

RAFAELA ANTUNES FORTUNATO

**SUBSÍDIOS À PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES
URBANAS: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM
MUNICÍPIO DE CURITIBA - PR**

CURITIBA

2006

RAFAELA ANTUNES FORTUNATO

**SUBSÍDIOS À PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES
URBANAS: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM
MUNICÍPIO DE CURITIBA - PR**

**Dissertação apresentada como
requisito parcial à obtenção do grau
de Mestre. Programa de Pós-
Graduação em Construção Civil do
Setor de Tecnologia da Universidade
Federal do Paraná.**

**Orientadora: Prof^ª Dr^ª Cristina de
Araújo Lima**

CURITIBA

2006

TERMO DE APROVAÇÃO

RAFAELA ANTUNES FORTUNATO

**SUBSÍDIOS À PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS:
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM - MUNICÍPIO DE CURITIBA - PR**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cristina de Araújo Lima (Doutorado – UFPR)
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - UFPR

Examinadores: Prof. Dr. Sérgio Scheer (Doutorado – PUC-RJ)
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil – UFPR

Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Muratori (Doutorado – UFPR)
Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPR

Dr. Emílio Trevisan (Doutorado – UFPR)
Diretor de Recursos Hídricos da SUDERHSA - PR

Curitiba, 16 de maio de 2006.

*Se toda consciência, tende a que se entenda
E toda lenda, quer chegar aqui
A ciência não se aprende
A ciência aprende
A ciência em si*

Arnaldo Antunes
(A ciência em si, 1995)

DEDICATÓRIA

*todo esforço não teria sentido
cada desafio não teria um porquê
toda alegria ou toda dor
cada conquista ou cada perda
todo passo dessa caminhada
somente existe
por vocês*

à minha família

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos que tornaram possível a concretização desse sonho...

Aos meus pais, Milton e Lucila, pelo amor

Às minhas irmãs, Fabíola e Fernanda, pela sincera amizade e auxílio em todos os momentos difíceis

Ao meu marido, Carlos Henrique, pelo amor e compreensão

À minha avó, Oscarina, pelo exemplo de vida

Aos meus amigos pelo incentivo

À minha orientadora Cristina pela dedicação e carinho

Aos professores Aloísio e Hideo por despertarem em mim o gosto pela pesquisa

Aos professores do mestrado pelo ensinamento

Aos colegas de mestrado por compartilharem cada dificuldade e cada conquista

Ao professor Ney e à Ziza pela paciência e gentileza

Ao CNPq – Fundo Setorial CT-HIDRO pela concessão da bolsa de pesquisa, fundamental para realização desse trabalho

A todos os funcionários dos órgãos parceiros pela colaboração com a pesquisa, em especial: Marlon (COMDEC/ PMC), Josete (UFPR, SUDERHSA), Célia Regina e Galerani (SUDERHSA), Oscar (IPPUC), Eduardo (SIMEPAR) e Milton (COMEC)

A todos que me acompanharam em alguma parte dessa caminhada...

A Deus e à vida...

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	3
1.3 JUSTIFICATIVAS	3
1.3.1 Quanto à formação e ao conhecimento.....	3
1.3.2 Quanto ao desenvolvimento tecnológico.....	4
1.3.3 Quanto a fatores ambientais.....	5
1.3.4 Quanto aos aspectos políticos, econômicos e sociais	6
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 PROBLEMATIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES URBANAS.....	11
2.1.1 Compreensão do ciclo hidrológico	11
2.1.2 Compreensão das enchentes e inundações.....	12
2.1.3 Clima e eventos extremos.....	16
2.1.4 Impactos ambientais, sociais e econômicos relacionados às inundações em áreas urbanas ...	18
2.1.5 Aumento do risco de inundação devido à urbanização.....	21
2.1.6 Sistemas de drenagem e as medidas de prevenção e controle das inundações urbanas.....	26
2.2 PLANEJAMENTO E GESTÃO COMO SUBSÍDIOS À PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS	29
2.2.1 Planejamento e gestão ambiental: histórico e conceituação	29
2.2.2 Princípios das políticas públicas de planejamento e gestão.....	31
2.2.3 Plano de Prevenção e Controle das Inundações.....	35
2.2.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana.....	38
2.2.4 Legislações Federal, Estadual e Municipal para prevenção e controle das inundações.....	41
2.2.5 Aspectos sobre a Defesa Civil e sua atuação na prevenção e controle das inundações	47
2.2.5 Aspectos do Planejamento Urbano de Curitiba	52

2.3 EXPERIÊNCIAS DE IMPLANTAÇÃO DE POLÍTICAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS NO BRASIL E EM ALGUNS PAÍSES.....	57
2.3.1 Experiências positivas de políticas, instrumentos e ações baseadas no planejamento e na gestão implantadas na China, Itália, Austrália, África do Sul e Alemanha.....	58
2.3.1.1 <i>China: sistema de monitoramento, controle e avaliação dos riscos de inundação integrando geoprocessamento e sensoriamento remoto</i>	59
2.3.1.2 <i>Itália: sistema de prevenção, gerenciamento e monitoramento das inundações utilizando modelagem desenvolvida sobre base GIS</i>	62
2.3.1.3 <i>Austrália: educação ambiental voltada à comunidade visando à mitigação das inundações aliada a melhoria da qualidade das águas</i>	64
2.3.1.4 <i>África do Sul: controle da ocupação urbana em áreas inundáveis por meio do zoneamento</i>	65
2.3.1.5 <i>Alemanha: estudos que contemplam a reserva de áreas verdes como alternativa à redução do escoamento superficial e do risco de inundações</i>	66
2.3.2 Falhas nas políticas, instrumentos e ações desenvolvidos para a mitigação das inundações: o caso da Europa e da América do Norte	67
2.3.2.1 <i>Inglaterra: falhas nas políticas públicas de mitigação das inundações devido ao enfoque nas medidas de controle estruturais e falta de aplicação de ações preventivas</i>	69
2.3.2.2 <i>Holanda: aprendendo com o gerenciamento das inundações baseado nas medidas estruturais e no pronto atendimento em situações de emergência</i>	70
2.3.2.3 <i>Canadá: superação dos problemas por meio do desenvolvimento de pesquisas para implantação de um sistema público de informações</i>	71
2.3.2.4 <i>Estados Unidos: falhas no programa nacional de combate às inundações urbanas</i>	72
2.3.3 Experiências brasileiras de políticas, instrumentos e ações voltadas à prevenção e controle das inundações urbanas.....	73
2.3.3.1 <i>Santa Catarina: estudo sobre as falhas existentes e proposição de soluções para o controle e prevenção das inundações urbanas</i>	74
2.3.3.2 <i>Porto Alegre: criação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre no ano de 2000</i>	75

2.3.3.3 <i>Santo André: gestão integrada do saneamento ambiental</i>	77
2.3.3.4 <i>São Paulo: busca de soluções para redução de catástrofes em um dos maiores cenários de risco de inundação do país</i>	78
2.4 CONSIDERAÇÕES	79
3 MÉTODOS DE PESQUISA.....	80
3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO ADOTADO	80
3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	82
3.2.1 Recorte espacial: critérios de seleção	82
3.2.2 Recorte temporal: critérios de seleção	87
3.3 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	89
3.3.1 Etapa 1: estabelecimento de parcerias e contatos com informantes chaves.....	89
3.3.2 Etapa 2: revisão da literatura	90
3.3.3 Etapa 3: coleta das bases digitais do recorte espacial selecionado	91
3.3.4 Etapa 4: observações em campo e registro fotográfico da área de estudo	93
3.4 PROCEDIMENTOS ADOTADOS E ESTRATÉGIAS DE VALIDAÇÃO	96
3.5 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE	98
3.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	99
4 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES URBANAS NA BACIA	
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	101
4.1 ASPECTOS FÍSICO-TERRITORIAIS.....	102
4.1.1 Localização.....	102
4.1.2 Hidrografia	104
4.1.3 Relevo.....	111
4.1.4 Geologia	114
4.1.5 Clima e precipitações.....	118
4.1.6 Áreas verdes	121
4.1.7 Evolução do uso e ocupação do solo	125

4.1.8	Caracterização do zoneamento, uso e ocupação do solo segundo a legislação vigente: Lei Municipal 9800/00.....	132
4.1.9	Análise da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém	137
4.2	ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	144
4.2.1	Demografia.....	144
4.2.2	Renda.....	148
4.2.3	Habitações	152
4.3	ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES.....	159
4.3.1	Histórico das inundações.....	159
4.3.2	Diagnóstico atual sobre as áreas inundáveis.....	164
4.3.3	Análise da relação entre uso e ocupação do solo urbano e a ocorrência de inundações	168
4.3.4	Cenários de risco de inundação	186
4.3.5	Análise sobre as medidas de prevenção e controle das inundações - realizadas e propostas	192
5	CONCLUSÕES	202
5.1	CONCLUSÕES GERAIS.....	202
5.2	SUBSÍDIOS PARA A TOMADA DE DECISÕES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO QUANTO À MITIGAÇÃO DAS INUNDAÇÕES URBANAS, COM DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM	203
5.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	208
	REFERÊNCIAS	209

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	-	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	9
FIGURA 2	-	ETAPAS DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
FIGURA 3	-	CICLO HIDROLÓGICO	12
FIGURA 4	-	ENCHENTES OU CHEIAS, E AS INUNDAÇÕES.....	13
FIGURA 5	-	INTERFERÊNCIAS NO CICLO HIDROLÓGICO DEVIDO À URBANIZAÇÃO	23
FIGURA 6	-	PROCESSO DE IMPACTO DA URBANIZAÇÃO.....	24
FIGURA 7	-	ÁREAS ABRANGIDAS PELO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA ALTO IGUAÇU.....	44
FIGURA 8	-	FLUXO PREVENTIVO DA DEFESA CIVIL DE CURITIBA.....	51
FIGURA 9	-	PLANO AGACHE.....	52
FIGURA 10	-	SISTEMA VIÁRIO DE CURITIBA.....	54
FIGURA 11	-	LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	83
FIGURA 12	-	MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO IGUAÇU.....	84
FIGURA 13	-	CARACTERÍSTICAS DO BAIRRO BOQUEIRÃO: ESTUDO PILOTO.....	86
FIGURA 14	-	ANÁLISE MULTITEMPORAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – VISUALIZAÇÃO DO ESTUDO PILOTO.....	88
FIGURA 15	-	DIFERENTES ESCALAS DE ANÁLISE.....	88
FIGURA 16	-	SOFTWARE ARCVIEW GIS 3.2 – ESRI.....	92
FIGURA 17	-	SOFTWARE LIVRE SPRING.....	93
FIGURA 18	-	EXEMPLOS DAS OBSERVAÇÕES DO TRABALHO EM CAMPO.....	95
FIGURA 19	-	LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM NO MUNICÍPIO DE CURITIBA E DOS 36 BAIRROS INSERIDOS NA BACIA.....	103
FIGURA 20	-	ALGUNS PONTOS DE RELEVÂNCIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	104
FIGURA 21	-	HIDROGRAFIA E SUB-BACIAS DA BACIA DO RIO BELÉM.....	105
FIGURA 22	-	NASCENTE E FOZ DO RIO BELÉM.....	106
FIGURA 23	-	POLUIÇÃO AO LONGO DO RIO BELÉM E SEUS AFLUENTES.....	107
FIGURA 24	-	EXEMPLO DE LANÇAMENTO IRREGULAR DE ESGOTO... ..	108
FIGURA 25	-	RIOS E CÓRREGOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM: CENÁRIO ATUAL.....	109
FIGURA 26	-	DIAGNÓSTICO SOBRE OS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – DIFERENÇAS DE MAPEAMENTO DO IPPUC E DA SUDERHSA.....	110
FIGURA 27	-	RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	111
FIGURA 28	-	OCUPAÇÃO DO ALTO BELÉM: PERFIL COM VISTA PARA O CENTRO URBANO.....	112
FIGURA 29	-	OCUPAÇÃO DO MÉDIO BELÉM.....	113
FIGURA 30	-	OCUPAÇÃO DO BAIXO BELÉM.....	114

FIGURA 31	-	GEOLOGIA DE CURITIBA COM DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	116
FIGURA 32	-	ÁREAS VERDES DO MUNICÍPIO DE CURITIBA DIVISÃO POR BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	122
FIGURA 33	-	PARQUES E BOSQUES LOCALIZADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	123
FIGURA 34	-	PERCENTUAL DE ÁREAS VERDES POR BAIRRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	125
FIGURA 35	-	EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – VISTA GERAL.....	127
FIGURA 36	-	EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – MÉDIO BELÉM.....	128
FIGURA 37	-	EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – BAIXO BELÉM.....	130
FIGURA 38	-	EVOLUÇÃO OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – ALTO BELÉM.....	131
FIGURA 39	-	ZONEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – DE ACORDO COM A LEI MUNICIPAL 9800/00.....	134
FIGURA 40	-	VAZIOS URBANOS EM CURITIBA: DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	136
FIGURA 41	-	CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT TM DE 1986 E 2002 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	140
FIGURA 42	-	EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1970 A 2000)	142
FIGURA 43	-	EVOLUÇÃO DA DENSIDADE DEMOGRÁFICA (1970 A 2000) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	146
FIGURA 44	-	DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR SETOR CENSITÁRIO ANO DE 2000 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	147
FIGURA 45	-	RENDIMENTO MÉDIO DOS RESPONSÁVEIS PELOS DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES EM CURITIBA – DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	149
FIGURA 46	-	PADRÕES CONSTRUTIVOS E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	150
FIGURA 47	-	EVOLUÇÃO DOS DOMICÍLIOS EM AGLOMERADOS SUBNORMAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1991/1996/2000)	154
FIGURA 48	-	OCUPAÇÕES IRREGULARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	157
FIGURA 49	-	SUBHABITAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	158
FIGURA 50	-	INUNDAÇÃO NA RUA XV DE NOVEMBRO – FEVEREIRO DE 1999.....	159
FIGURA 51	-	DIAGNÓSTICO SOBRE AS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – 12 MANCHAS CRÍTICAS.....	166

FIGURA 52	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 1 E 2 – ALTO BELÉM.....	170
FIGURA 53	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 3 – MÉDIO BELÉM.....	171
FIGURA 54	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 4 E 5 – MÉDIO BELÉM.....	173
FIGURA 55	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 6 – MÉDIO BELÉM.....	175
FIGURA 56	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 7 – MÉDIO BELÉM.....	176
FIGURA 57	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 8 – MÉDIO BELÉM.....	178
FIGURA 58	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 9 – MÉDIO BELÉM.....	179
FIGURA 59	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 10 – MÉDIO BELÉM.....	181
FIGURA 60	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 11 E 12 – BAIXO BELÉM.....	183
FIGURA 61	-	ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - DETALHE DA MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 11.....	184
FIGURA 62	-	DIVERSIDADE DA SITUAÇÃO LEGAL DOS LOTES E CONSTRUÇÕES LOCALIZADOS NAS MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 11 E 12.....	185
FIGURA 63	-	DIFERENTES CENÁRIOS DE RISCO ENCONTRADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	189
FIGURA 64	-	LOTES URBANOS SOB RISCO DE INUNDAÇÕES E/OU LOCALIZADOS NAS MARGENS DE RIOS E CÓRREGOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM.....	191
FIGURA 65	-	MEDIDAS ESTRUTURAIS REALIZADAS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA EM 2006.....	194
FIGURA 66	-	AÇÕES EDUCATIVAS DE PREVENÇÃO ÀS INUNDAÇÕES REALIZADAS PELA COORDENADORIA DE DEFESA CIVIL DE CURITIBA.....	195
FIGURA 67	-	MEDIDAS REALIZADAS PELA DEFESA CIVIL DE CURITIBA.....	196

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	CN CALCULADO PARA AS SUB-BACIAS QUE COMPÕEM A BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO IGUAÇU.....	117
GRÁFICO 2 -	PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS EM CURITIBA (1997 a 2001)	119
GRÁFICO 3 -	CLASSIFICAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO ALTO IGUAÇU DE ACORDO COM O GRAU DE CRITICIDADE QUANTO ÀS INUNDAÇÕES.....	187
GRÁFICO 4 -	CUSTO TOTAL EM R\$ (x 1000) POR VAZÃO ESPECÍFICA RETIDA POR UNIDADE DE ÁREA (l/s x ha)	199

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	-	RESUMO DOS CENÁRIOS DE RISCO: BACIA DO ALTO IGUAÇU.....	15
QUADRO 2	-	PRINCIPAIS IMPACTOS EM ÁREAS URBANAS.....	19
QUADRO 3	-	AÇÕES DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	34
QUADRO 4	-	EXTENSÕES E ÁREAS ABRANGIDAS PELO PDDRU.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	-	LEVANTAMENTO DA ÁREA TOTAL, DENSIDADE POPULACIONAL, CN E PERCENTUAL DE ÁREAS IMPERMEÁVEIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM E SUAS SUB-BACIAS.....	118
TABELA 2	-	EVOLUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIO BELÉM.....	138
TABELA 3	-	CHUVAS CONVECTIVAS CRÍTICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1991-1999)	160
TABELA 4	-	DETERMINAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DAS INUNDAÇÕES PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU.....	186

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APA – Área de Proteção Ambiental

APPUC - Assessoria de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (atual IPPUC)

CEDEC - Coordenadoria Estadual da Defesa Civil

CIEG - Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento

CMMAD – Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento

CN - Curve Number – Método Soil Conservation Service

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

COHAB-CT - Companhia de Habitação Popular de Curitiba

COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Curitiba

COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba

CT-HIDRO - Fundo Setorial de Planejamento dos Recursos Hídricos

EPA – Australia Environmental Protection Authority

ESRI - Environmental Systems Research Institute

FLODSS – Italy Flood Operational DSS

GIS - Geographic Information Systems ou Sistemas de Informação Geográfica

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMAP - Instituto Municipal de Administração Pública

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba

LAURB – Laboratório de Arquitetura e Urbanismo da UFPR

PDDrU - Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba

PDDUA - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre

PMC - Prefeitura Municipal de Curitiba

PNDC - Política Nacional de Defesa Civil

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PUC-PR - Pontifícia Universidade Católica do Paraná

RMC - Região Metropolitana de Curitiba

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná

SEMASA – Secretaria Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André

SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná

NPOIS – China Operational Integrated System

SMOP – Secretaria Municipal de Obras Públicas de Curitiba

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UNDRO –United Nations Disaster Relief Coordinator

URBS - Companhia de Urbanização de Curitiba

RESUMO

A presente pesquisa busca subsídios para a prevenção e o controle das inundações nas cidades por meio de ações de planejamento e gestão ambiental urbana, abordando como cenário de estudo a bacia hidrográfica do rio Belém, situada no município de Curitiba-PR. No Brasil, o processo de ocupação e uso do solo urbano está intimamente ligado à frequência das inundações. Em Curitiba, um dos maiores problemas tem ocorrido na bacia hidrográfica do rio Belém, formada por bairros densamente ocupados, incluindo o Centro da cidade e outros 35 bairros. Essa bacia apresenta diversas áreas cujos condicionantes naturais como relevo, geologia e hidrografia tornam desaconselhável sua ocupação. Contudo, mesmo com esses condicionantes a urbanização se intensificou ao longo dos anos, impermeabilizando o solo e instalando-se nas margens dos rios e córregos que formam a bacia, fatores que têm acarretado inúmeros problemas relacionados à drenagem e às inundações urbanas. Para compreender de que forma as ações de planejamento e gestão ambiental urbana podem contribuir para a mitigação das inundações na área de estudo, foram identificados seus erros e acertos por meio da realização de diagnósticos físico-territoriais, sócio-econômicos e das inundações, aprofundando-se sobre os pontos críticos e cenários de risco existentes, além da análise das medidas de prevenção e controle executadas e propostas para a bacia. Todos esses aspectos aliados ao método e fundamentação teórica selecionados propiciaram o fornecimento de bases para a aplicação de ações sustentáveis na bacia hidrográfica do rio Belém, as quais podem ser aplicadas a demais bacias hidrográficas urbanas situadas em contextos que apresentem características semelhantes.

Palavras-chave: prevenção das inundações – controle das inundações - planejamento e gestão ambiental – bacia hidrográfica do rio Belém

ABSTRACT

The present research have the main purpose to find ways to prevent and to control urban floods by urban environmental planning and management actions, using as an example the study of one of Curitiba's watershed: the Belem's river watershed. In Brazil, there is a strong relation between the human occupation process and the use of urban ground, with the flood frequency occurrence. In Curitiba, the watershed of Belem's river has the major numbers of flood incidents, located in a highly populous area, which includes downtown and other 35 districts. The Belem's river present several areas which, by natural conditions such as relief, geology and topography, would make it inadvisable for urban occupation. Nevertheless, even with these natural conditions, the increase of urban occupation was not avoid over the years, and, as a result, the ground's permeability was reduced by the occupation of the riversides, leading to drainage problems and urban floods. To better comprehend how the urban environmental planning and management actions can contribute to decrease the floods in this specific region, all positive and negative occupation aspects were identified, by the diagnosis of phisical-territorial, social-economical and flood data, examining closely the critic points and the existing risk scenarios, besides the analyses of prevention and control measures already executed and proposed to this watershed. All these aspects joined together to the selected method and theoric fundamentals, will allow the right support to the application of sustainable actions on the Belem's river watershed, which will make it possible to apply in any other urban watershed, located on regions with similar characteristics.

Key-words: flood prevention – flood control – environmental planning and management – Belem's river watershed

1 INTRODUÇÃO

As inundações urbanas são fenômenos tão antigos quanto as cidades e relacionam-se intimamente à história da humanidade. O homem sempre procurou estabelecer suas atividades e moradias próximas aos rios, utilizando-os para transporte, obtenção de água para o consumo e disposição de dejetos (TUCCI, 2002). As inundações ocorrem em todos os continentes e regiões, independente do seu padrão climático, inclusive regiões áridas e semi-áridas quando recebem chuvas concentradas (CASTRO, 2003). A convivência com as inundações remete a milênios atrás. A existência do antigo Egito dependia do rio Nilo, sua civilização conhecia os efeitos das secas e cheias do rio. As inundações anuais deixavam uma camada de lama fértil, cuja ação não era destruidora, mas sim fonte de vida (GYMPEL, 2000).

Todavia, no mundo contemporâneo o homem encontra maiores dificuldades em conciliar o desenvolvimento de suas atividades aos fenômenos naturais, encarados como desastres. Um exemplo relevante é o caso da China, descrito por Zhang et al. (2002), que é atingida frequentemente por desastres naturais, dos quais as inundações são os mais sérios. Para mitigar estes problemas, desenvolveu-se um complexo sistema de monitoramento e controle dos desastres naturais, o qual envolve avaliação de riscos, bem como formas de auxílio à população envolvida.

No Brasil, ainda se encontram em desenvolvimento sistemas preventivos para as inundações em áreas urbanas. Como consequência à falta de um processo eficiente de prevenção, as inundações continuam sendo motivo de preocupação para a sociedade brasileira. Desde a década de 1950, o Brasil vem passando por um processo de urbanização e metropolização bastante intenso. Neste período, residiam nas cidades somente 36% da população brasileira, contudo, em 2000 este percentual alcançou um total de 80%. O mais alarmante é que somente nas nove regiões metropolitanas nacionais – São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Belo Horizonte, Fortaleza, Curitiba, Porto Alegre e Belém – residem aproximadamente 30% da população brasileira (BRANDÃO, 2001).

O relatório do governo federal Enchentes 2004 (BRASIL, 2004a), elaborado pelo Ministério da Integração Nacional, demonstra que as chuvas de verão ocasionaram estados de calamidade pública em mais de 1200 municípios, em diversas regiões do país, atingindo cerca de 380.000 pessoas e deixando um saldo de 211 mortes. Os danos materiais contabilizados remetem a mais de 110000 habitações e aproximadamente 1050 pontes danificadas e/ou destruídas. Sabe-se que os gastos com ações corretivas - dentre auxílios à população e aos municípios - foram extremamente elevados, entretanto, de difícil contabilização.

As experiências discutidas e difundidas mundialmente apontam as políticas de planejamento e gerenciamento dos riscos de inundações como melhores práticas para a redução significativa dos riscos inerentes a estes eventos (PLATE, 2002; ZHANG et al., 2002; TODINI, 1999). No Brasil, diversos setores do governo federal acreditam na potencialidade de ações preventivas direcionadas ao planejamento e gerenciamento para a mitigação de problemas relacionados às inundações urbanas, sendo os difusores dessas premissas os Ministérios da Integração Nacional, das Cidades e do Meio Ambiente (BRASIL, 2005; BRASIL, 2004b; BRASIL, 2002).

Nesse sentido, são inúmeros os desafios pela busca de soluções integradas e economicamente sustentáveis que possam reduzir esse problema. O planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é visto como prioridade, contudo, o fim às ocupações desordenadas, que avançam sobre as áreas de inundação e intensificam os danos ambientais ainda é uma grande preocupação para o país (TUCCI; CORDEIRO, 2004). Contudo, Tucci (2002, p. 63) alerta que "é ingenuidade do homem imaginar que poderá controlar totalmente as inundações; as medidas sempre visam minimizar as suas conseqüências". Desta forma, são de elevada importância estudos que priorizem ações de planejamento e gestão urbana como mecanismos de mitigação dos impactos econômicos e sociais resultantes da ocorrência das inundações nas cidades, como é o propósito da presente pesquisa.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

De que forma o planejamento e a gestão urbana podem contribuir para a prevenção e o controle das inundações nas cidades?

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral do presente trabalho consiste em identificar subsídios para a tomada de decisões de planejamento e gestão urbana quanto à prevenção e ao controle das inundações na bacia hidrográfica do rio Belém - localizada na cidade de Curitiba.

Essa pesquisa possui também os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar os aspectos físico-territoriais e sócio-econômicos da área de estudo, realizando um levantamento e caracterização das áreas inundáveis – dos seus aspectos históricos ao diagnóstico atual, além da análise da relação entre uso e ocupação do solo urbano e a ocorrência de inundações;
- b) Definir os cenários de risco de inundação existentes na bacia hidrográfica do rio Belém, avaliando as medidas de controle das inundações realizadas e as propostas para essa bacia;
- c) Identificar políticas de prevenção e controle das inundações urbanas que se mostraram bem sucedidas – alguns casos nacionais e internacionais - indicando as propostas passíveis de aplicação no município de Curitiba;
- d) Propor temas relevantes que proporcionem continuidade à presente pesquisa.

1.3 JUSTIFICATIVAS

1.3.1 Quanto à formação e ao conhecimento

A presente pesquisa permitirá a ampliação do conhecimento sobre as formas de gerenciamento dos recursos hídricos, sob o ponto de vista do planejamento urbano ambiental – com enfoque à drenagem urbana e à problemática das inundações. Além

disso, todos os tópicos estudados fornecerão subsídios aos agentes da gestão urbana para avaliarem coerentemente as dinâmicas espaciais urbanas e suas interações com os componentes sócio-econômicos e ambientais.

Este trabalho possibilitará também a transferência das tecnologias desenvolvidas por meio de divulgação do órgão financiador da pesquisa - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por meio do Fundo Setorial CT-HIDRO; de publicações em congressos, conferências e periódicos nacionais e internacionais; relacionamento com representantes dos órgãos parceiros; e publicação do produto final – a dissertação – nas bibliotecas da Universidade Federal do Paraná, dos parceiros, além da divulgação em meio eletrônico.

1.3.2 Quanto ao desenvolvimento tecnológico

Para Holway e Burby (1993) a evolução dos planos de controle das inundações são processos que têm a necessidade de adotar constantemente novas tecnologias para que sejam realmente eficazes. Dentro dessa perspectiva Muratori (2005) e Freiria (2002) acreditam ser imprescindível que o Planejamento Ambiental empregue ferramentas de auxílio de todas as informações disponíveis, oriundas das diversas áreas do conhecimento para definir diretrizes de ação que o tornem exequível.

Desta forma, pode-se considerar que a contribuição da presente pesquisa inicia-se pela estratégia de análise da mesma, utilizando novas tecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica - Geographic Information Systems (GIS) - que possibilitam a realização de análises essenciais às tomadas de decisão. Diversos estudos têm avaliado os níveis de impermeabilização do solo urbano aplicando as ferramentas GIS e de Sensoriamento Remoto para monitorar e adquirir dados contínuos. Estes instrumentos servem de subsídio para caracterizar bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização, observando a dinâmica da transformação nas dimensões ambientais (FANTIN et al., 2003; AL-SABHAN et al., 2003; YANG et al., 2003; GAMBOLATI et al., 2002).

1.3.3 Quanto a fatores ambientais

No Brasil, o processo de ocupação urbana está intimamente ligado à frequência das inundações (FANTIN et al., 2003). Conforme Tucci (2001b), um dos principais impactos da cidade sobre os processos hidrológicos está na maneira como é ocupado o solo nas mesmas. Isso porque essa atitude influencia diretamente no comportamento das águas das bacias localizadas dentro das cidades. Desta forma, à medida que a cidade se urbaniza, ocorre um aumento da proporção de superfícies impermeabilizadas. Esse fato contribui em geral para o acréscimo das vazões máximas e do escoamento superficial (STONE JR., 2004; FANTIN et al., 2003; TUCCI, 2002; COELHO, 2001; MOTA, 1999).

Contemplando a questão da permeabilidade dos solos, Nucci (1996) aponta a importância em se preservar as funções técnicas da vegetação urbana. Para esse autor, na prevenção das enchentes é essencial trabalhar com legislação de proteção aos índices de permeabilidade do solo, além do controle do adensamento de áreas urbanas.

Além disso, órgãos do governo federal discutem a necessidade em se estabelecer medidas preventivas quando se pensa na problemática das inundações urbanas. De acordo com Tucci (2001b), essas medidas devem prever a adoção de um Planejamento Integrado da Água. No âmbito do governo federal se considera que para esse planejamento alcançar os resultados esperados todas as normas urbanísticas em vigor devem estar coerentes com o mesmo. Assim, é necessário que os instrumentos de política urbana - como a legislação de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo, Código de Obras, Plano Diretor de Drenagem Urbana - estejam inter-relacionados num plano maior, que coordene todas as partes (BRASIL, 2003).

Nessa abordagem se insere o Planejamento Urbano Ambiental, que segundo Lima (2000a) visa a minimização dos impactos provenientes da apropriação de bens naturais pelas ações humanas – em especial a urbanização. Dentro dessa linha de se pensar o urbano, a reavaliação dos custos ambientais de tecnologias e procedimentos torna-se indispensável, bem como uma análise sobre os impactos da urbanização e das

atividades ligadas a esta.

1.3.4 Quanto aos aspectos políticos, econômicos e sociais

Segundo análise da Agência Nacional de Águas - ANA et al. (2003), em razão do crescimento demográfico e também do desenvolvimento econômico brasileiro, é crescente a disputa pela água como recurso natural. A água assume assim duas posturas que divergem: uma econômica, obedecendo às leis de mercado e outra de "bem" público, estabelecendo normalizações de uso por meio de políticas públicas, as quais exigem a abordagem das formas de planificação urbana e seus efeitos sobre as cidades.

Nesse contexto, Lojkin (1997) conceitua a planificação urbana como uma intervenção do estado sobre as relações de produção e dos equipamentos públicos. Assim, as intervenções no uso e ocupação do solo, bem como na disposição de determinados equipamentos urbanos - transporte de melhor capacidade, escolas, hospitais - trazem efeitos significativos às relações sociais e aos valores de uso urbano de determinado espaço. Sob essa perspectiva, estudos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2000) apontam que o acesso às redes de infra-estrutura e serviços urbanos acaba determinando uma estruturação de segregação social no espaço das cidades, definindo localizações privilegiadas nas mesmas. Tais políticas públicas estão diretamente relacionadas à coordenação das formas de ocupação do solo. Além disso, essas formas de ocupação urbana interferem significativamente nos sistemas de drenagem urbana, bem como nas inundações que ocorrem nas cidades, exigindo novas tomadas de decisão do poder público (PEREIRA, 2004; RAMOS; BARBOSA, 2002; BRANDÃO, 2001; COELHO, 2001; TUCCI, 2001b).

Conforme Tucci e Cordeiro (2004), o Brasil tem um gasto exacerbado com medidas corretivas. Tais prejuízos podem ser percebidos no aumento do custo de tratamento da água, uma vez que a errônea ocupação do solo, disposição de esgotos sanitários e da drenagem pluvial geram um ciclo de contaminação e poluição dos

mananciais de abastecimento. Além disso, os custos estão contidos nos próprios impactos que as inundações geram sobre a sociedade: perdas materiais quanto a habitações e infra-estruturas públicas danificadas e/ou destruídas, gastos com tratamento médico para a população atingida, dentre outros fatores (BRASIL, 2004a).

Esses impactos negativos sobre questões de saúde pública são discutidos no estudo de Gaffield et al. (2003). Segundo esses autores, a expansão urbana e seu crescente aumento da impermeabilização das superfícies, fazem com que sejam coletadas impurezas junto ao escoamento superficial das águas de chuva. São elas: substâncias como metais, poluentes químicos, sedimentos em geral, que influenciam substancialmente na qualidade das águas tratadas que chegam às residências para o consumo. Além disso, essas superfícies impermeáveis também servem como depósito de águas paradas, que constituem vetores para os mosquitos como os da dengue hemorrágica, entre outras infecções. Desta forma, solucionar as inundações nas cidades é um problema econômico e também social, intimamente ligado à qualidade de vida da população.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa encontra-se dividida em cinco partes principais, constituídas respectivamente por: introdução, fundamentação teórica, métodos de pesquisa, diagnóstico e análise das inundações urbanas da bacia hidrográfica do rio Belém e conclusões (Figura 1).

A primeira parte apresentada é a introdução, que traz uma exposição sobre o tema, o problema de pesquisa, os objetivos e as justificativas quanto aos impactos relacionados à formação e ao conhecimento, ao desenvolvimento tecnológico, a fatores ambientais e aos aspectos políticos, econômicos e sociais.

O segundo capítulo é composto pela fundamentação teórica que norteia o desenvolvimento deste trabalho. Esta fundamentação divide-se em três partes principais, as quais irão abordar:

- a) A problemática das inundações urbanas, contemplando a compreensão do ciclo hidrológico e das inundações nas cidades, as relações entre urbanização e os riscos de inundação, bem como suas implicações para os campos social, econômico e ambiental;
- b) O emprego das políticas de planejamento e gestão como subsídios à prevenção e controle das inundações urbanas;
- c) Exemplos internacionais e nacionais sobre a aplicação de políticas de planejamento e gestão urbana focadas na prevenção e no controle das inundações.

A terceira etapa apresenta os métodos de pesquisa empregados para o alcance dos objetivos propostos. Nesse item é apresentado o método adotado, especificado o problema de pesquisa, delimitado o recorte espacial e temporal, definido o protocolo de coleta de dados e a estratégia de análise, além de identificadas as limitações da pesquisa.

O quarto capítulo traz o diagnóstico e a análise das inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Belém. O tema é aprofundado com o estudo dos aspectos físico-territoriais e sócio-econômicos da bacia, cruzando dados observados em campo, com mapeamentos e documentação de órgãos municipais e estaduais. As inundações urbanas que ocorrem na área de estudo são avaliadas em seus aspectos históricos e atuais. Definem-se também os cenários de risco de inundação existentes na bacia, bem como a análise das medidas de controle das inundações já realizadas e propostas.

Constituem a quinta etapa deste estudo as conclusões e propostas, as quais visam contribuir com subsídios para a tomada de decisões de planejamento e gestão urbana quanto à mitigação das inundações na bacia hidrográfica do rio Belém, além das sugestões para pesquisas futuras.

FIGURA 1 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO



NOTA: Elaborada pela autora.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

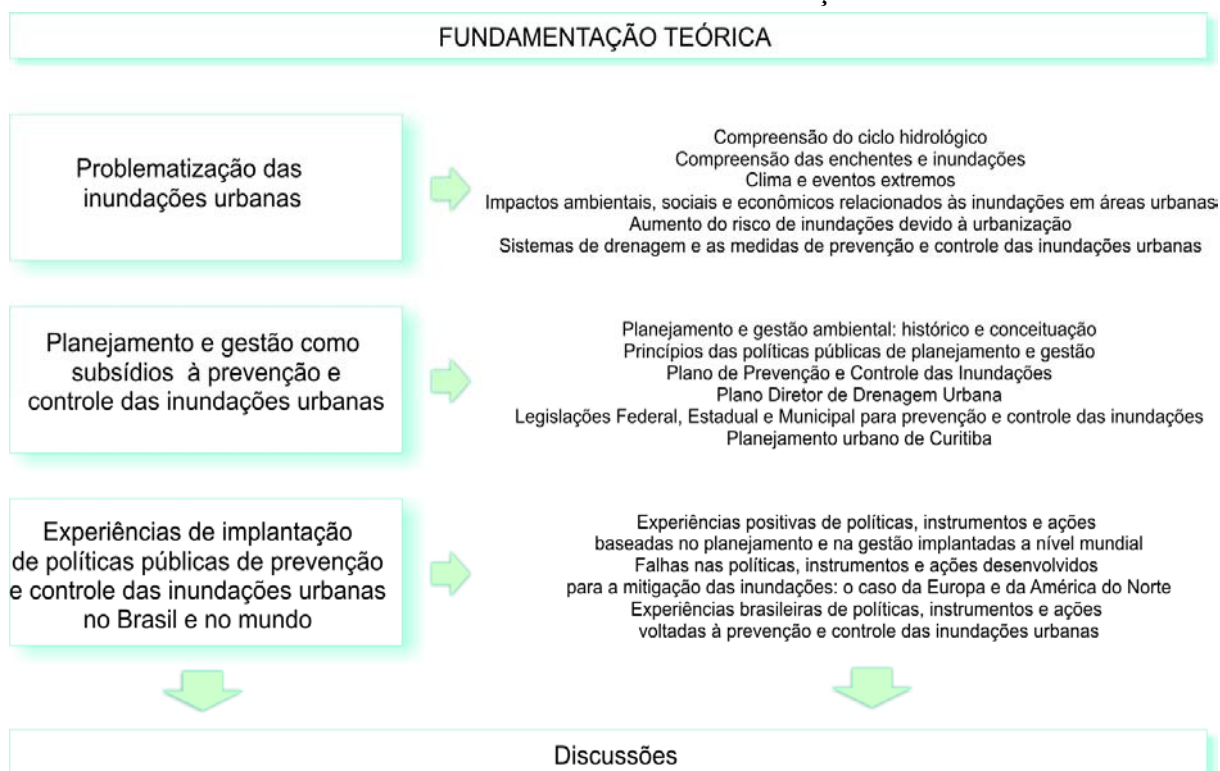
Ao estudar o problema das inundações urbanas e buscar formas para mitigá-las torna-se essencial a compreensão de aspectos referentes às inundações, bem como sua relação com os ambientes natural e construído. Desta forma, a primeira seção desse capítulo irá abordar questões como o comportamento do ciclo hidrológico, a diferença entre enchentes, cheias e inundações, aspectos do clima - como as mudanças climáticas globais e os eventos extremos, as relações entre urbanização e os riscos de inundação, além de suas implicações para os campos social, econômico e ambiental, e as características dos sistemas de drenagem – evidenciando as tipologias das medidas de prevenção e controle das inundações.

O próximo tópico diz respeito ao planejamento e gestão como subsídios à prevenção e controle das inundações urbanas. Nele estão presentes conceitos e históricos sobre o planejamento e a gestão ambiental, os princípios que norteiam as políticas públicas de planejamento e gestão, o entendimento do principal instrumento técnico-institucional relacionado ao problema das inundações: o Plano Diretor de Drenagem Urbana; as legislações relacionadas ao tema e o planejamento urbano da área de estudo, o município de Curitiba.

O item a seguir explora os pontos positivos e negativos de experiências de políticas de prevenção e controle das inundações urbanas no Brasil e em alguns países do mundo. Apresentam-se casos dos cinco continentes, incluindo os seguintes países: China, Itália, Austrália África do Sul, Alemanha, Inglaterra, Holanda, Canadá e Estados Unidos. No Brasil, são apresentados as políticas do estado de Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul.

Para finalização do capítulo abre-se um espaço para discussões sobre os temas desenvolvidos, expressando a opinião pessoal da pesquisadora juntamente a um consenso dos diversos autores estudados na literatura. A Figura 2 possibilita a visualização dessas etapas.

FIGURA 2 – ETAPAS DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA



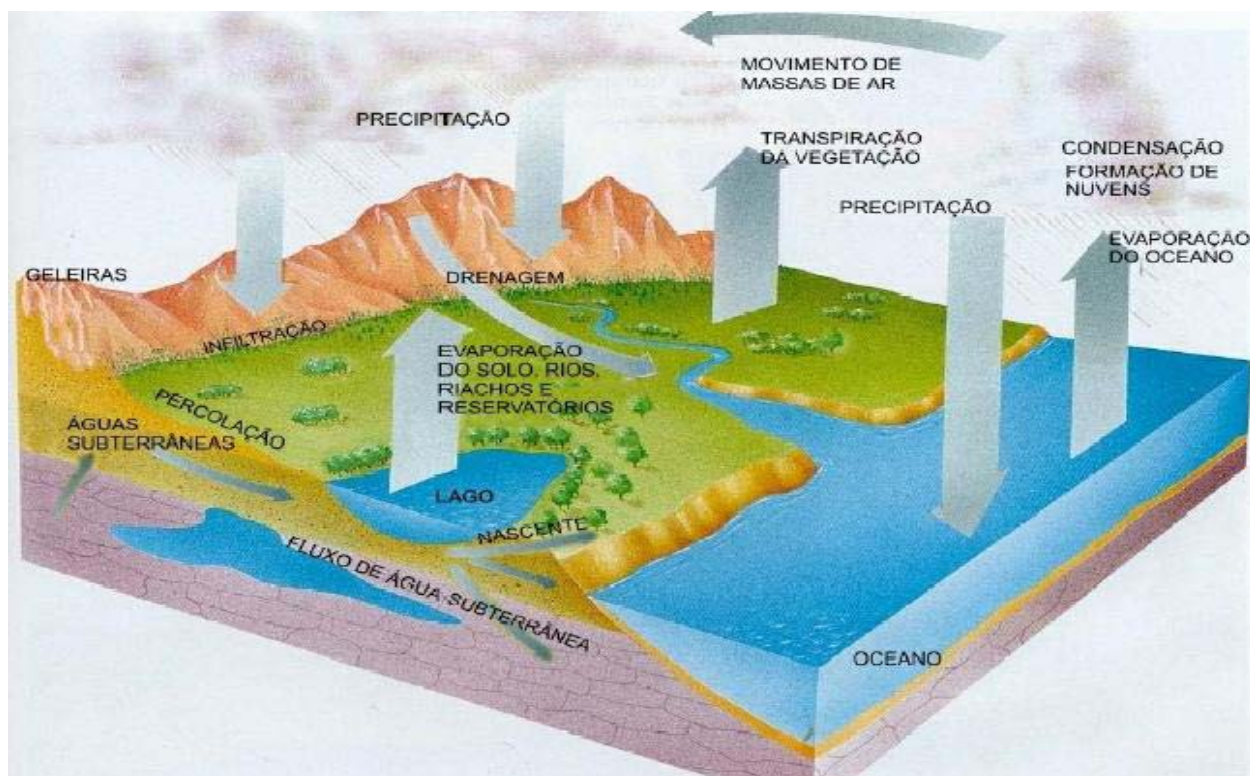
NOTA: Elaborada pela autora.

2.1 PROBLEMATIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES URBANAS

2.1.1 Compreensão do ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico pode ser considerado um “ciclo de vida” e o “princípio unificador fundamental de tudo que se refere à água no planeta” (TUNDISI, 2003, p. 5-6). O ciclo é um modelo que representa o movimento contínuo da água nos estados sólido, líquido e gasoso (Figura 3). Inicia-se com a evaporação da água do planeta, processo que envolve a energia solar recebida e as condições climáticas locais, atingindo um estado líquido devido a ações do vento e precipitando sob a forma de chuva (TUNDISI, 2003).

FIGURA 3 – CICLO HIDROLÓGICO



FONTE: TUNDISI (2005)

Em uma bacia hidrográfica sem a interferência antrópica, as águas de chuva escoam gradativamente e infiltram pelo solo, parte irrigando o solo e suas capilaridades e parte percolando - entrando em suas formações rochosas até o lençol freático - contribuindo para a recarga dos aquíferos. O solo bem aerado e irrigado consegue fornecer boas condições para o desenvolvimento de microorganismos e da vegetação. A existência de áreas verdes auxilia a evapotranspiração - processo de perda de vapor d'água pelas plantas - controlando a umidade atmosférica. Em função deste equilíbrio, o escoamento superficial é baixo e sem o transporte de impurezas (TUNDISI, 2003; FENDRICH, 2002).

2.1.2 Compreensão das enchentes e inundações

As enchentes são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial e dão continuidade ao ciclo hidrológico. No ambiente natural, as águas dos rios precisam

de espaço, atingindo periodicamente suas várzeas (ANDRIGUETTO, 1999). De acordo com a SUDERHSA (2002) há uma diferença conceitual entre *enchente* ou *cheia*, e *inundação*. Cada rio dispõe de um leito principal que tem sua forma e suas dimensões determinadas em função das características físicas do terreno em que está inserido, bem como das vazões que comumente transporta. Entretanto, este leito também chamado de leito menor tem suas águas extrapoladas em um período de maior pluviosidade. Assim ocorrem as enchentes ou cheias, que são fenômenos naturais decorrentes da ocupação do leito maior do rio pelas águas.

Contudo, essa situação natural do rio pode se tornar um sério problema no momento em que se dão as interferências antrópicas. Quando a população ocupa as várzeas do rio, em uma ocasião de cheia as águas extrapolam para o espaço ocupado pelas construções, ocorrendo assim as inundações. (TUCCI, 2004; SUDERHSA, 2002), (Figura 4).

FIGURA 4 - ENCHENTES OU CHEIAS, E AS INUNDAÇÕES



FONTE: SUDERHSA (2002)

De acordo com Tucci (2004) existem dois tipos principais de inundação: ribeirinha e devido à urbanização ou à drenagem urbana. As inundações ribeirinhas ocorrem em decorrência de processo natural do ciclo hidrológico, quando a população ocupa o leito maior do rio, ou seja, as várzeas ou planícies de inundação, que são áreas de risco à ocupação. Os impactos deste tipo de inundação são frequentes. Tucci

(2001b) argumenta que essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações: falta de restrição no Plano Diretor quanto ao loteamento de áreas de risco de inundação; invasão de áreas ribeirinhas por população de baixa renda; e ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com frequência menor, mas também sofrem prejuízos significativos.

As inundações decorrentes do processo de urbanização ou de falhas no sistema de drenagem podem acarretar impactos de caráter material e quanto à saúde pública ainda maiores que as inundações ribeirinhas. Estão relacionadas aos seguintes fatores: aumento das vazões máximas devido à ampliação da capacidade de escoamento superficial através de canais e de superfícies impermeabilizadas; desorganização da infra-estrutura urbana; ocupação não planejada da bacia hidrográfica; erros de projeto e/ou obstrução dos sistemas de drenagem (TUCCI, 2004; TUCCI, 2001b).

Tucci (2004) explica que no caso de inundações ribeirinhas, os riscos e impactos dependem do grau de ocupação da várzea pela população, já nas inundações devido à urbanização esses impactos estão relacionados ao percentual de impermeabilização da bacia e de canalização da rede de drenagem. Segundo o autor, as inundações do primeiro tipo ocorreram junto ao desenvolvimento da humanidade, enquanto as inundações devido à urbanização têm sido mais frequentes nos últimos 30 anos, associadas a um modelo de desenvolvimento urbano que produz um aumento significativo da impermeabilização do solo, junto a uma “tendência dos engenheiros de drenarem o escoamento das águas de precipitação o mais rápido possível das áreas urbanizadas (visão ultrapassada, mas mantida nos países em desenvolvimento)” (TUCCI, 2004, p. 62).

Nos estudos realizados para o Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu, a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA (2002) classificou a tipologia das inundações por meio de cinco diferentes cenários de risco, caracterizados especialmente para a Região Metropolitana de Curitiba – RMC (Quadro 1).

QUADRO 1 – RESUMO DOS CENÁRIOS DE RISCO: BACIA DO ALTO IGUAÇU

CENÁRIO	IMPACTOS
I	Causados por processos hidrológicos com alta energia de fluxo, alta capacidade de transporte de material sólido e alto poder de impacto destrutivo. Oferecem riscos para as habitações precárias junto à calha menor dos cursos d'água, altamente vulneráveis aos impactos das cheias, e para a integridade física da população nessas áreas. Podem ocorrer eventos associados tanto a processos de enchentes rápidas, de curta duração e altos picos de vazão, quanto eventos ocasionados por chuvas de longa duração.
II	Provocados por processos hidrológicos lentos e associados a eventos de chuva intensa e contínua. Oferecem riscos para as populações ribeirinhas dos aglomerados urbanos de baixa renda na várzea do rio Iguaçu. As perdas principais são devido a danos materiais em habitações nas áreas atingidas, com risco para a integridade física das pessoas, danos patrimoniais públicos e transtornos ao tráfego. Atingem o maior contingente populacional e causam grandes transtornos para a RMC.
III	Causados por picos de cheia em cursos d'água de alta energia de escoamento. Atingem edificações de padrão precário, junto à borda de cursos d'água, em áreas com alto potencial erosivo, com solapamento ou ruptura do talude marginal. Os danos principais são materiais, sendo menor o risco à integridade das pessoas. Existe risco de destruição total ou parcial de edificações e segmentos viários, principalmente em trechos de travessia de drenagem.
IV	Os eventos são associados a chuvas de alta energia de escoamento superficial, alta intensidade e curta duração. Atingem principalmente terrenos urbanizados na região central de Curitiba, devido à alta taxa de impermeabilização do terreno e a deficiências no sistema de drenagem urbana. Ocorrência principal de danos materiais, transtornos diversos, insalubridade e, dependendo da energia do escoamento e volume de água, ocorrência de vítimas humanas.
V	Atingem principalmente segmentos viários urbanos, trechos de rodovias e ocupações urbanas em áreas localizadas. Os danos são relativos a transtornos ao tráfego, bem como destruição do pavimento das vias, muros e edificações.

FONTE: SUDERHSA (2002, tomo 5.1, p. 43)

2.1.3 Clima e eventos extremos

As mudanças climáticas constituem uma preocupação mundial. Sabe-se que as ações humanas referentes às emissões de gases de efeito estufa e demais substâncias tóxicas têm produzido impactos ambientais e transformações no clima, entretanto, pesquisadores ainda lutam por uma definição clara desses impactos (BRASIL, 2004c; BRANDÃO, 2001; CHRISTOFOLETTI, 1999). Nesse sentido, o Protocolo de Quioto representa o primeiro passo concreto visando evitar o super aquecimento da Terra e reduzir as tragédias oriundas da intensificação das mudanças climáticas (BRASIL, 2004c).

Segundo Christofolletti (1999), essas mudanças no clima estimulam alterações ambientais no ciclo hidrológico e, conseqüentemente, nas precipitações pluviais. Desta forma, ocorrem transformações na quantidade de água na atmosfera, na intensidade e freqüência de ocorrência das precipitações, na umidade dos solos e recarga de águas subterrâneas, e no regime dos escoamentos fluviais com mudanças nos canais e redes fluviais. Tais alterações afetam também o crescimento da vegetação, uma vez que contribuem para o acréscimo da radiação solar e da concentração de CO₂ na atmosfera. Enfim, geram um desequilíbrio completo do ciclo hidrológico e intensificam a ocorrência de eventos naturais extremos, como as inundações.

De acordo com Brandão (2001) as sociedades modernas permanecem bastante vulneráveis diante dos eventos naturais extremos, mesmo com todos os avanços científicos e tecnológicos. Dentre esses eventos, os fenômenos atmosféricos constituem uma das principais inquietações quando se pensa em fenômenos naturais. Torna-se essencial conhecer suas causas, avaliar suas repercussões e as maneiras de trabalhar com a prevenção dos mesmos, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e com o sucesso das atividades econômicas presentes neste sistema.

Brandão (2001) e Christofolletti (1999) acreditam que as causas de fenômenos meteorológicos causadores de efeitos extremos podem ser atribuídas a fenômenos de escala global, como “El Nino” e “La Nina”, efeito estufa ou

aquecimento global. Os eventos climáticos extremos registrados em vários países no primeiro trimestre de 2000 colocaram em evidência a tese da fragilidade do clima atual. Diversos estudos têm demonstrado que existem variações significativas nos valores de insolação, umidade relativa, vento, nebulosidade, albedo entre o campo e a cidade. Estes elementos apresentam maiores valores no campo, já a temperatura é mais elevada e a precipitação mais intensa na cidade.

Oke¹ apud Brandão (2001) explica que o processo de urbanização vem acompanhado por mudanças drásticas e, por vezes, irreversíveis do uso do solo, gerando uma nova configuração das propriedades do meio físico. Dentre estes elementos, o clima urbano é um dos mais afetados; assim enquadra-se o fenômeno das ilhas de calor – aumento da temperatura nos centros urbanos em comparação à zona rural da mesma localidade - e o impacto pluvial.

Alexander (1997) comprovou em seus estudos que a gravidade dos desastres naturais está diretamente relacionada ao nível de desenvolvimento econômico dos países, fato este demonstrado pelo maior número de vítimas envolvidas por evento nos países da Ásia, África e América do Sul. Dentre estes desastres, o estudo sobre as secas e inundações tem fundamental importância, uma vez que esses eventos representam 40% da totalidade dos desastres naturais em todo o mundo, sendo responsáveis pelo maior número de vítimas e desabrigados. O Brasil inclui-se neste padrão, sendo que os eventos de natureza climática são os eventos naturais extremos de maior repercussão (BRASIL, 2004c; BRANDÃO, 2001; ALEXANDER, 1997).

Conforme Monteiro (1991), a intensidade e a frequência com que tais fenômenos registram-se no Brasil, especialmente na Região Centro-Sul e nas metrópoles, não deixam dúvidas quanto ao impacto das ações humanas, no sentido de agravá-los. Para Brandão (2001), apesar de existirem pontos de dúvida com relação ao

¹ OKE, T. R. Simulation of surface urban heat islands under “ideal” conditions at night.

impacto da cidade sobre a intensidade e frequência das precipitações, vários estudos demonstram que existe um incremento da pluviosidade nos centros urbanos, acompanhado pelo aumento da frequência de chuvas intensas; e verificaram a ocorrência de áreas de maior atividade de tempestades sobre regiões densamente urbanizadas.

2.1.4 Impactos ambientais, sociais e econômicos relacionados às inundações em áreas urbanas

De acordo com Tucci (2001a), houve um acréscimo acentuado da concentração de população nos ambientes urbanos nos últimos anos, especialmente no Brasil, na ordem de 80%. Essa concentração, realizada sem planejamento e associada a um crescimento acelerado e desordenado tem causado uma série de impactos ao meio ambiente, além de diversos conflitos institucionais e tecnológicos. A falta de um planejamento urbano integrado faz com que a cidade caminhe em direção ao caos.

Segundo Mota (1999), os principais impactos relacionados à urbanização podem ser divididos em sete categorias: desmatamentos, movimentos de terra, impermeabilização do solo, aterramento de cursos d'água, destruição de ecossistemas, emissão de resíduos e emissão de poluentes. Os prejuízos ambientais relacionados a essas atividades são: alterações climáticas, danos à flora e fauna, erosão e empobrecimento do solo, assoreamento de recursos hídricos, aumento do escoamento da água, redução da infiltração da água, alteração na drenagem das águas, inundações e desfiguração da paisagem. Além da poluição ambiental e alterações de caráter global, como o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio. Em sua tese, Lima (2000a) mostra as relações desses impactos, tanto no meio natural quanto no meio antrópico (Quadro 2).

QUADRO 2 - PRINCIPAIS IMPACTOS EM ÁREAS URBANAS

	MEIO NATURAL	MEIO ANTRÓPICO
PRINCIPAIS IMPACTOS	Retirada da vegetação; Contaminação dos corpos d'água; Inundações; Impermeabilização do solo; Erosão urbana e produção de sedimentos; Degradação das águas pluviais e dos corpos receptores; Contaminação do lençol freático e dos aquíferos.	Variação dos valores imobiliários; Diferenciação na localização de equipamentos e serviços públicos; Deposição de resíduos nos locais periféricos; Acesso de determinados segmentos a informações privilegiadas; Aumento da pressão por ocupação nos locais mais valorizados socialmente.

FONTE: Adaptado de LIMA (2000a)

Coelho (2001) acredita que os problemas ambientais não atingem de forma igualitária o ambiente urbano. A ocupação das classes sociais menos favorecidas apresenta, em geral, maior incidência de problemas ambientais do que a de classes elevadas. Isso ocorre pois a distribuição espacial das classes de menor poder aquisitivo tende a se realizar em áreas desvalorizadas no cenário urbano, tais como: as várzeas – possibilidade de constantes inundações; próximas a indústrias e termoeletricas – regiões de alta insalubridade; encostas sujeitas à erosão e desmoronamento; entre outras áreas atingidas por riscos elevados de catástrofes naturais. Essa posição é confirmada por outros autores envolvidos com pesquisas urbanas. No Brasil, a segregação social é também uma segregação espacial relacionada à falta de infraestrutura. Em várias cidades brasileiras a população de alta renda está alocada em regiões com infraestrutura, enquanto as classes menos favorecidas concentram-se em áreas sem infraestrutura, principalmente de saneamento básico (PEREIRA, 2004; PARKINSON et al., 2003; RAMOS; BARBOSA, 2002; TUCCI, 2002; COELHO, 2001).

Segundo Coelho (2001), esse quadro está fortemente relacionado ao início da história das cidades. “As cidades historicamente localizaram-se às margens de rios. A incidência de inundações motivou as classes médias e altas a se afastar das áreas urbanas delimitadas como áreas de elevado risco. As inundações continuam e vitimam

as classes pobres”. Assim, a autora aborda a segregação sócio-espacial e também político-financeira, ao dizer que “a solução da minoria rica se faz mais facilmente e, não raramente, com os investimentos pesados na reorientação dos sistemas de drenagem, construção de muros de arrimo, etc., em detrimento do investimento no saneamento das áreas ocupadas pela população mais pobre”. Esse aspecto agrava o problema social, pois quando um crescimento urbano não vem acompanhado pelo aumento e distribuição equitativa dos investimentos em infra-estrutura e democratização do acesso aos serviços urbanos geram-se novas desigualdades sociais ou acentuam-se aquelas já existentes.

Pereira (2004, p. 77) afirma que “a ausência de controle quanto ao uso da propriedade urbana para benefício individual torna o mercado imobiliário o grande agente estruturador da cidade”. Desta forma, a população de baixa renda acaba sendo excluída dos benefícios da urbanização, passando a ocupar o território das cidades de forma irregular. De acordo com Maricato (1996), considerando as leis de zoneamento, uso e ocupação do solo, já na década de 1990 o uso ilegal do solo e a ilegalidade das edificações em meio urbano representavam 50% das construções das grandes cidades brasileiras. Tucci (2002) assegura que este quadro permanece inalterado, sendo o crescimento urbano caracterizado por expansão irregular da periferia, incluindo ocupação ilegal de áreas públicas por população de baixa renda. Assim, os problemas relacionados ao uso e ocupação do solo têm constituído um dos principais desafios para a gestão das cidades, existindo tendências ao aumento das sub-habitações nas metrópoles brasileiras (BRASIL, 2004b; LIMA, 2004).

Os dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ANA, 2003) mostram que no Brasil - apenas no ano de 2000 - 1,7 milhões de pessoas foram atingidas por problemas relacionados às inundações urbanas, cerca de 1% da população brasileira. Isto resultou um saldo de 89 mortos e mais de 16 mil desabrigados, exigindo aproximadamente US\$12 milhões do governo federal gastos em ações assistenciais. Em 2004, as inundações provocaram estados de calamidade pública em mais de 1200 municípios, em diversas regiões do país, atingindo cerca de

380.000 pessoas e deixando um saldo de 211 mortes, além de danos materiais muito elevados, de difícil contabilização (BRASIL, 2004a).

Parkinson et al. (2003) explicam que as inundações podem causar uma série de doenças, principalmente para a população de regiões não atendidas por saneamento básico. As águas das inundações poluem os mananciais de abastecimento, provocam surtos de dengue, e podem levar à morte pessoas que vivem em áreas de risco ambiental. Tem-se ainda como agravante a possibilidade de erosões e deslizamentos, uma vez que a ocupação inadequada favorece o desenvolvimento de processos erosivos. Assim, a qualidade da água de drenagem é uma preocupação para a saúde pública. O acúmulo de resíduos sólidos carregados por estas águas, associados à má qualidade da limpeza urbana e à falta de conscientização da população local têm trazido inúmeros prejuízos à saúde.

A análise sobre os diversos impactos causados pelas inundações em áreas urbanas demonstra que o caso brasileiro tem como necessidade a aplicação de ações preventivas de planejamento, balizadas por medidas de prevenção e controle das inundações, necessárias para a mitigação dos impactos e do gerenciamento dos conflitos resultantes da ocorrência desses eventos.

2.1.5 Aumento do risco de inundação devido à urbanização

Vieira e Sandra (2001) afirmam que se deve considerar a ação antrópica como um agente acelerador dos processos que modificam e causam desequilíbrio ao ambiente natural. Assim, a concentração urbana, realizada sem planejamento e associada a um crescimento acelerado e desordenado tem causado uma série de impactos ambientais. Sob o ponto de vista dos recursos hídricos, esses impactos dizem respeito principalmente ao saneamento inadequado, permitindo a contaminação de mananciais de abastecimento superficiais e subterrâneos; às ocupações irregulares em áreas de risco, agravando problemas de drenagem urbana e criando um cenário de constantes inundações; além de outros fatores que aumentam o risco de inundações,

como as mudanças climáticas globais geradas pelo efeito estufa e fenômenos denominados “ilhas de calor”, as obras de canalização e o aumento do escoamento superficial devido à crescente impermeabilização do solo (FENDRICH, 2004; COELHO, 2001; TUCCI, 2001b; VIEIRA; SANDRA, 2001).

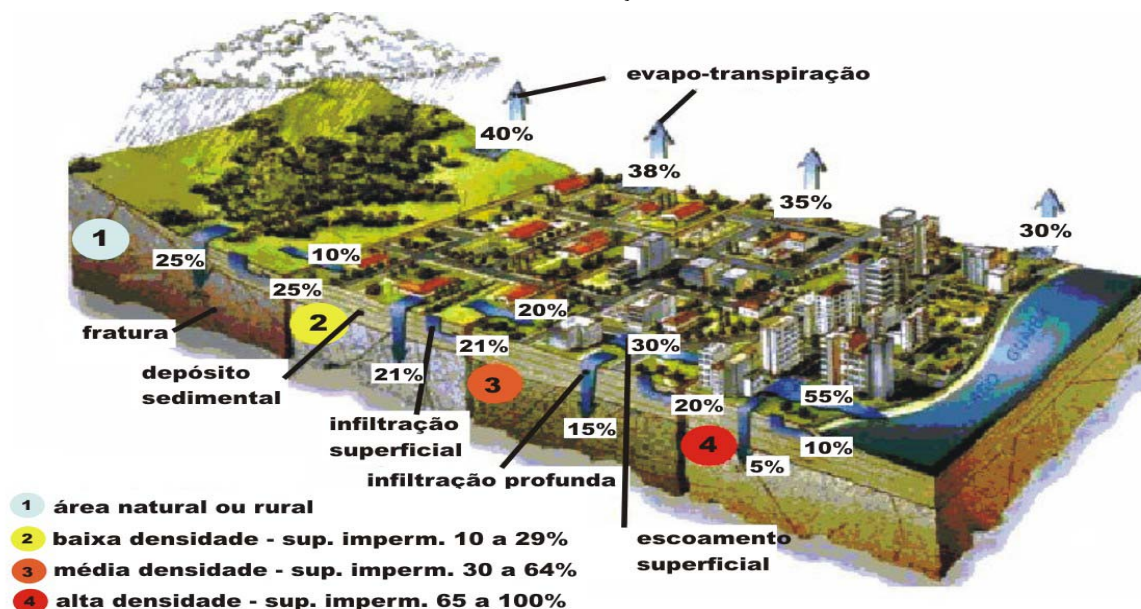
Essa impermeabilização constitui, no Brasil, um dos principais impactos da cidade sobre os processos hidrológicos, gerando prejuízos que vão muito além dos danos materiais (FANTIN et al., 2003). As implicações dessa rápida impermeabilização do solo, relacionada ao crescimento urbano, têm sido discutidas por diversos autores, que se preocupam com os impactos negativos que isto pode causar para a qualidade ambiental (TUCCI, 2004; GAFFIELD et al., 2003; FENDRICH, 2002; SHARMA E PRIYA, 2001; MOTA, 1999).

Para Plate (2002), o impacto do envolvimento humano no sistema natural é um fator essencial para a análise sobre as inundações. As frequências de inundações em determinada área podem ser modificadas devido a alterações causadas pela pesada mecanização em zonas rurais, que produz excessiva compactação do solo; mudanças de uso do solo – transformação de áreas verdes em grandes estacionamentos ou em regiões densamente urbanizadas, com aumento de áreas impermeáveis nos lotes; pressão da população sobre a terra, com o dramático exemplo das ocupações irregulares em planícies de inundação.

Segundo Tucci (2002), a crescente impermeabilização do solo repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial, a concentração das enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia, e diminuindo a recarga de aquíferos e a evapotranspiração. Essa situação afeta principalmente o funcionamento do ciclo hidrológico, uma vez que interfere no rearranjo dos armazenamentos e na trajetória das águas. Uma área em seu estado natural ou rural tem uma evapotranspiração de 40%, infiltração profunda de 25%, infiltração superficial de 25% e apenas 10% da água das chuvas escoada pela superfície. Todavia, na medida em que a urbanização aumenta os valores de evapotranspiração e infiltrações superficial e profunda diminuem, aumentando o escoamento superficial,

chegando a quantias superiores a 50% da água de precipitação (Figura 5).

FIGURA 5 – INTERFERÊNCIAS NO CICLO HIDROLÓGICO DEVIDO À URBANIZAÇÃO



FONTE: UFRGS apud MANO; SCHMITT (2004)

Para Stone Jr (2004) o aumento da velocidade do escoamento superficial dificulta os processos de drenagem, manutenção dos canais, recarga dos aquíferos subterrâneos, além de comprometer a qualidade da água dos córregos e rios. Os estudos realizados por Christofolletti (1993) demonstraram que a área da seção transversal dos cursos d'água somente não é afetada pela urbanização quando menos de 5% da sua área for pavimentada, proporção esta que não ocorre nas cidades, onde geralmente encontram-se índices de impermeabilização na base de 25% a 75%. Para Araújo et al. (2005) somente 10% de cobertura impermeável da bacia hidrográfica já é suficiente para gerar degradação na mesma.

Segundo Tucci (2004) a prática comum empregada no Brasil era a de exigir para a aprovação de loteamentos apenas um projeto de esgoto eficiente. Normalmente o impacto do aumento da vazão máxima sobre o restante da bacia não era considerado, nem mesmo exigida uma avaliação pelo poder público municipal. A legislação que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, Lei Federal 6766/79 até sua alteração em 1999 por meio da Lei Federal 9785/99 não exigia projeto de escoamento das águas

pluviais, muito menos considerava o impacto das impermeabilizações do solo no comportamento dessas águas. Com a Lei Federal 9785/99 passou-se a exigir que o projeto de loteamento seguisse os índices urbanísticos municipais – definidos pelo Plano Diretor ou por legislações municipais, além de infra-estrutura básica: equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, redes de esgoto sanitário e abastecimento de água potável, e de energia elétrica pública e domiciliar e as vias de circulação pavimentadas ou não (BRASIL, 1999).

Contudo, tais exigências não evitaram os impactos que a urbanização causa à drenagem, uma vez que a legislação não especifica formas de evitar o aumento da vazão máxima sobre a bacia hidrográfica na qual o loteamento será inserido. Assim, com o crescimento da urbanização, a soma dos impactos de diversos loteamentos produz um aumento da ocorrência de inundações à jusante, uma vez que se tem a sobrecarga da microdrenagem (condutos) sobre a macrodrenagem (canais e riachos), (TUCCI, 2004). A SUDERHSA (2002) exemplifica como a urbanização desordenada conduz a um quadro de constantes inundações (Figura 6).

FIGURA 6 – PROCESSO DE IMPACTO DA URBANIZAÇÃO



FONTE: SUDERHSA (2002)

Tanto a ocupação irregular das várzeas - que conduz ao confinamento dos rios, aterros, causa desmatamentos, erosão nas margens e redução do espaço natural destinado ao escoamento de vazões de enchentes – quanto a impermeabilização do solo, que reduz a capacidade de infiltração das águas pluviais e contribui para o aumento das vazões de cheia, levam ao aumento de volume e aceleração do escoamento superficial, que conduz a um cenário de constantes inundações, principalmente de áreas à jusante. A solução que tem sido adotada no Brasil, canalização de córregos e ampliação da capacidade de rios e canais não tem conseguido solucionar o problema, apenas minimizá-lo em algumas áreas da bacia hidrográfica, geralmente a montante, e transferi-los para outras, à jusante (SUDERHSA, 2002).

Para Parkinson et al. (2003) a prática do rápido escoamento de águas pluviais tem se mostrado insustentável, uma vez que apenas transfere o impacto para regiões de menor altitude. Além disso, o custo da canalização é muito alto, cerca de dez vezes mais do que uma redução na origem. Para evitar tais problemas é necessário o emprego dos princípios modernos de drenagem urbana, cujo enfoque preconiza que as intervenções que o homem provoca ao meio ambiente devem ser minimizadas na própria fonte geradora de impacto, no caso das inundações, o lote urbano. Assume-se então uma abordagem ambientalista, que se baseia na gestão dos impactos do meio urbano sobre o meio ambiente hidrológico, preocupando-se com a manutenção e recuperação dos ambientes, tornando-os saudáveis interna e externamente à área urbana. Essa abordagem é bastante diversa da higienista, adotada anteriormente, que se importava apenas com o transporte rápido dos excessos pluviais por condutos enterrados, transferindo os impactos do escoamento para outros locais.

2.1.6 Sistemas de drenagem e as medidas de prevenção e controle das inundações urbanas

Os sistemas de drenagem urbana têm como característica principal sua função de promover a coleta, o escoamento e a disposição das águas pluviais nas cidades (BRASIL, 2003). Os sistemas de drenagem podem ser definidos como microdrenagem, macrodrenagem ou na fonte (TUCCI, 2002). A microdrenagem é constituída por um sistema de condutos pluviais ou canais ao nível do loteamento ou de rede primária urbana, enfim, estruturas de menor porte, como bueiros e tubulações secundárias de diâmetro menor. Seu projeto visa o atendimento à drenagem de precipitações de risco moderado. A macrodrenagem envolve sistemas que coletam as águas pluviais fornecidas pela rede de microdrenagem. Por tal motivo, as áreas envolvidas pela macrodrenagem são de pelo menos 200 ha. Esse tipo de sistema envolve modificações em rios e canais, sendo projetado para suportar precipitações de risco potenciais, materiais e humanos. Já a drenagem na fonte pode ser definida pelo escoamento que ocorre no lote urbano, seja ele condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamento, parque, passeio, entre outros (BRASIL, 2003; TUCCI, 2002).

A amplitude dos sistemas de drenagem urbana para Domingos (2003) possibilita até mesmo uma compreensão do processo histórico de desenvolvimento urbano das cidades. Como os mesmos estão associados aos processos de crescimento urbano, a análise de sua infra-estrutura permite avaliar quais os cenários prevaleceram nas cidades. Assim, estruturas inadequadas podem indicar um quadro de precariedade e exclusão social, enquanto a adequação destas pode simbolizar períodos de ascensão econômica, política e social.

Conforme Tucci (2002) as medidas para o controle das inundações podem ser do tipo estrutural e não-estrutural. As medidas estruturais são obras cujos princípios e ações visam a modificação do sistema fluvial - envolvem construção de barragens, diques, canalizações, reflorestamento - já as medidas não-estruturais são aquelas que

se baseiam em ações de planejamento das ocupações em áreas inundáveis, com o foco em atitudes preventivas - envolvem zoneamento de áreas de inundações associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheia, seguro de inundação e legislações diversas.

As medidas estruturais podem ainda ser classificadas, de acordo com a SUDERHSA (2002) em intensivas e extensivas. As primeiras são aquelas que agem em menor escala, nos cursos d'água e superfícies, podendo ser obras de contenção, como diques e pôlderes; de aumento da capacidade de descarga como retificações, ampliações de seção e corte de meandros de cursos d'água; de desvio do escoamento por canais e de retardamento e infiltração, como reservatórios, bacias de amortecimento e dispositivos de infiltração no solo. As extensivas são aquelas cujo foco é a bacia hidrográfica como um todo, procurando a modificação das relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que tem como impactos positivos a redução e retardamento dos picos de enchentes, além do controle de erosão da bacia.

Vieira e Sandra (2001) alertam que as obras e modificações efetuadas diretamente nos canais, realizadas com mais frequência nas últimas décadas para conter as cheias dos rios, têm acentuado mudanças nos processos fluviais, especialmente nas áreas urbanas. Desta forma, os rios têm sido transformados, devido ao crescimento urbano, perdendo suas características naturais. As sucessivas obras de engenharia, que nem sempre consideram a rede de drenagem em sua totalidade, modificam as seções transversais e longitudinais de rios e córregos, alterando a eficiência de seu fluxo natural.

De acordo com Parkinson et al. (2003), na drenagem urbana a canalização dos cursos d'água ainda é a medida de controle mais comum contra as inundações urbanas. A canalização é uma obra de engenharia realizada no sistema fluvial que envolve a direta modificação da calha do rio - alterando a seção transversal, o perfil longitudinal do rio, bem como o padrão do canal - desencadeando consideráveis impactos ambientais no canal e na planície de inundação. Os diferentes processos de canalização consistem na retificação do canal, alargamento e aprofundamento da calha

fluvial, construção de canais artificiais e diques, além da proteção das margens e remoção de quaisquer obstruções do canal.

Vieira e Sandra (2001, p. 136) acreditam que essas mudanças ocorridas nos canais fluviais têm gerado uma série de desequilíbrios, “(...) devido às obras de canalização, vários canais urbanos têm sido cobertos por placas de concreto. Os pequenos rios são geralmente ignorados. Muitas vezes, uma edificação é construída sobre um desses riachos, que é aterrado, desviado ou canalizado sem qualquer critério. Os canais de segunda ordem somem embaixo das ruas e construções”.

Segundo estudos da SUDERHSA (2002), a melhor forma de controle das inundações urbanas é a utilização de medidas estruturais na fonte, ou seja, na menor parcela urbana - a edificação. Com a detenção das águas pluviais na origem, torna-se possível retardar o escoamento superficial e aumentar a infiltração no solo e o tempo de concentração das bacias hidrográficas, o que permite uma minimização dos níveis críticos das enchentes nos canais, rios e córregos. Dentre estas formas de controle, o reservatório de águas pluviais pode ser extremamente útil tanto no retardamento do escoamento superficial quanto como fonte alternativa para o uso da água, contribuindo assim para a conservação dos mananciais de abastecimento (FENDRICH, 2004; HERNANDES et al., 2004; MARINOSKI et al., 2004; SANTOS, 2002).

No entanto, esse compromisso deve ser visto não apenas como uma obrigatoriedade de cada proprietário urbano, mas como uma atitude coletiva, estabelecida em convênio entre poder público e empreendedores do setor da construção civil. O apoio do poder público por meio de subsídios é essencial nessa questão, uma vez que o auxílio a medidas preventivas, principalmente relacionadas a micro- drenagem, tendem a diminuir os gastos excessivos com a macro- drenagem e ações corretivas - como assistências a desabrigados e questões de saúde pública (FORTUNATO, 2004).

Dentre as medidas preventivas destacam-se aquelas baseadas no planejamento e na gestão, sendo considerados em vários países as principais formas de se mitigar as inundações em áreas urbanas.

2.2 PLANEJAMENTO E GESTÃO COMO SUBSÍDIOS À PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS

2.2.1 Planejamento e gestão ambiental: histórico e conceituação

As transformações ocorridas após a metade do século XVIII na Europa, decorrentes do ambiente criado pela Revolução Industrial, começam a gerar uma preocupação com fatores ambientais, proteção de rios, florestas, solo, ar. São os primeiros indícios do que hoje se conceitua como planejamento e gestão ambiental (MURATORI, 2005).

Contemporaneamente, o planejamento ambiental irá se caracterizar pela abordagem conjunta dos elementos do ambiente (LIMA, 2000a). Na década de 1980, Ferrari (1986, p. 12) expunha estas necessidades do planejamento, o qual deve ser “integral, abrangente, isto é, deve envolver os aspectos econômicos, sociais e físico-territoriais da realidade a ser planejada”.

Já a gestão ambiental, segundo Muratori (2005) pode ser entendida como a ação da administração pública sobre o meio ambiente, seja no âmbito municipal, estadual ou federal, visando garantir o seu uso de maneira racional e equilibrada. Para Souza (2002), o ato de planejar remete ao futuro enquanto a gestão está voltada ao presente. Assim, o planejamento “tenta simular os desdobramentos de um processo, com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente, tirar partido de prováveis benefícios”; a gestão por sua vez significa “administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos disponíveis e tendo em vista necessidades imediatas” (SOUZA, 2002, p. 46). Desta forma, planejamento e gestão são processos importantes e complementares.

Tundisi (2003) explica que sob a ótica dos recursos hídricos, o planejamento e a gestão devem considerar a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento, a integração econômica e social, além do uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento.

Todo esse quadro atual se desenvolveu com maior impulso a partir da década de 1970, onde em meio ao caos das cidades, surgem conceitos e alternativas para uma regularização de se pensar o urbano, de forma a propor mudanças nos entendimentos dos cidadãos, bem como na sua maneira de viver, produzir, consumir, entre outras práticas (FREIRIA, 2002). Nesta época, Roncaglio e Lima (2001) apontam uma percepção dos problemas ambientais no âmbito internacional. Surgem questionamentos sobre quais impactos as intervenções antrópicas poderiam estar causando no meio natural e qual a interface destas com os planos econômico- social. Assim, alguns termos tornam-se bastante recorrentes quando se pensa em meio ambiente. São eles ecodesenvolvimento, desenvolvimento sustentável, sustentabilidade, degradação ambiental, preservação ambiental, biocidade, entre tantos outros. Apesar de não chegarem a constituir conceitos ou categorias claramente delimitadas, estes termos são importantes como meio de assinalar princípios e lógicas que norteiam a investigação ambiental.

Sob essa ótica, Freiria (2002) comenta a criação em 1987, ao final da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, do relatório com o título *Nosso Futuro Comum*. Este relatório conceituava desenvolvimento sustentável por meio do princípio da equidade inter-gerações, ou seja, a capacidade de se atender às necessidades da sociedade presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades.

Da mesma forma, Rattner (1994) define o desenvolvimento sustentável como um processo contínuo de melhorias das condições de vida, ao mesmo tempo em que minimiza as possibilidades de se causar impactos ao ambiente natural. Para Hiessl et al.(2000), desenvolvimento sustentável é um processo para incorporação social, econômica, e de assuntos ambientais nas tomadas de decisão, buscando promover o vigor desses três setores. Conforme Lima (2000a), tais propósitos se inserem no próprio conceito de planejamento ambiental, uma vez que este considera quaisquer tipos de ações voltadas à sobrevivência humana, sejam elas por meio da preservação e/ou conservação dos recursos naturais.

Essa idéia é indicada na Agenda 21, que consiste em um plano de ação global adotado pela comunidade internacional a partir da Conferência sobre Meio Ambiente, realizada em 1992 no Rio de Janeiro. Neste Plano, se prescreve a necessidade da aplicação do planejamento e da gestão ambiental, como forma de incentivo a tecnologias de obtenção de energia eficiente, assim como fontes alternativas e renováveis de energia e sistemas de infra-estrutura sustentáveis; sendo de extrema importância que os países realizem um monitoramento e avaliação do avanço para alcançar o desenvolvimento sustentável (CMMAD, 1996).

Portanto, de acordo com Lima (2000a), em consenso com os demais autores, o planejamento e a gestão sob o ponto de vista ambiental vêm como uma forma de prevenção, de antecipação de desastres, de proteção aos recursos naturais em meio às ações humanas.

2.2.2 Princípios das políticas públicas de planejamento e gestão

Para Hardt e Hardt (2004) as políticas de planejamento e gestão devem ter como princípios universais a geração de “propostas para a sustentabilidade metropolitana, considerando-se as vertentes física, biológica, territorial, social, econômica e institucional, com vistas à prevenção, correção e/ou minimização de consequências deletérias da urbanização, assim como à potencialização de seus efeitos positivos”.

Contudo, para a concretização destas alternativas é importante que o processo de gestão seja composto pelas etapas de referência, planejamento e implementação, constantemente retro-alimentados, destacando-se também a importância da participação popular em diversos estágios do processo. Além disso, para a resolução de problemáticas urbanas e metropolitanas é essencial que essas políticas tenham como princípio a aplicação de ações de prevenção, ao invés das tradicionais medidas de correção – muito mais onerosas tanto no plano econômico quanto social (HARDT; HARDT, 2004). Desta forma, como evidenciado por Lima

(2004), as ações de gerenciamento devem visar à criação de uma sustentabilidade social como base primeira do trinário de construção da sustentabilidade metropolitana, bem como o estabelecimento de uma gestão democrática, que incentive a participação comunitária durante todo o processo de gestão.

Esses fatores constituem as diretrizes da política urbana estabelecidas pela Lei Federal 10.257/01, denominada Estatuto da Cidade, que tem como princípios fundamentais: garantia do direito a cidades sustentáveis, com a adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites de suporte ambiental, social e econômico do município e do território sob sua área de influência; estabelecimento de uma gestão democrática, incluindo a participação em ações e a cooperação entre os governos, a iniciativa privada e os demais setores da sociedade; planejamento do desenvolvimento das cidades, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos, tanto nos aspectos ambientais quanto sociais; e adequação dos instrumentos de política econômica, tributária e financeira e dos gastos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano (BRASIL, 2001).

Buscando esses objetivos, em 1999 foi realizada a alteração da Lei Federal 6766/79 que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano. A Lei Federal 9785/99 - que a alterou - exige maior rigor quanto ao cumprimento dos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou por legislação municipal, à instalação de infra-estrutura básica nos loteamentos - incluindo aqueles situados em zonas definidas como habitação de interesse social, ao respeito aos limites de perímetro urbano exigidos pelo plano diretor - evitando o crescimento dos vazios urbanos, entre outros fatores contratuais que dão maior segurança aos adquirentes do loteamento e garantem assim a função social do solo urbano (BRASIL, 1999).

Como complementação aos aspectos de preservação de áreas verdes e corpos d'água, o Código Florestal Brasileiro - redação alterada pela Lei N.7803/89 (BRASIL, 1989), define as áreas de preservação ao longo de rios e nascentes, a reserva legal de áreas verdes, aspectos sobre a exploração de florestas, dentre outros fatores relevantes.

Essa legislação estabelece, de acordo com seu Art. 2º, a faixa de preservação mínima ao longo dos rios ou qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto, devendo a largura mínima da faixa marginal ser:

De 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura (Código Florestal, BRASIL, 1989).

O arcabouço legal e institucional do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil – Lei Federal 9.433/97 e Lei Estadual 12.726/99 - aponta para um modelo de gestão sistêmica de integração participativa, superando o modelo de gestão democrática e o modelo gerencial, aplicados até a década de 1990. O novo modelo considera a participação social como o principal mecanismo de controle social na gestão das águas, conta também com a atuação dos Conselhos de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacias. Assim, as diretrizes de planejamento e gestão do governo federal e estadual são representadas por uma mudança de paradigmas, passando de um sistema setorial, local e de resposta a crises para um sistema integrado, preditivo e desenvolvido em nível do ecossistema, incorporando também às análises as questões sócio-econômicas (CHEIDA, 2005; PORTO, 2005; SENRA, 2005).

O modelo sistêmico de integração participativa é indicado por Porto (2005) e Tundisi (2003), uma vez que busca incorporar diferentes formas de negociação, estabelecimento de planejamento estratégico por bacia hidrográfica, fixação de instrumentos legais e financeiros, desenvolvimento de gestão descentralizada e democrática (Comitês de Bacias), e com ampla representatividade (Conselhos de Recursos Hídricos).

Para a eficácia desse modelo, Tundisi (2003) destaca que estes devem

necessariamente possuir uma base de dados sustentada pela pesquisa científica, desenvolvendo-se em dois níveis: implementação e viabilização de políticas públicas. Para a promoção de políticas públicas coerentes e eficazes faz-se necessária a integração entre pesquisadores, gerentes e administradores públicos ou privados, e usuários, conforme destacado pelo autor no Quadro 3.

QUADRO 3 – AÇÕES DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA

	O PAPEL DOS AGENTES
UNIVERSIDADE	Diagnóstico quali-quantitativo dos problemas, elaboração de banco de dados e sistemas de informação, apoio à implementação de políticas públicas e apoio ao desenvolvimento metodológico e na introdução de novas tecnologias;
SETOR PRIVADO	Apoio na implantação de políticas públicas, desenvolvimento tecnológico, implantação de novos projetos e financiamento de tecnologias em parceria;
SETOR PÚBLICO	Implantação de políticas públicas nos comitês da bacia; junto a projetos para a conservação, proteção, recuperação e informação ao público por meio da educação sanitária e ambiental;
USUÁRIOS	Usuários e público em geral: participação na mobilização para conservação e recuperação, informações ao Ministério Público e ao setor público e participação no processo de educação sanitária.

FONTE: TUNDISI (2003)

Nesse contexto, Tundisi (2003) indica os principais tópicos relacionados ao planejamento e gerenciamento integrado dos recursos hídricos, sendo eles: água como fator econômico; bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento, planejamento e ação; permanente predição, prospecção e avaliação de impactos e tendências; implantação de sistemas de suporte à decisão; treinamento técnico; plano articulado com projetos sociais e econômicos, que incentivem a participação da comunidade, usuários e organizações; educação sanitária e ambiental da comunidade; monitoramento permanente, incluindo a participação comunitária.

Nota-se um consenso entre diversos autores quanto aos princípios das políticas públicas de planejamento e gestão, tanto relacionados ao ambiente urbano/metropolitano quanto aos recursos hídricos inseridos nesses contextos. Desta forma, ressaltam-se os seguintes fatores: aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, considerando a sustentabilidade biológica, ambiental, social e econômica;

caráter integrado, preditivo, preventivo e com vistas à mitigação de impactos existentes; integração e colaboração entre pesquisadores, gerentes e administradores públicos; e participação da sociedade durante todo o processo, possibilitando assim o estabelecimento e constante acompanhamento de uma gestão democrática.

2.2.3 Plano de Prevenção e Controle das Inundações

Para Plate (2002), um Plano de Prevenção e Controle das Inundações pode ser dividido em três estágios: o planejamento, o gerenciamento de situações de emergência durante a ocorrência das inundações, e a avaliação dos impactos após as inundações.

Segundo esse autor, o planejamento é a etapa na qual serão tomadas as decisões das formas de controle e prevenção a serem utilizadas para a mitigação das inundações. O planejamento das inundações depende de três variáveis: a tecnologia utilizada, os financiamentos disponíveis, e a percepção da urgência e necessidade pela proteção, a qual está relacionada ao sistema de valores da sociedade. Esses fatores são modificáveis com o tempo, bem como por meio de novos paradigmas capazes de proporcionar novas soluções para velhos problemas. Durante o planejamento podem ser comparadas as medidas estruturais com as não-estruturais, decidindo quais são mais adequadas para mitigar os impactos. A análise da escolha de cada medida é realizada por meio de projetos que contemplem os resultados tanto positivos quanto negativos que cada medida possa fornecer.

A etapa seguinte, de gerenciamento das situações de emergência, segundo Simonovic (1999) inclui trabalhos diários de controle e monitoramento das inundações, avaliando os riscos potenciais. Nesse estágio de decisão são realizados trabalhos de alerta da população, relocação da mesma e assistências sociais necessárias. A última etapa do sistema é a análise dos impactos após a ocorrência das inundações. Assim, após o evento é imprescindível uma série de decisões que buscarão o retorno à “vida normal”. Segundo Plate (2002), nessa etapa são avaliadas as perdas

sociais, econômicas e ambientais e o número de vítimas das inundações. Essas avaliações proporcionarão uma realimentação do sistema, o que pode implicar em alterações nos conceitos e procedimentos de planejamento do mesmo.

Para Plate (2002), durante a realização do planejamento deve-se considerar que o processo de proteção a inundações depende basicamente do tipo de inundação: uma rápida inundação requer diferentes respostas que as freqüentes inundações de planícies ao redor dos rios. As rápidas inundações têm altas velocidades e grandes forças erosivas, sendo extremamente destrutivas - movem casas pela erosão, provocam um número elevado de desabrigados e mortos. Uma forma de evitar esse tipo de inundação é realizar o controle por meio de reservatórios. As inundações ribeirinhas exigem outros métodos de proteção, controle da ocupação da área utilizando um zoneamento preventivo, reserva de porções da bacia para preservação e usos de lazer com áreas verdes, ou, se não houver alternativa, ocupação da área com construções preparadas para as inundações (elevadas). Contudo, nesta última situação medidas para segurança e proteção da comunidade inserida nestas áreas devem ser tomadas. Além disso, independentemente do tipo de inundação, as medidas preventivas devem ser tomadas.

De acordo com o “Environment Austrália”, o conceito de prevenção é definido como a capacitação de indivíduos e das comunidades para que estes respondam apropriadamente a situações extremas, de forma a reduzir seu risco de morte, danos físicos, prejuízos e perdas materiais. Desta forma, um sistema baseado na prevenção de inundações deve alertar essas pessoas de que modo agir, tanto fisicamente quanto psicologicamente, caso ocorra uma inundação. Deve-se considerar que esses sistemas estão sujeitos a tensões entre a participação de grupos e de organizações de diferentes culturas ou opiniões sobre o assunto (AUSTRALIA, 2002).

Para Handmer (2001), prevenir inundações significa avaliar o efeito desses eventos, disseminar entre a comunidade informações sobre a prevenção, além de treinar técnicos das agências públicas e a comunidade quanto à maneira de agir durante o evento. De acordo com o autor, o projeto de prevenção deve contemplar os

seguintes aspectos:

- a) As mensagens de prevenção devem: ser rápidas; terem significados individuais, direcionados à comunidade local; sugerirem respostas apropriadas; ser reforçadas pela própria comunidade (ex: por meio de uma rede de pessoas); e possuir um alerta direto para as áreas de risco;
- b) Os sistemas de prevenção devem: fornecer informações acessíveis e avisos extras; utilizar um padrão apropriado para disseminação das mensagens; empregar múltiplos canais para a disseminação; e incorporar treinamentos contínuos, bem como procedimentos de constante atualização;
- c) As fragilidades que devem ser evitadas nos sistemas de prevenção são: empregar arranjos complexos para a tomada de decisão e/ou comunicação; centralizar os sistemas, deixando-os pobremente conectados junto à população; faltar tempo suficiente para realizar todas as etapas de comunicação; ter poucas pessoas treinadas que consigam operá-lo (fator que afeta a capacidade de decisão); assumir que os grandes meios de comunicação (canais de tv e rádio) irão espontaneamente disseminar as formas de prevenção; assumir que os grupos de risco são homogêneos e com necessidades homogêneas; esquecer que argumentos convincentes são mais bem sucedidos que outros argumentos; desconsiderar a experiência de profissionais que atuaram em casos semelhantes.

Stephenson (2002) indica outros procedimentos essenciais, os quais devem ser definidos também na etapa de planejamento, tais como: determinação do fluxo de inundações para os vários intervalos de tempos de retorno (1:25, 1:50 e 1:100), determinação do risco associado a cada tipo de ocupação, demarcação de um mapeamento da área atingida pelo Plano, e desenvolvimento de um modelo de inundação integrado a um Sistema de Informação Geográfica - GIS. Segundo esse autor, devem-se considerar ainda os fatores que determinarão a decisão de uma política relacionada às inundações, são eles: efeitos do desenvolvimento em cada nível de inundação (tempo de retorno de 1:25, 1:50 e 1:100), os danos materiais previstos e a população atingida.

Além desses aspectos, deve-se ponderar sobre os recursos financeiros necessários e disponíveis para a efetivação de todo o sistema, uma vez que o processo de decisão sobre as medidas de prevenção e controle das inundações tomadas pelo governo apenas torna-se possível por meio de fundos. Assim, o financiamento para produtos relacionados à proteção das inundações deve partir de fundos públicos, competindo com outras necessidades da sociedade, como educação, saúde, transporte, entre outras. Contudo, a proteção das inundações depende da mudança de valores da sociedade em geral, demonstrando sua solidariedade com os cidadãos envolvidos neste quadro. Em países como a Suíça e a Alemanha, a proteção ambiental e o planejamento das inundações são tarefas de similar importância, sendo o ótimo controle das inundações um compromisso entre esses dois objetivos: segurança e preservação das condições naturais. Outra questão são as barreiras legais, as quais geralmente devem ser modificadas para se adaptar ao Plano de Prevenção e Controle das Inundações (PLATE, 2002).

2.2.4 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) pode ser um instrumento eficaz quando se busca o equilíbrio entre as condições ambientais das cidades e seu desenvolvimento (TUCCI, 2002). Segundo a SUDERHSA (2002), o PDDrU deve ter como objetivo principal o fornecimento de subsídios técnico-institucionais para a comunidade e para o poder público. Assim, em posse desses subsídios poderão ser realizadas ações que permitam a redução dos impactos das cheias nas áreas em que as mesmas ocorrem.

Esses subsídios técnico-institucionais são descritos por Tucci (2001b) como os componentes principais do PDDrU. Devem preferencialmente ser dispostos num banco de dados que permita sua rápida visualização e relacionamento de variáveis, ou

seja, numa base GIS². São eles:

- a) Cadastro de dados físicos: compostos por rede pluvial, bacias hidrográficas, uso do solo na bacia;
- b) Planos integrados: de água, saneamento, resíduos sólidos e plano viário;
- c) Aspectos institucionais nos diversos âmbitos;
- d) Dados hidrológicos: como precipitação, vazão, sedimentos e qualidade da água do sistema de drenagem.

Conforme Parkinson et al.(2003) é muito importante que o PDDrU esteja coerente com os princípios explicitados pelos instrumentos legais a nível municipal, como o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, o Código de Obras, o Código Ambiental, o Código de Posturas e a Lei Orgânica Municipal. Além disso, o PDDrU deve defender um sistema sustentável de drenagem urbana, inspirado no funcionamento natural do ciclo hidrológico. Esse novo conceito em drenagem urbana, desenvolvido recentemente e empregado por diversos países, indica que os problemas de drenagem não podem ser resolvidos simplesmente através da construção de grandes obras. As medidas estruturais (obras de diversos portes) devem ser mescladas às medidas não-estruturais (práticas de gerenciamento e mudanças de comportamento) a fim de mitigar os problemas de drenagem urbana e causar menor impacto ao meio ambiente.

No PDDrU desenvolvido pela SUDERHSA (2002) para a bacia do Alto Iguaçu são observados os seguintes princípios fundamentais:

- a) Consideração da bacia como sistema: contemplando as bacias hidrográficas segundo as quais a urbanização se desenvolve;
- b) Princípio de não transferência dos impactos: as medidas de controle não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra;
- c) Compatibilização das medidas estruturais e não-estruturais;
- d) Consideração das legislações em seus diversos âmbitos e do manual de

² GIS - Geographic Information Systems ou SIG – Sistemas de Informações Geográficas.

drenagem como meios de implantação do controle das cheias em qualquer PDDrU;

- e) Avaliação do horizonte de expansão;
- f) Entendimento que o controle das cheias é um processo permanente;
- g) Planejamento da drenagem em conjunto com outros sistemas de infra-estrutura urbana;
- h) Priorização dos aspectos de qualidade ambiental e minimização dos impactos ambientais.

Parkinson et al. (2003) acrescenta que o PDDrU deve contemplar um plano de gestão integrada; dar prioridade à adoção de medidas não-estruturais, que atuam como preventivas, evitando futuros impactos; incentivar a participação da população durante o processo, realizar planos por sub-bacias urbanas e ser integrado à gestão municipal. Além desses fatores, o planejamento urbano para uma drenagem urbana sustentável deve “manter a vazão preexistente, não aumentar as vazões à jusante, não transferir o impacto do novo desenvolvimento para o sistema de drenagem e priorizar ações de controle do escoamento na fonte” (PARKINSON et al., 2003, p. 22).

Estas premissas são também defendidas por Tucci (2002; 2004), que indica a necessidade da existência no PDDrU de elementos definidores, tais como: princípios, objetivos, estratégias, cenários e riscos; subdivisão da cidade em sub-bacias e sua compatibilização com o sistema de administração municipal; diagnóstico do conjunto da drenagem urbana da cidade e suas interfaces; distribuição dos custos para os responsáveis pelos impactos; participação pública no gerenciamento integrado; e controle ambiental dentro do gerenciamento de alternativas. Deve-se também considerar que tanto o PDDrU quanto qualquer ação sobre o espaço público são regidos por legislação, no caso, voltada à prevenção e controle das inundações.

2.2.4 Legislações Federal, Estadual e Municipal para prevenção e controle das inundações

As legislações que tratam de tópicos de drenagem urbana estão relacionadas aos recursos hídricos, uso do solo, licenciamento ambiental e gerenciamento de bacias compartilhadas (TUCCI, 2004). Também são essenciais as legislações que abordam a atuação da Defesa Civil, órgão responsável pelo conjunto de medidas preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas destinadas a minimizar os desastres, como é o caso das inundações urbanas, as quais por sua importância serão tratadas no tópico seguinte.

A Constituição Brasileira, no Inciso VIII do seu Art. 30^o, dispõe que quaisquer ações de planejamento, planos diretores, projetos, obras e serviços de drenagem urbana, serão de competência do Poder Público Municipal. No entanto, por meio da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal N. 9433/97, na implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, os poderes executivos dos estados e municípios deverão promover a integração das políticas locais com as políticas Federal e Estadual de recursos hídricos. Assim, as políticas locais expressas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e as políticas contidas no Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU) devem estar em conformidade com as escalas metropolitana, regional, estadual e federal (ANA, 2003; FENDRICH, 2002; TUCCI, 2001).

A legislação federal estabelece também os princípios básicos da gestão através de bacias hidrográficas, podendo a mesma ser de domínio estadual ou federal. Nesse sentido, as legislações estaduais de recursos hídricos e a legislação ambiental são complementares, à medida que se estabelecem normas e padrões para questões inter-relacionadas. Para interligar as implicações de cada legislação, torna-se necessário um plano de bacia no âmbito estadual que possa reunir e melhor administrar os sistemas de drenagem urbana (TUCCI, 2001).

A Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela Lei

Federal 9.433/97, considera como um de seus princípios fundamentais a prevenção e controle contra eventos hidrológicos críticos, tanto de origem natural quanto decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Esta lei define ainda um ordenamento institucional para a gestão compartilhada do uso da água - o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, do qual fazem parte: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacias Hidrográficas; os órgãos dos poderes públicos federais, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; as Agências de Água; e as organizações civis de recursos hídricos (ANA, 2003).

A PNRH conta com os seguintes instrumentos de gestão: Plano Nacional de Recursos Hídricos, Planos Estaduais de Recursos Hídricos, Planos de Bacias, Enquadramento de Corpos d'Água, Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, Fundos de Recursos Hídricos (ANA, 2003).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos foi aprovado em 30 de janeiro de 2006, sendo elaborado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, em parceria com a Agência Nacional de Águas (ANA), e contando com a participação de aproximadamente 7000 pessoas - por meio de oficinas e seminários realizados em todo o Brasil (BRASIL, 2006b).

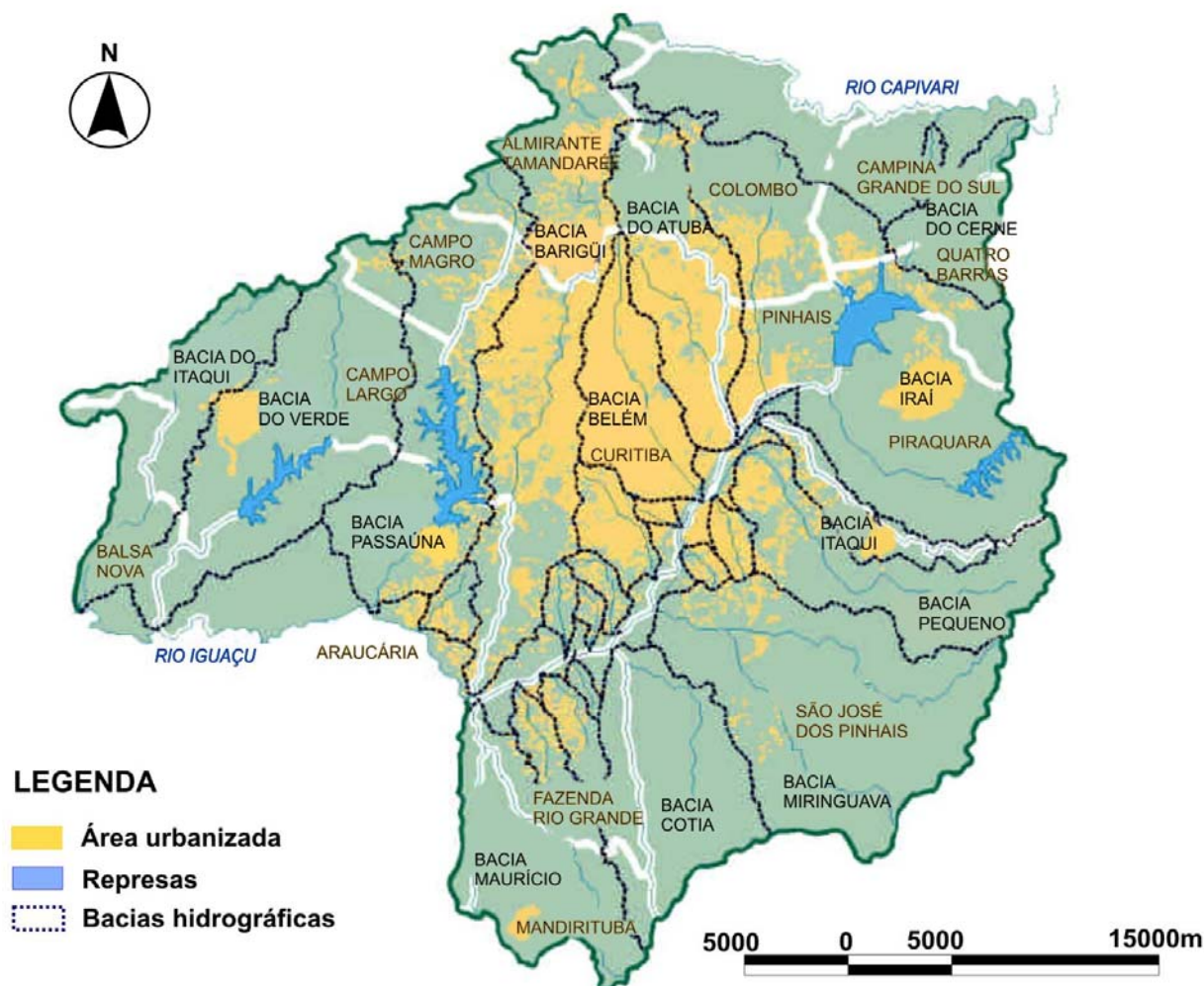
O Plano Nacional de Recursos Hídricos é composto por seis volumes, que englobam os seguintes temas: visão nacional dos recursos hídricos; diagnóstico estratégico dos recursos hídricos; águas para o futuro - uma visão para 2020; diretrizes e metas; programas nacionais e regionais e resumo executivo. O PNRH apresentou uma análise global de 12 grandes regiões hidrográficas presentes no território brasileiro, identificando os aspectos sobre recursos hídricos mais relevantes, bem como suas projeções futuras e programas de ações dentro de uma visão macro. Assim, a análise dos diversos elementos englobados no PNRH irá permitir a consolidação, a criação de parcerias e a modificação dos programas e ações propostas. Contudo,

dependerá da administração e estrutura dos governos estaduais e locais a concretização dessas ações (BRASIL, 2006b).

Como recomendado pelo PNRH, os poderes públicos estaduais e municipais devem realizar um plano para cada bacia hidrográfica. Visando contemplar as exigências da legislação federal, a Política Estadual de Recursos Hídricos do Paraná, instituída pela Lei Estadual 12.726/99, elaborou um importante instrumento de gestão, o PDDrU para a bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira na Região Metropolitana de Curitiba, que contempla o recorte espacial do presente trabalho (CHEIDA, 2005; SUDERHSA, 2002). De acordo com TREVISAN (2006) estão em andamento o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná, o qual deverá ser finalizado em meados de 2007; e o Plano para a bacia do Tibagi.

Conforme a SUDERHSA (2002) as propostas do Plano para a bacia do Alto Iguaçu preferenciam a prática de ações preventivas para tratar sobre questões de drenagem e, conseqüentemente, mitigar a problemática das inundações. O Plano abrange por completo os municípios de Curitiba, Fazenda Rio Grande e Pinhais, além de porções de mais onze municípios da RMC (Figura 7).

FIGURA 7 - ÁREAS ABRANGIDAS PELO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU



PLANO DIRETOR DE DRENAGEM PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU

FONTE: Adaptado de SUDERHSA (2002)

As bacias contempladas pelo PDDrU abrangem uma área total de 2.090 km². São elas: Atuba, Belém, Alto Boqueirão, Padilhas, Ponta Grossa, Espigão, Prensa, Barigui, Cachoeira, Passaúna, Irai, Pequeno, Ressaca, Avariú, Miringuava, Cotia, Moinho, Divisa, Mascate, Maurício. O Quadro 4 apresenta a relação das bacias abrangidas pelo PDDrU, além da extensão dos rios que as integram e a área de cada bacia. Para a caracterização do sistema de macrodrenagem estudado foram levantadas cerca de 960 seções transversais ao longo de 829 km de rios, córregos e galerias.

QUADRO 4 - EXTENSÕES E ÁREAS ABRANGIDAS PELO PDDrU

BACIA	EXTENSÃO DE RIOS CARACTERIZADOS (KM)	ÁREA DA BACIA (KM ²)
Atuba	88	127
Belém	64	88
Alto Boqueirão	3	5
Padilhas	26	31
Ponta Grossa	9	12
Espigão	5	6
Prensa	7	10
Barigui	118	267
Cachoeira	6	14
Passaúna	76	217
Iraí	159	437
Pequeno	61	137
Ressaca	9	15
Avariu	4	7
Miringuava	71	277
Cotia	43	152
Moinho	4	5
Divisa	6	20
Mascate	13	24
Maurício	57	135
Total	829	2.090

FONTE: Adaptado de SUDERHSA (2002)

De acordo com a SUDERHSA (2002), constituem-se objetivos principais do PDDrU para a bacia do Alto Iguaçu os seguintes aspectos: definição do arranjo institucional que apóie a implementação do Plano; proposição de medidas e ações que consigam controlar o impacto dos novos empreendimentos sobre o sistema de macrodrenagem; caracterização do sistema de macrodrenagem, mapeando as áreas de risco de inundação e efetuando modelagem matemática do mesmo; estudo, otimização e proposição de medidas estruturais de controle; atendimento às populações que são afetadas por problemas de inundações urbanas; fornecimento de subsídios técnicos às entidades responsáveis pela implementação do Plano; desenvolvimento de estudos para uma bacia- piloto, demonstrando questões de custo-benefício; capacitação profissional daqueles que serão responsáveis pela implementação do Plano; e incentivo à participação da população no mesmo.

Quanto à viabilidade do PDDrU, existe uma forte vinculação com posturas municipais, ou seja, é necessário que cada município altere suas legislações vigentes de acordo com as proposições do mesmo (SUDERHSA, 2002). Com relação às legislações municipais, destacam-se, a seguir, o PDDrU desenvolvido para Porto Alegre, a legislação paulista que prevê medidas de detenção das águas pluviais, e a abordagem sobre a legislação do município de Curitiba.

Em Porto Alegre, o controle da drenagem urbana está previsto no próprio Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental. Similarmente ao PDDrU-PR, este Plano tem como princípio que os novos empreendimentos mantenham as condições hidrológicas originais da bacia, por meio do amortecimento da vazão das águas da chuva. A prevenção deve, portanto, ocorrer na fonte - nas edificações. Em São Paulo, foi criada em 2002 uma legislação que torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². A intenção dessa legislação não é de solucionar o problema das inundações da cidade, mas exercer um efeito educacional sobre empreendedores e sobre o público em geral, uma vez que leva a debates sobre a drenagem urbana (SUDERHSA, 2002; SÃO PAULO, 2002).

Em Curitiba, com a preocupação de solucionar os problemas relacionados às inundações, em agosto de 2003 entrou em vigor o Decreto Municipal 791/03. Esse decreto dispõe sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias, definindo dois mecanismos principais para o controle das inundações urbanas, as bacias ou reservatórios de retenção e as cisternas ou reservatórios de acumulação. Apesar de existir uma busca da legislação municipal em atender aos princípios e diretrizes principais do PDDrU para a bacia do Alto Iguaçu, elaborado no âmbito estadual, tais recomendações não se aplicam a todo o município. Assim, torna-se obrigatória apenas nos casos de ampliação e/ou reforma com área construída igual ou superior a 5000m², novos loteamentos e algumas zonas urbanas. Além disso, existe ainda a necessidade de adequação ao PDDrU de outros instrumentos legais municipais, inclusive relacionados às políticas públicas (CURITIBA, 2003).

Esse cenário pode ser modificado pela Lei Municipal 10785, aprovada em 31 de março de 2006, que cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Embora essa legislação tenha como enfoque a conservação e uso racional da água, a mesma traz em seus artigos 6 e 7 a exigência de construir dispositivos de reservação das águas pluviais nas novas edificações, bem como naquelas que se encontrem em construção, sendo que essas águas poderão ser utilizadas para fins não potáveis. Como a aprovação dessa legislação deu-se na finalização da presente pesquisa não foi possível verificar seus efeitos no setor da construção civil ou àqueles relativos à drenagem urbana. No entanto, seus resultados podem reduzir a sobrecarga dos sistemas de macrodrenagem, além de retardar o escoamento superficial, diminuindo os níveis máximos de água nos corpos d'água durante as precipitações. Outro aspecto positivo refere-se ao uso de alternativas de abastecimento, contribuindo para a preservação e vida útil dos mananciais de abastecimento (CURITIBA, 2006).

Nesse sentido, o Ministério das Cidades afirma que é essencial que todas as normas urbanísticas em vigor – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Código de Obras, Código Ambiental, Código de Posturas, Lei Orgânica Municipal e, principalmente os instrumentos das políticas urbanas, tais com os instrumentos do Estatuto da Cidade, legislações municipais, e incentivos fiscais - estejam coerentes aos princípios do PDDrU, pois somente com essa postura torna-se possível viabilizar as diversas propostas não-estruturais para o sistema de drenagem (BRASIL, 2003).

2.2.5 Aspectos sobre a Defesa Civil e sua atuação na prevenção e controle das inundações

De acordo com a Política Nacional de Defesa Civil – PNDC (BRASIL, 2000), o objetivo principal da Defesa Civil é a redução dos desastres, alcançada pela diminuição da ocorrência e da intensidade dos mesmos. Essa política define Defesa Civil como “o conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstitutivas,

destinadas a evitar ou minimizar os desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade” (BRASIL, 2000, p. 7).

O Sistema Nacional de Defesa Civil é composto por secretarias e coordenadorias tanto ao nível federal, quanto estadual e municipal, esta última denominada COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Cabe à COMDEC realizar os procedimentos orientados pela PNDC, verificando quais os programas e projetos que podem ser aplicados no município (BRASIL, 2000).

A PNDC conta com quatro programas principais relacionados aos seguintes temas: prevenção de desastres, preparação para emergências e desastres, resposta aos desastres e reconstrução. Existem vinte e três projetos atrelados a esses programas, dos quais dezoito podem ser utilizados para prevenção e controle das inundações urbanas, são eles (BRASIL, 2000):

- a) Avaliação de riscos de desastres;
- b) Mapeamento de áreas de riscos;
- c) Redução das vulnerabilidades às inundações e aos escorregamentos em áreas urbanas;
- d) Desenvolvimento institucional;
- e) Desenvolvimento de recursos humanos;
- f) Desenvolvimento científico e tecnológico;
- g) Mudança cultural;
- h) Monitoramento, alerta e alarme (no Paraná, sob responsabilidade da SUDERHSA);
- i) Planejamento operacional e de contingência;
- j) Proteção de populações contra riscos de desastres focais;
- k) Mobilização;
- l) Aparentamento e apoio logístico;
- m) Socorro às populações;
- n) Assistência às populações;
- o) Reabilitação dos cenários dos desastres;

- p) Relocação populacional e de construção de moradias para populações de baixa renda;
- q) Recuperação de áreas degradadas;
- r) Recuperação da infra-estrutura de serviços públicos;

No município de Curitiba, a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil – COMDEC foi criada pela Lei Municipal N. 11645/2005, que estabelece o Fundo Municipal de Defesa Civil e revoga a antiga lei sobre Defesa Civil no município, do ano de 1985 (CURITIBA, 2005). Essa legislação está pautada nas diretrizes federais da PNDC e do Decreto Federal N. 5376/2005, o qual dispõe sobre o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, entre outras providências; além das diretrizes estaduais, expressas no Decreto Estadual N. 1343/1999, que aprova o regulamento do Sistema Estadual de Defesa Civil.

Desta forma, compete à COMDEC-CURITIBA o planejamento e a defesa permanente contra desastres de quaisquer naturezas; gerenciamento das ações de defesa civil em Curitiba; elaboração de planos diretores, de contingência e de operação, bem como projetos afins; prevenção e minimização de danos, socorro, assistência a populações afetadas, além da reabilitação da área atingida. Dentre as atividades da COMDEC podem-se citar as vistorias de edificações e áreas de risco, juntamente a outros órgãos, articulando formas de intervenção preventiva, com o possível isolamento e evacuação da população das áreas vulneráveis; recomendação de inclusão das áreas de risco como locais restritos de uso e ocupação do solo; implantação de um banco de dados que permita a elaboração de mapas temáticos sobre as vulnerabilidades e nível de risco das áreas localizadas dentro do município; coordenação dos órgãos setoriais e de apoio nas fases de prevenção, socorro, assistência e recuperação; capacitação de recursos humanos para as ações de defesa civil, incentivando a participação da comunidade e sua atuação voluntária; realização de treinamentos das equipes e da população envolvida e inclusão dos princípios da defesa civil nos currículos escolares da Rede Pública Municipal de Ensino; e elaboração anual de um plano de ação (CURITIBA, 2005).

Também está prevista na legislação - nos artigos 16, 17 e 18 - a implantação do Fundo Municipal de Defesa Civil, que proverá recursos financeiros para as ações de Defesa Civil no município. Outro aspecto bastante relevante é o artigo 21, que prevê o intercâmbio da COMDEC “com os órgãos congêneres federais, estaduais e municipais, públicos e privados, objetivando receber e fornecer subsídios técnicos relativos à defesa civil” (CURITIBA, 2005, p. 10).

Atualmente podem-se ressaltar entre as atividades da COMDEC as ações de monitoramento e as campanhas educativas. As campanhas educativas da COMDEC-CURITIBA, cujo enfoque se traduz na frase “a melhor defesa é a prevenção”, buscam despertar na comunidade o interesse de desenvolver melhores hábitos, orientando sobre as formas de agir na normalidade e nos momentos da ocorrência de desastres e emergências. Também é ressaltada a importância da participação da população: “a Defesa Civil orienta, mas existem coisas que só você, que vive perto do problema, pode fazer”, ou “Defesa Civil somos todos nós, seja voluntário” (COMDEC, 2006a).

As ações de monitoramento dos eventos naturais são realizadas pela SUDERHSA, em convênio com o Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR, que desempenha um acompanhamento diário (24h) de eventos meteorológicos severos por interpretação dos dados transmitidos por satélite. Utilizando um sistema via Notes, a COMDEC recebe o aviso da SUDERHSA e SIMEPAR sobre possíveis eventos que gerem desastres, com antecipação em até duas horas do fenômeno (COMDEC, 2006a).

Após a aprovação da Lei Municipal N. 11645/2005, a COMDEC assume como metas para os anos de 2006 e 2007 a elaboração do Plano Diretor de Defesa Civil, que prevê a participação de outros entes públicos e empresas que prestam serviços para a cidade; do Plano de Operações, envolvendo todo Sistema Municipal de Defesa Civil, e representantes dos municípios do primeiro anel da RMC; e do Plano de Contingências, que englobe todas as áreas afetadas por efeitos previsíveis de um desastre específico (COMDEC, 2006b). A Figura 8 mostra o fluxo preventivo previsto pela COMDEC, o qual será abordado pelo Plano Diretor de Defesa Civil.

FIGURA 8 – FLUXO PREVENTIVO DA DEFESA CIVIL DE CURITIBA



FONTE: COMDEC (2006)

Esse fluxo mostra as quatro etapas principais orientadas pela PNDC. Na fase de prevenção de desastres é realizado um gerenciamento dos riscos, identificando os perigos existentes, por meio do mapeamento das áreas inundáveis e dos pontos críticos de inundação; avaliando a vulnerabilidade da população que habita as áreas de risco; estudando formas de redução do risco; elaborando planos de emergência e treinando técnicos e a comunidade envolvida. As três etapas seguintes são contempladas pelo Plano de Contingência, cuja fase de preparação para emergências e desastres consiste no acionamento dos técnicos responsáveis, que irão verificar a possibilidade de ocorrência de desastre e alertar todos os agentes da Defesa Civil para a mobilização; a resposta ocorre junto à constatação da necessidade de ação, compreendendo o socorro e assistência às vítimas; e a reconstrução refere-se ao emprego de medidas que visem o retorno à normalidade (COMDEC, 2006b; BRASIL, 2000).

2.2.5 Aspectos do Planejamento Urbano de Curitiba

Os primeiros percursos do urbanismo em Curitiba têm início no século XX, quando em 1903 realiza-se o processo de hierarquização de usos na cidade, determinando padrões construtivos e definindo áreas de especialização das atividades urbanas. No ano seguinte é elaborado o levantamento da planta da cidade para instalação dos serviços de água e esgoto. Nessa época, por volta de 1910, a população do município já ultrapassa os 60000 habitantes. O desenvolvimento urbano continua constante e com a chegada da estrada de ferro ocorre o desenvolvimento das indústrias paranaenses, sendo o bairro Rebouças o grande pólo industrial. Em 1919, é elaborado o novo Código de Posturas, para melhoria da infra-estrutura urbana (IPPUC, 2004).

No entanto, o início do processo de planejamento urbano de Curitiba se deu na década de 1940, com a elaboração do Plano Diretor de Urbanização de Curitiba - Plano Agache (Figura 9). Nesse Plano foram propostas diretrizes que visavam uma série de intervenções físicas no espaço urbano, tais como as grandes avenidas que promoveriam a ligação com áreas específicas, dando uma conformação radiocêntrica à cidade. Também se dividiu a cidade em zonas funcionais: centro comercial, centro administrativo, área militar, centro universitário, entre outras zonas (LIMA, 2000a).

FIGURA 9 – PLANO AGACHE



FONTE: IPPUC (2004)

Por ser um plano ambicioso, Guinski e Duarte (2002) apontam que as propostas do Plano Agache não se realizam por completo, nem mesmo no momento de sua formulação. No entanto, com o passar dos anos, várias de suas recomendações se concretizam, dentre elas: adoção de um zoneamento mais rígido, abertura e alargamento de grandes avenidas (7 de Setembro, Visconde de Guarapuava, Marechal Floriano Peixoto, João Gualberto, Av. Paraná e Manoel Ribas). Em 1953, é aprovada a primeira Lei de Zoneamento de Curitiba e a formulação pensada para o Centro Cívico é colocada em prática pelo então governador Munhoz da Rocha.

Na década de 1960, o crescimento urbano acelerado de Curitiba tornou o Plano Agache obsoleto, inicia-se uma nova etapa do processo de planejamento urbano. As discussões da época sobre planejamento urbano, aliadas à criação e institucionalização de grupos técnicos de planejamento da esfera municipal – Companhia de Urbanização de Curitiba (URBS), Companhia de Habitação Popular de Curitiba (COHAB-CT) e Assessoria de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (APPUC), transformada no atual IPPUC – criaram um contexto próprio à elaboração de um novo plano diretor (LIMA, 2000a).

Na tentativa de disciplinar a ocupação do solo e reduzir os problemas que se acentuavam foi proposto o Plano Preliminar de Urbanismo³ (LIMA, 2000a). Esse Plano era formado pelos seguintes estudos: diagnóstico sócio-econômico, análise da situação urbanística e diretrizes básicas para o Plano Diretor. A proposta, segundo IPPUC (2004) tinha como objetivos básicos:

- a) Alterar a conformação radial de expansão da cidade para uma conformação linearizada, integrando os transportes e uso do solo;
- b) Descongestionar a área central e preservar o centro tradicional da cidade;
- c) Conter a população curitibana dentro dos limites territoriais;

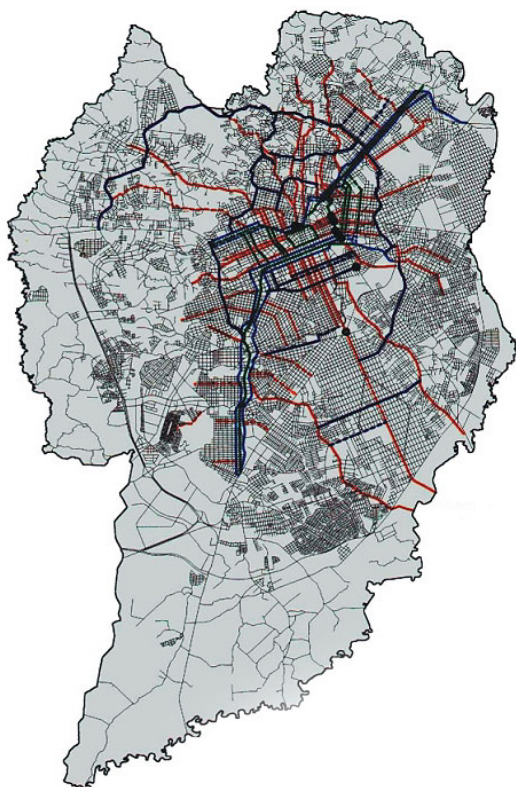
³ O Plano Preliminar de Urbanismo foi realizado pelas empresas Jorge Wilhelm Arquitetos Associados e Serete Engenharia S.A., vencedores do concurso para elaboração do Plano Diretor de Curitiba (LIMA, 2000a).

- d) Proporcionar suporte econômico ao desenvolvimento urbano;
- e) Propiciar equipamentos globais;

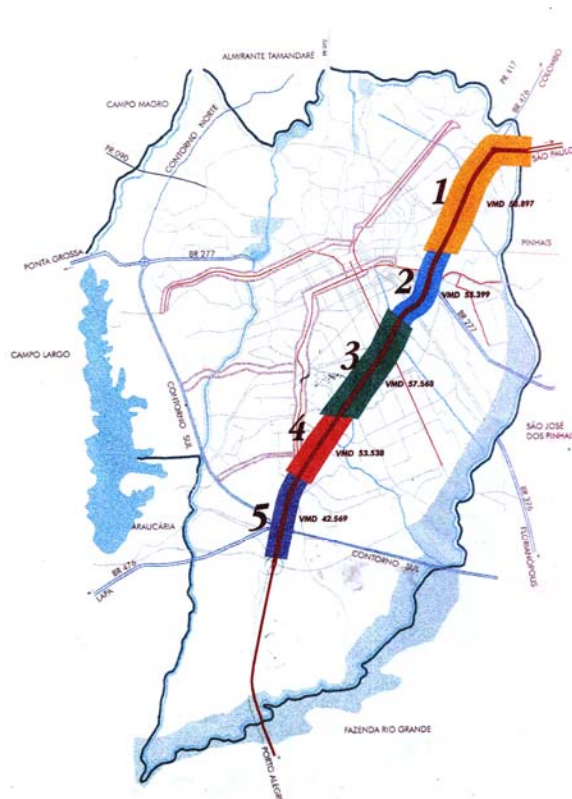
Segundo Pereira (2002), cada um desses objetivos básicos era composto por um conjunto de diretrizes. Uma configuração espacial de relevância é a questão do redirecionamento do crescimento por meio de uma expansão linear, partindo de eixos estruturais tangentes à área central. A cidade de Curitiba atualmente é caracterizada principalmente por esta proposta de eixos linearizados (Figura 10).

Essas propostas intervieram no espaço físico da cidade e definem a estrutura urbana e a forma de planejamento até os dias atuais, constituindo uma referência para o município. Para Oliveira (2000), o Plano Diretor de Curitiba fez do transporte coletivo o principal indutor do crescimento da cidade.

FIGURA 10 – SISTEMA VIÁRIO DE CURITIBA



Cartograma do sistema viário de 1975



Eixos viários principais em 2005, com destaque para a nova avenida (trecho urbano da BR-476 - antiga BR-116)

FONTE: IPPUC (2005)

Nos anos 80, o IPPUC elaborou um amplo diagnóstico sobre a cidade, o Plano Municipal de Desenvolvimento Urbano (PMDU), o qual propõe diretrizes para um modelo de desenvolvimento descentralizado, criando centros secundários, os quais servirão de referência para a implantação das Administrações Regionais anos depois. Também nessa época, o município assume a responsabilidade sobre as suas áreas verdes. Visando a preservação e a formação dessas áreas verdes são criados parques e bosques urbanos e legislações específicas, as quais estimulam essa política por meio de incentivos fiscais, entre outros instrumentos (IPPUC, 2004).

A aplicação de recursos na melhoria do transporte coletivo também se torna uma importante política de planejamento. No início da década de 1990 é criado o Biarticulado, melhorando a acessibilidade urbana. Também nesse período as Administrações Regionais interligam seus terminais de transportes a um espaço especial denominado Ruas da Cidadania, as quais se transformam em referência nos bairros (IPPUC, 2004).

Contudo, a maior transformação ocorre no patamar do zoneamento urbano. Em 2000, entra em vigor a Lei Municipal 9800/00 que dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no município de Curitiba. Essa nova legislação constitui a maior alteração nas diretrizes de crescimento, desde o Plano Diretor de 1966 (GUINSKI; DUARTE, 2003). Segundo Fragomeni (2000), apesar do órgão municipal de planejamento frisar em suas declarações que foram mantidas as diretrizes do Plano Diretor de 1966, vários fatores levam a um indício contrário. Isto porque o conteúdo do conjunto de leis aprovadas tem intenções que estão muito além de uma simples definição de parâmetros construtivos de uso e ocupação do solo.

É importante observar, de acordo com Pereira (2002) e Lima (2000a), que além das definições das zonas, foram propostas outras importantes determinações nessa lei, dentre elas:

- a) Criação de novos eixos de adensamento, ao longo de importantes avenidas da cidade;
- b) Transformação da BR-476 (antiga BR-116), passando seu trecho urbano a se

constituir um eixo metropolitano de desenvolvimento. Isso ocorre mediante incentivos à diversificação e alteração de uso em suas margens por meio da instalação em todo trecho urbano de sistema de transporte coletivo de alta capacidade;

- c) Criação do Setor Especial de Conservação Sanitário-ambiental, abrigando áreas de preservação permanente ao redor dos principais rios, bem como faixas de drenagem;
- d) Mudança na classificação dos usos do solo;
- e) Definição de novos parâmetros construtivos para o aproveitamento dos lotes urbanos;
- f) Criação de novos instrumentos para a política urbana: solo criado, que define a altura máxima de construção para cada zona da cidade, com algumas exceções; e ampliação da transferência de potencial construtivo para as áreas de preservação ambiental e fundos de vale, além dos setores históricos – já contemplados em legislação anterior.

Há também as questões ambiental e de metropolização, levada à discussão por Vicentini e Pereira (2000) e Moura (2000). Dentre os principais problemas da nova lei apontados pelas autoras estão: inexistência de critérios ambientais na definição dos parâmetros na mesma contidos, desconsideração do processo de metropolização, e aplicação generalizada de instrumentos urbanísticos.

Além disso, conforme Santos (2001), a proposta de alteração do zoneamento da cidade coincide com o retorno da lei de Recursos Hídricos levada à Assembléia Legislativa. Esse projeto propõe que a unidade de análise para planejamento seja a bacia hidrográfica. Também se aponta a necessidade de estabelecer uma gestão democrática, prevendo a participação da população no processo de decisão. Entretanto, tais critérios não foram atendidos pela nova legislação de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo em Curitiba. Esse e outros motivos já expostos geraram uma situação de conflito.

Assim, conforme esses autores, a Lei N. 9800/00, representa muito mais que

uma simples alteração em um dos instrumentos do Plano Diretor de 1966. Essa legislação extrapola os limites de sua súmula, acoplando, ao contrário do que afirma o poder público, características do que seria um Plano Diretor. Critica-se também a eficácia da Lei, uma vez que aspectos ambientais, de metropolização e outros instrumentos urbanísticos acabam sendo desconsiderados pela mesma.

2.3 EXPERIÊNCIAS DE IMPLANTAÇÃO DE POLÍTICAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS NO BRASIL E EM ALGUNS PAÍSES

As inundações urbanas têm sido estudadas por pesquisadores em várias partes do mundo devido à sua gravidade, além da constatação de um significativo aumento na sua ocorrência e intensidade nos últimos anos. Segundo Todini (1999), os danos causados por esses eventos cresceram em proporção assustadora devido principalmente a ampliação de largas áreas urbanizadas e as mudanças climáticas que estão ocorrendo a nível global.

Mesmo com as diferenças existentes em cada evento e local, a Comissão Sócio-Econômica dos Estados Unidos - responsável por um dos maiores estudos a nível mundial sobre as inundações na Ásia e no Pacífico - considera possível estabelecer uma comparação entre as nações porque os problemas e soluções são semelhantes em qualquer contexto (UNITED STATES, 1999).

Com base nessas premissas serão apresentados nesse tópico históricos sobre as inundações em diversos países, além de conceitos, políticas públicas e instrumentos utilizados por estes visando à prevenção e ao controle das inundações. Assim, são indicados os aspectos positivos e negativos de casos ao redor dos cinco continentes, estando inclusos os seguintes países: Estados Unidos, Canadá, China, Inglaterra, Alemanha, Holanda, Itália, África do Sul e Austrália. Os estudos de caso brasileiros foram dispostos em um item particular, uma vez que representam situações de maior semelhança com a área de estudo, devido a seu contexto natural, cultural, institucional

e político.

2.3.1 Experiências positivas de políticas, instrumentos e ações baseadas no planejamento e na gestão implantadas na China, Itália, Austrália, África do Sul e Alemanha

O planejamento e a gestão focados na prevenção e controle das inundações são temas bastante discutidos, todavia, é usual uma preocupação excessiva dos profissionais que trabalham no setor com aspectos relativos a projetos e obras hidráulicas, medidas denominadas estruturais, sem considerar todos os atores envolvidos no processo. Entretanto, para solucionar o problema das inundações é preciso obter uma visão geral do sistema, de forma que o mesmo se adapte às necessidades dos usuários (mudanças no uso do solo, aumento de população) e às mudanças climáticas; planejando e revisando o sistema sempre de acordo a estas modificações (PLATE, 2002).

Para esse autor, o planejamento do sistema e o gerenciamento dos riscos de inundações podem reduzir significativamente o efeito desses eventos. Conforme Todini (1999) existe uma necessidade crescente de um sistema de suporte que permita o planejamento e gerenciamento das inundações, possibilitando a localização de áreas de risco e estimando os danos, analisando o fenômeno em seu tempo real por meio de dados meteorológicos precisos, e prevenindo os impactos sociais, ambientais e econômicos resultantes da ocorrência das inundações.

Plate (2002) ressalta que essas ações dependem de uma gama de informações que possam alimentar o sistema, permitindo sua revisão. Constituem essas informações os dados atualizados sobre o desenvolvimento do local, as mudanças de uso do solo, a vulnerabilidade da população da área e de suas propriedades, o mapeamento da área inundada, bem como a frequência e magnitude destas inundações. Uma ferramenta muito útil para combinar o mapeamento das condições físicas locais, das inundações e da vulnerabilidade da comunidade envolvida é o Sistema de

Informações Geográficas ou Geographic Information Systems (GIS). Esse instrumento pode auxiliar as análises de risco sobre a área.

Esse autor alerta também para a necessidade de avaliação permanente dos riscos de inundação. É importante considerar sempre a existência de um risco residual, devido a falhas técnicas do sistema, ou mesmo a inundações severas e raras, que excedem a capacidade de controle de inundações para qual o sistema foi projetado. Outra importante característica de um sistema de proteção de inundações é a prevenção, com o controle sobre o uso e construção na área de risco. Nesse contexto, insere-se também a noção de previsão, antecipando-se os riscos e aumentando a possibilidade de ação. Para esse trabalho, a parceria entre a meteorologia e a tecnologia do sensoriamento remoto, assim como o estudo de modelos hidrológicos e hidrodinâmicos vem se mostrando bastante eficaz.

2.3.1.1 China: sistema de monitoramento, controle e avaliação dos riscos de inundação integrando geoprocessamento e sensoriamento remoto

Segundo Zhang et al. (2002), a China é atingida frequentemente por desastres naturais, dos quais as inundações são os mais sérios. Desta forma, desenvolveu-se um sistema de monitoramento e controle desses desastres naturais, avaliação de seus riscos e de formas de auxílio à população envolvida, denominado Sistema Operacional Integrado - Operational Integrated System (NPOIS). Esse sistema que integra sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (GIS) como instrumentos de assistência à tomada de decisão referente às inundações.

As inundações sempre consumiram muitos recursos econômicos e são discutidas em diferentes níveis do governo chinês. Nos últimos 50 anos foram construídos na China mais de 86000 reservatórios e 200000 km de diques para aliviar os impactos das inundações. Todavia, os problemas permanecem, incluindo: proteção insuficiente, sérias perdas de solo e água, e artificialidade do ambiente natural. Desta forma, verificou-se que as medidas estruturais de controle das inundações (canais

artificiais, diques, reservatórios) mostraram-se ineficientes, além de terem como alarmante o alto investimento exigido para sua manutenção (ZHANG et al., 2002).

Conforme esse autor, na década de 1970 o conceito de medidas não-estruturais de controle de desastres surgiu nos Estados Unidos. Segundo esse conceito, as perdas devido às inundações podem ser reduzidas por meio de medidas como monitoramento, prevenção, simulação, diagnóstico e análise (UNDRO, 1991; OAS, 1990). De acordo com Zhang et al. (2002), a integração de GIS e sensoriamento remoto são capazes de auxiliar o planejamento sobre monitoramento, controle e avaliação dos desastres naturais, especialmente os eventos críticos como as inundações. Adotando esses princípios, o governo chinês, através do financiamento do Ministério de Ciência e Tecnologia da China, desenvolveu o NPOIS. Na elaboração e acompanhamento do sistema participaram cientistas chineses em parceria com cientistas japoneses e europeus, integrantes da Agência Espacial Européia.

A base do sistema NPOIS integra GIS e sensoriamento remoto. As imagens obtidas pelo sensoriamento remoto conseguem um mapeamento de vastas áreas da superfície terrestre, podendo ser adquiridas em intervalos de tempo regular a um custo relativamente baixo. Os bancos de dados formados em bases GIS realizam uma excelente parceria com os dados obtidos pelos sensores remotos, permitindo o processamento e armazenamento dos mesmos. As informações armazenadas na base GIS são divididas em quatro categorias: imagens de satélite (raster), classificação das imagens de satélite (vetor), mapeamentos digitais (vetor) e dados relacionados (atributos). Esse sistema permite que os diversos produtos obtidos pelos sensores remotos monitorem as inundações com sucesso nos seus três períodos de desenvolvimento: antes, durante e depois das ocorrências (ZHANG et al., 2002).

De acordo com Zhang et al. (2002), pode-se dividir em três partes os principais procedimentos do sistema NPOIS: pré-processamento, que consiste na extração das informações sobre as inundações e estimação do desastre causado por estas, avaliação do desastre e tomada de decisão sobre os impactos causados pelas inundações. A etapa de pré-processamento inclui o registro exato dos locais atingidos

pela inundação em plataforma GIS, utilizando para tanto imagens do satélite SPOT, modelos de elevação do terreno, mapas topográficos e dados sócio-econômicos. Na fase a seguir são identificadas as informações sobre a inundação e quantificado o nível do desastre causado por meio de uma análise dos tamanhos e características das áreas inundadas. Para identificar as áreas inundadas é utilizado um método de classificação supervisionada, utilizando o software ERDAS IMAGE (Model Maker), que permite a geração de um modelo que identifica e classifica áreas inundadas e áreas não inundadas. Após essa etapa, avaliam-se as conseqüências da inundação e quais medidas devem ser tomadas. Como na China existem freqüentes ocorrências de graves inundações, o governo chinês analisa os dados e define as prioridades pela seguinte ordem: área de casas submersas e população atingida; áreas agrícolas submersas e estimativas de prejuízos econômicos; e danos à infra-estrutura, como estradas, pontes, tubulações em geral, entre outros elementos.

Os principais produtos obtidos com esse sistema de monitoramento são as informações e documentos resultantes dos processos de análise, que permitem ao poder público gerar e manter um banco de dados atualizado sobre as imagens de inundações, mapas de uso de solo atingidos por esses eventos e suas correspondentes tabelas. Esses produtos permitem mostrar a localização, extensão, tempo de submersão, grau de severidade e dinâmica das inundações, bem como as medidas de mitigação e controle tomadas. Para tanto, é necessário a utilização de imagens do Radarsat SAR. Desde 1998, quando começou a ser empregado e com o passar dos anos o sistema NPOIS proveu diversas imagens sobre as inundações e documentos úteis ao governo chinês. Por meio de um monitoramento diário das inundações em grande parte da China esse sistema provou ser eficaz na tomada de decisões para controle e mitigação das inundações (ZHANG et al., 2002).

2.3.1.2 Itália: sistema de prevenção, gerenciamento e monitoramento das inundações utilizando modelagem desenvolvida sobre base GIS

Nas últimas décadas, a Itália apresentou quadros graves de inundações. As experiências sobre as formas de controle desses eventos no país demonstram que as medidas estruturais somente podem ser implantadas de forma eficiente em áreas que tenham pouca pressão antrópica, contudo, em áreas com profundas intervenções antrópicas, geralmente nas grandes cidades, existe uma necessidade pela aplicação de medidas não-estruturais (TODINI, 1999).

Segundo esse autor, a falta de eficácia dessas medidas levou pesquisadores italianos a definir um sistema de gerenciamento e monitoramento das inundações baseado em medidas não-estruturais utilizando modelagens matemáticas e relacionais desenvolvidas sobre base GIS. São indicadas quatro medidas não-estruturais essenciais para áreas de risco: a primeira é a identificação das áreas com alto risco de inundações e o desenvolvimento de um mapa de risco de inundações; a segunda medida é tornar possível um sistema de prevenção da inundação em tempo-real, com operações para alertar a população; a terceira medida é definir um plano de emergência para inundações de risco, dotado de manual de procedimentos em situações de risco, treinamento de pessoal, alertas à população, e a última medida é desenvolver um sistema integrado de suporte à decisão que possibilite a análise e antecipação das catástrofes causadas pelas inundações urbanas, prevenindo e mitigando seus efeitos nos setores social, econômico, ambiental e cultural. Esses princípios orientaram a criação do FLODSS (Flood Operational DSS) iniciado na Itália na década de 1990.

O FLODSS consiste em uma série de modelos matemáticos e relacionais que contemplam os aspectos hidráulicos e hidrológicos, além dos impactos sócio-econômicos e ambientais; um banco de dados com as séries climático-meteorológicas (precipitação, temperatura, etc), informações sobre as bacias hidrográficas e os rios e dados sócio-econômicos e ambientais. Todos esses dados estão dispostos em uma base GIS, permitindo uma interface sofisticada e de fácil uso, dando mais suporte às

análises qualitativas e à interpretação dos resultados. Em termos operacionais, esse sistema de prevenção, gerenciamento e monitoramento das inundações pode providenciar informações para diferentes períodos de tempo (72 – 48 – 12 – 6 horas). Pode também estruturar-se em vários modelos, fornecendo monitoramento dos dados meteorológicos, avançadas prevenções para situações de risco e análises detalhadas das situações, auxiliando assim nas tomadas de decisão. Toda ação de monitoramento, prevenção e planejamento das inundações deve ser definido de acordo com os objetivos esperados pelo usuário final. Deve-se considerar também que o sistema é composto por duas partes: técnica e social. A parte técnica é operada por meteorologistas e hidrologistas que inserem os dados e realizam as suas análises, a parte social requer responsáveis civis, que possam tomar as decisões e definir as ações por prioridades (TODINI, 1999).

Esse autor ressalta que o FLODSS permite aos planejadores a capacidade de responder às seguintes perguntas:

- a) Quais áreas têm risco de inundação?
- b) Quais as áreas de maior vulnerabilidade?
- c) É possível construir nessas áreas?
- d) Quais os custos das inundações do ponto de vista social e ambiental?
- e) Quais as medidas de intervenção mais apropriadas?

Como vantagens Todini (1999) explica que o desenvolvimento do sistema em base GIS possibilita diversas facilidades, pois os Sistemas de Informações Geográficas permitem sobretudo: a visualização de mapas, a interligação de dados alfanuméricos a elementos gráficos (rios, estradas, etc.), a geração e impressão de mapas, a modificação dos mapas existentes e a visualização gráfica das respostas das perguntas. O FLODSS permitiu também que a Itália desenvolvesse análises hidráulicas e hidrológicas, avaliação e preparação de mapas de risco de inundação, planejamento de medidas estruturais e não-estruturais, além da prevenção e adoção de medidas de mitigação das inundações em tempo real, possibilitando a análise das vantagens e desvantagens de diferentes cenários de intervenção.

Contudo, a criação do banco de dados e do próprio sistema requer uma quantidade de trabalho bastante extensa, por isso as bases realizadas em outros países, como os Estados Unidos, não contemplam todas as regiões, desenvolvendo-se apenas para àquelas de maior risco. Não se pode esquecer de uma etapa essencial para que o funcionamento do sistema ocorra adequadamente, o treinamento dos operadores do mesmo, fator que aumenta os custos operacionais do sistema e torna seu sucesso dependente da motivação de todos os agentes envolvidos (TODINI, 1999).

2.3.1.3 Austrália: educação ambiental voltada à comunidade visando à mitigação das inundações aliada a melhoria da qualidade das águas

As inundações urbanas são grandes causadoras de poluição aos corpos d'água, principalmente por meio do escoamento superficial produzido durante as precipitações. Da mesma forma, a poluição de rios, córregos e fundos de vale por meio do lançamento de resíduos de todo tipo e porte nos mesmos e/ou em suas margens são hábitos que implicam em degradação ambiental com comprometimento da qualidade das águas, além do assoreamento de rios e córregos e entupimento dos sistemas de drenagem urbana, aumentando o risco de inundações.

Conforme Ryan e Brown (2000), pensando em mitigar os problemas de degradação ambiental iniciou-se na Austrália um programa de educação ambiental nas comunidades. A preocupação com a qualidade da água levou o governo australiano a incorporar em suas políticas públicas municipais os Planos de Drenagem Urbana, além de criar jurisdições a nível federal para solucionar questões entre os Distritos.

O conceito de educação na comunidade pode ser entendido, segundo a Superintendência de Proteção Ambiental da Austrália (EPA,1996, p. 8) como “um aprendizado na comunidade, ou um método informal, por exemplo, um treinamento no trabalho e o desenvolvimento de atividades profissionais, pequenos cursos noturnos nos colégios, folhetos informativos, programas de informação e eventos na comunidade. A chave é estender os programas para toda a comunidade e envolvê-la,

de acordo com o princípio *pense globalmente e aja localmente*". Os melhores exemplos identificados pela EPA (1996) foram obtidos por meio do desenvolvimento de atividades com a comunidade que incluíam: valores sociais e normas da comunidade, variáveis sócio-demográficas, fatores institucionais e estruturais, eventos recentes, ativação dos níveis de consciência individual, submissão à aprovação de um comitê, observação, e discussões sobre o meio-ambiente.

Segundo Ryan e Brown (2000) o sucesso de ações de educação ambiental das comunidades requer o cumprimento das seguintes etapas: identificação dos problemas, propostas de soluções e desenvolvimento de estratégias para alcançá-las, além da avaliação dessas estratégias por toda a comunidade. Para eles o resultado final desse programa mostrou-se bastante positivo, comprovando que apenas com o envolvimento da comunidade é possível mitigar problemas relacionados a mudanças de comportamento.

2.3.1.4 África do Sul: controle da ocupação urbana em áreas inundáveis por meio do zoneamento

O rio Vaal localiza-se na África do Sul e é responsável pelo abastecimento de água potável para 10 milhões de pessoas. Devido a sua importância foram criadas políticas para controlar o desenvolvimento urbano ao longo de sua represa. Contudo, as inundações têm causado uma série de problemas, pois construções residenciais, industriais e comerciais que se estabeleceram no entorno do rio tendem a obstruir o fluxo das águas durante as cheias naturais, além de gerar maiores poluentes, relacionados ao escoamento superficial, tornando necessário um tratamento mais rigoroso das águas (STEPHENSON, 2002).

De acordo com esse autor, os riscos existentes no entorno do rio Vaal estão relacionados a danos a propriedades e pessoas, além daqueles estruturais, ocasionados pela erosão. Para que esses riscos não existissem o autor indica que seria necessário que a ocupação na área não fosse superior a 1%.

Devido a esses fatores, em 1982 o governo proibiu a ocupação em áreas abaixo dos níveis verificados na inundação de 1975. A ocupação é controlada por um zoneamento especial do uso e ocupação do solo no entorno do rio Vaal. A área compreendida na linha de elevação calculada para o tempo de retorno de 25 anos foi caracterizada como zona de inundação. A área fora desta zona, com menor frequência de inundação se estende ao limite de 50 anos. Contudo, ainda não foi realizado um zoneamento baseado num tempo de retorno de 100 anos, precisando também ser definidos os parâmetros de ocupação desta zona (STEPHENSON, 2002).

2.3.1.5 Alemanha: estudos que contemplam a reserva de áreas verdes como alternativa à redução do escoamento superficial e do risco de inundações

O impacto das mudanças de uso do solo no comportamento do escoamento superficial é um tópico corrente de pesquisas hidrológicas, contudo, sua quantificação é extremamente difícil (TUCCI, 2001b). Na Alemanha, o estudo inovador desenvolvido por Naeff et al. (2002) buscou um modelo capaz de medir tais impactos, avaliando-os em uma meso-escala de 8,4km² – a bacia do Estado Federal de Rheinland Pfalz, na Alemanha. Nessas análises foram considerados mapas referentes à topografia, uso do solo, tipologia hidrológica do solo e geologia da área de estudo, além de experimentos realizados *in loco*.

Esses autores perceberam que uma maneira eficiente de aumentar a capacidade de infiltração de água dos solos, diminuindo assim o escoamento superficial e os problemas decorrentes deste escoamento, é aumentar a absorção da água por meio de reflorestamento. Essa medida é útil tanto para áreas de agricultura e pecuária quanto para regiões urbanizadas. Dessa forma, os resultados mostraram que as mudanças no uso do solo com a introdução de áreas verdes podem reduzir significativamente o fluxo das inundações, uma vez que o escoamento superficial gerado torna-se menor, devido ao aumento da capacidade de infiltração dos solos.

2.3.2 Falhas nas políticas, instrumentos e ações desenvolvidos para a mitigação das inundações: o caso da Europa e da América do Norte

Apesar da adoção de medidas estruturais para o controle das inundações em conjunto a ações preventivas de planejamento do uso do solo, segundo Handmer (2001), durante a década de 1990 diversas inundações continuaram ocorrendo e causando impactos por toda a Europa. Em 1996, França, Espanha e Itália foram os países mais atingidos; em 1997 as inundações afetaram a Polônia, República Checa e Alemanha; em 1998 atingiram a Inglaterra; e em 1999 o sudeste da França. Contudo, devido a essas ocorrências a Europa pode se especializar em sistemas de prevenção de inundações. Governos como da Inglaterra e Alemanha realizaram uma revisão de suas políticas. A França promoveu inovações na mídia para disseminação das políticas preventivas.

Conforme Plate (2002), na Europa os níveis de elevação para a ocupação de áreas inundáveis não assumem um padrão pré-definido, são baseados nas experiências de perigo anteriores. Os critérios de proteção das áreas são definidos por meio de uma análise de custo-benefício. As falhas nesta forma de proteção estão relacionadas principalmente: ao risco residual, na concepção do que é um sistema de proteção; e ao mau planejamento dos cenários mais complicados de risco.

Na América do Norte, segundo Plate (2002), os profissionais dão um enfoque maior nas medidas estruturais para a proteção contra as inundações. São determinados níveis de elevação (topografia) para a ocupação da área, fator que indica uma proteção da área contra as inundações, uma vez que as cotas inundáveis não são ocupadas, tendendo a aumentar o valor comercial dos lotes. Todavia, tais medidas não indicam que a área esteja livre das inundações e que não devem ser realizadas ações preventivas. No Canadá, as medidas estruturais de controle não foram capazes de conter os danos materiais e sociais causados pelas inundações (SIMONOVIC, 1999). Nos Estados Unidos, as práticas de zoneamento preventivo não foram encorajadas pelos governos locais, causando inúmeros problemas relacionados à ocupação de áreas

de risco (BURBY, 2001).

Para Handmer (2001) os principais problemas encontrados tanto na Europa quanto na América do Norte relacionam-se aos fatores listados abaixo:

a) Liderança e coordenação dos sistemas de gerenciamento emergencial:

Assim como na América do Norte e outras partes do mundo, as organizações da defesa civil do oeste europeu se encontram em uma posição positiva – financeira, legal e politicamente – em termos de imagem pública. Desta forma, raramente assumiam uma posição de liderança sobre as iniciativas de gerenciamento emergencial. Como a defesa civil desses países é eficiente - tendo como características pronta resposta aos eventos extremos, centros de comandos bem equipados e com pessoal treinado para situações de emergência, tanto em salvamento de pessoas em área de risco de inundação quanto para a segurança aos bens materiais (propriedades e móveis), além de condições para limpezas da área a posteriori - os assuntos relativos à prevenção e ao planejamento visando a não ocorrência das inundações são relegados a segundo plano.

b) Interpretação das mensagens de prevenção:

Em muitas áreas de risco, as pessoas não tiveram acesso aos avisos para desocupação da área. De acordo com o autor, o ideal seria que os governos discutissem com a população das áreas de risco quais as melhores maneiras de avisá-las em caso de emergência, entretanto, esse procedimento raramente foi realizado. Em diversos países europeus, como a Inglaterra, Bélgica e Holanda, as mensagens oficiais se mostraram ambíguas, escritas em linguagens de difícil compreensão para a população. Também ocorreram confusões na interpretação de mensagens em regiões de divisas entre os países, pois cada país adotava formas distintas de aviso em caso emergencial. Outro erro foi ignorar a eficiência das redes informais de divulgação da informação.

c) Cooperação e coordenação entre agências de níveis diferentes de governo:

Os problemas entre a comunicação e troca de informações entre as agências ocorreram tanto no nível internacional, quanto no nível nacional e local. No âmbito internacional os problemas referem-se principalmente à diferença de opiniões na

coordenação de ações e nas políticas públicas relativas ao assunto. A nível nacional e local, em muitos países o governo nacional não consegue enviar para o governo local subsídios para que sejam realizados o mapeamento da topografia das áreas inundáveis. Nesses casos, alguns governos locais estão realizando sistemas informais para o mapeamento dessas áreas. Um outro problema refere-se à cooperação da mídia com as agências de prevenção. Muitas vezes a mídia detecta erros no sistema e passa a produzir matérias que degradam a imagem das agências, dando preferência a documentários sensacionalistas ao invés de mostrar as ações bem sucedidas. Essa situação causa desentendimentos entre as agências de prevenção e a mídia, contudo, a cooperação com os grandes meios de comunicação é essencial para que haja uma rápida disseminação da prevenção aos eventos extremos.

2.3.2.1 Inglaterra: falhas nas políticas públicas de mitigação das inundações devido ao enfoque nas medidas de controle estruturais e falta de aplicação de ações preventivas

De acordo com Handmer (2001), com exceção de um breve período em 1953, após a ocorrência de severos eventos, em poucas ocasiões as inundações foram itens importantes das políticas públicas inglesas. Nesta época, o governo inglês propôs um programa nacional de controle das inundações, baseado em ações estruturais e estudos de custo benefício. Além disso, em 50 anos poucos planos de prevenção às inundações foram desenvolvidos. Apesar do planejamento do uso e ocupação do solo ser encorajado como forma de mitigação das inundações, raramente foi visto como prioridade pelas autoridades locais. Também a compensação às vítimas de inundação não era visto como responsabilidade pública, assim, as perdas materiais raramente eram reembolsadas pelo governo.

Em função desse cenário, ocorreu uma ocupação desordenada das cidades, as quais se expandiram e tiveram uma alta ocupação das áreas inundáveis. Somente em 1996, a Inglaterra criou uma Agência Ambiental que retornou a preocupação com as

inundações. A política estabelecida se preocupou em organizar medidas de desocupação das áreas de risco em caso emergenciais. Somente após grande pressão da população o governo começou a realizar ações de prevenção. Na década de 1990, a Inglaterra foi atingida por severas inundações, em abril de 1998 e outubro de 2000. Durante as inundações do ano de 1998, 5 pessoas morreram e 4500 propriedades foram atingidas. A maioria das pessoas que tiveram suas casas inundadas não teve acesso a nenhuma medida de prevenção. Em virtude desse evento, a Agência Ambiental implantou 55 recomendações sobre a prevenção das inundações, além de um plano estratégico baseado na detecção ou previsão das inundações, prevenção, e comunicação ou aviso em casos de emergência. No inverno de 2000 e 2001 ocorreram na Inglaterra as inundações mais severas dos últimos 100 anos. Após esses eventos as autoridades inglesas mostraram maior preocupação quanto à mudança no uso e ocupação do solo das áreas inundáveis, realizando ações a nível local (HANDMER, 2001).

2.3.2.2 Holanda: aprendendo com o gerenciamento das inundações baseado nas medidas estruturais e no pronto atendimento em situações de emergência

Aproximadamente metade da população da Holanda encontra-se em área protegida contra inundações, por meio de diques. Desde 1978, os diques são requeridos pela legislação para providenciar segurança à população. O cálculo dessa medida de controle estrutural é realizado baseando-se na probabilidade da ocorrência de inundação na chance de 1:1250, ou seja, ocorrência a cada 1250 anos (nos Estados Unidos essa proporção é de 1:100 e no Brasil adota-se 1:25 até 1:100). As responsabilidades pelo planejamento e gerenciamento dos desastres foram revisadas na legislação de 1985. A primeira prioridade do governo holandês é a segurança das medidas de controle existentes e propostas. A maior dificuldade nesse processo, devido a idade dessas estruturas, é a falta de informações sobre a construção e os detalhes dos diques (HANDMER, 2001).

Segundo esse autor, severas inundações ocorreram nos anos de 1993 e 1995. No primeiro caso, 10000 pessoas evacuaram as áreas atingidas. A população mais pobre não conseguiu um bom atendimento das autoridades locais, as quais não estavam suficientemente preparadas para situações emergenciais. Dois anos depois, 13000 casas foram inundadas, sendo que 250000 pessoas foram obrigadas a deixar suas casas. Muitas lições foram retiradas desses eventos. Atualmente, as autoridades locais conseguem melhores resultados que outros países europeus quanto à disseminação dos eventos extremos na grande mídia, o que possibilita um eficiente aviso aos habitantes das áreas de risco.

2.3.2.3 Canadá: superação dos problemas por meio do desenvolvimento de pesquisas para implantação de um sistema público de informações

No Canadá, na região de Manitoba, o gerenciamento e o planejamento do controle das inundações iniciaram após a inundação de 1950, com a construção de diques. Outras aplicações de medidas estruturais foram sendo realizadas, principalmente na década de 1970, contudo, na maior inundação da região, considerada a inundação do século, em 1997, nem as medidas estruturais aplicadas foram capazes de conter os danos causados. Algumas cidades que possuíam os diques foram protegidas das inundações, entretanto, diversas localidades do Canadá e zonas rurais foram atingidas. Após o evento diversos estudos foram realizados para avaliar os impactos em termos econômicos e psicológicos (SIMONOVIC, 1999).

O estudo de Morris-Oswald and Simonovic apud Simonovic (1999) recomenda: o desenvolvimento de um sistema público de informações utilizando toda a tecnologia existente, indicada pela literatura, o que permitiria a predição dos impactos; a elaboração de planos de gerenciamento de inundações que envolvessem diferentes níveis de governo, do federal ao local, facilitando o acesso às informações; o treinamento de técnicos; a implantação de um sistema de prevenção e um plano de evacuação para as áreas de risco, que informasse a comunidade sobre os riscos

existentes, sendo auxiliado por voluntários representantes da própria comunidade; a inserção da população no processo de organização dos planos de emergências; e a reorganização das medidas institucionais de emergências.

2.3.2.4 Estados Unidos: falhas no programa nacional de combate às inundações urbanas

Nos Estados Unidos, mais de 6 milhões de construções estão localizadas em áreas abaixo da cota de inundação de 100 anos, por esse motivo são elevadas as perdas materiais e sociais devido a desastres. Com o objetivo de mitigar esse problema o governo federal criou, em 1968, o Programa Nacional de Combate às Inundações, o qual sofreu mudanças significativas nos anos de 1969, 1973 e 1994. Contudo, esse programa não conseguiu os resultados esperados devido principalmente a dois motivos: grande desenvolvimento ocorrido nas áreas de risco de inundações, falta de medidas adequadas quanto à resolução de problemas nessas áreas e falta de exigência, a nível local, de medidas de mitigação a serem aplicadas em novas construções (BURBY, 2001).

Segundo o autor, esse programa primeiramente mapeava as áreas de risco, definindo o grau de risco, por meio da delimitação da cota de inundação para um tempo de retorno de 100 anos, estabelecendo os critérios para construções em áreas inundáveis. As municipalidades participavam do programa adotando a regulação para edificações em “floodplain”. O programa requeria que os governos locais restringissem o desenvolvimento em áreas inundáveis utilizando o zoneamento ou outras medidas que desencorajassem o desenvolvimento urbano dessas áreas. O programa também proibia a instalação de novos elementos construtivos nas áreas localizadas abaixo da cota de inundação de 100 anos e mapeava toda edificação já existente que estava inserida em área de risco, relocando a população em caso de risco extremo.

Conforme Burby (2001), um dos primeiros problemas enfrentados pelo

programa foi a falta de verbas para execução dos mapeamentos para cada cidade, referente à demarcação das cotas de inundação para 100 anos. Além disso, cada municipalidade poderia determinar a necessidade de revisão desse mapeamento a cada 5 anos, mas o governo federal não tinha como auxiliar nos custos operacionais da revisão desses mapas. Também ocorreram problemas na execução dos mapas. Os mapas que delimitavam as áreas inundáveis não foram georreferenciados, desta forma, não puderam ser analisados juntamente a outros mapas ou mesmo com fotografias aéreas, o que dificultou as ações de planejamento. Outro problema ocorreu quando pesquisadores detectaram, em estudos após a ocorrência das inundações, que os principais desastres ocorriam acima da elevação estabelecida para um tempo de retorno de inundação de 100 anos.

Para o autor, as restrições deveriam ser mais severas e os mapeamentos realizados não estavam sendo coerentes, pois edificações localizadas acima da cota dos 100 anos estavam sendo inundadas. Em alguns casos, estudos demonstraram que apenas 16% das edificações inundadas haviam sido detectadas pelo mapeamento.

2.3.3 Experiências brasileiras de políticas, instrumentos e ações voltadas à prevenção e controle das inundações urbanas

Durante os últimos 30 anos, os princípios sobre drenagem urbana e o controle do escoamento superficial no Brasil mudaram. Pelos impactos causados à jusante da bacia hidrográfica descartou-se a idéia de se remover rapidamente a água acumulada durante as precipitações em áreas urbanizadas. Atualmente, pensa-se em soluções que utilizem medidas compensatórias. Assim, para o controle das inundações urbanas requer-se uma redução no fluxo do escoamento superficial, reduzindo os volumes de água por meio de técnicas que empreguem infiltração. Para tanto, é necessário o desenvolvimento de novos materiais de revestimento que possam ser instalados nos espaços públicos e privados e permitam essa permeabilidade (POMPÊO, 1999).

Além disso, conforme Parkinson et al. (2003), a perspectiva de sustentabilidade em relação à drenagem urbana introduz novas maneiras de dirigir ações. O planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve ser integrado ao planejamento de áreas de expansão urbana, zoneamento de atividades, estradas, corredores de transporte, paisagem urbana, entre outras questões. Igualmente importante é o envolvimento da comunidade em atividades de cunho ambiental

A seguir são apresentados os estudos de caso referentes às políticas, instrumentos, ações e propostas que visam prevenir e controlar as inundações urbanas em regiões do Brasil, como o estado de Santa Catarina e as cidades de Porto Alegre, São Paulo e Santo André.

2.3.3.1 Santa Catarina: estudo sobre as falhas existentes e proposição de soluções para o controle e prevenção das inundações urbanas

Pompêo (1999) realizou uma análise das ações institucionais e sobre controle da drenagem urbana em Santa Catarina de duas maneiras: avaliando documentos e regulamentos internos das organizações governamentais, e complementando a análise com entrevistas e opiniões de técnicos sobre o controle das inundações urbanas. Nas entrevistas o assunto era apontado como a necessidade em realizar ações preventivas, e os trabalhos de engenharia são indicados quando atendem a demandas emergenciais. Por outro lado, as avaliações sobre aspectos organizacionais das instituições mostraram que aliado à falta de técnicos, os órgãos enfrentam problemas como acesso restrito às informações e raras ou limitadas parcerias entre órgãos públicos de diferentes âmbitos de atuação, por exemplo, municipal e estadual. O autor verificou que o que se discute pelo governo sobre o controle das inundações urbanas é diferente do que acontece na prática. Fala-se na necessidade de atuar preventivamente, mas o que ocorre na maioria das vezes são ações emergenciais ou corretivas.

Pompêo (1999) indica como solução a esses problemas a adoção de medidas conservacionistas que garantam o controle das inundações aliado ao controle da

poluição dos recursos hídricos, integrando funções da forma urbana à apreciação da paisagem, desenvolvendo corredores ecológicos. Nestes corredores devem ser promovidas ações de revitalização dos cursos d'água e do espaço urbano, incluindo mudanças no seu uso; valorização do potencial ecológico das áreas, tornando-as locais de lazer e recreação; sendo que todas essas ações devem ser apoiadas pela legislação. Já as medidas estruturais como lagoas de retenção abertas ou fechadas, canais, diques e pequenos reservatórios domésticos podem ser utilizados, entretanto, deve ser considerado que cada um desses elementos requer constante manutenção. São aconselhados reservatórios para retenção de grande porte desde que integrados oportunamente ao ambiente construído, como áreas de estacionamento e de atividades esportivas. Quanto aos órgãos públicos, torna-se essencial a integração estratégica dos mesmos, com o intercâmbio de informações e recursos humanos. Outro ponto importante é a educação, devendo ser aplicada a todos os envolvidos, dos técnicos à população em geral, pois a educação ambiental é uma medida importantíssima para as ações preventivas.

2.3.3.2 Porto Alegre: criação do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre no ano de 2000

A maior inundação do século XX na cidade de Porto Alegre ocorreu no ano de 1941, atingindo uma porção significativa do centro da cidade, além de áreas ribeirinhas. Em 1967 houve outra ocorrência de inundação de grande porte. Esses eventos levaram a construção na década de 1970 de um sistema de diques para a proteção da cidade (SUDERHSA, 2002).

De acordo com Tucci (2000), esses diques de concreto fazem parte do sistema de proteção de cheias da Região Metropolitana de Porto Alegre e estão localizados na área central da cidade. A drenagem interna do sistema de diques é bombeada por estações situadas no ponto inferior das mesmas. O sistema de diques foi projetado com base na cota de cheia de 1941 e tem sido contestado pela população,

uma vez que constitui uma barreira de concreto que dificulta a integração da cidade com o rio e a muitos anos não ocorre nenhuma cheia que atinja sua cota de proteção.

No ano de 2000, foi instituído em Porto Alegre o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA), através da Lei Complementar n.434, em substituição ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano vigente desde 1979. O novo PDDUA vem integrado com Plano Diretor de Drenagem Urbana, incluindo artigos que permitem ao município exigir legalmente a utilização de medidas de controle de escoamento para novos empreendimentos implantados na cidade. Assim, qualquer novo empreendimento utilizar medidas de controle das inundações ao nível do lote, devendo manter as vazões naturais existentes no local (CRUZ; AMARAL, 2005).

De acordo com Parkinson et al. (2003), a primeira etapa do PDDUA foi a avaliação do sistema de proteção de cheias existente e das estações de bombeamento, somado à correção dos problemas existentes. Os técnicos detectaram que o conjunto de bombas apesar de ter capacidade de atender à demanda no caso de cheia não funciona corretamente, pois devido diversas falhas o sistema de drenagem não consegue transportar a água até os pontos de bombeamento. Na fase de diretrizes e aplicação de medidas não-estruturais foram adotados como prioritários: o artigo do Plano Diretor Urbano para controle de vazão nos novos loteamentos; o decreto para o controle da densificação dos loteamentos, incluindo cálculo do volume de retenção, entre outros dispositivos para evitar o impacto da impermeabilização sobre os sistemas de drenagem, decorrente de novos empreendimentos, como explicados por Cruz e Amaral (2005).

O município também vem elaborando o Plano Estrutural para as sub-bacias existentes, contendo o detalhamento das áreas inundáveis de cada uma dessas sub-bacias para quatro cenários futuros de desenvolvimento e ocupação do solo urbano, visando um planejamento prévio das ações para reduzir a probabilidade da ocorrência de impactos futuros (PARKINSON et al. 2003).

2.3.3.3 Santo André: gestão integrada do saneamento ambiental

A cidade de Santo André iniciou em 1997 uma gestão integrada do saneamento ambiental, criando uma autarquia, a SEMASA – Secretaria Municipal de Saneamento Ambiental, a qual gerencia três componentes: sistema de esgotamento sanitário, drenagem urbana – com parte da Defesa Civil Municipal atuando, e os resíduos sólidos, incluindo disposição, coleta e tratamento destes. Para mitigação das inundações no município, a gestão tem trabalhado com os seguintes enfoques: manutenção da rede de drenagem urbana existente; priorização das medidas não-estruturais, utilizando medidas estruturais apenas quando estritamente necessário, em ações pontuais; e educação ambiental. Além disso, o Plano Diretor de Drenagem teve como unidade estratégica a bacia hidrográfica (PARKINSON et al., 2003).

De acordo com esse autor, o primeiro passo foi o mapeamento de todos os pontos de inundação da cidade, inclusive aqueles de caráter intermunicipal, localizados nas divisas com municípios vizinhos. Foram detectados em 1998 aproximadamente 100 pontos críticos de inundação. Com os trabalhos realizados, houve uma redução de 60% dessas áreas de risco. Adotou-se a utilização de medidas estruturais de baixo custo para solucionar os problemas, tais como: inverter o fluxo das canalizações e trabalhar com válvulas para evitar o retorno da água dos principais canais para os bairros. Nos locais onde os recursos financeiros não foram suficientes para solucionar os problemas foi implantado um Sistema de Alerta que envolve órgãos municipais e a comunidade que habita as áreas de risco. Nessa parceria, a prefeitura de Santo André disponibilizou uma equipe de relações comunitárias que trabalha diretamente com a população, informando-a sobre os riscos e as formas de agir durante as ocorrências. Toda a população local é cadastrada nesse sistema, assim, quando a Defesa Civil é informada pelo órgão de meteorologia sobre a possibilidade de precipitações que provoquem inundações, a equipe de relações comunitárias irá informar a comunidade sobre os riscos.

2.3.3.4 São Paulo: busca de soluções para redução de catástrofes em um dos maiores cenários de risco de inundação do país

A cidade de São Paulo é caracterizada como uma das mais críticas no que diz respeito ao problema das inundações. A bacia do Alto Tietê foi intensamente modificada entre as décadas de 1930 e 1950, tendo a inversão de seu fluxo para geração de energia elétrica. Juntando-se a esse fator houve a canalização e retificação do rio Tietê, sob a ótica do pensamento higienista, o qual gera grande impacto à bacia hidrográfica, pois transfere a vazão para regiões à jusante da bacia e provoca um rápido escoamento das águas pluviais (SILVEIRA, 2000).

Com a retificação do rio Tietê, juntamente à expansão urbana descontrolada de sua bacia hidrográfica, à excessiva impermeabilização do solo urbano, e ao aproveitamento das margens do rio Tietê para implantação de grandes avenidas marginais, as inundações passaram a ser constantes, ocorrendo diversas vezes ao ano e causando inúmeros prejuízos econômicos e sociais. Esse contexto mostra o exemplo da desconexão entre o planejamento urbano, principalmente sobre aspectos de uso e ocupação do solo e sistema viário, e o planejamento dos sistemas de drenagem no município (SUDERHSA, 2002).

A situação chegou a um patamar de tal gravidade que não existem formas de reverter esse cenário sem a utilização de obras de macrodrenagem de grande porte, de custo elevado e difícil manutenção. Visando reduzir a ocorrência de inundações na Grande São Paulo, o Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Tietê indica a necessidade de realização das medidas de controle estruturais como ampliação da calha do rio e mecanismos que restrinjam a vazão de seus afluentes, aliadas a rígidas medidas de controle não-estruturais, como a Lei Municipal N.13276/2002 - que torna obrigatória a execução de reservatório para as águas, coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m² - além da realização de campanhas educativas (SUDERHSA, 2002; SÃO PAULO, 2002).

2.4 CONSIDERAÇÕES

Acredita-se que para mitigar as inundações em áreas urbanas é preciso o estabelecimento de uma forma de planejamento e gestão ambiental que trabalhe com a integração dos aspectos legais em seus diversos âmbitos. Dessa forma, a legislação municipal deve procurar uma adequação aos princípios definidos nos âmbitos federal e estadual, obedecendo às premissas definidas pelo Plano de Drenagem Urbana. Essa atitude é essencial, contudo, é necessário ainda que todas as normas urbanísticas municipais em vigor, principalmente os instrumentos das políticas públicas, estejam coerentes a tais princípios.

Além disso, para prevenção e controle das inundações urbanas, existe um consenso dos autores estudados quanto à aplicação de medidas não-estruturais. Dentre estas medidas destacam-se ações de planejamento das ocupações em áreas inundáveis, envolvendo o zoneamento de áreas de inundações associado ao Plano Diretor Urbano e incentivo ao aumento de áreas verdes; mudanças de comportamento de administradores públicos e usuários, devendo-se incentivar a educação ambiental; aplicação de sistemas informatizados que permitam constante monitoramento, tanto da ocupação do solo quanto a fatores meteorológicos e previsões de cheias; além de adequações das diversas legislações relacionadas ao tema.

3 MÉTODOS DE PESQUISA

3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO ADOTADO

Dentre os diversos métodos de pesquisa existentes, considerando-se os aspectos abordados por Yin (2001) e Robson (1993), selecionou-se o método de Estudo de Caso.

Segundo Yin (2001), os estudos de caso são preferidos quando o pesquisador tem como problema de pesquisa questões do tipo "como" e "porque", adequando-se bem ao problema proposto por essa pesquisa: de que forma o planejamento e a gestão urbana podem contribuir para a prevenção e o controle das inundações nas cidades? Além disso, os estudos de caso são eficazes quando não há uma clara separação entre o fenômeno e seu contexto, sendo escolhido ainda quando se examina um acontecimento contemporâneo, entretanto, sem a possibilidade de manipulação de seus aspectos. Nessa mesma ótica, Robson (1993) caracteriza o estudo de caso como uma estratégia que permite o desenvolvimento dos detalhes, do conhecimento intensivo sobre um caso.

Assim, ao se estudar as dinâmicas espaciais urbanas e suas implicações quanto à drenagem e à ocorrência de inundações, Hiessl et al. (2000) indica a realização de um estudo de caso, pelos seguintes fatores: grande número de variáveis; incertezas quanto ao futuro tecnológico, econômico e social; dificuldade em se realizar um diagnóstico das conseqüências futuras das ações do presente; e existência de interações complexas com grande quantidade de esferas a serem consideradas.

Quando o estudo de caso constitui também um estudo ambiental, diversos fatores devem ser considerados. Conforme Orellana (1985) um estudo ambiental deve partir de um diagnóstico dos problemas, selecionando-os por prioridade, além de utilizar a análise multi-temporal para avaliar as dinâmicas sócio-espaciais. Os critérios para o estabelecimento dessas prioridades podem depender do interesse dos

pesquisadores, dos órgãos administrativos, da comunidade envolvida, ou mesmo atender à disponibilidade de recursos existentes - naturais, técnicos e humanos. A análise multi-temporal por sua vez realiza um diagnóstico atual, do tempo presente, além de um estudo sobre o tempo passado, no qual esse dinamismo pode ser avaliado em curto prazo (10, 20, 30 e 50 anos – período de uma, duas ou três gerações) ou em longo prazo (períodos seculares de oscilações climáticas, entre outros fatores).

Coelho (2001) acrescenta que um estudo criterioso sobre os processos históricos, deve abranger também o modelo de desenvolvimento urbano vigente e os padrões de diferenciação social. Para tanto, o cruzamento em mapas de características da população, como renda e tipologia das habitações abre novos pontos de vista sobre o estudo de processos ambientais, como as inundações. A pesquisa realizada por Romanel (2001) seguiu essas recomendações, analisando as transformações ao longo dos anos sobre o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica de Arroio Arujá em São José dos Pinhais, adaptando o método difundido por Mendonça. Segundo Mendonça (2000), ao abordar a bacia hidrográfica a pesquisa deve considerar os aspectos ditos naturais, que englobam os atributos físicos e biológicos, e os sociais, cujos atributos dominantes são os políticos, econômicos e históricos.

O método de análise de Orellana (1985) assume os mesmos princípios, recomendando que o plano de trabalho inclua pesquisa em campo, foto-interpretação e mapeamento ambiental. As etapas aconselhadas pela autora são: definição de imediato da unidade territorial a ser estudada: a bacia hidrográfica, ou um setor específico da cidade, ou uma área a ser utilizada para uma futura expansão urbana, entre outras unidades; realização de um levantamento prévio em loco e por meio de fotos aéreas; escolha da escala a ser trabalhada, a qual deve ser condizente com a análise; e seleção dos períodos relevantes para a análise multi-temporal. Além disso, no final do trabalho devem ser apontados os problemas e suas causas, bem como propostas de soluções.

Muratori (2005), e Hardt e Hardt (2004) também aconselham a realização desses procedimentos, os quais podem ser resumidos como diagnóstico, implicando em conhecimento que vai permitir estabelecer um perfil da área planejada, bem como

o estabelecimento de variáveis; e prognóstico, que se refere à interpretação e ao julgamento, implicando em avaliação e recomendação de alternativas futuras para a tomada de decisão dos gestores urbanos.

Outro importante princípio a se assumir num estudo de caráter ambiental é a consideração da bacia hidrográfica como unidade de estudo (TUNDISI, 2003; UNESCO, 2003). Tundisi (2003) indica algumas questões importantes para análise da bacia hidrográfica, são elas: legislações, políticas e programas existentes, histórico da ocupação, tipo predominante de uso do solo, estado e quantificação da cobertura vegetal, e identificação dos fatores impactantes existentes.

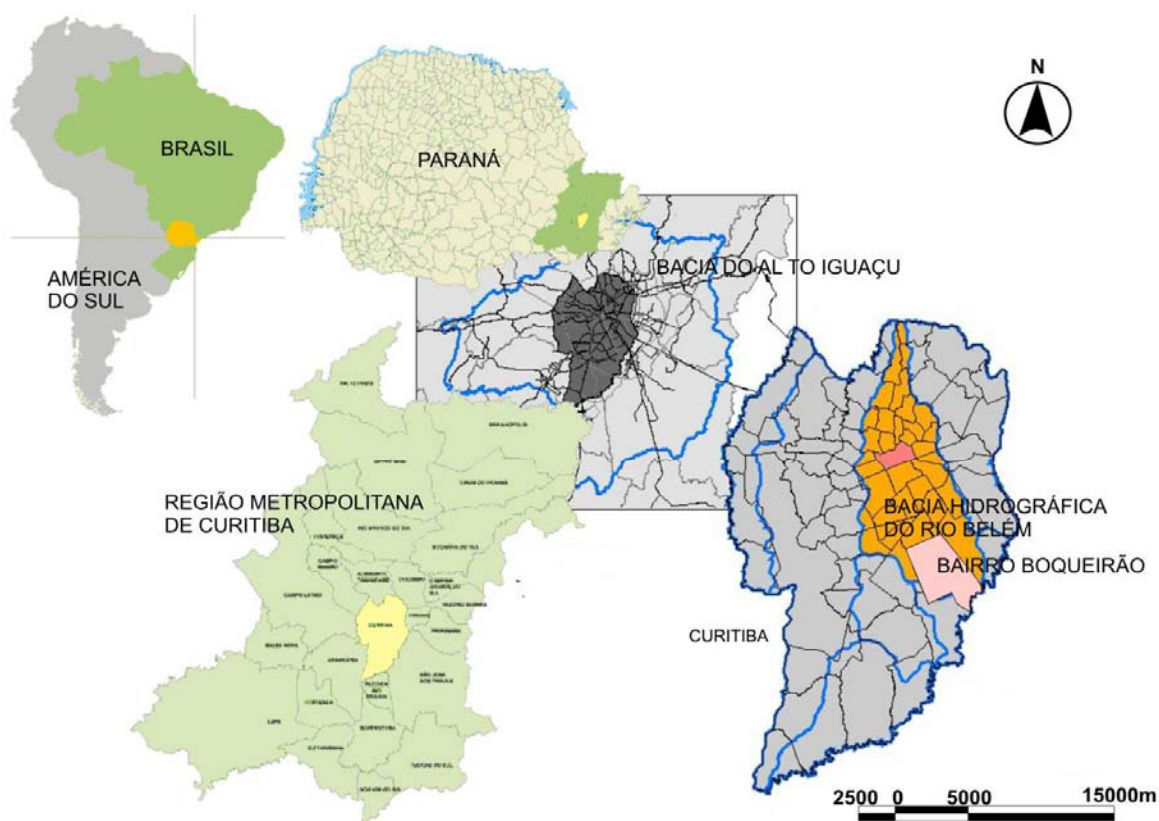
Essas recomendações foram assumidas na presente pesquisa, a qual pode ser definida como um estudo de caso com características ambientais, analisando sob a ótica do planejamento e gestão urbana ambiental as dinâmicas espaciais da unidade de estudo selecionada: a bacia hidrográfica do rio Belém, no município de Curitiba-PR. Cabe ressaltar que em alguns temas de análise, a autora optou por dividir a bacia hidrográfica do rio Belém em Alto, Médio e Baixo Belém por motivo de organização textual, para facilitar a compreensão do leitor sobre o texto de análise.

3.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

3.2.1 Recorte espacial: critérios de seleção

A área selecionada para a pesquisa é a bacia hidrográfica do rio Belém – sendo o estudo piloto uma porção dessa bacia – o bairro Boqueirão. A bacia hidrográfica do rio Belém localiza-se na região sul do Brasil, no município de Curitiba, estado do Paraná (Figura 11). Essa bacia possui área de 88 km², 64 km de trechos de rios e insere-se por inteiro em Curitiba, estando situada na porção central da bacia do Alto Iguaçu, que abrange quatorze municípios da RMC (SUDERHSA, 2002).

FIGURA 11 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



LOCALIZAÇÃO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2000), COMEC (2000) e SUDERHSA (2002)

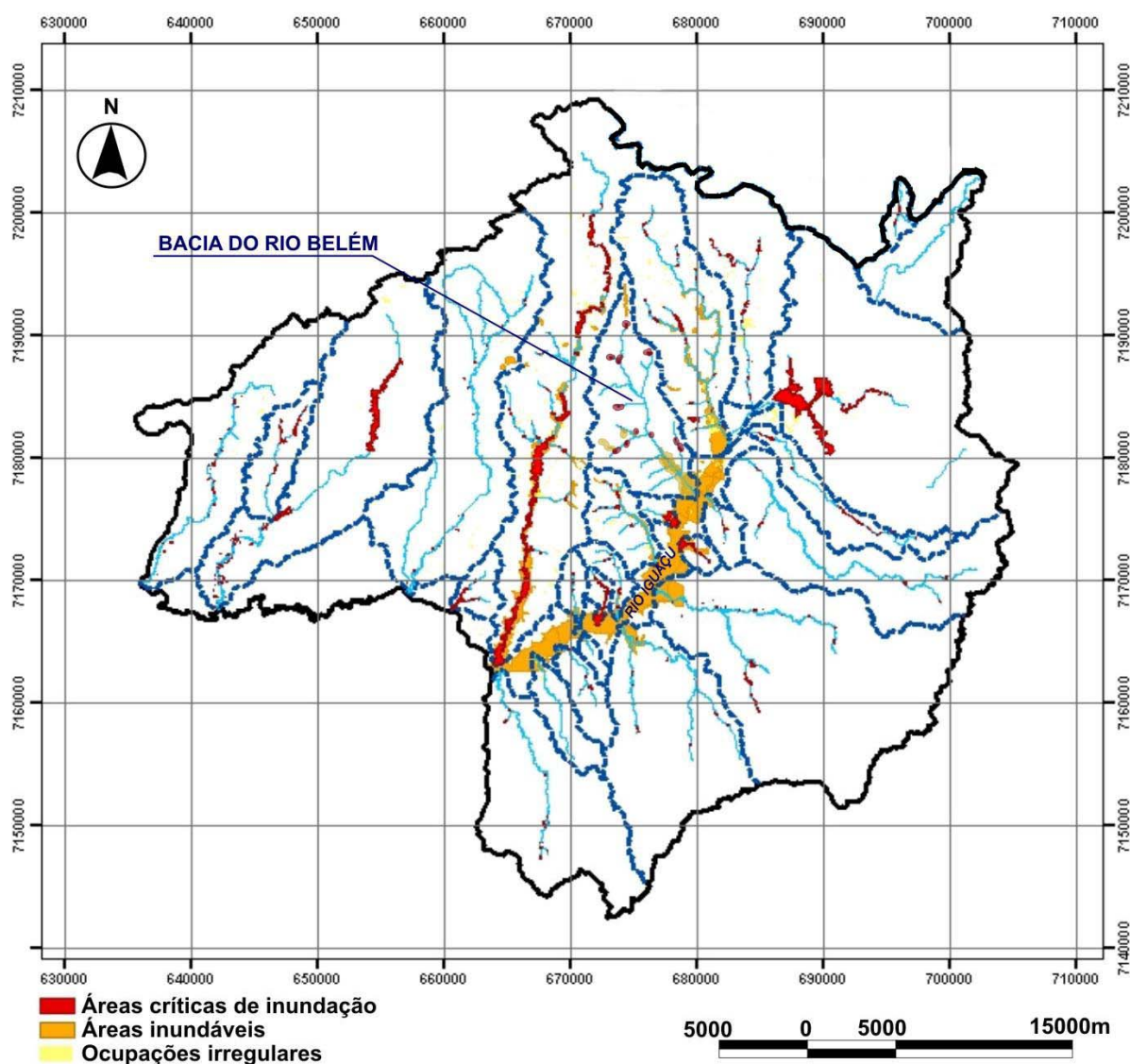
NOTA: Elaborada pela autora.

A bacia hidrográfica do rio Belém é totalmente urbanizada, estando nela presentes o centro da cidade e mais 35 bairros, com ocupações residenciais, de comércio e serviços que apresentam as maiores densidades demográficas da Região Metropolitana de Curitiba - RMC. Nela encontram-se também um número elevado de ocupações irregulares, e um baixo percentual de áreas verdes – em comparação com as demais bacias de Curitiba e da RMC, além de constituir uma das mais críticas com relação às inundações.

Conforme a SUDERHSA (2002) – a partir do levantamento realizado pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana para a bacia do Alto Iguaçu - os principais pontos de inundação situam-se nas bacias da margem direita do rio Iguaçu, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Belém. Foram constatadas 15 manchas críticas de inundação

ao longo da bacia hidrográfica do rio Belém, os quais atingem uma população de aproximadamente 28000 pessoas, constituindo um dos cenários mais críticos de toda a bacia do Alto Iguaçu (Figura 12).

FIGURA 12 – MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO ALTO IGUAÇU



MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU

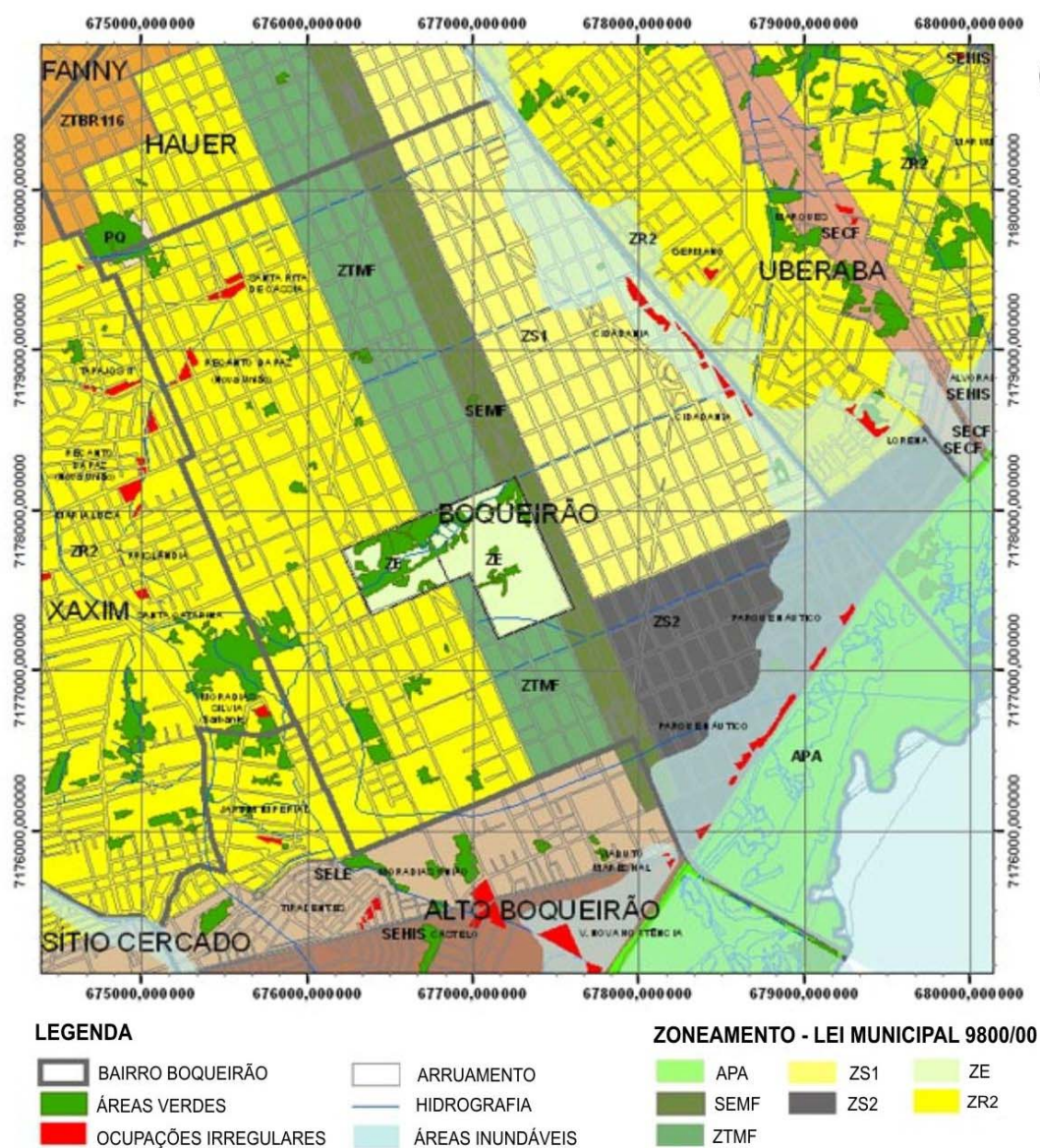
FONTE: Dados da SUDERHSA (2002)

NOTA: Elaborada pela autora.

A presente pesquisa selecionou também uma área relevante dentro da bacia hidrográfica do rio Belém para ser utilizada como estudo piloto. De acordo com Yin (2001) para a eficácia do método de estudo de caso é essencial a realização de um estudo piloto. Para esse autor, a realização de um caso piloto auxilia o pesquisador no aprimoramento dos planos para a coleta de dados tanto em relação ao conteúdo desses dados quanto aos procedimentos que devem ser seguidos.

Para tanto, o bairro Boqueirão foi escolhido pelos seguintes aspectos: ser o bairro com maior percentual de áreas inundáveis dentro da bacia hidrográfica do rio Belém; possuir pequena quantidade e má distribuição das áreas verdes; ser um dos bairros mais populosos do município, tendo ainda apresentado as maiores taxas de crescimento populacional nos últimos anos (PEYERL, 2003); além de possuir grande diversidade de uso e ocupação do solo, sendo formado por zonas do tipo residencial, de serviços, militar, de transição, de característica especial e ambiental (Figura 13).

FIGURA 13 – CARACTERÍSTICAS DO BAIRRO BOQUEIRÃO:
ESTUDO PILOTO



CARACTERÍSTICAS DO BAIRRO BOQUEIRÃO: ESTUDO PILOTO

FONTE: Dados do IPPUC (2000; 1997)

NOTA: Elaborada pela autora.

O estudo de caso piloto demonstrou ser coerente analisar os aspectos físico-territoriais e sócio-econômicos da bacia hidrográfica do rio Belém, além do histórico e diagnóstico atual das inundações na área de estudo. Foram definidos nessa fase quais dados deveriam ser identificados nas observações em campo, além dos procedimentos necessários para converter esses e outros dados em informações úteis para as análises.

Testou-se a eficácia da estratégia de análise, por meio do emprego de ferramentas de geoprocessamento, julgando-a favorável para a finalidade dessa pesquisa.

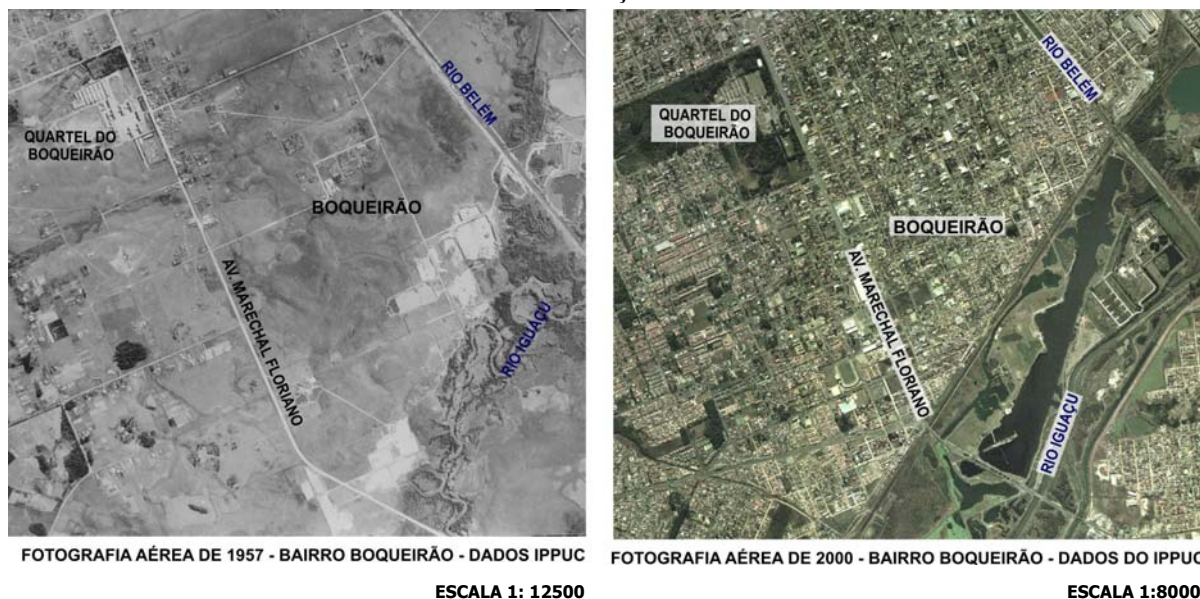
3.2.2 Recorte temporal: critérios de seleção

O principal critério de seleção do recorte temporal foram os dados disponíveis, fornecidos por diversos órgãos públicos, tanto de esfera municipal quanto da esfera estadual, além daqueles disponibilizados pela UFPR.

Desta forma, têm-se como primeiros dados digitais: as fotografias aéreas de 1957, as quais foram fornecidas pelo IPPUC somente para algumas partes da bacia hidrográfica do rio Belém, estando entre elas o bairro Boqueirão (estudo piloto); a imagem do satélite LANDSAT TM de 1986, fornecida pela UFPR, a qual permite a visualização de Curitiba e da RMC; o levantamento do IPPUC sobre a evolução da ocupação urbana de Curitiba a partir de 1830; e os dados do censo do IBGE das décadas de 1970, 1980 e 1990 – não digitalizados, contudo, passíveis de inserção na plataforma GIS.

Constituem os dados mais recentes os mapeamentos digitalizados de diversos temas de análise – hidrografia, áreas inundáveis, pontos críticos de inundação, geologia, relevo, áreas verdes, ocupações irregulares, ocupação urbana, zoneamento, entre outros, atualizados em 1997, 2000 ou 2002 - e as fotografias aéreas de 1999/2000, disponibilizados pelo IPPUC, PMC e SUDERHSA para toda a bacia hidrográfica do Belém. Têm-se também os dados do IBGE do censo de 2000, a imagem do satélite LANDSAT TM 2002 – com a visualização de Curitiba e toda a RMC - e IKONOS 2002, com a visualização da parte central da bacia, as quais foram cedidas pelo SIMEPAR e UFPR. Esses dados permitem uma visualização das modificações ocorridas ao longo do tempo na bacia, denominada por Orellana (1985) como análise multi-temporal, conforme demonstrado na Figura 14.

FIGURA 14 – ANÁLISE MULTITEMPORAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – VISUALIZAÇÃO DO ESTUDO PILOTO

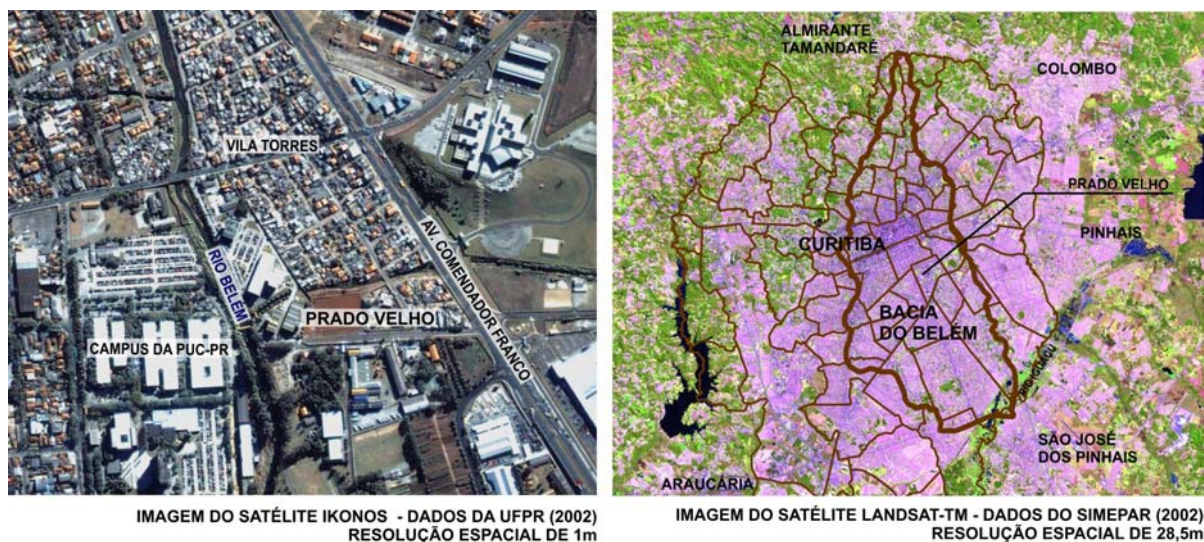


FONTE: Adaptado do IPPUC

NOTA: Elaborada pela autora.

As escalas de análise também variam de acordo com os dados existentes na área, cruzados com as observações obtidas em campo, assim como indicado por Muratori (2005), (Figura 15).

FIGURA 15 – DIFERENTES ESCALAS DE ANÁLISE



EMPRESA: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

FONTE: Adaptado da UFPR e SIMEPAR

NOTA: Elaborada pela autora.

3.3 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Considerando-se o exposto por Yin (2001), o protocolo de coleta de dados é de suma importância, uma vez que permite ao pesquisador lembrar-se constantemente do foco de sua pesquisa, bem como antecipar quaisquer tipos de problemas que possam vir a ocorrer. Desta forma, elaborou-se um protocolo que contemplasse as seguintes etapas: estabelecimento de parcerias e contatos com informantes chaves; revisão da literatura sobre o tema de estudo; coleta das bases digitais do recorte espacial selecionado; observações em campo e registro fotográfico da área de estudo; e coleta de outros dados que se mostrassem relevantes ao longo do estudo.

3.3.1 Etapa 1: estabelecimento de parcerias e contatos com informantes chaves

O estabelecimento de parcerias e contato com informantes chaves é indicado por Yin (2001) e por Oliveira (2001) como extremamente importantes para o bom desenvolvimento da pesquisa. Na presente pesquisa esse contato foi essencial para a viabilidade da mesma, uma vez que permitiu o estabelecimento de diversas parcerias, tornando possível o acesso da pesquisadora às fontes de informações necessárias para a realização da pesquisa.

Num primeiro contato foram apresentadas as características principais da dissertação: dados da pesquisadora e de sua orientadora, bem como do programa de mestrado e universidade a qual representam; título, problema de pesquisa, objetivos, métodos de pesquisa e estratégias de análise da dissertação; além do recorte espacial selecionado. Os próximos contatos foram acompanhados por ofícios para a solicitação de informações relevantes, sejam sobre documentos e outros materiais utilizados na revisão da literatura, e/ou pedidos de bases digitais e até mesmo solicitação para a realização de entrevistas.

Desta forma, nessa fase foi realizado o contato com pesquisadores da área, tanto de instituições públicas quanto privadas – Universidade Federal do Paraná - UFPR e Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR; com órgãos públicos

da esfera municipal – Prefeitura Municipal de Curitiba - PMC, e Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC; órgão público de gestão metropolitana – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC; e órgãos públicos estaduais - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA, e Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR.

Também foi realizada a inscrição da pesquisa no principal órgão brasileiro de apoio à pesquisa científica - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, sendo o projeto de pesquisa selecionado pelo Fundo Setorial de Planejamento dos Recursos Hídricos – CT-HIDRO, possibilitando a concessão de uma bolsa de mestrado à pesquisadora. Contou-se também com a colaboração de dois laboratórios da UFPR - LAURB – Laboratório de Arquitetura e Urbanismo, e CIEG - Centro Integrado de Estudos em Geoprocessamento.

3.3.2 Etapa 2: revisão da literatura

Conforme Yin (2001), antes de se iniciar o estudo de caso é necessário que o pesquisador tenha um conhecimento amplo sobre os diversos fatores que o compõem. De acordo com Robson (1993), após a delimitação do tema e do problema de pesquisa deve-se buscar o apoio da literatura, realizando-se um apanhado de toda documentação existente, seja proveniente de fontes primárias – dados históricos, bibliográficos e estatísticos, informações, material cartográfico, arquivos oficiais - e/ou de fontes secundárias - livros, revistas científicas, jornais, entre outros.

Conforme Severino (2002), a revisão da literatura deve-se iniciar pelos textos mais recentes, e mais gerais, partindo para aqueles mais específicos, podendo ser antigos quando forem de extrema importância para a temática. Essa revisão, segundo Oliveira (2001) deve ser acompanhada de um plano de trabalho, de resenhas críticas e de apontamentos sobre a documentação selecionada.

Seguindo essas recomendações, após a definição preliminar da pesquisa deu-se início à revisão da literatura, a qual começou com a elaboração do projeto de

pesquisa e foi intensificada e aprofundada nas fases seguintes. Os tópicos dessa revisão partiram da necessidade de definir conceitos importantes para a pesquisa, tratando de três assuntos principais: a problematização das inundações urbanas, o planejamento e gestão como subsídios à prevenção e controle das inundações urbanas e as experiências de implantação de políticas públicas de prevenção e controle das inundações urbanas no Brasil e no mundo.

Os materiais selecionados são provenientes de diversas fontes: documentação, informação, entrevista e material cartográfico de importantes órgãos públicos que atuam na área: PMC, IPPUC, COMEC e SUDERHSA, do qual se pode destacar o Plano Diretor de Drenagem Urbana para a bacia do Alto Iguaçu; livros, artigos, documentos e estudos desenvolvidos pelo governo federal (Ministério das Cidades, do Meio Ambiente e de Integração Nacional); legislações em seus diversos âmbitos (municipal, metropolitano, estadual e federal); livros, anais de congressos, palestras, seminários, e artigos científicos nacionais e internacionais de diversas áreas do conhecimento, destacando-se Construção Civil, Arquitetura e Urbanismo, Geografia, Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos, Geomática, História; além de outros materiais que se mostraram relevantes.

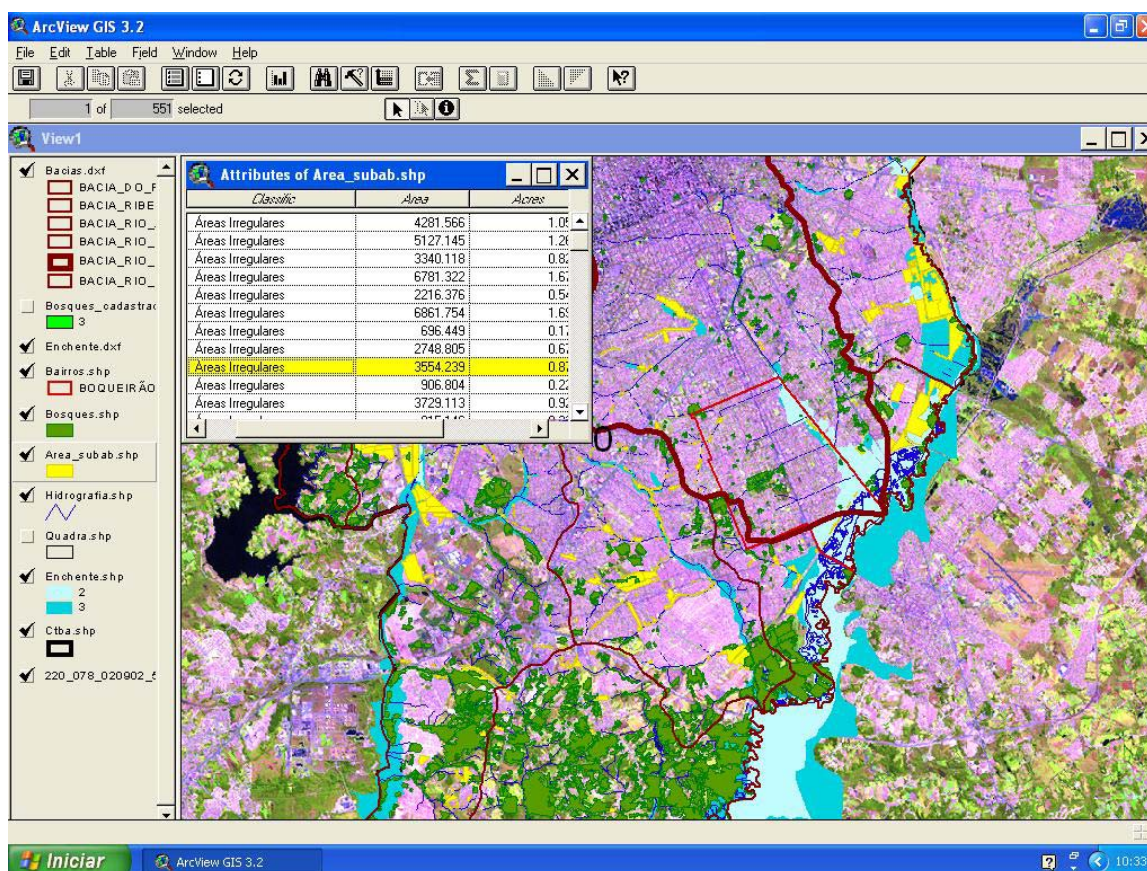
3.3.3 Etapa 3: coleta das bases digitais do recorte espacial selecionado

Juntamente à coleta de dados referentes à revisão da literatura, foram coletadas as bases digitais necessárias à análise. Essas bases foram disponibilizadas pela UFPR, e pelos seguintes órgãos públicos: PMC, IPPUC, COMEC, SIMEPAR e SUDERHSA. A UFPR e o SIMEPAR contribuíram com o fornecimento de imagens do satélite LANDSAT TM, anos de 1986 e 2002, e IKONOS, ano de 2002, que permitem a visualização de Curitiba e da RMC. A PMC e o IPPUC disponibilizaram fotografias aéreas e ortofoto-cartas digitais do bairro Boqueirão, anos de 1957 e 1999/2000, além de arquivos digitais do município de Curitiba sobre aspectos relevantes à pesquisa. A COMEC forneceu a base cartográfica da região metropolitana

de Curitiba, ano de 2000, e a SUDERHSA permitiu o acesso às bases utilizadas para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu, de 2002, bem como o fornecimento de fotografias aéreas digitais da bacia hidrográfica do rio Belém, do ano de 1999/2000.

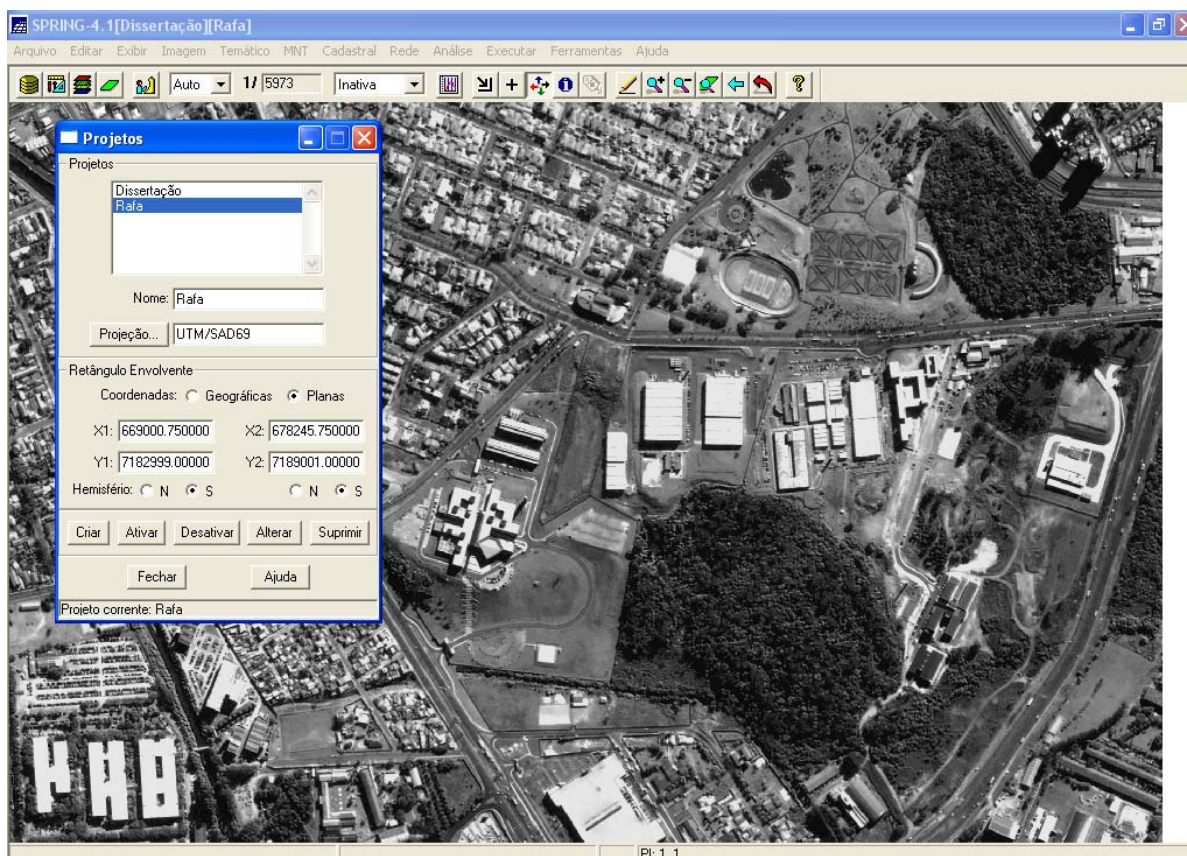
Esses arquivos, seguindo as recomendações de Yin (2001), foram armazenados em um banco de dados denominado “Curitiba_geodatabase”, organizados separadamente em pastas. Todos esses dados foram submetidos a processamentos prévios antes de comporem os mapeamentos da presente pesquisa, transformando-se de dados brutos em dados geoprocessados. Esses procedimentos foram realizados em dois softwares principais: ArcView GIS 3.2 ou ArcGIS 8.3, do Environmental Systems Research Institute – ESRI (Figura 16); e o software livre SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Figura 17).

FIGURA 16 – SOFTWARE ARCVIEW GIS 3.2 – ESRI



FONTE: Adaptado de ESRI (2006)

FIGURA 17 – SOFTWARE LIVRE SPRING



FONTE: Adaptado do INPE (2006)

3.3.4 Etapa 4: observações em campo e registro fotográfico da área de estudo

De acordo com Muratori (2005) todos os métodos relacionados a estudos ambientais têm um ponto em comum: os levantamentos “in loco” ou trabalhos em campo, que a autora considera “uma prática essencial no desenvolvimento dos trabalhos que envolvem questões ambientais, tendo em vista que transformam elementos representados bidimensionalmente, imaginados, através da descrição de material cartográfico e fontes bibliográficas, em elementos concretos, que constituem a paisagem” (MURATORI, 2005, p. 80-81).

Contudo, para se obter bons resultados nos levantamentos e observações em campo é importante a elaboração de um planejamento prévio que estabeleça um trajeto, avalie os meios de locomoção e equipamentos necessários, elabore um roteiro

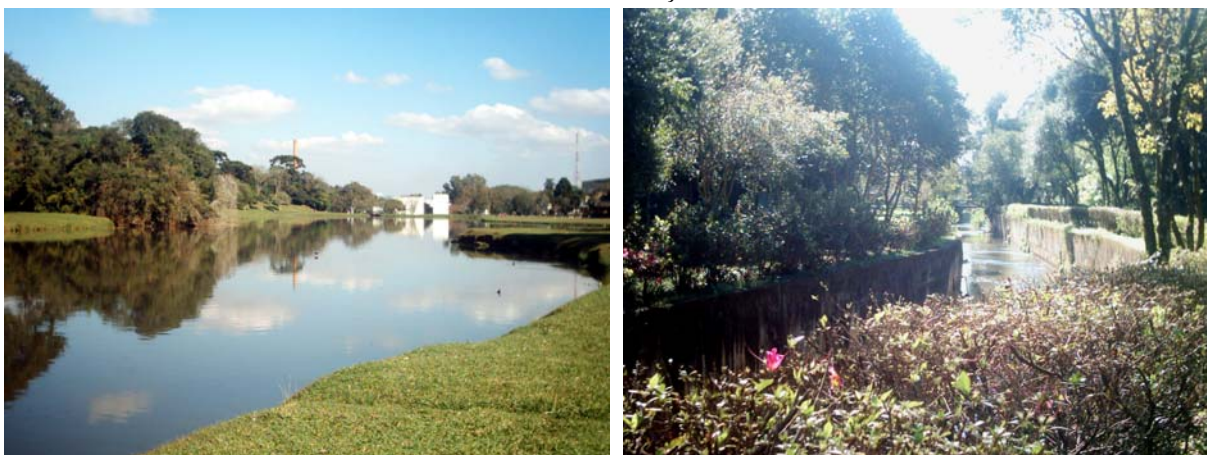
de análise e fichas para anotação das observações. Além disso, a documentação por meio de registro fotográfico pode ser bastante útil para auxiliar o pesquisador nas avaliações posteriores (MURATORI, 2005; YIN, 2001). Outra questão é o tamanho da área de análise, se a mesma for pequena permitirá um detalhamento maior dos elementos, todavia, se for muito extensa haverá a necessidade do pesquisador selecionar pontos-chaves, locais significativos que revelem aspectos importantes para a pesquisa, além de realizar o trajeto de carro, percorrendo suas vias principais (MURATORI, 2005).

De acordo com tais princípios, é necessária a observação do ambiente urbano da bacia hidrográfica do rio Belém, verificando a coerência dos mapeamentos disponibilizados pelos órgãos públicos, bem como as mudanças mais relevantes não presentes nesses mapeamentos. Assim, foram definidos três roteiros principais de visita à bacia, nos quais foram percorridas as áreas do Alto, Médio e Baixo Belém. Como a bacia hidrográfica do rio Belém possui 88 km², uma área muito extensa para os trabalhos de observação em campo, os trajetos foram realizados de carro – pela pesquisadora e uma acompanhante. Utilizou-se como material de apoio: fichas para anotação, mapas impressos da área de estudo e máquina fotográfica digital.

Ao definir os aspectos relevantes a serem observados na bacia hidrográfica, determinou-se a importância de se realizar paradas nos seguintes pontos-chaves: parques e bosques urbanos cadastrados pelo IPPUC; ocupações irregulares cadastradas pelo IPPUC, além de outras habitações subnormais descobertas durante o caminho; bem como trechos de cada um dos afluentes do rio Belém (Figura 18). Ao longo do percurso também foi realizada uma observação do contexto e um registro fotográfico da paisagem e da morfologia urbana dos diversos bairros que compõem essa bacia.

Após a observação em campo, conforme indicado por Yin (2001), as anotações foram digitalizadas e armazenadas; as fotografias foram inseridas no banco de dados, datadas e renomeadas de acordo com o elemento que representam, tornando-se facilmente identificáveis.

FIGURA 18 – EXEMPLOS DAS OBSERVAÇÕES DO TRABALHO EM CAMPO



Áreas verdes significativas (Parque São Lourenço e Bosque do Papa)



Ocupações Irregulares às margens do Belém e seus afluentes



Assoreamento e lixo às margens e dentro do rio Belém

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

3.4 PROCEDIMENTOS ADOTADOS E ESTRATÉGIAS DE VALIDAÇÃO

Os procedimentos adotados na presente pesquisa, alguns já explicados no item protocolo de coleta de dados, basearam-se em ações recomendadas por autores que pesquisam o método de estudos de caso, bem como pesquisadores da área ambiental. Desta forma, se estabeleceu como procedimentos as seguintes etapas: contato com informantes chaves; recolhimento dos dados; planejamento da pesquisa; busca por recursos financeiros; processamento e análise preliminar dos dados; realização das primeiras publicações; observações e levantamentos em campo, para validar os dados obtidos junto aos órgãos públicos; e processamento e análise final dos dados.

Cabe destacar o processo de planejamento da pesquisa, elaborado com o auxílio do software WBS Chart Pro 4.5, que permitiu a realização de um encadeamento das etapas e desenvolvimento de um cronograma que norteou as ações desenvolvidas durante toda a pesquisa. Todo esse planejamento, aliado ao Projeto de Pesquisa realizado em fase prévia ao ingresso no Programa de Mestrado, permitiu também a inserção da pesquisa no Fundo Setorial de Planejamento dos Recursos Hídricos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CT-HIDRO, CNPq, possibilitando a disponibilização de uma bolsa de Mestrado, a qual possibilitou o envolvimento integral da pesquisadora nesse trabalho.

Também importantes foram os processamentos preliminares dos dados, como o desenvolvimento do estudo de caso piloto, seguido pelas primeiras publicações sobre o tema de pesquisa, os quais permitiram um contato mais intenso com pesquisadores da área.

Quanto às estratégias de validação, a qualidade da pesquisa pode ser demonstrada pelos seguintes quesitos principais, os quais foram seguidos ao longo da mesma: validade interna ou do construto, validade externa (possibilidade de generalização) e confiabilidade (YIN, 2001; ROBSON, 1993; MILES; HUBERMAN, 1987). Além disso, houve uma preocupação quanto à lógica e às formas de

comunicação empregadas, uma vez que estas também produzem efeitos para a validade da pesquisa (CERVO; BERVIAN, 2002; SEVERINO, 2002).

Assim, as principais estratégias de validação interna foram:

- a) Realização de um envolvimento prolongado com o tema, por meio da revisão bibliográfica, tendo as questões bem definidas antes de iniciar os procedimentos de campo;
- b) Utilização da estratégia de triangulação, que prevê o encadeamento de diversas fontes de evidências: cruzando informações documentais, com os mapeamentos e com os levantamentos em campo; cruzando mapeamentos de órgãos públicos diferentes - IPPUC e SUDERHSA - sobre a mesma temática para detectar pontos de vista contrários, ou até mesmo possíveis erros; e analisando os elementos mapeados com a situação real, por meio dos levantamentos em campo.

Quanto à validade externa, a principal preocupação diz respeito à generalização da pesquisa, ou seja, que a mesma seja passível de ser aplicada a outros contextos com características semelhantes. Desta forma, se valorizou ao longo da pesquisa os métodos e procedimentos desenvolvidos, que possibilitaram alcançar os resultados. Além disso, a busca pela determinação de subsídios para a prevenção e controle das inundações urbanas, analisando casos internacionais, nacionais e o estudo de caso selecionado, permite que as soluções indicadas possam ser aplicadas a toda ação de planejamento ambiental urbano, devendo apenas adaptar-se ao seu contexto.

A confiabilidade do estudo por sua vez é alcançada pela utilização de fontes de dados confiáveis, sejam relacionados à revisão de literatura ou aos dados referentes a mapeamentos sobre a temática, os quais sempre estiveram baseados em dados oficiais, gentilmente cedidos por órgãos públicos de escala municipal, metropolitana e estadual. A estratégia de análise adotada também traz essa confiabilidade, uma vez que permite a geração de produtos com grande precisão.

3.5 ESTRATÉGIA DE ANÁLISE

A análise e tratamento dos dados necessários à realização da pesquisa serão por meio da utilização das ferramentas de geoprocessamento, o qual pode ser definido como o conjunto de tecnologias que integram as fases de coleta, processamento e uso de informações relacionadas ao espaço físico. O uso do geoprocessamento torna-se uma ferramenta excelente na busca de um planejamento territorial ordenado, podendo ser associado aos estudos de impacto ambiental (GARCÍAS; REZENDE, 2003; ZANDBERGEN, 1998). Esse processamento ocorre num ambiente computacional conhecido mundialmente pela sigla GIS - Geographic Information Systems. Conforme Lazzarotto (2004) os Sistemas de Informações Geográficas podem ser definidos como *"um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização, a partir de dados georreferenciados, de informação produzida por meio das aplicações disponíveis, visando maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativa ao espaço geográfico"*.

De acordo Facolski e Figueiredo (1998) o GIS tem se configurado como ferramenta essencial no suporte à análise do ambiente urbano, uma vez que permite a organização dos dados espaciais associados a um conjunto de atributos descritivos dentro da mesma plataforma computacional, facilitando a tomada de decisão em relação ao planejamento das cidades. Para Fedra (1999) sua utilização tem possibilitado o estabelecimento de visões abrangentes sobre o espaço urbano, auxiliando o poder público tanto a elaboração de diagnósticos sobre a realidade local quanto à tomada de decisão para futuras intervenções. Para desenvolver o GIS que permita a realização de análises essenciais a presente pesquisa serão realizadas as seguintes etapas:

- a) Entrada de dados: coleta de dados de documentos analógicos e digitais, os quais

são todos georreferenciados e ligados a um banco de dados criados especialmente para o estudo (Curitiba_geodatabase); e transferência dos dados digitais para a plataforma ArcGis, permitindo seu gerenciamento no aplicativo ArcCatalog; sua transformação de configuração no ArcToolBox e sua edição e análise no ArcMap, além de tantas outras funções possíveis pela plataforma GIS;

- b) Processamento de dados: edição dos arquivos (*coverages* e *tables*) inseridos na base GIS, vinculação dos mesmos, transformações de seus atributos, ampliação do banco de dados e das informações gráficas, agrupamento de vários *coverages* e *tables* formando uma base de dados geográficos (*geodatabase*) - preparando os temas necessários à análise;
- c) Análise dos dados: definição de critérios de análise e realização da mesma, processando primeiramente os dados brutos, convertendo-os para dados temáticos no formato de geodatabase, e dando início às análises espaciais por meio do cruzamento das diversas informações selecionadas e da utilização de ferramentas de cálculo que permitem o cruzamento dos vários atributos inseridos na geodatabase;
- d) Saída de dados: geração de mapas temáticos, gráficos e relatórios no ArcMap, contendo os produtos finais das análises desenvolvidas, podendo ser utilizados para análise no próprio software ou visando exportação para outros programas computacionais, por exemplo, no formato de imagem (*.jpg).

3.6 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A principal limitação da pesquisa refere-se à falta de dados atualizados sobre a área de estudo. Todos os dados utilizados foram cedidos por órgãos públicos municipal, metropolitano e estadual, no entanto, essas instituições não possuem a atualização desses dados para os diversos temas relevantes, devido ao alto custo na produção desses levantamentos ou, em alguns casos não têm permissão de fornecer

uma base de dados mais recente, como ocorreu com os dados de fotografias aéreas do IPPUC de 2002 – não disponibilizadas porque o órgão havia comprado somente seu direito de uso, não podendo fornecer as imagens para outros fins – e com o levantamento sobre áreas verdes realizado pela PMC – o qual até início de 2006 estava sendo ajustado e por esse motivo também não pôde ser fornecido para a essa pesquisa. Para minimizar essa limitação, tendo em vista as rápidas transformações que ocorrem no meio urbano, realizou-se a etapa de levantamento em campo, que permitiu a constatação das dinâmicas espaciais urbanas ocorridas na área de estudo.

4 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES URBANAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

Seguindo as recomendações sobre os procedimentos a serem adotados em um estudo de caso com enfoque ambiental, conforme apresentado no capítulo de métodos de pesquisa, realizou-se um diagnóstico físico-territorial e sócio-econômico da área de estudo, a bacia hidrográfica do rio Belém, juntamente às análises das inundações na mesma. Antes do início do processo para toda bacia foi realizado um estudo piloto no bairro Boqueirão, o qual comprovou a eficácia dos procedimentos em campo e da estratégia de análise empregada, o geoprocessamento, além de indicar os processamentos necessários e as limitações da base de dados existente.

Desta forma, esse capítulo aborda o diagnóstico e análise das inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Belém. Para uma melhor compreensão do contexto da área de estudo, cenário o qual contribuiu para que a mesma apresentasse sérios problemas relacionados à inundação urbana, o capítulo inicia com a identificação e avaliação dos aspectos físico-territoriais seguida pela apreciação das características sócio-econômicas. São avaliados os seguintes itens, considerados extremamente relevantes para a pesquisa: localização, hidrografia, relevo, geologia, clima e precipitações, áreas verdes, evolução do uso e ocupação do solo, caracterização do zoneamento, uso e ocupação do solo segundo a legislação vigente – Lei Municipal 9800/00, análise da impermeabilização do solo na bacia, demografia, renda e habitações.

Aprofundando-se no tema de estudo são contemplados o histórico das inundações, realizado um diagnóstico atual sobre as áreas inundáveis e analisadas as relações entre uso e ocupação do solo urbano e a ocorrência de inundações na bacia hidrográfica do rio Belém. Também se avaliam os cenários de risco de inundações existentes e as medidas de controle de inundações aplicadas e propostas para a bacia, fatores que contribuirão para a proposição de subsídios à prevenção e controle dessas inundações, expostos nas conclusões do presente trabalho.

4.1 ASPECTOS FÍSICO-TERRITORIAIS

4.1.1 Localização

A área selecionada para o estudo – bacia hidrográfica do rio Belém – localiza-se na região sul do Brasil, no município de Curitiba – estado do Paraná. A bacia hidrográfica do rio Belém está inserida na porção central da bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, para qual foi elaborado o Plano Diretor de Drenagem do Alto Iguaçu (PDDrU) pela SUDERHSA. Seu talvegue principal desenvolve-se no sentido N-SE do município de Curitiba - entre as coordenadas UTM 671113 S, 7176768 O, 680095 N, 7195320 L - sendo o rio Belém um dos tributários da margem direita do rio Iguaçu (Figura 7)⁴.

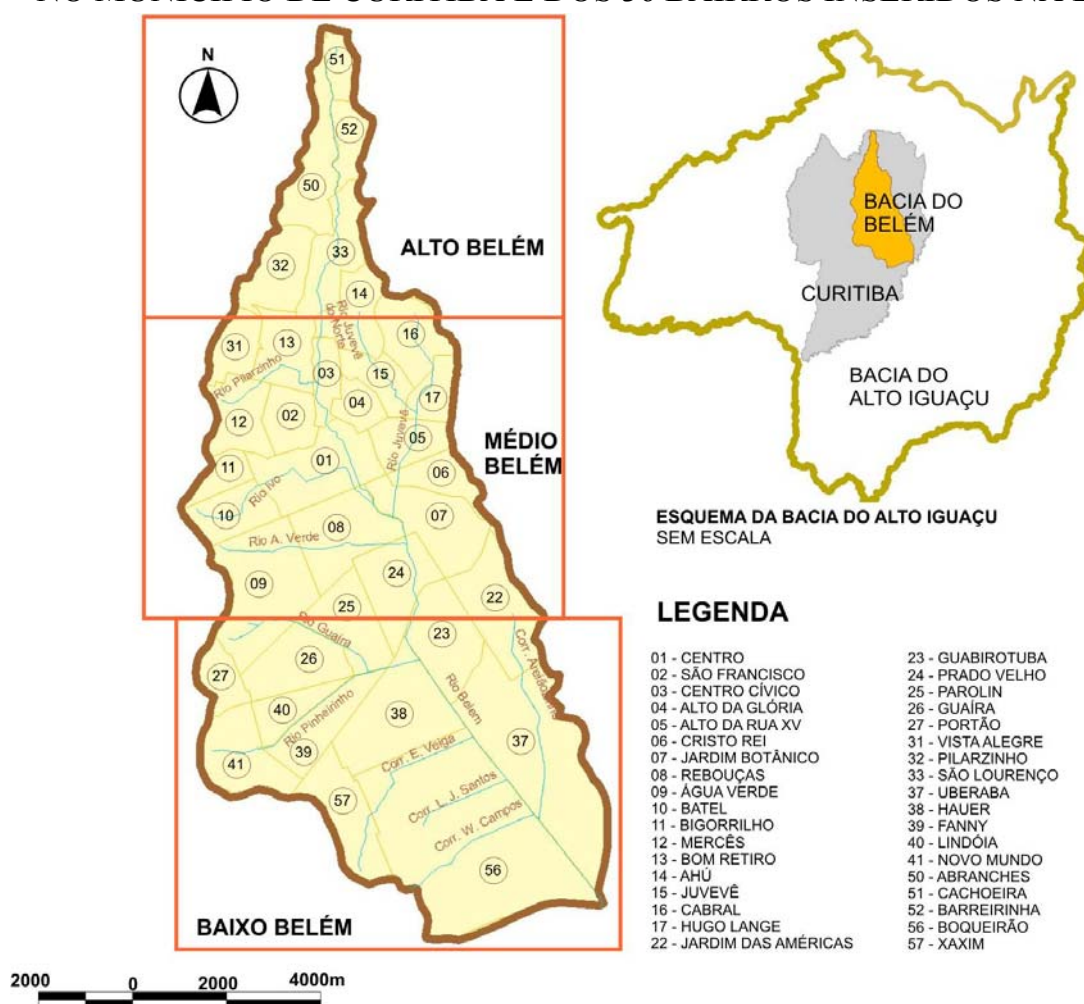
Nela encontram-se o Centro de Curitiba e mais 35 bairros parcialmente ou inteiramente inclusos, compreendendo uma extensão territorial de 88km², com 64km de trechos de rios (SUDERHSA, 2002). Ao norte da bacia encontram-se os bairros Cachoeira, Barreirinha, Abranches, São Lourenço, Pilarzinho, Bom Retiro, Vista Alegre, Ahú. No centro da bacia está localizado o Centro, Centro Cívico, Juvevê, Cabral, São Francisco, Mercês, Alto da Glória, Hugo Lange, Alto da XV, Bigorrião, Batel, Jardim Botânico, Cristo Rei, Rebouças, Água Verde, Prado Velho, Parolin, Jardim das Américas, Guabirota. No seu exultório encontra-se o Portão, Guaíra, Hauer, Uberaba, Boqueirão, Fanny, Lindóia, Novo Mundo e Xaxim (Figura 19).

Em sua área de abrangência está localizado o Centro Histórico, o Largo da Ordem, o centenário Passeio Público, o Centro Cívico, os principais parques e bosques da cidade – Parque São Lourenço, Bosque João Paulo II, Jardim Botânico, Parque das Pedreiras, Universidade Livre do Meio Ambiente, Bosque Alemão, Bosque Pilarzinho, Bosque Gutierrez, Bosque Reinhard Maack, Parque Nascente do Belém – as principais

⁴ Apresentada no item 2.2.4 - Figura 7 – Áreas abrangidas pelo Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu.

praças do município, terminais de transportes urbano e metropolitano, pólos econômicos, culturais, educacionais e de lazer da cidade, diversos Campus da Universidade Federal do Paraná, o Campus da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, os cemitérios Municipal, do Água Verde, do Boqueirão, Jardim da Paz (localizado erroneamente junto à nascente do rio Belém), dentre outros, além da Estação de Tratamento de Esgoto da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR – ETE-Belém (situada em sua foz), entre outros pontos de relevância (Figura 20).

FIGURA 19 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM NO MUNICÍPIO DE CURITIBA E DOS 36 BAIRROS INSERIDOS NA BACIA



LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM NO MUNICÍPIO DE CURITIBA E DOS 36 BAIRROS INSERIDOS NA BACIA

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

Nota: Elaborada pela autora.

FIGURA 20 – ALGUNS PONTOS DE RELEVÂNCIA NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



Parque Municipal Nascente do Belém e Universidade Livre do Meio Ambiente



Ópera de Arame e Jardim Botânico com vista para a Universidade Federal do Paraná



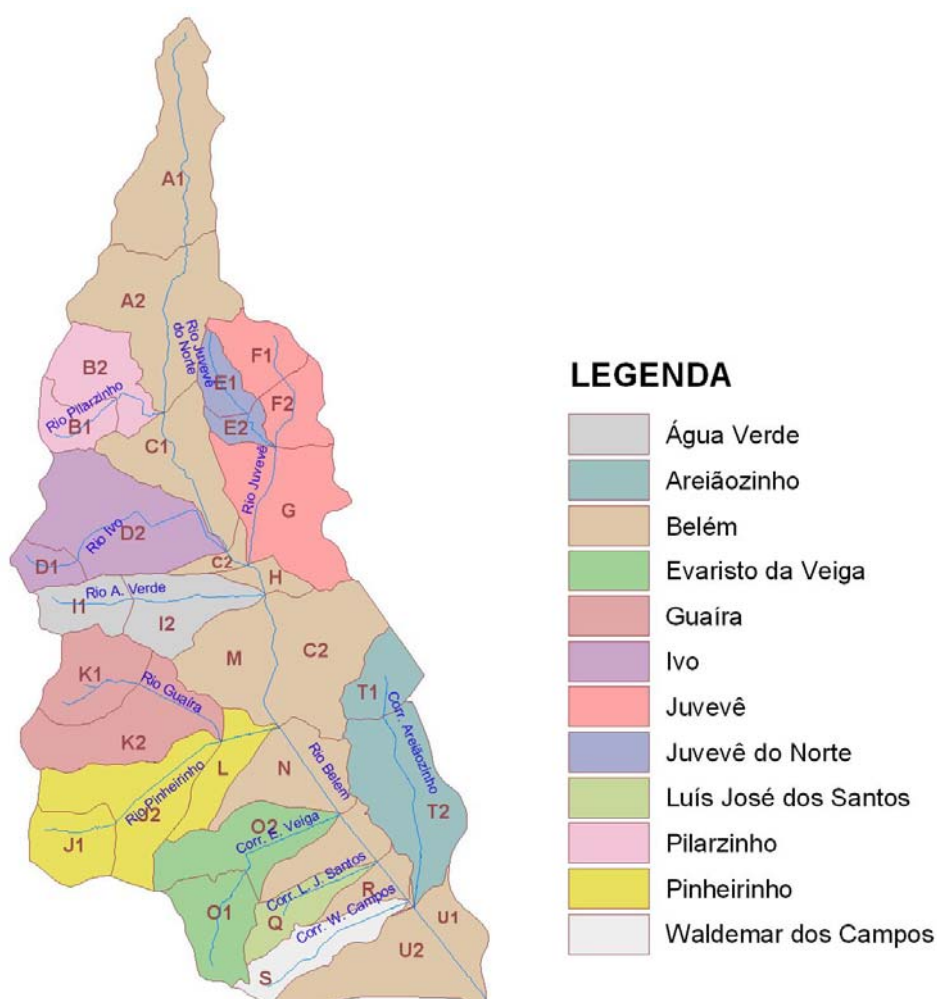
Centro Histórico – Largo da Ordem, e Teatro Guaíra

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

4.1.2 Hidrografia

A bacia hidrográfica do rio Belém tem cerca de 21km extensão, 64km de trechos de rios e uma extensão territorial de 88km². Seu principal rio é o Belém, sendo este um dos tributários da margem direita do rio Iguaçu. Os levantamentos da SUDERHSA (2002) subdividem a bacia hidrográfica do rio Belém em 12 sub-bacias, representadas pelo próprio Belém e seus afluentes: Água Verde, Areiãozinho, Evaristo da Veiga, Guaíra, Ivo, Juvevê, Juvevê do Norte, Luís José dos Santos, Pilarzinho, Pinheirinho e Waldemar dos Campos (Figura 21).

FIGURA 21 – HIDROGRAFIA E SUB-BACIAS DA BACIA DO RIO BELÉM



HIDROGRAFIA E SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002)

Nota: Elaborada pela autora.

O rio Belém tem sua nascente e sua foz localizadas dentro do município de Curitiba. Sua nascente situa-se ao norte da cidade, no bairro Cachoeira. No local de sua nascente, visando sua preservação, foi construído o Parque Municipal Nascentes do Belém, para preservá-la, contudo, ao lado do parque encontra-se o Cemitério Jardim da Paz – primeiro grande ponto de poluição das águas do rio Belém. Na foz do rio Belém, localizada ao sul do município, no bairro Boqueirão, no encontro com o rio Iguaçu, está situada a Estação de Tratamento de Esgoto ETE-Belém (Figura 22).

FIGURA 22 – NASCENTE E FOZ DO RIO BELÉM



Nascente: Parque Municipal Nascente do Belém



Foz: Rio Belém próximo a Estação de Tratamento de Esgotos ETE - Belém

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

Segundo os dados do Instituto Ambiental do Paraná - IAP (2006), por meio do monitoramento periódico das águas do Passeio Público e do Parque São Lourenço, o rio Belém encontra-se muito poluído (Classe V – IQAR equivalente à Classe IV da Resolução N° 357/05 do CONAMA)⁵. O gerente geral da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, Antonio Carlos Gerardi, afirma que essa poluição do rio

⁵ Classe V - muito poluído (Índice de Qualidade de Água do Reservatório – IAQR - IAP, equivalente à Classe IV - água salobra, da Resolução N° 357/05 do CONAMA): Corpos de água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com supersaturação de oxigênio dissolvido na camada superficial e baixa saturação na camada de fundo. Grande aporte e alta reciclagem de nutrientes. Corpos de água eutrofizados, com florações de algas e/ou cianobactérias que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência (IAP, 2005).

Belém é decorrente de esgotos sanitários, efluentes industriais e resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos lançados ao rio (Figura 23), (SANEPAR, 2006).

FIGURA 23 – POLUIÇÃO AO LONGO DO RIO BELÉM E SEUS AFLUENTES



Córrego Evaristo da Veiga



Rio Belém no Campus da PUC-PR

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

Desde o início da ocupação do entorno do rio Belém, no final do século XIX, um grande surto epidêmico assustou os moradores de Curitiba⁶. No século XX, o desenvolvimento urbano, principalmente o grande contingente populacional que tem chegado ao município a partir da década de 1970, acarretou o aumento desse processo (MERKL, 1998). A SANEPAR (2006) possui 101.332 ligações de esgoto na região do Belém e, de acordo com vistorias realizadas, 12.721 ligações - mais de 12,5% - apresentam irregularidades (Figura 24), contribuindo para a poluição de toda a bacia.

O problema das inundações urbanas na bacia hidrográfica do rio Belém – foco de estudo da presente pesquisa – também pode ser relacionado ao desenvolvimento urbano. Ao longo dos anos, com o intuito de conter as cheias naturais do rio Belém e seus afluentes, o município realizou diversas intervenções nos canais e margens, viabilizando a ocupação de áreas próximas aos rios. Tais intervenções ao mesmo tempo em que possibilitaram melhores condições para o efervescente processo

⁶ “(...) todo o esgoto das residências se escoava para a vasa dos rios Ivo e Belém que atravessavam o centro da cidade constituindo, então perigosos focos de contaminação” (Boletim PMC, 1943, p. 12).

de urbanização de Curitiba, alteraram drasticamente as características naturais dos rios e córregos da bacia hidrográfica do rio Belém.

FIGURA 24 – EXEMPLO DE LANÇAMENTO IRREGULAR DE ESGOTO



NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

As observações em campo demonstraram que a maior parte dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Belém encontram-se alterados. As seções transversais dos rios e córregos da bacia foram concretadas, criando-se canais artificiais. O cenário mais comum encontrado na bacia são canais de seção transversal tipo "U", de calha em concreto armado, com profundidade variando entre 2 e 3m, e largura de aproximadamente 3 a 5m. Observam-se também canais de maior profundidade, canais em concreto com taludes em revestimento natural, canais completamente fechados, bem como rios que foram transferidos para o subsolo de importantes vias de circulação – como é o caso de trechos dos rios Belém, Ivo, Água Verde, Juvevê, Juvevê do Norte e Pinheirinho.

Apesar de mais difíceis de serem encontrados, em alguns pontos, como no bairro Abranches foram executados canais de pouca profundidade e grande largura. Existem também setores da bacia hidrográfica do rio Belém onde ainda pode-se observar o leito natural de rios e córregos, principalmente nos fundos de vale. Contudo, esses cursos d'água sofreram outras interferências da urbanização. A maioria teve suas margens ocupadas por sub-habitações. Nesses trechos é comum encontrar

tubulações de esgoto sanitário direcionadas aos rios e córregos, além de resíduos de todos os gêneros (Figura 25).

FIGURA 25 – RIOS E CÓRREGOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



CANAIS DE SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO "U" - (A) RIO BELÉM - BOSQUE DO PAPA, (B) RIO BELÉM - CENTRO CÍVICO, (C) RIO GUAÍRA - GUAÍRA



CANAIS DE SEÇÃO TRANSVERSAL TIPO "U" - (A) RIO BELÉM - CANAL DE MENOR PROFUNDIDADE E MAIOR LARGURA (ABRANCHES), (B, C) CÓRREGO EVARISTO DA VEIGA - CALHA EM CONCRETO/ CONCRETO COM TALUDES NATURAIS



CANAIS DE SEÇÃO TRANSVERSAL DE DIFERENTES TIPOLOGIAS E NATURAL: (A, B, C) RIO BELÉM - CENTRO CÍVICO, UBERABA DIVISA COM BOQUEIRÃO E CAMPUS DA PUC-PR



RIOS E CÓRREGOS NÃO CANALIZADOS - ENTORNO DEGRADADO, COM SUB-HABITAÇÕES E EMISSÃO DE RESÍDUOS: (A) CÓRREGO AREIÃOZINHO - UBERABA, (B, C) RIO GUAÍRA - GUAÍRA

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

Na análise da hidrografia da bacia do rio Belém pode-se verificar que os mapeamentos de dois órgãos de importância apresentaram diferenças quanto ao levantamento da rede hidrográfica da bacia. O principal órgão de gestão de recursos hídricos do estado, a SUDERHSA (2002), apresenta a hidrografia da bacia em seu estado natural, com os rios e córregos principais, não ocultando os trechos de rios que foram canalizados/cobertos. O mapa elaborado pelo órgão responsável pelo planejamento urbano municipal, o IPPUC (2000), por sua vez, deixa claro as intervenções antrópicas, ocultando os trechos canalizados cobertos. O levantamento do IPPUC mostra também os pequenos veios d'água (Figura 26).

FIGURA 26 – DIAGNÓSTICO SOBRE OS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – DIFERENÇAS DE MAPEAMENTO DO IPPUC E DA SUDERHSA



DIAGNÓSTICO SOBRE OS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM
DIFERENÇAS ENTRE AS BASES DO IPPUC E SUDERHSA

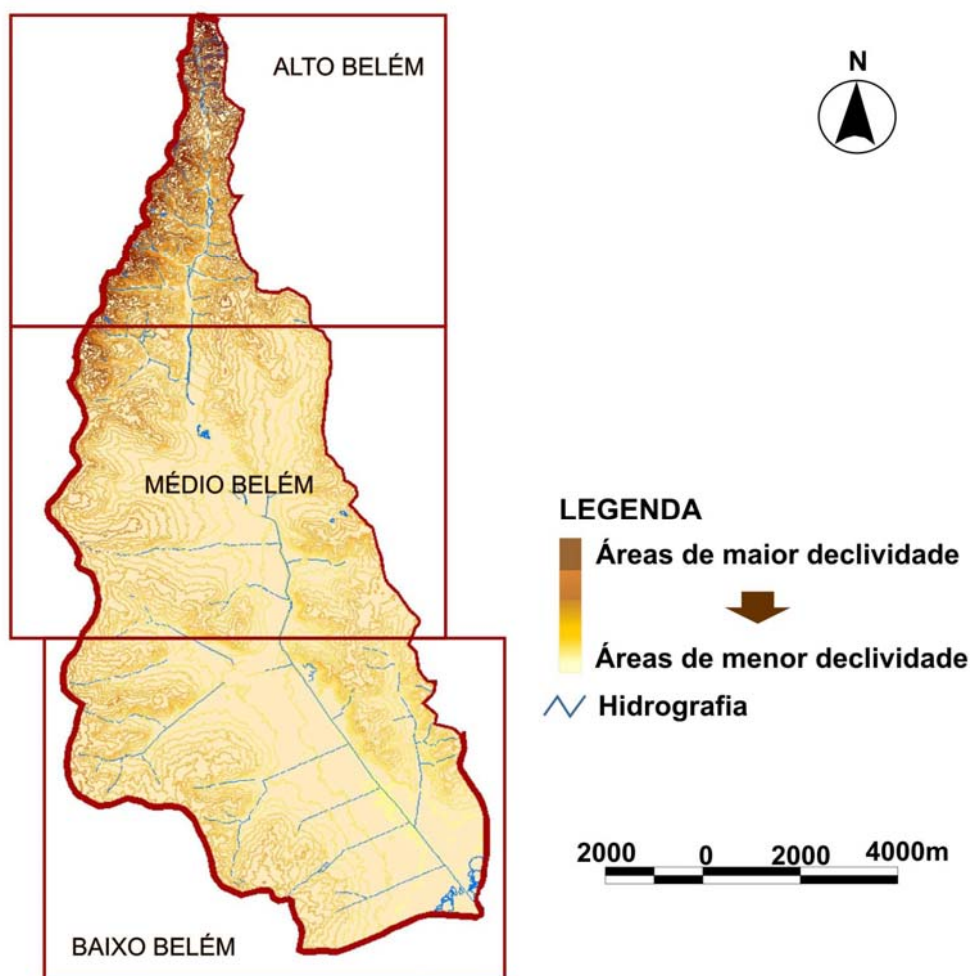
FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do PPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

4.1.3 Relevo

O rio Belém tem cota topográfica de 990m na sua nascente, localizada na porção norte da bacia, cruza o município de Curitiba no sentido N-SE passando pelo Centro, até a sua foz na cota topográfica de 870m. Desta forma, o ponto mais alto da bacia hidrográfica do rio Belém encontra-se ao norte, nos bairros Abranches e Cachoeira, e o ponto mais baixo ao sul, no bairro Boqueirão (Figura 27)⁷.

FIGURA 27 – RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

⁷ A autora optou por dividir essa bacia em Alto, Médio e Baixo Belém, por motivo de organização textual, para facilitar a compreensão do leitor sobre o texto de análise.

A SUDERHSA (2002) considera a cabeceira de qualquer bacia hidrográfica uma das principais áreas a serem preservadas, pois a sua impermeabilização acarreta em um grande aumento no volume de escoamento superficial ao longo da bacia, o que amplia o risco de inundações. Também Trevisan (2001) desaconselha a ocupação em áreas de grande declividade, principalmente às margens dos rios, considerando que os rios que correm por relevo mais acidentado, cujas nascentes estão situadas em locais elevados – como é o caso do rio Belém na região de sua cabeceira (Alto Belém) – tem mais energia de fluxo, ocasionando erosões aos lados e no fundo do canal.

O Alto Belém, além de estar situado em altitude de aproximadamente 1000m, tem um relevo bastante acidentado, com áreas de grande declividade, possuindo diversos pontos acima de 25% de declividade, inadequados para ocupação urbana. Esse relevo acidentado contribuiu para a preservação dessa porção da bacia, a qual permaneceu com baixa ocupação urbana até meados da década de 1980. Contudo, a partir de então, o elevado crescimento da RMC e a pressão sobre a ocupação das áreas periféricas do município de Curitiba levaram a um constante crescimento ocupacional nos bairros localizados nessa região (Figura 28).

FIGURA 28 – OCUPAÇÃO DO ALTO BELÉM:
PERFIL COM VISTA PARA O CENTRO URBANO



NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

O Médio Belém tem como característica um relevo com inclinações suaves, ideais para a ocupação urbana. Essas regiões foram as primeiras a serem ocupadas, fazendo parte delas o marco zero e o Centro Histórico, encontrando-se em 2005 altamente urbanizadas. Os rios Ivo, Água Verde e Juvevê, importantes nesse trecho da bacia, tem cota topográfica variando entre 930m na nascente a 885m na foz (Figura 29).

FIGURA 29 – OCUPAÇÃO DO MÉDIO BELÉM



NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

A porção sul da bacia hidrográfica do rio Belém, ou Baixo Belém, apresenta um relevo bastante plano. O principal bairro que a representa é o Boqueirão, cujo desenvolvimento urbano passou a ocorrer a partir de 1975, devido à dinâmica resultante da abertura de um importante eixo de circulação – a Av. Marechal Floriano Peixoto – e à migração campo-cidade, que provocou grande pressão para ocupação de áreas periféricas de Curitiba. Os córregos importantes nesse trecho da bacia, Evaristo da Veiga, Waldemar de Campos e Luís José dos Santos, têm cota topográfica variando entre 930 a 900m na nascente e 875 na foz. Grande parte de seu relevo plano abriga as áreas de várzea do rio Belém e do rio Iguaçu, caracterizando essa região como a de maior extensão de áreas inundáveis de toda a bacia hidrográfica do rio Belém (Figura 30).

FIGURA 30 – OCUPAÇÃO DO BAIXO BELÉM



NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

4.1.4 Geologia

A geologia do município de Curitiba, segundo Fendrich (2002) compreende duas partes fundamentais: os terrenos pré-cambianos, formados pelas rochas do Complexo Cristalino e do Grupo Açungui; e as formações cenozóicas, constituída pela Formação Guabirota e pelos Sedimentos recentes. Assim como Curitiba, a bacia hidrográfica do rio Belém apresenta três tipos geológicos: o Complexo Pré-cambiano, também denominado complexo cristalino, a Formação Guabirota e os Sedimentos inconsolidados, ou seja, formações sedimentares recentes – aluviões em geral (Figura 31).

O Complexo Pré-cambiano abrange as regiões oeste e sudoeste de Curitiba, forma também a maior parte do Alto Belém, representando 12,6% da área da bacia. Conforme Fendrich (2002), esse complexo é caracterizado por aquíferos do tipo fissurado, recortados por sistemas de fraturamentos superpostos ao longo do tempo geológico.

A Formação Guabirota, segundo Giusti (1989), atinge espessuras máximas da ordem de 60 a 80m na porção central de Curitiba, tendo como característica principal a baixa permeabilidade. Na bacia hidrográfica do rio Belém a Formação Guabirota é o tipo geológico de maior predominância, constituindo 58% da área da bacia.

Os Sedimentos inconsolidados ou depósitos sedimentares recentes, bastante significativos na porção sul do município de Curitiba – correspondente à bacia do Alto Iguaçu, estão presentes nas áreas de menor declividade da bacia hidrográfica do rio Belém, ocupando 28% da área da bacia. Essa unidade geológica compreende os depósitos fluviais, sendo significativa nas áreas de entorno aos rios e córregos. Conforme Fendrich (2002), o relevo da área formada pelos Sedimentos inconsolidados é plano, de modo que o sistema de meandros e paleocanais abandonados se apresentam com frequência na planície aluvial. Por tais características, estando essa unidade relacionada à dinâmica dos rios, deveria haver restrições quanto à sua ocupação urbana, uma vez que constituem geralmente as planícies inundáveis.

Segundo Trevisan (2001), denominam-se planícies inundáveis as margens dos corpos d'água, pois durante as cheias essas margens tornam-se o leito do rio. No Brasil, utiliza-se também o nome de várzea para as planícies de inundação. Desta forma, o autor alerta que as várzeas não são adequadas para qualquer tipo de ocupação que não seja a do próprio rio.

Trevisan (2001, p. 89) afirma que “os solos de várzea apresentam vários problemas para urbanização, uma vez que sofrem encharcamentos temporários, ou permanentes, ou estão em posições no relevo sujeitas a enchente. (...) a melhor função para esses solos é a de preservação permanente com sua composição vegetal original”. Como agravante, o autor afirma que a utilização desse tipo de solo para ocupação urbana implica em elevados gastos com infra-estrutura, havendo a necessidade de se realizar canalizações, drenagens, desvios de leitos de rios, aterros, entre outras obras de engenharia. Além disso, os impactos ambientais continuam ocorrendo, uma vez que a ocupação implica em degradação da vegetação e da fauna, e poluição da água, seja pelo escoamento superficial das águas pluviais ou por problemas de saneamento, considerando que mesmo com a implantação na área de um eficiente sistema de tratamento do esgoto esse solo permite a ocorrência de infiltrações desse esgoto até o lençol freático.

FIGURA 31 – GEOLOGIA DE CURITIBA COM DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



FONTE: Dados NOGUEIRA⁸ (1997) apud IPPUC (2004)

NOTA: Elaborada pela autora.

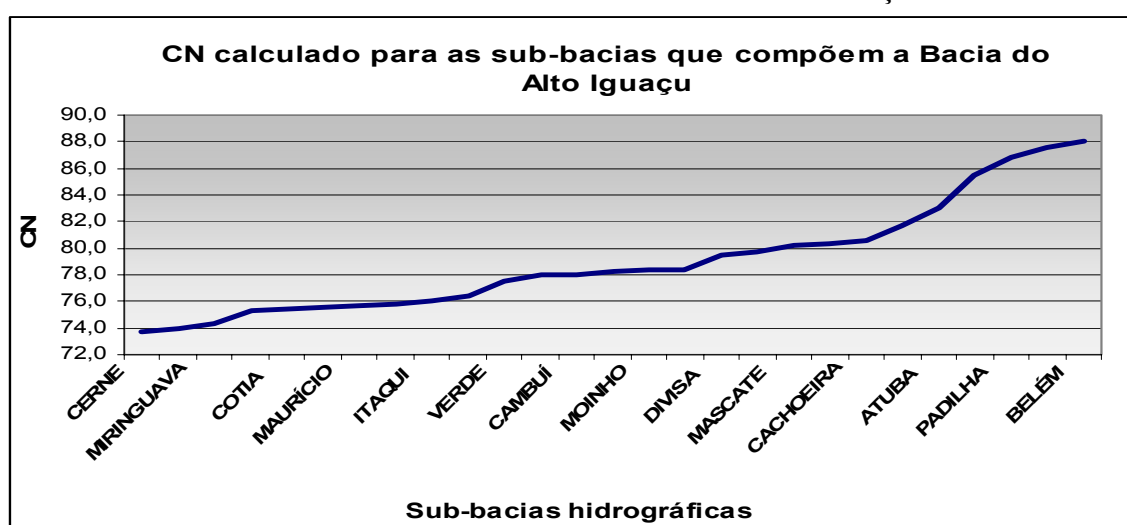
Nos estudos realizados para o Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu, a SUDERHSA (2002) constatou a relação entre tipologia hidrológica do solo (Complexo Cristalino, Guabirota e Sedimentar) x uso do solo (urbano, bosque, solo exposto, etc.) – denominado CN (Curve Number – método Soil Conservation Service). O CN é um número adimensional que representa o impacto do uso e

⁸ Fonte: NOGUEIRA, J. **A bacia hidrográfica de Curitiba**. Curitiba, 1997. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Paraná.

ocupação do solo, percentual de impermeabilização, em tipos diversos de solo, considerando as características de permeabilidade destes. Assim, quanto maior o CN mais frágil o ambiente natural e maior o impacto da urbanização sobre o mesmo.

Nesse estudo foi possível perceber a fragilidade da Bacia do rio Belém, que apresenta o maior CN dentre todas as bacias que formam a bacia do Alto Iguaçu (Gráfico 1).

GRÁFICO 1 – CN CALCULADO PARA AS SUB-BACIAS QUE COMPÕEM A BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO IGUAÇU



FONTE: Dados da SUDERHSA (2002)

NOTA: Elaborada pela autora.

A SUDERHSA (2002) também identificou o CN, a densidade populacional e o percentual de áreas impermeabilizadas de cada sub-bacia que forma a bacia hidrográfica do rio Belém – baseando-se no método das densidades demográficas desenvolvido por Tucci. Esse levantamento exemplifica a relação demonstrada pelo CN. Por exemplo, as sub-bacias dos rios Guáira e Água Verde possuem o mesmo CN (90,2), contudo, as suas áreas impermeáveis correspondem a 47,5% e 41% respectivamente (Tabela 1). Isso significa que o solo da sub-bacia do rio Água Verde tem menor permeabilidade que o da sub-bacia do rio Guáira, o que resulta em maior dificuldade de infiltração e recarga de águas subterrâneas e maior propensão ao escoamento superficial, demonstrando-se menos propício à urbanização intensa. Dessa

forma, nessa região deveriam ser reservadas maiores quantidades de áreas verdes do que na sub-bacia do Guaíra.

TABELA 1 – LEVANTAMENTO DA ÁREA TOTAL, DENSIDADE POPULACIONAL, CN E PERCENTUAL DE ÁREAS IMPERMEÁVEIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM E SUAS SUB-BACIAS

Nome	Área km ²	Dens. Pop. hab/ ha	CN	AI %
BELÉM	88,19	73	88	32
Pilarzinho	3,83	36,1	86,4	12,6
Ivo	6,48	131,3	90,2	59,1
Juvevê	9,6	79,8	89,1	37,5
Juvevê do Norte	1,66	123,8	91,2	62,5
Água Verde	4,18	96,1	90,2	41
Pinheirinho	14,49	72,2	89,8	32,8
Guaíra	6,65	98,8	90,2	47,5
Evaristo da Veiga	5,72	49,9	88,7	20,4
Luís José dos Santos	1,6	43,5	88,1	16,8
Waldemar de Campos	2,17	29,7	85,1	8,9
Areiãozinho	6,3	34,9	87,6	11,9

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002)

NOTA: Elaborada pela autora.

A análise da relação entre tipologia hidrológica do solo e uso do solo (CN) demonstrou que a bacia hidrográfica do rio Belém possui como agravante o tipo de solo existente, uma vez que a mesma é formada principalmente por solos da baixa permeabilidade, devendo haver restrições quanto à impermeabilização de suas áreas, bem como ocupação das porções ocupadas pelos Sedimentos inconsolidados (SUDERHSA, 2002; FENDRICH, 2002; SALAMUNI, 2000).

4.1.5 Clima e precipitações

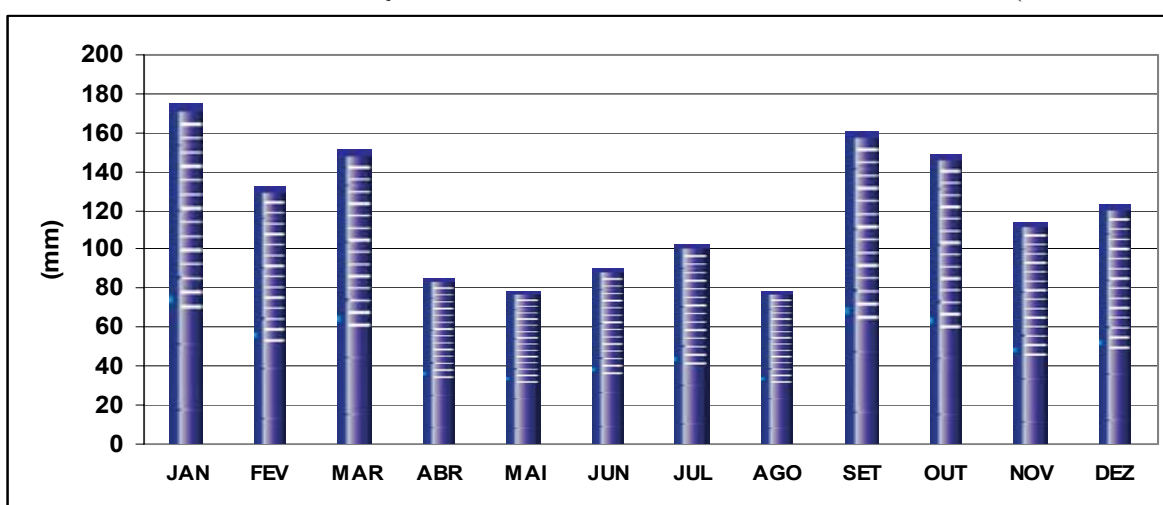
Para se entender melhor as inundações que ocorrem na bacia hidrográfica do rio Belém devem-se primeiramente considerar os aspectos climáticos do município de Curitiba, no qual a bacia encontra-se inteiramente inserida. De acordo com Santos (2001), Curitiba situa-se no Primeiro Planalto Paranaense, em região de nascentes de rios, caracterizada por grande quantidade de cursos d'água de pequeno e médio porte,

tendo como barreira geográfica natural a Serra do Mar. Segundo o IPPUC (2004), a altitude média do município é 934,6m acima do nível do mar.

Devido às suas características de altitude e topografia, Curitiba apresenta temperaturas inferiores às demais capitais brasileiras. Todavia, os índices térmicos anuais apresentam-se mais elevados no verão, quando a energia solar disponível é maior devido à ação dos sistemas atmosféricos intertropicais; e mais baixos no inverno, quando a energia solar disponível é menor, pois sofrem influência dos sistemas atmosféricos polares. Mesmo sendo a sazonalidade evidente em Curitiba, um aspecto particular da cidade e da RMC é a alternância de diferentes tipos de tempo num mesmo dia, ou seja, “um dia com as quatro estações” (ZANELA, 2005; DANNI-OLIVEIRA, 1999). Essas características climáticas são definidas por Köeppen como clima de tipologia Cfb² – subtropical super úmido mesotérmico, com épocas de elevada precipitação pluviométrica (MAACK, 1981).

Os dados do SIMEPAR - da Estação Meteorológica de Curitiba, localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (altitude de 930m) - demonstram que o período chuvoso no município de Curitiba encontra-se no verão, principalmente nos meses de janeiro a março. Outras ocorrências significativas podem ser observadas na primavera, nos meses de setembro e outubro (Gráfico 2).

GRÁFICO 2 - PRECIPITAÇÕES MÉDIAS MENSAIS EM CURITIBA (1997 a 2005)



FONTE: Dados do SIMEPAR apud IPPUC (2006)

NOTA: Elaborada pela autora.

Danni-Oliveira (1999) classificou a relação clima-precipitação de Curitiba em três períodos distintos: seco e longo, de abril a agosto, com médias mensais de 70 à 100mm; intermediário e breve (entre seco e chuvoso), de setembro a novembro, com médias mensais de 100 à 120mm; e chuvoso de duração intermediária, de dezembro a março, com médias mensais de 130 à 180mm. Essa classificação é confirmada pelos dados do SIMEPAR, a qual difere apenas no mês de setembro, encontrando-se maiores médias mensais, que atingem os 160mm.

Na análise da relação clima-precipitação também é importante avaliar a tipologia da precipitação que ocorre na bacia. De acordo com Fendrich e Sakamori (1999) existem três tipos principais de precipitações: ciclônica – que apresentam longa duração e intensidades de baixa a moderada, espalhando-se por grandes áreas; orográficas – que resultam da ascensão de correntes de ar úmido sobre barreiras naturais, típicas de regiões como a Serra do Mar; e convectivas – típicas de zonas tropicais, sendo de grande intensidade e curta duração, concentrada em pequenas áreas.

Na bacia hidrográfica do rio Belém predominam as precipitações convectivas, as quais estão associadas aos constantes alagamentos relatados em entrevista por representantes da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Curitiba (COMDEC, 2005). Pesquisadores acreditam que essas precipitações podem estar relacionadas às ilhas de calor urbano, por tal motivo são comuns em regiões altamente impermeabilizadas pela urbanização (ZANELA, 2005; FENDRICH; SAKAMORI, 1999).

Para Zanela (2005), a cidade de Curitiba vem apresentando alterações em suas condições climáticas, configurando climas particulares no qual se encontram ilhas de calor, ilhas de frescor e ilhas de poluição. Todas essas alterações estão relacionadas ao crescente processo de urbanização de Curitiba e de sua Região Metropolitana – RMC. Zanela (2005, p. 6) afirma que “vários fenômenos ligados a estas novas condições climáticas da cidade, tais como o aumento da temperatura, a poluição atmosférica, as chuvas mais intensas, as inundações, passam a fazer parte do cotidiano

da população, tornando-a vulnerável a inúmeros problemas deles decorrentes”.

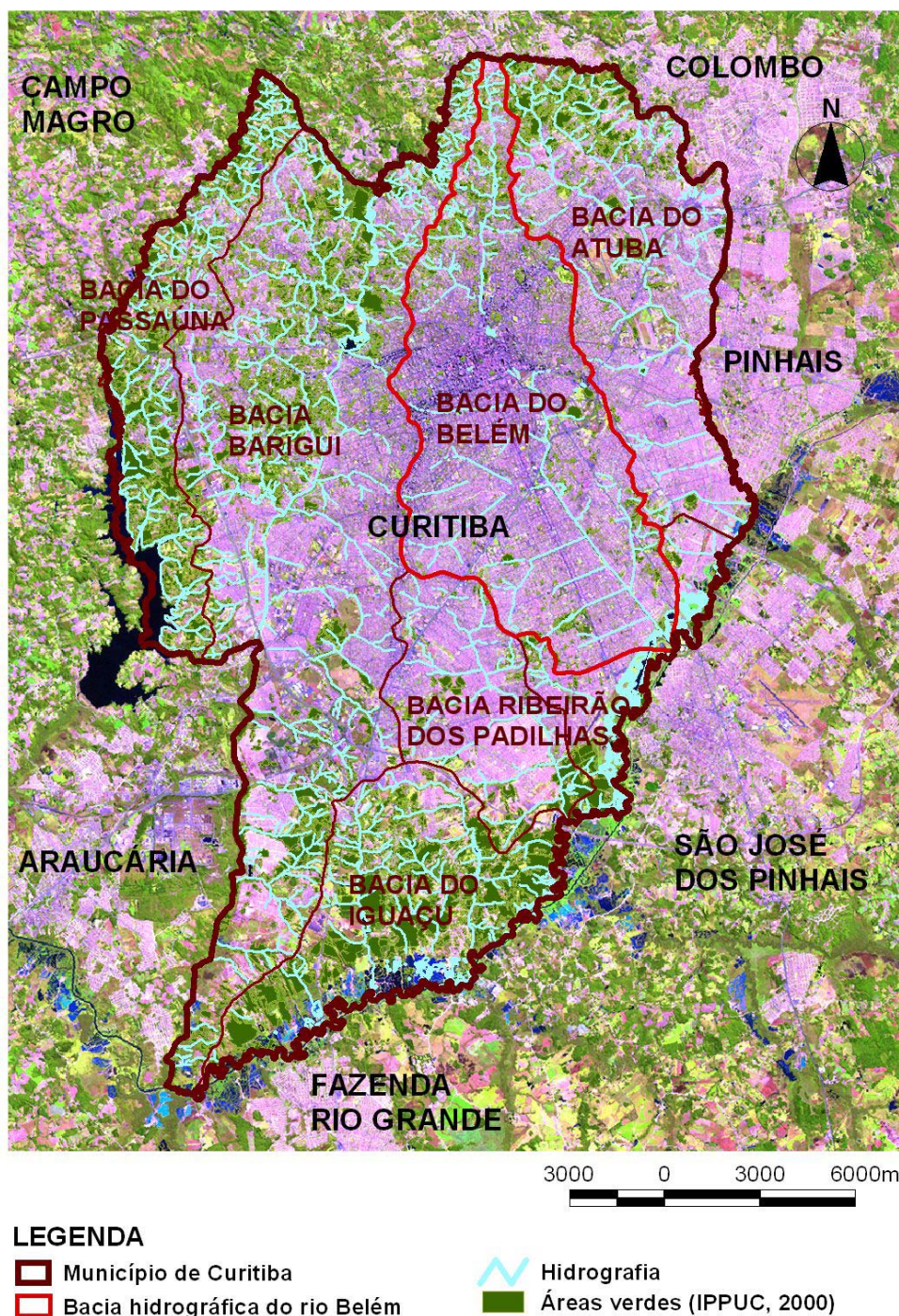
Essa autora constatou elevações de 4°C no centro urbano de Curitiba, com medições de 25°C no parque Barigui, uma das maiores áreas verdes do município, e 29°C no Centro. Outros autores encontraram resultados semelhantes, Danni-Oliveira (2000) verificou que as regiões mais urbanizadas, principalmente aquelas com maior verticalidade, apresentaram-se 2°C a 3°C mais aquecidos que os demais. Krüger e Rossi apud Zanela (2005) constataram temperaturas mais elevadas em setores de tráfego intenso, com muita área pavimentada, pouca arborização e densamente ocupados em seu entorno.

Pesquisadores acreditam que alterações climáticas, como essas encontradas no município de Curitiba, têm contribuído para o aumento da frequência e intensidade das precipitações e, conseqüentemente, para a maior ocorrência de inundações urbanas (BRANDÃO, 2001; TODINI, 1999; MONTEIRO, 1991).

4.1.6 Áreas verdes

A bacia hidrográfica do rio Belém é a mais urbanizada do município de Curitiba, em conseqüência desse intenso desenvolvimento urbano também é a que apresenta uma quantidade menor de áreas verdes. A bacia do Belém, assim como a bacia Ribeirão dos Padilhas são as únicas cujo limite não ultrapassa o perímetro urbano de Curitiba e também as bacias mais impermeabilizadas dentre todas as constituintes da bacia do Alto Iguaçu. O levantamento existente, realizado pelo IPPUC no ano 2000, cruzado com a imagem de satélite LANDSAT TM de 2002 permite a visualização desse contexto (Figura 32). De acordo com a cartografia do IPPUC (2000), apenas 3,8% da bacia hidrográfica do rio Belém, aproximadamente 3,37 Km² é composta por áreas verdes. Todavia, as observações em campo demonstraram que esse percentual é ainda menor, uma vez que as áreas ao norte (Alto Belém), representantes das mais significativas áreas verdes da bacia hidrográfica do rio Belém, foram intensamente ocupadas e tem sofrido uma gradativa redução de sua vegetação natural.

FIGURA 32 – ÁREAS VERDES DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
DIVISÃO POR BACIAS HIDROGRÁFICAS



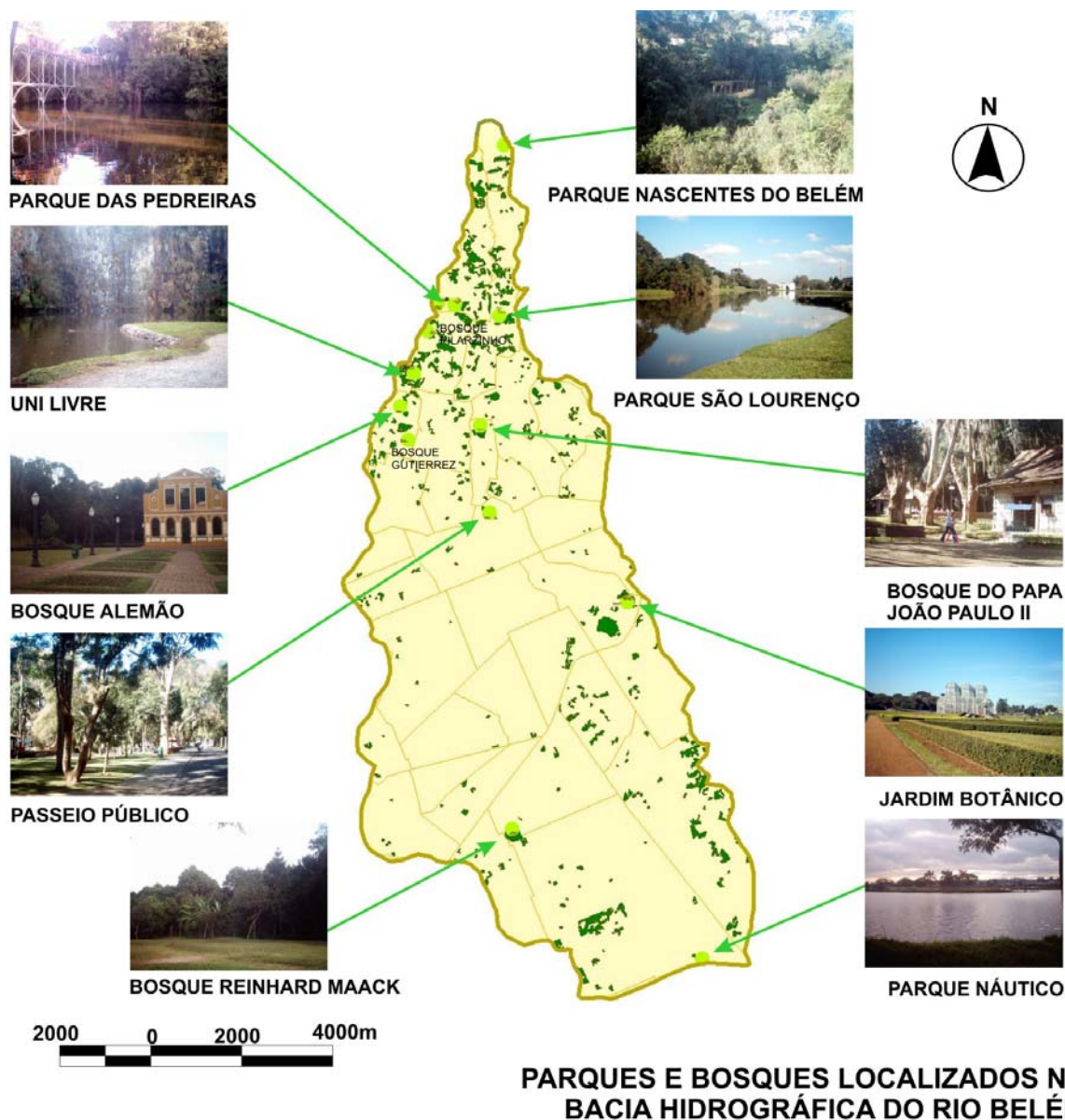
**ÁREAS VERDES DO MUNICÍPIO DE CURITIBA
DIVISÃO POR BACIAS HIDROGRÁFICAS**

FONTE: Dados do SIMEPAR (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A bacia hidrográfica do rio Belém, apesar de seu reduzido percentual de áreas verdes, possui parques e bosques bastante significativos para o município de Curitiba, seja tanto por aspectos de lazer, quanto cultural e turístico. Estão localizados nessa bacia 6 dos 14 bosques existentes na cidade e 6 dos 16 parques de Curitiba, sendo que a porção centro-norte da bacia concentra a grande maioria desses espaços, 9 dos 12 existentes (Figura 33).

FIGURA 33 – PARQUES E BOSQUES LOCALIZADOS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



FONTE: Dados do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

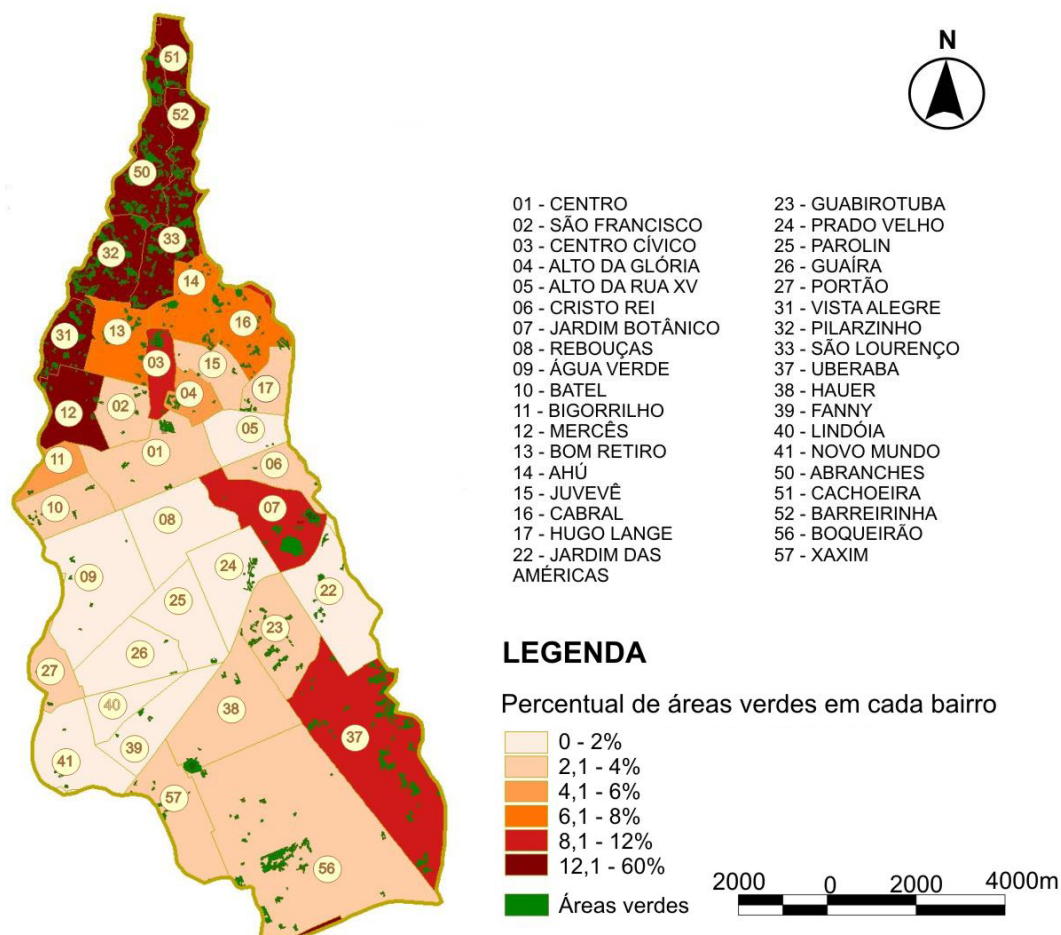
O espaço mais antigo é o Passeio Público, criado ainda no século XIX, em 1885, presente na parte central de Curitiba, foi durante décadas o principal espaço de lazer da cidade. Somente a partir da década de 1970 foram criados novos parques, estando situado na bacia do Belém o Parque São Lourenço, criado em 1972, importante ponto para o equilíbrio do sistema de drenagem urbana da bacia, e o Parque Náutico, em 1976. O Parque Náutico faz parte do Parque Regional do Iguaçu, que inclui o Zoológico de Curitiba.

No ano de 1981 foi criado o Bosque do Papa João Paulo II, para comemorar a visita do papa à Curitiba. Esse bosque abriga exemplares de casas de imigrantes poloneses e ucranianos e pode ser considerado o princípio de uma política pública de valorização das várias etnias que formam a população curitibana. Em 1986, foi criado o Bosque Dr. João Carlos H. Gutierrez e, em 1989, o Bosque Reinhard Maack. Nos anos de 1990 a 1992 foram criadas 5 novas áreas verdes significativas na bacia hidrográfica do rio Belém, o Parque das Pedreiras, que compreende a Ópera de Arame e a Pedreira Paulo Leminski, o Jardim Botânico, o Parque Nascentes do Belém, o Bosque do Pilarzinho e o Bosque Zaninelli, que abriga a Universidade Livre do Meio Ambiente. Em 1996, foi criado o mais recente espaço verde de lazer da bacia hidrográfica do rio Belém, o Bosque Alemão.

Além das áreas verdes públicas, os bosques privados são importantes para o equilíbrio ambiental da bacia hidrográfica do rio Belém, sendo fundamentais para o sistema de drenagem da mesma, uma vez que permitem que a água das chuvas infiltre no subsolo, reduzindo o escoamento superficial e seus impactos ambientais. Em Curitiba, de acordo com o IPPUC (2004), a média de área verde por habitante é de aproximadamente $49\text{m}^2/\text{habitante}$. A bacia do Belém, a mais urbanizada do município, oferece aos seus moradores apenas 20% dessa área, ou seja, cerca de $8,5\text{m}^2/\text{habitante}$. Contudo, ao verificar a quantidade de áreas verdes por bairro percebe-se a discrepância entre aqueles localizados ao norte da bacia do Belém e os demais bairros, principalmente os centrais. Os bairros centrais, em geral, concentram apenas de 0 a 4% das áreas verdes significativas em seu território. Assim, somente os bairros

localizados no Alto Belém, além do Jardim Botânico e do Uberaba, apresentam um cenário mais natural, com maiores percentuais de áreas verdes (Figura 34).

FIGURA 34 – PERCENTUAL DE ÁREAS VERDES POR BAIRRO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



**PERCENTUAL DE ÁREAS VERDES POR BAIRRO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM**

FONTE: Dados do IPPUC (2004, 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

4.1.7 Evolução do uso e ocupação do solo

O início da ocupação de Curitiba ocorre no final do século XVII, quando em 1693 é fundada a vila Nossa Senhora da Luz dos Pinhais, formada por aproximadamente noventa famílias e casas de pau-a-pique. O marco zero de Curitiba,

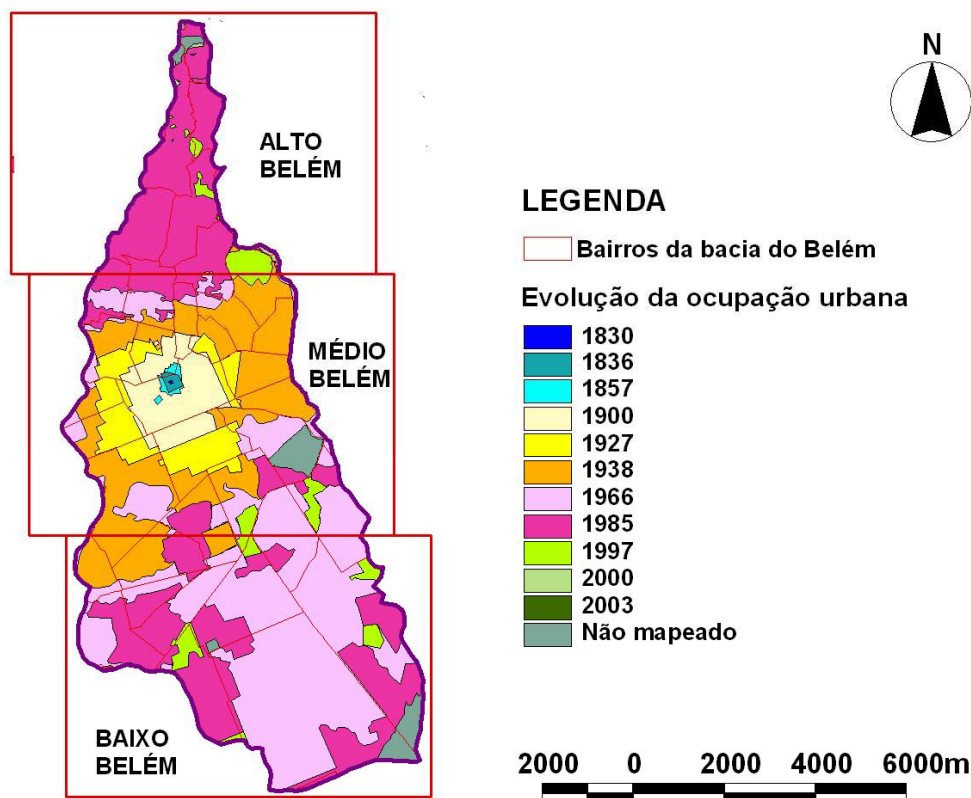
bem como seu núcleo histórico, encontra-se no coração da bacia hidrográfica do rio Belém. Até 1857, quando é realizada a primeira carta topográfica do município, a ocupação urbana concentra-se no entorno da Praça Tiradentes, com uma população de cerca de 13000 habitantes. Desde então, a cidade vem crescendo, recebendo imigrantes alemães, italianos, poloneses, entre outras etnias. A inauguração da estrada de ferro Curitiba-Paranaguá impulsiona ainda mais a economia da cidade, desenvolvendo duas atividades econômicas importantes - a madeira e a erva-mate (IPPUC, 2004).

No século XX, a ocupação urbana de Curitiba se expande do Centro para os bairros São Francisco, Rebouças, Alto da Glória, Mercês, Batel, Água Verde, além de colônias de imigrantes situadas em pontos periféricos. Até o final da década de 1930, praticamente toda a ocupação urbana de Curitiba está concentrada na bacia hidrográfica do rio Belém, com exceção das colônias de imigrantes localizadas isoladamente pelo território do município. Em 1938, a maior parte do Médio Belém encontra-se ocupada, tendo a urbanização derivado para os bairros Prado Velho, Guaíra, Bigorriho, Bom Retiro, Centro Cívico, Juvevê, Cabral, Hugo Lange, Alto da XV, Cristo Rei e Jardim Botânico, além dos bairros Tarumã, Seminário e Portão localizados em outras bacias hidrográficas (Figura 35).

Entre as décadas de 1950 e 1970 ocorre o crescimento urbano nas várzeas dos rios Belém e Iguaçu, principalmente após a abertura da BR-116 (atual BR-476) IPPUC (1996). Esse crescimento irá ocupar os vazios que existiam na área central da bacia hidrográfica do rio Belém e direcionar-se para o sul, ocupando mais de 60% do Baixo Belém, incluindo áreas inundáveis. A partir de 1970, os bairros periféricos, cujo custo da terra tinha um valor reduzido em comparação aos bairros centrais, cresceram rapidamente. Essa ocupação foi mais intensa ao sul da bacia hidrográfica do rio Belém, ocupando praticamente toda sua área a jusante, além de outras bacias de Curitiba que começam a ser intensamente ocupadas. Até meados da década de 1980 o setor norte da bacia hidrográfica do rio Belém havia permanecido preservado. Todavia, no início da década de 1990, ocorre um maior adensamento nas áreas do Alto Belém, especialmente nos bairros Pilarzinho, São Lourenço, Abranches, Barreirinha e

Cachoeira (Figura 35).

FIGURA 35 – EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – VISTA GERAL



**EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM
VISTA GERAL: ALTO, MÉDIO E BAIXO BELÉM**

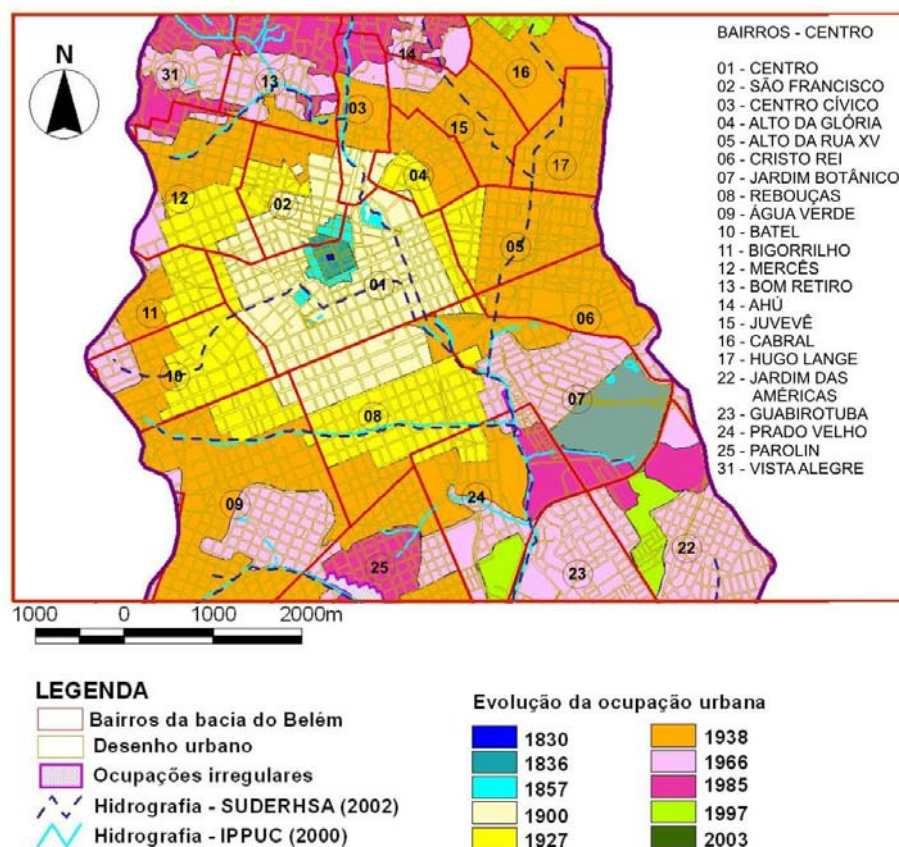
FONTE: Dados do IPPUC (2004, 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A Figura 36 apresenta em detalhes a ocupação urbana do Médio Belém. Observa-se um desenho urbano bastante regular com quadras predominantemente quadradas ou retangulares, com exceção dos bairros Alto da Glória e Alto da XV, cujas vias de circulação desenvolvem-se em diagonal, criando quadras triangulares, e das porções norte dos bairros Vista Alegre e Bom Retiro, os quais assumem formas não planejadas. Entretanto, esse desenho urbano não considerou os aspectos naturais do sítio no qual está inserido. Em poucos trechos é notável alguma preocupação em alinhar-se conforme a rede hidrográfica existente. No geral, o traçado das vias de

circulação e das quadras foi pensado sem considerar o meio físico, levando este a se adaptar às condições impostas pela urbanização - por meio de canalizações de rios e córregos, aliado ao desvio de seus cursos para o lado ou abaixo das vias de circulação. Nota-se também que esse setor foi ocupado quase inteiramente antes da década de 1970, sendo algumas áreas mais ao norte ou mais ao sul ocupadas por volta de 1985, e pequenas porções no final da década de 1990 – nos bairros Jardim das Américas, Prado Velho e Cabral. São encontradas ocupações irregulares nos bairros Parolin e na divisa do Rebouças com o Prado Velho, sendo parte desta última já regularizada pelo poder público municipal. As quadras em tamanhos inferiores aos padrões existentes demonstram essa intervenção no local.

FIGURA 36 – EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – MÉDIO BELÉM



EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM
MÉDIO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2004, 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

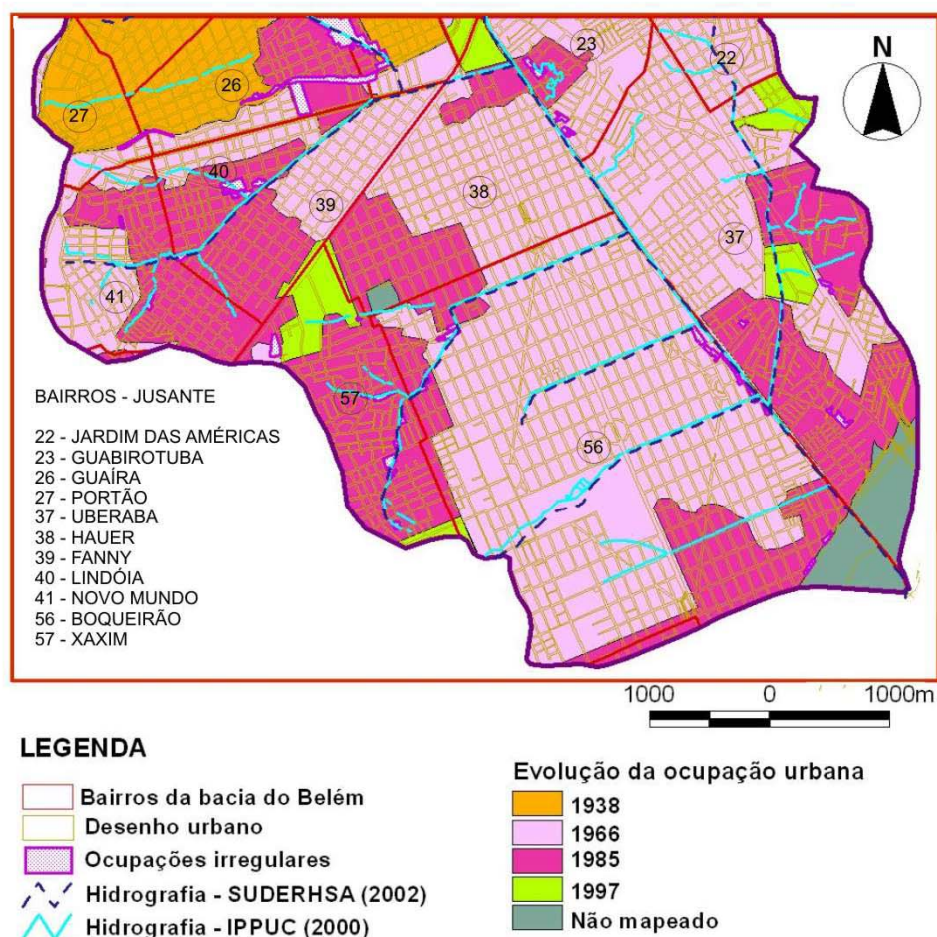
A próxima região a ser visualizada em detalhes é a porção ao sul da bacia hidrográfica do rio Belém, denominada Baixo Belém. O seu desenvolvimento urbano, com exceção dos bairros Guaíra e Portão é bem mais recente que o centro da bacia, sendo impulsionado entre as décadas de 1950 e 1970, principalmente após a consolidação de importantes eixos de circulação – abertura da BR-116 (atual BR-476) e prolongamento da Av. Marechal Floriano Peixoto, que já havia sido definido pelo Plano Agache, em 1942. O desenho urbano das regiões desenvolvidas nessa época apresenta um traçado regular, destacando-se os bairros Hauer e Boqueirão, tendo o último vias diagonais, entretanto, não desenvolvidas como eixos de circulação.

Já as porções de desenho urbano não planejado, com quadras menores e/ou irregulares, vias sem ligação e ocupações irregulares desenvolveram-se por volta de 1985. Nessa época, houve em Curitiba e RMC um grande fluxo migratório proveniente das áreas rurais do estado, desencadeado por modificações sócio-econômicas da época (LIMA, 2004). Essa população ocupou rapidamente as áreas de declividade média do município de Curitiba – Médio Belém – e avançou sobre as várzeas e planícies de inundação da porção sul da cidade – Baixo Belém - muitas vezes com sub-habitações, as quais eram instaladas nas margens dos rios e córregos localizados nesse setor da bacia hidrográfica do rio Belém.

Uma parte da área planejada procurou se adequar parcialmente ao meio físico, seguindo o traçado da rede hidrográfica, como pode ser observado nos bairros Hauer, Boqueirão e Fanny. Contudo, os outros setores ficaram à margem desse planejamento. Mesmo nos locais planejados, os loteamentos avançaram até as margens dos rios, como observado no caso do Rio Belém na divisa com os bairros Boqueirão e Uberaba, Hauer, Prado Velho e Guabirota, criando lotes sem a possibilidade de uso. Esses lotes, de acordo com a Secretaria Municipal de Urbanismo, apesar de regulares não admitem construções, pois se encontram nas faixas inundáveis do município. Todavia, é usual que seus proprietários solicitem à PMC o Alvará de Construção, os quais inevitavelmente são indeferidos. Uma situação comum nesses casos é que os proprietários acabam construindo sem a autorização da prefeitura, gerando construções

irregulares em lotes regularizados. Percebe-se também a ocupação de vazios urbanos, que se encontravam principalmente nos bairros Uberaba, Hauer e Xaxim, no final da década de 1990. Todo esse cenário pode ser visualizado na Figura 37.

FIGURA 37 – EVOLUÇÃO OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – BAIXO BELÉM



EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM BAIXO BELÉM

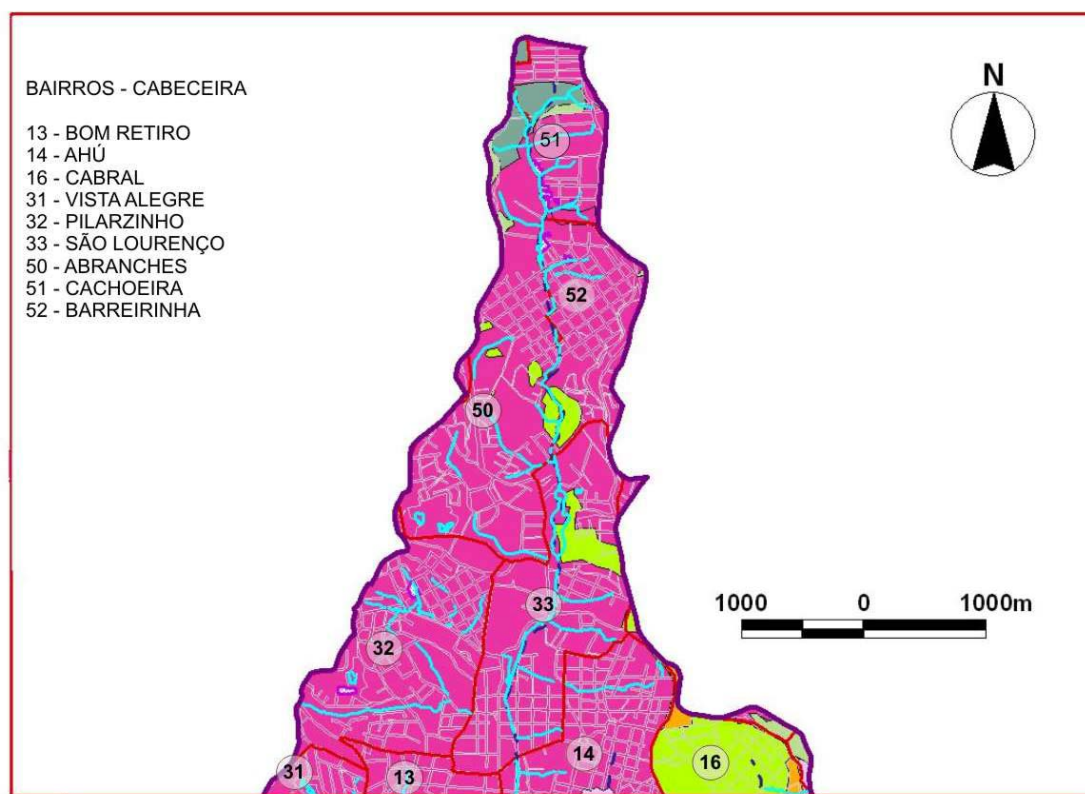
FONTE: Dados do IPPUC (2004, 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A Figura 38 apresenta em detalhes a ocupação urbana da cabeceira da bacia hidrográfica do rio Belém, denominada Alto Belém. Observa-se que essa ocupação, com exceção de pequenas porções do bairro Cabral, só passou a ocorrer em meados da década de 1980. Seu desenho urbano é bastante diversificado, apresentando áreas de traçado regular e outras com quadras irregulares, vias desconexas, no geral, sem uma

preocupação com a rede hidrográfica existente. Por suas características naturais, de relevo acidentado com declividades elevadas, além de constituir parte importante no equilíbrio do sistema de drenagem da bacia hidrográfica do rio Belém, esse setor recebeu a instalação de diversos parques urbanos. Com esse intuito foi criado em 1972, o primeiro deles, o Parque São Lourenço, juntamente com os parques Barigui e Barreirinha – localizados em outras bacias hidrográficas. Os demais foram instalados no início da década de 1990.

FIGURA 38 – EVOLUÇÃO OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – ALTO BELÉM



LEGENDA

	Bairros da bacia do Belém		1938		1997
	Desenho urbano		1966		2000
	Ocupações irregulares		1985		Não mapeado
	Hidrografia - SUDERHSA (2002)				
	Hidrografia - IPPUC (2000)				

EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM ALTO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2004, 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A instalação desses parques, importantes locais de lazer e turismo, ao mesmo tempo em que contribui para a preservação desse setor da bacia, impulsionou a ocupação no seu entorno. Nota-se também a presença de sub-habitações próximas às margens do rio Belém e nos fundos de vale. As observações em campo constataram também um grande contraste social, representado pela existência de bolsões de pobreza, formados por sub-habitações, lado a lado a construções de alto padrão.

4.1.8 Caracterização do zoneamento, uso e ocupação do solo segundo a legislação vigente: Lei Municipal 9800/00

Conforme exposto no item 2.2.5 – Planejamento Urbano de Curitiba, o Plano Diretor Municipal, elaborado em 1966 ainda encontra-se em vigência, contudo, ao longo dos anos o mesmo sofreu inúmeras transformações, sobretudo no que diz respeito aos parâmetros de uso e ocupação do solo urbano. A mais recente refere-se à Lei Municipal n. 11266/04, aprovada em dezembro de 2004, cujo objetivo é adequar o Plano Diretor de 1966 às diretrizes e aos instrumentos estabelecidos pelo Estatuto da Cidade (IPPUC, 2006). Contudo, as definições urbanas principais continuam sendo estabelecidas pela Lei Municipal 9800/00 que dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo em Curitiba, cujas diretrizes são consideradas pelo IPPUC (2004) agentes indutores e promotores do processo de desenvolvimento da cidade.

Essa legislação atualiza a divisão da cidade em diferentes zonas, as quais irão se diferenciar pelos parâmetros de uso (permitidos, tolerados e permissíveis), sejam residenciais, comerciais, transitórios, de serviço, industriais, de caráter especial, entre outros; e ocupação, que determinará o porte, coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação, altura, recuo do alinhamento predial, afastamento das divisas, taxa de permeabilidade e tamanho do lote (CURITIBA, 2000a). Dentre todos esses

parâmetros, a preocupação com a drenagem urbana sustentável⁹ - entendendo essa sustentabilidade como a mínima geração de impactos ao sistema de drenagem natural ou construído da bacia hidrográfica no qual se insere uma construção nova ou existente – exige atenção sobre a taxa máxima de ocupação e taxa mínima de permeabilidade, além do posicionamento da edificação em si, tomando-se o cuidado de afastá-la dos corpos d'água e evitar construções em áreas consideradas inundáveis¹⁰.

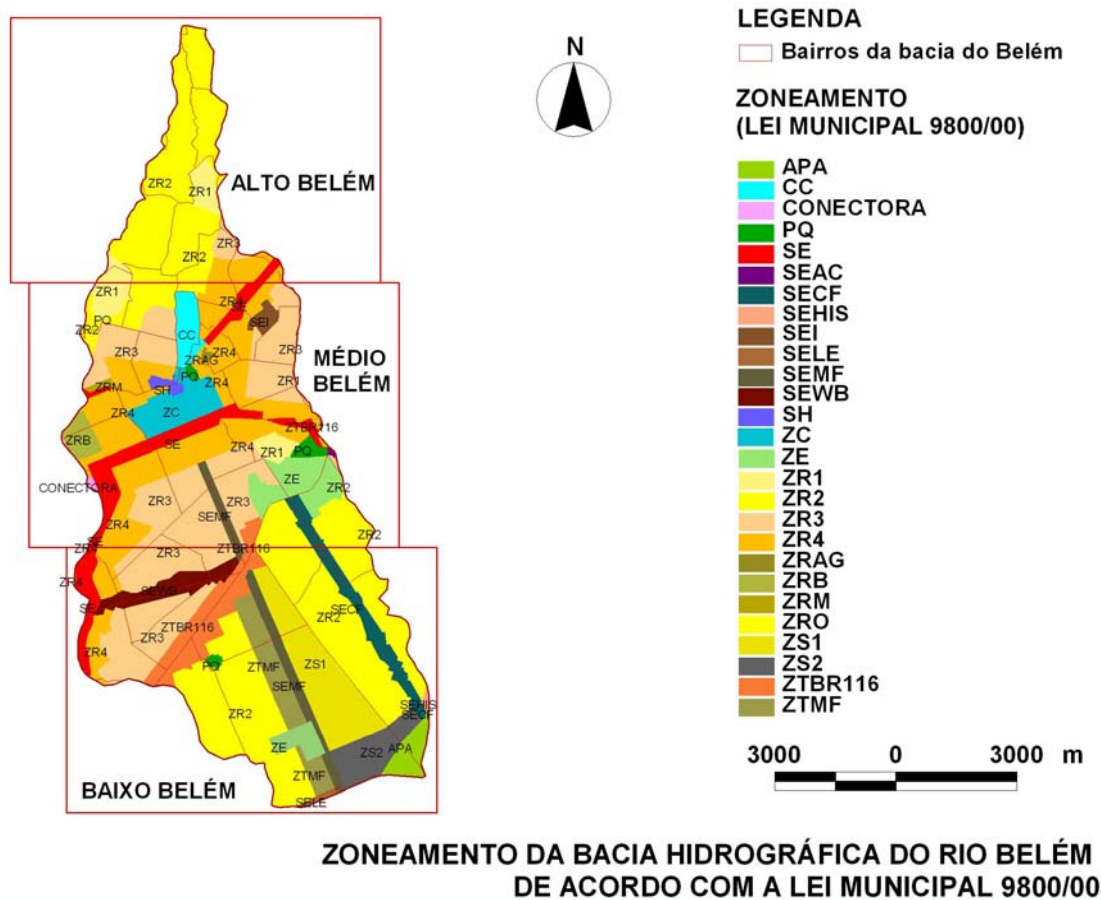
Ao avaliar o zoneamento existente na bacia hidrográfica do rio Belém, nota-se uma diversidade quanto à tipologia de usos uma vez que a mesma concentra zonas residenciais (ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-4, ZR-B, ZR-M E ZR-AG)¹¹, de serviço (ZS-1, ZS-2), de preservação (Parques e APA – Área de Proteção Ambiental), setores especiais estruturais ou eixos de adensamento (SE, SE-AC, SE-CF, SE-MF, SE-WB), outros setores especiais (CC, CONECTORA, SEI, SEHIS, SE-LE), zonas de transição (ZT-MF, ZT-BR116), setor histórico (SH), além de zonas com atividades especiais (ZE) – militar e educacional (Figura 39).

⁹ O conceito de drenagem urbana sustentável é discutido por Parkinson et al. (2003), conforme exposto no item 2.2.4, Plano Diretor de Drenagem Urbana.

¹⁰ De acordo com as legislações federais N. 6766/79 e sua alteração N. 9785/99, que dispõem sobre o parcelamento do solo urbano, e Código Florestal Brasileiro – redação alterada pela Lei N.7803/89, que considera as áreas de preservação permanente de acordo com a largura dos corpos d'água.

¹¹ Segundo a Lei Municipal 9800/00, definiu-se como ZR-1, ZR-2, ZR-3 e ZR-4, respectivamente, Zona Residencial 1, 2, 3 e 4; ZR-B, Zona Residencial Batel; ZR-M, Zona Residencial Mercês; ZR-AG, Zona Residencial Alto da Glória; ZS-1 e ZS-2, Zona de Serviço 1 e 2; SE, SE-AC, SE-CF, SE-MF, SE-WB, respectivamente Setor Especial Estrutural, Affonso Camargo, Comendador Franco, Marechal Floriano e Wenceslau Braz; CC, Setor Especial Centro Cívico; CONECTORA, Setor Especial Conectora; SEI, Setor Especial Institucional; SEHIS, Setor Especial de Habitação de Interesse Social; SE-LE, Setor Especial Linhão do Emprego; ZT-MF e ZT-BR116, Zona de Transição Marechal Floriano e BR116; SH, Setor histórico e ZE, Zona Especial Militar e Educacional.

FIGURA 39 – ZONEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM –
DE ACORDO COM A LEI MUNICIPAL 9800/00



FONTE: Dados do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

Apesar de bastante diferenciadas as atividades permitidas, permissíveis e toleradas em cada uma dessas zonas, a taxa mínima de permeabilidade exigida em todo município tem muita semelhança. No geral, a Prefeitura Municipal de Curitiba estipula que ao menos 25% da área do lote deve conservar-se permeável. As únicas exceções a essa regra encontram-se nas zonas de contenção e ocupação controlada, as quais determinam taxa mínima de 50%; na ZC e setores especiais SE, que permitem total impermeabilização do lote, ou seja, taxa de permeabilidade de 0% desde que seja implantado um sistema de detenção das águas pluviais no lote; ou em áreas de preservação permanente (parques, fundos de vale, APA's, Anel de Conservação Sanitário Ambiental) que exigem a não interferência nessas faixas do lote, deixando-as

em seu estado natural.

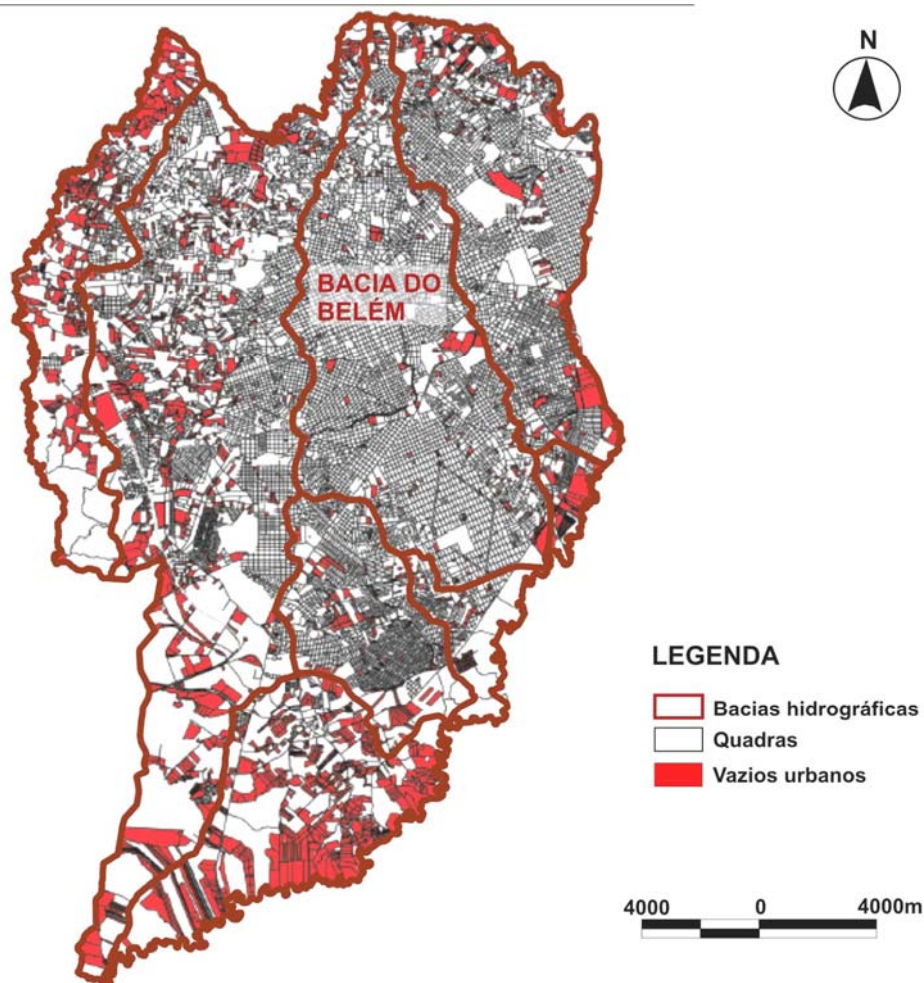
Todavia, diversos pesquisadores, Tucci (2002), Fendrich (2002), Plate (2002), dentre tantos outros já citados, não acreditam na eficácia desses 25% de área mínima de permeabilidade em cada lote, pois a mesma não é suficiente para absorver a água das chuvas, principalmente durante eventos extremos, nos quais o nível de precipitação torna-se muito elevado. Deve-se também considerar que a geologia do município de Curitiba apresenta como solos a Formação Guabirota e os Sedimentos recentes que não possuem alta permeabilidade. Dessa forma, qualquer intervenção no lote, que o retire de seu estado natural quanto à permeabilidade deve ser acompanhada por um reservatório de detenção de águas pluviais para que o impacto da superfície impermeabilizada não seja transferido para o sistema de macrodrenagem urbano, evitando sobrecargas e gastos excessivos com constantes ampliações do sistema.

Outro aspecto que deve ser contemplado em uma revisão dessa legislação é o fato de a mesma não criar um zoneamento ambiental específico para as áreas de fundo de vale. A Lei 9805/00, sobre o Anel de Conservação Sanitário Ambiental abrange alguns rios e córregos do município, entretanto, diversos corpos d'água não são considerados pela legislação. As restrições quanto à ocupação - afastamento mínimo em lotes vizinhos a fundos de vale, faixas inundáveis que não admitem construção, entre outros aspectos - encontram-se na Guia Amarela do lote, contudo, talvez se estivessem transpostos para a lei e mapa de zoneamento, uso e ocupação do solo pudessem ser enfatizadas.

Com relação à análise ocupação cabe destacar também a relação de vazios urbanos entre a bacia hidrográfica do rio Belém e as demais bacias hidrográficas localizadas no município de Curitiba. O levantamento realizado pelo IPPUC (2004) considera como vazios urbanos os lotes com área superior a 5000m² e que possuem área construída inferior a 70m². Pelo fato de a bacia hidrográfica do rio Belém constituir o núcleo histórico da ocupação da cidade, sendo o Centro e os bairros limítrofes

àqueles de mais antiga urbanização, observa-se por análise visual¹² a existência de poucos vazios urbanos nessa bacia em comparação às demais situadas em Curitiba, como mostra a Figura 40, o que enfatiza ainda mais a intensa urbanização existente na bacia hidrográfica do rio Belém.

FIGURA 40 – VAZIOS URBANOS EM CURITIBA:
DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



VAZIOS URBANOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2002)

NOTA: Elaborada pela autora.

¹² Os dados sobre vazios urbanos em Curitiba não foram fornecidos pelo IPPUC em base digital, apesar de haverem sido solicitados pela autora. Por tal motivo, não houve possibilidade de inserção desses dados em base GIS optando-se por realizar uma análise visual com base nos levantamentos do IPPUC, atualizados em 2002 e incluídos no volume Curitiba em Dados 2004 (IPPUC, 2004).

4.1.9 Análise da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém

Em meados da década de 1990, a pesquisa de Hardt (1994) sobre sistemas de áreas verdes em Curitiba identificou que mais de 36% do território do município era constituído por superfícies impermeáveis, sendo aproximadamente 15% formado por áreas construídas e 20% por áreas pavimentadas. O estudo também observou que maiores taxas de ocupação do solo e densidade demográfica implicam em menor quantidade de áreas verdes. Desta forma, as regiões mais urbanizadas, como o centro urbano e bairros adjacentes, além dos setores estruturais, apresentam as maiores carências de áreas permeáveis.

Campana e Tucci (1994) também avaliaram o percentual de impermeabilização do solo no município de Curitiba, encontrando valores médios semelhantes àqueles observados por Hardt (1994). Os autores estimaram as áreas impermeáveis por simulação matemática aplicada a bacias urbanas. O algoritmo criado pelos autores permitiu estabelecer uma relação entre densidade habitacional e área impermeável, instituindo o Método das Densidades Demográficas.

Esse método continua sendo amplamente utilizado em pesquisas relativas à drenagem urbana, presente no estudo do Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu da SUDERHSA (2002) e na pesquisa desenvolvida por Fendrich (2002). Esse último testou dois métodos distintos de determinação do percentual de impermeabilização de bacias urbanas, o método das Densidades Demográficas e o método do Sensoriamento Remoto. Fendrich (2002) testou os métodos em uma porção que corresponde a quase 50% da bacia hidrográfica do rio Belém, observando as falhas e benefícios de ambos. O Sensoriamento Remoto apresentou erros compreendidos entre 10% e 25% e a Densidade Demográfica possui como tendência limitar a taxa de impermeabilização dos solos em 67%, para uma densidade demográfica máxima de 200hab/ha.

Fendrich (2002) gerou um modelo de equações para cada um dos métodos, permitindo simular os cenários de impermeabilização da bacia hidrográfica do rio

Belém, desde o princípio de sua ocupação no século XIX até o desenvolvimento de um prognóstico para o ano de 2020, conforme indica a Tabela 2.

TABELA 2 – EVOLUÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA DO RIO BELÉM

Ano	Método do Sensoriamento Remoto Áreas impermeáveis (%)	Método da Densidade Demográfica Áreas impermeáveis (%)
1820	11,66	0,43
1872	14,73	0,50
1890	16,23	1,00
1900	18,15	2,00
1920	24,31	3,17
1940	33,57	5,67
1950	39,36	7,30
1960	45,92	14,58
1970	53,26	24,57
1980	61,37	41,36
1991	73,16	53,06
1996	79,49	54,78
2000	82,78	59,36
2010	86,69	72,43
2020	89,80	85,67

FONTE: FENDRICH (2002)

A presente pesquisa também optou pela utilização dos dois métodos para verificar a impermeabilização dos solos da bacia hidrográfica do rio Belém. O método do Sensoriamento Remoto baseia-se na distinção e identificação dos materiais de cobertura da superfície terrestre, classificando-os de acordo com seu comportamento específico ao longo do espectro magnético. Cada elemento - água, vegetação, área urbanizada, solo exposto - tem um comportamento espectral diferenciado, o que possibilita sua classificação em temas. Os softwares que trabalham com a classificação dessas imagens permitem dois tipos principais de operações: a classificação não-supervisionada e a classificação MAXVER (Método da Máxima Verossimilhança) ou classificação supervisionada (YANG et al., 2003; SCHULTZ; ENGMAN, 2000). A pesquisa testou essas duas formas de classificação e pela utilização da classificação supervisionada, realizada utilizando o software gratuito SPRING, produzido pelo INPE.

Assim, foram definidas seis classes diferentes para toda a bacia hidrográfica

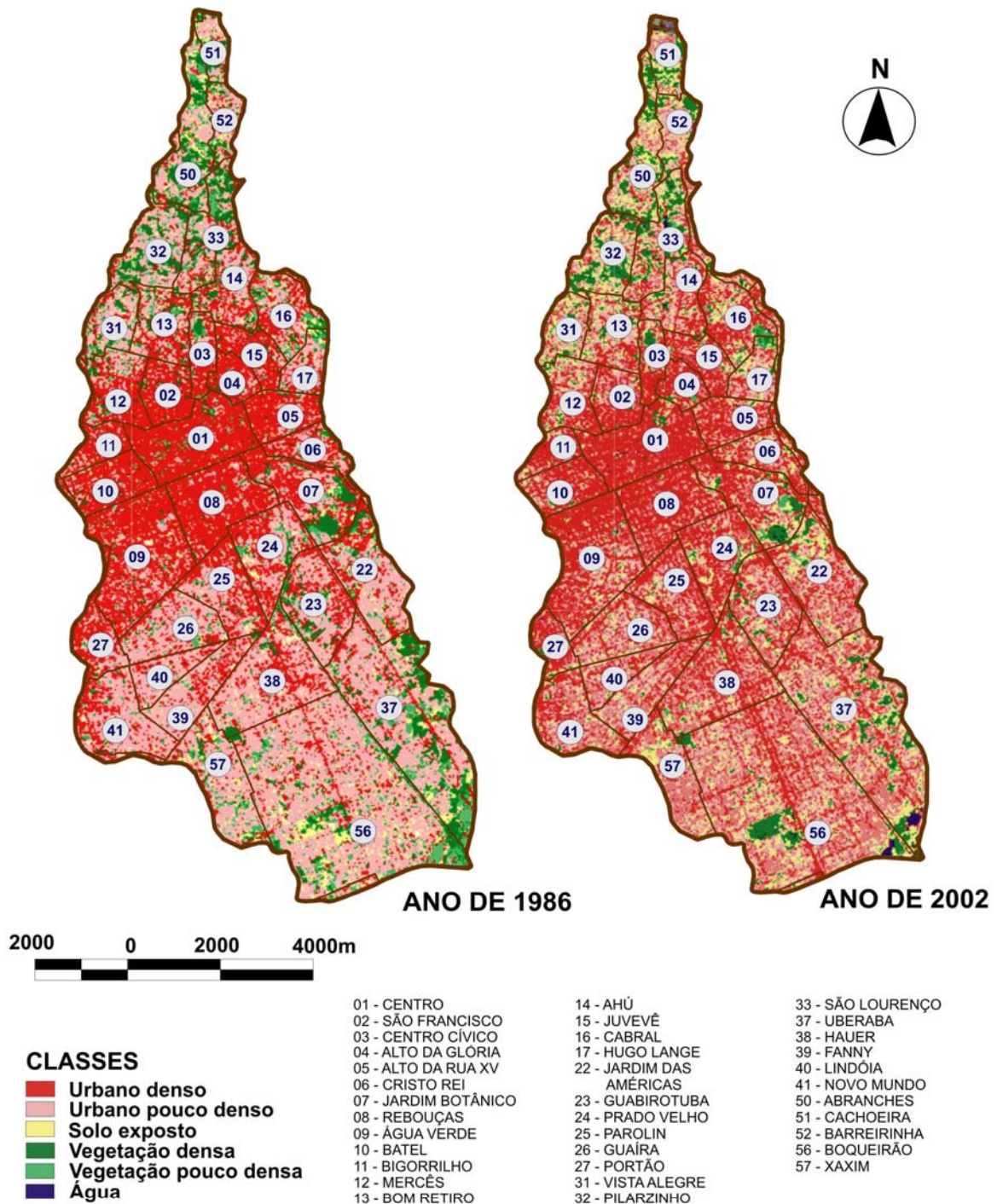
do rio Belém – urbano denso, urbano pouco denso, solo exposto, vegetação densa, vegetação pouco densa e água, para as imagens LANDSAT TM de 1986 e 2002 (Figura 41). A visualização dessas imagens permite constatar diversas mudanças que ocorreram na bacia ao longo dos anos, já relatadas nas análises anteriores, tais como a diminuição das áreas verdes¹³ nos seguintes bairros: Alto Belém - Abranches, Cachoeira, Barreirinha e São Lourenço; adjacentes ao Centro (Médio Belém) – Jardim Botânico (mais significativa), além de Prado Velho, Parolin e Guaíra; Baixo Belém – Xaxim, Boqueirão, Guabirota, Jardim das Américas e Uberaba, cuja redução foi a maior de toda a bacia hidrográfica do rio Belém. Percebe-se também a intensificação da ocupação urbana nos bairros no setor sul da bacia¹⁴: Prado Velho, Parolin, Guaíra, Lindóia, Novo Mundo, Fanny, Hauer, Boqueirão, Xaxim, Guabirota, Jardim das Américas e Uberaba.

A utilização do método do Sensoriamento Remoto permitiu observar as principais modificações ocorridas durante o período de 1986 a 2002, todavia, ao buscar a determinação do percentual de impermeabilização do solo notou-se que o software confunde as classes solo exposto e urbano, pelo fato de suas características espectrais serem bastante semelhantes, superestimando a quantidade de áreas impermeáveis na bacia, gerando erros como aqueles relatados por Fendrich (2002). Por tal motivo a pesquisa não irá determinar os valores de impermeabilização do solo da bacia pelo método do Sensoriamento Remoto, mas sim pelo método das Densidades Demográficas, utilizando a equação indicada pela SUDERHSA (2002).

¹³ Apresentado no item 4.1.6 – Áreas verdes.

¹⁴ Apresentado no item 4.1.7 – Evolução do uso e ocupação do solo.

FIGURA 41 – CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT TM DE 1986 E 2002 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT-TM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados da UFPR e SIMEPAR

NOTA: Elaborada pela autora.

Esse método fundamenta-se nos valores de densidade demográfica para determinação do percentual de área demográfica da bacia hidrográfica estudada. Utiliza-se para tanto uma equação simplificada desenvolvida pela SUDERHSA (2002) durante os estudos do Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu, a qual baseia-se na curva da relação entre densidade demográfica e impermeabilização do solo criada por Tucci. Essa simplificação levou à seguinte equação:

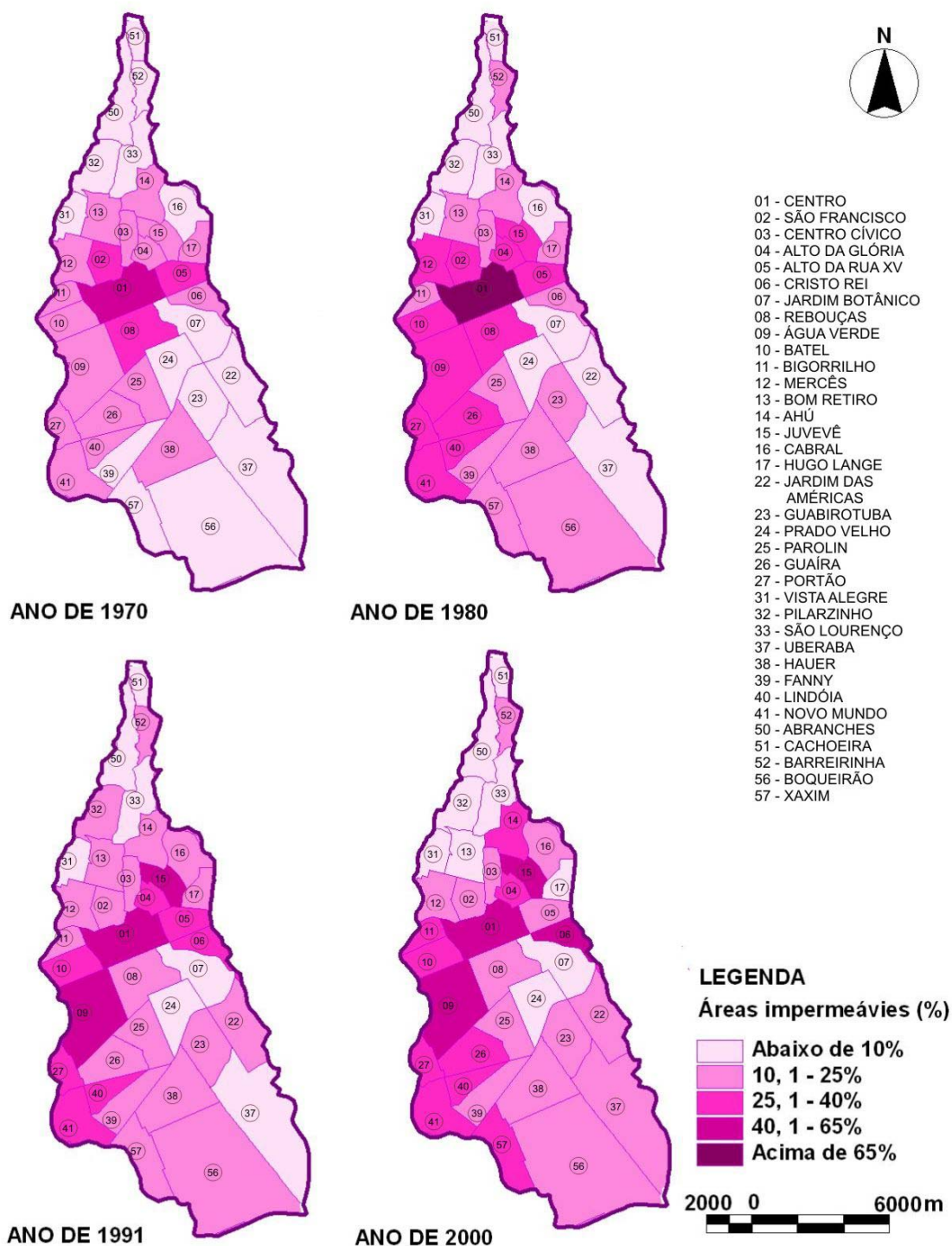
$$AI = (0,57 \times D) - 8 \text{ para } 14 < D < 128\text{hab/ha}; \text{ e}$$

$$AI = 65, \text{ para } D=128\text{hab/ha}; \text{ onde}$$

AI é a parcela de área impermeável da bacia em %, e D é a densidade populacional da bacia em hab/ha.

Com base nessa equação foi gerado um mapa demonstrando a evolução das áreas impermeáveis na bacia hidrográfica do rio Belém durante o período de 1970 a 2000 (Figura 42). Nessa figura observa-se que o centro urbano apresenta-se nas diferentes épocas como região com maior impermeabilização do solo de toda a bacia. Na década de 1970, os bairros de desenvolvimento mais antigo, como São Francisco, Alto da XV e Rebouças, seguidos pelos demais bairros adjacentes ao Centro apresentam-se com solo mais impermeabilizado do que as regiões do Alto e Baixo Belém. Na década de 1980, a impermeabilização do solo se intensifica atingindo bairros localizados ao sul, como Fanny, Xaxim, Guabirota e Boqueirão, além do bairro Barreirinha – situado ao norte da bacia. Na década de 1990, ocorre uma impermeabilização maior dos bairros cruzados por vias estruturais, tais como: Água Verde, Batel, Cristo Rei, Ahú, Juvevê, Cabral e Portão, além dos bairros Jardim das Américas e Pilarzinho. A partir de 2000, ganha destaque o aumento de impermeabilização do solo no bairro Uberaba.

FIGURA 42 – EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1970 A 2000)



**EVOLUÇÃO DO PERCENTUAL DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO
 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1970 A 2000)**

FONTE: Dados do IPPUC (2000) e censos demográficos do IBGE (1970/ 1980/ 1991/ 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A análise da evolução do percentual de impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém pelo método do das Densidades Demográficas, assim como o método do Sensoriamento Remoto, permitiu observar as diversas modificações ocorridas durante o período de 1970 a 2000, entretanto, nota-se que esse método também incorre uma margem considerável de erros.

O primeiro erro observado diz respeito à diminuição da impermeabilização do solo nos bairros Centro, Hugo Lange, São Francisco, Mercês, Rebouças e Guaíra. Todas as demais análises mostram que essa situação não aconteceu, contudo, como houve uma diminuição na densidade demográfica desses bairros devido à migração de suas populações para outras regiões da cidade o método erroneamente compreendeu como redução de área impermeável. Outro fator de erro refere-se à subestimação da quantidade de área impermeável no município. Os levantamentos em campo observaram que a bacia hidrográfica do rio Belém encontra-se com maior grau de impermeabilização do que o demonstrado por esse método. Fendrich (2002) também encontrou valores de impermeabilização do solo maiores quando utilizado o método do Sensoriamento Remoto, com uma média de 82,78% de área impermeável na bacia hidrográfica do rio Belém para o ano de 2000.

Assim, como ambos os métodos – Sensoriamento Remoto e Densidade Demográfica - apresentam erros, ora por superestimar e ora por subestimar a quantidade de áreas impermeáveis, julga-se coerente avaliar o percentual de impermeabilização da bacia hidrográfica do rio Belém por meio da média entre os resultados dos dois métodos, utilizando para o método do Sensoriamento Remoto a simulação realizada por Fendrich (2002). Obtém-se, desta forma, os valores aproximados de: 40% na década de 1970, 51% na década de 1980, 63% na década de 1990 e 71% de impermeabilização do solo da bacia hidrográfica do rio Belém no ano de 2000.

4.2 ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

4.2.1 Demografia

Segundo o IPPUC (2004), a população de Curitiba em 1910, com seu núcleo localizado no entorno na Praça Tiradentes, era de aproximadamente 60000 habitantes. Em 1940, de acordo com o censo demográfico realizado a população dobrava, chegando a 127000 habitantes, sendo considerada a quinta maior cidade brasileira, pela média diária de novas construções. Em 1950, Curitiba tinha cerca de 180000 habitantes. Em 1960, a população dobra para mais de 360000. Até essa época o crescimento populacional do município caracterizou-se pelo extravasamento natural de seu núcleo primitivo – o centro urbano. No entanto, com o esgotamento de áreas disponíveis os setores de comércio e serviço passam a impulsionar as ocupações dos bairros limítrofes.

A Figura 42 mostra esse cenário para a bacia hidrográfica do rio Belém, representado pela densidade demográfica declarada pelo censo de 1970. Observa-se que o Centro é o bairro mais denso de toda a bacia, com uma densidade demográfica acima de 80hab/ha (especificamente 112,48hab/ha), seguido pelos bairros São Francisco, Alto da XV e Rebouças, cuja densidade varia entre 60,1 a 80hab/ha. Nota-se que os bairros localizados nos extremos norte e sul da bacia ainda não possuem uma urbanização significativa.

Em 1970, inicia-se o processo de ocupação de bairros não limítrofes, ou periferação da população curitibana para a RMC, uma vez que o custo da terra nessas regiões tinha um valor inferior. A população da cidade nessa época estava em torno dos 600000 habitantes, resultando uma média de 14hab/ha. Em 1980, o censo aponta uma população superior a 1 milhão de habitantes e uma densidade demográfica média de cerca de 24 hab/ha. Nessa década consolida-se o modelo de ocupação da periferia (IPPUC, 2004).

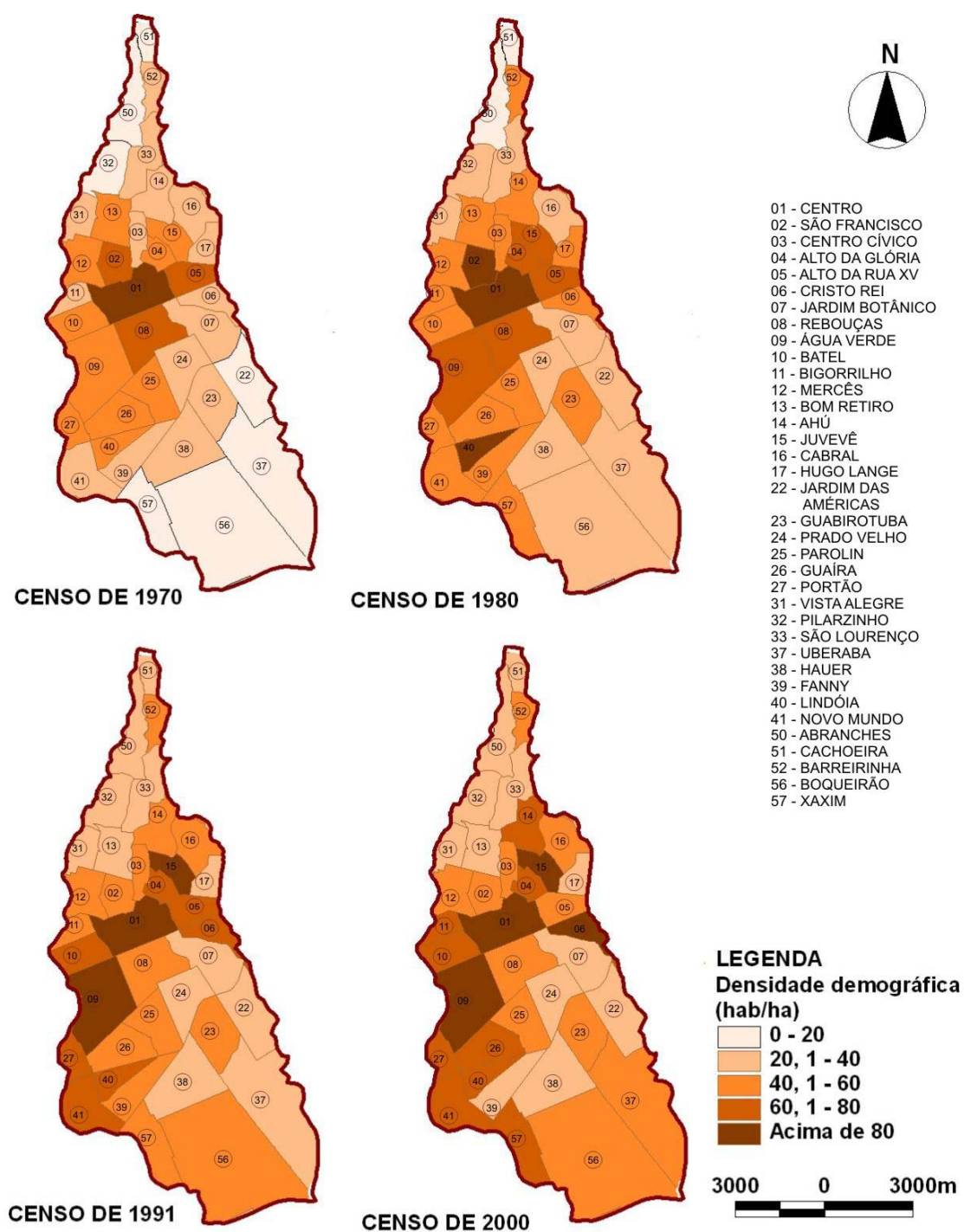
O melhor representante desse modelo de ocupação dentro da bacia

hidrográfica do rio Belém são os bairros localizados no Baixo Belém, em especial o bairro Boqueirão - estudo piloto da presente pesquisa. De acordo com o censo de 1980, o Boqueirão dobra sua densidade demográfica em relação à década anterior – de aproximadamente 18 para 36hab/ha - tornando-se o mais populoso, com mais de 50000 habitantes. Outros bairros passam a se destacar em termos demográficos, como Lindóia, Água Verde, Juvevê e Alto da Glória, cujas densidades assumem valores superiores a 60hab/ha (Figura 43).

No início dos anos 90, a ocupação do período anterior, caracterizada pelo sentido sudoeste, tem seu vetor principal deslocado para o sentido sul da cidade, adensando a Cidade Industrial, que se consolida como o bairro mais populoso de Curitiba, com cerca de 157500 habitantes. Nessa época, a população da cidade ultrapassa 1300000 habitantes e a densidade demográfica média atinge 40 hab/ha. Entre 1996 e 2000, a taxa de crescimento populacional na cidade reduz drasticamente, decrescendo para 1,83% - enquanto nas décadas de 1970/1980 esse valor era de 5,34%. O Centro perde importância relativa em termos populacionais, reduzindo sua densidade demográfica em aproximadamente 13%. Segundo o IPPUC (2004), esse período se caracterizou por um processo de ocupação de vazios urbanos ainda existentes na malha urbana, juntamente à ocupação de áreas periféricas. O último censo realizado, no ano de 2000, indicou para Curitiba uma população de quase 1600000 habitantes e uma densidade demográfica média superior a 36 hab/ha.

No contexto da bacia hidrográfica do rio Belém, ganha proeminência em termos demográficos os bairros cruzados por vias estruturais, as quais permitem maior adensamento em seu entorno. Assim, consolida-se como um dos mais densos - após o Centro - o bairro Água Verde, concentrando cerca de 105hab/ha, seguido pelo Juvevê e pelo Cristo Rei, ambos com densidade demográfica superior a 90hab/ha. Encontram-se também em evidência os bairros Bigorrião, Batel, Portão, Novo Mundo, Guaíra, Xaxim e Ahú. Crescem a população e a ocupação dos bairros do extremo norte da bacia, como Cachoeira, Barreirinha e Abranches (Figura 43).

FIGURA 43 – EVOLUÇÃO DA DENSIDADE DEMOGRÁFICA (1970 A 2000)
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



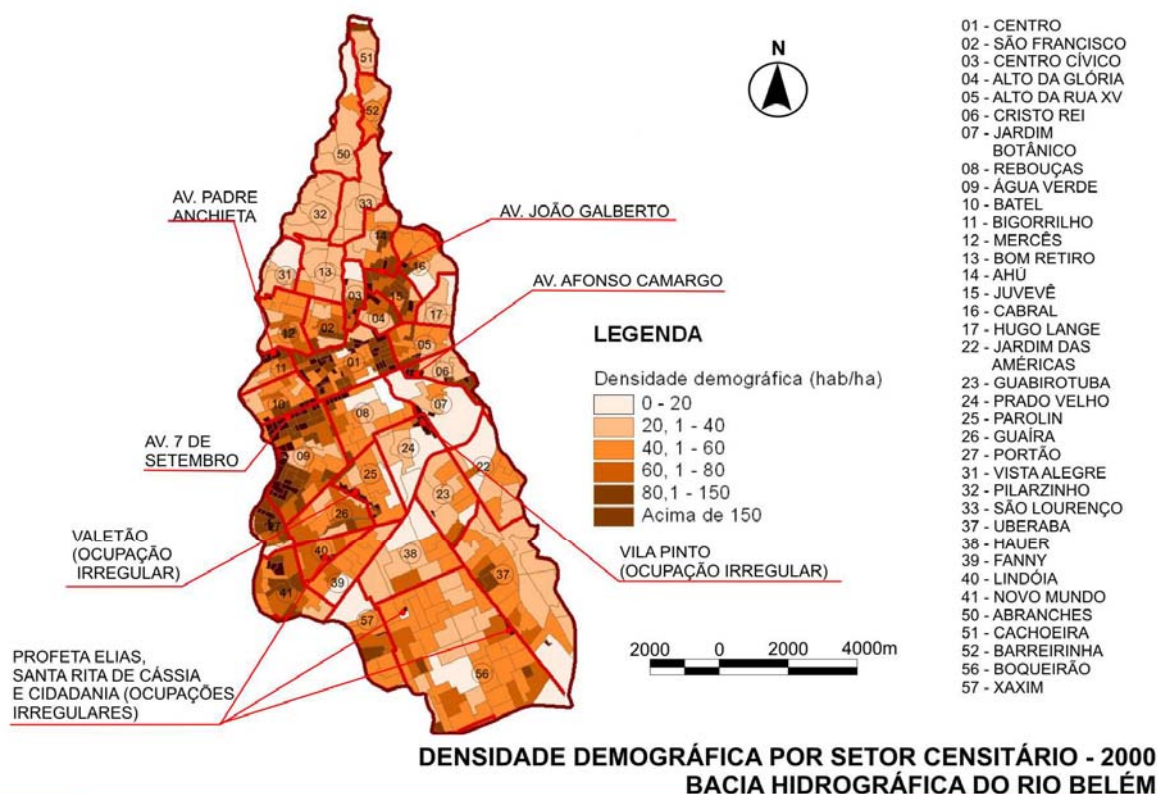
EVOLUÇÃO DA DENSIDADE DEMOGRÁFICA (1970 A 2000)
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2000) e censos demográficos do IBGE (1970/ 1980/ 1991/ 2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A Figura 44 permite uma análise minuciosa da situação demográfica da bacia hidrográfica do rio Belém para o ano de 2000 – último censo realizado. A caracterização demográfica por setor censitário mostra que dentro de um mesmo bairro existem formas de ocupação bastante diferenciadas. A observação em campo cruzada aos levantamentos existentes permite a constatação que nos bairros Prado Velho, Jardim Botânico, Parolin, Lindóia e Boqueirão as áreas de maior densidade demográfica, acima de 150hab/ha correspondem àquelas ocupadas por sub-habitações. Pelo contrário, nos bairros Cristo Rei, Água Verde, Rebouças, Batel e Bigorriho essas faixas com grande adensamento abrigam edifícios de padrão médio a alto, situados ao longo das vias estruturais Afonso Camargo, Sete de Setembro e Padre Anchieta. Também ocorrem situações semelhantes nas divisas dos bairros Juvevê, Cabral e Ahú, no entorno da Av. João Gualberto, dentre outras peculiaridades visíveis na figura abaixo.

FIGURA 44 – DENSIDADE DEMOGRÁFICA POR SETOR CENSITÁRIO
ANO DE 2000 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



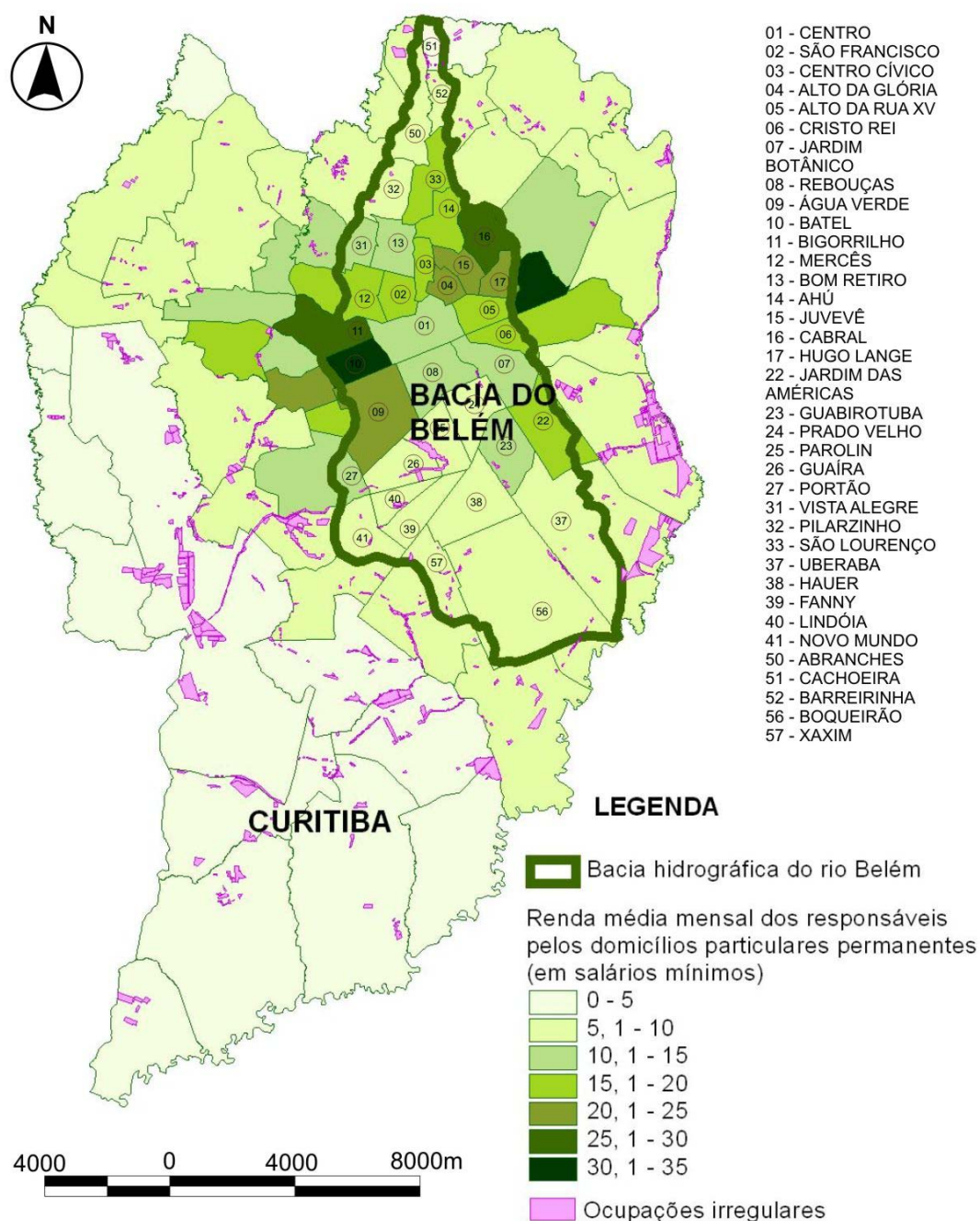
FONTE: Dados do IPPUC (2000) - NOTA: Elaborada pela autora.

4.2.2 Renda

Assim como as análises demográficas, o estudo da renda de determinada população é fundamental para o entendimento do espaço no qual a mesma está estabelecida. Para Pereira (2004), ao se analisar as grandes cidades brasileiras na atualidade, é perceptível a diferenciação dos espaços residenciais de acordo com as características sócio-econômicas da população predominante em cada um deles. A autora define essa diferenciação do espaço conforme a renda de seus habitantes como segregação socioespacial. Essa segregação pode ser determinada pelo crescimento da população urbana, limitação à oferta de terra, restrições ambientais, nova logística econômica e comercial, dentre outros fatores. Combinados, esses aspectos produzem uma dinâmica contrária: de um lado a elite isola-se em condomínios verticais ou horizontais fechados, com grandes áreas livres de lazer; e do outro a população de menor renda concentra-se em áreas sem infra-estrutura, geralmente irregulares.

A apreciação da distribuição de renda ao longo da bacia hidrográfica do rio Belém exibe um cenário de maior riqueza nos bairros centrais que a compõem. O grande campeão é o bairro Batel, seguido pelos bairros Cabral, Bigorrião, Juvevê, Água Verde, Alto da Glória, e Hugo Lange. Os menores valores de rendimento médio dos responsáveis pelos domicílios particulares permanentes, segundo censo do IBGE (2000), encontram-se em porções do Alto Belém e, principalmente, da parte situada no Baixo Belém. Os bairros onde esse valor é menor são: Cachoeira, Pinheirinho, Prado Velho, Lindóia, Abranches, Xaxim, Uberaba, Barreirinha, Novo Mundo, Boqueirão e Pilarzinho. As ocupações irregulares por sua vez também se situam nessas áreas, além disso, os padrões construtivos, conforme observado no levantamento em campo, são em geral inferiores quando comparados a outras regiões da bacia - aspectos que comprovam a existência de segregação socioespacial na bacia hidrográfica do rio Belém (Figuras 45 e 46).

FIGURA 45 – RENDIMENTO MÉDIO DOS RESPONSÁVEIS PELOS DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES EM CURITIBA DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



RENDIMENTO MÉDIO DOS RESPONSÁVEIS PELOS DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES EM CURITIBA DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados do IBGE/ IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

FIGURA 46 - PADRÕES CONSTRUTIVOS E SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



SEGREGAÇÃO SOCIOESPACIAL NA REGIÃO NORTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (ALTO BELÉM)
(A) CONSTRUÇÕES NO ABRANCHES E CACHOEIRA; (B) (C) CONSTRUÇÕES NO JARDIM SCHAFFER

ALTO BELÉM



CONSTRUÇÕES DE MÉDIO A ALTO PADRÃO NO CENTRO DE CURITIBA
(A) AV. VISCONDE DE GUARAPUAVA; (B) AV. MARECHAL DEODORO; (C) LARGO DA ORDEM



CONSTRUÇÕES DE MÉDIO A ALTO PADRÃO NOS BAIRROS ADJACENTES AO CENTRO
(A) OCUPAÇÃO DO AHÚ/ CABRAL; (B) (C) OCUPAÇÕES DO CRISTO REI/ JD. BOTÂNICO

MÉDIO BELÉM



DIFERENÇAS DE PADRÃO CONSTRUTIVO NOS BAIRROS DO BAIXO BELÉM (PADRÕES MÉDIO A BAIXO)
(A) OCUPAÇÃO DO PAROLIM; (B) (C) OCUPAÇÕES DO BOQUEIRÃO

BAIXO BELÉM

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

A segregação sócio-espacial pode ser confirmada também pela paisagem¹⁵ urbana encontrada nos bairros da bacia. Como mostra a Figura 46, os bairros que concentram população de maior poder aquisitivo são caracterizados por vias asfaltadas ou tratadas com pavimentação especial, com pedras ou paralelepípedos, as quais possuem também boa sinalização e tratamento paisagístico, com canteiros centrais nas avenidas principais e arborização urbana nos passeios. Os passeios oferecem segurança ao pedestre, sendo bem delimitados com áreas verdes e pavimentação, possuindo ainda mobiliário urbano necessário ao atendimento das necessidades da população local. Também são privilegiados em termos de infra-estrutura urbana, sendo encontrados, em geral, melhores serviços de saneamento, energia, telefonia, comércio, entre outros. Por essas características são regiões amplamente valorizadas pelo mercado imobiliário, o que acaba por determinar sua ocupação para as classes de maior renda.

Pelo contrário, os bairros periféricos, habitados por população de menor poder aquisitivo, são justamente aqueles que apresentam alguma deficiência em termos de infra-estrutura e serviços. Essa situação é perceptível ao avaliar a qualidade da paisagem urbana desses bairros. As ruas muitas vezes são de terra ao anti-pó, mal sinalizadas e mal iluminadas, os passeios não são bem definidos, obrigando os pedestres a transitarem nas vias, sem a menor segurança. As ocupações irregulares tornam-se mais frequentes, sobretudo, aquelas localizadas às margens de rios e córregos. Os padrões construtivos são mais precários, encontrando-se maior número habitações deterioradas. São comuns também calçadas tomadas pelo mato e pichações em áreas públicas e privadas.

Deve-se considerar que em alguns casos, principalmente nos bairros Prado

¹⁵ Entende-se paisagem como o resultado de combinações dinâmicas de elementos físicos, biológicos e antrópicos, conforme conceituada por Bertrand, geógrafo francês, na década de 1960; considerando-a também um produto visual de interações entre elementos naturais e sociais que, por ocupar um espaço, pode ser cartografada em escala macro ou de detalhe, e classificada de acordo com um método ou elemento que a compõe (MAXIMIANO, 2004).

Velho, Parolin, Guaíra, Uberaba, Boqueirão, Pilarzinho, Barreirinha e Cachoeira a segregação sócio-espacial ocorre lado a lado. Os três primeiros concentram ocupações irregulares de grande porte situadas, em pontos estratégicos, próximos do centro urbano e de regiões com toda infra-estrutura. Os demais se encontram em contínuo desenvolvimento urbano, dotados de um dinamismo e de grande pressão do mercado imobiliário, sendo substituídas as antigas construções, de menor valor imobiliário, por outras de valor médio a alto.

É evidente também a ocupação de vazios urbanos, como já demonstrado anteriormente¹⁶. Nos bairros Uberaba e Boqueirão vêm ocorrendo um aumento no número de habitações do estilo sobrado de médio porte, as quais promovem um aproveitamento máximo do potencial construtivo do lote¹⁷. Já nos bairros do Alto Belém o cenário demonstra a ocupação por residências de alto padrão em lotes de maior área total (Figura 46).

4.2.3 Habitações

A análise sobre as habitações permite reforçar o quadro econômico e social na área avaliada, uma vez que possibilita a detecção espacial das desigualdades existentes no meio urbano, localizando os bolsões de pobreza existentes (Pereira, 2004). Para entender essa análise é necessária a compreensão de três conceitos utilizados: domicílio e aglomerados subnormais, definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e a caracterização de ocupação irregular utilizada pelo IPPUC.

¹⁶ Apresentado nos itens 4.1.7 e 4.1.9, respectivamente, Evolução do uso e ocupação do solo e Análise da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém.

¹⁷ Considera-se máximo aproveitamento do potencial construtivo do lote quando as edificações constroem no lote a área máxima permitida pela PMC, conforme a Lei Municipal 9800/00 e seus anexos, chegando a percentuais de impermeabilização de 75%, em condições legalizadas, ou percentuais superiores, quando os proprietários realizam a ampliação da construção existente sem autorização da PMC - situação verificada nas observações em campo.

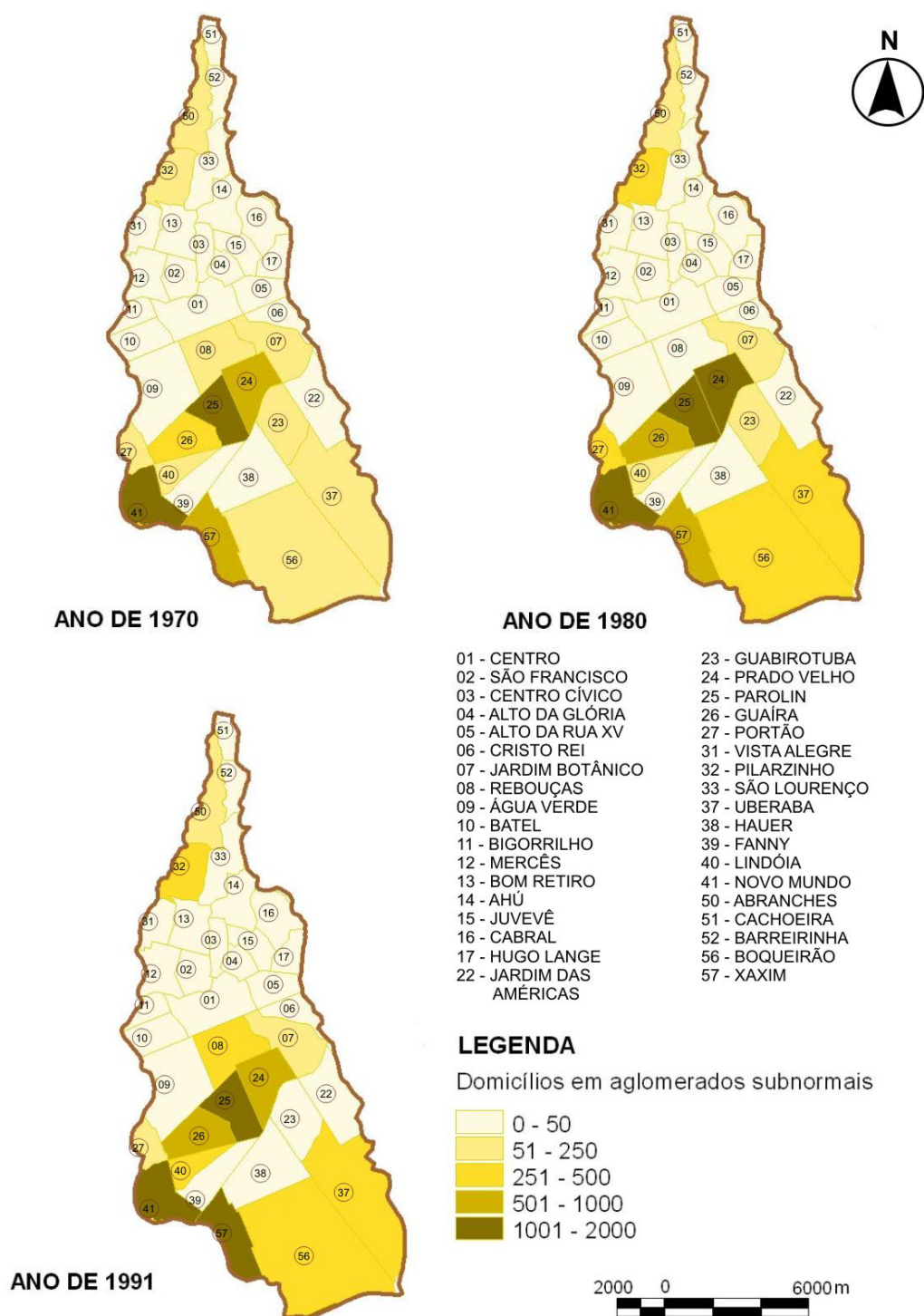
De acordo com o IBGE apud IPPUC (2004, p. 250) são considerados aglomerados subnormais um “conjunto constituído por, no mínimo, 51 unidades habitacionais (barracas, casas, ...) ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terrenos de propriedade alheia (pública ou particular) dispostos, em geral, de forma desordenada e densa, e carentes, em sua maioria, de serviços públicos essenciais. É ocupação desordenada aquela que quando da sua implantação não houvesse posse de terra ou título de terra ou título de propriedade”. Domicílio, por sua vez, é toda “moradia estruturalmente independente, constituída por um ou mais cômodos, com entrada privativa”.

As ocupações irregulares, segundo o IPPUC (2004, p.250), são “todos os assentamentos urbanos efetuados sobre áreas de propriedade de terceiros, sejam elas públicas ou privadas, bem como aqueles promovidos pelos legítimos proprietários das áreas sem a necessária observância dos parâmetros urbanísticos e procedimentos legais estabelecidos pelas leis de parcelamento 6766/79 (Federal) e 2460/66 (Municipal)”.

De acordo com Pereira (2004), mais de 10% da população de Curitiba se concentra em ocupações irregulares. Destes, mais de 50% - aproximadamente 29000 domicílios – encontram-se em áreas sujeitas à inundação, muitas delas faixas de drenagem fluvial. Essas são justamente as áreas pelas quais o mercado imobiliário formal não tem interesse, pelo motivo das mesmas não serem edificáveis. Outros 17% dos domicílios irregulares situam-se em áreas de preservação. Ambas as ocupações provocam um cenário de excessiva degradação ambiental, além de riscos à saúde e à vida. A autora também pesquisou o funcionamento e os preços dos lotes e domicílios irregulares no município de Curitiba, constatando que os valores mais baixos referem-se a imóveis localizados nos fundos de vale, sujeitos a freqüentes inundações.

A Figura 47 mostra a evolução do número de domicílios localizados em aglomerados subnormais na bacia hidrográfica do rio Belém, para os anos de 1991, 1996 e 2000, de acordo com os dados do censo do IBGE.

FIGURA 47 – EVOLUÇÃO DOS DOMICÍLIOS EM AGLOMERADOS SUBNORMAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1991/1996/2000)



EVOLUÇÃO DOS DOMICÍLIOS EM AGLOMERADOS SUBNORMAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1991/1996/2000)

FONTE: Dados do IPPUC (2000) e censos do IBGE de 1991, 1996 e 2000

NOTA: Elaborada pela autora.

Percebe-se que os bairros do centro da bacia, com exceção do Rebouças e Jardim Botânico não apresentam aglomerados subnormais, pois o número de domicílios em situação irregular nos mesmos não chega a 51 unidades, conforme indicado pelo IBGE.

No Alto Belém, as ocupações concentram-se nos bairros Abranches e Pilarzinho, sendo que neste último houve aumento no número de domicílios no período analisado. As ocupações do bairro Abranches encontram-se na divisa com os bairros Cachoeira e Barreirinha, ocupando áreas também nestes bairros, contudo, oficialmente são identificadas como situadas no Abranches.

Observa-se que a maior parte das ocupações irregulares na bacia hidrográfica do rio Belém concentra-se em bairros da sua porção centro sul. Os cenários mais críticos encontram-se nos bairros Prado Velho, Parolin e Guaira, atingindo até 2000 domicílios irregulares.

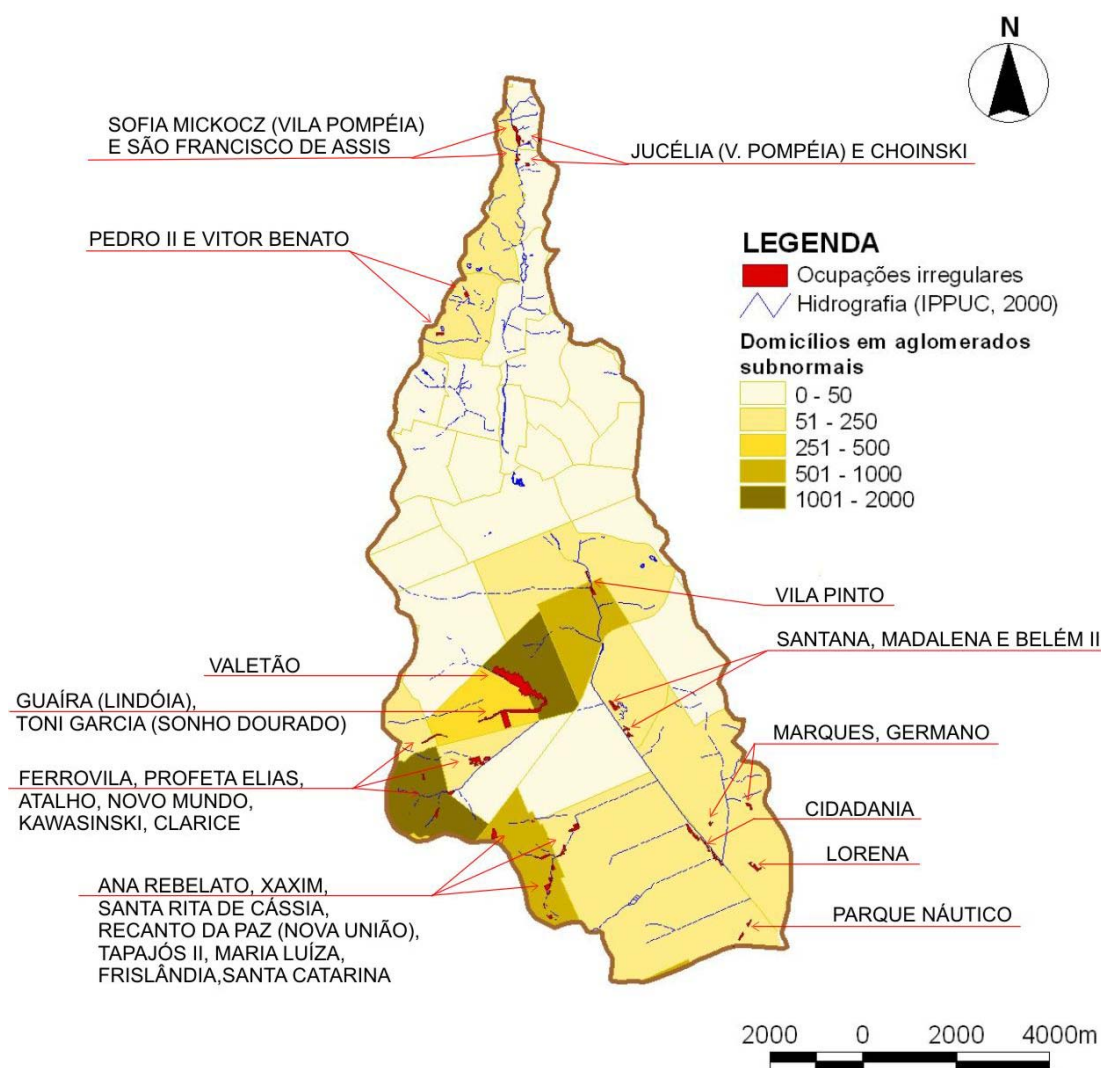
Os bairros Novo Mundo e Xaxim apresentam grandes ocupações, entretanto, as mesmas estão localizadas fora do perímetro da bacia hidrográfica do rio Belém. No entanto, dentro da bacia também apresentam sérios problemas relacionados às ocupações irregulares os bairros Lindóia, Boqueirão e Uberaba, nos quais se notam as maiores dinâmicas quanto ao aumento no número de ocupações irregulares ao longo dos anos. Verificam-se outras dinâmicas no bairro Guabirota, onde houve uma diminuição nesse tipo de ocupação; no Rebouças, com a redução dos domicílios em situação irregular em 1996 e seu elevado crescimento em 2000; e no Prado Velho, cujo aumento em 1996 vem seguido por uma redução no ano de 2000 (Figura 47).

A Figura 48 mostra o levantamento do IPPUC sobre as ocupações irregulares na bacia hidrográfica do rio Belém para o ano de 2000, cruzado com os dados do censo de 2000 do IBGE e com a rede hidrográfica da bacia. Foi utilizado o mapeamento do IPPUC (2000) para a rede hidrográfica ao invés do mapeamento do SUDERHSA (2002) por aquele indicar maior detalhamento dos corpos d'água, apesar de ocultar os pontos canalizados.

Verifica-se que quase a totalidade dos aglomerados subnormais existentes na bacia hidrográfica do rio Belém situam-se às margens dos rios e córregos da bacia, sendo que os demais se localizam em pontos bastante próximos. A ocupação irregular mais crítica encontra-se no bairro Parolin na divisa com o Guáira e recebe o nome de Valetão. Outras ocupações de grande porte ocorrem no bairro Guáira – Guáira (Lindóia) e Toni Garcia (Sonho Dourado), Boqueirão divisa com Uberaba – Cidadania, e Prado velho divisa com Rebouças e Jardim Botânico - Vila Pinto.

Grande parte dessas ocupações situa-se em áreas inundáveis, sendo que os seguintes aglomerados subnormais, conforme levantamento da SUDERHSA (2002) estão localizados em pontos críticos de inundação: Sofia Mickocz (Vila Pompéia) e São Francisco de Assis – divisa entre Abranches e Cachoeira; Vila Pinto; Santana, Madalena e Belém II – bairro Guabirota; Cidadania; e Parque Náutico – Boqueirão (Figura 48).

FIGURA 48 – OCUPAÇÕES IRREGULARES NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



OCUPAÇÕES IRREGULARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

Na Figura 49 é possível visualizar o cenário dos aglomerados subnormais existentes na bacia hidrográfica do rio Belém. Alguns se encontram em áreas de menor densidade, nas faixas que deveriam estar preservadas, como demonstra o levantamento fotográfico de ocupações localizadas nos extremos norte e sul da bacia. Enquanto outros estão localizados em regiões de intensa urbanização, o que acarreta numa maior concentração desses domicílios por hectare, criando cenários de maior criticidade.

FIGURA 49 – SUBHABITAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



OCUPAÇÕES IRREGULARES SITUADAS NA CABECEIRA DA BACIA - BAIROS ABRANCHES E CACHOEIRA
(A) (B) VILA POMPÉIA, (C) VITOR BENATO



OCUPAÇÕES IRREGULARES SITUADAS NO CENTRO SUL DA BACIA - BAIROS PAROLIN E GUAÍRA
(A) VALETÃO, (B) GUAÍRA, (C) VALETÃO



OCUPAÇÕES IRREGULARES SITUADAS NO CENTRO SUL E À JUSANTE DA BACIA - BAIROS PAROLIN /GUAÍRA E BOQUEIRÃO - (A) (B) RECANTO DA PAZ, (C) VALETÃO



OCUPAÇÕES IRREGULARES DA JUSANTE DA BACIA - BAIRRO BOQUEIRÃO
(A) PARQUE NÁUTICO, (B) SANTA RITA DE CÁSSIA, (C) CIDADANIA

NOTA: Elaborada pela autora - fotos de junho/julho de 2005.

4.3 ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES

4.3.1 Histórico das inundações

Analisando as fontes disponíveis sobre os dados da época, em pesquisa junto à Prefeitura Municipal de Curitiba – Coordenadoria de Defesa Civil e Secretaria Municipal de Obras, entre outros arquivos e bibliotecas do município, foram encontradas algumas publicações que se referiam às inundações ocorridas no município, contudo, as mesmas comentavam somente as inundações dos anos de 1983 e 1999 (Figura 50). A maior parte das informações sobre os eventos havia sido registrada em um dos principais jornais do Estado do Paraná, de veiculação diária, o jornal “Gazeta do Povo”. Esses relatos também foram utilizados nos estudos de Zanela (2005), que trata das inundações no bairro Cajuru, sendo tabelados pela autora.

FIGURA 50 – INUNDAÇÃO NA RUA XV DE NOVEMBRO – FEVEREIRO 1999



FONTE: JORNAL GAZETA DO POVO - FOTO: Pedro Seráprio

Todavia, esses dados tornaram-se verificáveis graças ao estudo de Fendrich e Sakamori (1999), que analisaram as chuvas convectivas críticas na bacia hidrográfica do rio Belém, selecionando aquelas que provocaram extravasamento do leito desse rio, catalogando-as segundo suas datas de ocorrência (dia/ mês/ ano). Tais chuvas são registradas na estação Pluviográfica Curitiba – Prado Velho, instalada no Campus da PUCPR. O período analisado foi dos anos de 1981 a 1999, selecionando-se oito eventos de precipitações convectivas críticas das 18 extravasões do rio Belém ocorridas no período (Tabela 3).

TABELA 3 – CHUVAS CONVECTIVAS CRÍTICAS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM (1991-1999)

EVENTO	INTENSIDADE DA CHUVA CONVECTIVA (mm/h)	N.A. MÁX (m)	COTA ENCHENTE NA MARGEM ESQUERDA (*)
10/12/83	84	4,60	882,99
08/05/87	60	4,86	883,25
09/01/89	30	4,87	883,26
21/01/94	51	4,92	883,31
26/02/96	60	4,90	883,29
27/12/96	40,5	4,30	882,69
09/01/97	76,8	5,34	883,73
21/02/99	90	6,20	884,59

(*) Cota de extravasão na M.E. = 882,69m

FONTE: Dep. Engenharia Civil – INTEC apud FENDRICH; SAKAMORI (1999)

Assim, cruzando as datas dos eventos registrados por Fendrich e Sakamori (1999) com as tabulações de Zanela (2005) foram encontrados os seguintes relatos sobre os eventos estudados pelos autores:

- a) 10/12/83: a inundação atingiu a região localizada entre os bairros Uberaba e Boqueirão, além do bairro Jardim no município de São José dos Pinhais, resultando em alagamentos de casas e perdas de equipamentos domésticos. Em Curitiba 10.000 pessoas foram desabrigadas e em São José dos Pinhais foi registrado um falecimento. A Defesa Civil na época proporcionou abrigo, alimentos e agasalhos às vítimas.
- b) 08/05/87: a inundação atingiu os bairros Prado Velho, Capão da Imbuia, Santa Felicidade, Jardim Social, Tarumã, Boqueirão, Capão Raso e Santo In cio. Centenas de casas foram alagadas, postes, árvores, painéis e muros foram derrubados, um colégio foi parcialmente destruido, veículos foram danificados, torres de transmissão de rádios foram atingidas e as ruas centrais tornaram-se intransitáveis. O Corpo de Bombeiros recebeu aproximadamente 500 chamados.
- c) 09/01/89: a inundação atingiu os bairros Prado Velho, Centro, Bairro Alto, Tarumã e Atuba. Ocorreu o transbordamento dos rios Belém e Ivo, o alagamento de casas e ruas, além de desmoronamentos. O Corpo de Bombeiros

registrou cerca de 300 ocorrências.

- d) 21/01/94: a inundação atingiu a zona Central e os bairros de cota mais baixa do município. O principal problema resumiu-se ao trânsito, que se tornou caótico devido à inundação de vias centrais.
- e) 26/02/96: a inundação atingiu os bairros Capão da Imbuia, Guabirota, Jardim das Américas, Fanny, Centro, Prado Velho e Água Verde. Ocorreu chuva de granizo e alagamento em diversas ruas. Toda a equipe do Corpo de Bombeiros foi mobilizada na época.
- f) 27/12/96: a inundação atingiu os bairros Centro, Prado Velho, Cristo Rei e Bairro Alto. As ruas centrais foram alagadas, além de casas e carros.
- g) 09/01/97: a inundação atingiu os bairros Cajuru, Bacacheri, Tarumã, Bairro Alto, Capão da Imbuia, Rebouças, Prado Velho e Centro. Houve o alagamento de ruas e casas, além da falta de energia e água em alguns bairros. Uma pessoa morreu no rio Belém. O Corpo de Bombeiros recebeu mais de 200 chamados e realizou o recolhimento de árvores que haviam sido derrubadas pelo temporal
- h) 21/02/99: a inundação atingiu os bairros Mercês, Santa Felicidade, Pilarzinho, Bom retiro, Rebouças, Prado Velho, Campina do Siqueira, Boqueirão e Cidade Industrial. Vários bairros foram alagados, tendo suas ruas intransitáveis, casas inundadas e população ilhada. Ocorreu também o desabamento de dois barracões. Cerca de 250 pessoas ficaram desabrigadas. O Corpo de Bombeiros recebeu mais de 400 chamados.

Conforme dito anteriormente, os dados sobre inundações no município de Curitiba referem-se com maiores detalhes apenas aos eventos ocorridos nos anos de 1983 e 1999. Em 1983 ocorreu uma das maiores inundações da história de Curitiba. Segundo LIMA (2000b) essas inundações atingiram todo o sul do país, contabilizando em Curitiba cerca de 200.000 vítimas. Esse evento crítico provocou na época uma série de mobilizações e proposições visando solucionar os problemas relacionados à drenagem urbana no município. Conforme IPPUC (1983), a população de Curitiba vinha sofrendo anualmente com inundações, principalmente a população mais carente.

Isso ocorria devido às falhas no sistema de drenagem, o qual era incompatível com o acelerado desenvolvimento urbano, além de ocupações em áreas não adequadas - às margens dos rios, nas várzeas, abaixo da cota de inundação. Durante esse evento, milhares de pessoas ficaram desabrigadas e bairros inteiros foram alagados, tanto em Curitiba quanto em algumas cidades da RMC, havendo ainda grande perda material e de vidas humanas.

O IPPUC (1983) afirma que durante a urbanização da cidade foram executadas as chamadas medidas estruturais¹⁸, obras como: pontes, passarelas, pontilhões, retificações, as quais não obtiveram manutenção adequada, tornando-se obsoletas e deterioradas ao longo dos anos. Na época, o instituto já considerava a impermeabilização do solo como causa importante no desequilíbrio do ciclo hidrológico, provocando aumento do volume e velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, das inundações na cidade. Admitiu-se também que o custo elevado da terra levou à ocupação de áreas inundáveis às margens dos rios, caracterizada por habitações de baixa renda, geralmente irregulares. Além disso, a postura assumida pelo município - prática comum em cidades brasileiras na época - de retificar e dragar os rios mostrou-se ineficiente, devido principalmente aos assoreamentos constantes.

Contraditoriamente, para solucionar os problemas decorrentes dessa grande inundação foi proposto o emprego único de medidas estruturais, mesmo com a experiência anterior de deficiência dessas soluções, transferindo o problema para as áreas de menor altitude da bacia. Essas medidas foram: ampliação do diâmetro e realização de novas galerias, colocação de pontes, retificação de vários rios, além da canalização total de rios da área central. Assim, não foram aplicadas as medidas não-

¹⁸ As medidas estruturais são definidas pela SUDERHSA (2002) como aquelas que modificam o sistema, buscando reduzir o risco de enchentes, pela implantação de obras para conter, reter ou melhorar a condução dos escoamentos. Estas medidas envolvem construção de barragens, diques, canalizáveis, reflorestamento, entre outros.

estruturais¹⁹, muito mais vantajosas em termos de custo-benefício. No entanto, foram realizadas em algumas regiões obras com a finalidade de detenção e retardamentos do pico das cheias, propiciando áreas de lazer e preservação ecológica. Essas obras correspondem aos lagos do Parque Barigui, Parque São Lourenço, o canal Inter Cavas do Boqueirão e o Parque Náutico do rio Iguaçu (IPPUC, 1983).

A inundação de fevereiro de 1999, segundo Lima (2000b), definida como “inundação-relâmpago”, atingiu tanto as populações de baixa renda quanto as de alta renda, proporcionando elevados prejuízos em toda a região. O evento foi caracterizado por uma intensa precipitação, com distribuição irregular, alcançando em algumas regiões da cidade valores elevados, os quais geraram inúmeros alagamentos, afetando milhares de pessoas. As informações obtidas junto às estações pluviométricas distribuídas pela malha urbana do município demonstraram que a precipitação dos dias 21 e 22 de fevereiro de 1999 atingiu em algumas estações de medida níveis históricos enquanto em outras foi praticamente irrelevante.

Esse autor afirma que a dinâmica desse evento é uma prova do impacto da urbanização sobre os sistemas de drenagem. O evento produziu uma resposta imediata das drenagens   precipitação elevada (chuva de verão do tipo convectiva), o aumento do escoamento superficial fez com que o fluxo nos canais subisse rapidamente, ocorrendo em poucos minutos seu transbordamento. Assim, a inundação ou alagamento na maioria dos locais foi rápido e, como esperado nesse tipo de ocorrência, poucas horas após o período de chuva intensa os rios retornaram ao canal normal.

Fendrich (2000) definiu essa precipitação como representante de um risco hidrológico de tempo de recorrência de 100 anos – considerando o modelo desenvolvido pelo autor para Simulação de Cotas de Enchente na Bacia do rio Belém. Para Fendrich, vários fatores contribuíram para a magnitude desse evento, o qual

¹⁹ A SUDERHSA (2002) define medidas não-estruturais como o estabelecimento de a es de convivência com as enchentes, ou criação de diretrizes para reversão ou minimização do problema. Estas medidas envolvem o zoneamento de áreas inundáveis associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheia, seguro de inundação, legislações diversas, entre outros.

atingiu a marca crítica de 6,20m registrada no Campus da PUC-PR – Estação Pluviográfica Curitiba Prado Velho. Dentre esses fatores pode-se citar: maior índice pluviométrico na Estação Prado Velho (1975mm); chuva acumulada entre 01/01/1999 e 20/02/1999, que tornou a capacidade de infiltração da bacia (Formação Guabirota) quase nula; áreas impermeabilizadas na bacia, as quais agravaram ainda mais o quadro de infiltração na mesma, implicando em um rápido escoamento superficial em direção aos canais; chuva convectiva intensa com quase duas horas de duração; deslocamento da chuva do sentido Norte para o Sul, acompanhando o relevo da bacia hidrográfica do Belém, ampliando o fluxo de águas do Alto para o Médio e Baixo Belém.

4.3.2 Diagnóstico atual sobre as áreas inundáveis

Segundo o Plano Diretor de Drenagem Urbana para a bacia do Alto Iguaçu, a concentração das manchas de inundação em Curitiba comprova que o crescimento urbano está fortemente relacionado aos problemas das inundações. A maior parte das áreas sujeitas à inundação situa-se nas bacias da margem direita do rio Iguaçu, estando entre elas a bacia hidrográfica do rio Belém. Isso ocorre em razão da impermeabilização dos terrenos - decorrente do alto grau de urbanização que se verifica nessas bacias – cujo agravante refere-se à velocidade com que inundam suas áreas críticas, num tempo relativamente curto depois da ocorrência da precipitação. Nas bacias situadas na margem esquerda do rio Iguaçu, onde a taxa de ocupação urbana é baixa, a quantidade de manchas críticas de inundação, bem como o impacto e a probabilidade de ocorrência desses eventos é menor. Em geral, os processos hidrológicos que causam problemas na região são mais lentos e as inundações ocorrem depois de vários dias de chuva (Figura 11)²⁰, (SUDERHSA, 2002).

As características naturais da bacia de Curitiba, conforme Salamuni (2000)

²⁰ Apresentado no item 3.2.1 - Figura 12 – Manchas críticas de inundação na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu.

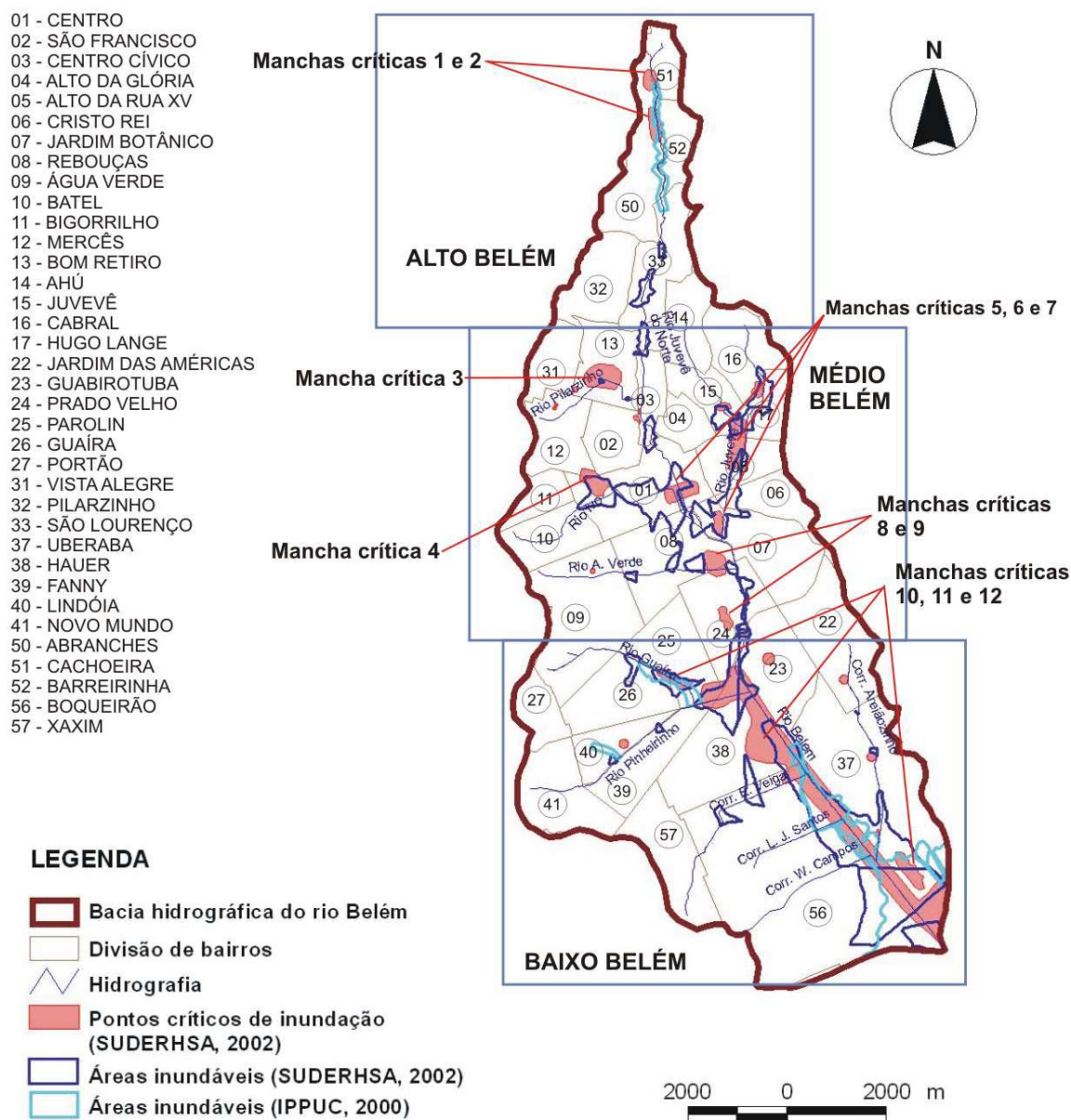
colaboram em grande parte para esse cenário. Esse autor ressalta a fragilidade do ambiente natural em que está inserida a cidade, composta principalmente pelas formações Guabirota e depósitos sedimentares recentes – ambos de baixa permeabilidade. Além disso, o resquício de tal permeabilidade é eliminado com as impermeabilizações na forma de pavimentações, maior densidade de áreas construídas, escavações e terraplenagens, redes de captação de águas pluviais e obras diversificadas. As implicações dessa rápida impermeabilização do solo urbano têm sido discutidas por diversos autores, que se preocupam com os impactos negativos que isto pode causar para a qualidade ambiental (GAFFIELD et al., 2003; FENDRICH, 2002; TUCCI, 2001b; SHARMA E PRIYA, 2001).

A Figura 51 permite constatar que as áreas inundáveis da bacia concentram-se ao longo do curso do rio Belém - principalmente próximas à sua nascente (bairros Abranches, Cachoeira e Barreirinha) e na planície marginal ao trecho retificado (bairros Guabirota, Prado Velho, Parolin, Hauer, Uberaba e Boqueirão). São verificados pontos de inundação também nas margens de seus afluentes principais - rio Pilarzinho, rio Ivo, rio Água Verde, rio Juvevê, rio Guaíra, rio Pinheirinho, córrego do Prado Velho e Córrego Areiãozinho - e na região central da cidade, em decorrência da alta taxa de impermeabilização existente. Essas áreas atingem porções dos bairros Bom Retiro, Mercês, Centro Cívico, Centro, Juvevê, Cabral, Hugo Lange, Alto da XV, Jardim Botânico, Rebouças, Prado Velho, Parolin, Uberaba, Guaíra e Novo Mundo. Um aspecto importante é que as áreas inundáveis classificadas pela SUDERHSA (2002) totalizam uma área superior a $9,56\text{km}^2$, cerca de 10% da extensão da bacia hidrográfica do rio Belém, enquanto as áreas classificadas como inundáveis pelo IPPUC (2000) representam somente $4,38\text{km}^2$ da bacia, em torno de 5% da sua extensão.

Observa-se também na Figura 51, os 25 pontos críticos de inundação mapeados pelo Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu, os quais totalizam uma área de aproximadamente $5,6\text{km}^2$, cerca de 6,5% da extensão da bacia hidrográfica do rio Belém (SUDERHSA, 2002).

Destes 25 pontos críticos definidos pela SUDERHSA (2002), o presente estudo irá estudar com maiores detalhes 12 manchas que se apresentaram mais evidentes, uma vez que os outros 13 pontos constituem locais de menor abrangência, com alagamentos associados a falhas no sistema de drenagem.

FIGURA 51 – DIAGNÓSTICO SOBRE AS INUNDAÇÕES NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM – 12 MANCHAS CRÍTICAS



**DIAGNÓSTICO SOBRE AS INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM
12 MANCHAS CRÍTICAS**

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

Essas 12 manchas, apresentadas na Figura 51²¹, referem-se a: 2 manchas localizadas ao norte da bacia (Alto Belém), decorrentes de inundação do rio Belém; 8 manchas situadas no centro da bacia (Médio Belém), decorrentes de inundação dos rios Pilarzinho, Belém, Ivo, Juvevê, Água Verde, Guaira e córrego Prado Velho; 2 manchas localizadas ao sul da bacia (Baixo Belém), decorrentes de inundação dos rios Belém, Pinheirinho e córregos Waldemar de Campos e Areiãozinho.

As informações da Figura 51 refletem a diferença entre os levantamentos do IPPUC, principal órgão de planejamento urbano municipal e da SUDERHSA, órgão de gestão dos recursos hídricos na esfera estadual. O mapeamento dos pontos críticos de inundação foi elaborado pela SUDERHSA (2002) baseando-se em situações de inundação ocorridas previamente, relatadas em dados oficiais da Prefeitura Municipal de Curitiba; já as áreas inundáveis foram definidas por meio de análises hidráulico-hidrológicas desenvolvidas em modelo de simulação. O mapeamento realizado pelo IPPUC (2000) encontra-se defasado, não apresentando tais informações, o que impossibilita a real visualização das áreas com risco de inundação ao longo da bacia. Cabe destacar que esse mapeamento é utilizado como parâmetro para liberação do alvará de construção nos lotes municipais, o que pode acarretar erros quanto à permissão de edificar em lotes com risco de inundações.

Devido às diferenças de mapeamento relatadas, o presente trabalho adota nas suas próximas análises o mapeamento de pontos críticos de inundações - contido no Plano Diretor de Drenagem Urbana para a bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2002).

O tópico seguinte irá analisar as 12 manchas selecionadas pela autora, avaliando em cada uma delas a relação entre uso e ocupação do solo urbano e a ocorrência de inundações.

²¹ A autora optou por dividir a bacia hidrográfica do rio Belém em Alto Belém, Médio Belém e Baixo Belém por motivo de organização textual, para facilitar a compreensão do leitor sobre o texto de análise.

4.3.3 Análise da relação entre uso e ocupação do solo urbano e a ocorrência de inundações

No município de Curitiba, ao analisar a expansão da cidade Giusti (1989) constatou que na década de 1970 houve um aumento das inundações urbanas, associado ao início do maior desequilíbrio entre os escoamentos superficial e subterrâneo. Segundo Lima (2004) esse processo foi desencadeado pelas modificações sócio-econômicas da época, que repercutiram no adensamento da Região Metropolitana de Curitiba, bem como em outros pólos regionais. Giusti (1989) afirma que esse grande fluxo migratório proveniente do meio rural ocupou rapidamente as áreas de declividade média do município de Curitiba – com baixas taxas de adensamento, porque eram áreas mais nobres e inacessíveis à maior parte da população – e avançou sobre as várzeas e planícies de inundação da porção sul da cidade, muitas vezes com sub-habitações. Conforme Lima (2004), após três décadas da ocorrência desse fenômeno a tendência não é a diminuição das ocupações irregulares, pelo contrário, as sub-habitações tendem a aumentar tanto em Curitiba quanto no aglomerado urbano contíguo.

No caso da bacia hidrográfica do rio Belém, a forma de uso e ocupação do solo gerou modificações no ambiente natural irreversíveis (GIUSTI, 1989). Diversos problemas ocorreram nos terrenos centrais, principalmente no terraço fluvial do rio Belém e suas várzeas, os quais foram sendo impermeabilizados de forma crescente. Tais fatores contribuíram para o crescimento do escoamento superficial na bacia e, conseqüentemente, para o aumento e freqüência das inundações na mesma. Ao longo dos anos o rio Belém sofreu canalizações e suas margens foram drenadas, descaracterizando sua forma natural e contribuindo para o aumento das enchentes ao longo de todo seu talvegue até o exultório no rio Iguaçu. O mesmo processo ocorreu

também com seus afluentes (Figura 25)²².

Para melhor entender as inundações na bacia hidrográfica do rio Belém dividiu-se os principais pontos críticos em 12 manchas de inundação, as quais foram justapostas à hidrografia fornecida pelos órgãos públicos²³, IPPUC e SUDERHSA, à fotografia aérea da região estudada, às fotos do levantamento em campo e às ocupações irregulares existentes na bacia. Conforme indicado no tópico anterior, as 12 manchas referem-se a: 2 manchas localizadas no Alto Belém, decorrentes de inundação do rio Belém; 8 manchas situadas no Médio Belém, decorrentes de inundação dos rios Pilarzinho, Belém, Ivo, Juvevê, Água Verde, Guaíra e córrego Prado Velho; 2 manchas localizadas no Baixo Belém, decorrentes de inundação dos rios Belém, Pinheirinho e córregos Waldemar de Campos e Areiãozinho.

A Figura 52 mostra as duas manchas de inundação encontradas no Alto Belém. Nessas áreas de risco encontram-se duas ocupações irregulares, Vila Pompéia e São Francisco de Assis, localizadas na margem do rio Belém. Observa-se também a existência da ocupação irregular Choinski na margem de um subafluente do rio Belém²⁴. Esse tipo de inundação é caracterizada por Tucci (2001b) como ribeirinha, uma vez que atinge as populações situadas nos terraços marginais dos rios. O levantamento em campo permitiu constatar que as habitações atingidas são bastante precárias, com algumas exceções, e construídas em locais de grande declividade, com perigo a desabamentos ocasionados por ações erosivas durante a ocorrência de fortes chuvas²⁵.

²² Apresentada no item 4.1.2 - Figura 25 – Rios e córregos da bacia hidrográfica do rio Belém: cenário atual.

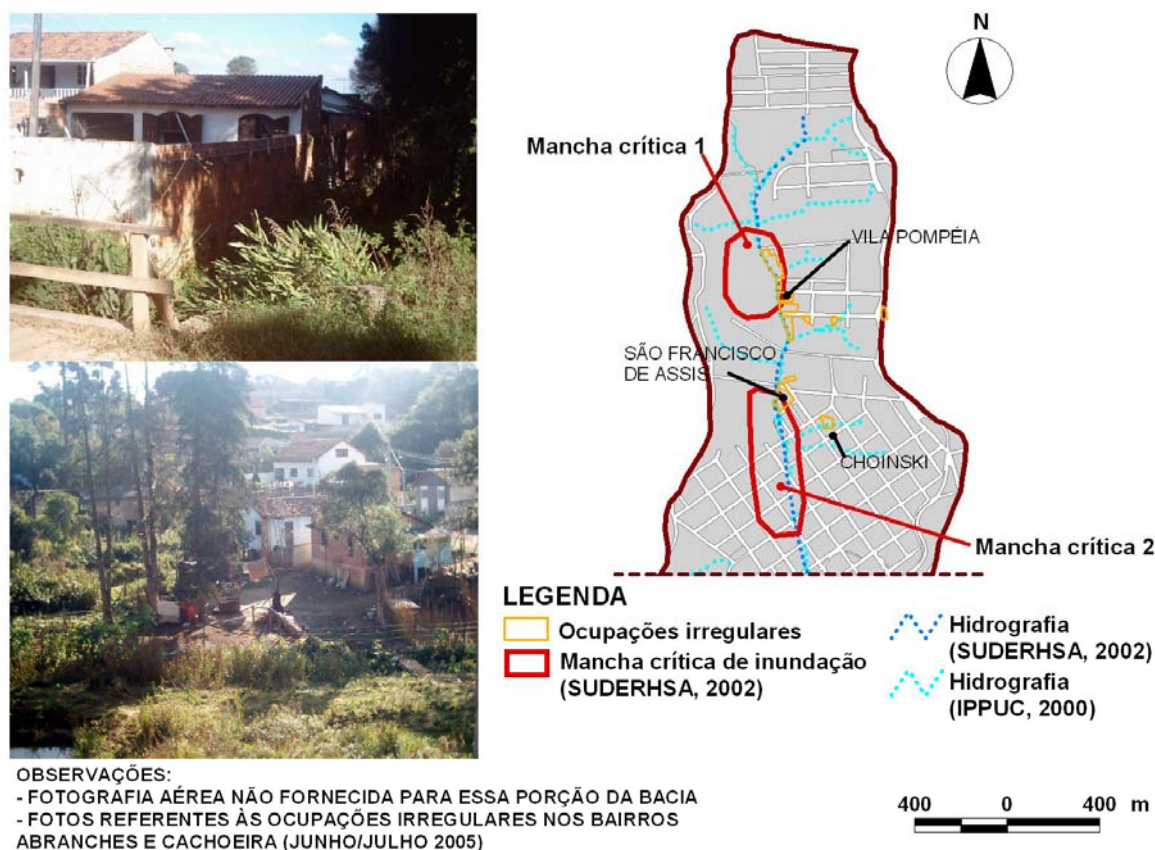
²³ Pela diferença existente entre as duas bases hidrográficas, já comentada no item 4.1.2 optou-se por utilizar ambas, uma vez que o mapeamento da SUDERHSA (2002) representa os aspectos naturais dos rios e córregos que compõem a bacia e o mapeamento do IPPUC (2000) mostra o cenário atual encontrado, suprimindo os rios canalizados e mostrando desvios no leito natural, dentre outras modificações ocorridas ao longo dos anos.

²⁴ Apresentado no item 4.2.3 – Figura 48 – Ocupações irregulares na bacia hidrográfica do rio Belém.

²⁵ Apresentado no item 4.2.2 - Figura 46 - Padrões construtivos e segregação socioespacial na bacia hidrográfica do rio Belém, e no item 4.2.3 - Figura 49 – Subhabitações na bacia hidrográfica do rio Belém.

Por meio do geoprocessamento pode-se constatar que a mancha crítica 1 abrange uma área de aproximadamente 99000m², e a mancha crítica 2 abrange uma área com cerca de 140000m².

FIGURA 52 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 1 E 2 – ALTO BELÉM



**ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA
 MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 1 E 2 - ALTO BELÉM**

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A próxima mancha de inundação a ser analisada ocorre no entorno do rio Pilarzinho, em região altamente urbanizada e impermeabilizada. Verifica-se a inexistência de ocupações irregulares no local, contudo, percebe-se que o desenho urbano estabelecido não considerou os aspectos físicos da área, instalando-se sem observar os recuos mínimos necessários dos corpos d'água existentes ou mesmo a rede natural de drenagem da bacia (Figura 53). A observação em campo permitiu constatar

que o rio Pilarzinho foi canalizado em diversos trechos, mais do que demonstrado no levantamento do IPPUC (2000). Além disso, o relevo acidentado²⁶ também contribuiu para que a região receba durante as precipitações fluxos intensos de escoamento superficial da porção noroeste da bacia. Todos esses fatores contribuíram para a formação desta mancha de inundação. O geoprocessamento permitiu constatar que a mancha crítica 3 abrange uma área de aproximadamente 300000m².

FIGURA 53 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 3 – MÉDIO BELÉM



**ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA
MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 3 - MÉDIO BELÉM**

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

As duas manchas de inundação seguintes, visualizadas na Figura 54, têm as mesmas características, uma vez que ambas localizam-se no centro urbano de Curitiba.

²⁶ Apresentado no item 4.1.3 - Figura 27 – Relevo da bacia hidrográfica do rio Belém.

Os rios situados no entorno dessas áreas de risco encontram-se canalizados²⁷ e as regiões adjacentes têm as mais altas taxas de impermeabilização de toda a bacia²⁸, chegando a alguns pontos em 100%²⁹. Nessa situação, toda precipitação precisa ser absorvida pelo sistema de drenagem ou por reservatórios de retenção.

Esse tipo de inundação é caracterizado por Tucci (2001b) como devido à urbanização, nesses casos é comum a formação de manchas isoladas, que alagam porções nas quais o sistema de macrodrenagem não consegue receber todo o fluxo de escoamento superficial, seja por problemas de manutenção ou sobrecarga no sistema devido ao fluxo maior do que utilizado no cálculo de seu dimensionamento.

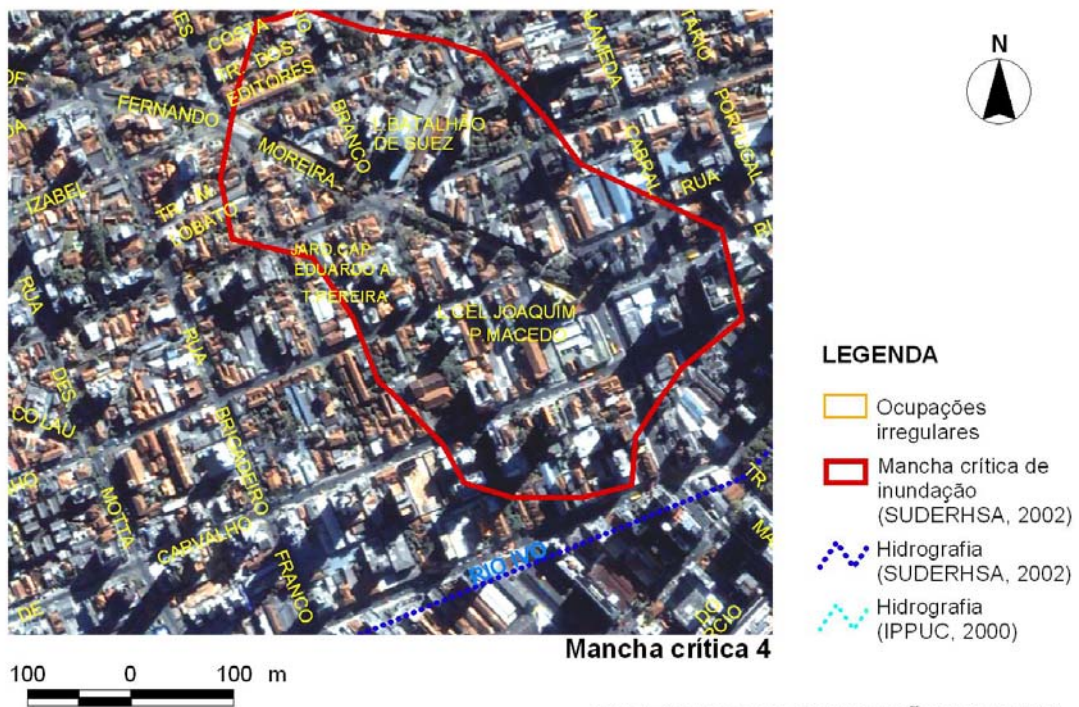
Por meio do geoprocessamento pode-se constatar que a mancha crítica 4 abrange uma área de aproximadamente 197000m², e a mancha crítica 5 abrange uma área com cerca de 200000m².

²⁷ Apresentado no item 4.1.2 - Figura 26 – Diagnóstico sobre os rios da bacia hidrográfica do rio Belém – diferenças de mapeamento do IPPUC e da SUDERHSA.

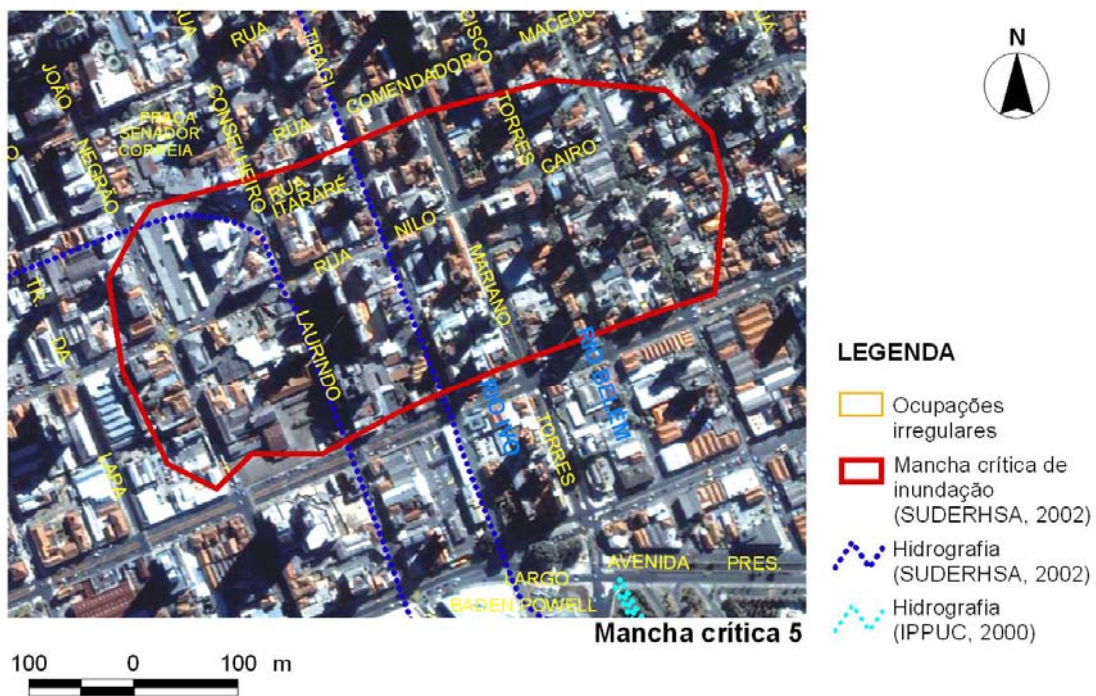
²⁸ Apresentado no 4.1.9 - Figura 41 – Classificação das imagens de satélite LANDSAT TM de 1986 e 2002 na bacia hidrográfica do rio Belém, e Figura 42 – Evolução do percentual de impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém (1970 a 2000).

²⁹ A Lei Municipal 9800/00 que dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba, permite que na Zona Central e no Setor Estrutural Especial se impermeabilize 100% do lote, desde que se utilize dispositivo de retenção das águas pluviais.

FIGURA 54 - ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 4 E 5 – MÉDIO BELÉM



ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA
MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 4 - MÉDIO BELÉM



ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA
MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 5 - MÉDIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

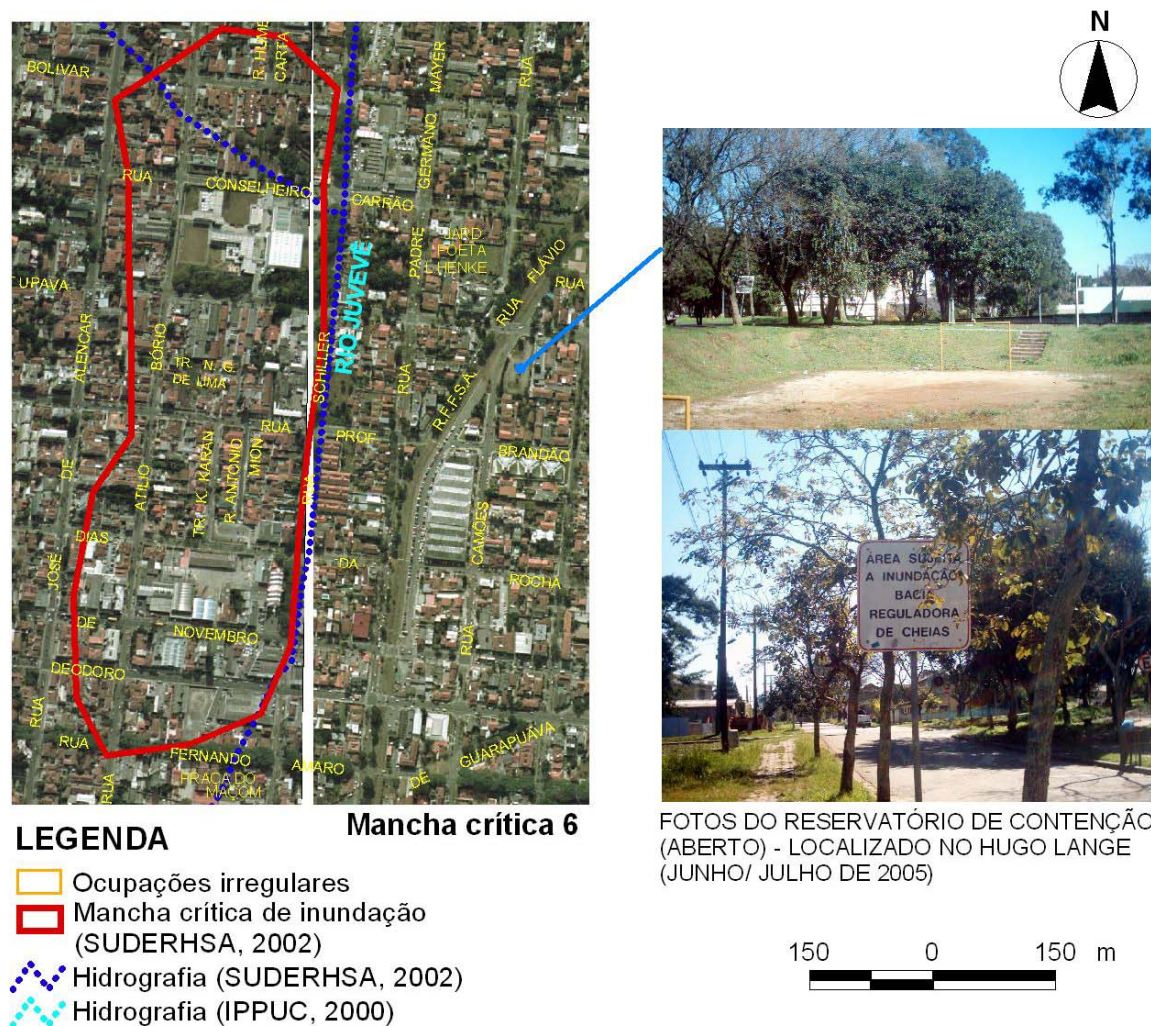
A mancha crítica de inundação 6 encontra-se nos bairros Alto da XV, Hugo Lange e Juvevê e abrange uma área de aproximadamente 287000m². É uma região próxima ao centro, formada em meados da década de 1930³⁰ e bastante valorizada pelo mercado imobiliário³¹, com ocupação intensa e quase inexistência de áreas verdes³², encontradas em pequenas porções nos lotes privados e nas praças públicas. Por tais características, assim como as manchas 4 e 5, essa área de risco também tem seus problemas causados pelo excesso de impermeabilização do solo e falhas no sistema de macrodrenagem. Visando atenuar as inundações nessa área foi criado no final da década de 1990 um reservatório de contenção aberto, que permite sua utilização como área de lazer (parque infantil e campo de futebol de areia) quando não há a ocorrência de chuvas. Essa experiência mostra-se bastante positiva, entretanto, assim como outros sistemas de drenagem exige constante manutenção, sobretudo após as chuvas, efetuando a limpeza da área e habilitando-a novamente a se tornar um espaço de lazer para a comunidade (Figura 55).

³⁰ Apresentado no item 4.1.6 - Figura 33 – Parques e bosques localizados na bacia hidrográfica do rio Belém e Figura 34 – Percentual de áreas verdes por bairro na bacia hidrográfica do rio Belém.

³¹ Apresentado no item 4.2.2 - Figura 45 – Rendimento médio dos responsáveis pelos domicílios particulares permanentes em Curitiba: destaque para a bacia hidrográfica do rio Belém.

³² Apresentado no item 4.1.7 - Evolução do uso e ocupação do solo.

FIGURA 55 - ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 6 – MÉDIO BELÉM



ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 6 - MÉDIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A próxima mancha de inundação encontra-se no bairro Rebouças, na confluência do rio Juvevê, trecho ainda não canalizado, com a R. Engenheiro Rebouças, Viaduto do Colorado e Linha Férrea, apresentando uma área com cerca de 79000m². As causas mais prováveis de inundações nessa área são relacionadas à sobrecarga do sistema de macrodrenagem e ao assoreamento do rio devido ao acúmulo de poluentes, muitos destes trazidos durante as precipitações pelo escoamento

superficial³³. Esses fatores diminuem a capacidade de recebimento do elevado fluxo de água das chuvas vindo de áreas mais ao norte da bacia (Figura 56).

FIGURA 56 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 7 – MÉDIO BELÉM



ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 7 - MÉDIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

³³ Apresentado no item 4.1.2 – Hidrografia.

A oitava mancha crítica de inundação encontra-se na divisa entre os bairros Rebouças e Prado Velho, em área altamente urbanizada³⁴ e, assim como as regiões centrais, com reduzido percentual de áreas verdes³⁵ e alto índice de impermeabilização do solo³⁶, a qual abrange uma área de aproximadamente 187000m². Além desses fatores, o desenho urbano dissociado dos condicionantes naturais³⁷, principalmente da hidrografia, constitui obstruções da rede de drenagem natural, contribuindo para que as águas provindas de outras partes da bacia fiquem retidas nessa porção. Apesar do contorno desta mancha não abranger as regiões mais a leste e mais ao sul, o próprio levantamento da SUDERHSA (2002) e os dados de eventos extremos de inundações ocorridos em outras épocas, registrados na estação Pluviográfica Curitiba – Prado Velho por Fendrich e Sakamori (1999) comprovam que essa mancha abrange outras áreas. São atingidas pelas inundações as ocupações irregulares localizadas na confluência do rio Água Verde com o Rio Belém – Vila Pinto, e o Campus da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, situado mais ao sul e cortado internamente pelo rio Belém (Figura 57).

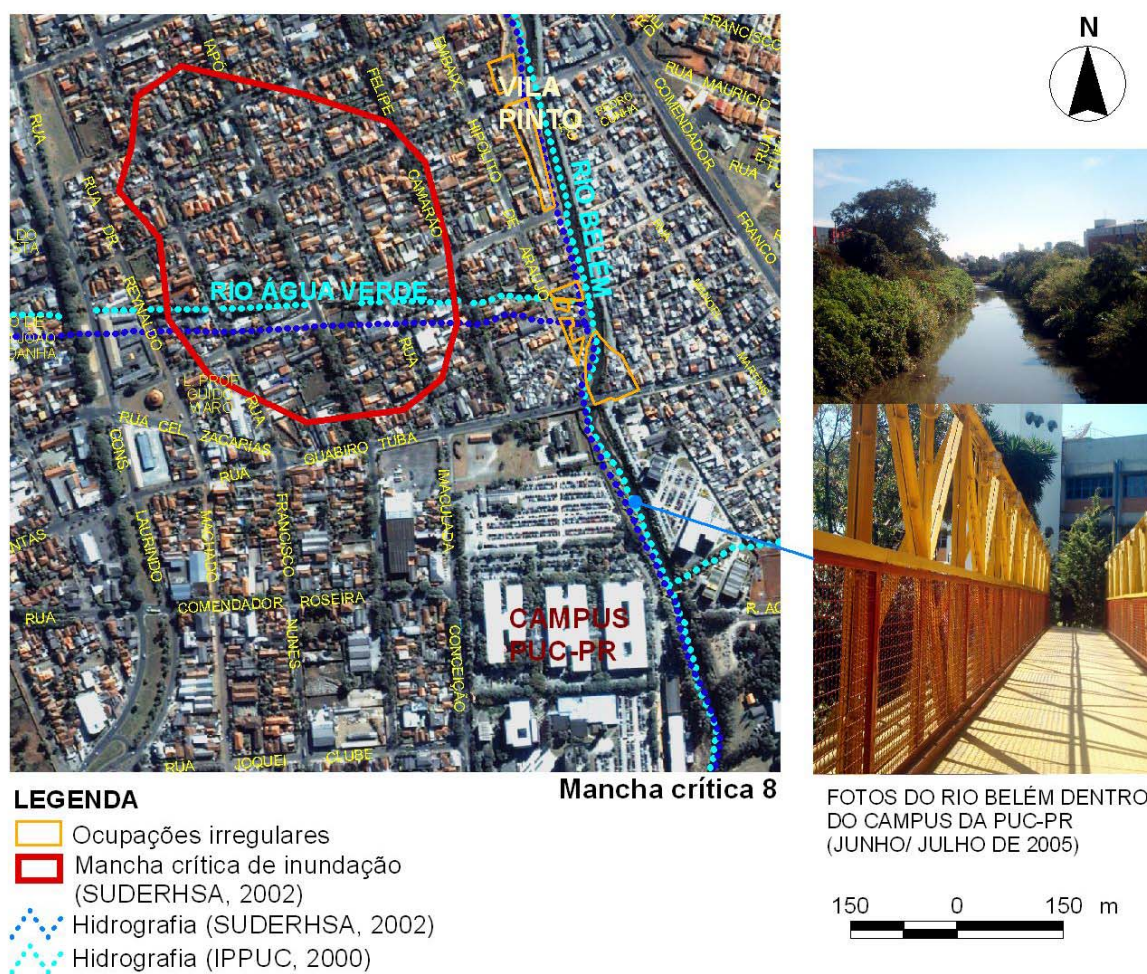
³⁴ Apresentado no item 4.2.1 – Demografia.

³⁵ Apresentado no item 4.1.6 - Figura 34 – Percentual de áreas verdes por bairro na bacia hidrográfica do rio Belém.

³⁶ Apresentado no 4.1.9 - Figura 41 – Classificação das imagens de satélite LANDSAT TM de 1986 e 2002 na bacia hidrográfica do rio Belém, e Figura 42 – Evolução do percentual de impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém (1970 a 2000).

³⁷ Apresentado no item 4.1.7 - Evolução do uso e ocupação do solo; Figura 36 – Evolução da ocupação urbana na bacia hidrográfica do rio Belém – Centro.

FIGURA 57 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 8 – MÉDIO BELÉM



ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 8 - MÉDIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

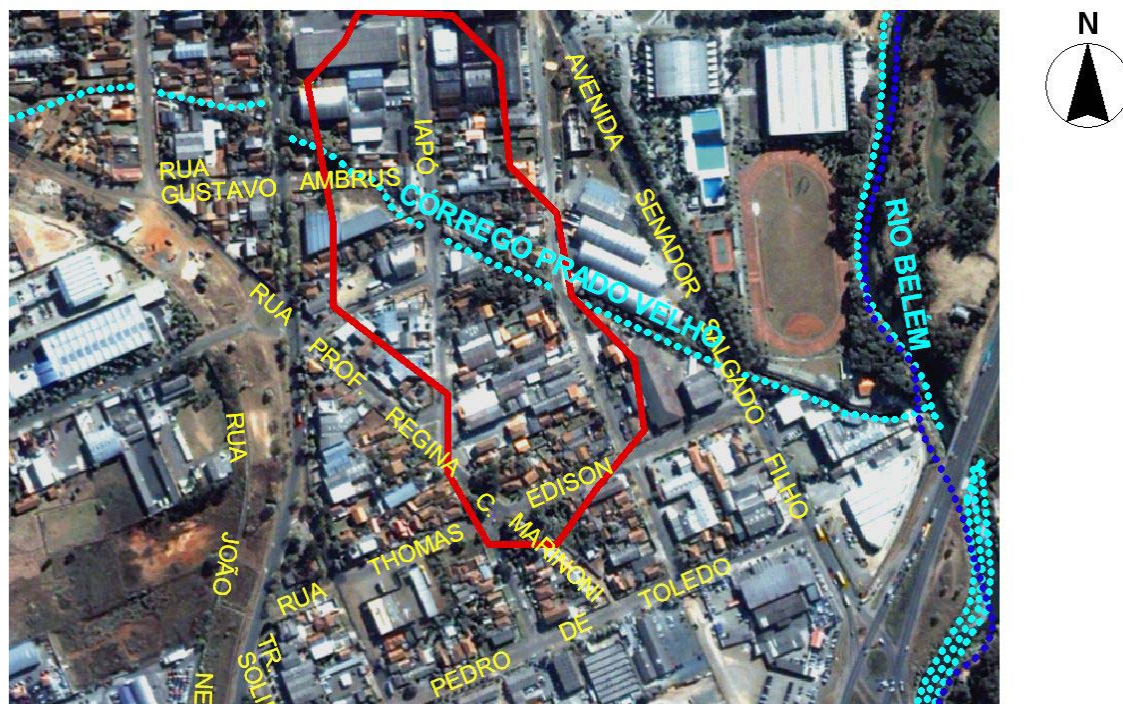
NOTA: Elaborada pela autora.

A próxima mancha de inundação encontra-se no bairro Prado Velho, nas proximidades do córrego Prado Velho, R. Iapó e R. Senador Salgado Filho, com cerca de 78000m². Essa mancha corresponde a um típico cenário de alagamento localizado, cujas causas devem-se principalmente ao excesso de impermeabilização do solo³⁸, que

³⁸ Apresentado no 4.1.9 - Figura 41 – Classificação das imagens de satélite LANDSAT TM de 1986 e 2002 na bacia hidrográfica do rio Belém, e Figura 42 – Evolução do percentual de impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Belém (1970 a 2000).





impede as águas da chuva de serem absorvidas pelo mesmo, além de falhas no sistema de drenagem urbana (Figura 58).

FIGURA 58 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 9 – MÉDIO BELÉM



Mancha crítica 9

LEGENDA

-  Ocupações irregulares
-  Mancha crítica de inundação (SUDERHSA, 2002)
-  Hidrografia (SUDERHSA, 2002)
-  Hidrografia (IPPUC, 2000)



ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 9 - MÉDIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

A décima mancha de inundação encontra-se no bairro Guaíra, no terraço marginal do rio Guaíra junto a maior ocupação irregular de toda a bacia hidrográfica do rio Belém, denominada Valetão, com mais de 1000 sub-habitações³⁹, as quais se encontram em uma mancha crítica de inundação de aproximadamente 124000m². Esse tipo de inundação, assim como as manchas críticas localizadas ao norte da bacia, é caracterizado como ribeirinha, uma vez que atinge as populações situadas nas margens dos rios, em suas planícies de inundação (TUCCI, 2001b). O levantamento em campo permitiu constatar que as habitações atingidas são extremamente precárias, todavia, em seu entorno próximo, em áreas não inundáveis encontram-se construções de médio a alto valor imobiliário, representando assim um dos cenários de maior segregação sócio-espacial da bacia hidrográfica do rio Belém⁴⁰ (Figura 59).

³⁹ Apresentado no item 4.2.3 - Figura 48 – Ocupações irregulares na bacia hidrográfica do rio Belém.

⁴⁰ Apresentado no item 4.2.3 - Figura 49 – Sub-habitações na bacia hidrográfica do rio Belém.

FIGURA 59 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 10 – MÉDIO BELÉM



**ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA
MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 10 - MÉDIO BELÉM**

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

As próximas manchas de inundações representam os riscos existentes na porção sul da bacia hidrográfica do rio Belém. Nessas áreas encontram-se as maiores extensões inundáveis de toda a bacia, 3,47km², aproximadamente 40% das áreas consideradas inundáveis pela SUDERHSA (2002), as quais atingem porções significativas dos bairros Hauer, Boqueirão e Uberaba. Tal fator é agravado devido às

condições naturais da área, não apropriadas para ocupação urbana – relevo de pouca declividade⁴¹, tipo geológico existente⁴²: formação Guabirota e depósitos sedimentares recentes, ambos de baixa permeabilidade – e à crescente urbanização dos bairros limítrofes ao trecho retificado do rio Belém, que teve início na década de 1970⁴³. Nesse contexto, as áreas com risco de inundações deixam de ser pontuais e alastram-se em todo entorno do Baixo Belém e sua confluência com o rio Pinheirinho, córregos Evaristo da Veiga, Luiz José dos Santos, Waldemar de Campos e Areiãozinho, até seu encontro com o rio Iguçu (Figura 60).

A Figura 61 mostra em detalhes a divisa entre os bairros Hauer e Uberaba. No levantamento em campo percebe-se que a ocupação nessas áreas é bastante diversificada. Os bairros Hauer e Boqueirão possuem um traçado bastante regular, quase inexistência de áreas verdes significativas⁴⁴, como parques e bosques, e ocupação da mancha de inundação distribuída em serviços, indústrias de pequeno porte e residências. O bairro Uberaba possui um desenho urbano de menor uniformidade e maior quantidade de áreas verdes, sendo a grande maioria pertencente a lotes privados.

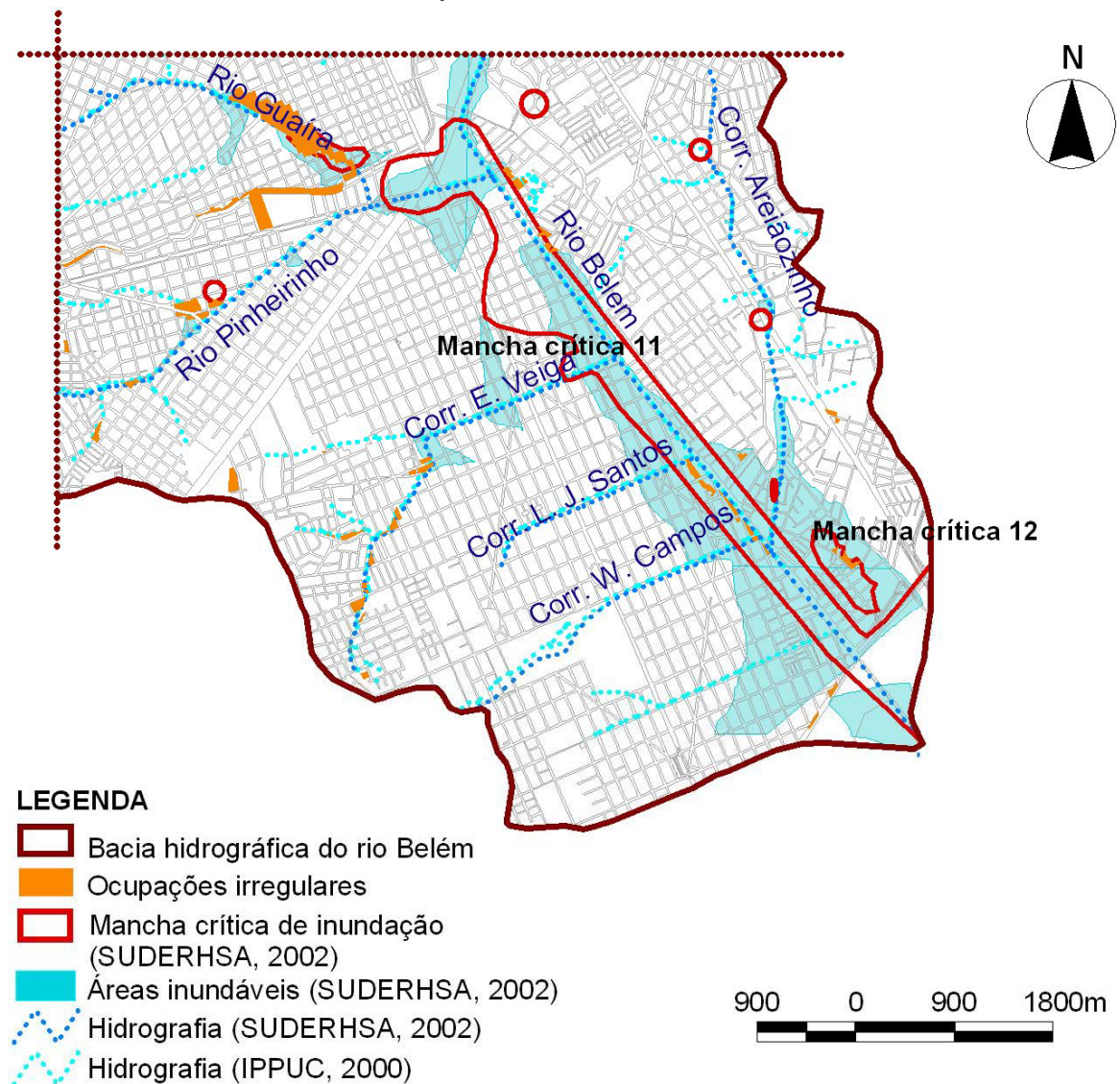
⁴¹ Apresentado no item 4.1.3 - Figura 27 – Relevo da bacia hidrográfica do rio Belém.

⁴² Apresentado no item 4.1.4 - Figura 31 – Geologia de Curitiba com destaque para a bacia hidrográfica do rio Belém.

⁴³ Apresentado no item 4.1.7 - Evolução do uso e ocupação do solo; Figura 37 – Evolução da ocupação urbana na bacia hidrográfica do rio Belém – Baixo Belém.

⁴⁴ Apresentado no item 4.1.6 - Figura 33 – Parques e bosques localizados na bacia hidrográfica do rio Belém e Figura 34 – Percentual de áreas verdes por bairro na bacia hidrográfica do rio Belém.

FIGURA 60 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 11 E 12 – BAIXO BELÉM



**ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA
MANCHAS CRÍTICAS DE INUNDAÇÃO 11 E 12 - BAIXO BELÉM**

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

FIGURA 61 – ASPECTOS DA OCUPAÇÃO URBANA - DETALHE DA MANCHA CRÍTICA DE INUNDAÇÃO 11



FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

Dentro dessa área de risco encontram-se lotes e construções legalizadas, com alvará de construção aprovado pela Prefeitura Municipal de Curitiba; lotes legalizados, mas com construções irregulares sem aprovação da Prefeitura, geralmente por edificarem nas margens dos corpos d' água ou nas áreas definidas pelo IPPUC (2000) como inundáveis (ver Figura 51)⁴⁵; e loteamentos clandestinos⁴⁶ situados às margens

⁴⁵ Apresentado no item 4.3.2 - Figura 51 – Diagnóstico sobre as inundações na bacia hidrográfica do rio Belém – 12 manchas críticas.

⁴⁶ Apresentado no item 4.2.3 - Figura 48 – Ocupações irregulares na bacia hidrográfica do rio Belém e Figura 49 – Sub-habitações na bacia hidrográfica do rio Belém.

do rio Belém – Savana, Madalena, Belém II e Cidadania - e do rio Iguaçu – ocupação irregular Parque Náutico, adjacente ao parque de mesmo nome (Figura 62).

FIGURA 62 – DIVERSIDADE DA SITUAÇÃO LEGAL DOS LOTES E CONSTRUÇÕES LOCALIZADOS NAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO 11 E 12



(A) LOTES E CONSTRUÇÕES LEGALIZADAS, SITUADOS EM ÁREAS NAS QUAIS O ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO PODE SER APROVADO PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA (PMC)



(B) LOTES LEGALIZADOS, MAS COM CONSTRUÇÕES IRREGULARES - SEM APROVAÇÃO DA PMC - COM EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NAS MARGENS DOS CORPOS D'ÁGUA E/OU NAS ÁREAS DEFINIDAS PELO IPPUC E PMC COMO INUNDÁVEIS



(C) LOTES E EDIFICAÇÕES IRREGULARES - IMAGENS DO LOTEAMENTO CLANDESTINO CIDADANIA, SITUADO ÀS MARGENS DO RIO BELÉM



(D) LOTES E EDIFICAÇÕES IRREGULARES - IMAGENS DO LOTEAMENTO CLANDESTINO PARQUE NÁUTICO, SITUADO ÀS MARGENS DO RIO IGUAÇU

NOTA: Elaborada pela autora – fotos de junho/ julho de 2005

Essas manchas de inundação estudadas, assim como os demais pontos críticos de inundação existentes na bacia hidrográfica do rio Belém, podem ser classificadas de acordo com os riscos inerentes a cada situação, os quais serão expostos no tópico a seguir.

4.3.4 Cenários de risco de inundação

O levantamento realizado pela SUDERHSA (2002) do Plano Diretor de Drenagem Urbana para a bacia do Alto Iguaçu determinou a criticidade do problema das inundações na bacia do Alto Iguaçu de acordo com os dados estimativos da população atingida e do número de pontos críticos de inundação. Desta forma, foram definidas quatro categorias de riscos: muito alto, alto, moderado e baixo, conforme mostra a Tabela 4.

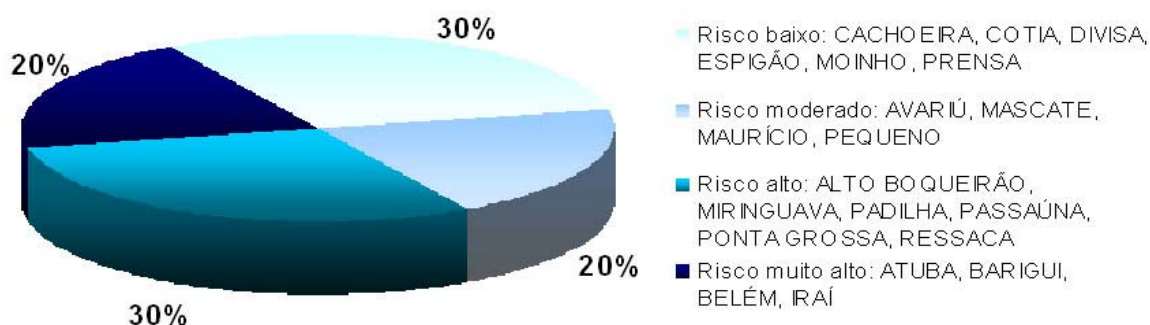
TABELA 4 – DETERMINAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DAS INUNDAÇÕES PARA A BACIA DO ALTO IGUAÇU

GRAU DE CRITICIDADE	POPULAÇÃO ATINGIDA	PONTOS CRÍTICOS DE INUNDAÇÃO
Risco muito alto	> 10000 habitantes	> 30
Risco alto	De 1000 a 10000 hab	De 15 a 30
Risco moderado	De 100 a 1000 hab	De 5 a 15
Risco baixo	< 100 habitantes	< 5

FONTE: SUDERHSA (2002)

A bacia hidrográfica do rio Belém apresenta, juntamente com as bacias do Atuba, Barigui e Irai, um dos cenários de risco mais críticos de toda a bacia do Alto Iguaçu, conforme observado no Gráfico 3. O levantamento da SUDERHSA (2002) estimou em cerca de 28000 pessoas a população atingida por inundações na bacia hidrográfica do rio Belém, o que permite classificá-la como bacia com grau muito alto de risco de inundações.

GRÁFICO 3 – CLASSIFICAÇÃO DAS SUB-BACIAS DO ALTO IGUAÇU DE ACORDO COM O GRAU DE CRITICIDADE QUANTO ÀS INUNDAÇÕES



FONTE: SUDERHSA (2002)

Segundo a classificação da SUDERHSA (2002) as manchas de inundação encontradas na bacia hidrográfica do Belém representam três diferentes cenários de risco, o qual a presente pesquisa denomina como cenários de risco I, II e III⁴⁷, conforme se observa na Figura 63.

As áreas com habitações precárias, geralmente ocupações irregulares, de terraços marginais sujeitos às inundações com alta energia de escoamento superficial constituem o cenário de risco I. Durante a ocorrência de fortes chuvas existe perigo a desabamentos. Esse cenário de risco é encontrado nas manchas de inundação 1 e 2 situadas no Alto Belém.

A ocupação urbana ao longo das margens do rio Belém, no seu terço inferior, apresenta o cenário de risco II, associado à dinâmica das cheias do rio Belém e seus afluentes - rio Pinheirinho, córregos Evaristo da Veiga, Luiz José dos Santos, Waldemar de Campos e Areiãozinho – além do rio Iguaçu. Esse cenário representa as manchas de risco 11 e 12 que caracterizam as inundações do Baixo Belém. Nesse cenário concentram-se cerca de 40% das áreas inundáveis da bacia hidrográfica do rio Belém (SUDERHSA, 2002). São atingidas pelas inundações tanto os lotes e

⁴⁷ Os cenários de risco I, II e III classificados pela presente pesquisa correspondem respectivamente aos cenários de risco I, II, IV definidos pelo Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu, desenvolvido pela SUDERHSA (2002).

construções legalizadas quanto as aglomerações e domicílios irregulares.

Já o cenário de risco III é encontrado na parte central da área urbana (Médio Belém), na qual as manchas de inundação encontram-se individualizadas, como ocorrem nas manchas de inundação 3 a 10. A Prefeitura Municipal de Curitiba, Coordenadoria de Defesa Civil – COMDEC (2006) denomina esse tipo de inundação como alagamento, uma vez que sua ocorrência é pontual. Conforme Tucci (2001b), a principal causa para a existência desse cenário de risco é o desenvolvimento urbano, que leva à crescente impermeabilização do solo e, conseqüentemente à diminuição de áreas verdes, reduzindo a quantidade de água infiltrada e aumentando o escoamento superficial durante as precipitações. Também é responsável por esse cenário falhas do sistema de micro e macrodrenagem.

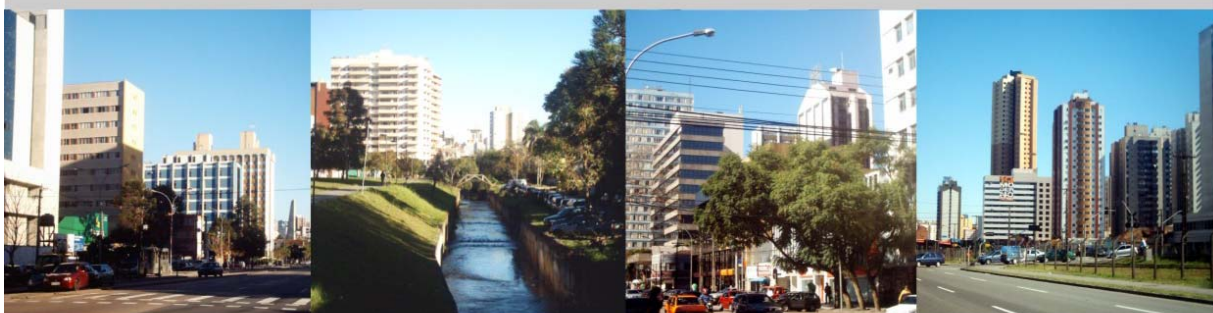
FIGURA 63 – DIFERENTES CENÁRIOS DE RISCO ENCONTRADOS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



CENÁRIO DE RISCO I



CENÁRIO DE RISCO II



CENÁRIO DE RISCO III

NOTA: Elaborada pela autora – fotos de junho/ julho de 2005

O cruzamento dos pontos críticos de inundação da SUDERHSA (2002) com o mapeamento dos lotes urbanos do IPPUC (2000) permitiu constatar que dentro da bacia hidrográfica do rio Belém 6087 lotes urbanos encontram-se sob risco de inundações. Grande parte deles localiza-se às margens dos rios e córregos da bacia (Figura 65). Visando minimizar esses problemas, foi criada em 2000, juntamente à Lei 9800/00, uma legislação para proteger as faixas de drenagem e preservação dos corpos d'água de Curitiba – a Lei Municipal 9805/00.

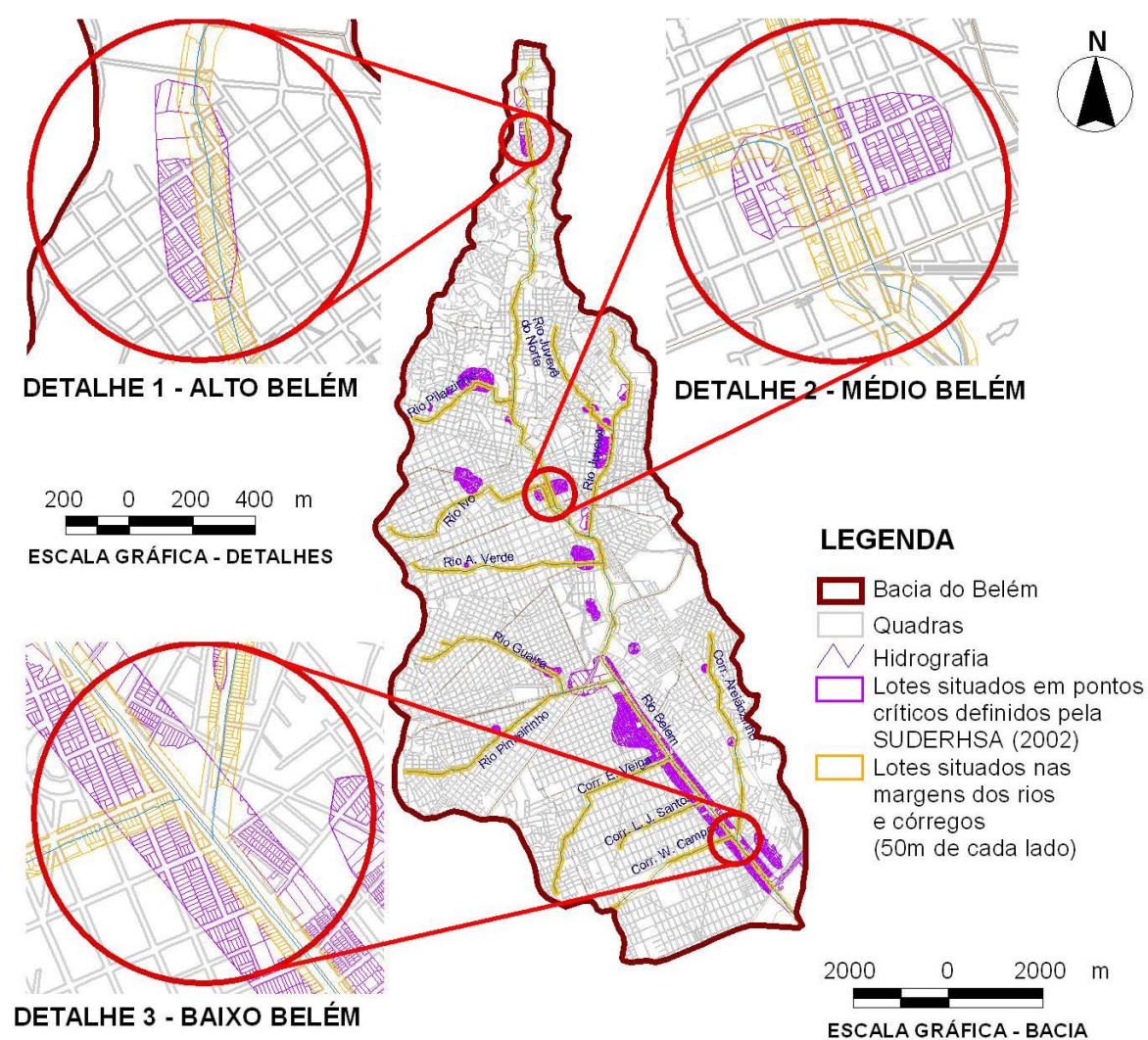
Essa legislação cria o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental, o qual estabelece a obrigatoriedade de se manter uma faixa não edificável de: 40m para cada lado do rio Belém, a partir da margem, no trecho compreendido entre a divisa intermunicipal ao norte e o Passeio Público; e 50m no trecho compreendido entre a Av. Pres. Affonso Camargo e o Rio Iguaçu. O mesmo ocorre no rio Iguaçu, devendo-se respeitar uma faixa não edificável de 100m a partir da margem, no trecho compreendido entre a BR-277 até o fim do Zoológico; e no Córrego Areiãozinho, no trecho compreendido entre a Rua Lima Barreto e o Rio Belém, onde se deve manter uma faixa não edificável de 40,00 para cada lado do córrego, a partir da margem (CURITIBA, 2000b).

Essa legislação tem a “finalidade de incentivar e garantir o uso adequado das faixas de drenagem, bem como a manutenção das faixas de preservação permanente, visando o bom escoamento das águas superficiais, recuperação da mata ciliar e a minimização dos problemas de enchente”. Essas faixas representam uma reserva de “espaços ao longo dos rios, córregos e arroios, compreendendo as faixas de preservação permanente e áreas contíguas, estas destinadas à implantação de sistema de circulação de veículos e pedestres, unidades de conservação ou áreas de uso público, de acordo com projetos específicos” (CURITIBA, 2000b, p. 1).

Contudo, verificam-se dois graves problemas relacionados ao disposto por essa legislação: o primeiro refere-se à não inclusão dos demais rios e córregos da bacia no Anel de Conservação Sanitária, eliminando a importância das faixas de preservação e drenagem de outros 10 importantes corpos d'água: Água Verde, Evaristo da Veiga,

Guaíra, Ivo (já completamente canalizado), Juvevê, Juvevê do Norte, Luís José dos Santos, Pilarzinho, Pinheirinho e Waldemar dos Campos; o segundo pode ser observado com base nos dados do IPPUC e da SUDERHSA, os quais permitiram constatar mais de 6500 lotes localizados a 50m de cada lado das margens dos rios e córregos que compõem a bacia hidrográfica do rio Belém (Figura 64).

FIGURA 64 – LOTES URBANOS SOB RISCO DE INUNDAÇÕES E/OU LOCALIZADOS NAS MARGENS DE RIOS E CÓRREGOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM



LOTES URBANOS SOB RISCO DE INUNDAÇÕES E/OU LOCALIZADOS NAS MARGENS DE RIOS E CÓRREGOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

FONTE: Dados da SUDERHSA (2002) e do IPPUC (2000)

NOTA: Elaborada pela autora.

4.3.5 Análise sobre as medidas de prevenção e controle das inundações - realizadas e propostas

O aspecto histórico de início das medidas de controle das inundações na bacia hidrográfica do rio Belém é relatado por Merkl (1998). De acordo com a autora, no final do século XIX a ocupação urbana de Curitiba atingiu as margens do rio Belém. Nessa época, o esgoto das residências centrais escoava para os rios Ivo e Belém, os quais constituíam perigosos focos de contaminação. Em outubro de 1911, houve uma grande inundação nos vales do rio Iguaçu e do rio Belém, bem como seu tributário – rio Ivo, causando grandes impactos para o Centro da cidade e preocupação das autoridades locais. Desta forma, o prefeito Cândido Ferreira de Abreu (1913-1916) decidiu pela retificação⁴⁸ do rio Belém na rua Mariano Torres, a qual foi continuada em 1935. Nesse período canalizou-se também o trecho do rio Belém que cortava o Passeio Público, além de obras de retificação do baixo Belém. Essas obras alteraram significativamente as condições naturais do rio, aumentando o declive de seu leito e, portanto, o escoamento de suas águas. Assim, o percurso sinuoso do rio Belém foi reduzido de 17.791,40m para 7.278,57m. As canalizações do rio Belém no entorno da rua Mariano Torres continuaram na década de 1940, entretanto, as medidas estruturais não conseguiam acabar com as inundações, que continuavam ocorrendo no Centro de Curitiba. Entre 1975 e 1977, as autoridades locais optaram, após bastante polêmica, pela transferência do rio Belém para a rua Tibagi, paralela à rua Mariano Torres, cobrindo-se o antigo canal e transformando-o em canal extravasor.

Essas constantes modificações nas características naturais do rio Belém - sejam relacionadas às canalizações, à construção de pontes, viadutos, entre outros elementos construídos - além do assoreamento devido ao transporte de sedimentos e ao acúmulo de lixo às margens do rio, levaram a uma diminuição do canal de drenagem do rio Belém (FREITAS et. al, 1998). Andriguetto (1999) comenta também que a

⁴⁸ O conceito de salubridade da época, influenciado pelo pensamento higienista, acreditava que “a natureza intocada pelo homem era, em princípio, nociva à saúde” (PEREIRA, 1996, p. 150). Essa abordagem influenciou as autoridades a realizarem canalizações em diversos rios, constituindo as primeiras medidas estruturais quanto à drenagem urbana.

realização de obras de transferência de vazão a jusante contribuiu para que houvesse uma grande incidência de áreas de alagamento por toda a extensão da bacia hidrográfica do rio Belém. Desta forma, as medidas estruturais tradicionais aplicadas ao longo dos anos na bacia não foram suficientes para suprir as deficiências do sistema de drenagem existente.

Todavia, apesar de haver a consciência dos técnicos municipais sobre a aplicação de ações preventivas e medidas não-estruturais, a abordagem sobre a questão das inundações no município de Curitiba continua baseada em medidas estruturais (Figura 65). Essas ações embora aumentem a capacidade do sistema de macrodrenagem transferem a vazão para jusante, em obras que envolvem canalização de trechos de rios e córregos da bacia, apresentando ainda elevado custo de manutenção. Parte dos recursos é gasto também com constantes dragagens para retirada de lixo desses corpos d'água. Essas medidas são apoiadas pela população local, que enfrenta o problema das inundações, sendo a pressão da comunidade um dos principais fatores para a execução dessas obras. Os recursos financeiros existentes também limitam a ação do poder público local, sendo o orçamento destinado principalmente às chamadas ações corretivas, tais como: obras de reparos nos sistemas de drenagem dos locais que sofreram inundações; recursos aplicados em saúde pública para solucionar problemas gerados pelas inundações, além da assistência às vítimas (SMOP, 2005).

Em 2005, a SMOP - Secretaria Municipal de Obras Públicas realizou limpeza de 100 km de galerias e tubos, obstruídos com resíduos como terra, folhas e lixo, sendo coletadas 800 toneladas de resíduos sólidos. No início de 2006, a SMOP recolheu 30 toneladas de lixo nos rios e córregos da cidade, sendo efetuadas no primeiro trimestre a limpeza de 3km de galerias pluviais, que estavam obstruídas por resíduos, e limpeza de 1000 caixas de captação (bueiros), entupidos por sujeira (PMC, 2006). Segundo dados da Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC, 2006) serão investidos no ano de 2006 mais de 11 milhões de reais em obras de saneamento, sobretudo na contenção de inundações em áreas de fundo de vale, valor 30% superior

ao orçamento de 2005.

FIGURA 65- MEDIDAS ESTRUTURAIS REALIZADAS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA EM 2006



FONTE: PMC (2006)

Algumas iniciativas municipais, contudo, vêm inserindo a questão das inundações em políticas de prevenção. O Programa Olho D'Água representa uma dessas iniciativas. O Programa é aplicado nas bacias hidrográficas do rio Belém e do Barigui, estabelecendo uma parceria entre escolas, representantes da prefeitura de Curitiba e a comunidade local, com o intuito de “trazer o olhar da população, através das crianças para a problemática dos recursos hídricos” (ANDRIGUETTO, p. 88, 1999). O programa é bastante importante, uma vez que trabalha a educação ambiental e a compreensão das bacias hidrográficas, junto à necessidade de valorizar e preservar os rios e córregos. De acordo com o Instituto Municipal de Administração Pública – IMAP (2005) o Programa teve início em 1997 e até 2005 mais de 15000 pessoas foram envolvidas no monitoramento dos rios, 33000 pessoas envolvidas na mobilização; 40 instituições participaram das atividades, entre elas escolas, vários Piá's ambiental, grupos de escoteiros, empresas e associações da comunidade.

Outras iniciativas relevantes no que diz respeito à prevenção vêm sendo realizadas por representantes da COMDEC (Figura 66). A primeira delas refere-se aos

treinamentos realizados nas Subsecretarias Regionais de Defesa Civil, nas Administrações Regionais da Prefeitura. Esses cursos reúnem servidores municipais, bombeiros militares, representantes da comunidade e particulares, abrangendo um público médio de 70 pessoas, envolvendo no projeto aproximadamente 630 pessoas. A segunda iniciativa é o Projeto Defesa Civil nas Escolas, cujo objetivo é a sensibilização de pais, líderes comunitários e população em geral quanto ao tema. Nesse Projeto, os representantes da COMDEC ministram cursos nas escolas municipais dentro ou próximas às áreas com risco de inundação do município, desenvolvendo atividades educativas e distribuindo material didático, com o emblema “a melhor defesa é a prevenção” (COMDEC, 2006b).

FIGURA 66 – AÇÕES EDUCATIVAS DE PREVENÇÃO ÀS INUNDAÇÕES REALIZADAS PELA COORDENADORIA DE DEFESA CIVIL DE CURITIBA



Treinamentos nas Subsecretarias Regionais de Defesa Civil

Curso para professores das escolas municipais Estudo Piloto SME da Regional Matriz

FONTE: COMDEC (2006b)

O intuito da COMDEC é incluir no currículo escolar do ensino fundamental os conceitos básicos sobre defesa civil, podendo essas atividades instigar nas crianças as ações de preservação dos rios e do meio ambiente, além da consciência sobre as formas de prevenção nos casos extremos, como inundações, deslizamentos, raios, tempestades e vendavais. Todavia, devido aos recursos disponíveis ainda é pequeno o número de escolas participantes desse projeto (COMDEC, 2006a).

Um instrumento importante para planejamento e gestão visando à mitigação

das inundações urbanas em diversas bacias de Curitiba e RMC foi finalizado em 2002 - o Plano Diretor de Drenagem para a bacia do Alto Iguaçu (PDDrU), elaborado pela SUDERHSA. Esse documento prevê a adoção em conjunto de medidas estruturais e não-estruturais que proporcionem uma diminuição na ocorrência de inundações nas bacias que compõem a bacia do Alto Iguaçu, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Belém (SUDERHSA, 2002). Entretanto, somente no final de 2005 houve o início de implantação de uma de suas principais propostas, a criação da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil, por meio da Lei Municipal N. 11645/05 (CURITIBA, 2005).

Essa legislação confere à COMDEC o planejamento e a defesa permanente contra desastres de quaisquer naturezas; gerenciamento das ações de defesa civil em Curitiba; elaboração de planos diretores, de contingência e de operação, bem como projetos afins; prevenção e minimização de danos, socorro, assistência a populações afetadas, além da reabilitação da área atingida. Parte dessas medidas já estava sendo realizada pela Defesa Civil de Curitiba, como prevenção por meio de treinamentos a técnicos e cursos voltados à comunidade, além de ações de socorro, assistência à comunidade atingida e recuperação da área depois de cessados os eventos críticos (Figura 67).

FIGURA 67 – MEDIDAS REALIZADAS PELA DEFESA CIVIL DE CURITIBA



Socorro e assistência às vítimas de inundações

Recuperação da área atingida depois de cessado o desastre

FONTE: COMDEC (2006b)

Contudo, o planejamento e a gestão, bem como a análise das medidas do PPDrU e escolha de prioridades quanto às ações estruturais e não-estruturais propostas serão estabelecidos somente após a elaboração dos planos diretores de contingência e operação, os quais têm previsão de início ainda em 2006. Até meados de 2005, de acordo com a Secretaria Municipal de Obras Públicas - SMOP (2005) não havia recursos suficientes para executar as medidas indicadas pelo Plano, sendo as verbas públicas destinadas às medidas estruturais definidas como prioritárias pela SMOP, além dos gastos com ações corretivas.

Atualmente, técnicos da SUDERHSA e da COMDEC reúnem-se para discutir como podem ser encaminhadas as ações indicadas pelo PPDrU, todavia, ainda não existe uma definição de quais medidas propostas pelo Plano serão implantadas pela Prefeitura Municipal de Curitiba (COMDEC, 2006a).

Conforme a SUDERHSA (2002), o PPDrU estabeleceu para a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC), o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), a Coordenadoria Estadual da Defesa Civil (CEDEC) e a Superintendência Estadual de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) - órgãos das esferas municipal e estadual - estados de alerta e ações de Defesa Civil para situações emergenciais. Foram definidos quatro estados de alerta: observação; atenção; alerta e alerta máximo, sendo determinadas ações correspondentes para cada um desses estados, devendo haver troca de informações entre os órgãos envolvidos.

Esses estados de alerta são definidos pela COMDEC-Curitiba como: vigilância, dentro da normalidade; atenção, previsão de evento adverso; alerta, preparação para anormalidade; e alarme, evento adverso severo. Essas e outras posturas diferenciadas entre o PDDrU e o Plano Diretor de Defesa Civil devem ser discutidas e revisadas na elaboração desse Plano – o qual tem previsão de finalização no ano de 2007 (COMDEC, 2006a; COMDEC, 2006b).

O PPDrU também definiu obras a serem executadas junto às ações de planejamento para atenuação do problema das inundações nas bacias hidrográficas que

compõem a bacia do Alto Iguaçu. Para a bacia hidrográfica do rio Belém foram propostas três tipologias diferentes de lagoas ou reservatórios de contenção e/ou retenção⁴⁹: laterais abertas (LA), formadas lateralmente aos rios, que controlam as vazões pelas próprias características da seção do rio; laterais cobertas (LC), as quais têm os mesmos princípios de implantação e de funcionamento que as lagoas laterais abertas, com a diferença de que, em razão do uso do solo na região em que se localizam, a área de acumulação de água é coberta por uma estrutura de concreto armado, sobre a qual são implantados a urbanização e o paisagismo; e lagoas centrais (C), que são aquelas nas quais são construídos obstáculos (barragens) para causar a acumulação de água e implantadas obras de regulação das vazões de saída. Selecionaram-se áreas de várzea não ocupadas como locais favoráveis para a implantação de reservatórios de detenção, além de áreas onde hoje existem praças e estacionamentos - tendo em vista a escassez de áreas disponíveis devido ao elevado grau de urbanização da bacia.

Desta forma, propôs-se para a bacia do rio Belém 30 medidas de controle das inundações, sendo 19 lagoas laterais abertas, 10 lagoas laterais cobertas e 1 lagoa central, com investimento total estimado, a preços de janeiro/2000, onde o dólar valia R\$ 1,80, o montante de aproximadamente R\$ 90 milhões. Em análise do PPDru verifica-se que o custo total das laterais abertas representa no mínimo 3 vezes menos que o custo das laterais cobertas e, em média foi orçado o custo das lagoas cobertas em valor 8 a 9 vezes superior, confirmando o exposto por Tucci (2004).

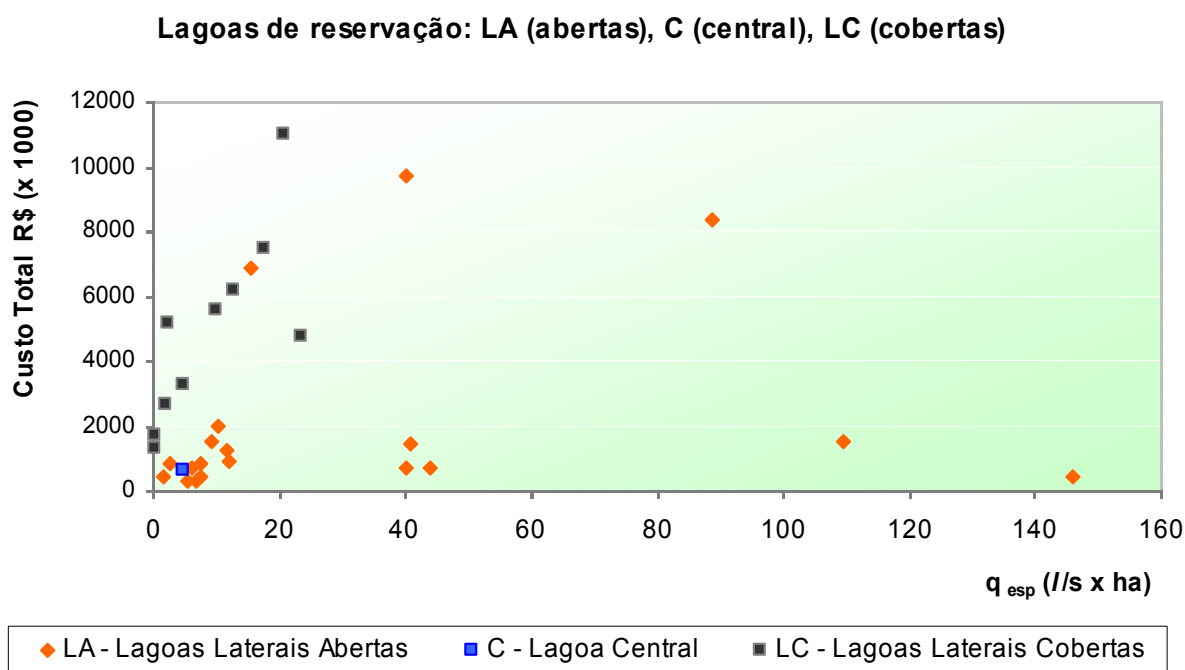
O Gráfico 4, apresenta essa relação entre o custo total em R\$ (x 1000) pela vazão específica retida por unidade de área ($l/s \times ha$), para cada uma das 30 medidas

⁴⁹ Lagoas ou reservatórios de detenção quando são obras secas, com a finalidade de deter temporariamente as águas providas do escoamento superficial, durante e imediatamente após uma chuva, apresentando as vantagens de poderem ser instalados em áreas públicas, tais como praças, parques e quadras, conduzindo em melhora na qualidade de vida. Os reservatórios de retenção são obras que permitem o armazenamento de águas dando uma destinação destas águas retidas para fins de abastecimento, recreativos, ou outros propósitos, podendo ser aplicados em banhados ou reservatórios urbanos (SUDERHSA, 2002).

estruturais propostas pelo PDDrU para a bacia hidrográfica do rio Belém. Nota-se que a vazão específica retida por unidade de área é equivalente em grande parte das lagoas cobertas, abertas e centrais propostas para a bacia hidrográfica do rio Belém, todavia, os custos são bem mais elevados quando se trata das lagoas laterais cobertas, o que demonstra a ineficiência desse tipo de medida em termos de custo-benefício. Deve-se ainda considerar que a opção de utilizar as lagoas cobertas implica também em gastos muito maiores com manutenção.

É importante ressaltar que cinco das 19 lagoas laterais abertas propostas apresentam um grau de eficiência bastante elevado, permitindo que com o mesmo investimento de outras lagoas laterais abertas se obtenha uma área de reservação de 4 a 14 vezes superior. Essa situação é possível na medida proposta para o rio Água Verde, rio Guaira (duas lagoas laterais abertas), afluente do rio Juvevê e córrego Areiãozinho (Gráfico 4).

GRÁFICO 4 – CUSTO TOTAL EM R\$ (x 1000) POR VAZÃO ESPECÍFICA RETIDA POR UNIDADE DE ÁREA ($l/s \times ha$)



FONTE: Dados da SUDERHSA (2002)

NOTA: Elaborada pela autora.

Uma das diretrizes propostas pelo PDDrU - criação pelos municípios de medidas e ações que permitam o controle do impacto dos novos empreendimentos sobre o sistema de macrodrenagem – poderá ser concretizada em Curitiba. A Lei Municipal 10785/06, em discussão desde setembro de 2003, entrou em vigor recentemente, no dia 31 de março de 2006, criando no município o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, podendo ser bastante útil com relação a ações sustentáveis de drenagem em todo o município. Esse programa tem como objetivo “instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água” (CURITIBA, 2006, p.1).

Embora o enfoque dessa legislação trate da conservação e uso racional da água, seus artigos 6 e 7 exigem a reservação das águas pluviais nas novas edificações, bem como naquelas que se encontrem em construção, sendo que essas águas poderão ser utilizadas para fins não potáveis. O não cumprimento das disposições da Lei 10785/06 implica na negativa de concessão do alvará de construção para as novas edificações e na negativa do *habite-se* para toda edificação em construção (CURITIBA, 2006).

Como essa legislação foi aprovada junto à finalização da presente pesquisa, não foi possível verificar seus efeitos no setor da construção civil ou àqueles relativos à drenagem urbana. No entanto, se bem aplicada, realizando-se a conscientização dos profissionais do setor e da comunidade local, além de fiscalização e até mesmo promoção de incentivos fiscais ou subsídios que estimulem o cumprimento da lei, essa pode ser uma das principais ações do poder público municipal para redução na sobrecarga dos sistemas de macrodrenagem e, conseqüentemente, redução dos efeitos que a impermeabilização do solo urbano tem causado à drenagem urbana. Como indicado por diversos autores, entre eles Hernandez et al. (2004), Marinoski et al. (2004) e Fendrich (2002), a adoção de mecanismos de acumulação das águas pluviais possibilita o retardamento do escoamento superficial, diminuindo os níveis máximos

de água nos rios e canais. Além disso, esses reservatórios são fontes alternativas de abastecimento para fins não potáveis, contribuindo para a preservação e vida útil dos mananciais de abastecimento.

Essas ações são indicadas pelo Ministério do Meio Ambiente, em seu relatório “Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil”, considerando que “o incentivo à captação de água de chuva, pode ocorrer, inclusive, por meio de: leis; facilidades de financiamento, considerando, por exemplo, a redução de impostos (IPTU) de propriedades que aumentem a sua área permeável e/ou aproveitem a água de chuva; campanhas de educação e esclarecimento da opinião pública; e incentivos à realização de pesquisas que validem as técnicas e tecnologias de manejo sustentável das águas de chuvas” (BRASIL, 2006a).

Todavia, deve-se lembrar que essa medida constitui uma etapa inicial de conscientização e aplicação de melhores práticas com relação à drenagem urbana. Como indicado por Fendrich (2002), os reservatórios para águas pluviais não devem ser empregados somente nas novas construções, mas devem ser válidos para qualquer construção cuja área de impermeabilização não seja capaz de promover uma infiltração sustentável das águas de precipitação (FENDRICH, 2002).

5 CONCLUSÕES

O capítulo de conclusões apresentará primeiramente as considerações gerais sobre o problema de pesquisa, o objetivo geral e os específicos, e o método selecionado para a realização da presente pesquisa. Em seguida são relacionados os subsídios para a tomada de decisões de planejamento e gestão urbana quanto à mitigação das inundações nas cidades, com destaque para a área de estudo – bacia hidrográfica do rio Belém. Na última seção são indicadas sugestões para futuras pesquisas que venham a contribuir com o tema.

5.1 CONCLUSÕES GERAIS

A fundamentação teórica comentada, o método empregado e as análises realizadas na área escolhida para estudo, a bacia hidrográfica do rio Belém, tiveram por objetivo responder à seguinte questão: **De que forma o planejamento e a gestão urbana podem contribuir para a prevenção e o controle das inundações nas cidades?**

Todos esses fatores demonstraram que o planejamento e a gestão urbana podem contribuir para a prevenção e o controle das inundações desde que priorizem em suas políticas a preservação dos aspectos naturais da área urbanizada. Pelo contrário, quando os condicionantes naturais são subjugados a segundo plano - valorizando-se a intensa ocupação urbana, permitindo-se altas taxas de impermeabilização do solo, a ocupação dos fundos de vales, a instalação de atividades diversas em áreas inundáveis - o planejamento e a gestão urbana estão cooperando para que as inundações se tornem ao longo dos anos um grave problema para as cidades, constituindo fator de risco a toda sua população.

O método de estudo de caso com enfoque ambiental possibilitou a verificação do problema de pesquisa, além dos objetivos propostos. A realização de diagnósticos físico-territoriais, sócio-econômicos e sobre as inundações, utilizando

como instrumento o geoprocessamento, possibilitou o cruzamento de dados sobre o espaço físico a informações sócio-econômicas, enriquecendo as análises e gerando produtos de fácil visualização, que englobam mapeamento e estatística. Os levantamentos em campo, por sua vez, permitiram a comprovação dos aspectos contidos nos mapeamentos dos órgãos oficiais, além de uma visão atualizada sobre as dinâmicas de ocupação urbana ocorridas na bacia hidrográfica do rio Belém. Com a análise multi-temporal puderam ser constatadas as implicações das ações de planejamento e gestão urbana ao longo dos anos, e a utilização de diferentes escalas para a análise permitiu um aprofundamento sobre os pontos críticos e cenários de risco de inundação existentes.

5.2 SUBSÍDIOS PARA A TOMADA DE DECISÕES DE PLANEJAMENTO E GESTÃO QUANTO À MITIGAÇÃO DAS INUNDAÇÕES URBANAS, COM DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BELÉM

Essa pesquisa objetivou a identificação de subsídios para a tomada de decisões de planejamento e gestão quanto à prevenção e ao controle das inundações urbanas, buscando formas de aplicá-los na bacia hidrográfica do rio Belém, bem como a demais bacias hidrográficas urbanas que apresentem características semelhantes.

Os estudos de caso de ações de planejamento e gestão aplicadas em outros contextos, sejam no âmbito internacional ou nacional, juntamente a outros itens da fundamentação teórica forneceram diversas bases sobre ações sustentáveis que podem ser utilizadas quando se pretende a atenuação de problemas relacionados a inundações urbanas. As principais alternativas de sucesso estão relacionadas à formação de ambientes de planejamento e gestão integrada, identificação e avaliação do problema, uso de tecnologias que auxiliem as análises, definição de medidas para solução dos problemas detectados e educação ambiental direcionada a todos os agentes envolvidos.

As falhas que ocorreram em diversos países e resultaram em severas

inundações devem-se a erros no reconhecimento do problema - definição equivocada quanto à localização das áreas inundáveis e cenários de risco existentes; total enfoque nas medidas estruturais, não observando os riscos residuais que continuavam existindo nas áreas inundáveis e não aplicando ações preventivas; além de falhas quanto à liderança e coordenação dos sistemas de gerenciamento emergencial, cooperação e coordenação entre agências de níveis diferentes de governo, e erros de interpretação das mensagens de prevenção.

O estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Belém, bem como a análise das práticas de planejamento e gestão em Curitiba, município no qual a mesma encontra-se inserida, evidenciaram que as principais falhas devem-se à desconexão entre os aspectos naturais e a ocupação urbana, principalmente relacionada à ocupação das várzeas dos rios e córregos que compõem a bacia, gerando ambientes de degradação e risco para a população.

Nesse sentido, para o sucesso das ações de planejamento e gestão urbana ambiental no município é fundamental o estabelecimento de mecanismos de monitoramento, fiscalização e controle das áreas inundáveis e de preservação permanente, que permitam o cumprimento das legislações existentes - bem como a revisão e complementação destas, tornando-as mais eficientes. Esses procedimentos devem estar associados a políticas habitacionais, que possibilitem o acesso da população de baixa renda a condições dignas de moradia; à educação ambiental, estendida aos técnicos municipais e a toda comunidade; além de práticas de planejamento e gestão urbana ambiental, verdadeiramente democráticas e integradas, com a discussão e troca de informações entre órgãos públicos, setor privado e a sociedade.

Assim, na busca pela prevenção e controle das inundações urbanas, o planejamento e gestão urbana devem desempenhar as seguintes ações, buscando sempre uma parceria entre os setores público, privado e a população em geral:

- a) Estabelecer uma gestão democrática e integrada: que incentive a participação comunitária durante todo o processo de gestão, conforme indicado pelas

- diretrizes do Estatuto da Cidade, e trabalhe com um sistema integrado, preditivo e desenvolvido em nível do eco-sistema, incorporando também às análises as questões sócio-econômicas, propiciando um planejamento estratégico por bacia hidrográfica, com fixação de instrumentos legais e financeiros. A gestão descentralizada e democrática pode ser representada pelos Comitês de Bacias;
- b) Aliar o controle das inundações ao controle da poluição dos recursos hídricos: realizar uma integração das funções da forma urbana à apreciação da paisagem, desenvolvendo corredores ecológicos, nos quais devem ser promovidas ações de revitalização dos cursos d'água e do espaço urbano, incluindo mudanças no seu uso; valorização do potencial ecológico das áreas, tornando-as locais de lazer e recreação; sendo que todas essas ações devem ser apoiadas pela legislação;
 - c) Incentivar a integração e colaboração entre todos os agentes do processo: pesquisadores, gerentes, administradores públicos, e a sociedade devem trocar informações e discutir todos os aspectos que se mostrem durante todo o processo, possibilitando assim o estabelecimento e o acompanhamento de uma gestão democrática. As ações de todos os níveis de governo devem objetivar os mesmos resultados e deve ser efetivado o intercâmbio de informações e recursos humanos entre esses organismos;
 - d) Estabelecer uma visão geral do sistema urbano: compreendendo seus aspectos físico-territoriais e sócio-econômicos, e adaptando-se constantemente às necessidades dos usuários, além de considerar as mudanças climáticas e suas implicações, realizando o planejamento e revisão desse sistema sempre de acordo com tais modificações;
 - e) Reconhecer o problema: conhecer a localização dos pontos críticos de inundação, bem como os cenários de risco existentes, podendo analisar o fenômeno em tempo real por meio de dados meteorológicos precisos interligados a um sistema de informações atualizado;
 - f) Avaliar permanente os riscos futuros: a utilização de modelagem hidrológica e

hidrodinâmica tem se mostrado bastante eficaz para a determinação dos riscos futuros de inundações;

- g) Utilizar tecnologias eficientes: aplicar novas tecnologias que permitam o cruzamento de informações que relacionem o mapeamento da área inundada, a frequência e magnitude dessas inundações aos dados atualizados sobre o desenvolvimento do local, as mudanças de uso do solo, e a vulnerabilidade da população da área e de suas propriedades. Dentre as tecnologias mais indicadas encontram-se o geoprocessamento, com a utilização do GIS, e o sensoriamento remoto;
- h) Criar um Plano Diretor de Drenagem Urbana integrado ao Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano: esse Plano deve ter como princípios fundamentais a consideração da bacia como sistema, não transferência dos impactos, compatibilização das medidas estruturais e não-estruturais, consideração das legislações em seus diversos âmbitos, avaliação do horizonte de expansão, priorização dos aspectos de qualidade ambiental, minimização dos impactos ambientais, constante revisão do Plano;
- i) Compatibilizar as medidas estruturais com as medidas não-estruturais de drenagem urbana: deve-se defender um sistema sustentável de drenagem urbana, inspirado no funcionamento natural do ciclo hidrológico. As medidas estruturais - obras de diversos portes não devem aumentar a vazão da bacia à jusante, resolvendo os problemas sem causar impactos em outras regiões, e devem ser mescladas às medidas não-estruturais - práticas de gerenciamento e mudanças de comportamento;
- j) Defender a utilização de medidas de controle das inundações na fonte: estabelecendo por meio de legislação municipal que qualquer novo empreendimento deve utilizar medidas de controle das inundações no âmbito do lote, devendo manter as vazões naturais existentes no local;
- k) Criar um zoneamento especial para as áreas de risco: conhecimento sobre as áreas inundáveis, definindo parâmetros especiais de acordo com o tempo de

retorno das inundações, incentivando a utilização dos lotes contidos em área de baixo risco para atividades de lazer e preservação ambiental e proibindo edificar em faixas de alto risco de inundação, como nas margens de rios e córregos;

- l) Incentivar a introdução de áreas verdes no perímetro urbano e restringir os níveis de impermeabilização do solo: estudos comprovaram que as áreas verdes podem reduzir significativamente o fluxo das inundações, uma vez que o escoamento superficial gerado torna-se menor, devido ao aumento da capacidade de infiltração dos solos. Ao contrário, a impermeabilização do solo constitui um dos principais impactos da cidade sobre os processos hidrológicos, sendo um dos principais fatores que provocam inundações;
- m) Criar políticas públicas voltadas à habitação social: oferecendo possibilidades de habitação para a população de baixa renda, evitando a sua expansão irregular, principalmente a ocupação de fundos de vale, uma vez que essas áreas constituem os principais cenários de risco de inundação em todo o Brasil;
- n) Incentivar a educação ambiental voltada à comunidade: definindo como etapas a identificação dos problemas, bem como propostas de soluções e desenvolvimento de estratégias para alcançá-las, além da avaliação dessas estratégias por toda a comunidade. Diversas iniciativas demonstraram que somente com o envolvimento da comunidade é possível reduzir problemas relacionados a mudanças de comportamento;
- o) Realizar o treinamento dos agentes envolvidos: os funcionários dos órgãos públicos, da Defesa Civil, os representantes da comunidade também devem receber treinamento para saber como proceder quanto às informações recebidas, a tecnologia utilizada para processamento dos dados e nos momentos de ocorrência as inundações.

5.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Essa pesquisa consistiu na busca de subsídios à prevenção e controle das inundações urbanas, analisando as condições físico-territoriais, sócio-econômicas e suas relações com as inundações na bacia hidrográfica do rio Belém, situada no município de Curitiba-PR. Acredita-se que a replicação desse trabalho em outras bacias hidrográficas do próprio município de Curitiba e da RMC, bem como em outras regiões do país permitirá uma compreensão mais ampla do fenômeno estudado, implicando em novas alternativas quanto à prevenção e controle das inundações urbanas no Brasil.

Outras questões referem-se ao uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto para o monitoramento e fiscalização da ocupação em bacias hidrográficas urbanas, desenvolvendo principalmente novos métodos de análise, verificação da impermeabilização do solo no âmbito do lote urbano, e preservação das faixas não edificáveis ao longo de rios e córregos.

Também são extremamente importantes abordagens sobre as políticas habitacionais, com pesquisas sobre formas de reduzir a segregação sócio-espacial nas cidades, aliadas ao estudo de melhores práticas da habitação social no Brasil.

Pode-se ampliar o conhecimento sobre ações de educação ambiental, voltada a técnicos do setor público e privado e a comunidade, abrangendo como temática os recursos hídricos e a preservação da vegetação, relacionados a um maior conhecimento sobre a questão das inundações urbanas e suas formas de prevenção e controle.

REFERÊNCIAS

AL-SABHAN, W.; MULLIGAN, G.; BLACKBURN, G. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WW. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 27, p. 9-32, 2003.

ALEXANDER, D. The study of natural disasters, 1977-1997: some reflections on a changing field of knowledge. **Disasters**, v. 21, p. 284-304, 1997.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: documento base de referência - minuta. Brasília: ANA; Secretaria de Recursos Hídricos, 2003.

ANDRIGUETTO, Y. R. **A problemática da drenagem urbana**: reflexões e proposições de instrumentos de gestão no município de Curitiba. Curitiba, 1999. 96p. Monografia (Pós Graduação em Gestão Técnica do Meio Urbano), Pontifícia Universidade Católica do Paraná e Université de technologie de Compiègne.

ARAÚJO, G.; ALMEIDA, J.; GUERRA, A. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

AUSTRALIA. **Introduction to urban stormwater management in Australia**. Australia: Environment Australia, Department of the Environment and Heritage, 2002.

BRANDÃO, A. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

BRASIL. **Lei Federal N. 7803, de 18 de julho de 1989**. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986. Brasília: Governo Federal, 1989.

_____. **Lei Federal N. 9785, de 29 de janeiro de 1999**. Altera o Decreto-Lei N. 3365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis N. 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). Brasília: Governo Federal, 1999.

_____. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional e Secretaria de Defesa Civil, 2000.

_____. **Lei Federal N. 10257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília: Governo Federal, 2001.

_____. **Recursos Hídricos**: conjunto de normas legais. 2.ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2002.

_____. **A questão da drenagem urbana no Brasil**: elementos para a formulação de uma política nacional de drenagem urbana. Brasília: BRASIL/ SNSA/ PMSS II, 2003.

_____. **Enchentes 2004**: relatório. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2004a.

_____. **Política nacional de desenvolvimento urbano**. Brasília: Ministério das Cidades, 2004b.

_____. **Protocolo de Quioto: o Brasil e a convenção**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004c.

_____. **Programa drenagem urbana sustentável**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br>> Acesso em: 24 de maio de 2005.

_____. **Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: volume I**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2006a.

_____. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Ministério do Meio Ambiente, 2006b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 30 de maio de 2006.

BURBY, R. **Flood insurance and floodplain management: the US experience**. Environmental Hazards, n. 3, p. 111-122, 2001.

CAMPANA, N.; TUCCI, C. Estimativa da área impermeável de macrobacias urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia – Caderno de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 2, p. 79-94, ano de 1994.

CASTRO, A. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CERVO, A.; BERVIAN, P. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CHEIDA, L. **Modelos de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. In: IV Seminário Internacional das Águas. Curitiba: IEP, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. Impactos no meio ambiente ocasionados pela urbanização no mundo tropical In: SOUZA, M. A., SANTOS, M., SCALARTO, F.C., ARROYO, M. **Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica**. São Paulo: Hucitec, p. 127-138, 1993.

_____. Modelos sobre mudanças e dinâmica evolutiva dos sistemas. In: **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, cap. 6, p. 113-140, 1999.

CMMAD – Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Curitiba: Iparades, 1996.

COELHO, M. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COMDEC – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. **Entrevista com o Coordenador Técnico de Defesa Civil Sr. Marlon Alves Cardoso**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2006a.

COMDEC – Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. **Documentação técnica**. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2006b.

CRUZ, M.; AMARAL, S. Aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto ao planejamento da drenagem urbana. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, SBRH, 2005, p. 1-19.

CURITIBA. **Lei Municipal N. 9800, de 03 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba e dá outras providências. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2000a.

_____. **Lei Municipal N. 9805, de 03 de janeiro de 2000.** Cria o Setor Especial do Anel de Conservação Sanitário Ambiental e dá outras providências. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2000b.

_____. **Decreto N. 791, de 12 de agosto de 2003.** Dispões sobre os critérios para implantação dos mecanismos de contenção de cheias. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2003.

_____. **Lei Municipal N. 11645, de 22 de dezembro de 2005.** Cria a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil – COMDEC-CURITIBA, o Fundo Municipal de Defesa Civil e revoga a Lei Municipal N. 6725, de 18 de setembro de 1985, que “Organiza a Comissão Municipal de Defesa Civil – COMDEC, e dá outras providências”. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2005.

_____. **Lei N. 10785, de 31 de março de 2006.** Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2006.

DANNI-OLIVEIRA, I. Aspectos climáticos de Curitiba-PR: uma contribuição para o ensino médio. **RA' EGA – O Espaço Geográfico em Análise.** Curitiba, n. 3, p. 229-253, 1999.

DOMINGOS, S. **Discussão de bases para enunciar um programa nacional de financiamento e investimento em sistemas de drenagem urbana vinculado à PNSA.** Brasília: Mimeo, 2003.

EPA - Environmental Protection Authority. **A new approach to environmental education in New South Wales (NSW), a NSW Government Green Paper.** Sydney: EPA, 1996.

FACOLSKI, L.; FIGUEIREDO, G. Sistemas de informações urbanas aplicadas ao desenho urbano e engenharia urbana como suporte às decisões de planejamento. In: COBRAC 98, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, COBRAC, 1998, s/ p.

FANTIN, M., GARCIA, R. ALVES, M. FILHO, M. Caracterização de bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias. In: XI SBSR, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, SBSR, 2003, p. 1977-1983.

FEDRA, K. Urban environmental management: monitoring, GIS, and modeling. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 23, n. 6, p. 443-457, november 1999.

FENDRICH, R.; SAKAMORI, M. **Chuvvas convectivas e áreas inundáveis na bacia hidrográfica urbana do rio Belém.** Revista Acadêmica, ano X, n. 1, abril 1999. Curitiba: PUC-PR, 1999.

FENDRICH, R. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana.** Curitiba, 2002. 499p. Tese (Pós Graduação em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

_____. **Economia de água potável pelo uso de sistema de coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais.** Engenharia e Construção, p. 67-72, abril 2004.

FERRARI, C. **Curso de Planejamento Municipal Integrado.** São Paulo: Pioneira, 1986.

FORTUNATO, R. A implementação de medidas para o controle das inundações, nas edificações, como forma de minimizar os impactos causados pela urbanização. In: XII Jornadas de Jovens Pesquisadores da Associação de Universidades “Grupo Montevideo”, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba, UFPR, 2004, p. 1-10.

FRAGOMENI, L. Curitiba desenhada pela nova lei de zoneamento: Janeiro de 2000. In: **Cadernos de gestão pública. v. 2. Curitiba de verdade: a lei de zoneamento e uso do solo de Curitiba em debate.** Curitiba: Fundação Pedroso Horta-PR, 2000.

FREIRIA, N. **Avaliação da qualidade ambiental urbana através de indicadores ambientais: caso especial cidade de Pinhais.** Curitiba, 2001. 231p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Hidráulica) - Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná.

FREITAS, C.; PONTES, B.; MERKL, C. **Estudos de vazões da bacia hidrográfica urbana do rio Belém.** Curitiba: ISAM, 1998.

GAFFIELD, R.; STEPHEN, J.; GOO, L.; RICHARDS, R. Public health effects of inadequately managed stormwater runoff. **American Journal of Public Health**, Washington, v. 23, n. 9, p. 1527-1540, september 2003.

GAMBOLATI, G.; TEATINI, P.; GONELLA, M. Gis simulations of the inundation risk in the coastal lowlands of the Northern Adriatic Sea. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 35, p. 936-972, 2002.

GARCIAS, C.; REZENDE, D. Indicadores de qualidade ambiental urbana viabilizados pela tecnologia da informação e seus sistemas. In: I Workshop de Tecnologia da Informação Aplicada ao Meio Ambiente - CBComp 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUC-PR, 2003, p. 1881-1893.

GIUSTI, D. **Contribuição a geologia ambiental no município de Curitiba – PR.** São Paulo, 1989. 115p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

GUINSKI, A.; DUARTE, O. **Imagens da evolução urbana de Curitiba.** Curitiba: O. Duarte, 2002.

GYMPEL, J. **História da arquitetura: da antiguidade aos nossos dias.** Hong Kong: Köneman, 2000.

HANDMER, J. Improving flood warnings in Europe: a research and policy agenda. **Environmental Hazards**, n. 3, p. 19-28, 2001.

HARDT, L. **Subsídios ao planejamento de sistemas de áreas verdes baseado em princípios de ecologia urbana: aplicação a Curitiba-PR.** Curitiba, 1994. 171p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Florestal) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

HARDT, L.; HARDT, C. Subsídios à formulação de políticas de gestão do desenvolvimento metropolitano sustentável. In: II Encontro da ANPPAS, 2004, Indaiatuba. **Anais...** Indaiatuba, maio 2004, p. 1-14.

HERNANDES, A.; SIQUEIRA, M.; AMORIM, S. Análise de custo da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uma residência unifamiliar na cidade de Ribeirão Preto. In: I CLACS'04, X ENTAC'04, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, julho 2004, p.1-15.

HISSL, H.; WALZ, R.; TOUSSAINT, D. **Design and sustainability assessment of scenarios of urban water infrastructure systems.** Karlsruhe: Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research (ISI), 2000. 11p.

HOLWAY, J.; BURBY, R. Reducing flood losses: local planning and land use controls. **Journal of the American Planning Association**, Chicago, v. 59, n. 2, p. 205 - 216, 1993.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Recursos hídricos**: monitoramento. Disponível em: <<http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap>> Acesso: 24 de janeiro de 2006.

IBGE. **Censos Demográficos de Curitiba de 1970 a 2000**. Curitiba: IBGE, 2000.

IMAP - Instituto Municipal de Administração Pública. **Programa Olho D'Água**. Disponível em: <<http://www.imap.org.br>> Acesso: 30 de novembro de 2005.

IPEA. **Caracterização e tendências da rede urbana no Brasil: redes urbanas regionais**: Sul. Brasília: IPEA, 2000.

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. **Enchentes**: Curitiba. Curitiba: IPPUC-DOG, 1983.

_____. **Plano municipal de desenvolvimento urbano**: análise, diagnóstico e diretrizes do plano municipal de desenvolvimento urbano - PMDU. v. 1. Curitiba: IPPUC, 1985. IPPUC. Caderno de informações e dados urbanos: população. In: **Curitiba em dados 1996**. Curitiba: IPPUC, 1996.

_____. **Curitiba em Dados 2004**. Curitiba: IPPUC, 2004.

_____. **Sistema viário de Curitiba**. Site do IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: <<http://www.ippuc.pr.gov.br>> Acesso: 25 de maio de 2005.

_____. **Curitiba em dados 2006**. Site do IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br>> Acesso: 31 de março de 2006.

LAZZAROTTO, D. **O que são geotecnologias?** Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br>> Acesso: 10 de setembro de 2004.

LIMA, C. **A ocupação de áreas de mananciais na Região Metropolitana de Curitiba: do planejamento à gestão ambiental urbana- metropolitana**. Curitiba, 2000a. Tese (Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná.

_____. A. Multiespacialidades metropolitanas e construção do lugar social- rumos para a sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**: cidade e sustentabilidade, n. 9, p. 39-56. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

LIMA, R. Inundações: aspectos conceituais, conseqüências e alternativas de enfrentamento. In: **Uso dos solos e dos rios**: conceitos básicos e aplicações para Curitiba. Org. LIMA, R. Curitiba: UFPR, 2000b.

LOJKINE, J. **O estado capitalista e a questão urbana**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

MAACK, R. **Geografia Física do estado do Paraná**. São Paulo: Livraria José Olímpio Editora, 1981.

MARICATO, E. **Metrópole na periferia do capitalismo; ilegalidade, desigualdade e violência**. São Paulo: Hucitec, 1996.

MARINOSKI, D; GHISI, E.; GÓMEZ, L. Aproveitamento de água pluvial e dimensionamento de reservatório para fins não potáveis: estudo de caso em um conjunto

residencial localizado em Florianópolis - SC. In: I CLACS'04, X ENTAC'04, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, julho 2004, p.1- 15.

MAXIMIANO, L. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA' EGA – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004. Editora UFPR.

MENDONÇA, F. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **RA' EGA – O Espaço Geográfico em Análise**. Departamento de Geografia da UFPR. Curitiba, v. 1, n. 3, ano 3, 2000.

MERKL, C. **Redescobrimo o rio Belém: e me redescobrimo**. Curitiba, 1998. 108p. Monografia. Pós-Graduação em Gestão Técnica do Meio Urbano, Universidade Católica do Paraná – Université de Technologie de Compiègne.

MILES, M.; HUBERMAN, A. **Qualitative data analysis**. 6. Ed. London: SAGE Publications, 1987.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo: conjunturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MOURA, R. O projeto lei de zoneamento e uso do solo de Curitiba no contexto da Região Metropolitana. In: **Uso e Ocupação dos solos e dos rios: conceitos básicos e aplicações para a região de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2000.

MURATORI, A. **Planejamento ambiental e gestão territorial** Curitiba: 2005. Apostila digitada.

NAEF, F.; SCHERRER, S., WEILER, M. A process based assessment of the potencial to reduce flood runoff by land use change. **Journal of Hydrology**, v. 267, p. 74-79, 2002.

NUCCI, J. **Qualidade ambiental e adensamento: um estudo de planejamento da paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP)**. São Paulo, 1996. 229p. Tese (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas) - Departamento de Geografia - USP.

OAS. **Disaster, planning and development: managing natural hazards to reduce loss**. Washington, DC: Department of Regional Development and Environment, 1990.

OLIVEIRA, D. Evolução do planejamento urbano de Curitiba. In: **Uso e Ocupação dos solos e dos rios: conceitos básicos e aplicações para a região de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2000.

OLIVEIRA, S. **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

ORELLANA, M. Metodologia integrada no estudo do meio ambiente. **Geografia**, v. 10, n. 20, p. 125-148, 1985.

PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L.; CAMPOS, R. **Drenagem urbana sustentável no Brasil: relatório do Workshop em Goiânia – GO**. Goiânia: Escola de engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás, 2003.

PEREIRA, G. **Produção da cidade e degradação do ambiente: a realidade da urbanização desigual** Curitiba, 2002. Tese (Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná.

_____. **Novas perspectivas para gestão das cidades:** Estatuto da Cidade e mercado imobiliário. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 9, p. 77-92, 2004.

PEREIRA, M. **Semeando iras rumo ao progresso:** ordenamento jurídico e econômico da Sociedade Paranaense, 1829-1889. Curitiba: UFPR, 1996.

PEYERL, L. O planejamento urbano à luz do censo 2000. In: **Espaço urbano:** Revista do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba., v. 3, p. 8-21, 2003. Curitiba: IPPUC, 2003.

PLATE, E. Flood risk and flood management. **Jornal of Hydrology**, v. 267, p. 2-11, 2002.

PMC – Prefeitura Municipal de Curitiba. Departamento de Obras e Saneamento. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br>> Acesso: 22 de março de 2006.

POMPÊO, C. Development of a state policy for sustainable urban drainage. **Urban Water**, v. 1. p. 155-160, 1999.

PORTO, M. **Cidadania no Uso e Conservação dos Recursos Hídricos.** In: IV Seminário Internacional das Águas. Curitiba: IEP, 2005.

RAMOS, M.; BARBOSA, M. Gestão de políticas urbanas e mecanismos de democracia direta. In: **Metamorfoses sociais e políticas urbanas.** RAMOS, M. (org.) Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

RATTNER, H. **Planejamento urbano e regional** Sao Paulo: Nacional, 1994.

ROBSON, C. **Real world research: a resource for social scientists and practitioner.** Cambridge: Blackwell Publishers, 1993.

ROMANEL, M. C. T. S. **Análise temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Arroio Arujá em São José dos Pinhais-PR:** implicações socioambientais. 142p. Dissertação. Mestrado em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001.

RONCAGLIO, C.; LIMA, M. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 3, p. 53-63, janeiro-junho 2001.

RYAN, R. E BROWN R. The value of participation in urban watershed management. In: Watershed, Vancouver - Canada, 2000. **Proceedings...** Vancouver, julho 2000, p. 1-17.

SALAMUNI, R. Breves considerações sobre os aspectos geológicos da bacia de Curitiba. In: **Uso dos solos e dos rios:** conceitos básicos e aplicações para Curitiba. Org. LIMA, R. Curitiba: UFPR, 2000.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. **Entrevista do Sr. Antônio Carlos Gerardi:** gerente geral da Sanepar em Curitiba e Região metropolitana. Disponível em <<http://www.fundacaosanepar.com.br>> Acesso: 24 de janeiro de 2006.

SANTOS, C. **Microbacia do rio Vila Formosa Curitiba-PR:** diagnóstico e zoneamento ambiental como subsídio ao planejamento. Curitiba, 2001. 157p. Dissertação. Pós Graduação em Geografia – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, D. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, out/dez 2002.

SÃO PAULO. **Lei N. 13276, de 04 de janeiro de 2002.** Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas, coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2002.

SCHULTZ, G.; ENGMAN, E. **Remote sensing** in hydrology and water management. Berlin: Springer, c2000. 483 p.

SENRA, J. **Modelos de Gestão de Recursos Hídricos no Brasil.** In: IV Seminário Internacional das Águas. Curitiba: IEP, 2005.

SEVERINO, A. **Metodologia do trabalho científico.** 22. Ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SHARMA, V.; PRIYA, T. Development strategies for flood prone areas, case study: Patna, India. **Disaster Prevention and Management**, Bradford, v. 10, n. 2, p. 101-109, 2001.

SILVEIRA, A. Hidrologia urbana no Brasil. In: **Avaliação e controle da drenagem urbana.** TUCCI, C.; MARQUES, D. (org.). Porto Alegre: Editora Universidade – UFRGS, 2000.

SIMONOVIC, S. Social criteria for evaluation of flood control measures: Winnipeg case study. **Urban Water**, v. 1, p. 167-175, 1999.

SMOP – Secretaria Municipal de Obras Públicas. **Entrevista com o Coordenador Técnico do Departamento de Obras e Saneamento Sr. Almir Bonatto e com o Eng. Roberto Colin.** Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2005.

SOUZA, M. **Mudar a cidade:** uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, n. 4, p. 425-430, 2002.

STONE JR., B. Paving over paradise: how land use regulations promote residential imperviousness. **Landscape and Urban Planning**, v. 69, n. 1, . p. 101-113, July 2004.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Plano diretor de drenagem urbana para a bacia do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba - relatório final.** Curitiba, CH2MHILL, 2002.

TODINI, E. An operational decision support system for flood risk mapping forecasting and management. **Urban Water**, v. 1, p. 131-143, 1999.

TREVISAN, E. **O meio físico e a ocupação urbana de Curitiba, PR:** Estudo de caso. Curitiba, 2001. Tese (Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná.

_____. **Citação pessoal durante a Defesa de Mestrado de Rafaela Antunes Fortunato:** sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná e o Plano para a bacia do Tibagi. Curitiba: 16 maio/ 2006.

TUCCI, C. Conflitos do controle da inundaçao ribeirinha em Porto Alegre. In: **Avaliação e controle da drenagem urbana.** TUCCI, C.; MARQUES, D. (org.). Porto Alegre: Editora Universidade – UFRGS, 2000.

_____. **Apreciação do plano nacional de recursos hídricos e visão prospectiva dos programas e ações.** Brasília: ANA, 2001a. 53 p. Relatório técnico.

_____. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n.1, p.5-27., janeiro-março, 2001b.

_____. Inundações e drenagem urbana. In: **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002, p. 45-150.

_____. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina: REGA**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUCCI, C.; CORDEIRO, O. Diretrizes estratégicas para ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina: REGA**, v. 1, n. 1, p. 21-35, 2004.

TUNDISI, J. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.

_____. **Panorama da Água no Mundo - Ênfase no Brasil**. In: IV Seminário Internacional das Águas. Curitiba: IEP, 2005.

UNDRO. **Mitigation natural disasters: phenomena, effects and options**. New York: United Nations Disaster Relief Coordinator, 1991.

UNITED STATES. **Regional cooperation in the twenty-first century on flood control and management Asia and the Pacific**. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. New York: Un Department of Public Information, 1999. 232p.

VICENTINI, Y.; PEREIRA, G. A paisagem urbana da nova lei de zoneamento de Curitiba - BR116. In: **Cadernos de gestão pública. v. 2. Curitiba de verdade: a lei de zoneamento e uso do solo de Curitiba em debate**. Curitiba: Fundação Pedrosa Horta-PR, 2000.

VIEIRA, V. T.; SANDRA, B. C. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis. In: **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

YANG, L.; XIAN, G.; KLAVER, J.; BRIAN, D. Urban land-cover change detection through sub-pixel imperviousness mapping using remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 69, n. 9, p. 1003-1010, 2003.

YIN, R. **Estudos de caso: planejamento e método**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANDBERGEN, P. Urban watershed ecological risk assessment using GIS: a case study of the Brunette River watershed in British Columbia, Canada. **Journal of Hazardous Materials**, local, v. 61, n. 1-3, p. 163-173, august 1998.

ZANELA, E. **O impacto das precipitações, as inundações e a percepção das comunidades atingidas, da imprensa e dos gestores públicos: um estudo de caso no bairro Cajuru – Curitiba – PR**. Curitiba, 2005. 209 p. Qualificação. (Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná.

ZHANG, J.; ZHOU, C.; XU, K.; WATANABE, M. Flood disaster monitoring and evaluation in China. **Environmental Hazards**, v. 4, p. 33-43, 2002.