

NEIVA CRISTINA RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO E OCORRÊNCIA DE
INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO BACACHERI**

**CURITIBA
2007**

NEIVA CRISTINA RIBEIRO

**AVALIAÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO E OCORRÊNCIA DE
INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO BACACHERI**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Geologia Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Pio Fiori

Co-orientadores:

Prof^a. Dra. Chisato Oka-Fiori

Prof. Dr. Naldy Emerson Canali

**CURITIBA
2007**

Ribeiro, Neiva Cristina

Avaliação da impermeabilização e ocorrência de inundações na Bacia do Rio Bacacheri / Neiva Cristina Ribeiro. – Curitiba, 2007.

139: il., tabs, grafs.

Orientador: Alberto Pio Fiori

Co-orientadores: Chisato Oka-Fiori

Naldy Emerson Canali

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Geologia.

Inclui Bibliografia.

1. Inundações – Aspectos ambientais. 2. Bacacheri, Rio, Bacia (PR). 3. Solos. 4. Geologia ambiental. I. Fiori, Alberto Pio. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 556.511

TERMO DE APROVAÇÃO

Neiva Cristina Ribeiro

"AVALIAÇÃO DA IMPERMEABILIZAÇÃO E OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO BACACHERI".

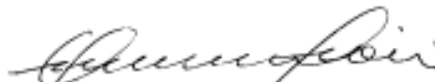
Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geologia, área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, Comissão formada por:



Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho
Universidade Estadual de Maringá



Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos
Universidade Federal do Paraná



Prof. Dr. Alberto Pio Fiori
Universidade Federal do Paraná
Presidente

Curitiba, 08 de março de 2007.

À minha família,
pelo amor e o cuidado de sempre.
Ao meu irmão, Nelson Luiz (*in memoriam*),
eterno companheiro de vida e de minhas pesquisas.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alberto Pio Fiori, pela orientação deste trabalho, compreensão e confiança durante esse período. Por sua simplicidade, apesar de todo conhecimento científico que possui; a quem aprendi a admirar.

Aos meus co-orientadores, Prof^a Dra. Chisato Oka Fiori, pelo carinho e amizade, pela cessão das aulas no estágio supervisionado, pelo exemplo profissional e pessoal de dedicação. Ao Prof. Dr. Naldy Emerson Canali pela amizade e por me ensinar a gostar do tema “bacias hidrográficas”, do qual tem pleno domínio. A vocês, eternos mestres, minha profunda admiração e respeito.

Ao curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná, por me acolher como participante em seu programa.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, do Ministério da Educação, pelo apoio financeiro recebido durante a pesquisa.

Aos professores do Departamento de Geologia, em especial Prof^a Dra. Eleonora M. G. Vasconcellos, Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani, Prof. Dr. Eduardo Salamuni, Prof. Dr. André V. L. Bittencourt, Prof. Dr. Sidnei Pires Rostirolla, Prof. Dr. Augustinho Rigoti, Prof. MSc. Fernando Mancini, Prof. MSc. Renato Lima, pelos conhecimentos transmitidos nas disciplinas ministradas, palestras e consultas informais.

Aos professores do Departamento de Geografia da UFPR, pelo embasamento científico proporcionado durante minha formação acadêmica.

Aos funcionários do Departamento de Geologia, Daniel, Augusta e Rosalda e da Secretaria da Pós-Graduação, Sarita Pavin, pela amizade e suporte administrativo durante esse período.

Aos funcionários da Biblioteca do Setor de Tecnologia, Sr. José, Sofia, Milena, Rosa, Malu, Giovanna, Sr. Adilson, Eliane e demais, pelo trabalho de todos, proporcionando a consulta ao acervo desta biblioteca, pela atenção e amizade.

À SEMA, na pessoa de Isaías e Pedrinho, pelo empréstimo das fotografias aéreas.

À COMEC, por fornecer as bases digitais para a elaboração dos mapas e outros dados.

À SUDERHSA, nas pessoas de Jaqueline, Paulo, Josemar, Sônia, pelo fornecimento de bases digitais e fotografias aéreas do ano 2000 em meio digital. A Edson Nagashima, Nilson Moraes, Júlio Habitzreuter Jr., pelo fornecimento de dados hidrológicos.

À SMOP pelos dados fornecidos sobre enchentes em Curitiba e bacia do rio Atuba.

Aos colegas da SANEPAR, pela compreensão e incentivo na etapa final, e aos geólogos Ester Amélia Assis Mendes, Kátia Cristina Nakandakare, Jurema Feltrin (*in memoriam*) Marcos Justino Guarda, Aldo Maffei Prieto Fernandes, Adalberto Amancio de Souza, Erivelto Luiz da Silveira e Adriano Razera Filho, pela amizade e pelos anos de convivência que me fizeram admirar mais outra ciência: Geologia.

Aos colegas de curso, Nicole Borchardt, Fabrízia Gioppo Nunes, Claudinei Taborda da Silveira, William Vargas Flórez, sou grata pelas horas de descontração e pela amizade construída nesse tempo. Aos que me auxiliaram em algum momento da pesquisa com determinados programas computacionais, minha gratidão.

Ao geógrafo Júlio Manoel F. Silva, pelo imprescindível auxílio com as ferramentas de geoprocessamento e na organização dos mapas finais, meu agradecimento especial.

À geógrafa Telma Guilhermina Elias, amiga de longa data, pela revisão do texto final.

Aos amigos Bianca Soares Grassi, pelo auxílio na tradução do resumo para o idioma inglês, e geógrafo João Paulo Macieira Barbosa, pelo auxílio na formatação final de algumas figuras.

À minha prima, Crysleine Valéria Neves, por acompanhar um dos trabalhos de campo.

À Clotilde Zai Silveira, Sebastião A. da Silva e Camila V. Muller pela amizade iniciada em diferentes momentos desta jornada.

A meu irmão Marcelo Benito Ribeiro, pelo companheirismo e por dedicar seu tempo durante os trabalhos de campo, pelas fotografias digitais e pelo GPS oferecido como presente. Meu amor e gratidão eternos!

A meus pais, Armenio e Zilá, pela formação transmitida em nossa família, pelo apoio e acompanhamento de todas as etapas, pelo amor incondicional, cuidado e proteção.

Meu amor e gratidão de filha!

A Deus, pela oportunidade, saúde e capacitação para realizar essa pesquisa.

*Gotas de água da chuva, alegre arco-íris sobre a plantação.
Gotas de água da chuva, tão tristes, são lágrimas na inundação...*
(trecho da música "Planeta Água", de Guilherme Arantes)

*Todos os rios correm para o mar, porém o mar não fica cheio.
A água volta para onde nascem os rios, e tudo começa outra vez.*
(Eclesiastes cap 1: vers.7, Bíblia Sagrada – tradução na linguagem de hoje)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE QUADROS	XII
LISTA DE GRÁFICOS	XIII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIV
RESUMO	XV
ABSTRACT	XVI
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 OBJETIVOS	03
2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	04
3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	08
3.1 GEOLOGIA	08
3.1.1 Aspectos Regionais	08
3.1.2 Geologia da Bacia Hidrográfica do rio Bacacheri	10
3.1.2.1 Sedimentos Recentes	12
3.1.2.2 Formação Guabirota	13
3.1.2.3 Complexo Gnáissico-Migmatítico	19
3.2 GEOMORFOLOGIA	20
3.2.1 Declividade	23
3.2.2 Hipsometria	25
3.3 CLIMA	29
3.4 SOLOS	32
3.4.1 Latossolos	33
3.4.2 Cambissolos	33
3.4.3 Gleissolos	34
3.4.4 Organossolos	35
3.4.5 Malha Urbana – Solos Indefinidos	35
3.5 ANTROPIZAÇÃO	37
4 REFERENCIAL TEÓRICO	41
5 MATERIAL E MÉTODOS	54
5.1 HIERARQUIA FLUVIAL	57
5.2 ANÁLISE LINEAR	58
5.2.1 Comprimento médio por ordem dos segmentos (em metro)	58
5.2.2 Extensão do percurso superficial (km/km ²) – Eps	58
5.2.3 Comprimento do canal principal (km) - Lcp	59

5.2.4	Altura do canal principal (m) - Hcp	59
5.2.5	Gradiente do canal principal (m/km) – Gcp	59
5.3	ANÁLISE AREAL	59
5.3.1	Perímetro da bacia (km)	60
5.3.2	Área da bacia (km ²)	60
5.3.3	Densidade hidrográfica (rios/km ²) – Dh	60
5.3.4	Densidade de drenagem (km/km ²) – Dd	60
5.3.5	Comprimento da bacia (km) – Lb	61
5.3.6	Coeficiente de Compacidade da bacia (forma da bacia) - Cc	61
5.4	ANÁLISE HIPSOMÉTRICA	61
5.4.1	Altura da bacia (m) – Hb	61
5.4.2	- Relação de relevo (m/km) – Rr	62
5.5	PARÂMETROS HIDROLÓGICOS	63
5.5.1	Transformação da Unidade do Deflúvio – D	63
5.5.2	Índice de Escoamento da Bacia – IE	63
5.5.3	Evapotranspiração ou Déficit de Escoamento – EVT	64
5.5.4	Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária (em l/s/km ²) - CCE	64
5.5.5	Coeficiente de Escoamento – CE	64
5.6	CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI	65
6	RESULTADOS	68
6.1	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI	68
7	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI	72
8	TRABALHOS DE CAMPO E RECONHECIMENTO DA BACIA DO RIO BACACHERI	78
9	ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO BACACHERI	86
9.1	ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1952	88
9.2	ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1962	92
9.3	ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1980	95
9.4	ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 2000	98
9.5	ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO DURANTE O PERÍODO 1952 -2000	102
9.6	CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO	105
10	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	108
11	CONCLUSÕES	115
	REFERÊNCIAS	117
	ANEXO	122

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO BACACHERI	05
FIGURA 2	- MAPA BASE DA BACIA DO RIO BACACHERI	06
FIGURA 3	- BACIA DO RIO BACACHERI – DIVISÃO POR BAIRROS	07
FIGURA 4	- AFLORAMENTO – CONTATO ENTRE O ALUVIÃO, FORMAÇÃO GUABIROTUBA E EMBASAMENTO CRISTALINO – ESCALA APROXIMADA DE 10 METROS	10
FIGURA 5	- MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO BACACHERI	11
FIGURA 6	- FORMAÇÃO GUABIROTUBA – AFLORAMENTO EM MOVIMENTO DE TERRA NA MARGEM NORTE DA AV. JUSCELINO KUBITSCHKEK – PARTE SUL DE CURITIBA	15
FIGURA 7	- FORMAÇÃO GUABIROTUBA	16
FIGURA 8	- EROSÃO NA FORMAÇÃO GUABIROTUBA – PARTE SUL DE CURITIBA	18
FIGURA 9	- MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI	24
FIGURA 10	- MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DO RIO BACACHERI	28
FIGURA 11	- MAPA DE SOLOS DA BACIA DO RIO BACACHERI	36
FIGURA 12	- ÁREAS PRESERVADAS DE FLORESTA SECUNSÁRIA NAS NASCENTES DO RIO	39
FIGURA 13	- LAGOS ARTIFICIAIS NOS PARQUES DA BARREIRINHA E BACACHERI	39
FIGURA 14	- ASPECTO DO RIO BACACHERI NA ÁREA DO PARQUE BACACHERI	40
FIGURA 15	- ASPECTO DO LAGO DO PARQUE BACACHERI EM ÉPOCAS DISTINTAS	40
FIGURA 16	- TIPOS DE LEITOS FLUVIAIS	47
FIGURA 17	- CARACTERÍSTICAS DAS ALTERAÇÕES DE UMA ÁREA RURAL PARA URBANA – SCHUELER, 1987	52
FIGURA 18	- BACIA DO RIO BACACHERI – PONTOS DE CONTROLE EM CAMPO	82

FIGURA 19	- ASPECTOS GERAIS DA BACIA DO RIO BACACHERI	83
FIGURA 20	- RIO BACACHERI – CONJUNTO SOLAR – BAIRROS TINGUI/ BACACHERI	84
FIGURA 21	- TRECHO PRÓXIMO À FOZ E FOZ DO RIO BACACHERI	85
FIGURA 22	- FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 1952	90
FIGURA 23	- CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 1952	91
FIGURA 24	- FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 1962	93
FIGURA 25	- CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 1962	94
FIGURA 26	- FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 1980	96
FIGURA 27	- CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 1980	97
FIGURA 28	- FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 2000	99
FIGURA 29	- CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI – ANO 2000	100
FIGURA 30	- FOTOGRAFIAS AÉREAS E MAPAS RESULTANTES DA CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI PARA OS ANOS DE 1952-1962-1980-2000	101

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) – ADOTADO PELA SUCEPAR (ATUAL SUDERHSA)	65
TABELA 2	- COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)	65
TABELA 3	- COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) PARA A BACIA DO RIO BACACHERI, POR ANO DE AVALIAÇÃO	86

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	- COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DE CURITIBA	09
QUADRO 2	- SEGMENTOS DE CANAIS POR ORDEM HIERÁRQUICA	68
QUADRO 3	- PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS PARA O RIO BACACHERI	69
QUADRO 4	- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI	73
QUADRO 5	- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI – A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 1952	75
QUADRO 6	- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI – A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 1962	75
QUADRO 7	- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI – A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 1980	76
QUADRO 8	- CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI – A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 2000	76
QUADRO 9	- PONTOS DE CONTROLE EM CAMPO (VISITAS REALIZADAS)	80
QUADRO 10	- SUPERFÍCIES MAPEADAS PARA A BACIA DO RIO BACACHERI CONFORME CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE – EM ÁREA (km ²) E PERCENTUAL (%)	87
QUADRO 11	- ÍNDICE DE COBERTURA COMPARADO AO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	102
QUADRO 12	- ÍNDICE DE COBERTURA DA BACIA DO RIO BACACHERI, POR ANO – (ADAPTADO)	103
QUADRO 13	- CURITIBA – POPULAÇÃO TOTAL – 1950 A 2000 E ESTIMADA PARA 2005	105

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm) MENSAIS PARA OS ANOS DE 1952 - 1962 - 1980 – 2000	74
GRÁFICO 2 -	EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO BACACHERI CONFORME CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA DA ÁREA – EM km ²	87
GRÁFICO 3 -	EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO BACACHERI CONFORME CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA DA ÁREA – EM %	88
GRÁFICO 4 -	CURITIBA – POPULAÇÃO TOTAL DE 1950 A 2000 E ESTIMADA PARA 2005	106

LISTA DE ABREVIATURAS

COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A.

PMC – Prefeitura Municipal de Curitiba

RMC – Região Metropolitana de Curitiba

SAD 69 - *South America Datum 1969*

SANEPAR / DMA / USHI – Companhia de Saneamento do Paraná / Diretoria de Meio Ambiente / Unidade de Serviço de Recursos Hídricos

SANEPAR/ USHG - Companhia de Saneamento do Paraná / Unidade de Serviço de Hidrogeologia

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SEMMA - Secretaria Municipal do Meio Ambiente

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SMOP – Secretaria Municipal de Obras Públicas

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

UTM – Sistema de Projeção *Universal Transversal de Mercator*

RESUMO

Este trabalho avaliou a evolução da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Bacacheri, localizada na porção nordeste da cidade de Curitiba, a partir da análise dos parâmetros morfométricos e hidrológicos. Para o desenvolvimento da pesquisa foram adotadas as seguintes metodologias: análise multitemporal do uso e ocupação do solo por meio da interpretação de fotografias aéreas dos anos de 1952, 1962, 1980 e 2000; análise morfométrica que seguiu a metodologia proposta por HORTON (1945), adaptada por STRAHLER (1952) e apresentada por CHRISTOFOLETTI (1980); e avaliação de produção hídrica da bacia de drenagem por método expedito, segundo roteiro proposto por CANALI (2004, inédito). A aplicação de técnicas de mapeamento em ambiente SIG aliadas a fotointerpretação foram fundamentais para a confecção de mapas temáticos, e serviram de instrumentos na composição da análise e resultados finais. Pelos períodos mapeados e parâmetros analisados observou-se o crescimento de áreas impermeáveis que, em 1952 correspondiam a 1,1% e, em 2000, passaram a 62,9% do total da bacia hidrográfica. O aumento da impermeabilização do solo por meio da urbanização repercute na capacidade de infiltração das águas. Esse processo, somado ao aporte de sedimentos e detritos nos canais fluviais, altera a hidrodinâmica das bacias de drenagem, provocando inundações.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Impermeabilização do solo. Inundação.

ABSTRACT

This work evaluated the evolution of the waterproofing of the ground in the hydrographic basin of the Bacacheri River, located at northeast portion of the city of Curitiba, from the analysis of morphometrics and hydrologic parameters. For the development of the research the following methodologies had been adopted: multitemporal analysis of the use and occupation of the land by means of the aerial photograph interpretation for the years of 1952, 1962, 1980 and 2000; morphometric analysis that it followed the methodology proposal for HORTON (1945), adapted for STRAHLER (1952) and presented for CHRISTOFOLETTI (1980); and the evaluation of hydric production of the draining basin in expeditious method proposal for CANALI (2004, unknown one). The application of techniques of mapping in allied environment GIS to the photointerpretation had been basic for the confection of thematic maps, which had served of instruments in the composition of the analysis and final results. For the periods studied and analyzed parameters the growth of impermeable areas was observed that in 1952 corresponded the 1.1%, and in 2000, had passed 62.9% of the total in the hydrographic basin. The increase of the waterproofing of the ground consequence of the urbanization reflects in the infiltration capacity of waters. This process, added to it arrives in port of sediments and debris in the fluvial canals, modifies the hydrodynamics of the draining basins, provoking floodings.

Key words: Hydrographic basin. Waterproofing. Flooding.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um intenso crescimento demográfico da cidade de Curitiba e Região Metropolitana, refletindo, assim, num processo de urbanização sofrido pelas capitais brasileiras neste período.

Na década de 70, a Região Metropolitana de Curitiba apresentava a mais alta taxa de crescimento populacional ao ano (5,78%) quando comparada com as demais regiões metropolitanas do país, como Belo Horizonte (4,70%), São Paulo (4,46%), Salvador (4,41%), Fortaleza (4,30%), Belém (4,30%), Porto Alegre (3,84%), Recife (2,74%) e Rio de Janeiro (2,44%). Esse crescimento se deu nos âmbitos que consideram tanto o pólo quanto o conjunto dos 14 municípios integrantes na referida década, a saber: Almirante Tamandaré, Araucária, Balsa Nova, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Colombo, Contenda, Curitiba, Mandirituba, Piraquara, Quatro Barras, Rio Branco do Sul e São José dos Pinhais (ULTRAMARI e MOURA, 1994). Esse fenômeno explica-se devido ao grande êxodo rural observado no Estado durante aquele período.

Em meados de 1994, ainda constatava-se um ciclo de urbanização acelerado e contínuo, conjugando, desse modo, o fenômeno da concentração. Dados do Censo 2000 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - revelaram um índice de população urbana no Paraná da ordem de 81%, semelhante aos índices nacionais.

As implicações de tal fenômeno são observadas nos impactos causados ao ambiente, dentre os quais destacam-se as ocupações desordenadas junto às margens de rios, em áreas de fundo de vale e de planícies aluviais, sendo as bacias hidrográficas as mais afetadas pelo processo de concentração.

O aumento da impermeabilização do solo através de obras de engenharia como pavimentação de ruas, edificações, calçadas, dentre outros, também constitui fator determinante para a descaracterização das bacias de drenagem nas áreas

intensamente urbanizadas, contribuindo para o aumento da freqüência de inundações nas cheias pequenas e médias.

Considerando os efeitos impactantes acima descritos, esta pesquisa propõe avaliar a evolução da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Bacacheri na cidade de Curitiba como um dos fatores para a ocorrência de inundações, correlacionando os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e de uso e ocupação do solo, partindo da análise multitemporal para identificação das alterações na dinâmica fluvial da bacia. A escolha da área de estudo é devido ao fato desta bacia estar inserida num contexto urbano, de grande concentração urbana gerada pela ocupação humana ao longo dos anos.

A ocupação de bacias hidrográficas pode ser comparada a uma relação de causa-efeito, em que ocorre o impacto da ação antrópica sobre o ambiente e o impacto do ambiente sobre o homem, por meio da ocorrência de inundações na bacia de drenagem, erosões nas margens dos rios, assoreamentos, poluição dos recursos hídricos e redução da qualidade da água, entre outros.

A questão das enchentes em Curitiba e Região Metropolitana - de dimensões e freqüência crescentes - tornou-se elemento especial na busca por soluções, por meio do desenvolvimento de estudos e pesquisas que produzam conhecimento científico e a conseqüente transferência dos resultados alcançados para a sociedade, a fim de criar instrumentos para as políticas públicas de gestão ambiental do espaço urbano.

Uma vez que os índices de adensamento populacional revelam um crescimento contínuo em seus números e, os problemas ambientais acarretados tendem a agravar-se pela falta de infra-estrutura regional assim como de políticas ambientais adequadas, o tema proposto para esta pesquisa justifica-se pelo interesse de caráter público, contribuindo como subsídio ao planejamento urbano.

1.1 OBJETIVOS

A pesquisa teve como objetivo principal a avaliação da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica do rio Bacacheri, utilizando técnicas de fotointerpretação e geoprocessamento aliadas a modelos matemáticos para a quantificação da impermeabilização ao longo do período de 48 anos, conforme levantamentos aerofotogramétricos disponíveis.

Para o desenvolvimento da pesquisa adotaram-se os seguintes métodos: análise multitemporal do uso e ocupação do solo, análise morfométrica da bacia hidrográfica e caracterização hidrológica por método expedito da bacia hidrográfica do rio Bacacheri.

A fim de alcançar este objetivo foram determinados os objetivos específicos que seguem:

- Revisão bibliográfica para levantamento de conhecimentos produzidos sobre o tema;
- Levantamento de dados hidrológicos;
- Descrição dos elementos de composição da paisagem (geologia, geomorfologia, rede de drenagem, cobertura vegetal, solos e ocupação humana);
- Interpretação de cartas topográficas para a caracterização da bacia hidrográfica através de parâmetros morfométricos;
- Confecção de mapas temáticos, os quais serviram de instrumentos na composição da análise e resultados finais, através de Sistema de Informação Geográfica - SIG;
- Mapeamento da evolução da ocupação urbana na área da bacia pela interpretação de fotografias aéreas de diferentes períodos.

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Bacacheri localiza-se na porção nordeste da cidade de Curitiba, sendo afluente do rio Atuba, que por sua vez, faz parte dos tributários da margem direita da bacia do Alto Iguaçu.

A bacia hidrográfica do rio Bacacheri possui uma área total de drenagem de 30,81 km² e está compreendida entre as coordenadas geográficas de latitude 25°21'04"S a 25°26'58"S e longitude 49°16'15"W a 49°11'59"W. As coordenadas correspondentes no sistema de projeção UTM, *datum* horizontal SAD 69, fuso 22 são, respectivamente, (y) 7.195.000 m N - 7.184.000 m N e (x) 674.000 m E - 681.000 m E.

O canal principal mede 12,5 km de extensão e o canal secundário, denominado rio Bacacheri-Mirim, tem 4,5 km de comprimento. Grande parte do leito do rio Bacacheri encontra-se canalizado e, muitos trechos foram retificados. (Figuras 1 e 2).

Suas nascentes encontram-se na região do bairro Cachoeira, com altitude aproximada de 1.000 m. Desenvolve-se no sentido NW – SE até chegar à sua foz no rio Atuba, a 885 m de altitude, no bairro Capão da Imbuia.

A bacia hidrográfica do rio Bacacheri está totalmente urbanizada, com a maior parte de sua área ocupada por edificações. A bacia abrange dez bairros do município de Curitiba, desde suas nascentes até sua foz: Cachoeira, Barreirinha, Santa Cândida, Boa Vista, Tingui, Bacacheri, Bairro Alto, Jardim Social, Tarumã e Capão da Imbuia, conforme Figura 3.

FIGURA 1

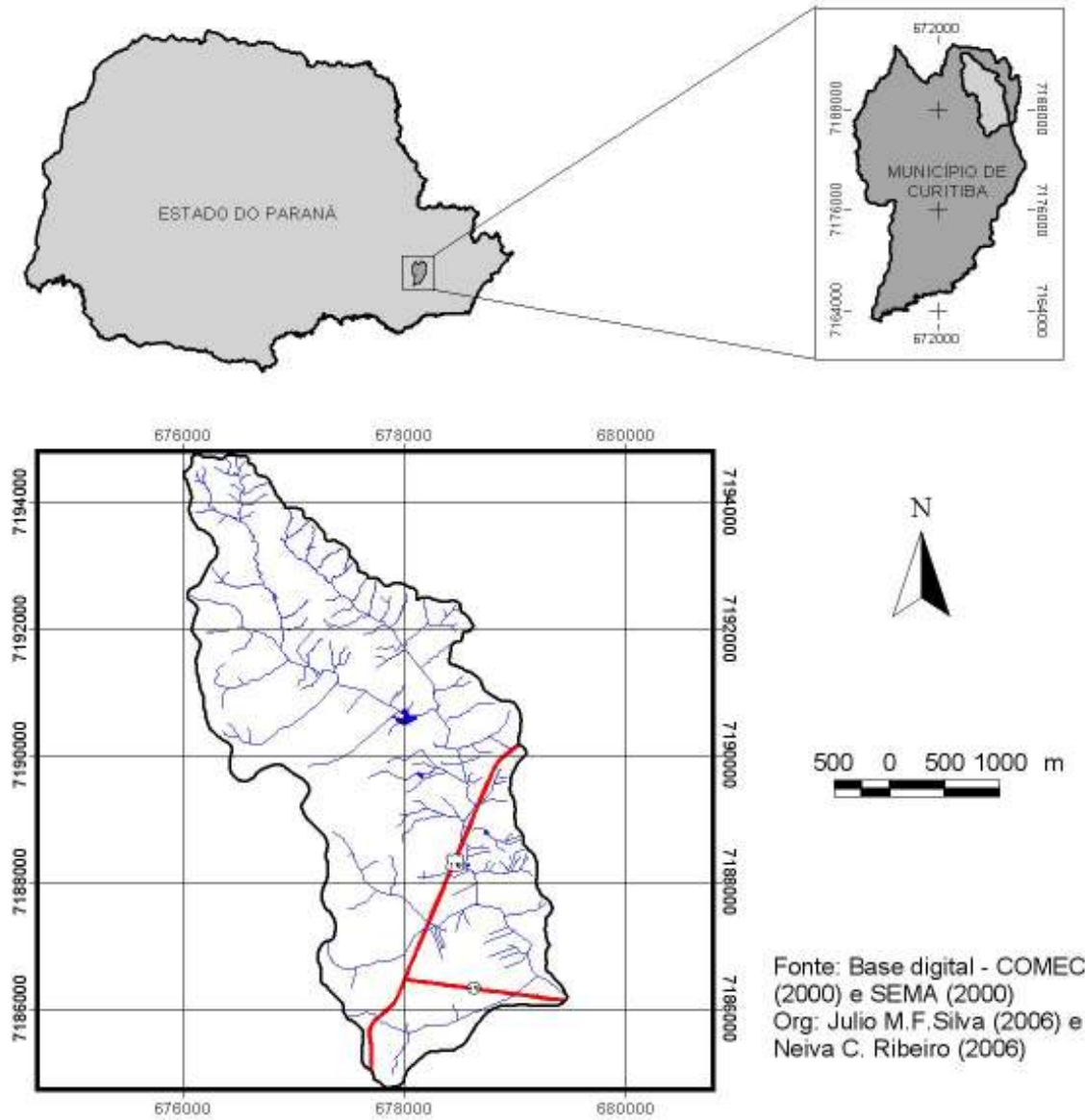
LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO BACACHERI

FIGURA 2

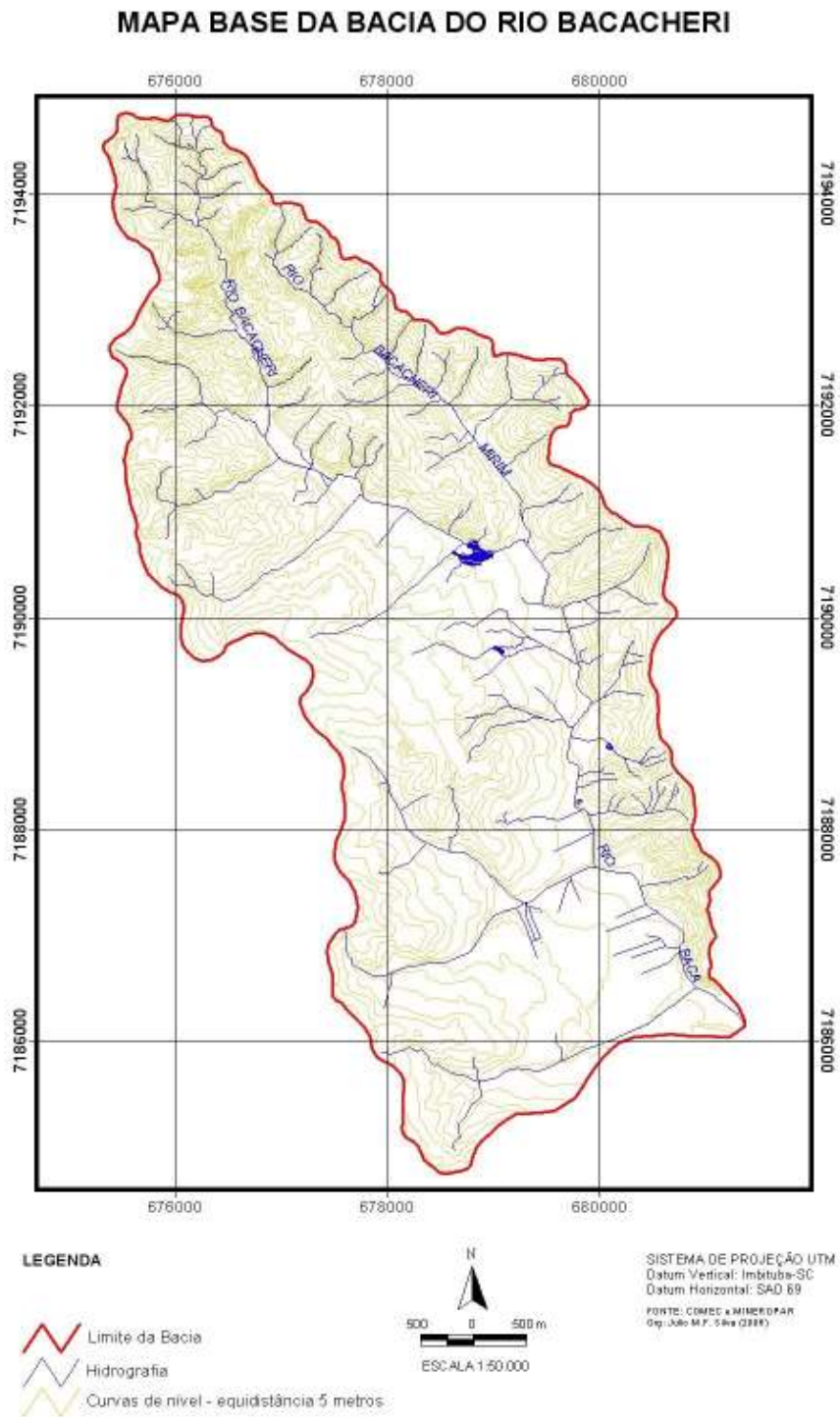
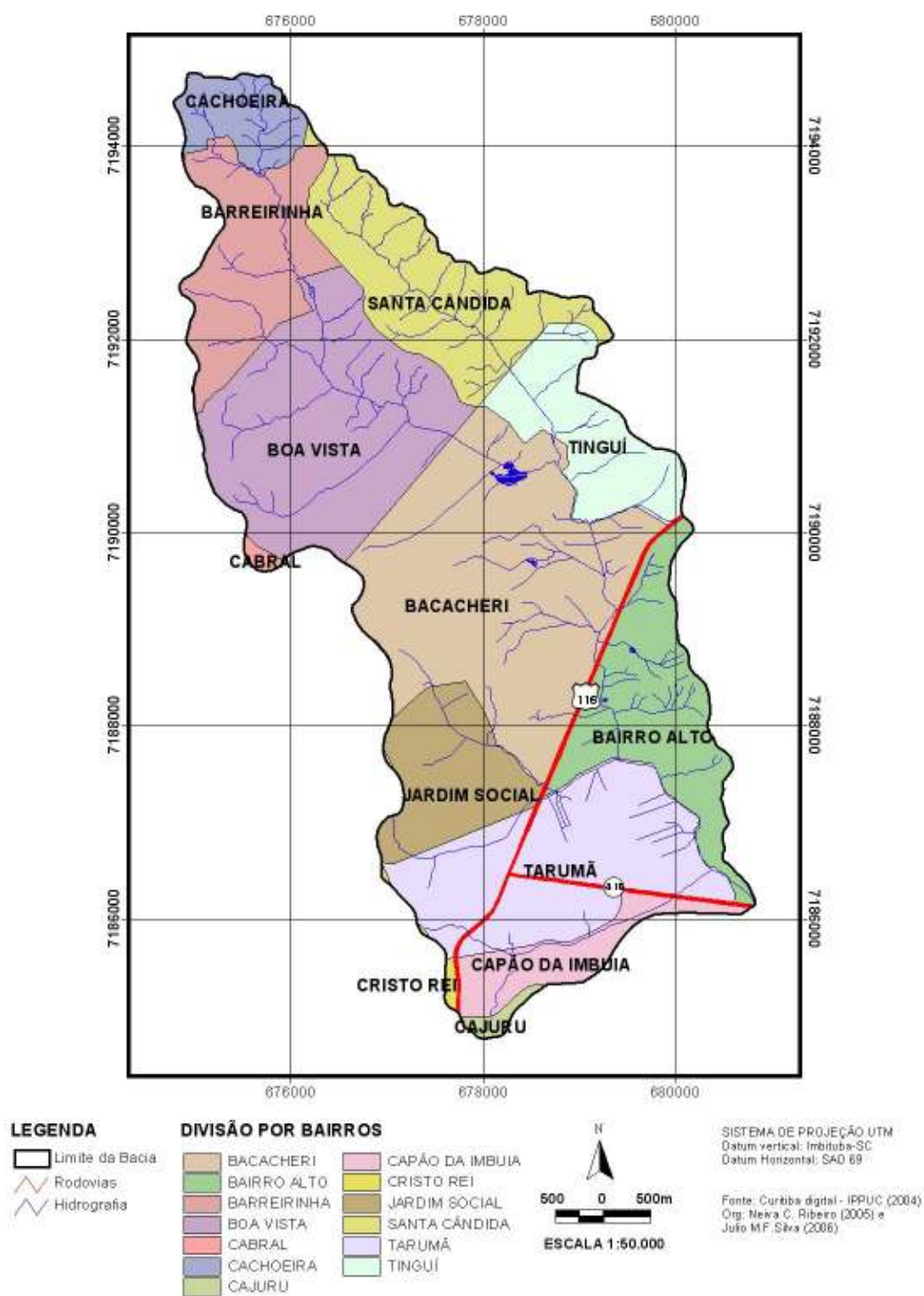


FIGURA 3

BACIA DO RIO BACACHERI - DIVISÃO POR BAIRROS



3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ESTUDO

3.1 GEOLOGIA

3.1.1 Aspectos Regionais

Segundo SALAMUNI,E.; SALAMUNI,R.; EBERT (1999, p.123) a região de Curitiba é formada geologicamente por distintas unidades litoestratigráficas que são representadas, em parte, por rochas do embasamento e por sedimentos sobrepostos, os quais compõem a Bacia Sedimentar de Curitiba.

De acordo com esses autores, o embasamento é caracterizado pela presença de xistos, quartzitos, anfibolitos e principalmente gnaisses e granitóides, em parte migmatizados, de idade proterozóica inferior, porém rejuvenescidos no Proterozóico médio e também no superior.

Já as unidades sedimentares são representadas pelas formações Guabirota e Tinguis, e pelos terrenos aluvionares.

A Formação Guabirota, de idade provável oligo-miocênica, segundo os autores citados, é composta essencialmente por argilas pouco consolidadas, arcósios, areias arcósias e depósitos rudáceos basais.

A Formação Tinguis, de idade pleistocênica-holocênica, encontra-se sobreposta à Formação Guabirota e compõe-se de sedimentos retrabalhados da própria Formação Guabirota, porém com pouco transporte.

Os terrenos aluvionares, de idade holocênica, são compostos de sedimentos colúvio-aluvionares depositados pelo rio Iguaçu e seus tributários. Essas três unidades sedimentares preenchem a calha da Bacia Sedimentar de Curitiba, constituída por uma depressão rasa alongada na direção NE-SW.

No Quadro 1 encontra-se a coluna estratigráfica da região de Curitiba, sendo que todas essas unidades estão depositadas sobre as rochas cristalinas do Complexo Atuba de idade Proterozóica inferior a Arqueano (SALAMUNI, 1998).

QUADRO 1 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO DE CURITIBA

IDADE	UNIDADE GEOLÓGICA	LITOLOGIA PRINCIPAL
Quaternário (superior) – Holoceno	Aluviões e depósitos coluvionares secundários	Depósitos arenosos pouco selecionados a selecionados, friáveis e em parte com matriz argilosa
Quaternário (inferior) – Pleistoceno a Holoceno	Formação Tinguis	Colúvios argilosos, cascalheiras e lentes de areias arcossianas
Terciário (médio a superior) – Mioceno a Plioceno	Formação Guabirota	Depósitos argilíticos pouco consolidados, areias arcossianas, depósitos rudáceos com matriz areno-argilosa, lentes de areias quartzosas e depósitos carbonáticos restritos (calcretes e caliches)

FONTE: Adaptado de SALAMUNI (1998).

Na Figura 4 observa-se, na porção superior da foto, o contato entre o Aluvião e a Formação Guabirota, e na porção inferior, o contato da Formação Guabirota com o Embasamento Cristalino. Trata-se de um corte de aproximadamente 10 metros de altura (escala aproximada). Observa-se também a presença de ravinamento por ação pluvial. A localização deste afloramento é na direção leste de Curitiba, cerca de 500m da margem norte da BR-277, 3km a oeste do posto de pedágio próximo ao Km 63.

São depósitos pertencentes à Formação Guabirota, onde percebe-se uma interdigitação de depósitos rudáceos (tendências conglomeráticas) e lamíticos (tendência argilíticas).

Os depósitos rudáceos são imaturos, mal selecionados e pouco trabalhados, com seixos angulosos, pouco esféricos e de tamanhos, por vezes, decimétricos; a matriz varia de siltico-argilosa a areno-siltosa.

Os depósitos lamíticos encontram-se intercalados aos rudáceos, são pouco espessos e marcam um princípio de laterização. Apresentam fraturas de contração e fácil desagregação quando em contato com a água, evidenciando grande quantidade de argilas expansivas.

FIGURA 4 – AFLORAMENTO - CONTATO ENTRE O ALUVIÃO, FORMAÇÃO GUABIROTUBA E EMBASAMENTO CRISTALINO – ESCALA APROXIMADA DE 10 METROS



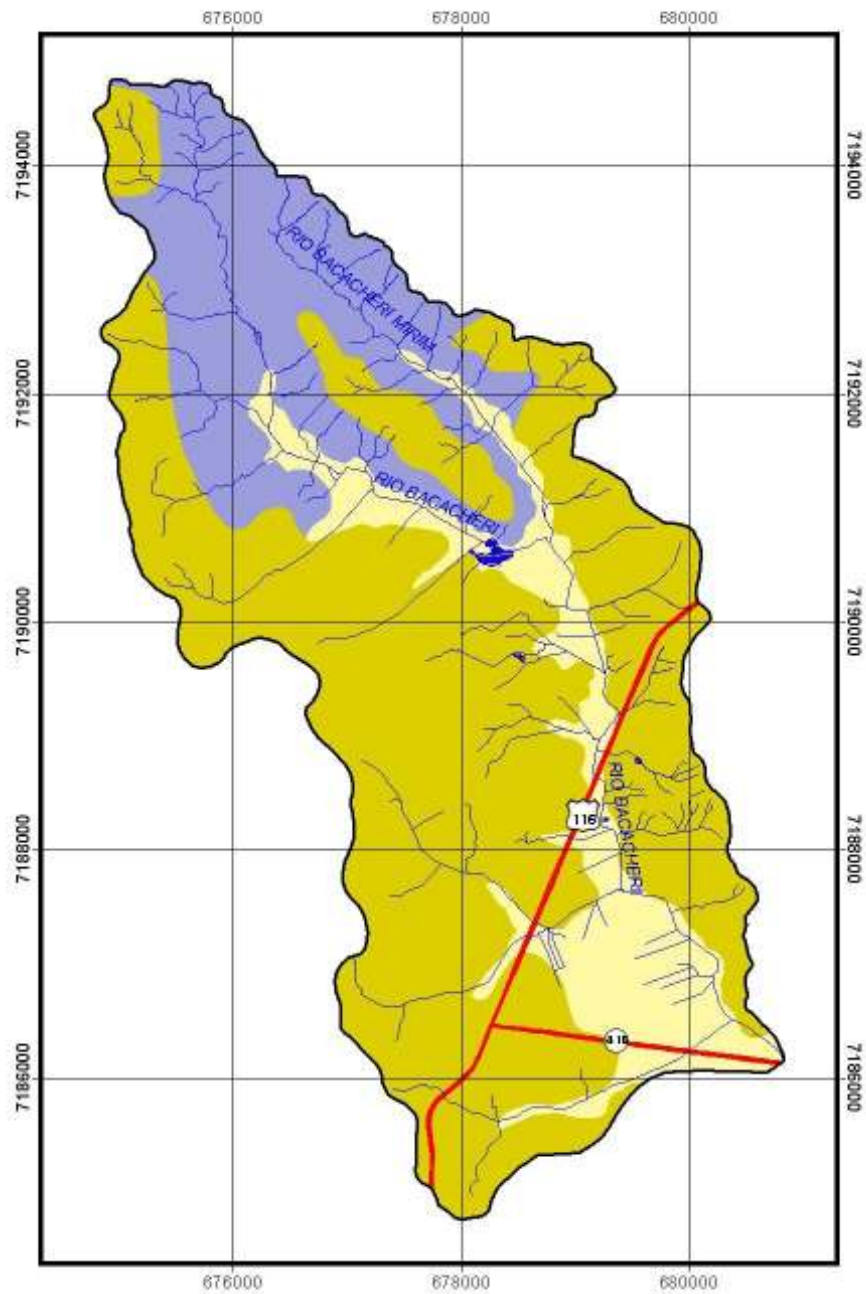
FONTE: RIBEIRO, N.C. (22/06/05)

3.1.2 Geologia da Bacia Hidrográfica do rio Bacacheri

A bacia hidrográfica do rio Bacacheri é geologicamente constituída por Sedimentos Recentes, sedimentos da Formação Guabirotuba e rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico, conforme mapa geológico apresentado na Figura 5.




FIGURA 5

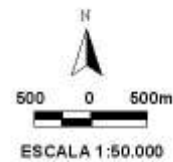
MAPA GEOLÓGICO DA BACIA DO RIO BACACHERI



LEGENDA

-  Limite da Bacia
-  Rodovias
-  Hidrografia

-  Sedimentos recentes - QPg
-  Formação Guabirotuba - QHa
-  Complexo Gnáissico Migmatítico - APImge



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
Datum vertical: Imbituba-SC
Datum Horizontal: SAD 69

Fonte: Base digital MINEROPAR (2004)
na escala 1:50.000
Org: Neira C. Ribeiro (2005) e
Júlio MF Silva (2006)

3.1.2.1 Sedimentos Recentes

Sedimentos Recentes ou Sedimentos Colúvio-Aluvionares do Holoceno, correspondem aos sedimentos inconsolidados na forma de terraços aluvionares e aluviões, constituídos por materiais predominantemente siltico-arenosos com pouca frequência de camadas argilosas.

Ocorrem na planície de inundação da bacia do rio Bacacheri, no médio e baixo curso, sendo que neste último os sedimentos estão depositados em sua maior parte na margem direita do curso principal.

Na área de ocorrência desta unidade geológica, a topografia apresenta-se pouco acidentada, praticamente plana, com vertentes suaves e vales muito abertos com fundos planos (BIGARELLA *et al.*, 2003).

Conforme HACH-HACH & LIMA (1999, p.115), os **terraços aluvionares** são sedimentos silte argilosos depositados em ambiente fluvial e situados em posição topograficamente elevada em relação aos aluviões atuais que se caracterizam por sedimentos arenosos siltosos, depositados em ambiente fluvial, com camadas decimétricas a métricas de cascalho e areia de granulometria média, com seixos subangulosos e intercalados com argilas plásticas de cor cinza escura.

LOPES (1966, p.16), ao detalhar os aluviões da Folha Geológica de Curitiba, descreve que vastas planícies aluviais estendem-se nas zonas dos migmatitos, especialmente ao longo dos rios e camadas de siltitos e areia são freqüentes nos depósitos aluviais. As camadas argilosas têm importância secundária, ao contrário do que ocorre nos sedimentos Guabirotuba. As areias são pouco feldspáticas, não havendo ocorrência de arcósios verdadeiros e são verificadas camadas de argilas com elevado teor orgânico em conjunto com alguns desses depósitos.

BIGARELLA & SALAMUNI (1962) citados em BIGARELLA (2003, p.1.229) afirmam que os arcósios são inexistentes nos depósitos recentes holocênicos, pelo fato das areias apresentarem um teor muito reduzido de feldspatos. Nas áreas de várzeas salientam-se as camadas de argilas turfosas, com quantidades variáveis de matéria orgânica.

Para BIGARELLA & SALAMUNI (1962) *apud* a espessura dos depósitos recentes na sua totalidade possivelmente não ultrapassa os 15 m.

Conforme LOPES (1966, p.17), a estratificação dos sedimentos aluviais é irregular, às vezes com uma incipiente estratificação cruzada. As cores são geralmente claras nas camadas de arenitos, avermelhadas nos siltitos e escuras nas argilas orgânicas.

De acordo com BIGARELLA e SALAMUNI (1962) citados em BIGARELLA (2003, p.1.229), os sedimentos recentes apresentam uma estratificação que pode ser considerada geralmente irregular, algumas vezes com estratificação cruzada. Os aspectos da estratificação estão diretamente ligados ao tamanho da granulação sobressaindo-se as estruturas nitidamente fluviais.

Os sedimentos holocênicos, que preenchem os vales fluviais da Bacia Sedimentar de Curitiba, estão dispostos em franca discordância sobre as rochas do Complexo Cristalino. Isto ocorre pelo fato dos depósitos da Formação Guabirota terem sido erodidos e removidos, ao longo dos referidos vales, em fase anterior a colmatação recente.

SALAMUNI (1998, p.78) afirma que os depósitos aluvionares imaturos são constituídos principalmente por areias e cascalhos finos a grossos, com matriz siltico-argilosa a siltico-arenosa. O pacote sedimentar apresenta estruturas sedimentares tais como estratificação plano-paralela, estratificação cruzada, intermeadas por lentes e/ou camadas de argila orgânica, escura, muitas vezes de natureza turfácea.

3.1.2.2 Formação Guabirota

A Formação Guabirota é a principal unidade sedimentar da Bacia de Curitiba e sua área de ocorrência abrange toda a Bacia Sedimentar, com cerca de 3.000 km².

Os principais tipos litológicos da Formação Guabirota são: argilas inconsolidadas e depósitos de lamias; depósitos carbonáticos (caliches); depósitos arcóstanos e areias arcóstanas; depósitos rudáceos (cascalheiras).

Ocorre na maior parte da bacia do rio Bacacheri, principalmente nas porções média e baixa da bacia, estendendo-se pelo relevo aplainado da área. Também encontrado em pequena área da porção superior da bacia, próximo às nascentes de um dos canais secundários do rio Bacacheri.

De acordo com SALAMUNI (1998, p.66) a espessura média da Formação Guabirota é calculada em torno de 50m, variando desde 1m até o máximo de 80m. As maiores espessuras desta formação estão localizadas na porção central e centro-sudeste da Bacia Sedimentar e as menores espessuras encontram-se nas bordas.

Segundo SALAMUNI *et al.* (1999, p.129), os depósitos da Formação Guabirota assentam discordantemente sobre o embasamento, sendo compostos por depósitos argilosos e sílticos esverdeados que gradam para termos mais grossos de forma interdigitada ou abrupta dependendo das características estratigráficas e estruturais locais.

Ocorrem intercalações de areias arcossianas e, mais raramente, de cascalheiras com predominância de seixos de quartzo. Também observa-se lentes siltosas esparsas, além da freqüente ocorrência de caliche, sob a forma de impregnações de carbonato de cálcio em quantidades subsidiárias, esparsas nos depósitos argilosos (SALAMUNI *et al.*, 1999, p. 129).

As Figuras 6 e 7 (pranchas) evidenciam aspectos típicos da Formação Guabirota citados anteriormente, em afloramento localizado na margem norte da Av. Juscelino Kubitschek, parte sul de Curitiba. Embora este afloramento não esteja localizado na área da bacia hidrográfica do rio Bacacheri, serve como exemplo dos aspectos descritos para a Formação Guabirota.

FIGURA 6 – FORMAÇÃO GUABIROTUBA – AFLORAMENTO EM MOVIMENTO DE TERRA NA MARGEM NORTE DA AV. JUSCELINO KUBITSCHKEK – PARTE SUL DE CURITIBA



A) Aspecto típico da Formação Guabirotuba: depósitos inconsolidados de sedimentos pelíticos e rudáceos; lamitos estratificados, intercalados a camadas centimétricas a decimétricas de caliche. *



B) Intercalação de camadas tabulares de caliche e argilas com espessura variável de centímetros a metro.*



C) Falha normal, métrica, cortando o caliche/calcrete. Mostra a suscetibilidade dos sedimentos à deformação deposicional.*

* FONTE: RIBEIRO, N.C. (22/06/05)

FIGURA 7 – FORMAÇÃO GUABIROTUBA



A) Solo em contato com os caliches; ocorrência de laterização e plintificação dos solos.*



B) Caliches/calcretes – bancos tabulares carbonáticos na porção basal da Formação Guabirota. Na porção superior ocorrem argilas inconsolidadas.*

* FONTE: RIBEIRO, N.C. (22/06/05)

BECKER (1982) subdividiu a Formação Guabirota sugerindo a denominação de Formação Tinguis para a porção superior deste pacote sedimentar, ratificando as observações de BIGARELLA *et al.* (1975), que mencionaram a possibilidade de subdivisão em dois membros (SALAMUNI, 1998, p.37). A Formação Tinguis é definida como o retrabalhamento dos sedimentos arenosos, arcóseos e siltico-argilosos, da própria Formação Guabirota, sendo estes intemperizados em clima semi-árido.

SALAMUNI (1998, p.37) afirma que o contato entre a Formação Guabirota e a Formação Tinguis é discordante erosivo, através de superfície irregular. Afirma ainda que a Formação Tinguis apresenta estratificação incipiente eventualmente com seixos, litologicamente heterogêneos que podem estar recobertos por uma seqüência de

sedimentos arenosos de coloração esbranquiçada a castanha, com seixos esparsos na sua matriz.

Conforme PEREIRA e PEJON (1999, p. 17), a expansibilidade das argilas é um dos fatores mais importantes que influenciam o comportamento dos solos e a durabilidade dos materiais rochosos, sendo que, este fenômeno ocorre devido à forte interação entre os minerais argilosos e a água.

PEREIRA e PEJON (1999, p. 17), mencionam CAMPOS (1989) que diz que as rochas expansivas, quando sujeitas às variações de umidade, pela exposição às intempéries, sofrem uma desagregação física intensa, desintegrando-se superficialmente em pequenos blocos “empastilhamento” que, quando em contato com a água, tornam-se novamente plásticas, o que demonstra a alteração rápida de suas propriedades. A expansibilidade foi estudada pelos autores com base em levantamentos do mapeamento geológico-geotécnico feito pela MINEROPAR (1994) na região do Alto Iguaçu o qual identificou cobertura de solos argilosos, residuais ou transportados (colúvio) com coloração vermelha, que recobrem a maior parte da Formação Guabirota. O resultado daquele estudo apontou os principais argilominerais presentes nos materiais identificados pela MINEROPAR, sendo confirmada a presença de argilominerais expansivos, os quais são responsáveis pelos problemas geotécnicos que ocorrem na área de abrangência da Formação Guabirota.

De acordo com FELIPE (1999, p.53-56), os sedimentos da Formação Guabirota são expansivos e retrativos, com alta suscetibilidade à erosão. Estes sedimentos atingem espessuras na ordem de 60-80 metros e compreendem seqüências litológicas nas quais predominam as argilas e areias arcólicas (20-40% de feldspato). A parte basal é composta por vezes de cascalhos e arcólios de granulometria grosseira, sendo normal a concentração de carbonato de cálcio impregnando os sedimentos. As argilas, litologia mais abundante da Formação Guabirota, pertencem ao grupo das esmectitas (2:1), que são argilas expansivas, higroscópicas (perdem e reabsorvem água) o que as torna também muito retrativas. Estas características lhes conferem alta suscetibilidade à erosão.

Para este autor, quanto maior a declividade e a extensão das encostas, maior será o escoamento concentrado, maior a energia das águas e o transporte de partículas, e mais acelerado será o processo de formação de sulcos e ravinas, que podem atingir grandes proporções.

A forma das encostas e o tipo de uso e ocupação destas também são fatores importantes que influenciam no desenvolvimento de processos erosivos.

A Figura 8 (prancha) demonstra exemplo de erosão nos sedimentos da Formação Guabirota.

FIGURA 8 – EROSÃO NA FORMAÇÃO GUABIROTUBA – PARTE SUL DE CURITIBA



A) Ravinas de grandes proporções, em estágio inicial de voçorocamento. A presença de águas pluviais acelera o processo de evolução das ravinas.*



B) Detalhe da escala – caderno pequeno como referência.*

*FONTE: RIBEIRO, N.C. (22/06/05)

3.1.2.3 Complexo Gnáissico-Migmatítico

As principais litologias do Complexo Migmatítico são os Gnaisses-Granodioritos Migmatizados e Gnaisses-Granitos Migmatizados do Proterozóico Inferior.

O Complexo Gnáissico-Migmatítico ocorre na porção superior da bacia do rio Bacacheri, em áreas de nascentes do curso principal e secundário do rio. Apresenta um relevo mais suave, de morros e colinas arredondados devido ao reentalhamento sofrido pela superfície de Curitiba em período mais recente (Pediaplano Pd₁ de Bigarella). Os vales assemelham-se a um V muito aberto. Estruturalmente, os migmatitos da Folha de Curitiba compõem um flanco de dobra, possuindo direção geral ENE-SSW, mergulhando constantemente para SE e se estendem por toda a porção sul e sudoeste da área que recobre o município. As fácies mais encontradas são os embrechitos e embrechitos epibolíticos. (LOPES, 1966, p. 03).

Ainda conforme LOPES (1966, p.07), os migmatitos possuem uma granulação muito variável podendo ir desde grosseira nas fácies pegmatóides até muito fina. Nestas fácies são encontrados cristais de feldspatos de até 5cm de comprimento, hornblenda de 2 a 3cm de comprimento e agregados de granadas vermelhas de até 2 cm de diâmetro.

Petrograficamente, os migmatitos podem ser divididos em dois tipos: migmatitos calco-magnesianos e migmatitos sódicos. Os migmatitos calco-magnesianos representam os primeiros estágios de migmatização de rochas magnesianas do tipo dos xistos magnesianos; correspondem, geralmente, à fácies embrechíticas em seu aspecto de campo. Os migmatitos sódicos possuem composição mais próxima de um granito, sendo seus componentes principais os feldspatos e quartzo. A atuação de tectônica plástica nos migmatitos foi enérgica, sendo relativamente pouco comum a ocorrência de rocha não cataclasada. Também ocorreram fenômenos de alteração não superficial, o que facilitou o trabalho de intemperismo (LOPES, 1966, p. 08).

3.2 GEOMORFOLOGIA

A área de estudo localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense que é delimitado a leste pela Serra do Mar e a oeste pela escarpa denominada Devoniana. Ele apresenta um desnivelamento de cerca de 1.000 metros em relação à Serra do Mar e de 250 metros em relação à escarpa denominada Devoniana. Conforme MAACK (1981), o Primeiro Planalto Paranaense divide-se em regiões particularmente típicas: a parte norte, de relevo mais movimentado e o planalto de Curitiba, mais aplainado.

A porção norte é profundamente entalhada pelos tributários do rio Ribeira, sendo transformada numa paisagem de relevo dissecado, cujas cristas ainda se encontram no nível geral da zona de eversão do Primeiro Planalto.

Algumas elevações com rochas mais resistentes sobressaem do nível geral do Planalto, originando formas de relevo em cabeças de estrato (*hog backs*) de rochas dobradas do Grupo Açungui, como a Serra Ouro Fino e Morro do Cal com altitudes entre 1.025 a 1.150 metros, Serra da Bocaina com altitudes variando entre 1.200 a 1.300 metros e outras. Essas cadeias de serras, em sua maioria, são constituídas por quartzitos puros e muito compactos, sendo flanqueados por filitos e lentes de calcários cristalinos. As altitudes das linhas de crista aumentam sucessivamente para E e NE, de maneira que o nível superior de denudação destas elevações ainda pode refletir a inclinação suave do antigo peneplano Pré-Gondwânico.

Na parte não entalhada, localiza-se Curitiba, propriamente o Planalto de Curitiba, exibindo extensões planas e suaves ondulações.

A morfologia da Bacia Sedimentar de Curitiba é marcada por amplas colinas, vales abertos e de fundo plano, tendo como drenagem principal o rio Iguaçu.

Segundo SALAMUNI (1998), na Bacia Sedimentar de Curitiba ocorrem domínios morfotectônicos que são individualizados tanto por sub-bacias de drenagem quanto por alinhamentos estruturais.

A morfologia da área é constituída por uma depressão alongada na direção NE-SW, entre as porções superior e central da bacia hidrográfica do rio Iguaçu, infletindo suavemente para a direção E-W mais a jusante.

Conforme descreve SALAMUNI (1998), esta depressão é margeada por dois altos topográficos e estruturais. Primeiro, a leste e sudeste ocorrem os contrafortes ocidentais da Serra do Mar, com cotas máximas de 1.400 m, variando entre 1.100 – 1.200 m. As escarpas são abruptas e refletem feições de falhas, inclusive com facetas triangulares nas suas encostas principais. Depois, a oeste e noroeste localiza-se o segundo alto estrutural, composto pelos metassedimentos do Grupo Açungui, com cota média de 950 m, chegando a 1.100 m. Apresentam-se como cristas alongadas na direção NE-SW, além de *inselbergs* locais.

A região da Bacia de Curitiba possui aplainamento generalizado, suavemente inclinado de norte (N) para sul (S), ou de NNE para SSW. No sítio de Curitiba o terreno é aplainado e sulcado pelos formadores da drenagem principal.

Uma vez que nas porções sul e sudoeste existem cotas mais elevadas que na região central, constata-se um pequeno embaciamento da região, que caracteriza um baixo estrutural.

As colinas existentes geralmente são formadas por porções do embasamento cristalino aflorantes ou basculadas em meio aos depósitos da Formação Guabirota.

Com relação a hipsometria a depressão da Bacia de Curitiba varia de altitude, desde 940 m até 870 m.

Segundo CANALI e MURATORI (1981) a morfologia atual é constituída por amplas colinas com topos de altitudes máximas em torno de 960m que se articulam para os talwegues a 870m de altitude, descrevendo uma sucessão de patamares suaves em que predominam declividades inferiores a 6%, caracterizados como pedimentos, cujas encostas são dissecadas por talwegues menores.

Na bacia do rio Bacacheri há predomínio de relevo aplainado, com amplas colinas e vales abertos em forma de U, de fundo plano, com extensas planícies aluviais.

Na parte norte da bacia hidrográfica, na região das nascentes e parte da porção superior da bacia, o relevo apresenta características suave ondulado.

A partir de características litológico-estrutural a bacia do rio Bacacheri foi dividida em 2 unidades homólogas, englobando dois dos cinco domínios geomorfológicos¹ correspondentes a zonas homólogas, estipuladas por SALAMUNI (1998, p.94) para a região de Curitiba, que são: sistema de planície ou terrenos aluvionais e sistema de colinas (unidades de topo alongado).

Segundo SALAMUNI (1998), no sistema de planície ou terrenos aluvionais, observa-se as seguintes características:

- área de planícies de várzeas ou de inundações;
- relevo plano e colinas suavemente onduladas;
- predomínio de terrenos aluvionares e depósitos coluvionares do Holoceno;
- presença da Formação Guabirota em menor quantidade;
- depósitos sedimentares pouco entalhados e freqüentes terrenos alagadiços;
- padrão de drenagem paralelo com baixa densidade de drenagem e fraca assimetria.

No sistema de colinas (unidades de topo alongado), observa-se as seguintes características:

- relevo colinoso, colinas alongadas nas direções N-S e NE-SW;
- entalhamento relativo e dissecação lenta em desenvolvimento do relevo;
- predomínio da Formação Guabirota;

¹Sistema de Colinas (Unidades de Topo Plano): apresenta: relevo colinoso, colinas com formas arredondadas, tipo “meia laranja”; vertentes suaves, côncavas em geral, com entalhamento e dissecação pouco profunda; predomínio dos complexos migmatíticos; presença da Formação Guabirota e sedimentos aluvionares - coluvionares do Holoceno em menor quantidade; densa rede fluvial e, padrão de drenagem sub-dendrítico e sub-retangular.

Sistema de Montanha: relevo montanhoso com escarpas altas e vertentes côncavo-convexas, entalhamento profundo, pouca dissecação, preenchimento de canais e pequenos topos tabulares, com muitos picos; drenagem densa e pouco orientada.

Sistema de Morros: apresenta relevo com morros de cristas estreitas e alongadas, geralmente para NE-SW, mas podendo apresentar direções NW-SE; cristas intermeadas por regiões de topografia arrasada; rochas do Grupo Açungui e ocorrência de relevo cárstico, com feições de dissolução, sumidouros, depressões e dolinas; entalhamento profundo com rede de drenagem orientada e menos densa do que o embasamento migmatítico e, padrão de drenagem moderadamente retangular a treliça, adaptado às estruturas.

- presença de sedimentos aluvionares-coluvionares do Holoceno e Complexos Migmatíticos em menor quantidade;
- rede de drenagem de densidade média;
- o padrão de drenagem geralmente paralelo e às vezes sub-dendrítico.

3.2.1 DECLIVIDADE

Conforme MENDONÇA (1999, p. 73), a análise da declividade das vertentes permite evidenciar a distribuição das inclinações das superfícies do relevo. Esta característica é importante para a análise do uso e ocupação do solo da área, bem como do fluxo torrencial de superfície e os conseqüentes processos de erosão e arrastamento de materiais para o curso do rio, dentre outros. Quanto maior a inclinação das vertentes de uma determinada área, mais facilmente os processos erosivos irão ali se desenvolver, caso as condições climáticas, o tipo de rocha e de solo e a ausência de vegetação favoreçam esses processos.

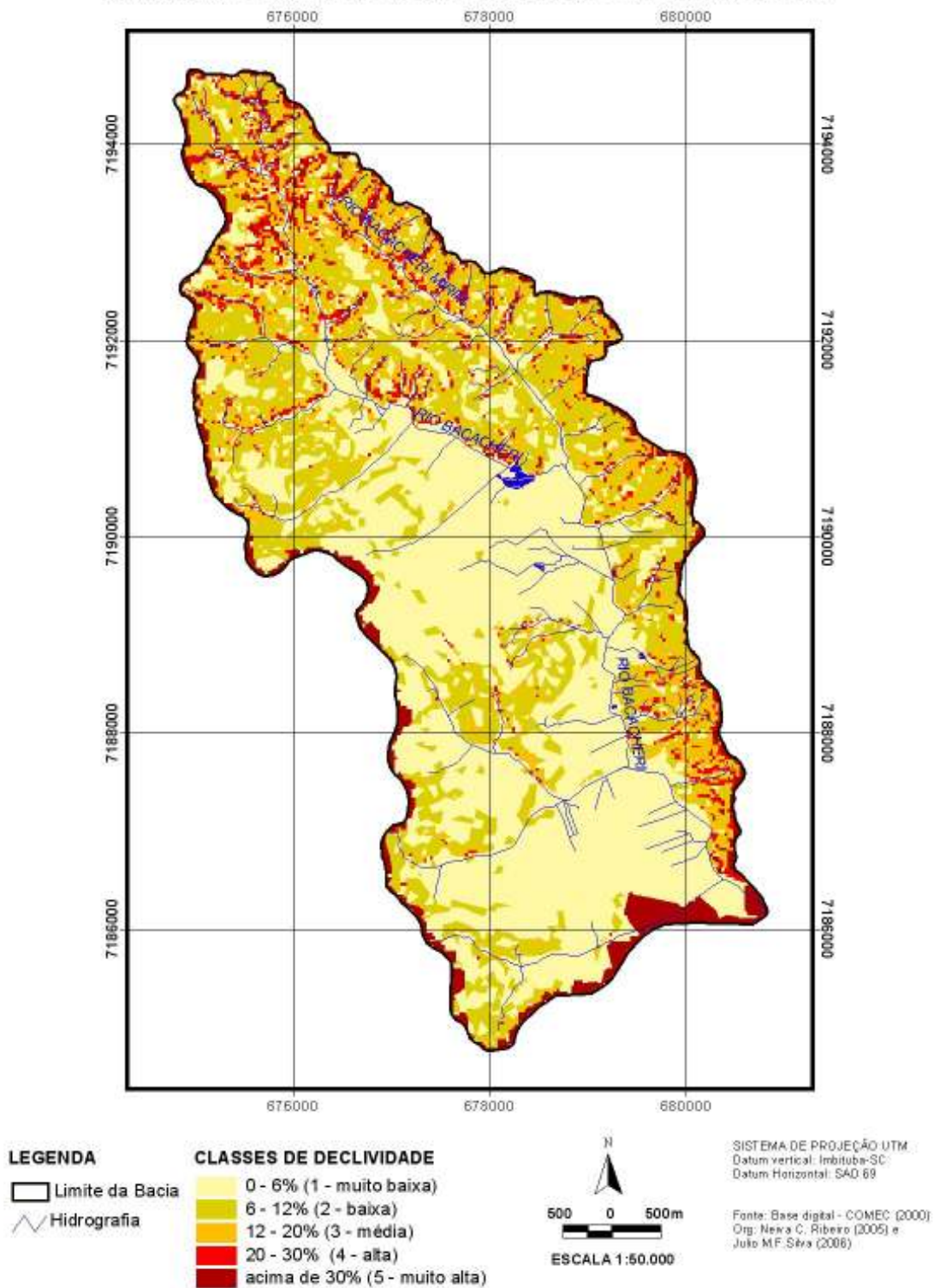
De acordo com GRANELL-PÉREZ (2004, p. 64) a energia do relevo é expressa através das declividades do terreno, sendo importante no processo de análise ambiental, pois a topografia é um dos fatores que condicionam os usos do território. Segundo a mesma autora, a declividade constitui um indicador de riscos de erosão e de instabilidade de encostas refletindo no uso e aproveitamento do solo, combinado com outros fatores do meio físico e biótico (litologia, solos, regime hídrico, cobertura vegetal, etc), para limitar ou para favorecer o uso que pode ser feito em determinados territórios.

O mapa de declividade elaborado para a Bacia do rio Bacacheri, o qual é apresentado na Figura 9, seguiu os critérios de classes de declividades propostos por ROSS (1994), e os seguintes intervalos:

- 0 – 6% - classe de declividade 1 – muito baixa;
- 6 – 12% - classe de declividade 2 – baixa;
- 12 – 20% - classe de declividade 3 – média;
- 20 – 30 % - classe de declividade 4 – alta;
- acima de 30% - classe de declividade 5 – muito alta.

FIGURA 9

MAPA DE DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI



Na bacia do rio Bacacheri as declividades predominantes são muito baixas com 0 a 6% de declividade - classe 1, visto que o relevo é aplainado em boa parte da área, de extensa planície aluvial. Também são observadas, generalizadamente, declividades baixas, de 6-12% de declividade - classe 2, na porção superior da bacia, na margem esquerda do rio, e na porção inferior, na borda da margem direita da bacia .

Em parte da planície aluvial, na porção média em direção à porção inferior da bacia, também se encontram declividades baixas referentes a 6-12% de declividade - classe 2.

No alto curso do rio, na região das nascentes e na borda da margem esquerda da bacia encontram-se declividades médias, passando para declividades altas e chegando a muito altas pontualmente, que correspondem às classes 3, 4 e 5, equivalentes a 12-20%, 20-30% e acima de 30% de declividade, respectivamente.

Na área das nascentes encontram-se declividades altas a muito altas, de 20-30% a acima de 30% de declividade. Já próxima à foz, na margem direita do rio, observa-se declividades de média a alta, entre 12-20% e 20-30%, classes 3 e 4, o que é explicado por essa região corresponder a parte do Bairro Alto, de relevo ondulado.

Nas bordas da bacia, junto ao divisor de águas, especificamente na borda da margem direita e na parte inferior da bacia, junto à foz, encontram-se declividades acima de 30% referentes à classe 5 – muito alta. Neste caso, trata-se de incongruências no mapa, devido à interrupção das curvas de nível nestes limites. Portanto, deve-se desconsiderar esses dados uma vez que não ocorrem declividades acima de 30% nestas áreas.

De modo geral, predominam na área da bacia do rio Bacacheri declividades muito baixas a baixas, devido ao aplainamento geral do relevo. Na região das nascentes é que se encontram as declividades mais altas.

3.2.2 HIPSOMETRIA

De acordo com MENDONÇA (1999, p. 71), a identificação e análise da hipsometria numa bacia hidrográfica possibilitam a observação da variação altimétrica do relevo da área, fato importante na análise de processos relativos à dinâmica de uso e ocupação do solo. O referido autor comenta que a distribuição das classes de altitudes ou dos patamares hipsométricos é de livre escolha pelo pesquisador, e a variação de cores na elaboração da carta hipsométrica deve refletir, conforme padrão internacional, a noção de incremento do relevo, devendo-se usar azul para a hidrografia, verde para as áreas mais baixas, passando pelo amarelo, laranja e vermelho conforme a altitude se mostre mais expressiva.

A hipsometria da bacia do rio Bacacheri encontra-se em classes de altitude divididas em cotas generalizadas de equidistância de 20 metros, com uma variação desde as cotas de 880 a 1020 metros de altitude, conforme Figura 10.

As classes de altitude de 880 a 900m e de 900 a 920m referem-se às áreas de vale fluvial e de planície aluvial, na porção média a inferior da bacia, próximo à foz do rio. A característica predominante é de relevo plano.

A classe de altitude de 920 a 940m refere-se a áreas da porção média da bacia, em pequenas partes da porção inferior da mesma, e nas bordas das margens direita e esquerda da bacia, junto ao divisor de águas. O relevo se apresenta com características de suaves ondulações.

As classes de 940 a 960m de altitude encontram-se em áreas de interflúvio, na porção superior da bacia, onde o relevo passa por fase de transição entre suaves ondulações e ondulações com vertentes um pouco mais definidas em relação à classe de altitude anterior. O interflúvio é a forma topográfica constituída pelo conjunto de vertentes, localizadas em ambos os lados de um divisor de águas que separa dois canais fluviais contíguos, identificados nas cartas topográficas pelo conjunto de curvas de nível que definem vertentes divergentes do divisor de águas (GRANELL-PÉREZ, 2004, p. 52).

As classes de altitude de 960 a 980m e 980 a 1000m são encontradas nas áreas de nascentes, na extrema porção superior da bacia, onde o relevo é mais ondulado, assumindo características de maior movimentação.

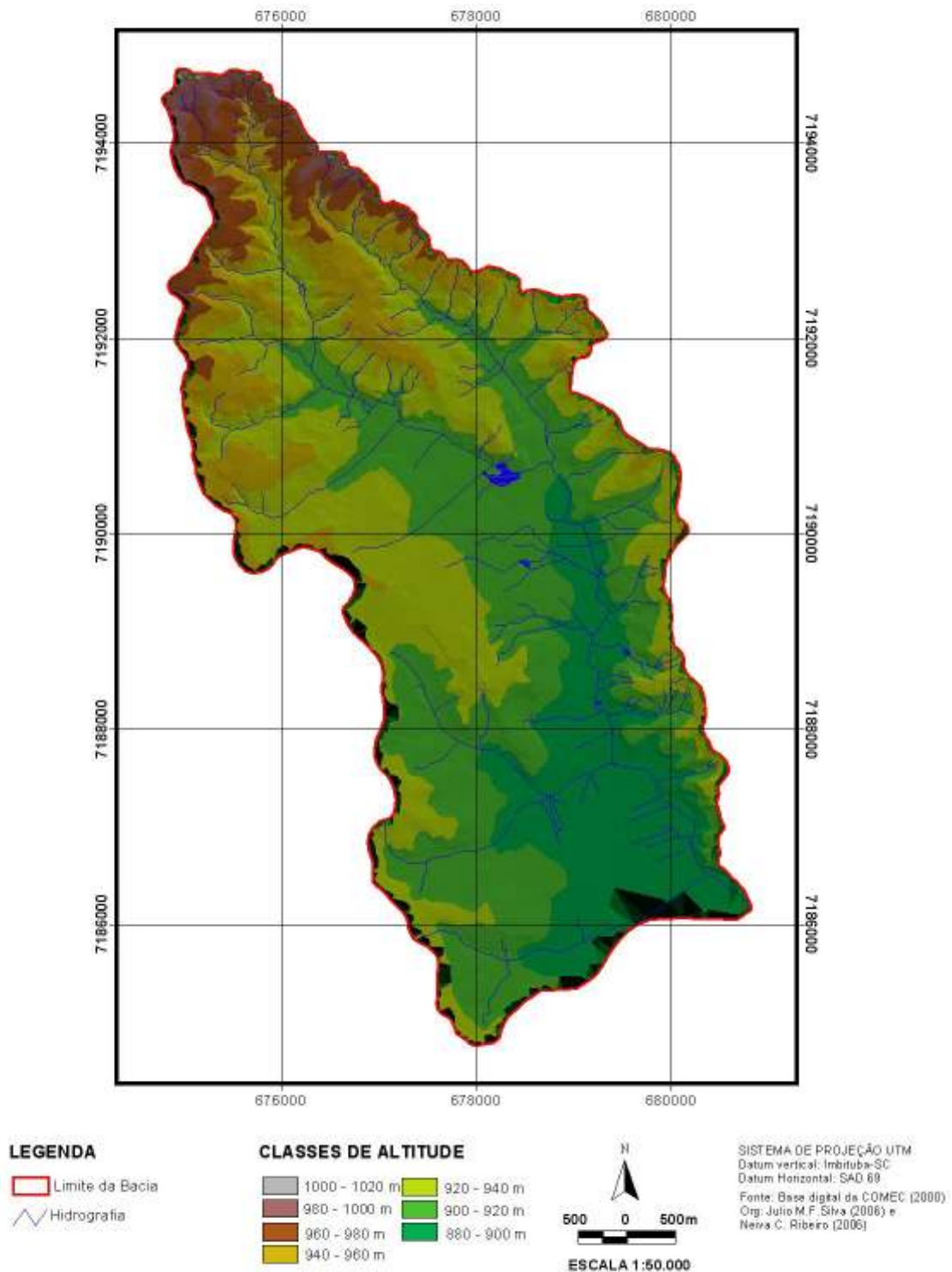
Não são encontradas classes de altitude superiores a 1000m na bacia do rio Bacacheri, sendo que suas nascentes encontram-se em altitudes próximas a 1000m.

Na bacia do rio Bacacheri observa-se que há um desnível altimétrico de aproximadamente 120m, ocorrendo maior intervenção humana (uso do solo) na faixa dos 880 a 960m. Na porção superior da bacia, nas áreas de altitudes entre 960 a 1000m, observa-se a presença de áreas vegetadas. O vale da bacia apresenta-se bastante plano, aberto, predominando a característica de um vale em U.

Conforme explica MENDONÇA (1999, p. 71) neste tipo de paisagem, o processo erosivo desenvolve-se principalmente na sua forma laminar, pois o fluxo da água dá-se predominantemente em lençol, sendo concentrado somente em alguns pontos da bacia, onde, pela relativa baixa velocidade do escoamento, pode originar ravinamentos. Entretanto, a ação da água no relevo depende de outros importantes fatores como a geologia e cobertura do solo, que podem ser mais efetivos no desencadeamento de processos erosivos que a hipsometria da área.

FIGURA 10

MAPA HIPSOMÉTRICO DA BACIA DO RIO BACACHERI



3.3 CLIMA

Segundo COELHO NETTO (2001) as precipitações podem ser originadas por mecanismos de abrangência regional ou local. As chuvas regionais decorrem do choque de massas de ar com propriedades físicas distintas, geralmente associadas à invasão de massas polares sob massas de ar mais quentes e úmidas que configuram o avanço das chamadas frentes frias.

Esta autora afirma ainda que, os mecanismos locais, que se podem sobrepor aos efeitos das perturbações frontais, são os principais responsáveis pelas variações quantitativas das chuvas que se precipitam sobre determinado espaço geográfico.

De acordo com COELHO NETTO (2001, p.101) esses mecanismos são expressos por: a) movimentos convectivos do ar pela ocorrência localizada de maiores temperaturas do ar em relação às áreas circundantes; b) ascensão dos fluxos de ar pela presença de barreiras orográficas; sendo que se observa de comum nos mecanismos citados o movimento ascendente das correntes de ar, que ocasiona o seu resfriamento com o ganho de altitude e propicia a condensação do vapor d'água para, então, produzir as chuvas.

A área em estudo encontra-se no domínio climático Cfb, de Koeppen, descrito como clima úmido, sem estação seca, sempre úmido, pluvialmente temperado.

Segundo as Cartas Climáticas do Paraná – IAPAR, o clima Cfb consiste em clima temperado propriamente dito; temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida, com chuvas regularmente distribuídas.

De acordo com DANNI-OLIVEIRA (1999), que estudou pormenorizadamente os aspectos climáticos da cidade de Curitiba, o clima local é influenciado pela dinâmica regional da circulação atmosférica. O Anticiclone do Atlântico Sul atua o ano todo dando origem aos sistemas de ventos SE e NE, bem como à Massa de ar Tropical Atlântica, a qual é geralmente dotada de temperaturas elevadas e forte grau de umidade específica, que tende a conservar-se nas camadas inferiores, em função da inversão térmica proporcionada pelo ar subsidente de sua estrutura. A Massa Tropical Atlântica quando

penetra o continente sofre perturbações estruturais ao encontrar a barreira orográfica da Serra do Mar, originando as chuvas de relevo.

O Anticiclone Migratório Polar origina as correntes perturbadas do sul, ou seja, a Massa Polar Atlântica, que é a própria Frente Polar, a qual atua na região com menor frequência nos meses de inverno, mas é causadora do acentuado rebaixamento das temperaturas.

A Depressão Térmica do Chaco, centro de baixa pressão, causa a advecção de ondas de calor de NW, e atua nos verões pouco chuvosos.

Sobre a Amazônia Ocidental forma-se, na Zona de Convergência Intertropical (região de convergência dos Alísios), uma zona de divergência dos ventos em altitude (conhecida como Doldrums e associada à célula de Walker) que gera a alta pressão dinâmica da Amazônia. Embora ocorra durante o ano todo, no verão se torna mais abrangente, podendo, por solicitação dos sistemas de baixas pressões, gerar deslocamentos de ar em direção ao sul do Brasil que ultrapassam os limites do Paraná (DANNI-OLIVEIRA, 1999).

Por causa das variações de relevo, a altitude é responsável pelas noites frias em regiões de planalto, onde as superfícies mais elevadas ficam mais frias, principalmente nos meses de inverno, quando predomina a Massa Polar Atlântica. As massas polares geralmente ocasionam abundantes chuvas devido ao confronto dos sistemas frontais, vindos do quadrante sul, com ar quente carregado de umidade.

Quando das massas estáveis e ausência de frentes, os meses e o ano permanecem com o menor índice de precipitação. O contrário ocorre devido às freqüentes passagens frontais da denominada Frente Polar Atlântica, gerando instabilidade climática pela baixa pressão atmosférica e ocasionando chuvas abundantes.

As chuvas mais prolongadas e de intenso volume precipitado dependem do semi-estacionamento de determinados sistemas frontais devido às condições atmosféricas.

O regime pluviométrico no Paraná se caracteriza pela concentração máxima nos meses de verão, período de ocorrência de precipitações máximas, enquanto no

inverno há uma queda dos níveis pluviométricos. De acordo com o IAPAR, o regime pluviométrico para a região de Curitiba varia de 1400 a 1600 mm anuais, sendo que a precipitação dos meses mais chuvosos (dezembro, janeiro, fevereiro) fica em torno de 400 a 500mm. Para os meses menos chuvosos (junho, julho, agosto) a média fica em torno de 250 a 350 mm.

Conforme DANNI-OLIVEIRA (1999, p.249) as chuvas de verão são provenientes da instabilidade adquirida da massa Tropical Atlântica e seus confrontos com a Polar Atlântica, bem como a atuação da massa de ar Equatorial continental.

De acordo com COELHO NETTO (2001, p.101), a magnitude dos efeitos pluviométricos ocasionados pela entrada de frentes frias depende fundamentalmente das diferenças de temperatura entre as duas massas de ar em choque e da quantidade de umidade disponível na massa de ar sob perturbação: as frentes frias geralmente ocasionam chuvas intensas e de menor duração, no verão, e chuvas mais longas e de menor intensidade no inverno.

As chuvas de curta duração tendem a propiciar um escoamento maior que a infiltração. Já as chuvas de longa duração têm melhor distribuição, com maior infiltração e menor escoamento superficial.

A bacia de drenagem, como um sistema aberto, tem no clima o principal agente natural modificador do sistema. As chuvas são elementos importantes no sistema bacia hidrográfica pelo fato de causarem variação no comportamento das entradas deste sistema. Conforme afirma CANALI (1986) o clima tem o papel de “*inputs*” de precipitação e radiação solar, sendo o primeiro elemento e o de maior significado na modificação do estado do sistema.

Por essa razão é que os estudos hidrológicos aliados à análise detalhada das bacias hidrográficas constituem elementos primordiais para a compreensão do sistema bacia de drenagem.

3.4 SOLOS

O mapa de solos foi confeccionado a partir de compilação do mapa de *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná* da EMBRAPA, do ano de 1981, na escala 1:600.000, e do cruzamento deste com o mapa geológico cedido pela MINEROPAR (2004) de onde se extraiu parte das áreas associadas à ocorrência de solos em áreas da planície aluvial. O mapa da EMBRAPA foi obtido em meio digital, cedido pela SANEPAR/ DMA/ USHI, que converteu o mapa em meio físico para formato digital raster através de escanerização, e registro através de georreferenciamento.

Há uma referência indeterminada de solo com ocorrência em grande parte da cidade de Curitiba e, conseqüentemente, em área considerável da bacia do rio Bacacheri, ao qual denomina-se CURITIBA. Essa “mancha” indeterminada coincide com a malha urbana da cidade, densamente ocupada e pavimentada, o que justifica a não-caracterização dos solos que ocorrem sob essa malha urbana.

O mapa da EMBRAPA em meio físico, para 1981, já apresentava a mancha urbana denominada CURITIBA, onde não há referências quanto aos solos ocorridos na área, nem associações de solos.

Obteve-se junto a SUDERHSA dados da nova classificação de solos brasileiros (EMBRAPA – 1999) referentes à área de estudo. Como a bacia do rio Bacacheri abrange uma área intensamente urbanizada, somente foram citados os solos existentes na região de estudo, de acordo com os dados obtidos, evitando-se incorrer em erros de delimitação das ocorrências de solos na área da bacia hidrográfica onde consta a malha urbana.

De acordo com LEPSCH (2002, p.82), muitas vezes não é possível delimitar nos mapas as unidades de um único tipo de solo, quando estes ocorrem em padrões intrincados ou repetitivos, tornando-se praticamente impossível separá-los.

Em situações como esta, mostra-se no mapa uma área denominada “associação de solos” e apresenta-se a descrição das classes de solos que ocorrem

localmente, dando indicação quando da posição topográfica preferencial que um ou outro ocupa na paisagem.

Como exemplo, LEPSCH cita áreas de colinas nas quais o Latossolo ocupa os compartimentos mais elevados; o Argissolo, as partes medianas; e os Neossolos, as porções inferiores das encostas.

O mapa de solos apresentado na Figura 11 e obtido a partir da compilação de informações existentes, descreve para a área os seguintes tipos de solo:

3.4.1 Latossolos

LEPSCH (2002, p. 90) cita que na nova classificação brasileira, os Latossolos estão subdivididos em quatro subordens: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Amarelo e Latossolo Bruno.

Para a área de estudo o Latossolo ocorre em pequena mancha na região das nascentes do rio Bacacheri, na porção superior da bacia, onde estão as maiores altitudes. As argilas são predominantemente do tipo caulinita, cujas partículas são revestidas por óxido de ferro, responsáveis pelas típicas cores avermelhadas.

Os Latossolos estão associados a relevos mais planos, em altitudes abaixo de 920m, podendo ocorrer em regiões altiplanas (mais elevadas e planas), com formação de solos mais espessos e horizontes bem desenvolvidos, profundos.

3.4.2 Cambissolos

Os Cambissolos podem ser inferidos a partir de informações de mapas hipsométricos e de declividade, sendo que os Cambissolos estão associados a declividades da meia encosta para os topos, podendo ocorrer a partir de altitudes acima de 920m.

Na área de estudo, os Cambissolos ocorrem em pequenas áreas do curso superior da bacia, onde as altitudes são pouco maiores. Trata-se de solos com horizontes rasos, desenvolvimento muito fraco ou moderado em comparação com solos

de horizontes bem desenvolvidos. Também são encontrados sob diversas condições climatológicas, de relevo e vegetação, motivo pelo qual variam muito de um local para outro.

3.4.3 Gleissolos

Ocorrem nas áreas de vale e planície aluvial na foz do rio Bacacheri, coincidindo com as áreas de ocorrência dos sedimentos recentes extraídos do mapa geológico.

Segundo LEPSCH (2002, p. 113) os Gleissolos Melânicos correspondem aos solos Glei Húmicos da antiga classificação. Já os Gleissolos Háplicos, correspondem aos solos Glei Pouco Húmicos da classificação anterior. Possuem como características o desenvolvimento a partir de materiais inconsolidados (sedimentos ou saprólito) e influencia de encharcamentos prolongados. Tais condições são normalmente ocasionadas por um lençol freático próximo à superfície, pelo menos em alguns meses do ano, o que deixa os poros saturados com água por tempo relativamente prolongado (LEPSCH, 2002, p. 112).

Essa saturação, aliada à presença de matéria orgânica, diminui o oxigênio dissolvido provocando a redução química e dissolução dos óxidos de ferro. Estes, por sua vez, são transformados e parcialmente removidos, o que explica a coloração cinzenta no horizonte subsuperficial. Ocorrendo oxidação nos Gleissolos, por meio de fissuras ou pequenos orifícios originados pela presença de raízes, fauna e da penetração do ar, aparecem pequenas manchas cor-de-ferrugem denominadas “mosqueados”.

De modo geral, pode-se inferir que em áreas de deposição de sedimentos ou aluviões ocorrem os Gleissolos.

3.4.4 Organossolos

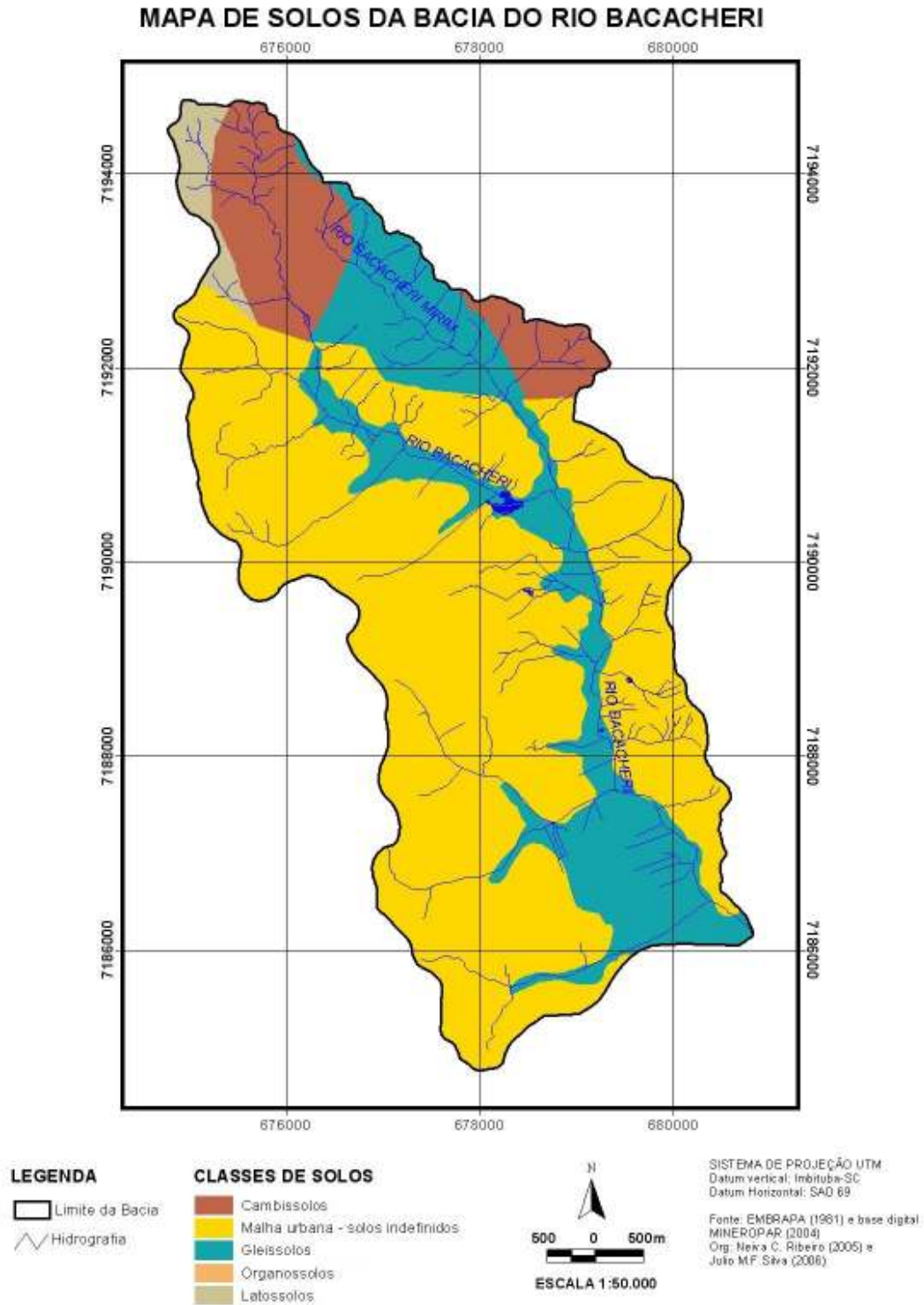
Os Organossolos correspondem aos Solos Orgânicos da classificação anterior. Ocorrem em áreas de fundo de vale na bacia do rio Bacacheri, onde o nível do lençol freático está muito perto da superfície. Possuem horizontes essencialmente orgânicos e espessos (mais de 40 cm de espessura e 20% de matéria orgânica). São solos escuros, friáveis, “fofos”, de baixa densidade e freqüentemente encharcados.

De acordo com LEPSCH (2002, p. 116) estes solos desenvolvem-se a partir de turfas, sedimentos preponderantemente orgânicos que se formam em locais onde a taxa de adição de restos orgânicos (folhas, raízes, galhos) é maior que a sua velocidade de decomposição. Isso pode ocorrer em regiões onde a temperatura é muito baixa ou em locais com excesso de umidade e condições anaeróbicas, caso de pântanos e algumas lagoas rasas.

3.4.5 Malha Urbana – Solos Indefinidos

Ocorre na maior parte da bacia hidrográfica, tanto na área de planície aluvial quanto em regiões de altitudes pouco maiores, devido à intensa urbanização e à impermeabilização do solo. Além do fato de não existirem levantamentos mais detalhados para mapas de solos da região, a dificuldade para diagnósticos de campo reside no fato de que a área de estudo está praticamente ocupada pela urbanização e impermeabilização do solo, restando poucas áreas periféricas à bacia para se fazer tal identificação.

FIGURA 11



3.5 ANTROPIZAÇÃO

O crescimento de áreas urbanizadas induz ao aumento no escoamento superficial pela impermeabilização do solo, acompanhado do aporte de sedimentos nos canais fluviais. As ocupações desordenadas e a falta de políticas públicas voltadas ao saneamento básico, desencadeiam situações precárias em relação à qualidade das águas dos rios, principalmente em áreas urbanas, os quais se encontram em níveis muito alto de poluição.

Sabe-se que obras de canalização e retificação de canais em trechos de rios, com o intuito de amenizar o problema de inundação, acabam por desencadear outros problemas, como o aumento da velocidade de vazão do rio e conseqüente erosão à jusante destas obras de contenção, pois alteram a variável rugosidade do leito. Aliado a isso, a canalização dos rios interrompe o fluxo da água do sistema freático para o canal ou leito do rio.

Desse modo, a urbanização nas bacias hidrográficas concorre para o desequilíbrio do sistema fluvial, acarretando problemas de ordem natural e social.

Na bacia do rio Bacacheri, embora existam áreas preservadas de floresta secundária e Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista Montana) em algumas propriedades particulares e nos parques municipais da Barreirinha e do Bacacheri, toda a extensão da bacia hidrográfica encontra-se densamente ocupada pela população, inclusive às margens do rio. A bacia apresenta, também, problemas como desmatamento de suas margens, erosão marginal e um volume considerável de detritos no leito do rio, o que reduz a capacidade de escoamento de sua calha e aumenta o risco de inundações.

Em datas passadas, a Prefeitura Municipal efetuou obras de retificação do canal em trechos do rio Bacacheri para solucionar o problema de inundação, embora este tipo de obra de contenção acabe por desencadear o aumento da velocidade de vazão do rio e conseqüente erosão à jusante. Aliado a esse problema, observou-se a freqüência de detritos e sedimentos no leito do rio, o que obstrui o canal e provoca a inundação de trechos do rio pelo acúmulo de lixo em seu leito.

Em época de verão, a Prefeitura Municipal de Curitiba por meio da Secretaria Municipal de Obras, efetua a limpeza do lixo acumulado no rio Bacacheri e suas margens, além de outros rios urbanos que cortam a cidade. Esse é um problema recorrente, apesar de campanhas de consciência ambiental sejam disseminados com freqüência.

Ao longo dos sucessivos planos diretores e do conseqüente planejamento urbano, houve a criação de parques lineares com lagos artificiais, servindo de bacias de contenção das águas pluviais, com o intuito de amortizar o impacto das enchentes. Os parques da Barreirinha e do Bacacheri são exemplos dessas medidas mitigadoras.

Conforme informações coletadas², o Parque da Barreirinha foi criado em 1959, mas entregue à população apenas em 1972. Possui uma área total de 275.380m². Preserva espécies de araucárias, aroeiras, canelas, bracatingas, pés de erva-mate e outras espécies nativas em bosques com mais de 200.000 m². O Horto Municipal, anexo ao parque, é responsável pela pesquisa e produção de espécimes vegetais.

O Parque Bacacheri ou Parque General Iberê de Mattos ocupa uma área de 152.033m², possuindo um lago artificial e bosque com espécies nativas. Até 1970, o parque era conhecido como "Tanque do Bacacheri", formado pelo rio Bacacheri. Funcionava como local de recreação e balneário sendo que o proprietário da área, Manoel Fontoura Falavinha, alugava barcos a remo para passeios no lago. Porém, o assoreamento do "tanque" levou ao esgotamento.

O lago do parque Bacacheri que, originalmente era natural, é formado pelas águas do rio, sendo que nas fotografias aéreas de 1952 é bem clara a sua delimitação. O lago secou devido a assoreamento e foi recuperado em 1988, quando da inauguração do parque com áreas de lazer. O lago tem uma área de 22.000 m². O parque possui ainda uma fonte de água que é alimentada pelo bombeamento de um poço subterrâneo perfurado em março de 1995, pelo convênio entre SANEPAR e SUDERHSA, a pedido da SEMMA.

Nas pranchas a seguir (Figuras 12, 13, 14 e 15) observam-se aspectos gerais das áreas de nascentes e dos parques municipais citados.

² Prefeitura Municipal de Curitiba, 2004.

FIGURA 12 – ÁREAS PRESERVADAS DE FLORESTA SECUNDÁRIA NAS NASCENTES DO RIO



A) Área preservada de mata ciliar em região de nascentes do rio Bacacheri, no bairro Cachoeira B) Mata ciliar em região de nascentes do rio Bacacheri-Mirim, Barreirinha/Santa Cândida

FIGURA 13 – LAGOS ARTIFICIAIS NOS PARQUES DA BARREIRINHA E BACACHERI



A) Parque da Barreirinha, ao norte da bacia do rio Bacacheri; possui três lagos artificiais de contenção das águas pluviais.*



B) Parque Bacacheri – ângulos diferentes do extenso lago; vegetação preservada de floresta de Araucária.*

FIGURA 14 – ASPECTO DO RIO BACACHERI NA ÁREA DO PARQUE BACACHERI



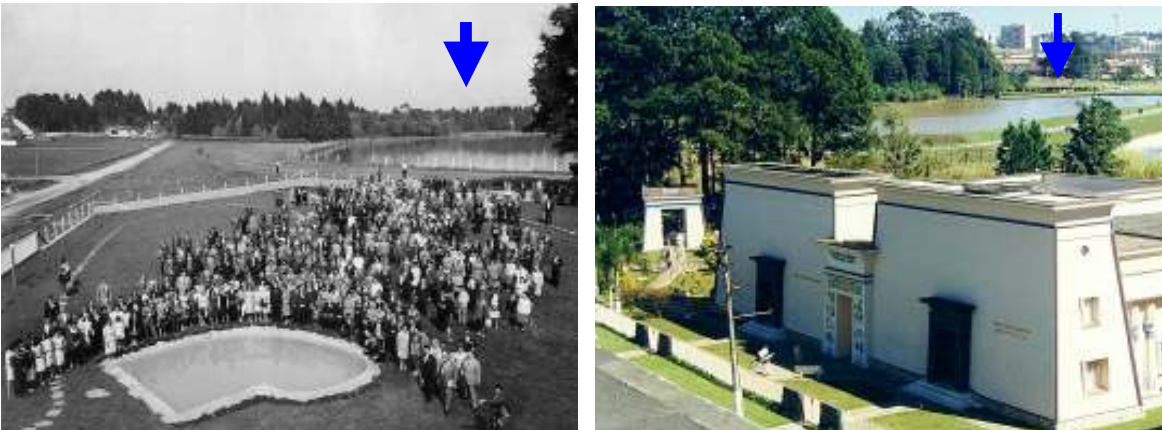
A) Retificação do rio Bacacheri, visão à montante e visão à jusante; a impermeabilização da calha do rio impede o contato do leito do rio com o lençol subterrâneo – Parque Bacacheri*



B) Dutos de drenagem de água do terreno para o canal do rio, no Parque Bacacheri e em propriedade particular ao lado do parque. Evidência de terrenos encharcados e saturação do solo pela proximidade do lençol freático com a superfície, características dos Gleissolos.*

*FONTE: RIBEIRO, M.B. (20/07/05)

FIGURA 15 – ASPECTO DO LAGO DO PARQUE BACACHERI EM ÉPOCAS DISTINTAS



A) Foto de 1964 – ao fundo o “tanque” do Bacacheri B) Foto do mesmo ângulo, em época atual.

FONTE: ORDEM ROSA CRUZ

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980, p. 102) a drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem, definida como a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial.

Em definição clássica de DUNNE e LEOPOLD (1978), a bacia hidrográfica é uma determinada área do terreno que drena água, partículas de solo e material dissolvido para um ponto de saída comum, situado ao longo de um rio, riacho ou ribeirão.

Segundo VIESSMAN, HARBAUGH, KNAPP (1972) citados em VILLELA e MATTOS (1975, p.6), a bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída.

Numa definição atual, uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área drenada por um sistema hidrográfico. Fazem parte deste sistema hidrogeomorfológico os seguintes componentes: encostas, topos ou cristas, fundos de vales, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, que estão interligados como componentes de bacias de drenagem (COELHO NETTO, 2001).

A bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema aberto onde ocorrem entradas (precipitação) e saídas de água (escoamento), sendo este sistema composto por fluxos de matéria e energia. COELHO NETTO (2001) citando CHORLEY (1962) comenta que a bacia de drenagem como unidade hidrogeomorfológica constitui exemplo típico de sistema aberto na medida que recebe impulsos energéticos das forças climáticas e das forças tectônicas subjacentes, e perde energia por meio da água, dos sedimentos e dos solúveis exportados pela bacia no seu ponto de saída.

COELHO NETO (2001) cita, ainda, GREGORY e WALLING (1973) sobre a organização interna do sistema bacia de drenagem, ou seja, formas e processos que influenciam as relações de entrada e saída. Desse modo, as mudanças externas no suprimento de energia e massa conduzem a um auto-ajuste interno e, ao mesmo tempo, com os elementos do meio. Por esta razão é que a análise de bacias

hidrográficas deve partir do entendimento de um sistema integrado, onde diversos elementos de natureza física e antrópica se inter-relacionam e são interdependentes.

Partindo do conceito de auto-ajuste, pode-se considerar que as alterações significativas na composição ambiental de determinada porção da bacia de drenagem poderão afetar outras áreas situadas à jusante e mesmo à montante. Deve-se, portanto, considerar tais aspectos quando do planejamento de determinadas intervenções em bacias hidrográficas ou até mesmo da ocorrência dos processos naturais, para a compreensão de tais efeitos em áreas adjacentes.

A bacia de drenagem revela-se uma unidade conveniente para o entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos e das ligações espaciais entre áreas distintas que podem afetar tanto o planejamento local como o regional (COELHO NETTO, 2001).

Para CHRISTOFOLETTI (1980, p. 102) a quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração.

Segundo DREW (1994), o funcionamento do ciclo hidrológico foi compreendido pelo homem – ao menos em parte – desde os primeiros tempos, em contraste com outros aspectos do meio físico, como exemplo a erosão e o ciclo de nutrientes. E a tendência tem sido para conceber e agir sobre a ação do ciclo hidrológico como um conjunto integrado e inter-relacionado. Ele pode ser entendido como uma série de armazenagens de água ligada por transferências as quais podem ser mais demoradas (água subterrânea) ou mais rápidas (rios). A água esco constantemente em direção ao ponto inferior do sistema maior que são os oceanos. A existência de saídas laterais nesse sistema permite que escape vapor diretamente para a atmosfera (evapotranspiração).

Conforme DERISIO (1992), o ciclo hidrológico representa o percurso da água desde a atmosfera, passando por várias fases, até retornar de novo à atmosfera. Essas fases englobam, basicamente, a precipitação, escoamento superficial, infiltração,

escoamento subterrâneo e a evaporação. Os rios são um dos meios pelos quais a água escoia superficialmente.

CHRISTOFOLETTI (1980) afirma que geológica e geomorfologicamente, o termo *rio* aplica-se a qualquer fluxo canalizado e, por vezes, é empregado também para referir-se a canais destituídos de água, como segue:

- *Rios perenes* são os cursos que drenam água no decorrer do ano todo.
- *Rios efêmeros* são aqueles canais secos durante a maior parte do ano e que comportam fluxo de água somente durante e imediatamente após uma chuva.
- *Rios intermitentes* são os cursos d'água que funcionam durante parte do ano, mas se tornam secos no decorrer da outra parte do ano.

O mapeamento dos cursos d'água intermitentes de uma bacia varia de acordo com o critério pessoal adotado por topógrafos e cartógrafos. Além disso, esse mapeamento também é afetado pela estação do ano e quantidade de chuvas no ano em que se fez o levantamento; em alguns meses do ano e em anos úmidos o número de tributários que se apresentam com deflúvio é maior que nos meses secos e em anos de pouca precipitação (CANALI, 1996).

Aconselha-se incluir na representação cartográfica da rede de drenagem todos os tributários que possuam um álveo definido, sejam eles perenes, intermitentes ou efêmeros. Isso evita dúvidas e dificuldades na classificação dos canais pela ordem hierárquica. Outra questão está relacionada com a capacidade com que os terrenos de uma bacia absorvem, armazenam e transmitem subsuperficial e subterraneamente a água de precipitação. O escoamento através dos cursos d'água de uma bacia consiste de:

- Precipitação que cai diretamente sobre o leito fluvial;
- Deflúvio superficial;
- Deflúvio subsuperficial;
- Deflúvio subterrâneo ou básico.

Se numa bacia a principal fonte de alimentação do escoamento fluvial for o deflúvio decorrente do escoamento superficial é quase certa uma grande irregularidade na distribuição anual do deflúvio. Os cursos d'água escoarão grandes volumes durante o período de chuvas e pequenas descargas na estiagem. Isso ocorre quando os depósitos geológicos de área de drenagem - ao menos nas camadas de solo mais próximas à superfície –são altamente impermeáveis, de maneira que a capacidade de infiltração é baixa e os reservatórios subterrâneos são inadequadamente supridos (CANALI, 1996).

Através da restituição dos canais da micro-bacia pode-se observar a configuração da rede de drenagem e seu respectivo padrão. Denomina-se padrão de drenagem o arranjo espacial dos cursos fluviais que podem ser influenciados em sua morfogênese pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela variação na resistência litológica, por diferentes declividades e pela evolução geomorfológica da região.

Os padrões de drenagem são classificados com base na geometria dos canais e apresentam os seguintes tipos fundamentais: dendrítico, treliça, retangular, paralelo, radial, anelar e irregular. Uma bacia hidrográfica pode englobar diferentes padrões geométricos para seus rios e uma gama de subtipos definidos em diversos trabalhos. Através do estudo desses padrões é possível interpretar a natureza dos terrenos, a disposição das camadas e das linhas de falhamento, os processos fluviais e climáticos dominantes (CUNHA, 2001).

A análise morfométrica da bacia hidrográfica apresentada por HORTON (1945) e modificada por STRAHLER (1952) consiste na identificação da ordem dos cursos d'água, ou seja, na hierarquização fluvial de determinada bacia hidrográfica. A hierarquia fluvial consiste na classificação de um curso d'água ou de uma área drenada que lhe pertence, no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontram. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Subdividindo-se as redes hidrográficas em componentes de ordens diferentes, obtém-se a posição de cada um deles na composição hierárquica da bacia. Baseado no conceito hierárquico da ordenação dos canais, HORTON sugeriu que ocorre o

desenvolvimento das bacias hidrográficas de acordo com um grupo de leis da composição da drenagem, as quais relacionam características como número, comprimento, área e declividade de canais e bacias à sua ordem (CANALI, 1986).

A análise física ou morfométrica da bacia aliada à análise hidrológica constituem excelentes parâmetros de interpretação do sistema hidrogeomorfológico numa bacia hidrográfica.

A Hidrologia, segundo VILLELA e MATTOS (1975) é a ciência que trata da água da terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio ambiente.

O ciclo hidrológico é representado pelos fenômenos hidrológicos em suas fases distintas: precipitação, evaporação, evapotranspiração, escoamento superficial e escoamento subterrâneo.

Embora pareça um mecanismo contínuo, com a água se movendo de forma permanente e com uma taxa constante, o ciclo hidrológico é bastante diferente, pois o movimento da água em cada uma das fases do ciclo varia, aleatoriamente, no tempo e no espaço.

Chuvas torrenciais, que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água, provocam inundações enquanto que, em períodos de estiagem, a diminuição da precipitação e do escoamento superficial provoca situações de extrema seca. Esse fato está intimamente ligado às variações climáticas, as quais devem ser consideradas como parte importante na análise de bacias hidrográficas.

Conforme LIMA (2000), nos diversos fóruns sobre o tema inundações observa-se o uso incorreto ou inadequado dos termos técnicos envolvidos. Desse modo, faz-se necessária uma definição de alguns conceitos básicos para facilitar a abordagem interdisciplinar do tema proposto. Sendo assim, LIMA (2000) apresenta os conceitos dos termos freqüentemente utilizados, com base em autores internacionalmente reconhecidos pela comunidade científica, como KELLER, E.A. (1996), MURCK et al. (1996) e MONTGOMERY (1997), os quais seguem:

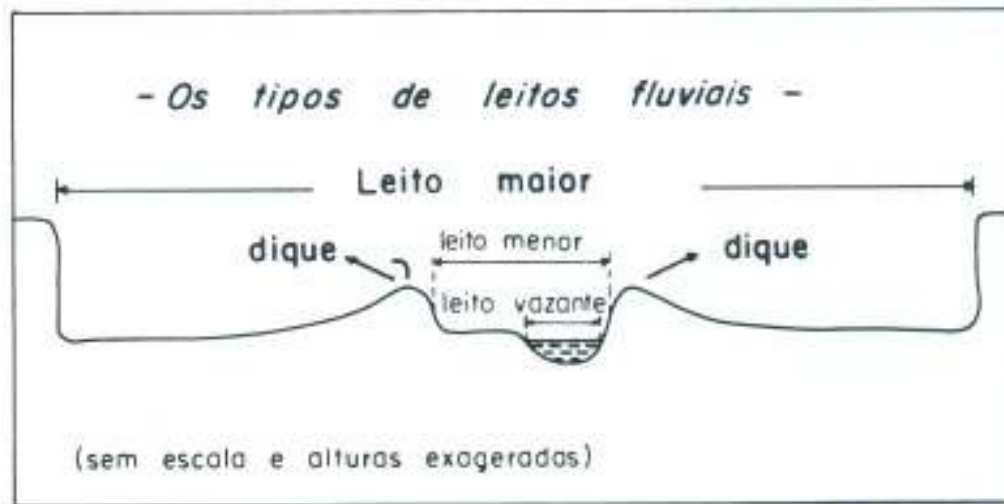
- **inundação:** situação em que o fluxo de um rio ultrapassa os limites do seu leito normal, avançando sobre os terrenos localizados além de suas margens.
- **enchente:** situação em que a vazão do rio ultrapassa a sua vazão média. Deste modo, podem existir situações em que o rio está em enchente mas não existe inundação.
- **alagamento:** ocorre quando a água é represada, não escoando ou escoando lentamente, formando um corpo d'água em região normalmente seca, sem que ocorra o extravasamento de um rio.
- **planície de inundação:** região aplainada, periodicamente coberta pelas águas de um rio, constituída por depósitos sedimentares formados pelo próprio rio.

De acordo com CHRISTOFOLETTI (1980), os leitos fluviais correspondem aos espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas e, no que tange ao perfil transversal nas planícies de inundação, pode-se distinguir os seguintes leitos, conforme mostra a Figura 16:

- **leito de vazante:** está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas. Constantemente serpenteia entre as margens do leito menor, acompanhando o *talvegue*, que é a linha de maior profundidade ao longo do leito;
- **leito menor:** bem delimitado, encaixado entre margens geralmente bem definidas. O escoamento das águas nesse leito tem frequência suficiente para impedir o crescimento da vegetação. Ao longo do leito menor verifica-se a existência de irregularidades, com trechos mais profundos, as depressões (*mouille* ou *pools*), seguidas de partes menos profundas, mais retilíneas e oblíquas em relação ao eixo aparente do leito, designadas de “umbrais” (*seuils* ou *riffles*);
- **leito maior periódico ou sazonal:** regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez cada ano; e

- **leito maior excepcional:** por onde ocorrem as cheias mais elevadas, as enchentes. É submerso em intervalos irregulares, mas, por definição, nem todos os anos.

FIGURA 16 – TIPOS DE LEITOS FLUVIAIS



FONTE: CHRISTOFOLETTI (1980)

A relação entre leito de vazante, leito menor, leito maior periódico e excepcional varia de um curso de água a outro, inclusive de um setor a outro de um mesmo rio, sendo que as delimitações dos mesmos tornam-se difíceis de serem traçadas, havendo maior nitidez entre leito menor e leito maior.

De acordo com LIMA (2000), diversos estudos realizados em diferentes regiões do planeta demonstram a relação entre a urbanização das bacias de drenagem e o aumento de inundações nestas mesmas bacias. Cita ainda a relação obtida por LEOPOLD (1968) apud KELLER (1996), que indica a multiplicação do número de vezes em que o rio extravasa suas margens em relação à percentagem de urbanização da área. LEOPOLD (1968) demonstrou ainda que as inundações menores, que ocorrem com maior frequência e, portanto, com menor intervalo de recorrência, são mais afetadas pela urbanização, aumentando a sua magnitude, do que as chamadas grandes inundações com maiores intervalos de recorrência.

TUCCI (2002, p. 623) afirma que, os resultados da urbanização sobre o escoamento superficial, em relação aos eventos pluviométricos ocorridos numa bacia de drenagem são: o aumento da vazão máxima e do escoamento superficial, redução do tempo de pico e diminuição do tempo de base, produzindo um aumento da frequência da inundação nas cheias pequenas e médias.

Segundo TUCCI (2002b), o desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água. Na medida que a cidade se urbaniza, ocorrem os seguintes impactos:

- aumento das vazões máximas (em até 6 vezes, segundo LEOPOLD, 1968, apud TUCCI,2002b) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- aumento da produção de sedimentos devido a desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo);
- deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, transporte de material sólido e ligações clandestinas de esgoto.

Além destes, TUCCI (2002b) cita os impactos causados pela forma desorganizada de implantação da infra-estrutura urbana:

- pontes e taludes de estradas que obstroem o escoamento;
- redução de seção do escoamento de aterros;
- deposição e obstrução de rios, canais e condutos de lixos e sedimentos;
- projetos e obras de drenagem inadequados.

O autor comenta que as ações públicas estão indevidamente voltadas para medidas estruturais com visão pontual. A canalização tem sido extensamente utilizada para transferir a enchente de um ponto a outro na bacia, sem avaliação dos efeitos à jusante ou os reais benefícios das obras. Além de não resolver o problema, os recursos públicos são gastos de forma equivocada. A situação é agravada pelo aumento da

produção de sedimentos, que reduz a capacidade dos condutos e canais e pela qualidade da água pluvial associada aos resíduos sólidos.

Segundo TUCCI (2002, p. 637) as obras de ampliação da calha e o aprofundamento do canal (onde a linha de água é rebaixada para evitar inundações) poderão envolver um trecho muito extenso para ser efetiva, o que aumenta o custo da obra. A ampliação da seção de medição produz redução da declividade da linha de água e redução de níveis para montante. Para o autor, estas obras devem ser examinadas quanto à alteração que podem provocar na energia do rio e na estabilidade do leito, pois os trechos de montante e jusante das obras podem sofrer sedimentação ou erosão de acordo com a alteração produzida.

Segundo VILLELA e MATTOS (1975) uma enchente pode não causar inundação, principalmente se obras de controle forem construídas para esse fim. Por outro lado, mesmo não havendo um grande aumento de escoamento superficial, poderá ocorrer uma inundação, caso haja alguma obstrução no canal natural do rio. Uma enchente só causa inundação quando o volume de água que a causou transborda do canal, existindo duas causas para a inundação:

- excesso de chuva, de tal forma que o canal do rio não suporta a vazão da enchente;
- existência de qualquer obstrução que impede a passagem da vazão de enchente, a jusante da área inundada.

Conforme os anteriormente citados, neste último caso, por exemplo, pode estar um bueiro mal dimensionado que, não dando passagem à vazão de enchente, remansa o rio, causando inundação devido a uma chuva que, caso não houvesse o bueiro, não produziria tal efeito.

VILLELA e MATTOS (1975) afirmam ainda que outra causa de enchente e possivelmente de inundação é a própria construção de obras que têm por finalidade combater esses efeitos em uma certa área. Assim, pode-se dizer que uma galeria de águas pluviais, ou o melhoramento de um trecho de canal para evitar o seu transbordamento, somente servirá para deslocar para jusante, possivelmente para

áreas menos valorizadas, o volume de água devido à enchente. Nesse caso, essas obras são a causa da enchente a jusante.

TUCCI (2002b) afirma que as enchentes em áreas urbanas são causadas por dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- Enchentes pela urbanização: o aumento da frequência e da magnitude das enchentes ocorre devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode, ainda, produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;
- Enchentes naturais em áreas ribeirinhas: atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média, com tempo de retorno da ordem de 2 anos.

Para TUCCI (2002b), com a urbanização a cobertura vegetal de uma bacia hidrográfica é alterada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, gerando alterações no ciclo hidrológico. As principais alterações no ciclo hidrológico são as seguintes:

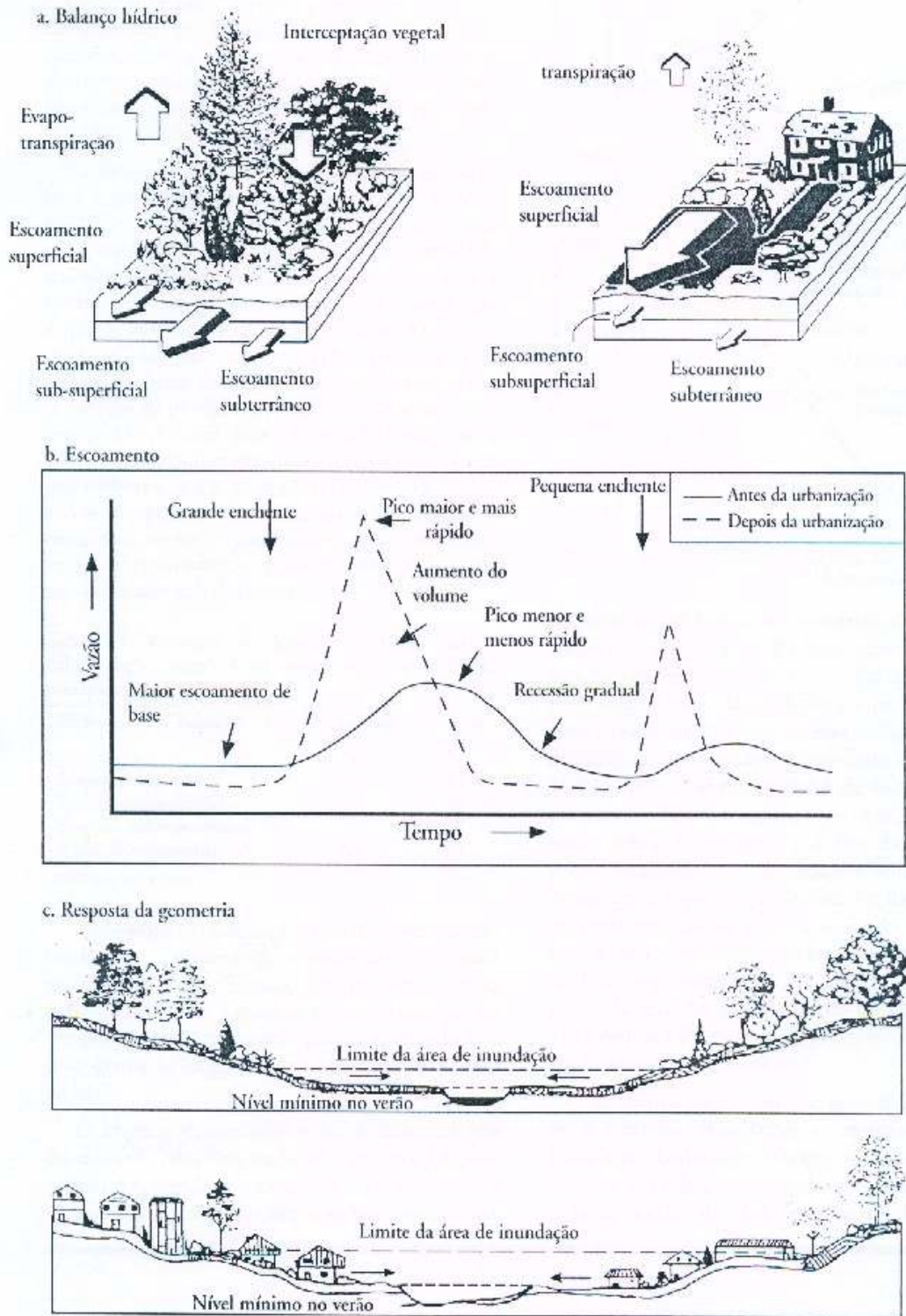
- **Redução da infiltração no solo;**
- **Aumento do escoamento superficial** - o volume que deixa de infiltrar fica na superfície. Além disso, com a construção de condutos pluviais para o escoamento superficial, tornando-o mais rápido, ocorre **redução no tempo de deslocamento**. Desta forma, as **vazões máximas também aumentam**, antecipando seus picos no tempo;
- Com a redução da infiltração, o aquífero tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área urbana é muito extensa), **reduzindo o escoamento subterrâneo**.

- Pela substituição da cobertura natural, ocorre uma **redução da evapotranspiração**, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo.

Na Figura 17, estão caracterizadas as alterações no uso do solo devido à urbanização e seu efeito sobre o hidrograma e os níveis de inundação.

A proporção com que esses valores se alteram variam de acordo com as características físicas locais, em função do tipo de solo, cobertura vegetal, geologia, pluviosidade, clima, relevo e rede de drenagem.

FIGURA 17 – CARACTERÍSTICAS DAS ALTERAÇÕES DE UMA ÁREA RURAL PARA URBANA, SCHUELER, 1987.



FONTE: SCHUELER (1987) apud TUCCI (2002b).

As medidas para o controle de inundações, segundo TUCCI (2002a), podem ser do tipo estrutural e não-estrutural. As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não-estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes.

Para TUCCI (2002a), é ingenuidade do homem imaginar que poderá controlar totalmente as inundações; as medidas sempre visam minimizar as suas conseqüências, permitindo à população ribeirinha diminuir suas perdas e manter uma convivência harmônica com o rio. As medidas de controle estruturais envolvem obras hidráulicas tais como barragens, diques e canalização, entre outras. As medidas não-estruturais, do tipo preventivo, podem ser zoneamento de áreas de inundação, sistema de alerta ligado à defesa civil e seguros.

De qualquer forma, TUCCI (2002b) afirma que o processo de controle inicia pela regulamentação do uso do solo urbano por um plano diretor que contemple a ocorrência de enchentes.

5 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa envolveu as seguintes etapas:

- Estudos bibliográficos;
- Levantamento de dados;
- Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica seguindo a metodologia proposta por CHRISTOFOLETTI(1980);
- Trabalhos de campo para reconhecimento da área estudada, visita a pontos críticos da bacia, documentação fotográfica e georreferenciamento de pontos de controle;
- Preparação de bases cartográficas em meio digital;
- Interpretação de fotografias aéreas;
- Coleta de dados hidrológicos;
- Confecção de mapas temáticos em ambiente SIG.

Para a análise do crescimento de áreas impermeáveis na bacia hidrográfica do rio Bacacheri considerou-se o processo de ocupação da cidade de Curitiba para o período de 48 anos, sendo analisado a evolução do uso do solo para os anos de 1952, 1962, 1980 e 2000, devido à disponibilidade de levantamentos aerofotogramétricos da região para esses anos.

Foram aplicadas técnicas de fotointerpretação às fotografias aéreas das datas de 1952, escala 1:25.000 (SEMA), 1962, escala 1:70.000 (SEMA), 1980, escala 1:25.000 (SEMA) e 2000, escala 1:30.000 (SUDERHSA).

As fotografias aéreas foram convertidas para formato digital raster através de escanização, com auxílio de *scanner*, em formato TIF, com resolução de 150 dpi e registradas através de georreferenciamento no sistema de coordenadas Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) *South America Datum 1969 (SAD 69)*, Zona 22 Sul, utilizando o *software* ENVI[®], versão 3.4, e os pontos de controle da base cartográfica digital da COMEC, ano 1976, escala 1:20.000, corrigida com base em levantamento feito em 1980.

Posteriormente, utilizou-se o *software PanaVue Image Assembler*, versão 2.05, Copyright® 1996-2000 – Québec- Canadá, para unir as fotografias aéreas georreferenciadas, formando os mosaicos de fotos para cada ano de estudo.

Para a elaboração dos mapas temáticos foram utilizadas as bases cartográficas em meio digital em escala 1:20.000 e 1:10.000 (COMEC), folhas A-101, A-104 e A-105, bem como as folhas 402, 404, 406, 413, 415, 417, na escala 1:10.000, ano 1976.

Também usou-se as bases cartográficas Curitiba Digital - Mapa de Arruamento - 2004 (IPPUC / Prefeitura Municipal de Curitiba), o qual encontra-se à disposição para consulta na Biblioteca do Setor de Tecnologia da UFPR – Centro Politécnico, além do mapa geológico cedido pela MINEROPAR, na escala 1:50.000, em meio digital e mapa de Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná, escala 1:600.000 (EMBRAPA). Este mapal foi convertido para formato digital raster através de escanização e registrado através de georreferenciamento pela SANEPAR.

As bases cartográficas digitais foram exportadas em formato *shape file* (shp), compatível com os parâmetros do *software ArcView*®, versão 3.2, o qual foi utilizado para construção do banco de dados, em ambiente SIG, com finalidade de cruzamento dos dados e elaboração dos mapas finais.

Este software armazena os dados em uma estrutura de dados topológica através de *coverages* – coberturas, que são unidades básicas de armazenamento e podem representar diversas características geográficas. As características ou feições geográficas dispostas em *coverages* individuais correspondem a um aspecto temático do mapa, chamado *layer* ou camada. Cada *coverage* está relacionada a um arquivo ou tabela de feições FAT - *Feature Attribute Table* de polígonos, arcos ou pontos.

As bases cartográficas foram corrigidas em relação à digitalização dos temas curvas de nível e hidrografia, com auxílio dos *softwares AutoCAD Map*® Release 3, Copyright 1996-1998 – Autodesk, Inc., e *ArcView*®, versão 3.2.

Para compreensão da dinâmica da paisagem na área da bacia, utilizou-se técnica de Análise Multitemporal das características e evolução do uso e ocupação do solo por meio da interpretação de fotografias aéreas de diferentes datas, citadas anteriormente, possibilitando a quantificação e mapeamento da evolução do

crescimento de áreas densamente urbanizadas, aumento de áreas impermeáveis e redução de áreas naturais.

Os levantamentos em campo foram realizados com a intenção de diagnosticar e conferir os tipos de uso e ocupação urbana mapeados em fotografias aéreas, além de auxiliar no reconhecimento e caracterização da bacia e de áreas sujeitas a inundações. Visitou-se os pontos críticos da bacia onde se realizou a documentação fotográfica e georreferenciamento de pontos de controle.

Para a análise e diagnóstico da bacia selecionada seguiu-se um roteiro proposto por CANALI (2004, inédito), referente a método expedito de Avaliação de Produção Hídrica da Bacia de Drenagem.

Esse método expedito consiste em efetuar cálculos que, como o próprio nome diz, avaliam a produção hídrica de determinada bacia de drenagem. Os índices calculados são o Coeficiente de Contribuição Específica, o Índice de Escoamento da Bacia, a Evapotranspiração ou Déficit de Escoamento e o Coeficiente de Escoamento. Tais índices são explicados mais detalhadamente no capítulo 5.5 – Parâmetros Hidrológicos.

Além disso, o método propõe a avaliação do Índice de Cobertura da bacia, que originalmente consiste no mapeamento dos tipos de cobertura (mata, capoeira, vegetação herbácea, uso agrícola e estruturas urbanas). Mede-se cada área por tipo de cobertura e ponderam-se os resultados, atribuindo-se pesos para cada tipo de cobertura: mata = 1; capoeira = 0,7; vegetação herbácea (campo, pastagem, macega) = 0,6; agricultura = 0,4, estruturas urbanas = 0,1.

A fórmula do Índice de Cobertura é expressa por $\sum(\text{At} \times \text{peso})/\text{A}$, onde:

Σ = somatória

At = área de cada tipo de cobertura

peso = peso atribuído para cada tipo de cobertura

A = área total da bacia hidrográfica

Portanto, multiplica-se cada área de cada tipo de cobertura pelo seu peso, soma-se todos e divide-se pela área total da bacia.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi necessário fazer uma adaptação quanto aos tipos de cobertura, uma vez que o enfoque principal está relacionado à permeabilidade da bacia hidrográfica em questão. Essa adaptação está detalhada no capítulo 5.6 que trata da Classificação da Permeabilidade da bacia do rio Bacacheri e os resultados obtidos para o Índice de Cobertura encontram-se no capítulo 9.5 – Estudo da Ocupação do Solo durante o período de 1952-2000.

Com base nas cópias das cartas topográficas na escala 1:20.000, folhas A-101, A-104 e A-105, ano 1976, em meio impresso (cópia xerográfica), iniciou-se o processo de mapeamento da rede de drenagem da bacia escolhida.

Foram restituídos, em papel vegetal, os canais fluviais e pluviais não mapeados nas cartas topográficas, seguindo as crenulações das curvas de nível. A delimitação da bacia hidrográfica foi feita a partir dos divisores de água.

Quanto ao levantamento dos parâmetros morfométricos da rede de drenagem, seguiu-se a metodologia proposta por HORTON (1945), adaptada por STRAHLER (1952) e aplicada por CHRISTOFOLETTI (1974) segundo as condições físicas e ambientais do Brasil.

Para o desenvolvimento do presente estudo foi abordada parte dos índices e parâmetros sugeridos em literatura para a análise de bacias hidrográficas. Os índices escolhidos para medição foram os seguintes:

5.1 HIERARQUIA FLUVIAL

A análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluviais com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial. A partir de então, processa-se a análise dos aspectos lineares, areais e hipsométricos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A ordenação dos canais e a identificação de sua hierarquia antecedem a coleta de outros dados morfométricos que consideram a bacia hidrográfica como unidade básica de análise.

5.2 ANÁLISE LINEAR

Nesse processo são obtidos índices e relações à cerca da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. Para realizar as medidas de comprimento foi utilizado o auxílio do curvímeter. Os índices medidos são descritos a seguir.

5.2.1 Comprimento médio por ordem dos segmentos (em metro)

Para calcular o comprimento médio dos segmentos fluviais divide-se a soma dos comprimentos dos canais de cada ordem pelo número de segmentos existentes na mesma ordem, através da seguinte fórmula $L_m = L_u / N_u$, onde:

- L_m = o comprimento médio por ordem dos segmentos (canais)
- L_u = o comprimento dos canais de cada ordem
- N_u = o número ou quantidade dos segmentos encontrados na respectiva ordem.

5.2.2 Extensão do percurso superficial (km/km²) – Eps

Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Expressa em km/km² e calculada da seguinte maneira, pela fórmula $Eps = 1 / 2D_d$, onde:

Eps = Extensão do percurso superficial

1 = constante

2 = constante

D_d = valor da Densidade de drenagem

5.2.3 Comprimento do canal principal (km) - Lcp

É a distância que se estende ao longo do curso do canal principal, desde a nascente até a sua foz. Calculado com auxílio do curvímeter.

5.2.4 Altura do canal principal (m) - Hcp

Para encontrar a altura do canal principal tomou-se a altitude da nascente (cota 1.005 m) e subtraiu-se a altitude da foz (cota 885m), seguindo-se a indicação das curvas de nível.

5.2.5 Gradiente do canal principal (m/km) – Gcp

É a relação entre a diferença máxima da altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. Sua finalidade é indicar a declividade dos cursos d'água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem. É expresso em m/km. Neste caso, fez-se a medição somente para o canal principal, através da fórmula $G_{cp} = H_{cp} / L_{cp}$, onde:

- G_{cp} = Gradiente do canal principal
- H_{cp} = altura do canal principal
- L_{cp} = comprimento do canal principal

O Gradiente do canal principal também pode ser expresso em porcentagem (%), através do cálculo $G_{cp} = H_{cp} / L_{cp} \times 100$. O valor final indica a proporção de declividade do rio para cada 100 metros.

5.3 ANÁLISE AREAL

Realizada por meio de vários índices obtidos através de medições planimétricas, além de medições lineares. Os índices estão relacionados a seguir.

5.3.1 Perímetro da bacia (km)

O perímetro da bacia foi medido com o auxílio do curvímetro, percorrendo por sobre as linhas de delimitação da bacia (divisor de águas). Posteriormente, calculou-se o perímetro da bacia através de ferramentas de programas em ambiente SIG (*AutoCAD Map*[®] e *ArcView*[®] 3.2). Considerou-se este último resultado para demais cálculos.

5.3.2 Área da bacia (km²)

O cálculo da área da bacia foi obtido, inicialmente, pelo método do Planímetro de Pontos e, posteriormente, calculou-se a área da bacia por meio de ferramentas de programas em ambiente SIG (*AutoCAD Map*[®] e *ArcView*[®] 3.2), considerando-se, para efeito de dados, este último resultado.

5.3.3 Densidade hidrográfica (rios/km²) - Dh

Obtêm-se a partir da relação existente entre o número de rios ou de cursos d'água de 1ª ordem e a área da bacia hidrográfica. O resultado é dado em números de rios por km² (N/km²), sendo expressa pela fórmula $Dh = N1 / A$, onde:

- Dh = Densidade hidrográfica
- N1 = o número de canais de 1ª ordem
- A = área da bacia

5.3.4 Densidade de drenagem (km/km²) - Dd

Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento (todos os canais, sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) com a área da bacia hidrográfica.

Pode ser calculado pela seguinte fórmula $Dd = Lt / A$, onde:

- Dd = Densidade de drenagem
- Lt = o comprimento total de todos os canais da rede hidrográfica (em km)
- A = área da bacia (em km²)

5.3.5 Comprimento da bacia (km) - Lb

O comprimento da bacia foi medido com auxílio de régua, traçando-se uma reta ao longo do rio principal, da foz até a linha divisora da bacia. O resultado em cm (52cm) foi multiplicado pelo valor referente à escala da carta topográfica 1:20.000 (cada 1cm no papel representa 200 m no terreno). O resultado final foi convertido para km.

5.3.6 Coeficiente de Compacidade da bacia (forma da bacia) - Cc

A forma da bacia hidrográfica determina a distribuição do deflúvio ao longo dos cursos d'água principais e é em parte responsável pelas características das enchentes. Este índice pode ser calculado pela seguinte fórmula $Cc = P/2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}$, onde:

- Cc = Coeficiente de compacidade ou índice de circularidade
- P = perímetro da bacia
- A = área da bacia

Índice de referência 1,0 – forma da bacia é circular

Índice de referência 1,8 – forma da bacia é alongada

5.4 ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Os índices e as relações referem-se às medidas de altimetria e declividade da bacia hidrográfica. As medidas altimétricas foram obtidas diretamente sobre as cartas topográficas, utilizando-se os pontos cotados, curvas de nível (eqüidistância de 5 metros) e pontos interpolados. A declividade foi estabelecida a partir das diferenças altimétricas com auxílio de calculadora comum.

5.4.1 Altura da bacia (m) - Hb

Corresponde à diferença altimétrica entre a altitude do ponto mais elevado (topo) e a altitude do ponto menos elevado (foz). O resultado é expresso em metros.

5.4.2 - Relação de relevo (m/km) - Rr

A relação de relevo foi inicialmente apresentada por SCHUMM (1956), considerando o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia medida paralelamente à principal linha de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Desse modo, estabelece-se a declividade da área da bacia hidrográfica.

A relação de relevo indica ainda a energia do rio nas encostas. Se a energia é maior, ocorre o aprofundamento do leito do rio. Se a energia é menor, ocorre a acumulação de materiais no fundo do leito.

Calculada pela seguinte fórmula **$Rr = Hb / Lb$** , onde:

- Rr = Relação de relevo
- Hb = altura da bacia
- Lb = comprimento da bacia

A Relação de relevo também pode ser expressa em porcentagem (%), pelo do cálculo **$Rr = Hb / Lb \times 100$** . O valor final indica a proporção da declividade da área da bacia para cada 100 metros.

5.5 PARÂMETROS HIDROLÓGICOS

Além dos parâmetros morfométricos, foram utilizados dados hidrológicos de precipitação e vazão média regionais, conforme indicado no Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, editado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA, com a finalidade de avaliar a produção hídrica da bacia de drenagem. Os dados regionais retirados do Atlas e que representam o valor médio entre duas classes são:

- Precipitação Anual : **1.400 mm**
- Vazão Média em pequenas bacias ou Vazão Específica: **16 l/s/km²**

Segundo o Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998), apresentam-se isolinhas de vazões médias específicas (l/s/km²) de longo termo, calculadas a partir dos dados de 57 estações fluviométricas em todo o Estado do Paraná, todas com área e drenagem inferior a 5.000 km² e série histórica superior a 10 anos.

Esses dados são aproximados para a região a que pertence a área de estudo, e foram utilizados para o cálculo dos seguintes índices:

5.5.1 Transformação da Unidade do Deflúvio – D

Tem por objetivo transformar a unidade do Deflúvio (D) ou Vazão (Q) expressa em l/s/km² para m³/s. Para a conversão da unidade utiliza-se a seguinte equação:
 $m^3/s = l/s \times A/1.000$.

5.5.2 Índice de Escoamento da Bacia - IE

É a diferença entre o que precipita e o que evapora numa bacia hidrográfica, resultando no escoamento superficial. O Índice de Escoamento é igual ao escoamento do deflúvio (débito ou vazão) de uma bacia expresso em milímetros, ou seja, a altura da lâmina de água que escoar em determinado período de tempo, considerando sua

distribuição uniforme sobre a bacia, dividido pela área da bacia. A fórmula é representada por **IE = 86,4 x T x Q / A**, onde:

- IE = Índice de Escoamento em mm de altura de vazão (mm/h de vazão)
- 86,4 = constante (nº de segundos em 1 dia)
- T = nº de dias (pode ser mensal ou anual)
- Q = vazão em m³/s
- A = área da bacia em km²

5.5.3 Evapotranspiração ou Déficit de Escoamento – EVT

Expresso através da fórmula **Evt = P – D**, onde:

- Evt = Evapotranspiração em mm de altura (mm/h)
- P = Precipitação em mm de altura (mm/h)
- D = Deflúvio em mm de altura (mm/h)

5.5.4 Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária (em l/s/km²) - CCE

Expresso através da fórmula **CCE = Q x 1.000/ A**, onde:

- CCE = Coeficiente de Contribuição Específica em l/s/km²
- Q = vazão em m³/s
- A = área da bacia em km²

5.5.5 Coeficiente de Escoamento - CE

O Coeficiente de Escoamento é a quota de escoamento em porcentagem entre a altura da lâmina de água escoada (P') e a precipitação caída (P). Expresso pela fórmula **CE = (P' / P) x 100**, onde:

- CE = Coeficiente de Escoamento (em %)
- P' = Precipitação escoada (lâmina da água escoada ou deflúvio) em mm de altura (mm/h) = IE
- P = Precipitação em mm de altura (mm/h) – chuva

5.6 CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI

Os diferentes tipos de cobertura da bacia foram mapeados a partir da fotointerpretação com fotografias aéreas de diferentes períodos, medindo-se a área de cada cobertura e ponderando-se os resultados atribuindo pesos para cada um.

O mapeamento das áreas de ocupação da bacia foi denominado de Classificação da Permeabilidade e realizado com o auxílio do *software ArcView*[®], versão 3.2, em ambiente SIG, com base na identificação de características da área, mapeadas a partir da fotointerpretação e seguindo a classificação para o Coeficiente de escoamento Superficial adotado pela antiga SUCEPAR e atual SUDERHSA (FENDRICH *et al.*, 1997, p.199), modificada e adaptada para o estudo em questão.

Segundo AISSE in FENDRICH *et al.* (1997, p.199), são comumente adotados os valores para o coeficiente de escoamento superficial demonstrados na tabela 1.

TABELA 1 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) – ADOTADO PELA SUCEPAR (ATUAL SUDERHSA)

Características da Área	C
Área Coberta (e Pavimentada)	0,8
Área Descoberta	0,3

FONTE: AISSE in FENDRICH *et al.* (1997)

A referida tabela foi modificada e adaptada para a área de estudo, conforme segue na tabela 2.

TABELA 2 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) - modificada e adaptada para a área de estudo

<i>Características da Área</i>	<i>C</i>
Área Coberta e Pavimentada (residencial densa, comercial, aeroporto e estacionamento)	0,8
Área Semi-Descoberta (residencial normal e residencial com grandes lotes)	0,5
Área Descoberta (parques, jardins, cinturões verdes)	0,3

FONTE: Adaptado de AISSE in FENDRICH *et al.* (1997)

De acordo com AISSE in FENDRICH et al. (1997) para o cálculo do coeficiente em áreas mistas, utiliza-se a média ponderada dos coeficientes envolvidos, onde os pesos são as áreas correspondentes. Modificando e adaptando a equação para a área da bacia do rio Bacacheri, tem-se o seguinte:

$$C = \frac{\text{Área Coberta} \times 0,8 + \text{Área Semi-Descoberta} \times 0,5 + \text{Área Descoberta} \times 0,3}{\text{Área Coberta} + \text{Área Semi-Descoberta} + \text{Área Descoberta}}$$

Transferiram-se os valores encontrados no mapeamento das áreas da bacia de modo a ter a seguinte equivalência: *área coberta* corresponde à **área impermeável**; *área semi-descoberta* corresponde a **área semi-permeável** e, *área descoberta* corresponde a **área permeável**.

O Coeficiente de escoamento Superficial refere-se à relação entre o volume escoado e o volume precipitado numa determinada área. Conforme PINTO et al. (1973, p. 116), o volume escoado é um resíduo do volume precipitado e a relação entre os dois é o que se denomina, geralmente, coeficiente de deflúvio ou de escoamento.

Segundo VILLELA e MATTOS (1975,p. 114) existem tabelas que relacionam o coeficiente de escoamento superficial com a natureza da superfície onde ela ocorre. Os tipos de superfícies ou características da área e os valores do índice **C** variam de acordo com as tabelas adotadas, havendo maior ou menor descrição de natureza da superfície conforme a tabela escolhida.

Para FENDRICH (1997, p. 139), a escolha do coeficiente de escoamento superficial depende muito do julgamento pessoal. Em geral, as superfícies não são homogêneas, não sendo, por isso, conveniente adotar um único valor obtido da tabela para toda a área de drenagem. O mais conveniente é adotar um coeficiente composto, cujo cálculo é executado em planilha. Esse cálculo é a determinação média ponderada para toda a área da bacia de drenagem, de todos os valores de **C** para as parcelas que a compõem.

Por fim, o cálculo do Índice de Cobertura, proposto na metodologia adotada por CANALI (2004, inédito) para a Avaliação de Produção Hídrica da Bacia de Drenagem,

foi obtido pela multiplicação da área de cada tipo de cobertura pelo seu peso, a soma de todos os valores e divisão pela área total da bacia.

Foi necessário adaptar esse Índice de Cobertura para o estudo da bacia hidrográfica do rio Bacacheri, uma vez que, originalmente, a metodologia contempla o uso e ocupação do solo propriamente dito, avaliando áreas de mata, macega, cultivos agrícolas, área urbana. Adotou-se para esta pesquisa, como uso e ocupação do solo, os três tipos de superfície da Classificação da Permeabilidade, que são áreas permeáveis, semi-permeáveis e impermeáveis, de acordo com os critérios descritos na tabela 2. Os resultados estão descritos no capítulo 9.

6 RESULTADOS

6.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI

A partir do mapeamento da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do rio Bacacheri com a restituição dos canais pela base cartográfica, observa-se que a bacia estudada é identificada como sendo de 5ª ordem na hierarquia fluvial.

No quadro 2 estão dispostos os valores encontrados através da medição do comprimento total e médio dos segmentos dos canais, por ordem hierárquica.

QUADRO 2 - SEGMENTOS DE CANAIS POR ORDEM HIERÁRQUICA

Ordem	Número de segmentos	Comprimento Total dos segmentos (km)	Comprimento Médio dos segmentos (m)
1ª	181	32	0,18
2ª	48	19	0,39
3ª	11	13,8	1,25
4ª	4	3	0,75
5ª	1	8,5	8,5
Total	245	76,3	-

FONTE: Cálculos efetuados a partir de Cartas Topográficas

CANALI (1986) afirma que é a partir de bacias hidrográficas de 4ª ordem que o estudo dos parâmetros morfométricos e posterior tratamento estatístico, se fazem convenientes.

A descarga e outras características hidrológicas dependem, em grande parte, do número de canais existentes na área (CHRISTOFOLETTI, 1980). Portanto, a ordem dos cursos de drenagem indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

Quanto aos parâmetros areais, lineares e hipsométricos os dados calculados encontram-se resumidos no Quadro 3.

QUADRO 3 - PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS PARA O RIO BACACHERI

P - PERÍMETRO (km)	29,73 km
A - ÁREA (km ²)	30,81 km ²
DH - DENSIDADE HIDROGRÁFICA (rios/km ²)	5,87 rios/km ²
DD - DENSIDADE DE DRENAGEM (km/km ²)	2,48 km/km ²
EPS - EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL (km/km ²)	0,20 km/km ²
LB - COMPRIMENTO DA BACIA (km)	10,4 km
HB - ALTURA DA BACIA (m)	128 m
RR - RELAÇÃO DE RELEVO (m/km)	12,31 m/km
RR - RELAÇÃO DE RELEVO (%)	1,23 %
LCP - COMPRIMENTO DO CANAL PRINCIPAL (km)	12,5 km
HCP - ALTURA DO CANAL PRINCIPAL (m)	120 m
GCP - GRADIENTE DO CANAL PRINCIPAL (m/km)	9,6 m/km
GCP - GRADIENTE DO CANAL PRINCIPAL (%)	0,96 %
CC - COEFICIENTE DE COMPACIDADE DA BACIA	1,51

FONTE: Cálculos efetuados a partir de Cartas Topográficas

O índice Densidade Hidrográfica tem por finalidade comparar a freqüência ou quantidade de cursos d'água existentes em uma área. O número de canais de determinada bacia constitui-se na base para demonstrar sua magnitude. Representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Segundo critério adotado por CANALI (1986), pode-se definir três categorias de densidade hidrográfica:

- Dh baixa = 1 a 5 canais/km²
- Dh média = 5 a 20 canais/km²
- Dh alta = 20 a 35 ou mais canais/km²

O valor obtido para a área da bacia estudada é de **5,87 rios/km²**, sendo considerada como **densidade hidrográfica média** de acordo com o critério adotado por CANALI (1986).

O índice Densidade de Drenagem indica a capacidade de escoamento de uma bacia. Quanto maior for este coeficiente, maior a capacidade da bacia de escoar suas enchentes.

VILLELA & MATTOS (1975), afirmam que este índice varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem com pouca capacidade de drenagem, até 3,5 km/km² ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas.

O valor obtido para a área da bacia estudada é de **2,48 km/km²**, o que indica uma **densidade de drenagem média**.

O cálculo da densidade de drenagem apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

CANALI (1986) faz referência a CHRISTOFOLETTI (1983), o qual observou que a densidade da rede de canais tem sido uma das variáveis mais importantes na análise morfométrica das bacias de drenagem representando o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial ou expressando a quantidade de canais disponíveis para o escoamento superficial. Existem outras funções da densidade de drenagem tais como: resposta aos controles exercidos por clima, vegetação e litologia; repercute no escoamento e no transporte de sedimentos na bacia de drenagem; serve de parâmetro para classificação de paisagens físicas; como controladora de processos morfogenéticos; é fator de relação ao escoamento dos aquíferos do fluxo de base; e serve como elemento de interpretação paleogeográfica.

Em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas influi na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidades para a esculturação de canais, como entre rochas clásticas de granulação fina ocasionando, conseqüentemente, densidade de drenagem mais elevada. Já o contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A forma da bacia hidrográfica do rio Bacacheri pode ser definida simplesmente pela observação dos mapas. Através do cálculo do Coeficiente de Compacidade da bacia, pôde-se comparar a figura observada nos mapas e o resultado obtido pela fórmula $Cc = P/2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}$, é descrito a seguir, onde:

- Cc = Coeficiente de compacidade ou índice de circularidade
- P = perímetro da bacia
- A = área da bacia

$\frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}}$	=	$\frac{29,73}{2 \times \sqrt{3,14 \times 30,81}}$	=	$\frac{29,73}{2 \times 9,83}$	=	$\frac{29,73}{19,66}$	=	1,51
--	---	---	---	-------------------------------	---	-----------------------	---	-------------

Através dos índices de referência, onde **1,0** indica que a forma da bacia é circular e **1,8** que a forma da bacia é alongada, o resultado do cálculo de **Cc** da bacia do rio Bacacheri está mais próximo do índice que indica que a mesma é **alongada**.

A tendência para maiores enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo do índice de referência 1,0 for o valor desse coeficiente.

Em bacias circulares, o escoamento será mais rápido. A bacia descarregará seu deflúvio direto com maior rapidez e produzirá picos-de-enchente de maiores magnitudes. Em bacias alongadas, o escoamento será mais lento e maior a capacidade de armazenamento de águas pluviais.

Os demais parâmetros analisados encontram-se detalhados no capítulo 5, dispensando a repetição dos mesmos aqui.

7 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI

As características hidrológicas da bacia foram obtidas através de dados de vazão e precipitação constantes no Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998). São dados regionalizados e, portanto, representam valores médios aproximados para a área em que a bacia selecionada está inserida.

Os dados do Atlas da SUDERHSA quanto às vazões médias em pequenas bacias, apresentam isolinhas de vazões médias específicas ($l/s/km^2$) de longo termo, calculadas a partir dos dados de 57 (cinquenta e sete) estações fluviométricas, todas com área e drenagem inferior a $5.000 km^2$ e série histórica superior a 10 anos.

A precipitação média sobre uma bacia ou a altura média de precipitação em uma área específica é necessária em muitos problemas hidrológicos, principalmente na determinação do balanço hídrico de uma bacia hidrográfica, cujo estudo pode ser feito com base em um temporal isolado, ou com totais de uma estação do ano, ou ainda com base em totais anuais.

O método das isolinhas ou isoietas, segundo VILLELA e MATTOS (1975), é o mais preciso para avaliar a precipitação média em uma área. Nesse método, em vez dos pontos isolados de precipitação determinados pelos aparelhos de medida, utilizam-se as curvas de igual precipitação (isoietas); o traçado dessas curvas é simples e semelhante ao das curvas de nível, onde a altura da chuva substitui a cota do terreno. A precipitação média sobre uma área é calculada ponderando-se a precipitação média entre isoietas sucessivas (fazendo a média dos valores de duas isoietas) pela área entre as isoietas, totalizando-se esse produto e dividindo-se pela área total.

Utilizando-se os dados acima, efetuou-se cálculos baseados em metodologia expedita de análise e diagnóstico de bacias hidrográficas proposta por CANALI (2004, inédito) - Avaliação de Produção Hídrica da Bacia de Drenagem, que serve para estudos regionalizados ou para comparação entre bacias de lugares diferentes.

No quadro 4 estão dispostos os valores aproximados obtidos pelos cálculos efetuados para a bacia do rio Bacacheri. Foram adotados os valores médios regionais

disponíveis no Atlas da SUDERHSA, uma vez que não há equipamentos instalados nesta bacia para o monitoramento da pluviosidade e vazão do rio.

Para obter valores específicos e resultados precisos é necessário conhecer os dados de precipitação e vazão da bacia hidrográfica em estudo; isto só é possível se a bacia em estudo ou a bacia hidrográfica da qual ela é tributária for dotada de estações pluviométricas e fluviométricas em sua área.

QUADRO 4. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI

Precipitação Anual *	1.400 mm
Vazão Média em Pequenas Bacias (Vazão Específica) *	16 l/s/km ²
Transformação da unidade do Deflúvio – D (ou Vazão - Q) (de l/s/km ² para m ³ /s)	0,49296 m ³ /s
Índice de Escoamento da Bacia (IE) - Vazão ou Deflúvio	504,58 mm/h
Evapotranspiração (Evt) ou Déficit de Escoamento	895,42 mm/h ou 63,96% do total precipitado
Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária em litros (CCE)	16 l/s/km ²
Coeficiente de Escoamento (CE)	0,3604 ou 36,04% do total precipitado

Fonte: *Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998).

Destes resultados, podemos avaliar que de um total de 1.400 mm de precipitação média anual, 895,42 mm/h foi perdido por evapotranspiração ou o equivalente a 63,96% do total precipitado. Desse modo, 504,58 mm/h ou 36,04% do total precipitado é o índice de escoamento da bacia, ou seja, a vazão escoada na área da bacia.

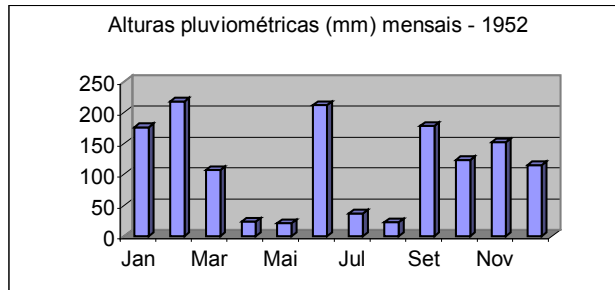
Foram realizados os mesmos cálculos para as precipitações anuais de 1952, 1962, 1980 e 2000, a partir de dados da Série Histórica de Chuvas da Estação Curitiba (nº 02549006 – INEMET) fornecidos pela SUDERHSA. Esses dados são apresentados no Gráfico 1 – ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm) MENSAIS PARA OS ANOS DE 1952-1962-1980-2000.

Os resultados dos cálculos são apresentados nos quadros 5, 6, 7 e 8, para cada ano estudado.

**GRÁFICO 1 - ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS (mm) MENS AIS
PARA OS ANOS DE 1952 - 1962 - 1980 - 2000**

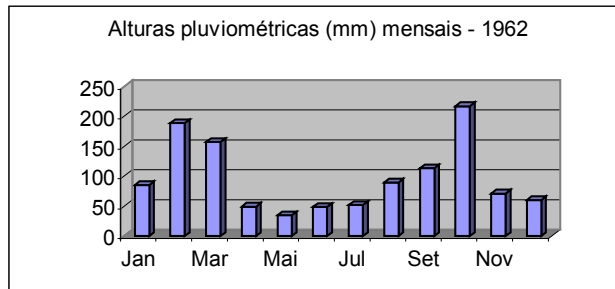
1952

mês	altura (mm)
Jan	176,3
Fev	217,9
Mar	107,3
Abr	23,5
Mai	21,3
Jun	212,1
Jul	36,5
Ago	22,6
Set	178,5
Out	123,4
Nov	151,9
Dez	115,1
total	1386,4



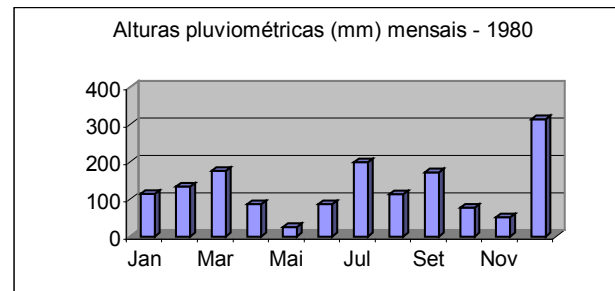
1962

mês	altura (mm)
Jan	85,2
Fev	188,7
Mar	157,3
Abr	49
Mai	34,7
Jun	48,7
Jul	51,8
Ago	89,4
Set	113,8
Out	217,1
Nov	71,3
Dez	60,1
total	1167,1



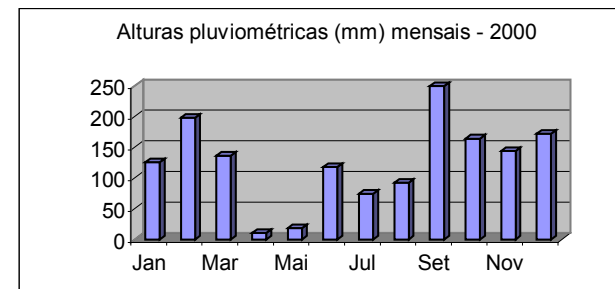
1980

mês	altura (mm)
Jan	114,4
Fev	133,5
Mar	175,7
Abr	86,6
Mai	25,8
Jun	87,1
Jul	199,3
Ago	113,3
Set	172,3
Out	77,4
Nov	51,6
Dez	314,6
total	1551,6



2000

mês	altura (mm)
Jan	125,2
Fev	197,6
Mar	136,4
Abr	10,8
Mai	18,3
Jun	118,2
Jul	74,3
Ago	92,4
Set	249,1
Out	164,1
Nov	143,8
Dez	171,8
total	1502



Fonte: SUDERHSA

QUADRO 5. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI – A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 1952

Precipitação Anual **	1.386,4 mm
Vazão Média em Pequenas Bacias (Vazão Específica) *	16 l/s/km ²
Transformação da unidade do Deflúvio – D (ou Vazão - Q) (de l/s/km ² para m ³ /s)	0,49296 m ³ /s
Índice de Escoamento da Bacia (IE) - Vazão ou Deflúvio	504,58 mm/h
Evapotranspiração (Evt) ou Déficit de Escoamento	881,82 mm/h ou 63,61% do total precipitado
Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária em litros (CCE)	16 l/s/km ²
Coeficiente de Escoamento (CE)	0,3639 ou 36,39% do total precipitado

Fonte: *Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998) e **Série Histórica de Chuvas da Estação Curitiba (nº 02549006 – INEMET) fornecido pela SUDERHSA.

QUADRO 6. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI - A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 1962

Precipitação Anual **	1.167,1 mm
Vazão Média em Pequenas Bacias (Vazão Específica) *	16 l/s/km ²
Transformação da unidade do Deflúvio – D (ou Vazão - Q) (de l/s/km ² para m ³ /s)	0,49296 m ³ /s
Índice de Escoamento da Bacia (IE) - Vazão ou Deflúvio	504,58 mm/h
Evapotranspiração (Evt) ou Déficit de Escoamento	662,52 mm/h ou 56,77% do total precipitado
Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária em litros (CCE)	16 l/s/km ²
Coeficiente de Escoamento (CE)	0,4323 ou 43,23% do total precipitado

Fonte: *Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998) e **Série Histórica de Chuvas da Estação Curitiba (nº 02549006 – INEMET) fornecido pela SUDERHSA.

QUADRO 7. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI - A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 1980

Precipitação Anual **	1.551,6 mm
Vazão Média em Pequenas Bacias (Vazão Específica) *	16 l/s/km ²
Transformação da unidade do Deflúvio – D (ou Vazão - Q) (de l/s/km ² para m ³ /s)	0,49296 m ³ /s
Índice de Escoamento da Bacia (IE) - Vazão ou Deflúvio	504,58 mm/h
Evapotranspiração (Evt) ou Déficit de Escoamento	1047,02 mm/h ou 67,48% do total precipitado
Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária em litros (CCE)	16 l/s/km ²
Coeficiente de Escoamento (CE)	0,3252 ou 32,52% do total precipitado

Fonte: *Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998) e **Série Histórica de Chuvas da Estação Curitiba (nº 02549006 – INEMET) fornecido pela SUDERHSA.

QUADRO 8. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA DO RIO BACACHERI - A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO ANUAL DO ANO DE 2000

Precipitação Anual **	1.502 mm
Vazão Média em Pequenas Bacias (Vazão Específica) *	16 l/s/km ²
Transformação da unidade do Deflúvio – D (ou Vazão - Q) (de l/s/km ² para m ³ /s)	0,49296 m ³ /s
Índice de Escoamento da Bacia (IE) - Vazão ou Deflúvio	504,58 mm/h
Evapotranspiração (Evt) ou Déficit de Escoamento	997,42 mm/h ou 66,41% do total precipitado
Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária em litros (CCE)	16 l/s/km ²
Coeficiente de Escoamento (CE)	0,3359 ou 33,59% do total precipitado

Fonte: *Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA, 1998) e **Série Histórica de Chuvas da Estação Curitiba (nº 02549006 – INEMET) fornecido pela SUDERHSA.

Observa-se que o Índice de Escoamento da Bacia (IE), também chamado de Vazão ou Deflúvio, têm valores constantes, uma vez que o mesmo é calculado a partir do dado de Vazão Média em Pequenas Bacias ou Vazão Específica, retirado do Atlas da SUDERHSA. Utiliza-se este dado para o cálculo da Transformação da unidade do Deflúvio – D de l/s/km² para m³/s, e para o cálculo do Coeficiente de Contribuição Específica ou Unitária em litros (CCE), que é a própria Vazão Média em Pequenas Bacias ou Vazão Específica.

Dos quatro anos estudados, o ano de 1980 teve a maior precipitação anual total (1.551,6 mm) com destaque para o mês de Dezembro, com altura pluviométrica igual a 314,6 mm, muito superior aos demais meses, e o mês de Maio com a menor altura pluviométrica de 25,8 mm.

O ano de 1962 teve a menor precipitação anual total, igual a 1.167,1 mm. Destaca-se o mês de Outubro com a maior altura pluviométrica do ano (217,1 mm), e os meses de Abril a Julho com as menores precipitações, configurando o período de estiagem no inverno, sendo o mês de Maio o de menor precipitação do ano (34,7 mm).

O ano de 1952 teve precipitação anual total igual a 1.386,4 mm, destacando-se os meses de Fevereiro e Junho com as maiores precipitações (217,9 mm e 212,1 mm, respectivamente) e os meses de Abril, Maio, Julho e Agosto com as menores precipitações do ano (Maio igual a 21,3 mm).

O ano de 2000 teve precipitação anual total igual a 1.502 mm, com destaque para o mês de Setembro com a maior altura pluviométrica do ano (249,1 mm) e os meses de Abril e Maio com as menores precipitações (10,8 mm e 18,3 mm, respectivamente).

Observa-se nos dados do Gráfico 1 que, de modo geral e alguma exceção, para os anos em estudo, as concentrações máximas ocorrem nos meses de verão enquanto no inverno há queda dos níveis pluviométricos, características do regime pluviométrico para a região de Curitiba e o Estado do Paraná.

8 TRABALHOS DE CAMPO E RECONHECIMENTO DA BACIA DO RIO BACACHERI

Os trabalhos de campo envolveram diversas visitas a diferentes pontos da bacia hidrográfica, no intuito de fazer o reconhecimento da área de estudo, coletar dados, georreferenciar pontos de controle, além de produzir documentação fotográfica.

Foram realizados sete trabalhos de campo ao longo do período de pesquisa e os dados coletados em quatro visitas encontram-se descritos no quadro 9 – Pontos de Controle em Campo (pontos visitados). Na Figura 18 observa-se a distribuição destes pontos ao longo da bacia hidrográfica.

Os levantamentos em campo foram importantes para o reconhecimento e caracterização física da bacia do rio Bacacheri bem como para o diagnóstico dos tipos de uso e ocupação urbana e comparação com os dados mapeados em fotografias aéreas e o levantamento de áreas sujeitas a inundações.

A partir de dados coletados em reportagens e notas de jornais, pesquisa no *site* da Câmara Municipal de Curitiba por requerimentos e proposições para obras nos bairros da área de estudo, foram visitados alguns pontos críticos quanto à ocorrência de inundações na bacia do rio Bacacheri.

Dos pontos visitados, foram constatados problemas quanto à inundação nos seguintes pontos:

- No curso superior, os pontos 3, 4, 5 e 6 caracterizam-se por ocupações às margens do rio, com presença de detritos nos canais fluviais, o que interfere no fluxo das águas à jusante deste ponto.
- No médio curso da bacia, nos pontos de número 22 e 23, Conjuntos Cassiopéia e Krypton, no bairro Boa Vista, as inundações são controladas pela Prefeitura Municipal através de obras de limpeza e conservação das margens do rio e trechos canalizados. Em outras épocas, as inundações nestes pontos eram constantes, pois os conjuntos residenciais foram construídos às margens do rio, que passa entre os mesmos.

- No médio curso da bacia, números 7, 8, 9, no Conjunto Solar, divisa dos bairros Tingui/ Bacacheri; onde constatou-se problemas quanto à erosão marginal, e verificou-se a existência de obras de canalização e dissipadores de energia no leito do rio, com o intuito de conter a velocidade da vazão do rio em épocas de chuvas intensas.
- Próximo à foz, no ponto de número 14 no Tarumã, constatou-se problemas de inundação e aporte de sedimentos no leito do rio, onde existe um campo de areia e casas próximas à margem do rio.
- Próximo à foz, os pontos 12, 14, 15 e 17 estão em áreas de planície aluvial, sujeitos a inundações pela proximidade ao leito menor do rio e pela característica dos Gleissolos.

Evidentemente, os pontos localizados junto à foz do rio Bacacheri, na área de planície aluvial, estão sujeitos à ocorrência de inundações e enchentes, conforme constata-se no mapa de áreas inundáveis do IPPUC (2001) em anexo a este trabalho.

Observa-se no mapa base da bacia (Figura 2), no capítulo 2, que nesta região ocorrem muitas retificações dos cursos d'água, em função da ocupação da área.

Os pontos 3, 4, 5 e 6 caracterizam-se por ocupações às margens do rio, com presença de detritos nos canais fluviais, o que interfere no fluxo das águas à jusante deste ponto.

QUADRO 9 - PONTOS DE CONTROLE EM CAMPO (VISITAS REALIZADAS)

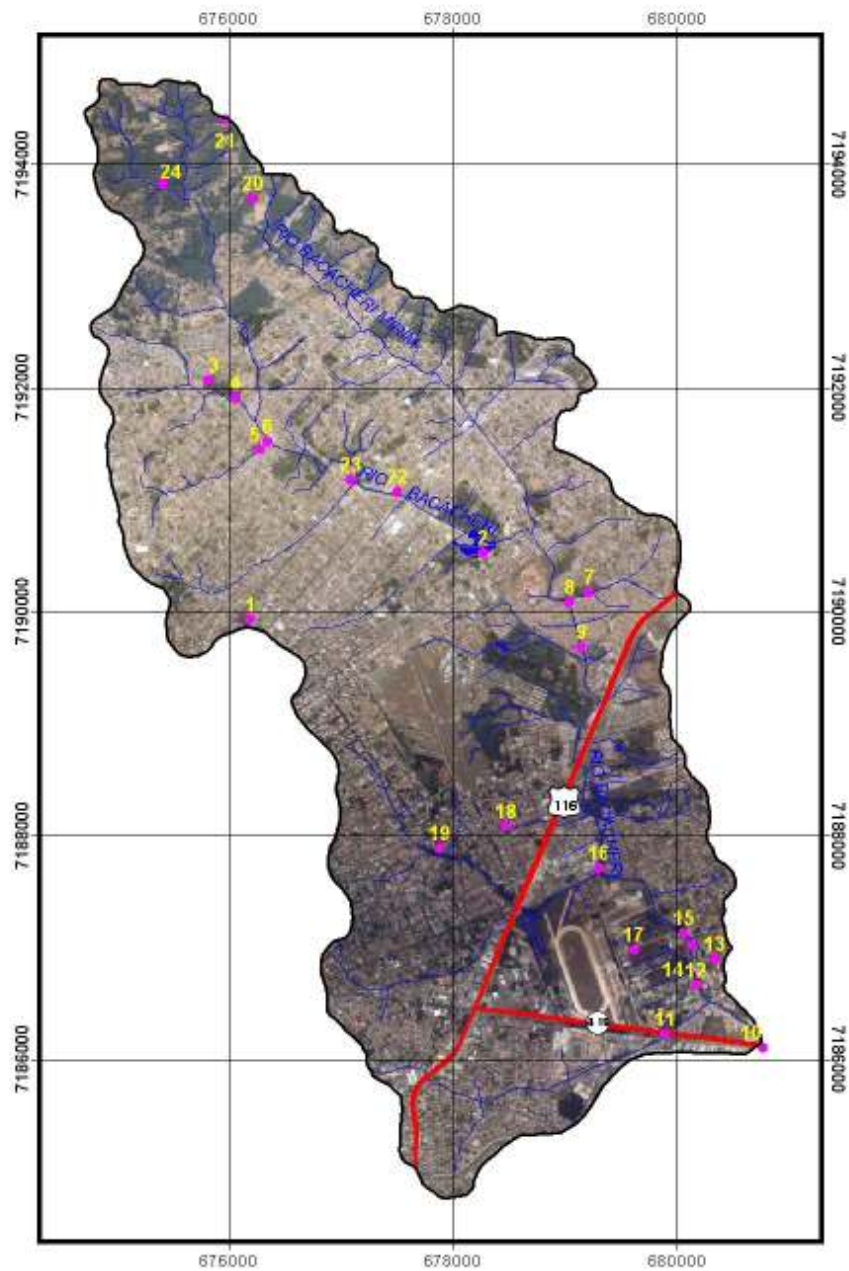
Nº	foto	y (N)	x (E)	Cota (m)	Ponto	Descrição
4º Campo – 20 / Julho / 2005 – Parque Bacacheri / Tingui						
1	não	7189930	676191	941	Boa Vista / Bosque Dr. Martin Lutero	R. Holanda c/ R. Vicente Ciccarino
2	sim	7190529	678270	918	Parque Bacacheri (Parque General Iberê de Mattos)	*Fotos à montante – Supermercado BIG/ Av. Paraná /Rua da Cidadania Boa Vista;**Fotos à jusante – Av. Erasto Gaertner /Av. Monteiro Tourinho/ sentido Conj. Solar; junto ao Parque há uma chácara, de propriedade particular. Responsável pelo parque: Sr. Manoel.
3	sim	7192073	675819	951	Boa Vista / Barreirinha	Rua Paula Prevedello Gusso
4	sim	7191911	676064	927	Boa Vista	Rua José Zaramella c/ Rua Profª Maria Balbina da Costa Dias
5	sim	7191448	676278	921	Boa Vista	Rua Alfeneiros c/ Rua Leonardo Krasinski;
6	sim	7191522	676348	920	Boa Vista	confluência de rios junto à Rua Alfeneiros, próx. da Rua Leonardo Krasinski – conversa com morador – Sr. Daniel.
7	sim	7190172	679218	909	Conjunto Solar – Tingui / Bacacheri	Rua Jorge Bonn c/ Av. José Gulin; * Erosão das margens do rio (alambrado / campo de bola).
8	sim	7190087	679042	903	Conjunto Solar - Tingui / Bacacheri	Av. José Gulin c/ Rua Des. Manoel de Lacerda Pinto* (*reportagem do jornal); ** Ponte sobre o rio
9	sim	7189690	679150	897	Conjunto Solar - Bacacheri	Rua Des. Manoel de Lacerda Pinto (reportagem do jornal) c/ Av. Francisco M. Albizu; ** Ponte sobre o rio
5º Campo – 26 / Julho / 2005 – Tarumã / Capão da Imbuia						
10	sim	7186101	680769	894	Capão da Imbuia / Pinhais	Av. Victor Ferreira do Amaral, passando adiante do Estádio Pinheirão, divisa com Pinhais / Bairro: Capão da Imbuia. Foz do rio Bacacheri, confluência com rio Atuba.
11	sim	7186230	679896	893	Tarumã / Capão da Imbuia	Av. Cel. Augusto de Almeida Garret c/ Av. Victor Ferreira do Amaral -Tarumã; Córrego Capão da Imbuia (afluente do Rio Bacacheri); em frente ao DETRAN
12	sim	7186665	680177	889	Tarumã / Bairro Alto	Travessa “F” com R. José Veríssimo - Córrego Capão da Imbuia (à montante) – DER – área às margens do rio; * casas construídas na margem do rio.
13	sim	7186898	680345	906	Bairro Alto	Rua Luiz Barreto Murat c/ Rua José Lins do Rego; * Fotos do Detran ao fundo (área mais baixa) e pontilhão sobre o rio ao fundo.
14	sim	7187025	680141	895	Tarumã / Bairro Alto - Vila Sacre	Campo de futebol de areia; conversa com Joyce – última enchente foi em 2002, chegou a alagar o campinho.
15	sim	7187150	680106	892	Bairro Alto	Rua Ada Macaggi c/ Rua Guglielmo Marconi - *Cruzamento das ruas.
15	sim	7187130	680068	892	Bairro Alto	Rua Ada Macaggi c/ Rua Guglielmo Marconi - *Ponte sobre o rio.

Nº	foto	y (N)	x (E)	Cota (m)	Ponto	Descrição
16	sim	7187708	679309	891	Bairro Alto / Tarumã	Rua Percy Feliciano de Castilho c/ Rua Dante Angelote (rua do ônibus – asfaltada); Rua Domingos Fernandes Maia (margeia o rio); *Ponte sobre o rio.
17	sim	7186976	679621	898	Tarumã	Rua Turkiewski c/ Rua Konrad Adenauer; * rua lateral ao Cemitério Vertical / Clube Thalia Sede-Tarumã fica ao lado do Cemitério; ** área de várzea do rio; *** paisagem / relevo aplainado.
18	sim	7188086	678478	906	Bacacheri	Esquina da Rua Cláudio Chatagnier c/ Rua Prof. Jorge Leitner; * Próximo ao Aeroporto do Bacacheri; ** Deveria ser a localização de um dos canais secundários do rio, mas está totalmente canalizado e não aparece na superfície.
19	sim	7187888	677886	905	Jardim Social / Bosque Portugal	Rua Francisco Stobbia com Rua Dr. Rubens Machado Câmara; * A rua Francisco Stobbia fica atrás da rua Ozório Duque Estrada – entrada principal do Bosque Portugal.
6º Campo – 22 / Agosto / 2005 – Santa Cândida						
20	sim	7193693	676221	969	Barreirinha / Santa Cândida	Rua Fernando de Noronha quase esquina com Rua Theodoro Makiolka; Foto: mata ciliar e terreno descoberto (solo exposto) junto à Rua Fernando de Noronha. Visão da mata ciliar / nascentes do Rio Bacacheri-Mirim.
21	sim	7194400	675968	989	Cachoeira	Estância Lar Santa Cruz – Sra. Leanil (responsável) - Rua Alberto Otto; Fotos: Mata ciliar / nascentes do Rio Bacacheri.
7º Campo - 04/Jan/2006 - Boa Vista - Cassiopéia e Krypton						
22	sim	7191073	677506	911	Boa Vista	Rua João Gbur (entre Conj. Krypton e Conj. Cassiopéia) - Rio Bacacheri
23	sim	7191182	677091	917	Boa Vista / Conj. Cassiopéia	Rua Alberto Potier c/ Rua Vicente Ciccarino; * Ponte sobre o rio





Fonte: RIBEIRO, N.C, 2006.

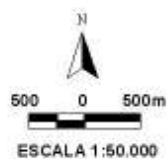
FIGURA 18

BACIA DO RIO BACACHERI - PONTOS DE CONTROLE EM CAMPO



LEGENDA

-  Limite da Bacia
-  Pontos georreferenciados
-  Rodovias
-  Hidrografia



SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
Datum vertical: Imbituba-SC
Datum Horizontal: SAD 69

Fonte: Fotografias aéreas digitais
SUDERHSA (2000) e dados levantados
em campo por GPS (2005)
Org. Neiva C. Ribeiro (2005)
e Julio M.F. Silva (2006)

Nas figuras 19, 20 e 21 (pranchas) são apresentadas fotos de determinados pontos ao longo da bacia que apresentam problemas diversos.

FIGURA 19 – ASPECTOS GERAIS DA BACIA DO RIO BACACHERI



A) Solo exposto na região de nascentes do rio Bacacheri-Mirim, junto ao vale fluvial. Em ocasiões de chuvas torrenciais ocorre o carreamento de sedimentos para o leito do rio.*



B) Ocupação desordenada nas margens do rio junto ao leito menor, na rua José Zaramella com rua Prof. Maria Balbina da Costa Dias – Boa Vista.*



C) R. Alfeneiros c/ R. Leonardo Krasinski – Boa Vista. Presença de detritos no leito do rio e pavimentação das ruas, às margens do rio, no leito maior.*

*FONTE: RIBEIRO, M.B. (20/07/05)



D) Conjuntos Habitacionais Cassiopéia e Kripton, no bairro Boa Vista. Foram construídos às margens do rio, que passa no meio desses conjuntos. O controle de inundações nessa área é constante, por meio da limpeza da calha do rio com retirada de detritos e roçada nas margens.

FONTE: RIBEIRO, N.C. (22/08/05)



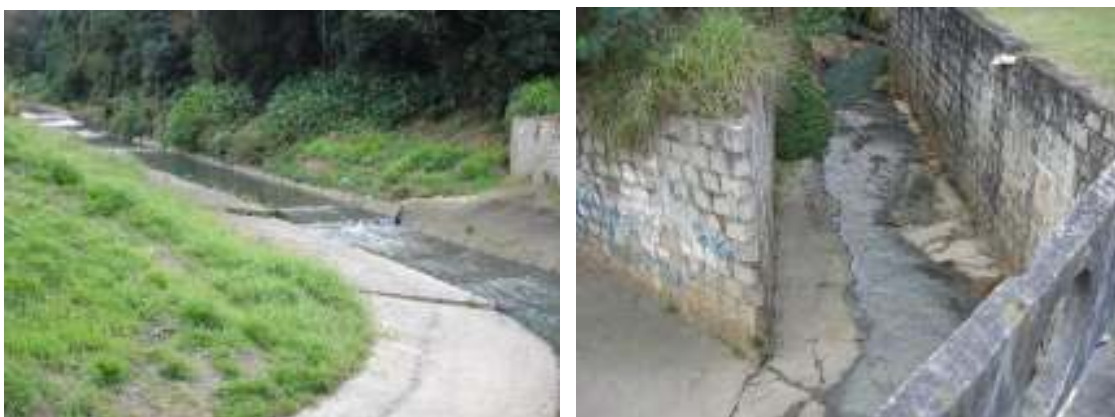
FIGURA 20 – RIO BACACHERI – CONJUNTO SOLAR - BAIRROS TINGUI / BACACHERI



A) Erosão marginal e assoreamento do rio. À esquerda, alambrado de campo de futebol.*



B)) Erosão marginal e assoreamento do rio. Na foto à direita, detalhe do assoreamento do rio na Rua Des. Manoel de Lacerda Pinto – Tingui / Bacacheri.*



C) Obras de contenção da velocidade de vazão do rio – dissipadores de energia (degraus).*

*FONTE: RIBEIRO, M.B. (20/07/05)

FIGURA 21 – TRECHO PRÓXIMO À FOZ E FOZ DO RIO BACACHERI



A) Assoreamento do leito e erosão marginal em trecho do rio Bacacheri, no bairro Tarumã, divisa com o Bairro Alto. Nesta área, à esquerda, existe um campo de areia onde ocorre inundação em período de chuvas intensas.*



B) Foz do rio Bacacheri – encontro de suas águas com o rio Atuba, na Av. Victor Ferreira do Amaral , divisa dos bairros Tarumã e Capão da Imbuia, início do município de Pinhais. Detalhe da ocupação desordenada no leito menor do rio.*

*FONTE: RIBEIRO, M.B. (26/07/05)

9 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO BACACHERI

O mapeamento das áreas de ocupação da bacia foi realizado com base na identificação de características da superfície, seguindo-se classificação para o Coeficiente de Escoamento Superficial adotado pela antiga SUCEPAR e atual SUDERHSA (FENDRICH et al., 1997, p.199), modificada e adaptada para o estudo em questão. A classificação para o Coeficiente de Escoamento Superficial encontra-se descrita no capítulo 5, que trata dos Materiais e Métodos.

Através de análise multitemporal, foram avaliados os usos do solo para os anos de 1952, 1962, 1980 e 2000, de acordo com a disponibilidade de levantamentos aerofotogramétricos da região, totalizando um período de 48 anos.

As Figuras 22, 24, 26 e 28 apresentam o mosaico do aerolevanteamento de fotografias aéreas para os anos 1952, 1962, 1980 e 2000, respectivamente.

Os resultados da Classificação da Permeabilidade da bacia do rio Bacacheri para cada ano estudado, realizada a partir da fotointerpretação combinada ao geoprocessamento com auxílio de softwares de Sistema de Informações Geográficas – SIG são apresentados nas Figuras 23, 25, 27 e 29. A Figura 30 apresenta o conjunto das fotografias aéreas e os mapas resultantes da classificação da permeabilidade efetuada para todos os anos em estudo.

Para cada ano avaliado, obteve-se os seguintes valores de C, conforme tabela 3:

TABELA 3 – COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C) PARA A BACIA DO RIO BACACHERI, POR ANO DE AVALIAÇÃO

Ano	Coeficiente de Escoamento Superficial (C)
1952	0,33
1962	0,38
1980	0,62
2000	0,67

FONTE: Dados obtidos pelo cálculo das diferentes coberturas da área da bacia hidrográfica.

Observa-se na tabela que o Coeficiente de Escoamento Superficial (C) aumentou conforme as áreas impermeáveis na bacia também sofreram crescimento ao longo dos anos do período analisado.

Com base na Classificação da Permeabilidade, a partir da fotointerpretação e do processamento de dados em ambiente SIG, a bacia do rio Bacacheri (com área total igual a 30,81km²) apresentou os seguintes valores para cada ano avaliado, conforme Quadro 10.

QUADRO 10 – SUPERFÍCIES MAPEADAS PARA A BACIA DO RIO BACACHERI CONFORME CLASSIFICAÇÃO DE PERMEABILIDADE – EM ÁREA (km²) E PERCENTUAL (%)

Áreas mapeadas	1952		1962		1980		2000	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Impermeável	0,34	1,1	0,86	2,79	16,44	53,36	19,38	62,9
Permeável	27,23	88,38	19,93	64,69	5,7	18,5	3,37	10,94
Semi-permeável	3,24	10,52	10,02	32,52	8,67	28,14	8,06	26,16
TOTAL	30,81	100	30,81	100	30,81	100	30,81	100

FONTE: Cálculos efetuados a partir de dados obtidos em ambiente SIG.

A evolução da ocupação do solo pode ser visualizada pelos gráficos 2 e 3 gerados a partir dos dados contidos no quadro 10.

Gráfico 2 - Evolução do Uso do Solo da Bacia do rio Bacacheri conforme características de cobertura da área - em km²

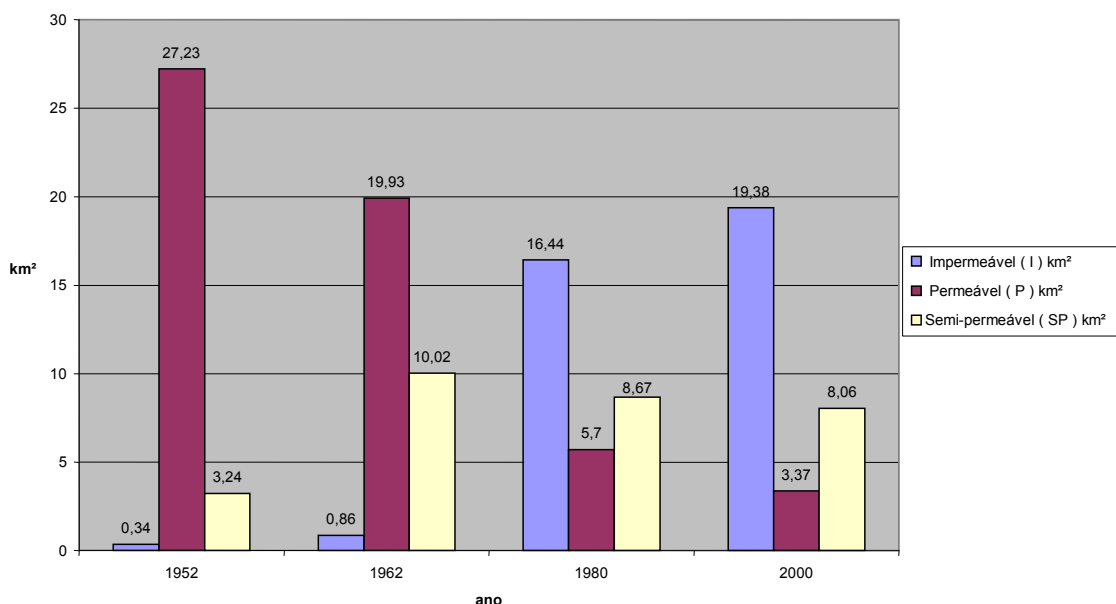
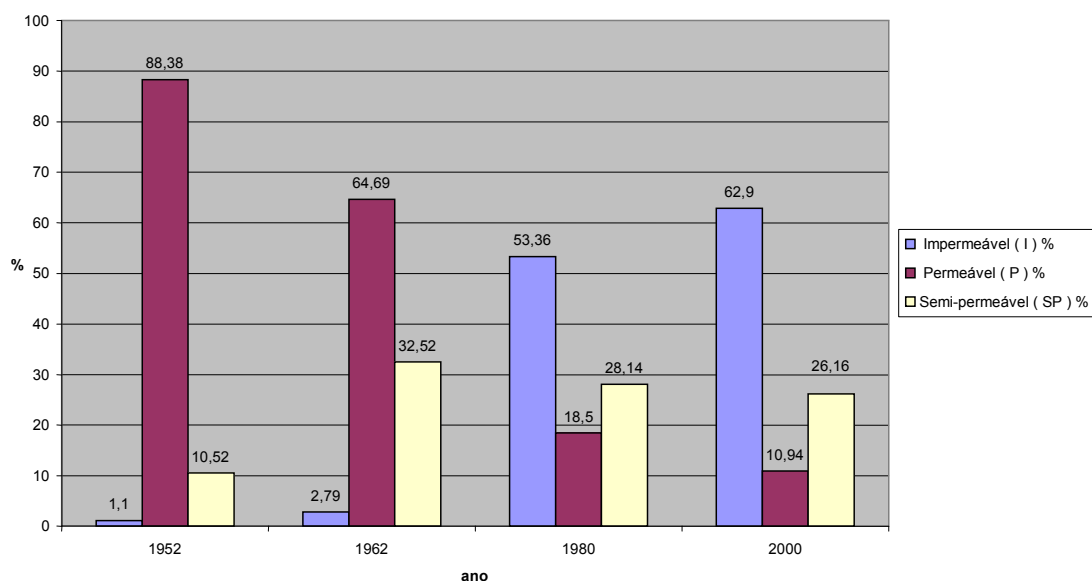


Gráfico 3 - Evolução do Uso do Solo da Bacia do rio Bacacheri conforme características de cobertura da área - em %



9.1 ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1952

Segundo o Censo Demográfico do IBGE, em 1950 a população total de Curitiba era de apenas 180.575 habitantes.

No ano de 1952, as áreas permeáveis cobriam 27,23 km², o que corresponde a 88,38% do total da bacia do rio Bacacheri. As áreas semi-permeáveis cobriam 3,24 km², o equivalente a 10,52% da bacia. E as áreas impermeáveis cobriam apenas 0,34 km², correspondendo a 1,1% da área total da bacia.

Naquela data, a maior parte da bacia do rio Bacacheri encontrava-se descoberta, livre de pavimentação, sendo praticamente nula a impermeabilização do solo na área da bacia.

Observando as fotografias aéreas daquele ano, verifica-se que grande parte da bacia hidrográfica do rio Bacacheri era composta por campos e a vegetação de florestas concentrava-se na região norte da bacia, na área das nascentes. Ocorriam também alguns capões esparsos por toda a bacia e mata ciliar ao longo do rio Bacacheri.

De modo geral, observa-se que as casas eram espalhadas e o parcelamento de lotes apresentava uma configuração de arruamentos e quarteirões ainda que em

solo nu. Algumas ruas já apresentavam pavimentação e nota-se exposição do solo em loteamentos na parte norte da bacia.

Também existiam alguns núcleos residenciais na região sul da bacia, parcialmente nos bairros Capão da Imbuia, Tarumã e Jardim Social. A Avenida Victor Ferreira do Amaral e pequena parte da BR-116 já estavam pavimentadas e parte da área onde se encontra hoje o Colégio Militar de Curitiba e o Ginásio do Tarumã, já se demonstrava delimitada.

O bairro Bacacheri também apresentava núcleos residenciais nas proximidades do Aeroporto do Bacacheri, que tinha sua pista de pouso parcialmente pavimentada, assim como parte da Avenida Paraná e da Rua Erasto Gaertner.

FIGURA 22

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1952

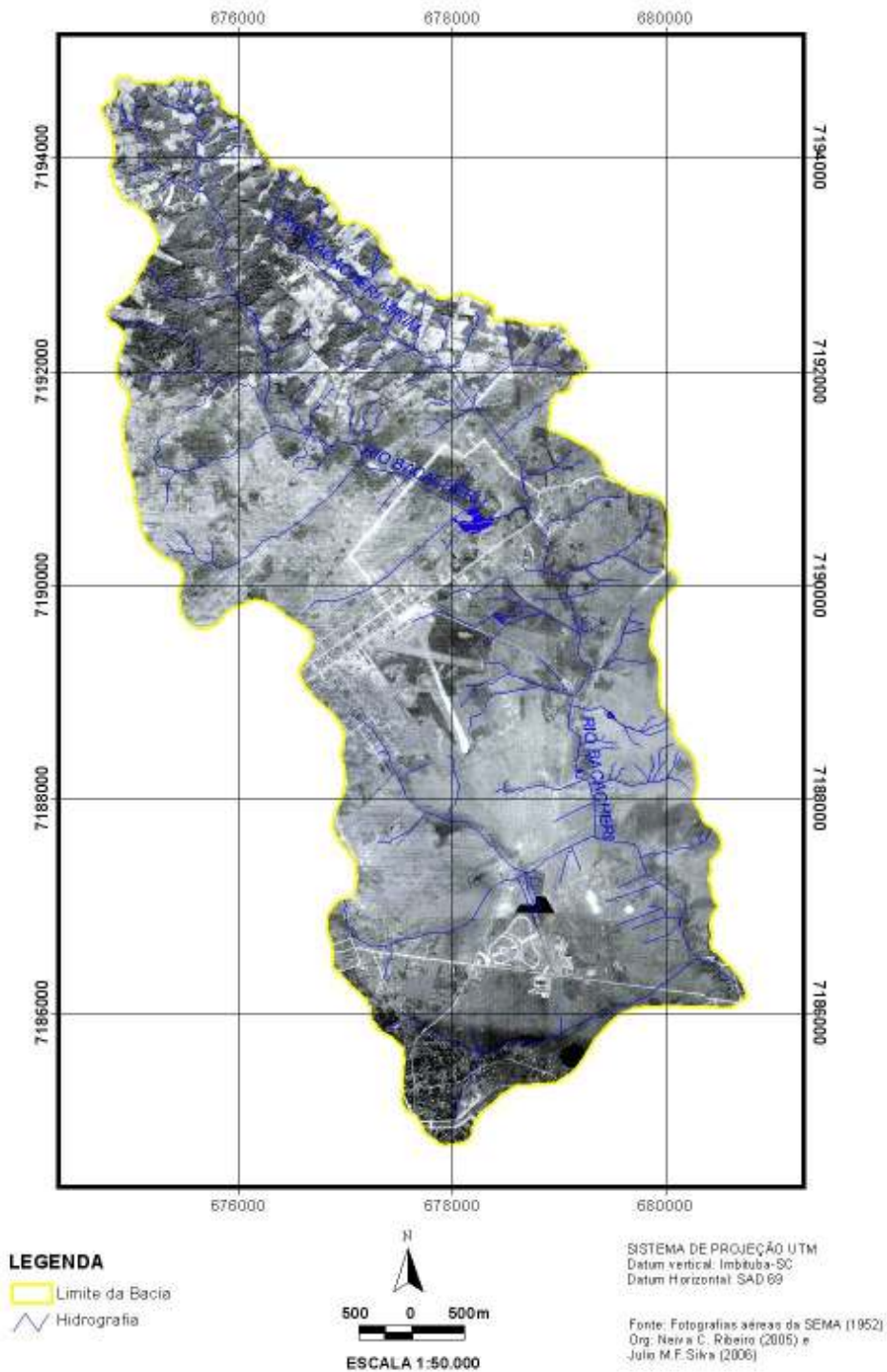
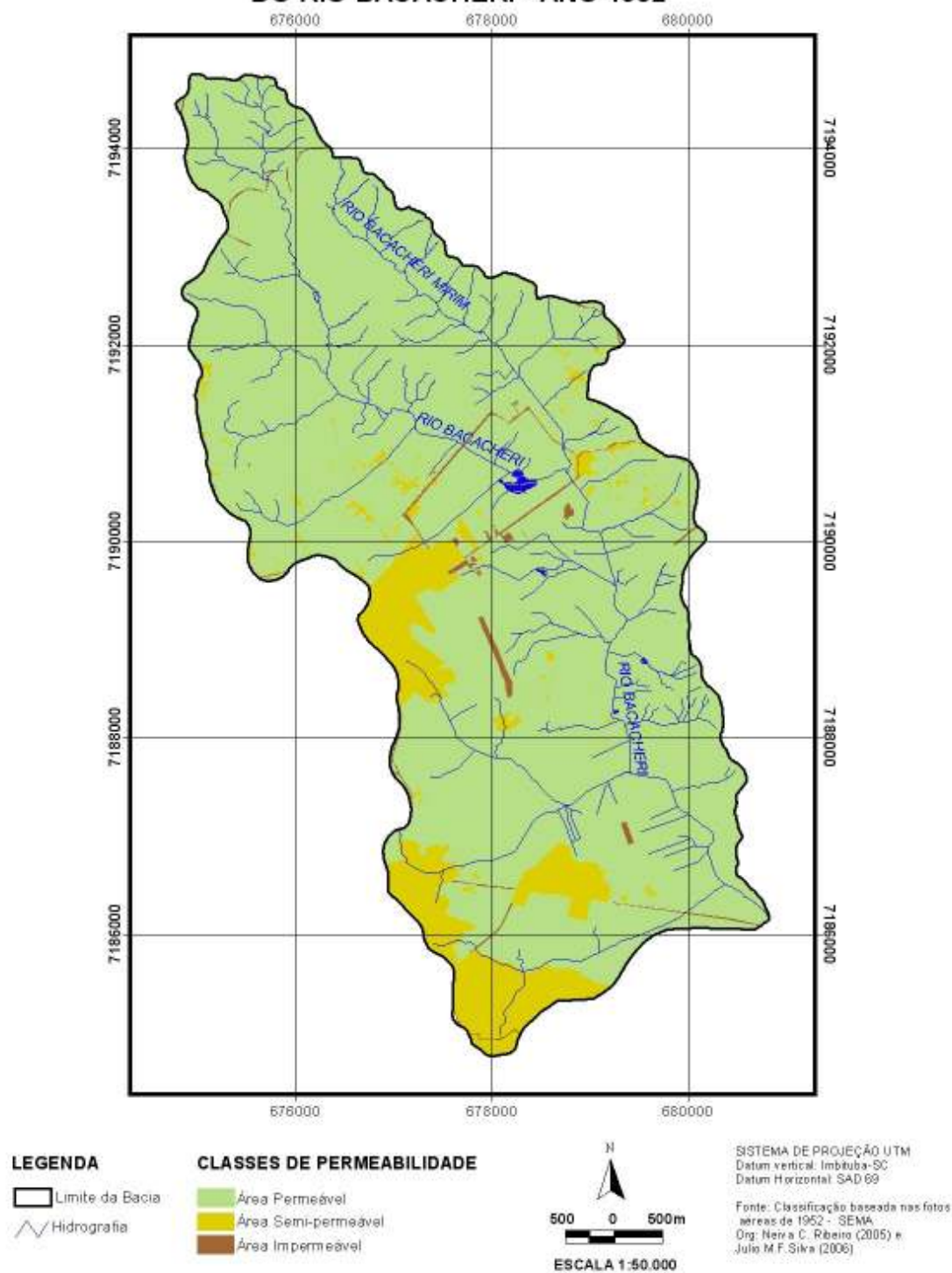


FIGURA 23

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1952



9.2 ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1962

Segundo o Censo Demográfico do IBGE, em 1960 a população total de Curitiba era de 361.309 habitantes. No ano de 1962, as áreas permeáveis cobriam 19,93 km², o que corresponde a 64,69% do total da bacia do rio Bacacheri. As áreas semi-permeáveis cobriam 10,02 km², o equivalente a 32,52% da bacia. E as áreas impermeáveis cobriam apenas 0,86 km², correspondendo a 2,79% da área total da bacia.

Nota-se que houve um decréscimo de áreas permeáveis em função do aumento de áreas semi-permeáveis. O crescimento de áreas impermeáveis ainda é considerado baixo, tendo um acréscimo de 1,69% sobre o percentual de 1952 (1,1% de áreas impermeáveis).

Observando as fotografias aéreas do ano de 1962, verifica-se que boa parte da bacia hidrográfica do rio Bacacheri já possuía quarteirões delimitados e arruamentos pavimentados. Aparecem mais núcleos residenciais na porção média e inferior da bacia, e em outros bairros como Boa Vista, Tingui, Santa Cândida, Bairro Alto e Jardim Social. No bairro Bacacheri também crescem os núcleos residenciais e o Aeroporto do Bacacheri tem sua pista de pouso totalmente pavimentada, assim como a avenida Paraná e a rua Erasto Gaertner e outras ruas da região.

A BR-116 tem seu traçado melhor definido e o Jóquei Clube, no bairro Tarumã, já possuía sua configuração ao invés do que ocorria em 1952, quando ele apresentava um traçado de solo nu, de modo indelével. Nota-se que na parte sul da bacia, parcialmente no bairro Capão da Imbuia e Tarumã há pouco crescimento dos núcleos residenciais.

Observa-se que houve a regeneração da vegetação em partes consideráveis dos loteamentos com solo exposto na porção norte da bacia e diminuição da vegetação nos bairros Tingui, Bacacheri e Bairro Alto, na porção média e inferior da bacia.

FIGURA 24

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1962

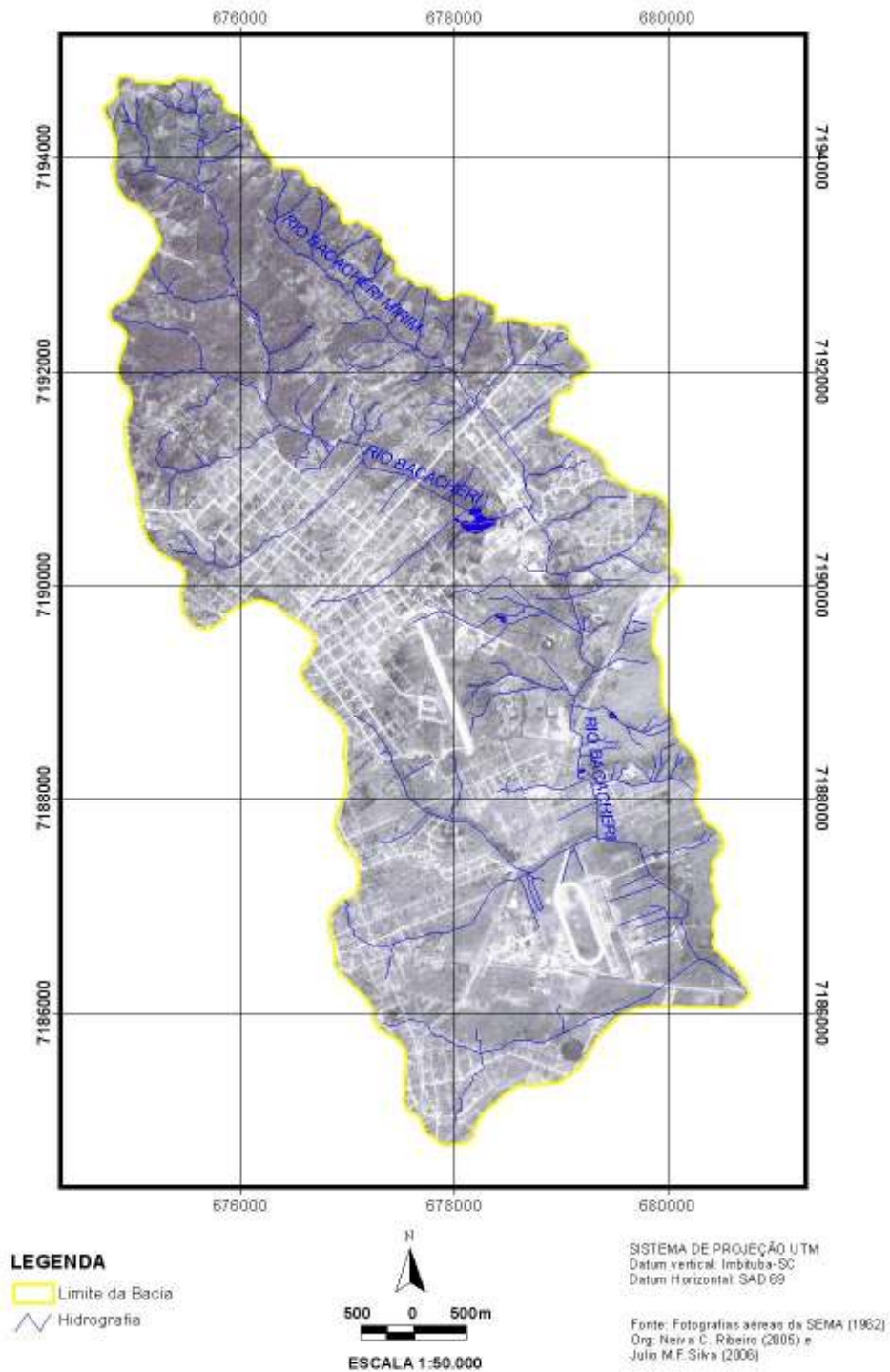
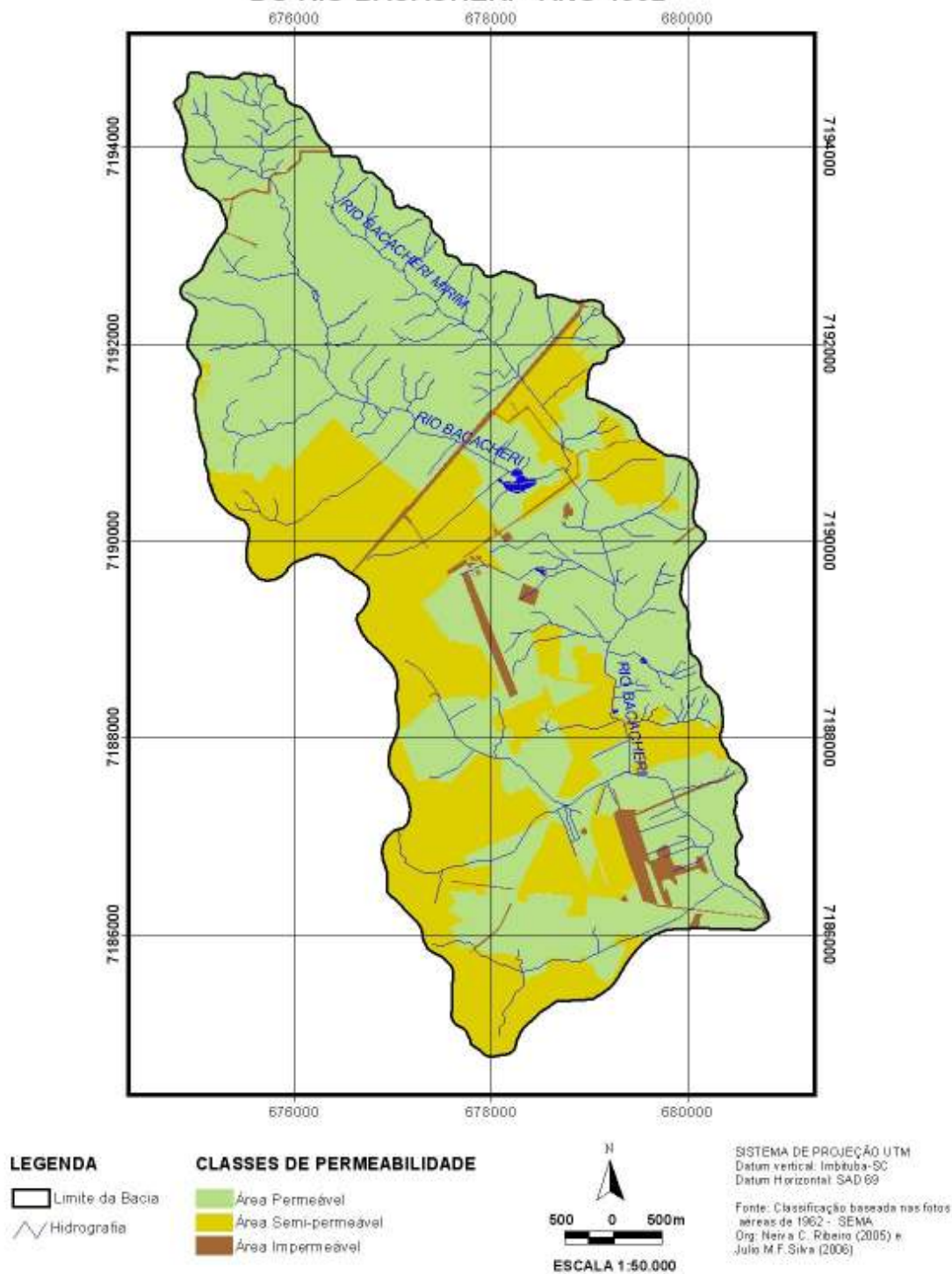


FIGURA 25

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1962



9.3 ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 1980

Segundo o Censo Demográfico do IBGE, em 1980 a população total de Curitiba era de 1.024.975 habitantes. No ano de 1980, as áreas permeáveis cobriam 5,7 km², o que corresponde a 18,5% do total da bacia do rio Bacacheri. As áreas semi-permeáveis cobriam 8,67 km², o equivalente a 28,14% da bacia, ao passo que as áreas impermeáveis cobriam 16,44 km², correspondendo a 53,36% da área total da bacia.

Verifica-se, por meio desses dados, que em 18 anos houve um crescimento significativo de áreas impermeáveis, passando de 2,79% em 1960 para 53,36% em 1980. As áreas semi-permeáveis que, em 1960 eram de 32,52% do total da bacia, passaram para a 28,14% em 1980. A diminuição destes percentuais é decorrente da transformação ao longo dos anos de áreas semi-permeáveis em áreas impermeáveis.

Esses percentuais obedecem ao crescimento populacional verificado neste período para o município, em razão do êxodo rural ocorrido na década de 1970 no Estado do Paraná.

Em 1980 a maior parte da bacia do rio Bacacheri já se encontrava impermeabilizada, ocupada densamente pela população, com edificações, calçamentos, pavimentações de vias públicas, canalizações e retificações de rios, redes de esgoto e água instaladas em subsolo.

As áreas permeáveis ficaram reduzidas a 5,7 km² da área total da bacia, de 30,81 km². Grandes lotes e parcelas de terrenos vazios em 1952 e 1962, já estavam em 1980 ocupados e edificados. Segundo informação prestada pela INFRAERO, em 1980 foi feito o recapeamento da pista do Aeroporto do Bacacheri.

De modo geral, observando as fotografias aéreas daquele ano, verifica-se que a vegetação de florestas na região norte da bacia sofreu redução e que houve aumento da densidade populacional em toda a área da bacia.

FIGURA 26

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1980

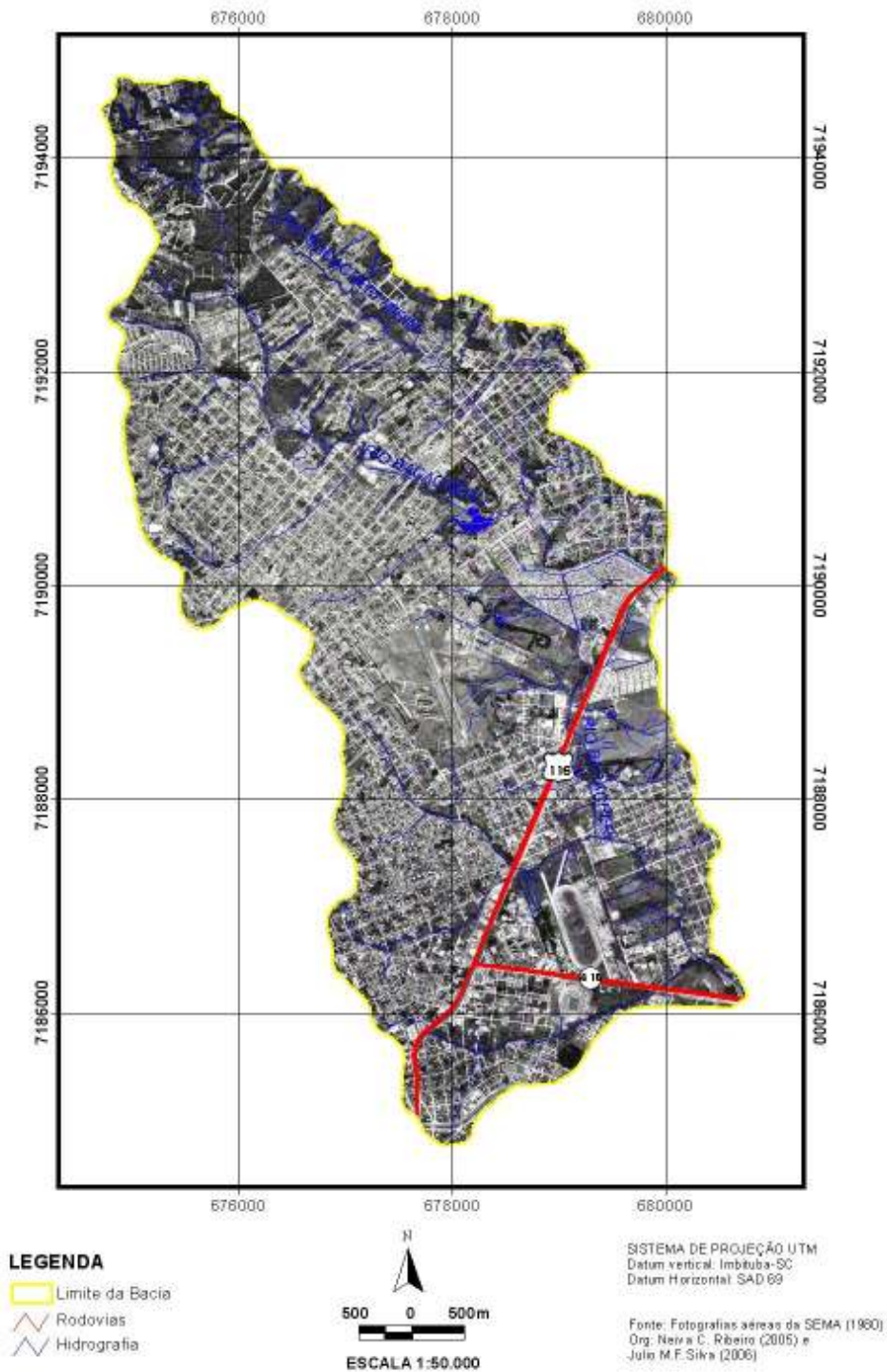
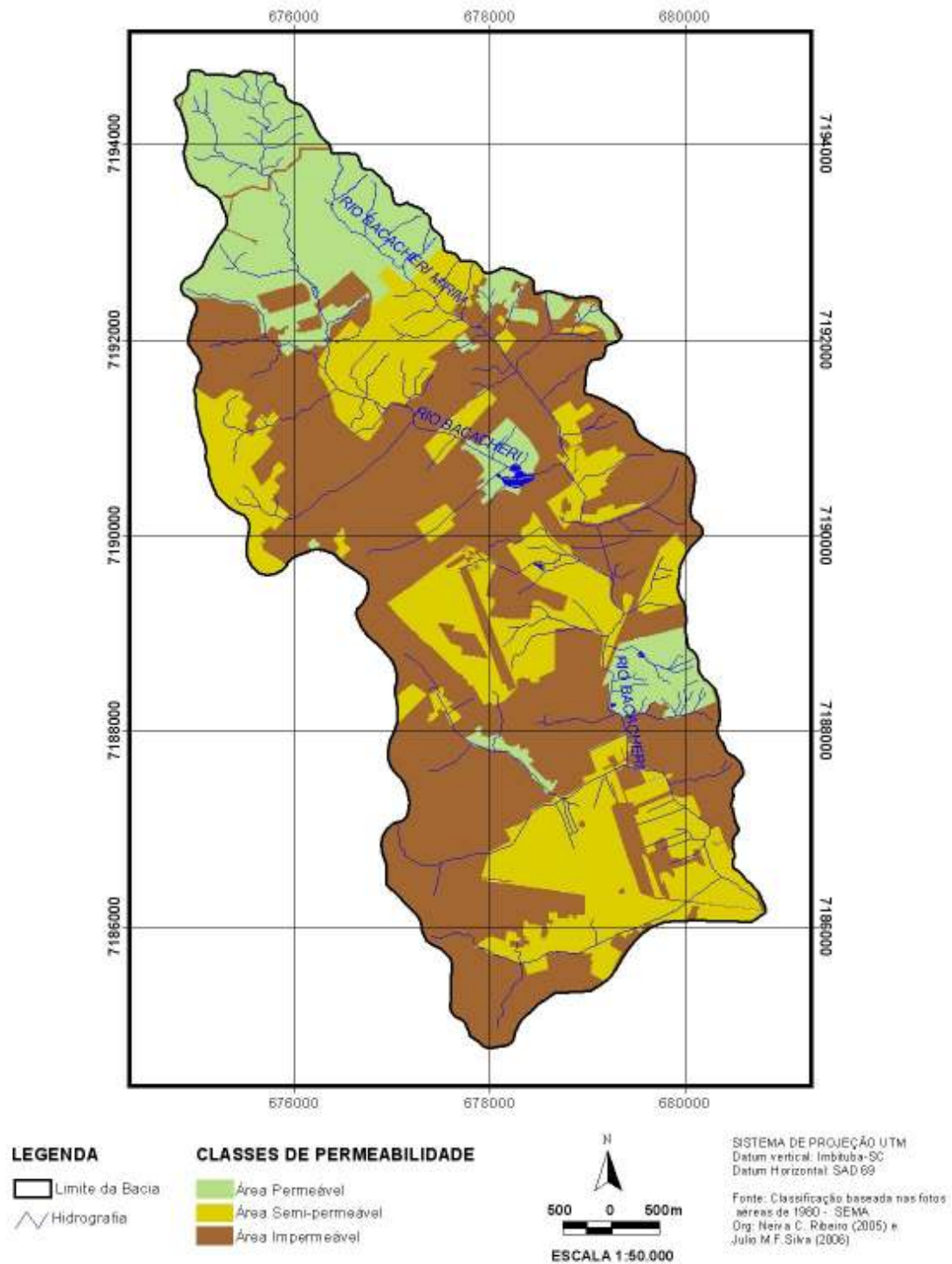


FIGURA 27

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1980



9.4 ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO PARA O ANO DE 2000

Segundo o Censo Demográfico do IBGE, em 2000 a população total de Curitiba era de 1.587.315 habitantes. No ano de 2000, as áreas permeáveis cobriam apenas 3,37 km², o que corresponde a 10,94% do total da bacia do rio Bacacheri. As áreas semi-permeáveis cobriam 8,06 km², o equivalente a 26,16% da bacia, enquanto que as áreas impermeáveis cobriam 19,38 km², correspondendo a 62,9% da área total da bacia.

As áreas semi-permeáveis, que em 1980 eram de 28,14% do total da bacia, passaram a 26,16% em 2000, diminuição esta causada pela contínua transformação de áreas semi-permeáveis em áreas impermeáveis durante o período.

Assim como em 1980, a maior parte da bacia do rio Bacacheri já se encontrava impermeabilizada. Percebe-se em 2000 que houve ainda uma redução da vegetação na parte norte da bacia e um adensamento de áreas impermeabilizadas na porção superior e média da bacia, especificamente nos bairros Boa Vista, Barreirinha, Santa Cândida, Tingui. A parte sul da bacia também sofreu adensamento, mas em proporções menores que a parte norte.

As áreas permeáveis ficaram reduzidas a 3,37 km² da área total da bacia, de 30,81 km². Observando as fotografias aéreas daquele ano, verifica-se que a vegetação na região norte da bacia sofreu redução e que houve aumento da densidade populacional em toda a área da bacia.

Quanto à cobertura vegetal, observa-se que houve regeneração em parte dos terrenos com solo exposto na porção central da bacia e diminuição na parte norte, em áreas de nascentes do rio Bacacheri, como decorrência de urbanização na divisa com o município de Almirante Tamandaré, no bairro Cachoeira.

FIGURA 28

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 2000

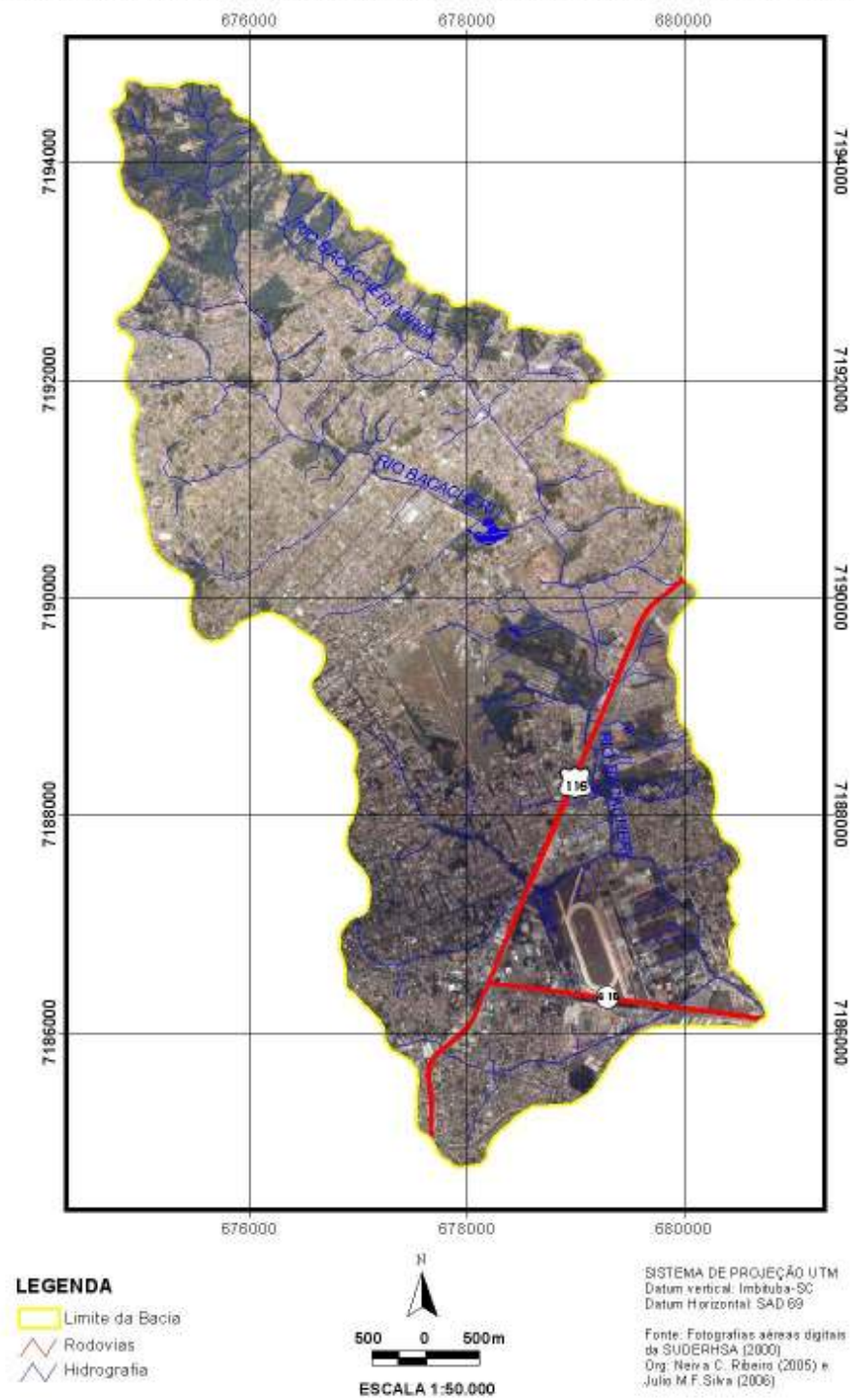
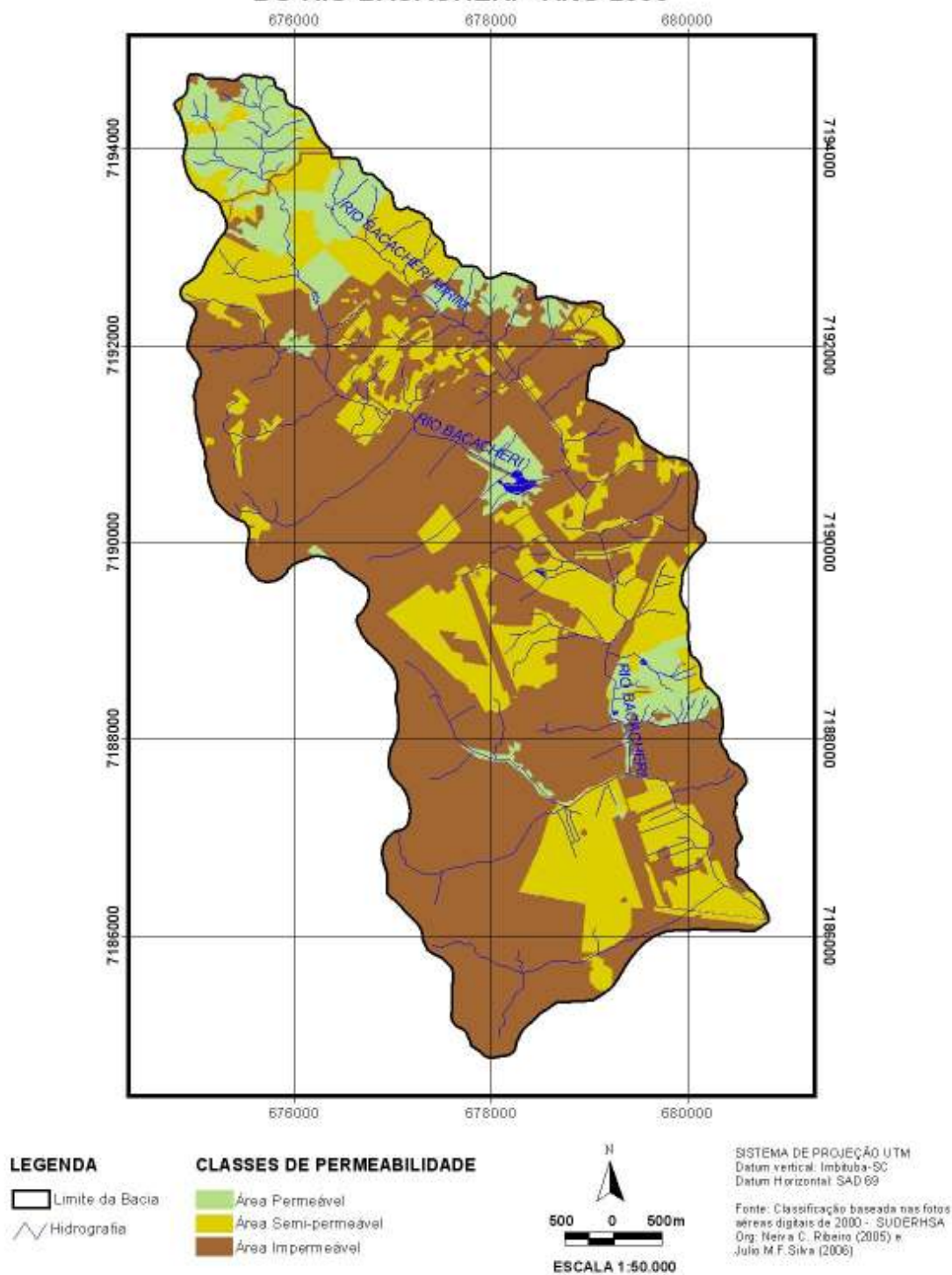
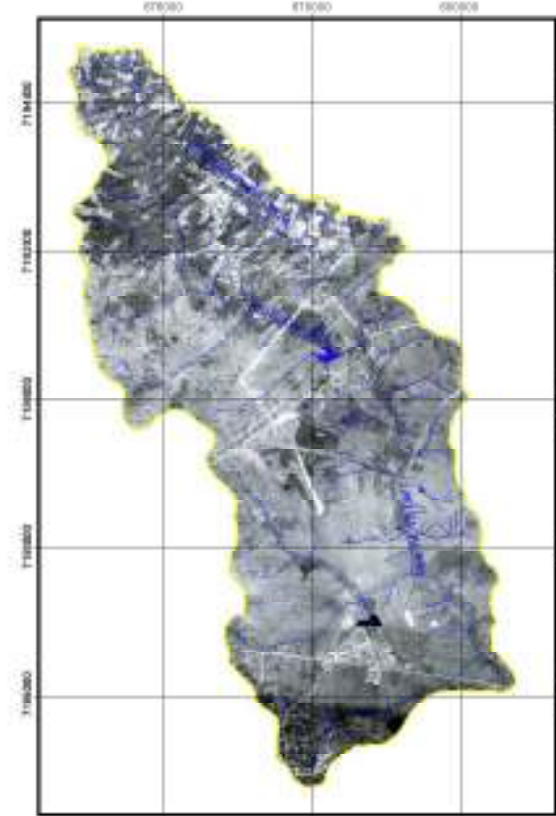


FIGURA 29

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 2000



FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1952



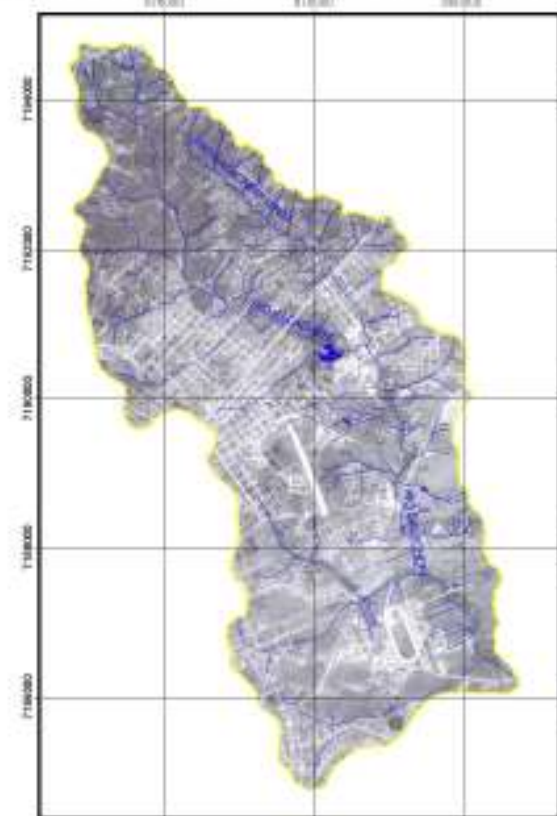
LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Fotografia aérea do IBAMA (2000)
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1962



LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Fotografia aérea do IBAMA (2000)
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1980



LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Fotografia aérea do IBAMA (2000)
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

FOTOGRAFIA AÉREA DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 2000



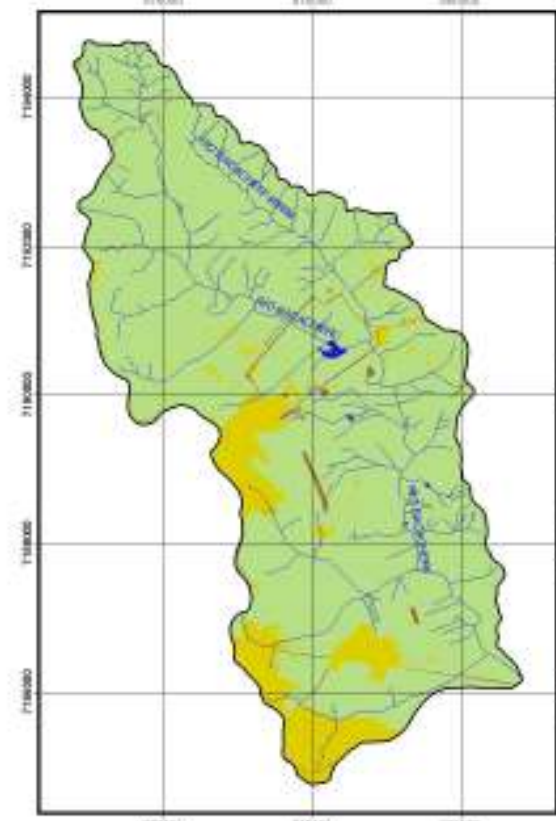
LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Fotografia aérea do IBAMA (2000)
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1952



LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

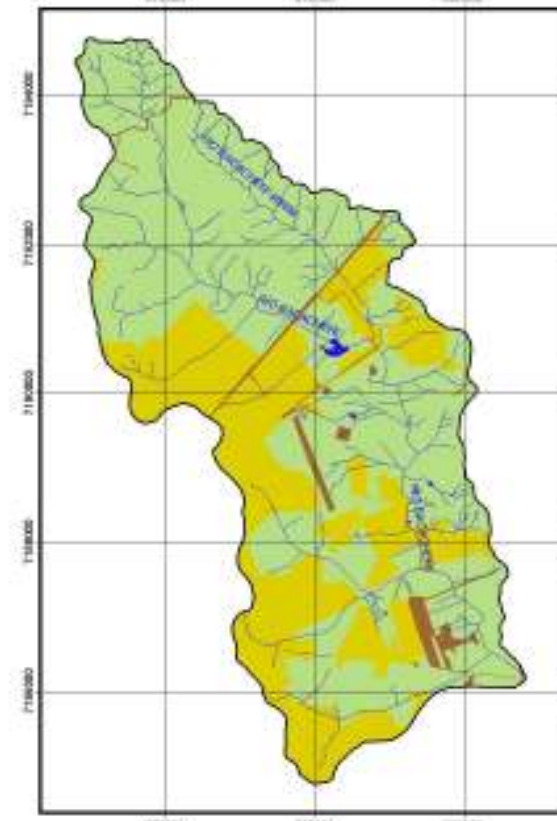
CLASSES DE PERMEABILIDADE

- Área Permeável
- Área Com permeabilidade
- Área Impermeável

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Classificação baseada nos dados
 aerofotogramétricos de 1952 - 1962
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1962



LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

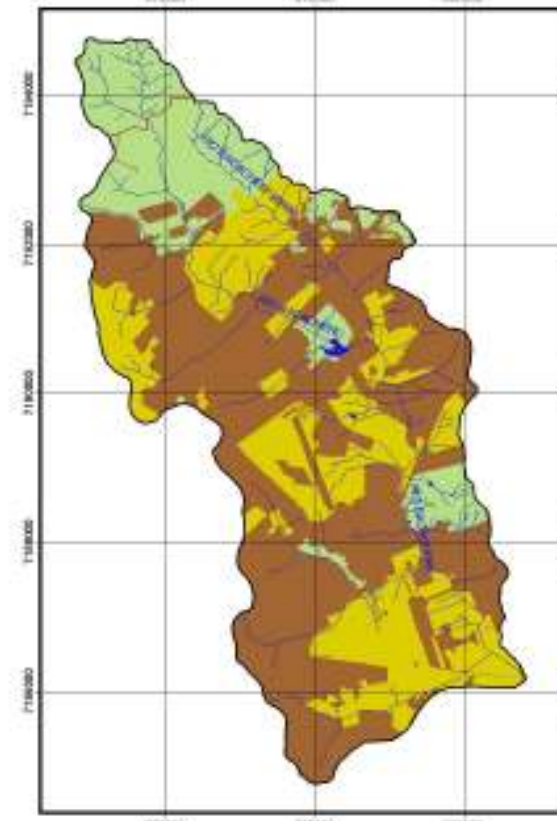
CLASSES DE PERMEABILIDADE

- Área Permeável
- Área Com permeabilidade
- Área Impermeável

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Classificação baseada nos dados
 aerofotogramétricos de 1952 - 1962
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 1980



LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

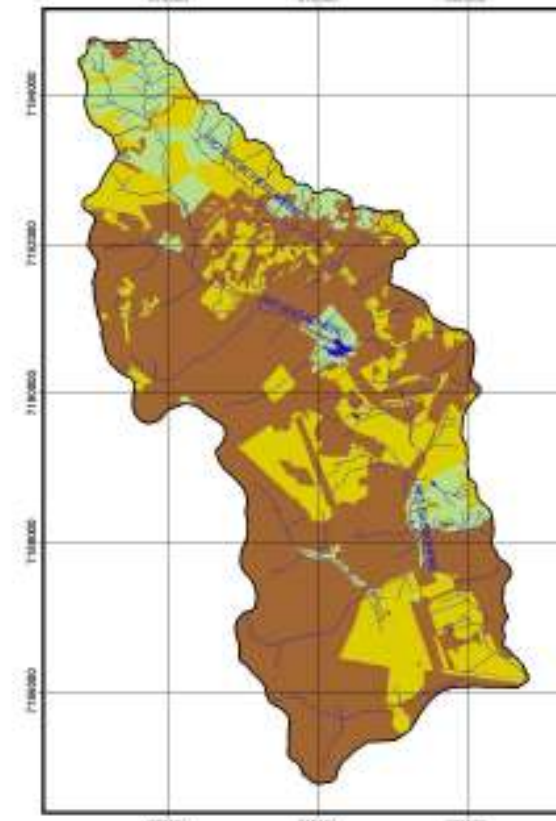
CLASSES DE PERMEABILIDADE

- Área Permeável
- Área Com permeabilidade
- Área Impermeável

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Classificação baseada nos dados
 aerofotogramétricos de 1952 - 1962
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DA BACIA DO RIO BACACHERI - ANO 2000



LEGENDA

- Limite da Bacia
- Rede hidrográfica

CLASSES DE PERMEABILIDADE

- Área Permeável
- Área Com permeabilidade
- Área Impermeável

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
 Datum: WGS 84, Referência: 32Q UTM
 Fonte: Classificação baseada nos dados
 aerofotogramétricos de 1952 - 1962
 Dig. Tom e C. Ribeiro (2001) e
 João W.F. Silva (2001)

ESCALA 1:50.000

9.5 ESTUDO DA OCUPAÇÃO DO SOLO DURANTE O PERÍODO 1952 – 2000

Por meio do mapeamento da área da bacia do Rio Bacacheri e da análise multitemporal, observou-se um crescimento de áreas impermeáveis com importante diferença entre 1962 e 1980, na ordem de 50,57%. A bacia apresentou, para o ano de 1980, área impermeável correspondente a 53,36% do total da bacia contra 2,79% em 1962. Em 2000, as áreas impermeáveis correspondiam a 62,9% do total da bacia.

Em contrapartida, o decréscimo das áreas permeáveis nos primeiros 10 anos avaliados, isto é, entre 1952 a 1962, é da ordem de 23,69%. No período de 1962 a 1980 a diferença aumenta para 46,19% a menos de áreas permeáveis. De 1980 a 2000, esta diferença é da ordem de 7,56% a menos de áreas permeáveis. Em 1952 as áreas permeáveis correspondiam a 88,38% do total da bacia hidrográfica; em 2000 esse percentual cai para 10,94% do total.

Assim, em 48 anos houve um decréscimo de áreas permeáveis da ordem de 77,44%, equivalente a 87,62% do total de áreas permeáveis para o período 1952-2000.

Os valores obtidos com os cálculos do Índice de Cobertura da Bacia para cada ano estão demonstrados a seguir nos quadros 11 e 12.

QUADRO 11 – ÍNDICE DE COBERTURA COMPARADO AO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

Ano	Índice de Cobertura (%)	Coefficiente de escoamento
1952	94%	0,33
1962	82%	0,38
1980	44%	0,62
2000	35%	0,67

FONTE: Cálculos baseados no mapeamento de superfícies da Classificação de Permeabilidade.

QUADRO 12 – ÍNDICE DE COBERTURA DA BACIA DO RIO BACACHERI, POR ANO (ADAPTADO)

1952			At = área por tipo de cobertura		Índice de Cobertura
Cobertura do Solo	Características da Área	Área por cobertura (km ²)	Peso	(At x peso)	Σ / A
Impermeável	Área Coberta e Pavimentada (residencial densa, comercial, aeroporto e estacionamento)	0,34	0,1	0,034	94%
Semi-Permeável	Área Semi-Descoberta (residencial normal e residencial com grandes lotes)	3,24	0,5	1,62	
Permeável	Área Descoberta (parques, jardins, cinturões verdes)	27,23	1	27,23	
TOTAIS		30,81		28,884	0,937487829
1962			At = área por tipo de cobertura		Índice de Cobertura
Cobertura do Solo	Características da Área	Área por cobertura (km ²)	Peso	(At x peso)	Σ / A
Impermeável	Área Coberta e Pavimentada (residencial densa, comercial, aeroporto e estacionamento)	0,68	0,1	0,068	82%
Semi-Permeável	Área Semi-Descoberta (residencial normal e residencial com grandes lotes)	10,07	0,5	5,035	
Permeável	Área Descoberta (parques, jardins, cinturões verdes)	20,06	1	20,06	
TOTAIS		30,81		25,163	0,816715352

(continuação)					
1980			At = área por tipo de cobertura		Índice de Cobertura
Cobertura do Solo	Características da Área	Área por cobertura (km ²)	Peso	(At x peso)	Σ / A
Impermeável	Área Coberta e Pavimentada (residencial densa, comercial, aeroporto e estacionamento)	15,88	0,1	1,588	44%
Semi-Permeável	Área Semi-Descoberta (residencial normal e residencial com grandes lotes)	5,74	0,5	2,87	
Permeável	Área Descoberta (parques, jardins, cinturões verdes)	9,19	1	9,19	
TOTAIS		30,81		13,648	0,442973061
2000			At = área por tipo de cobertura		Índice de Cobertura
Cobertura do Solo	Características da Área	Área por cobertura (km ²)	Peso	(At x peso)	Σ / A
Impermeável	Área Coberta e Pavimentada (residencial densa, comercial, aeroporto e estacionamento)	18,3	0,1	1,83	35%
Semi-Permeável	Área Semi-Descoberta (residencial normal e residencial com grandes lotes)	7,01	0,5	3,505	
Permeável	Área Descoberta (parques, jardins, cinturões verdes)	5,5	1	5,5	
TOTAIS		30,81		10,835	0,351671535

FONTE: Cálculos baseados no mapeamento de superfícies da Classificação de Permeabilidade

O Índice de Cobertura é inversamente proporcional ao Coeficiente de Escoamento, uma vez que os pesos atribuídos no Índice de Cobertura consideram o maior índice para superfícies naturais e o menor para superfícies artificiais. Já o Coeficiente de Escoamento considera peso maior para superfícies cobertas e pavimentadas e peso menor para superfícies descobertas.

Os valores encontrados refletem a quantificação mapeada por cobertura na bacia, podendo ser expressa em percentual ou somente indicada. Em termos gerais, quando da compartimentação da bacia hidrográfica, o Índice de Cobertura deve ser

calculado para cada compartimento e efetuadas as comparações entre os compartimentos da bacia para avaliação das áreas de maior fragilidade.

Comparando os anos abordados no estudo e os Índices de Cobertura calculados para a área da bacia para cada ano, observa-se que:

- em 1952, o IC era de 94% pelo fato das áreas permeáveis corresponderem a 27,23 km² ou 88,38% do total da bacia;
- em 2000, o IC era de 35%, sendo que as áreas permeáveis equivaliam a 3,37 km² ou 10,94% da área total da bacia. Neste caso, tem-se a maior fragilidade para o ano 2000, com baixos percentuais de áreas vegetadas.

Com isso, a bacia hidrográfica do rio Bacacheri, densamente urbanizada, possui áreas pontuais sujeitas a inundações, a erosão marginal e ao assoreamento do leito do rio, conforme já ocorre na atualidade .

Possivelmente, a tendência para a ocorrência de picos de cheia para chuvas de pequena intensidade é crescente, uma vez que grande parte da bacia encontra-se impermeabilizada, o que favorece o aumento da velocidade do escoamento superficial e a redução da infiltração das águas pluviais no solo.

9.6 CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO

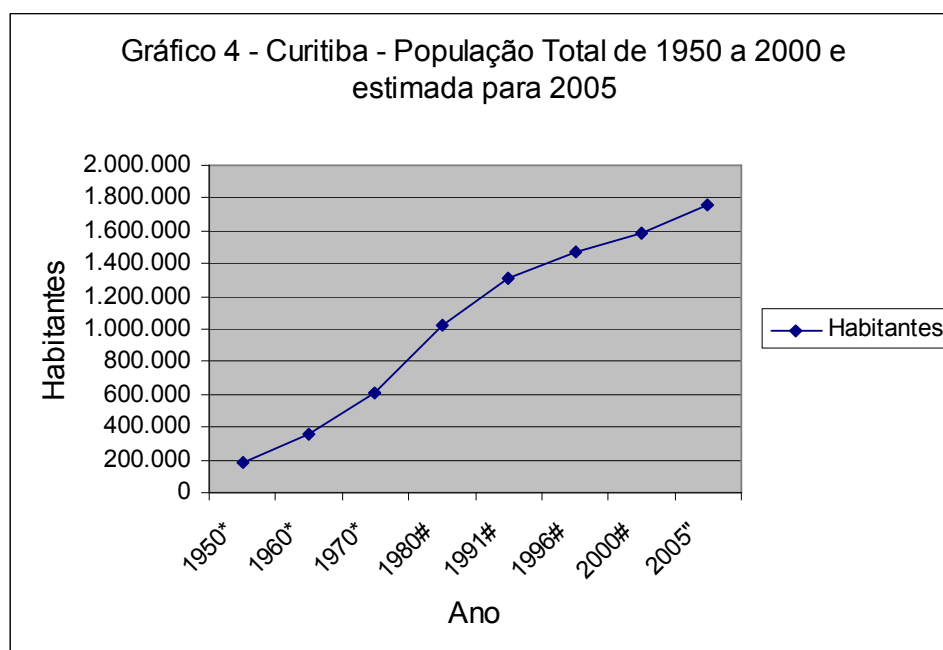
O crescimento da população total de Curitiba, entre o período de 1950 e 2000, pode ser observado no quadro 13, onde os anos de 1950, 1960, 1970, 1980, 1991 e 2000 referem-se aos Censos Demográficos efetuados pelo IBGE e o ano de 1996 à contagem da população. O número de habitantes para o ano de 2005 é estimado.

QUADRO 13 - CURITIBA - POPULAÇÃO TOTAL - 1950 A 2000
E ESTIMADA PARA 2005

Ano	1950*	1960*	1970*	1980**	1991**	1996**	2000**	2005**
Habitantes	180.575	361.309	609.026	1.024.975	1.315.035	1.476.253	1.587.315	1.757.904

Fonte: Censo Demográfico IBGE - * ULTRAMARI, C.; MOURA, R. (1994) ** www.ipardes.com.br

Os dados constantes no quadro 13 podem ser observados no gráfico 4.



FONTE: Censo Demográfico IBGE (*ULTRAMARI e MOURA (1994) e #site www.ipardes.com.br)

Os dados do quadro 13 e gráfico 4 revelam um crescimento constante e regular nas três primeiras décadas, e entre 1950 e 1960 o crescimento foi de 100%, tendo dobrado a população de Curitiba em 10 anos. Entre 1970 e 1980 houve um salto de crescimento, explicado pelo êxodo rural ocorrido no Estado nesta época. De 1980 para 1991, a amplitude entre os anos diminuiu ligeiramente; verifica-se uma queda no crescimento populacional da cidade quando comparado ao ritmo apresentado nas décadas anteriores. De 1991 a 2000, volta a crescer a amplitude ainda que ligeiramente. Observar que entre o período de 1991 a 2000 há o intervalo na data de 1996, onde houve a contagem da população, alternando o intervalo entre as datas de 10 anos para 05 e 04 anos, respectivamente.

No período de cinquenta anos, entre os anos de 1950 e 2000, houve um acréscimo da população total de Curitiba na ordem de 1.406.740 habitantes.

De 1950 até 1960, a população dobrou em número de habitantes, passando dos 180.575 para 361.309 habitantes. De 1960 até 1970 houve um aumento da população de 247.717 habitantes. Já entre os anos de 1970 e 1980 ocorreu outro salto no número de habitantes da cidade, superando a casa de 1.000.000 de

habitantes; crescendo de 609.026 para 1.024.975 habitantes, portanto, com um acréscimo da população foi de 415.949 habitantes.

Isto se explica pelo fato de ter ocorrido nesta década o êxodo rural, com boa parte da população rural do Paraná transferindo-se para a capital do Estado.

Entre 1980 e 1991, o crescimento foi de 290.060 habitantes. Em 1980, a população total era de 1.024.975 habitantes e, em 1991, de 1.315.035 habitantes. De 1991 a 1996, num período de cinco anos, o acréscimo da população foi de 161.218 habitantes. De 1996 a 2000, num período de quatro anos, o crescimento da população foi da ordem de 111.062 habitantes. Somando esse período, temos o total de crescimento de 272.280 habitantes.

A taxa de crescimento entre 1970/1980 era de 5,34%. No período de 1980/1991 a taxa de crescimento decaiu para 2,29% e, entre 1991/2000, houve outra diminuição 2,13% na taxa.

Pode-se traçar a correlação do crescimento populacional da cidade com o processo de urbanização, o adensamento populacional e o crescimento de áreas impermeáveis.

10 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A bacia hidrográfica do rio Bacacheri está inserida em uma região onde ocorrem as seguintes formações geológicas: Sedimentos Aluvionares-Coluvionares do Holoceno, Formação Guabirota e Complexo Migmatítico (Gnaisses Granodioritos – Migmatizados e Gnaisses Granitos Migmatizados).

Nas áreas de planície aluvial, ou planície de inundação da bacia, predominam os Sedimentos Aluvionares-Coluvionares do Holoceno que correspondem aos sedimentos inconsolidados, constituídos por materiais siltico-arenosos.

A Formação Guabirota caracteriza-se por depósitos argilosos e silticos, assentando discordantemente sobre o Embasamento Cristalino, com argilas expansivas, de características higroscópicas e muito retrativas, ocorrendo na maior parte da bacia do rio Bacacheri.

Do Complexo Migmatítico, a rocha predominante é o migmatito. Essa litologia dá origem a areias de granulometria fina, sendo menos resistentes ao intemperismo, de natureza mais friável e erodível do que rochas mais resistentes, como os granitos.

A partir das formações geológicas que compõem a área da bacia do rio Bacacheri, originam-se solos de textura mais argilosa, de argilas expansivas, com pouca porosidade dentre os agregados, de reduzida capacidade de infiltração.

Os solos muito argilosos são impermeáveis e propiciam um escoamento superficial maior que a infiltração; conseqüentemente a erosão superficial e a esculturação da paisagem é maior, formando um relevo mais arredondado, suave ondulado, com vertentes e rampas suaves e declividades baixas.

A área da bacia em estudo apresenta um relevo colinoso, de colinas com formas arredondadas, tipo “meia laranja” com vertentes suaves, côncavas em geral, com entalhamento e dissecação pouco profunda. Os vales são mais abertos nas áreas onde predominam as rochas menos resistentes, como os Sedimentos Recentes do Holoceno .

Os relevos mais suaves originam solos mais espessos, com horizontes bem desenvolvidos, como os Latossolos.

A área da bacia apresenta declividades baixas, num relevo suave ondulado. Em declividades menores, que ocorrem em áreas de planícies ou de relevo aplainado, a rede hidrográfica da bacia apresenta canais mais curtos. O contrário acontece para declividades maiores, onde os canais são mais longos.

Verificando os valores de comprimento médio dos canais no quadro 2, observa-se que os canais de 1ª ordem em toda a bacia são geralmente curtos, apresentando comprimentos médios de 180 m.

Já os canais de 2ª ordem, com 390 m de comprimento em média, ou duas vezes mais longos que os anteriores, são responsáveis pela dissecação vertical das encostas da paisagem amorreada.

As baixas declividades para a área respondem por esta constatação, uma vez que regiões de declividades menores são conseqüências de canais mais curtos e vice-versa.

Alguns canais mais longos que aparecem na margem direita da bacia explicam-se pela canalização e retificação de cursos d'água através de obras efetuadas pela Prefeitura Municipal.

A margem esquerda do rio possui canais mais curtos, evidenciando uma assimetria da drenagem. Essa assimetria da drenagem pode revelar um controle estrutural ou tectônico na região de estudo.

A bacia do rio Bacacheri é de 5ª ordem na hierarquia fluvial, com densidade hidrográfica média ($D_h = 5,87$ rios/km²) e média capacidade para escoamento superficial devido à sua densidade de drenagem ($D_d = 2,48$ km/km²).

O comportamento hidrológico das rochas se reflete na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra resistência, o escoamento superficial tem melhores condições de desenvolvimento e, conseqüentemente, a esculturação de canais e densidade de drenagem são mais elevadas. Este é o caso das rochas clásticas de granulação fina. O contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa.

O controle estrutural ou controle tectônico do sistema de drenagem é evidenciado por diversos aspectos, entre eles os padrões de drenagem.

O padrão de drenagem da bacia do Rio Bacacheri pode ser considerado como sub-dendrítico.

O padrão dendrítico evidencia um controle secundário da drenagem, geralmente escultural, pela ação pluvial. É tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares horizontais.

A litologia da área e o tipo de solo originado, mais argiloso e bem desenvolvido, também contribuem para esse padrão de drenagem.

O regime pluviométrico para a região de Curitiba varia de 1400 a 1600 mm anuais, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e maior concentração no verão. O inverno é relativamente menos chuvoso, caracterizando o período de estiagem.

A evapotranspiração em torno de 60% dos totais precipitados em média, diminui quando da ocorrência de chuvas irregulares e baixas temperaturas.

Em outra situação, em função da diminuição da evapotranspiração e presença de chuvas continuadas o solo fica saturado e, em conseqüência, podem ocorrer enchentes e deslizamentos de trechos das encostas.

De modo geral no Paraná, o predomínio de chuvas freqüentes associadas a sistemas frontais tende a gerar bacias hidrográficas com maior perenidade. Em áreas onde a presença de precipitação é maior, há maior intemperismo, maior decomposição da matéria orgânica e, em conseqüência disto, os solos são mais profundos e bem desenvolvidos.

As chuvas são elementos importantes no sistema bacia hidrográfica pelo fato de causarem variação no comportamento das entradas deste sistema.

As precipitações ocorridas numa bacia de drenagem, como componente do ciclo hidrológico, participam do ciclo de deflúvio desta bacia. Sendo assim, suas variações espaço-temporais tornam-se importantes fatores controladores deste. O próprio ciclo do deflúvio inicia-se ou tem sua 1ª fase com o início de um período chuvoso.

Em relação à vegetação atual na área da bacia, praticamente é inexistente, predominando áreas urbanizadas. A área urbana predomina na maior parte da bacia, expandindo-se também para o norte, diminuindo assim os locais que antes abrigavam matas e culturas. Nas áreas onde a cobertura vegetal foi retirada, o escoamento superficial é maior e aumenta o fluxo direto de água para os rios. Há maior possibilidade de ocorrência de erosão do solo exposto e carreamento de sedimentos para o leito dos rios.

Em regiões totalmente impermeabilizadas o escoamento superficial é maior que a infiltração, com tendência à ocorrência de inundações a jusante.

Outra implicação causada pelo crescimento de áreas urbanas e concentração populacional está nas ocupações desordenadas, junto às margens de rios, em áreas de fundo de vale e de planícies aluviais.

Essas ocupações desencadeiam problemas relativos à poluição das águas, retirada da mata ciliar que protege os rios, erosão marginal, além da sujeição à inundações freqüentes por situarem-se no leito menor do rio.

A intervenção antrópica nas bacias hidrográficas concorre para o desequilíbrio do sistema, acarretando problemas de ordem natural, social e sanitários.

A forma da bacia hidrográfica determina a distribuição do deflúvio ao longo dos cursos d'água principais e é em parte responsável pelas características das enchentes. Em bacias alongadas, em situações naturais e sem intervenções antrópicas significativas, o escoamento será mais lento e maior a capacidade de armazenamento de águas pluviais, não ocorrendo enchentes.

Em bacias com formato circular, o escoamento será mais rápido. A bacia descarregará seu deflúvio direto com maior rapidez e produzirá picos-de-enchente de maiores magnitudes.

Portanto, no caso da bacia em estudo, o resultado do cálculo de Coeficiente de compacidade C_c é igual a 1,51, ou seja, a forma da bacia está mais próxima do índice que indica que a mesma é alongada.

Para bacias urbanas, como é o caso da bacia do rio Bacacheri, a forma alongada por si própria não garante que não ocorrerão enchentes ou inundações na área da bacia, uma vez que este fato está relacionado a outros determinantes, como presença ou ausência de vegetação, áreas densamente pavimentadas, erosão marginal, sedimentos e detritos no leito do rio, rugosidade do leito, ocupações irregulares das margens dos rios, galerias pluviais com falta de manutenção, etc.

A Extensão do percurso superficial (Eps) informa a distância média que a água percorre entre os divisores de drenagem internos da bacia até chegar ao canal de escoamento. Influencia na quantidade (volume) de água no canal de escoamento, e, conseqüentemente, nos picos de enchente. Para a bacia estudada encontrou-se o valor de Eps igual a 0,20 km/km².

A Extensão do percurso superficial (Eps) e a Densidade de drenagem (Dd) possuem correlação indicando que, enquanto a Eps diminui a Dd aumenta e vice-versa.

O comprimento da bacia (Lb), feito em linha reta ao longo do canal principal, com valor igual a 10,4 km, em comparação ao comprimento do canal principal (Lcp), medido com auxílio do curvímetro, igual a 12,5 km, revela que existe uma pequena diferença explicada pelos desvios ou sinuosidade do curso fluvial.

A Relação de relevo (Rr) mede a inclinação que possui a bacia de drenagem e indica a intensidade com que os processos de erosão operam nas declividades desta bacia. O valor para a área de estudo é igual a 12,31 m/km, ou uma proporção de 1,23% de declividade da área da bacia.

A Relação de relevo indica ainda a energia da bacia nas encostas; quanto maior este índice, maior a erosão das encostas e maior concentração da água no canal.

Já o Gradiente dos canais indica a declividade dos cursos d'água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem. Relaciona a energia e velocidade do fluxo hídrico nos canais de escoamento. Se a energia é maior, ocorre o aprofundamento do leito do rio. Se a energia é menor, ocorre a acumulação de materiais no fundo do leito.

O valor obtido para o Gradiente do canal principal (Gcp) é igual a 9,6 m/km, ou uma proporção de 0,96% de declividade.

Os valores encontrados para a Relação de relevo e Gradiente do canal principal não revelam declividades acentuadas. Desse modo, tanto a energia do rio nas encostas quanto a energia do fluxo hídrico no canal de escoamento são baixas.

Estes índices demonstram que podem ocorrer o acúmulo de sedimentos no leito do rio, em determinados trechos, e que a intensidade dos processos erosivos nas encostas é pequena, conforme verificado em campo.

Em relação às características hidrológicas, os dados de precipitação anual e vazão média (vazão específica) são aproximados para a região a que pertence a área de estudo, portanto, representam valores aproximados para a bacia selecionada.

Os dados regionais foram retirados do Atlas de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (1998), e representam o valor médio entre duas classes.

A partir destes dados, efetuou-se cálculos de modo expedito para Avaliação de Produção Hídrica da bacia do rio Bacacheri, tabulados no quadro 4 – capítulo 7, ainda que não representem os valores efetivos para esta bacia e sim, valores médios aproximados. Os cálculos efetuados para cada ano de estudo apresentam pequena variação de valores em relação aos valores apresentados no quadro 4 pela diferença das precipitações anuais. Os valores encontrados encontram-se tabulados nos quadros 5,6,7 e 8, do capítulo 7.

Do total precipitado no período de um ano, ou seja, 1.400 mm, o Índice de Escoamento é de 504,58 mm/h. Este resultado representa a vazão ou deflúvio da bacia.

O Coeficiente de Escoamento é a representação em porcentagem do próprio Índice de Escoamento, sendo que o valor de CE é igual a 36,04%. Ou seja, o IE de 504,58 mm/h é igual a 36,04% da precipitação total.

O Déficit de Escoamento ou Evapotranspiração é igual a 895,42 mm/h ou 63,96% do total precipitado.

Deste modo, a maior parte da água precipitada na área de drenagem da bacia é perdida pela evaporação e não pela evapotranspiração, uma vez que a vegetação da área da bacia hidrográfica foi suprimida drasticamente, e substituída por superfícies pavimentadas que não retêm a água que precipita sobre a bacia.

Isto pode ser mais acentuado, na medida em que se constata que a área de estudo encontra-se destituída de vegetação e completamente impermeabilizada pelas obras de engenharia, bem como da litologia e o tipo de solo argiloso, que dificulta a infiltração da água em subsuperfície e subterraneamente. Neste caso, a armazenagem de água está reduzida ao mínimo.

Sabe-se que o impacto das alterações sofridas na cobertura vegetal afetará o volume de água de interceptação perdida por evaporação.

O desmatamento exerce considerável efeito nas perdas de água, pela ausência da interceptação da chuva pelas copas e folhas das árvores, o que favorece o aumento do escoamento superficial e o fluxo direto de água para o canal fluvial.

A ocorrência de inundações em determinadas áreas da bacia já é um fato. E há a possibilidade da tendência de aumento da freqüência de inundações por chuvas pequenas, em razão do crescimento das áreas impermeáveis, da retirada da

vegetação, da ocupação inadequada das margens, do volume de detritos no leito do rio e de políticas públicas ainda insuficientes para atender essa demanda.

As bacias hidrográficas, enquanto sistemas, possibilitam uma visão integrada do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas. Alterações significativas em qualquer dessas unidades podem desencadear impactos a jusante e em áreas adjacentes, bem como nos fluxos de armazenagem, transferência e saída.

Pelo caráter integrador da dinâmica dos elementos que a compõem, as bacias de drenagem revelam-se importantes unidades de estudo para o planejamento ambiental.

11 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como finalidade verificar o comportamento da bacia hidrográfica do rio Bacacheri em suas propriedades morfométricas e hidrológicas, para tentar inferir o seu estado de organização interna e sua inter-relação com o ambiente, testando metodologias possíveis de aplicação para bacias hidrográficas, numa visão multitemporal.

Através dos levantamentos efetuados, constatou-se que o método de análise de parâmetros morfométricos aliada à análise do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é essencial para a avaliação integral do sistema de bacias de drenagem.

O roteiro para avaliação de produção hídrica da bacia de drenagem, através de método expedito, demonstra que os cálculos efetuados com os dados disponíveis servem para estudos regionalizados ou para comparação entre bacias de lugares diferentes. Recomenda-se que sejam levantados dados pluviométricos e fluviométricos, senão da própria bacia, em bacias próximas, aplicando-se a interpolação de dados para obter os valores específicos para a bacia em estudo, com análise de série histórica de chuvas de no mínimo 10 anos da bacia em questão ou para outras bacias.

A análise multitemporal aliada a fotointerpretação demonstrou ser um eficiente método na avaliação da evolução do uso e ocupação do solo na área estudada. Essa metodologia revelou detalhes quanto ao crescimento da impermeabilização do solo por áreas densamente ocupadas e urbanizadas, num período considerável de 48 anos. Também pode-se aplicar a metodologia da análise multitemporal com o uso de imagens de satélite de diferentes datas e técnicas apropriadas para a interpretação e classificação destas imagens.

A metodologia quantitativa na análise da evolução do uso e ocupação do solo, através da classificação da permeabilidade da área da bacia em diferentes datas permitiu a quantificação de áreas permeáveis, semi-permeáveis e impermeáveis em valores percentuais e areais.

A metodologia de classificação da permeabilidade com três classes somente, permite interpretações subjetivas e generalizadas, ainda que tenha sido

feito adaptações para esse estudo de características da área conforme o Coeficiente de escoamento superficial, que é aplicado para o cálculo de vazões de enchente. Recomenda-se que essas classes sejam mais detalhadas e desdobradas, com o intuito de evitar as generalizações e interpretações subjetivas.

O uso de programas de geoprocessamento para manipulação dos dados cartográficos é de fundamental importância, de modo a processar as características físicas da área de estudo e gerar dados quantitativos e qualitativos, necessários como suporte para a avaliação e análise final dos resultados, além de permitir a espacialização geográfica dos dados com saídas em forma de mapas e não somente de dados numéricos.

As conclusões alcançadas neste estudo contribuem para o conhecimento da dinâmica ambiental e das condições hidrográficas e hidrológicas da área da bacia selecionada, servindo como prática para futuros estudos de outras bacias hidrográficas e oferecendo instrumentos para o planejamento ambiental em áreas urbanas.

O exercício desta pesquisa apontou questionamentos passíveis de investigação mais detalhada, principalmente no tocante às condições hidrológicas e ao cálculo das vazões de enchente, à classificação das áreas da bacia e ao índice de cobertura, fato este que suscita o desejo de apurar o conhecimento até então apreendido.

REFERÊNCIAS

AISSE, M. M. Drenagem Urbana, **In:** FENDRICH, R. et al. Drenagem e Controle da Erosão Urbana. Curitiba: Ed. Champagnat, 4ª ed.1997, p. 195-267.

BEMERGUY, R.S.; COSTA, J.B.S. Controle Tectônico na Evolução do Sistema de Drenagem da Amazônia, **In:** Boletim 3º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos – Resumos Estendidos e Roteiro das Excursões, Rio Claro – SP, 1991, p.103-104.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e Origem das paisagens tropicais e subtropicais**, contribuições de Everton Passos (et al.), Florianópolis: Ed. da UFSC, v.3, 2003.

CANALI, N. E. **Análise Morfométrica da Bacia do Rio Açungui – PR**. Curitiba – PR, 1986. Tese (Professor Titular), UFPR.

_____. **Análise de Bacias Hidrográficas – Coletânea de Textos**. Curitiba – PR, 1996 (inédito).

_____. **Análise de Bacias Hidrográficas – Avaliação de Produção Hídrica da Bacia de Drenagem**. Curitiba – PR, 2004 (inédito).

CANALI, N. E.; MURATORI, A.M. Síntese da Evolução Geomorfológica da Bacia Sedimentar de Curitiba **In:** 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA – Atas, v.2. Sociedade Brasileira de Geologia Núcleo de São Paulo: Curitiba, novembro 1981.

COELHO NETTO, A.L. – Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. **In:** GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. da (org.). Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 4ª ed, 2001, p.93-148.

CHAVEZ-KUZ, L. **Análise da tectônica rúptil em rochas do embasamento da Bacia de Curitiba com vistas à determinação de áreas favoráveis à exploração de água subterrânea**. Curitiba, 2003. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, UFPR.

CHOW, V. T. **Handbook of Applied Hydrology**, New York: McGraw-Hill. 1418p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo, Edgard Blücher, 2ª ed., 1980, 188p.

CUNHA, S.B. da – Geomorfologia Fluvial. **In:** GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. da (org.). Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 4ª ed, 2001, p.211-252.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. Aspectos Climáticos de Curitiba-PR – Uma contribuição para o ensino médio. **Revista RA’EGA – O Espaço Geográfico em análise**, Curitiba, Departamento de Geografia, Editora da UFPR, n.3, ano III, p. 229-253, 1999.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**, São Paulo: CETESB, 1ªed, 1992.

DREW, D. **Processos Interativos Homem – Meio Ambiente**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3ª ed, 1994.

EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - SNLCS – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos / SUDESUL / Governo do Estado do Paraná - Secretaria Estadual da Agricultura/ IAPAR – Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. 1 mapa: colorido. Escala 1:600.000.

_____. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná – TOMO I e II**. Curitiba: EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - SNLCS – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos / SUDESUL / Governo do Estado do Paraná - Secretaria Estadual da Agricultura/ IAPAR – Fundação Instituto Agrônômico do Paraná , 1984.

FELIPE, R. S. A erodibilidade da Formação Guabirota. In: **CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA. Anais** da Mesa Redonda. Curitiba: UFPR e Núcleo Regional do Paraná e Santa Catarina de Mecânica dos Solos, Setembro, 1999, p. 53-63.

FENDRICH, R. et al. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Ed. Champagnat, 4ª ed.1997, 486p.

_____. **Chuvas intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do Autor, 2ª ed. rev. ampl., 2003.

_____. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. Curitiba, 2002. 499p. Tese (Doutorado) Setor de Ciências da Terra. UFPR.

GIUSTI, D. A. **Contribuição a Geologia Ambiental no município de Curitiba-PR**. São Paulo, 1989. 115p. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

GRANELL-PÉREZ, M. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. 128p.

HACH-HACH, A. M.; LIMA, R. E. Qualificação e Monitoramento dos Riscos Geológicos relacionados à Formação Geológica de Guabirota na Grande Curitiba-PR, In: **CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA. Anais** da Mesa Redonda. Curitiba: UFPR e Núcleo Regional do Paraná e Santa Catarina de Mecânica dos Solos, Setembro, 1999, p. 111-117.

IPARDES. Disponível em: < <http://www.ipardes.gov.br> > Acesso em : agosto/2006.

KELLER, E. A. **Environmental Geology**. 6th ed. USA: Macmillan Publishing Company, 1992.

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G.G.; Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**. Geografia Física (4). Curitiba: UFPR, 1962.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178p.

LIMA, R. E. coord. **Uso dos solos e dos rios: conceitos básicos e aplicações para Curitiba**. Curitiba: NIMAD/UFPR, 2000.

LOPES, J. A. U. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**. Geologia (20). Curitiba: UFPR, 1966.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Ed. J. Olympio, 2^a ed., 1981.

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**, Curitiba: Departamento de Geografia / Ed. UFPR, n.3, ano III, 1999, p. 67-89.

MINEROPAR. **Mapa Geológico de Curitiba** – recorte da bacia do rio Bacacheri. Curitiba, 2004. 1 mapa: colorido; em meio digital. Escala 1:50.000.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N.C. **Contexto Morfotectônico da Bacia Hidrográfica do Rio Atuba**. Curitiba, 2004. Trabalho de Pós-Graduação (Disciplina Neotectônica e Análise Morfotectônica) – Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, UFPR (inédito).

ORDEM ROSA CRUZ. Disponível em: < http://www.G:\Parque Bacacheri_sites\Ordem Rosacruz, AMORC - Fotografias.mht > Acesso em: 27/03/2006.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. da (org.). Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3^a ed, 2000, p.59-122

PEREIRA, E. M.; PEJON, O. J. Estudo do Potencial Expansivo dos Materiais Argilosos da Formação Guabirota na Região do Alto Iguaçu- PR. In: Características Geotécnicas da Formação Guabirota. **Anais da Mesa Redonda**. Promoção UFPR e Núcleo Regional do Paraná e Santa Catarina de Mecânica dos Solos, Curitiba. Setembro, 1999, p. 17-29.

PINTO, N. L. de S., HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A. **Hidrologia de Superfície**. Curitiba, Centro de Estudos e Pesquisas de Hidráulica e Hidrologia da Universidade Federal do Paraná. São Paulo: Edgard Blücher, 2^a ed., 1973.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. Disponível em:
<<http://www.curitiba.pr.gov.br>> Acesso em: 09/ julho/2004.

RAJA GABAGLIA, G. E., MILANI, E.J. (coord.). **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**, Rio de Janeiro: Ed. Gávea, Petrobrás, 1990.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; HATSCHBACH, G. G., **Levantamento da vegetação da Área de Proteção Ambiental de Guaratuba – APA de Guaratuba**. UFPR, 1996, 78p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: FFLCH/ USP, n.8, 1994.

SALAMUNI, E. **Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)**. Rio Claro-SP, 1998. 214p. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP.

SALAMUNI, E., SALAMUNI, R. Contexto Geológico da Formação Guabirota, Bacia de Curitiba, In: Características Geotécnicas da Formação Guabirota. **Anais da Mesa Redonda**. Promoção UFPR e Núcleo Regional do Paraná e Santa Catarina de Mecânica dos Solos, Curitiba. Setembro, 1999, p. 7-15.

SALAMUNI, E., SALAMUNI, R., EBERT, H. D. Contribuição à Geologia da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR). **Boletim Paranaense de Geociências**, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia. Curitiba: Ed. da UFPR, n. 47 , 1999, p. 123-142.

SANEPAR/USHG. **Relatório de Características Técnicas de Poço - Parque Bacacheri – poço 01 e 02**. Curitiba, março/1995.

SUDERHSA. Disponível em: < <http://www.suderhsa.pr.gov.br>> Acesso em : janeiro/2006.

TONETTI, S. **Caracterização dos Aspectos Naturais da Bacia do Rio Atuba**. Curitiba, 1999. Monografia, Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, UFPR.

TUCCI, C.E.M. (org) **“Hidrologia - Ciência e Aplicação”**. Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 3ª ed, 2002(a).

_____. Água no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2ª ed., 2002(b), p. 473-505.

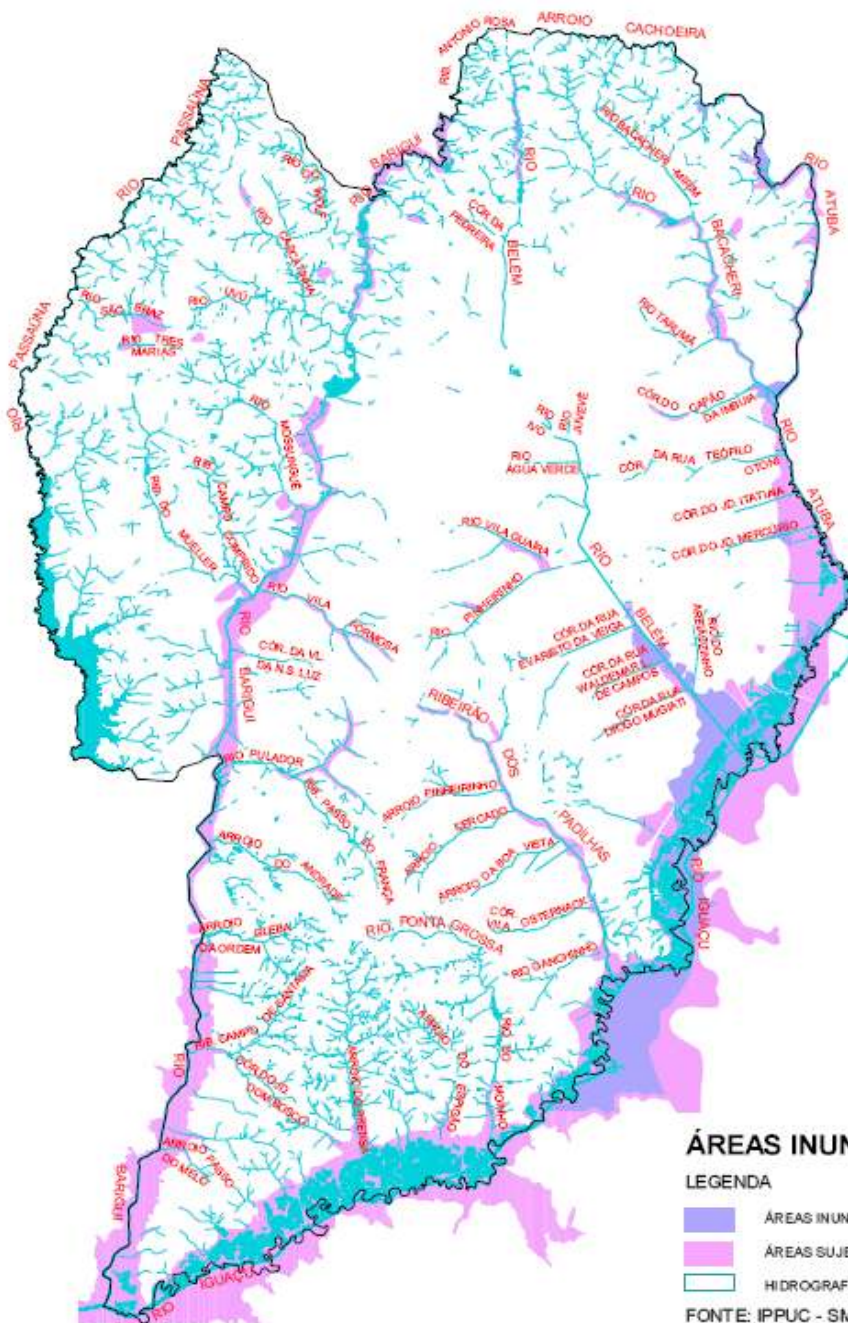
ULTRAMARI, C; MOURA, R. (org). **Metrópole - Grande Curitiba: teoria e prática**. Curitiba: IPARDES, 1994, 154p.

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. da – Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. da (org.). Impactos Ambientais Urbanos no Brasil, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p.111-145.

VILLELA, S. M; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

VOLCOV, J. **Análise Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Atuba (PR)**. Curitiba, 1988. Monografia, Departamento de Geografia, Setor de Tecnologia, UFPR.

ANEXO - MAPA DE ÁREAS INUNDÁVEIS - IPPUC



IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA
 SUPERVISÃO DE INFORMAÇÕES

Rua Bom Jesus, 669 - Cabral - Curitiba - Paraná - Brasil - CEP 80.095-010 - Fone: (55 41) 3250-1414 - Fax: (55 41) 3254-8661 - E_mail: geo@ippuc.org.br