000) teve como bases e princípios: 1) não existe solução puramente tecnológica; 2) não existe solução simplista; 3) não existe solução instantânea; 4) não existe solução que seja responsabilidade de um setor só da sociedade; 5) não existe solução possível de ser copiada; 6) não existe solução dissociada do problema. Esses princípios apontam que se deve construir um espaço de articulação includente, tanto na esfera individual e coletiva, quanto na pública e na privada.

Para Silva (2007), o controle dos picos de cheia, baseados na redução parcial ou total do volume escoado nas superfícies pelas precipitações antes que atinja a rede de drenagem existente, deve ter a aplicação realizada no interior de lotes, nos passeios, estacionamentos, parques e praças, de forma individual ou em conjunto. Utilizando métodos avaliados como forma de redução de cheias como microreservatórios de retenção; trincheira de infiltração; bacia de retenção e aumento da área permeável. Para a referida autora, as medidas não-estruturais são mais baratas, pois não demandam grandes obras e baseiam-se em regulamentação do uso da terra, construções à prova de enchentes, seguro de enchentes, previsão e alerta de inundação.

A formulação de diferentes soluções deve ocorrer a partir do detalhamento dos objetivos estabelecidos. O aumento de seções transversais dos canais, a construção de reservatórios de amortecimentos de cheias, a implementação de parques e o desenvolvimento de sistemas de previsão são propostas que podem ser elaboradas após a definição dos objetivos de um problema de drenagem. A última fase da análise sistêmica é a tomada da decisão, na qual é identificada a solução que mais favoravelmente atenda aos objetivos propostos. (SILVA, 2006)

5.7.2 Infraestruturas verdes

Infraestrutura verde é uma rede de espaços interconectados na escala do planejamento urbano e regional que compreende “áreas naturais e outros tipos de espaços abertos que conservam os valores dos ecossistemas naturais e suas funções como mananciais, controle ambiental, regulação climática, recreação e lazer, provendo uma ampla gama de benefícios para a sociedade” (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p.128), promovendo a integração de áreas naturais e biodiversidade nos densos meios urbanos.

A integração desses espaços busca a manutenção dos serviços ecossistêmicos como “água e ar limpos, estabilização de encostas de forma natural, prevenção de enchentes e deslizamentos, conexão de fluxos hídricos e bióticos, prevenção de assoreamento entre outros” (HERZOG; ROSA, 2010, p.99).

Para Herzog e Rosa (2010) a infraestrutura verde consiste em interconexões que procuram manter ou restabelecer os processos naturais e culturais que asseguram a qualidade de vida urbana que depende de seus aspectos geobiofísicos e do uso e ocupação ao longo do tempo.

Dentre os benefícios que a infraestrutura verde pode proporcionar, têm-se os citados por Franco (2010, p.143): melhora a qualidade do ar promovendo a saúde humana; sequestro de carbono da atmosfera; amortiza temperaturas altas e baixas no

microclima urbano; protege, conserva e recupera a biodiversidade na área urbana; auxilia na contenção de erosão; promove atividades contemplativas, esportivas e de lazer; promove a paisagem urbana; melhora a permeabilidade do solo, reduzindo as enchentes; articula e interliga os espaços verdes; promove a seguridade urbana; protege áreas de fragilidade ecológica; promove a imagem e a identidade de lugares urbanos.

Para Herzog e Rosa (2010) a eficácia das infraestruturas verdes necessita de um levantamento detalhado dos aspectos abióticos (geológico, hidrológico), bióticos (fauna e flora) e culturais. Tendo a bacia hidrográfica como unidade de macroplanejamento, parte-se do mapeamento dos condicionantes geológicos, geomorfológicos, hídricos, climáticos, da cobertura vegetal, dos sistemas de drenagem e esgotamento sanitário e uso e ocupação do solo. Para as autoras é importante também o histórico de uso e ocupação do solo, de hábitos e da cultura local, além do processo dever contar com a participação de representantes de todos os segmentos da sociedade que serão afetados pelos projetos de infraestrutura verde.

As infraestruturas verdes podem ser compostas por vários meios, “como parques, praças, corredores verdes, manejo de enchentes, jardins de chuva, canteiros pluviais, biovaletas, lagoa pluvial, teto verde, grade verde, hortas urbanas” (BENFICA; SIMÃO, 2013, p.72). Existem algumas experiências que podem ser usadas de exemplo, como nos Estados Unidos, Alemanha e no Brasil.

Cormier e Pellegrino (2008) apontam as experiências nas cidades de Seattle e Portland, dos Estados Unidos, com alguns projetos de infraestrutura verde na paisagem urbana com as seguintes tipologias:

- **Jardim de chuva:** depressões topográficas, existentes ou reafeiçoadas para receberem o escoamento de água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeabilizadas;
- **Canteiro pluvial:** jardins de chuvas que foram compactados em pequenos espaços urbanos e recebem o escoamento superficial entre a calçada e a rua;
- **Biovaleta:** valetas de biorretenção vegetadas são semelhantes ao jardim de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes e aumentam o tempo de escoamento da água;
- **Lagoa pluvial:** bacias de retenção que recebem o escoamento superficial, a água fica retida entre os eventos de precipitação das chuvas;
- **Teto verde:** cobertura vegetal plantada em cima de solo tratado, espalhado sobre uma base composta por uma barreira contra raízes, um reservatório de

drenagem e uma membrana à prova de água, absorvem a água da chuva, reduzem o efeito de ilha de calor, criam habitat para vida silvestre;

- **Cisterna:** barris pequenos ou grandes tanques, com o propósito de coletar água das chuvas para reuso e redução do escoamento superficial;

- **Grade verde:** combinação das tipologias anteriores em arranjos múltiplos, formando uma rede de intervenções para setores urbanos inteiros;

Herzog e Rosa (2010) trazem o caso da cidade de Freiburg, na Alemanha, que possui um eixo principal de conexão de ciclistas e pedestres ao longo do rio, por 9,5 Km, que cruza a cidade, sendo um corredor verde multifuncional. A rede urbana possui áreas de conservação e agrícolas e as normas de construção são bastante restritivas. Atentam para o bairro de Rieselfeld, onde anteriormente se destinava todo o esgoto da cidade, no qual foi criado um cinturão verde, a drenagem é naturalizada com jardins, biovaletas, canteiro pluvial, lagoas de retenção e detenção, estacionamentos e pavimentações permeáveis, teto verde.

No Brasil essa concepção de planejamento vem crescendo e projetos já estão sendo elaborados, como o Corredor verde Ibirapuera-Villa Lobos na cidade de São Paulo (FRANCO, 2010), a proposta Rio + Verde na cidade do Rio de Janeiro (HERZOG; ROSA, 2010), entre outros que aparecem em pesquisas sobre o potencial das infraestruturas verdes em cenários urbanos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento de dados oficiais e de dados coletados ao longo da pesquisa pôde-se traçar um panorama bastante amplo da situação da bacia e do Córrego Morumbi e determinar os Graus de Risco a enchentes na área. Além dos aspectos físicos da bacia, levou-se em consideração as características sociais dos moradores e comerciantes, isso propiciou uma visão mais qualitativa de alguns problemas e da vulnerabilidade social da área em questão.

O diagnóstico da vegetação indicou que parte da bacia do Córrego Morumbi se encontra nos parâmetros da legislação. No entanto, ainda há parcelas de mata ciliar que necessitam ser recompostas. O uso e cobertura da terra mostraram que 62,4% da bacia se encontram impermeabilizados devido ao uso urbano. Percebeu-se que a impermeabilização do solo e a incipiente cobertura vegetal provocam desequilíbrio hidrológico, o que traz como consequência o aumento do escoamento superficial da água da chuva, o aumento de sedimentos carregados para os cursos d'água, a diminuição da recarga das águas subterrâneas, resultando no problema ambiental urbano da enchente ou na sua intensificação.

A caracterização morfométrica da bacia indicou elementos que contribuem para a ocorrência e acentuação de episódios de enchentes, como o pequeno tamanho da área, o sistema de drenagem regular, fator de forma apresentando uma tendência baixa e coeficiente de compacidade com tendência alta de enchentes. Dessa maneira, percebe-se que apesar de haver relação entre a morfometria da bacia com a ocorrência de enchentes, há ainda outros fatores que devem ser levados em consideração e que interferem tanto para aumentar (como a urbanização e a vulnerabilidade social), quanto para amenizar os impactos, tais como o zoneamento e planejamento urbanos e a legislação ambiental vigente. Isto torna a análise geográfica uma ferramenta essencial no estudo do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica, sobretudo a urbana, onde se concentra a maior parte da população brasileira e múltiplas determinações se fazem presentes no processo de produção do espaço.

O cruzamento das variáveis que determinam o grau de risco resultou no Grau III – Moderado e Grau IV – Baixo, o que não significa que não existam danos, pois se apresentam danos secundários, com a deterioração progressiva dos edifícios afetados e a diminuição nos fluxos de mercado, que afetam o cotidiano dos moradores e dos comerciantes e possuem uma relação direta com o quadro de desequilíbrio visto na bacia hidrográfica.

Vale lembrar que a metodologia aplicada não avalia elementos como a permeabilidade do solo e as características morfométricas relacionadas à ocorrência de enchentes. Nesse sentido, ao longo do trabalho se apresentou esses fatores a fim de complementar a análise com dados mais variados trazendo novos elementos para a discussão.

Tendo estes resultados em vista pode-se inferir a necessidade das áreas urbanas em reverter o quadro em que se encontram no que se refere à vegetação e ao cumprimento das legislações. Para isso podem ser adotadas ações que incorporem medidas estruturais e não-estruturais de contenção de enchentes e pode-se dar destaque para as infraestruturas – verdes, que consistem numa abordagem de planejamento e projetos em cenários urbanos que buscam a integração de áreas naturais e biodiversidade na cidade e podem ser implementados através de redes de espaços abertos que conservam os valores dos ecossistemas naturais e suas funções.

7 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará. Tese (Doutorado) - UNESP, 2010.
- ALMEIDA, L.Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na Geografia. **Mercator**. Fortaleza, v. 10, n. 23, set./dez. 2011. p. 83-99. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=273621468008>> Acesso em 30 abr. 2013.
- ALTAMIRANO, G.; AMARAL, J.R.A.; SILVA, P.S. **Calçadas verdes e acessíveis**. São Paulo: A 9 Editora, 2008.
- ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013.
- ALVES, R. **ANA e Ministério da Integração apresentam Plano Nacional de Segurança Hídrica**. 20/8/2014. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12525> Acesso em 10 fev. 2015.
- AMARAL, R.; GUTJAHR, M.R. **Desastres naturais**. São Paulo: IG/SMA, 2011.
- ARAÚJO, S.M.V.G. **As áreas de preservação permanente e a questão urbana**. Câmara dos Deputados. Consultoria Legislativa. Anexo III. Brasília – DF, 2002. Disponível em: <http://www.mpba.mp.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/arborizacao/app_are_urbana.pdf> Acesso em: 20 abr. 2014.
- BARBETA, P.A. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2012.
- BARBOSA, T. **O conceito de natureza e análises dos livros didáticos de geografia**. 2006. 315 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.
- BARRETTO, A.G.O.P; SPAROVEK, G.; GIANNOTTI, M. **Atlas rural de Piracicaba**. Piracicaba: IPEF, 2006.
- BENFICA, S.S.; SIMÃO, T.R.S. Infraestrutura verde da cidade de Salto para o roteiro dos bandeirantes. São Paulo: **Revista Labverde**, n.7, artigo n.3, dez 2013, p.59-81.
- BENINI, S.M.; MARTIN, E. S. Decifrando as áreas verdes públicas. **Formação**, v. 2, p. 63-80, 2010.
- BERLATO, M.A; FONTANA, D.C. **Influência do El Nino oscilação sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.5, n.1, p. 127-132, 1997.
- BERNARDES, J.A.; FERREIRA, F.P.M. Sociedade e natureza. In: CUNHA, S.B ; GUERRA, A.J.T (orgs). **A questão ambiental: diferentes abordagens** – 2º Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M.I. **Programa Estadual de microbacias hidrográficas**. Campinas: CATI, 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2.ed. São Paulo, Ícone, 1999.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Revista RA'E GA**, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, Estado do Paraná. In: **Acta Scientiarum**. Human and Social Sciences. Maringá, v.26, n.2, p. 273-285.

BRAGA, R.; CARVALHO, P.F. (Orgs). **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. 1. ed. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal, 2003. v. 1. 131p.

BRANDÃO, V.S. **Infiltração da água no solo**. Viçosa: Editora UFV, 2006.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm> Acesso em 12 dez. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 369 de 28 de março de 2006**. Diário Oficial da União, Brasília – DF, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36906.xml>> Acesso em 25 abr. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 303 de 20 de março de 2002**. Diário Oficial da União, Brasília - DF, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em 1 de jul de 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso em 10 dez 2012.

BRASIL. **Lei 6766, de 19 de dezembro de 1979**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm> Acesso em 12 dez. 2011.

BRASIL. **Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm> Acesso em 25 jun. 2013.

BRASIL. **Lei 12.608**, de 10 de abril de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm> Acesso em 24 jun. 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S; OGURA, A. T. (orgs). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas –IPT, 2007.

BRITO, F.; SOUZA, J. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das Migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **Revista Perspectiva**, Fundação Seade, jan. 2006.

CALDEIRA, Teresa. **Cidade de Muros**: crime, segregação e cidadania em São Paulo. São Paulo: EDUSP, 2000.

CALHEIROS, R.O. **Preservação e Recuperação das Nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004.

CAMPANA, N.A.; TUCCI, C.E.M. **Estimativa de área impermeável de macro-bacias urbanas**. RBE, Caderno de Recursos Hídricos. Vol.2, n.2. 1994.

CAMPANELI, M; SCHAFFER, W.B. **Mata atlântica: manual de adequação ambiental**. Brasília: MMA/SBF, 2010.

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARLOS, A.F.A. **A Cidade**. 8º ed., São Paulo: Contexto, 2005.

CASTRO, A.L.C. **Manual de Desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, volume 1, 2003.

CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001.

CASTRO, S. D A. "Riesgos y peligros: una visión desde lá Geografía". **Scripta Nova**: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona, n.60, 15 de mar. 2000. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>> Acesso em 6 fev. 2015

CE - COMISSÃO EUROPEIA. **Orientações sobre as melhores práticas para limitar, atenuar ou compensar a impermeabilização dos solos**. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2012 – 62 p.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRE. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**: Volume São Paulo. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

CEPED - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRE. **Planejamento nacional para gestão de riscos – PNGR**: construção de indicadores socioambientais de vulnerabilidade a riscos de desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2010.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **A classificação climática de koeppen para o estado de São Paulo**. Disponível em <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>> Acesso em 12 abr. 2012

CIDADE, L.C.F. **Visões de mundo, visões da natureza e a formação de paradigmas geográficos**. Terra Livre, São Paulo, n. 17, p. 99-118, 2º semestre/ 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgar Blücher, 1981.

CORMIER, N.S; PELLEGRINO, P.R.M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. São Paulo: **Paisagem Ambiente**: ensaios, n.25,2008, p.125-142.

CORREA, R.L. **O espaço urbano**. Editora Ática, Série Princípios, 4º Ed., São Paulo, 2005.

COSTA, H.B.; ROSSI, M.; COELHO, R.M. **Mapa de impermeabilização do solo da bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas-SP**. In: Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, São Paulo – SP, de 05 a 09 set. 2005.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

DAMIS, R.C.B; ANDRADE, T.S . **A inaplicabilidade do Código Florestal em área urbana**. Jus Navigandi, Teresina, ano 10, n. 1134, 9 ago. 2006. *Disponível em:* <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=8762>> Acesso em 20 fev. 2012.

DAGNINO, R. S.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Revista de Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007, p. 50-87

ELIAS NETO, C. **Almanaque 2000**: Memorial de Piracicaba – Século XX. IHGP; Jornal de Piracicaba; UNIMEP. Piracicaba, 2000

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <www.bdclima.cnpm.embrapa.com> Acesso em 4 mai 2015.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: 1979.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: 1999.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

ESTEVES, C.J.O. Risco e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais. **Cad. IPARDES**, Curitiba – PR. ISSN 2236-8248, v.1 n.2, p.62-79, jul/dez 2011.

FARIAS, T.Q. **A edificação urbana à margem de rios e de outros reservatórios de água em face do código florestal**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, 37, 02/02/2007 Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1677> Acesso em 15 fev. 2012

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JUNIOR, A.P. **Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte - MG**. In: VI Encontro Nacional sobre Migrações, 2009, Belo Horizonte. Anais do.... Belo Horizonte: ABEP, 2009.

FERREIRA, M.I.P.; SILVA, J.A.F.; WERNECK, B.R. Marcos conceituais para gestão de recursos hídricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 2 n. 2, jul. / dez. 2008.

FRANCO, M.A.R. Infraestrutura verde em São Paulo: o caso do Corredor verde Ibirapuera-Villa Lobos. São Paulo: **Revista Labverde**, n.1, out de 2010, p.134-154.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda. 1988.

GOMES, M.C.V. **Avaliação de risco ambiental nas microbacias dos córregos Furninhas e Chumbeadinha, Ourinhos/SP**. Trabalho de conclusão (bacharelado – geografia) – Universidade Estadual Paulista – Campus Experimental de Ourinhos, 2008.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (org) - **Geomorfologia e Meio Ambiente** - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B (org) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 3ªed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, A.J.T; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia Ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2006.

HERZOG, C.P.; ROSA, L.Z. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. São Paulo: **Revista Labverde**, v.1, 2010, p.92-115.

HOGAN, D.J. Mobilidade populacional, sustentabilidade ambiental e vulnerabilidade social. **Revista Brasileira de Estudos de População**. São Paulo, v.22, n.2, p. 323-338, jul/dez 2005.

HORNICK, S.; FISCHERR, E.G. A bacia do rio Piracicaba – caminhos para a recuperação. In: THAME, A.C.M. (org) **Rio Piracicaba – vida, degradação e renascimento**. São Paulo: IQUAL Editora, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 03 ago. 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2º ed, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2º ed, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 3º ed, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Mensal de Emprego**. 2014

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. 2013

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Séries Estatísticas do IBGE de 1940 a 2010**. Disponível em

<<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>> Acesso em 3 de jul de 2014.

IPPLAP -INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA. **Histórico dos bairros do município de Piracicaba**. Disponível em:

<<http://www.ipplap.com.br/docs/Caderno%20Historico%20dos%20Bairros.pdf>> Acesso em 9 jul. 2013.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo: IPT 1981.

JP - JORNAL DE PIRACICABA. **Chuva dá trégua e faz nível do Piracicaba baixar**. JP: Piracicaba, 3 jan. 2010.

KAZTMAN, R.; BECCARIA, L.; FILGUEIRA, F.; GOLBERT, L.; KESSLER, G. **Vulnerabilidad, activos y exclusión social en Argentina y Uruguay**. Santiago de Chile: OIT, 1999.

KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F. Identificação dos riscos. **Revista Emergência**, fev/mar, 2011.

KONDER, L. **O que é a dialética**. Editora Brasiliense, 1998.

LECHIU, B.C.G.; OLIVEIRA FILHO, P.C.; SOUSA, J.B. Utilização de imagens orbitais de alta resolução em superfícies com níveis distintos de impermeabilização do solo urbano: caso Irati-PR. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 127-140, jul./dez. 2012

LEPSCH, I.F. **Solos** – Formação e conservação. São Paulo: Melhoramentos, 2ª ed., 1977.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F.. (Org.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 1ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000, v. 1, p. 33-44.

LINDENMAIER, D.S. **A organização da vegetação arbórea na paisagem urbana de Cachoeira do Sul – RS**. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

LOPES, E.S.S.; REIS, J.B.C. Desastres Naturais: conceitos e classificações. In: PURINI, Sérgio Roberto de Moura. Programa educacional Jc na escola: promovendo a leitura: **JC na Escola - Ciência**; organizado por Sérgio Roberto Purini e outros. Bauru; JC; São Paulo: FEBAB, 2011.

MAFFRA, C.Q.T; MAZZOLA, M. As razões dos desastres em território brasileiro. In: SANTOS, R.F (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

MANZIONE, R.L. Análise de Riscos de Desastres Naturais em Ambientes Urbanos. In: PURINI, Sérgio Roberto de Moura. Programa educacional Jc na escola: promovendo a leitura: **JC na Escola - Ciência**; organizado por Sérgio Roberto Purini e outros. Bauru; JC; São Paulo: FEBAB, 2011.

MARANDOLA JR., E. E HOGAN, D.J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**. São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade** – Vol. VII nº. 2 jul./dez. 2004, p. 95-109

MARANDOLA JR, E.; HOGAN, D.J. O Risco em perspectiva: tendências e abordagens. **Geosul**, Florianópolis, v.19, n.38, jul/dez 2004.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de geografia**. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>> Acesso em 25 jun.2013.

MATTES, D. A sustentabilidade do sistema de drenagem urbana. IN: DOWBOR, L.; TAGNIN, R.A. **Administrando a água como se fosse importante**: gestão ambiental e sustentabilidade. Editora: Senac, São Paulo, 2005.

MAUS, V.W.; RIGUES, A.A.; BURIOL, G. A.. Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas. In: **I Simpósio de recurso hídricos do Norte e Centro-Oeste, 2007**, Cuiabá-MT. A busca pelo uso sustentável dos recursos hídricos das regiões Norte e Centro-Oeste. São Paulo: ABRH, 2007. v. 1. p. 71

MENEZES FILHO, F. C. M. DE; TUCCI, C. E. M. Alteração na relação entre densidade habitacional x área impermeável: Porto Alegre-RS. **REGA** – Vol. 9, no. 1, p. 49-55, jan./jun. 2012.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO. **Cidades Resilientes**. 2015. Disponível em :<<http://www.integracao.gov.br/cidades-resilientes>> Acesso em 8 fev. 2015.

MORAES, A.C.R. **Geografia**: pequena historia crítica. São Paulo: Annablume, 21º ed, 2007.

MORIMOTO, C.; SALVI, Rosana Figueiredo. **As percepções do homem sobre a natureza**. In: 12 Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2009, Montevideo. Caminando en una América Latina em transformación, 2009.

NOVAES, C.P. **Determinação do Grau de Risco de Enchentes na Rua do Porto, Município de Piracicaba/SP**. 2012. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2012.

OLIVEIRA, E.L.A.; ROBAINA, L.E.S. Mapeamento das áreas de risco geomorfológico da bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria/RS. Revista Ciência e Natura, UFSM. **V Simpósio Nacional de Geomorfologia**: I Encontro Sul Americano Geomorfologia. Ago/2004, até pag 478.

OLIVEIRA, E.L.A.; ROBAINA, L.E.S.; RECKZIEGEL, B.W. **Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológico: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS**. In: Simpósio brasileiro de desastres naturais, I., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004.

OLIVEIRA, A. M. S.; THOMAZ JR, A. Relação Homem - Natureza no modo de produção capitalista. **Scripta Nova Revista Eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales**, Universidade de Barcelona-Espa, v. VI, p. 1-8, 2002.

OLIVEIRA, A.H.; SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; AVANZIJUNIOR, C.; CURI, N.; LIMA, G.C.; PEREIRA, P.H. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 143-154, jan./mar, 2012.

ONODERA, L.T. **O uso de gabiões como estrutura de contenção**. 2005. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil Com ênfase Ambiental, Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2005.

OTERO, E.V. **Expansão urbana no município de Piracicaba entre 2000 e 2010: políticas públicas e atividade imobiliária**. In: XIV Encontro Nacional da ANPUR. Rio de Janeiro: RJ. Maio de 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008**. Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido. Tradução IPAD (Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento)

PERECIN, M.T.G. Piracicaba através dos tempos. In: **Almanaque 2000: Memorial de Piracicaba – Século XX**. IHGP; Jornal de Piracicaba; UNIMEP. Piracicaba, 2000

PERUSI, M. C.; et al . Impermeabilização das calçadas como fator de aceleração da erosão e problemas na drenagem urbana da sub-bacia do córrego Água da Veada, município de Ourinhos/SP. In: **XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e Água**, Lages/SC. 2012. v. 1. p. 1-4.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. **Hidrologia básica**. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 1976

PIRES, C. R. S. O desenvolvimento urbano de piracicaba no século XIX. **Histórica – Revista Eletrônica do Arquivo Público do Estado de São Paulo**, n.30, 2008.

PIROLI, E.L. Geoprocessamento aplicado o estudo da evolução do uso da terra e seus impactos sobre a infiltração de água em microbacias hidrográficas. In: ROSALEN, D.L.; FURLANI, C.E.A.; ROGÉRIO, T.F. (Orgs.) **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA**. 1ed. Jaboticabal: SBEA, 2014, v. 1, p. 1-8.

POMPEO, C.A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n.1 jan/mar/ 2000, 15-23.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA. **Lei complementar nº 186, de 10 de outubro de 2006**. Aprova o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Piracicaba, cria o Conselho da Cidade, revoga a Lei Complementar nº 46/95 e suas alterações e dá outras providências. *Disponível em* :<<http://www.semob.piracicaba.sp.gov.br/arquivos/Legislacao/Municipal/Plano%20Diretor%20de%20Desenvolvimento/L.%20C.%20186-06%20-%20P.D.D..pdf>> Acesso em 15 jan. 2012

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA. **Lei complementar n.º 199, de 11 de maio de 2007**. Dispõe sobre a arborização urbana no Município de Piracicaba. *Disponível em* :<<http://www.semob.piracicaba.sp.gov.br/arquivos/Legislacao/Municipal/Arborizacao%20Urbana/L.%20C.%20199-07%20-%20Arborizacao%20Urbana.pdf>> Acesso em 18 jan. 2015

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA. **Manual de Normas Técnicas de Arborização Urbana**. Piracicaba, 2007. Disponível em: <<http://www.semob.piracicaba.sp.gov.br/arquivos/Legislacao/Municipal/Arborizacao%20Urbana/Manual%20de%20Arborizacao.pdf>> Acesso em 15 jan. 2015

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRACICABA. **Programa de prevenção de enchentes prefeitura de Piracicaba**. Informativo do município de Piracicaba, dez 2011.

QUADRO, M.F.L ; ABREU, M.L. **Estudo de episódios de zonas de convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. São José dos Campos – SP, 1994.

REIS FILHO, N.G. **Contribuição ao estudo da evolução urbana no Brasil: (1500-1720)**. São Paulo: Editora Pioneira, 1968.

ROCHA, M. Riscos mapeados: Equipe do IPT veio a Piracicaba para classificar áreas com risco de inundação e deslizamentos. In: **GAZETA DE PIRACICABA**, 19 de março de 2014, ano XI, nº 2339.

ROCHA, M. Tatuapé 2: alto risco – Avaliação é do IPT, que considera a região vulnerável a deslizamentos. In: **GAZETA DE PIRACICABA**, 20 de março de 2014, ano XI, nº 2340

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

SANTOS, A.F. **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu – SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000**. . 2004. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

SANTOS, M. **Pensando o Espaço do Homem**.– São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 5^o ed., 2004.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 4^o ed., 2006.

SANTOS, R.F (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, R.F.; CALDEYRO, V.S. Paisagens, condicionantes e mudanças. In: SANTOS, R.F (org). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007.

SBPC/ABC– SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA E ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **O Código florestal e a ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo: SBPC/ABC, 2011.

SCHÄFFER, W.B. et al. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação X Áreas de Risco: O que uma coisa tem a ver com outra**. Brasília, DF: MMA, 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_publicacao/202_publicacao01082011112029.pdf> Acesso em 19 jan. 2015

SCHIER R.A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **RA'E GA**, Curitiba: Editora UFPR, n. 7, 2003, p. 79-85.

SEADE. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Espaços e Dimensões da Pobreza nos Municípios do Estado de São Paulo**. Disponível em <http://www.seade.gov.br/projetos/ipvs/>, Acesso em 21 set. 2012.

SENTELHAS, P. **Índice de chuvas não surpreende**. Piracicaba: Jornal De Piracicaba:, 5 jan. 2000.

SILVA, K.A (2007), **Análise da eficiência de métodos de controle de Enchentes na atenuação de picos de cheias utilizando o modelo computacional SWMM – Storm water management model**. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2007.

SILVA, L.P.; SANTOS, C.A.G. Análise espacial dos riscos de erosão e inundação na bacia do Rio Cuiá. In: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, n.3, jul/set 2010, p. 21-32.

SILVA, R.C. **Análises morfométricas e hidrológicas das bacias hidrográficas do córrego Teixeira, ribeirão das Rosas e ribeirão Yung, afluentes do rio Paraibuna, Juiz de Fora/MG**. 2011. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011

SOUZA, A.M. Mergulho na bacia – Educação ambiental voltada para a conservação da bacia hidrográfica do rio Jaú, Brasil. In: **I Congresso Internacional de Educación Ambiental dos países Lusófonos e Galícia**, Santiago de Compostela. 24-27 setembro de 2007. Disponível em <http://www.ceida.org/CD_CONGRESO_lus/documentacion_ea/comunicacions/EA_e_conservacion_da_biodiversidade/Souza_AmilcarMarcel2.html > Acesso em 13 fev. 2015

SPOSITO, M.E.B. **Capitalismo e urbanização**. São Paulo: Contexto, 13ªed, 2001.

SPOSITO, M.E.B. A urbanização no Brasil. In: SE/CENP. (Org.). **Geografia** (Série argumento). São Paulo: Secretaria de Educação do Estado de São Paulo - CENP, 1ªed., v. 1, p. 61-78, 1993.

TAGLIANI, C. R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. **Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte, Brasil, INPE, p. 1657 – 1664, 05 - 10 abril 2003.

TEODORO, W.L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. o conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **REVISTA UNIARA**, n.20, 2007.

TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.; LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. In: **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, 2006, p.849-857.

TUCCI, C.E.M. Inundações Urbanas. In: TUCCI, C.E M.; PORTO, R.L.; BARROS, M.T. (orgs.) **Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Editora da Universidade, 1995, p.15-36.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 2, n.2, Jul/Dez, 1997, p.5-12.

TUCCI, C.E.M.: Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, RBRH, Vol. 5, Nº. 1, Pág. 61-68, Janeiro/Março, 2000.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**.v.7, N.1, 2002, p-5-25.

TUCCI, C.E.M. **Impactos da variabilidade climática e uso do Solo sobre os recursos hídricos**. Estudo preparado como contribuição da ANA – Agência Nacional de Águas para a Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. Maio de 2002. Disponível em: <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/6/23336/InBr02902.pdf> Acesso em 2 de jun de 2014.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil **REGA** – v. 1, no. 1, p. 59-73, jan./jun. 2004.

TUCCI, C.E.M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.C; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (org) **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. –São Paulo: Escrituras Editora, 3ªed., 2006.

TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v 2, n.1, Jan/Jun, 1997, 135-152.

TUCCI, C.E.M.; Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C.(Orgs) **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

UGEDA JÚNIOR, J.C.; AMORIM, M.C.C.T. **Urbanização Brasileira, Planejamento Urbano e Planejamento da Paisagem**. In: Congresso do Meio Ambiente da AUGM, 2009, São Carlos - SP. Anais de eventos da UFSCAR. São Carlos - SP: Edefscar, 2009. v. 5.

UGEDA JUNIOR, J.C.; AMORIM, M.C.C.T. Indicadores ambientais e planejamento urbano. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 31, v. 2, p. 5-35, jul/dez, 2009.

URAMOTO, K. **Biodiversidade de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* (Dip., Tephritidae) no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba**. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

VARGAS, K.B. **Caracterização morfoestrutural e evolução da paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Agua das Antas – PR**. Dissertação (Mestrado). 2012. 103 f. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

VIANNA, A. P. P. **Utilização de modelagens hidrológica e hidráulica associadas a um sistema de informações geográficas para mapeamento de áreas inundáveis** – Estudo de caso: município de Itajubá, MG. Dissertação (Mestrado). 2000. 120 f. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975.

VITTE, A.C.; VILELA FILHO, L.R. Utilização da morfometria na determinação da fragilidade potencial do relevo na bacia hidrográfica do Córrego Proença, município de

Campinas (SP). In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia-GO, Set 6-10, 2006.

WISLER, C.O.; BRATER, E.F. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964.

ZANINI, R. **Espacialização do verde urbano em Londrina/PR**. Monografia (Bacharelado) Geografia. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 1998

APÊNDICES

APÊNDICE 1- Roteiro de entrevista para a Defesa Civil de Piracicaba

Roteiro de entrevista a Defesa Civil Municipal

Nome: _____

Cargo/Função: _____

Data: ____ / ____ / ____

1. Quais seriam as atribuições da defesa Civil de Piracicaba?
2. Quantos profissionais atuam direta ou indiretamente em situações de enchente? Qual a formação básica dos profissionais?
3. Como a Defesa Civil classifica as áreas de risco, em geral (enchentes, deslizamento, próximo a aterros)? E especificamente as enchentes?
4. Existe um mapeamento ou dados estatísticos dos episódios de enchentes em escala municipal? Encontra-se disponível para pesquisadores e população?
5. Das áreas de risco que existem como hierarquizar? Qual tem prioridade?
6. A população participa deste processo de avaliação? São consultados? São receptivos?
7. Há algum projeto de conscientização da população?
8. Há projetos de prevenção, em parcerias?
9. No momento do episódio, como atuam?
10. Como funciona a assistência pós-evento?
11. Quais os trechos mais afetados da cidade?
12. Especificamente para o Córrego Morumbi, na Av Pazinato Sturion e na Rua Segisfredo Paulino de Almeida, trechos passíveis de enchente, há registros ou dados disponíveis?
13. É possível a pesquisadora ter acesso aos registros pluviométricos, de vazão, número de ocorrências, número de afetados?

APÊNDICE 2 - Questionário para residências e estabelecimentos comerciais

Questionário Socioambiental dos moradores

Nome:

Endereço:

1. **Uso:** () comercial () residencial () condomínio () industrial () prédio público
2. Se comercial/industrial ou prédio público (setor): _____
3. Área total aproximada: _____
4. Idade da construção (aproximada): _____
5. Prédio: () próprio ou () alugado?
6. Há quanto tempo trabalha/mora neste local? _____
7. Quanto tempo reside no bairro?
8. Número de residentes? _____
9. Idade do entrevistado: _____
10. Profissão _____ do entrevistado: _____
11. Renda do entrevistado: () até 01 salário mínimo () de 1 a 2 salários mínimos () de 2 a 4 salários mínimos () mais de 4 salários mínimos
12. Escolaridade do entrevistado:
Ensino Fundamental I (Antigo primário 1ª a 4ª série)
 () Completo () Incompleto
Ensino Fundamental II (Antigo colegial 5ª a 8ª série)
 () Completo () Incompleto
Ensino Médio
 () Completo () Incompleto
Ensino Superior
 () Completo () Incompleto
13. Abastecimento de água é feito por: () rede pública () poço () águas superficiais?
14. Esgoto: () rede pública () fossa () lançamento "in natura" no solo ou corpo d'água?
15. Coleta de lixo: () rede pública () outro
16. Padrão construtivo do imóvel: () alto () médio () baixo
17. Entorno da construção possui:
 () pavimentação () guia () sarjeta () iluminação () arborização () praça
 () drenagem urbana () ruas sinalizadas () lixo/entulho em terrenos () instrumentos públicos
18. Se encontra próximo à área de risco?
 () de enchentes () desmoronamento () erosão () depósito de lixo () outro
19. Já teve algum prejuízo financeiro devido à enchentes? Quanto calcula de prejuízo? _____
20. Quantas enchentes já presenciou?
21. Já pensou em se mudar por causa das enchentes? () Sim () Não
22. Considera adequado morar próximo ao córrego? () Sim () Não
23. Como avalia as condições ambientais que se encontra o córrego?
 () boa () moderada () ruim Justifique: _____
24. Considera a quantidade de vegetação ideal? _____
25. Quanto de área permeável (terra, grama, cascalho, brita) possui na área de sua residência? Parte interna (em porcentagem): _____ Parte externa (calçada): _____
26. Quais as principais consequências das enchentes para sua casa/estabelecimento?
27. Pontos negativos de se morar próximo ao córrego? () Insetos () segurança/violência () vulnerabilidade a riscos naturais outro _____
28. Pontos positivos de se morar próximo ao córrego? _____
29. Há intervenção do poder público para resolução dos problemas? Quais? _____
30. Sabe dizer por que ocorrem as enchentes no bairro? _____
31. O que poderia ser feito para que esses episódios não aconteçam mais?