



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

CRISTIANE RAMOS MAGALHÃES

BACIA HIDROGRÁFICA COMO REFERÊNCIA DE PLANEJAMENTO E
EXPANSÃO URBANA PARA AS CIDADES NO SÉCULO XXI

Rio de Janeiro
2013



UFRJ

CRISTIANE RAMOS MAGALHÃES

**BACIA HIDROGRÁFICA COMO REFERÊNCIA DE
PLANEJAMENTO E EXPANSÃO URBANA PARA AS CIDADES
NO SÉCULO XXI**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador(es): MARCELO GOMES MIGUEZ

Rio de Janeiro
2013

Magalhães, Cristiane Ramos.

Título: Bacia Hidrográfica como Referência de Planejamento e Expansão urbana para as Cidades no século XXI / Cristiane Ramos Magalhães. – 2013. f. 223: il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2013

Orientador(es): Marcelo Gomes Miguez

1. Planejamento Urbano, 2. Bacias Hidrográficas
3. Drenagem Urbana 4. Cidades

Classificação Decimal Universal (CDU) para
Planejamento urbano - 711.4

I. Miguez, Marcelo. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. III. Bacia Hidrográfica como Referência de Planejamento e Expansão urbana para as Cidades no século XXI.



UFRJ

BACIA HIDROGRÁFICA COMO REFERÊNCIA DE PLANEJAMENTO E EXPANSÃO URBANA PARA AS CIDADES NO SÉCULO XXI

Cristiane Ramos Magalhães

Orientador (es): Marcelo Gomes Miguez

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Prof. Marcelo Gomes Miguez, D. Sc., UFRJ

Prof. Cláudia Ribeiro Pfeiffer, D.Sc., UFRJ

Prof. Paulo Roberto Ferreira Carneiro, D. Sc., UFRJ

Rio de Janeiro
2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha MÃE VIRGÍNIA, presente e parceira de todas as horas, que me motiva, me emociona, briga (é claro) e me faz seguir sempre em frente. Te amo mãe! Dedico também ao meu PAI - NELSON (IN MEMORIAN), que apesar da distância física esteve e está presente em meu coração, sempre.

AGRADECIMENTO

Gostaria de aproveitar estas linhas para fazer um sincero e profundo agradecimento ao meu orientador e amigo Professor Marcelo Gomes Miguez. A quem conheci como professor nas aulas de Drenagem Urbana no Curso de Engenharia Urbana e, que desde o início daquelas aulas impressionou com a qualidade da informação e a forma simples com que expressava assuntos de natureza tão complexa.

Sua competência de enxergar sistemicamente as questões urbanas, apresentadas por meio de exemplos de projetos práticos desenvolvidos e coordenados por ele e sua Equipe no Laboratório de Hidráulica Computacional (LHC), da COPPE, não me deixaram dúvidas de que querer tê-lo como orientador, pois através de seu trabalho e suas explicações percebi que era possível colocar em prática o trabalho em escala Urbana.

Foi justamente aí que morou O DESAFIO. Como eu, arquiteta, urbanista iria desenvolver um tema que envolvesse a cidade, em sua escala urbana, sendo orientada por um Engenheiro Civil que trabalhava com modelagem computacional... E que desafio...

Como foi demorado o processo de enquadramento do tema. Quantas idas e vindas... E, quanta paciência por parte do Professor Marcelo Miguez. E quando chegamos ao tema veio o maior desafio: desenvolver sob a forma de dissertação. Quantas revisões entregues corrigidas de forma meticulosa com comentários sinceros, que me estimularam, me fizeram rir e me deixaram em P Â N I C O com tantos vermelhos!!!!!! E, a cada revisão, um aprendizado maior que outro...

Por isso, Marcelo, gostaria de agradecer aberta e publicamente a confiança, orientação e diretrizes dadas para a condução deste trabalho. Um tema que para mim, no início parecia algo bem simples de se explicar, mas que com a sua coordenação pude enxergar a complexidade em expressar e estruturar as conversas e orientações. Obrigada por me permitir fazer parte da sua Equipe de trabalho e me ensinar durante o processo de elaboração e finalização deste material.

Meu sincero: O B R I G A D A ! E, sei que teremos mais revisões... rrsrs

Gostaria também de agradecer as equipes e profissionais que deixaram como legado suas dissertações, teses e documentos publicados, que serviram de base para o desenvolvimento deste trabalho.

Meu agradecimento especial à professora Cláudia Pfeiffer, que me auxiliou nos momentos de dúvidas de tema de dissertação, a quem admiro e quase foi também minha orientadora. Saiba que teria sido maravilhoso tê-la na orientação, mas a vida dá voltas que nos impedem de colocar em prática algumas coisas que queremos. Obrigada por ter aceitado fazer parte da Banca. Foi uma honra.

Ao professor Paulo Carneiro, por ter aceitado o convite de fazer parte da banca e a quem tive o prazer de conhecer no dia da defesa. Aos Professores, arquitetos e urbanistas, Milton Vitis Feferman e Flavio Ferreira, por ainda na graduação pela FAU – UFRJ, terem me apresentado ao Urbanismo.

Gostaria também de agradecer aos amigos, que estiveram ao meu lado. Saibam que a contribuição e apoio de vocês foi fundamental cada qual em sua fase, e à sua maneira, me ajudando na delimitação e construção do tema ou no apoio e possibilidade de poder comparecer ao curso de mestrado. Por isso, Osvaldo Rezende, Lázaro Costa, Aline Verol, Roberto da Cunha, Adilson Dantas, Bete Carvalho, Daniella Costa e Ana Alves, meu MUITO OBRIGADA a vocês.

Em especial gostaria de agradecer às amigas Lara Salles e Ianic Bigate. Cada qual em seu tempo, me ajudaram nos momentos em que pensei que não fosse ter forças para continuar. Obrigada pela amizade, pelo estímulo e pela vontade que vocês me trouxeram para continuar. Obrigada pela paciência, suporte técnico e amizade. Demorou... Mas saiu...

Por fim, gostaria de agradecer ao meu companheiro amado Alex Amaral, que na fase mais difícil me proporcionou momentos de descontração, força, amor e lucidez. Ele que tem me esperado desde o início do ano, quando eu disse que só faltava mais um mês... Amor, agora é sério, acabou!

Saibam que com o fim deste ciclo me sinto uma profissional mais completa com capacidade de análise e ciente da beleza e dificuldade que se é entender sistemicamente o funcionamento das coisas. Espero poder contribuir com as cidades e cidadãos que estão por vir, por meio do exercício da minha profissão.

Que venha o próximo ciclo, que este acaba de se encerrar.

Obrigada DEUS.

RESUMO

MAGALHÃES, Cristiane Ramos. **Bacia Hidrográfica como referência de Planejamento e Expansão Urbana para as Cidades no Século XXI, RJ. Rio de Janeiro, 2013.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

O problema da expansão urbana desordenada vem despertando interesse cada vez maior nos meios social e acadêmico, porque causam uma série de efeitos sobre o ambiente natural e sobre o ambiente construído. O ambiente natural, representado pelas bacias hidrográficas, e o ambiente construído, representado pelas cidades, possuem efeitos recíprocos que possibilitam a adoção da bacia hidrográfica como referência para o planejamento da expansão urbana. Esta associação de ambiente natural e construído em escala urbana é desafiadora, porém se mostra pertinente, atual e possível, pois é no momento do planejamento de uma cidade, que se devem considerar os impactos provocados pela urbanização e a resposta da bacia a estes impactos. É indiscutível a necessidade do entendimento dos efeitos de um sistema sobre o outro, não só no recorte da bacia que se relaciona com o objeto do planejamento, como também o rebatimento do impacto destas ações nas bacias vizinhas, principalmente se o recorte referente à área de intervenção estiver à montante. Vale destacar que a bacia maior deve sempre aparecer como suporte para a análise, pois, de fato, esse entendimento do todo é a premissa básica para realização de um planejamento consistente e que leve ao entendimento global do sistema e de suas relações locais, a partir da relação homem x natureza existente e consolidada. Este trabalho procura demonstrar, portanto, através de revisão bibliográfica e estudo de caso, como as bacias, ao serem adotadas como referência para o planejamento urbano contribuem para a ordenação da expansão do ambiente urbano nos próximos séculos.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Cidades, Urbanismo, Sustentabilidade, Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

MAGALHÃES, Cristiane Ramos. **Bacia Hidrográfica como referência de Planejamento e Expansão Urbana para as Cidades no Século XXI, RJ. Rio de Janeiro, 2013.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

The problem of unplanned urban expansion has been attracting a growing interest in social media and academia, because they may cause a number of effects on the natural and built environment. The natural environments, represented by the watersheds, and the built environment, represented by the cities, have mutual effects that enable the adoption of the watershed as a reference for planning the urban expansion. This combination of natural and built environment is challenging in urban scale, but appears relevant, current and possible, because when a city is planned, it must consider the impacts caused by urbanization and the basin response to these impacts. Understanding the effects of one system over the other is clearly needed, not only in the basin cutout that is related to the object of planning, but also the folding of the impact of these actions in the neighboring basins, especially if the referring intervention is upstream. Note that the larger basin should always appear as a support for analysis, is, indeed, this understanding of the whole is the basic premise for the realization of a plan that leads to consistent and comprehensive understanding of the system and their local relations, departing, from the existing and consolidate relationship between man and nature. This thesis demonstrates, therefore, through a literature review and case studies, how the basin contributes to the ordering of the urban environment expansion in the twenty-first century, when taken as a reference for urban planning.

Key Word: Watersheds, Cities, Urbanism, Sustainability, Sustainable Development.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Corte e planta de um esquema de bacia hidrográfica e seus elementos constituintes	34
Figura 02: Associação de bacias e sub-bacias hidrográficas	37
Figura 03: Representação do ciclo hidrológico	38
Figura 04: Representação de Bacias Naturais	39
Figura 05: Representação de Bacias parcialmente urbanizadas	40
Figura 06: Representação de Bacias Urbanizadas	41
Figura 07: Exemplo de divisor topográfico e freático, que não coincidem	42
Figura 08: Representação da distribuição do fluxo superficial em bacias circulares	43
Figura 09: Representação da distribuição do fluxo superficial em bacias elipsoidal	44
Figura 10: Representação das diferentes larguras até o polígono envolvente da bacia	46
Figura 11: Relação entre forma e hidrogramas de enchente	47
Figura 12: Apresentação de um curso de água completo em seus três trechos distintos ao longo do seu desenvolvimento até os oceanos	49
Figura 13: Bacias exorreicas	50
Figura 14: Bacias endorreicas	50
Figura 15: Bacias arreicas	51
Figura 16: Bacias Criptorreicas	51
Figura 17: Dendrítica	52
Figura 18: Trelças	52
Figura 19: Retangular	54
Figura 20: Paralela	54
Figura 21: Radial	54
Figura 22: Anelar	54

Figura 23: Representação do comprimento médio lateral do escoamento Superficial	55
Figura 24: Representação de um curso d' água principal e seu talvegue	56
Figura 25: Comparação dos métodos de Strahler e Horton	57
Figura 26: Canal Principal pelo método de Horton	58
Figura 27: Canal Principal pelo método de Strahler	59
Figura 28: Expansão da Cidade de Los Angeles	63
Figura 29: Expansão da Cidade do México	63
Figura 30: Expansão de novas cidades na China	64
Figura 31: Presença de áreas verdes que funcionem como áreas de amortecimento	68
Figura 32: Vias como elemento estruturante das demais redes	70
Figura 33: Influência da urbanização no hidrograma de enchentes	74
Figura 34: Localização do Estado do Rio de Janeiro no Brasil	102
Figura 35: : Localização das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro	103
Figura 36: Compatibilização das Regiões Hidrográficas e municípios do Estado do Rio de Janeiro	104
Figura 37: Destaque para as Regiões Hidrográficas e sub-bacias de estudo	105
Figura 38: Imagem Aérea da UFRRJ	108
Figura 39: Município de Seropédica	109
Figura 40: Centro Urbano de Seropédica	110
Figura 41: Centro Urbano de Seropédica	110
Figura 42: Arco Metropolitano Empreendimento Alicerce	111
Figura 43: Localização dos Aquíferos Fraturado e do Piranema	113
Figura 44: Localização do Perfil Geológico da Bacia de Sepetiba	115
Figura 45: Localização do Perfil Geológico da Bacia de Sepetiba	115

Figura 46: Distrito Areeiro e Polígono do Piranema	115
Figura 47: Polígono do Piranema	115
Figura 48: Destaque para as cavas de extração da areia.	115
Figura 49: Interação entre as águas Subterrâneas e as águas do Rio Guandu	116
Figura 50: Região Hidrográfica do Guandu (RHII)	120
Figura 51: Região Hidrográfica do Guandu (RHII) e Sub-bacia de Sepetiba	120
Figura 52: Bacia de Sepetiba dividida em sub-bacias	119
Figura 53: Região Hidrográfica do Guandu (RHII)	119
Figura 54: Bacia de Sepetiba dividida em sub-bacias	120
Figura 55: Sobrevôo sobre a bacia do rio da Guarda	120
Figura 56: Sobrevôo sobre a bacia do rio da Guarda	121
Figura 57: Sobrevôo sobre a bacia do rio da Guarda	121
Figura 58: Sub-bacia do rio da Guarda	124
Figura 59: Sub-bacia do rio da Guarda compatibilizada com limite municipal	124
Figura 60: Limites da bacia do rio da Guarda e do município com a rede hidrográfica	124
Figura 61: Bacia do rio da Guarda dividida em sub-bacias	127
Figura 62: Localização da Bacia do Valão dos Bois contribuinte da Bacia do rio da Guarda	128
Figura 63: Localização da Bacia do rio Piloto Bois contribuinte da Bacia do rio da Guarda	128
Figura 64: Mapa de Zoneamento extraído do Plano Diretor do Município de Seropédica	130
Figura 65: Mapa de Recursos Hídricos extraído do Plano Diretor do Município de Seropédica	130
Figura 66: Mapa de uso do Solo compatibilizado	132
Figura 67: Mapa de Zoneamento compatibilizado	1
Figura 68: Bacia do Valão dos Bois e Plano Diretor	133

Figura 69: Bacia do rio Piloto e Plano Diretor	133
Figura 70: Áreas a serem analisadas na Bacia do Valão dos Bois	136
Figura 71: Área 1 de análise do Plano Diretor de Seropédica – Alto Valão do China	137
Figura 72: Mapa de uso do solo e inconsistências ao se comparar com o mapa de zoneamento	138
Figura 73: Mapa de zoneamento e inconsistências ao se comparar com o mapa de uso do solo	138
Figura 74: Mapa de zoneamento do Plano Diretor do Arco Metropolitano e inconsistências ao se comparar com o mapa de uso do solo	138
Figura 75: Mapa de zoneamento e inconsistências ao se comparar o mapa de zoneamento extraído do Plano Diretor do Arco Metropolitano	138
Figura 76: Exemplo de conjunto habitacional construído no município	141
Figura 77: Destaque para a mancha de inundação do atual centro de Seropédica	142
Figura 78: Área 2 de análise do Plano Diretor de Seropédica – Médio Valão dos Bois	143
Figura 79: O trecho em destaque representa a área urbana associada ao Valão do China e Polígono de Piranema – Uso do Solo do Plano Diretor	146
Figura 80: O trecho em destaque representa a área urbana associada ao Valão do China e Polígono de Piranema – Zoneamento do Plano Diretor	146
Figura 81: Proximidade da área urbana do Valão do China com o polígono do Piranema e Valão dos bois cortando as cavas de extração	145
Figura 82: Distrito Areeiro de Itaguaí / Seropédica – Vista aérea de um conjunto de lotes apresentando lagoas de extração ativas (1), lagoas de decantação (2) e lagoas desativadas (3)	146
Figura 83: Trecho do Valão do China. Em vermelho área urbana consolidada	147
Figura 84: Trecho do Valão do China. Em azul mancha de alagamento na área urbana	149

Figura 85: Área 3 de análise do Plano Diretor de Seropédica – Jusante do Valão dos Bois	149
Figura 86: Análise do Plano Diretor de Seropédica – Sub-bacia do rio Piloto	151
Figura 87: Análise do Zoneamento do Plano Diretor e conflito com o Zoneamento do Plano Diretor do Arco Metropolitano	152
Figura 88: Área Industrial do Plano Diretor do Arco Metropolitano	152
Figura 89: Áreas e seu potencial de ocupação pelo método do Crivo	156
Figura 90: Região Hidrográfica – Localização	159
Figura 91: Região Hidrográfica – Localização	159
Figura 92: Região Hidrográfica do Guandu e da Baía de Guanabara	159
Figura 93: Macrobacias que compõem a região Hidrográfica da Baía de Guanabara	159
Figura 94: Bacia do Canal do Manguê	159
Figura 95: Evolução urbana da região central da cidade do Rio de Janeiro com destaque da Bacia do Canal do Manguê	163
Figura 96: Linha Síntese que relaciona os dados de população e tempo.	164
Figura 97: Enchente na Rua do Senado	168
Figura 98: : Enchente Canal do Manguê	168
Figura 99: Linha síntese que relaciona as maiores enchentes no tempo.	169
Figura 100: Linha Síntese que relaciona os dados de população e tempo	171
Figura 101: Linha Síntese que relaciona historicamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização	174
Figura 102: Linha Síntese do momento 1, que relaciona historicamente o Controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização	175
Figura 103: : Linha Síntese do momento 2, que relaciona historicamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização	176
Figura 104: Linha Síntese do momento 3, que relaciona historicamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização	177

Figura 105: Linha Síntese do momento, que relaciona historicamente o Controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização	178
Figura 106: Declividade da Bacia hidrográfica do Canal do Manguê	181
Figura 107: Declividade da Bacia hidrográfica do Canal do Manguê	183
Figura 108: Bacia Hidrográfica do canal do manguê associada às regiões Norte, Sul e central da cidade do Rio de Janeiro	185
Figura 109: Equipamentos de destaque na Bacia do Canal do Manguê	186
Figura 110: Bairros de destaque na Bacia do Canal do Manguê na Baía da Guanabara	187
Figura 111: Planta da bacia hidrográfica do Canal do Manguê com destaque em rosa para o trecho canalizado	188
Figura 112: Sub-bacias da bacia do Canal do Manguê	190
Figura 113: Feições de uso do solo na bacia do Canal do Manguê	192
Figura 114: Cobertura Vegetal	193
Figura 115: Cobertura Vegetal da bacia do Canal do Manguê.....194
Figura 116: Risco de Cheias	195
Figura 117: Áreas de risco divididas em sub-bacias	197
Figura 118: Sub-bacia do rio Joana encaixada na bacia do Canal do Manguê	198
Figura 119: Bacia do Rio Joana em destaque	199
Figura 120: Arco Metropolitano Empreendimento Alicerce	201
Figura 121: Arco Metropolitano Empreendimento Alicerce	201
Figura 122: Áreas de destaque da bacia do Canal do Manguê X Plano Diretor	206
Figura 123: Destaque da bacia do Canal do Manguê no mapeamento existente do plano diretor da cidade do Rio de Janeiro	210
Figura 124: Diferença dos limites geopolíticos para os limites da bacia hidrográfica	210
Figura 125: Áreas que devem ser observadas como contraditórias no Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro	211

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Legislação relacionada à bacia hidrográfica, ao meio ambiente e a cidade convergindo para adoção da bacia como unidade territorial	77
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Síntese legal de bacias hidrográficas e legislação	78
Tabela 2: Áreas que devem ser observadas como contraditórias no Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro	94
Tabela 3: Crescimento da população ao longo dos séculos	162

SUMÁRIO

1	INTRUDUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS	22
1.1.1	GERAL	22
1.1.2	ESPECÍFICOS	22
1.2	HIPÓTESE	23
1.3	MOTIVAÇÃO	24
1.4	METODOLOGIA GERAL	25
1.5	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	26
2	CIDADES – ANTECEDENTES	27
3	UMA VISÃO SISTEMICA, MULTIDISCIPLINAR E INTEGRADORA DE CIDADES, BACIAS HIDROGRÁFICAS E LEGISLAÇÃO	32
3.1	BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO SISTEMAS NATURAIS DE REFERÊNCIA PARA O PLANEJAMENTO URBANO	34
3.1.1	BACIAS E SUB-BACIAS NATURAIS, PARCIALMENTE URBANIZADAS E URBANIZADAS	39
3.1.2	CACARACTERIZAÇÃO DE BACIAS E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS	42
3.1.2.1	Características Geométricas	42
3.1.2.2	Características da Rede de Drenagem	47
3.2	CIDADES COMO SISTEMAS CONTRUÍDOS	60
3.2.1	DENSIDADES URBANAS	63
3.2.2	INFRAESTRUTURA	69
3.3	SINTESE LEGAL – BACIAS HIDROGRÁFICAS E CIDADES	76
3.3.1	CONSTITUIÇÃO FEDERAL DE 1988	78
3.3.2	LEI FEDERAL 6.766 DE 1979 – LEI DE PARCELAMENTO E USO DO SOLO	79
3.3.3	LEI FEDERAL – 6.938 DE 1981 – POLÍTICA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE	81
3.3.4	LEI FEDERAL -9.433 DE 1997 – LEI DAS ÁGUAS	81
3.3.5	LEI FEDERAL -10.257 DE 2001 – ESTATUTO DA CIDADE	82
3.3.6	LEI FEDERAL-11.445 DE 2007 – LEI DO SANEAMENTO	84
3.3.7	LEI FEDERAL-12.305 DE 2010 – POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	86
3.3.8	LEI FEDERAL – 12.608 DE 2012 – POLÍTICA NACIONAL DE DEFESA CIVIL	87
3.3.9	LEI FEDERAL-12.651 DE 2012 – CÓDIGO FLORESTAL	88
3.3.10	LEI ESTADUAL – 6.442 DE 2013	92

4	ESTUDOS DE CASO	100
4.1	MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA	106
4.1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	106
4.1.1.1	ASPECTOS HISTÓRICOS	106
4.1.1.2	CARACTERIZAÇÃO URBANA	109
4.1.1.3	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E PAISAGÍSTICA	112
4.1.2	IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS QUE TÊM INTERSERÇÃO COM O MUNICÍPIO DE SEROPÉDICA	116
4.1.3	ASPECTOS RESTRITIVOS IMPOSTOS PELAS BACIAS E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS	129
4.1.4	ANÁLISE SISTÊMICA CONJUGANDO CARACTERÍSTICAS E RESTRIÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA, USOS DO SOLO E PLANOS DE DESENVOLVIMENTO EM ESCALA LOCAL E REGIONAL	134
4.1.5	DISCUSSÃO	153
4.2	BACIA DO CANAL DO MANGUE	157
4.2.1	CONTEXTO LOCALIZAÇÃO	157
4.2.1.1	EVOLUÇÃO URBANA	160
4.2.1.2	HISTÓRICO DE CHEIAS NA BACIA	165
4.2.1.3	HISTÓRICO DE PROJETOS PARA CONTROLE DE CHEIAS PARA A BACIA	170
4.2.2	PLANEJAMENTO URBANO TOMANDO A BACIA HIDROGRÁFICA COMO REFERÊNCIA	179
4.2.2.1	ASPECTOS AMBIENTAIS DO PLANEJAMENTO ASSOCIADO ÀS BACIAS	180
4.2.2.2	ASPECTOS URBANOS	185

<i>4.2.3 DISCUSSÃO PARA A ANÁLISE INTEGRADA PARA O USO DE SISTEMAS DE BACIAS E SUB-BACIAS PARA REESTRUTURAÇÃO URBANA</i>	<i>189</i>
<i>4.2.4 ANÁLISE INTEGRADA DO PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO E DAS AÇÕES PROPOSTAS PARA A BACIA DO CANAL DO MANGUE</i>	<i>202</i>
<i>4.2.5 SÍNTESE E RECOMENDAÇÕES PARA PROCEDIMENTO DE PLANEJAMENTO TOMANDO A BACIA HIDROGRÁFICA COMO REFERÊNCIA</i>	<i>202</i>
<i>5 CONCLUSÃO</i>	<i>217</i>
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	<i>219</i>

1 Introdução

A presente dissertação se apresenta como resposta à conclusão do Curso de Mestrado Profissional de Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e se enquadra na linha de pesquisa de Sistemas Urbanos.

Segundo Rogers (2001), em 1900 apenas um décimo da população vivia em cidades. Hoje, pela primeira vez na história, as projeções indicam que metade de toda a população mundial já habita os centros urbanos e, num prazo de trinta anos, essa proporção poderá atingir até três quartos dos habitantes do planeta. Assim, do ponto de vista urbano, uma das grandes metas para o século XXI, será o de organizar a expansão e o crescimento das cidades, que precisarão criar ou adequar sua infraestrutura para absorver a ocupação humana e, ao mesmo tempo, diminuir os efeitos dos impactos provocados no ambiente natural.

Para auxiliar neste processo se pretende adotar as bacias hidrográficas como referência desde a fase inicial do planejamento urbano e a compreensão, portanto, do conjunto bacia hidrográfica e urbanização passa a ser fundamental para que se tenha o melhor conjunto de informações e dados para a tomada de decisão, quanto à expansão urbana. Por exemplo, as infraestruturas urbanas são produto de ação antrópica, variam de acordo com a densidade urbana e têm influência direta sobre a taxa de impermeabilização. Esta, por sua vez, influencia o funcionamento do ciclo hidrológico das bacias, que passam a ter o seu regime de escoamento de águas alterado, provocando inundações em áreas, antes não alagáveis. Isto deixa clara a necessidade de se integrar os ambientes naturais e construídos, tendo em vista que as ações sobre estes ambientes apresentam conseqüências recíprocas.

O desafio desta integração é grande, porém sua prática se mostra pertinente, atual e possibilita a mitigação dos impactos da expansão urbana sobre a bacia, bem como da resposta da bacia sobre o ambiente urbano. Dessa forma, ao se adotarem as bacias hidrográficas no momento do planejamento estão sendo criados meios para o desenvolvimento sustentado das cidades.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Adotar as bacias hidrográficas como unidade de referência para o planejamento urbano, correlacionando os aspectos urbanos e legais para este fim.

1.1.2 Específicos

Os Objetivos específicos deste trabalho são:

- Apresentar revisão bibliográfica e estudo de caso para que os profissionais que lidam com planejamento e projeto em escala urbana possam fazer uso, de maneira técnica e prática, das bacias hidrográficas como referência.
- Conceituar tecnicamente as bacias hidrográficas para a possibilidade de adotá-las na composição espacial e física, por aproximações sucessivas, da área de estudo.
- Desenvolver dois estudos de caso, um tendo uma bacia hidrográfica com características próximas às naturais, ou seja, pouco alterada pela ação antrópica e outro tendo uma bacia hidrográfica já urbanizada e que precise de ações mitigatórias, após a urbanização, para o restabelecimento das condições hidrológicas próximas adequadas.
- Associar a escala conveniente da bacia hidrográfica, da cidade, ou bairros nela instalados, para que os sistemas urbanos funcionem como parte integrante do sistema da bacia desde o momento do planejamento.

- Fazer uso, sempre que possível, da legislação vigente e seus instrumentos para justificar e correlacionar as bacias hidrográficas como referência para análise do território e suporte ao planejamento.

1.2 Hipótese

A hipótese se baseia na demonstração de que é possível conduzir o planejamento urbano e a expansão das cidades de maneira articulada com o funcionamento das bacias e sub-bacias hidrográficas. Neste caso as bacias funcionam como referência para o planejamento da expansão do ambiente construído sobre o natural, colocando o meio natural em posição central na tomada de decisão.

1.3 Motivação

Como as cidades sofrem com enchentes, mas são elas próprias a causa do agravamento e das consequências desse processo natural pretendeu-se meios para a quebra deste ciclo histórico de degradação, pela utilização da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento e controle de expansão dos núcleos urbanos.

Por se tratar de mestrado profissional em Engenharia Urbana, o tema em voga permitiu a adoção de escala que permitiu uma análise espacial de caráter urbano, sistêmico e possível de ser reaplicada.

O cenário econômico, social, ambiental e tecnológico favoráveis em que o Brasil se encontra também motivou a escolha do estudo e desenvolvimento da proposta de trabalho.

1.4 Metodologia Geral

Para a realização deste trabalho foi adotado um procedimento metodológico baseado nas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica, buscando uma sustentação teórica para o trabalho;
- Defesa das bacias hidrográficas como sistemas naturais por meio da exploração da definição e características qualitativas e quantitativas das bacias hidrográficas;
- Defesa das cidades como sistemas construídos por meio da apresentação e articulação dos subsistemas urbanos que tem relação direta com o funcionamento natural da bacia hidrográfica;
- Utilização de legislação vigente como reforço e justificativa da hipótese de trabalho.
- Elaboração de dois estudos de caso, que mostrem como adotar a bacia hidrográfica após a escolha do território, tanto para locais situados em uma bacia com características próximas às naturais, como para locais estejam situados sobre uma bacia hidrográfica já urbanizada e que precise de ações mitigatórias, para o restabelecimento das condições hidrológicas mais próximas às adequadas.

Esta dissertação, contudo, não pretende a apresentar uma proposta de modelo de gerenciamento de recursos hídricos e nem detalhar o projeto e técnicas necessárias para o restabelecimento das condições hidrológicas de uma bacia hidrográfica. Pretende sim, a apresentação de diretrizes e procedimento de suporte à análise do território, sob a ótica do funcionamento das bacias hidrográficas com suporte de mapas temáticos mapas temáticos que auxiliem na correlação dos diferentes vários elementos de avaliação permitindo levantar potenciais e restrições à urbanização.

1.5 Organização da Dissertação

A estrutura está dividida em cinco capítulos de forma que o primeiro apresenta a introdução, o objetivo geral e específico e a hipótese com suas etapas metodológicas e organização da dissertação para que se alcançassem os objetivos.

O capítulo II fará uma breve introdução sobre cidades e a sua relação com a urbanização e o meio ambiente até o século XXI. Serão apresentadas definições e conceitos de cidade de autores como Ferrari (1991) e Benévolo (2005). Em sua conclusão trará uma abordagem sistêmica sobre a conceituação e funções das cidades para o século XXI.

A partir do capítulo III será dado início efetivamente ao desenvolvimento da hipótese deste trabalho: uma visão que integre cidades e bacias hidrográficas com vistas ao desenvolvimento sustentado. Este capítulo será iniciado com uma breve explicação sobre a proposta de integração de bacias e cidades e será composto por três itens, sendo o primeiro a caracterização das bacias como sistemas naturais, o segundo a caracterização das cidades como sistemas construídos e o terceiro item deste capítulo trará fragmentos da legislação vigente, que tem relação com o tema e servirão de suporte para o desenvolvimento e escolha dos estudos de caso.

O capítulo IV apresentará toda a problemática por meio de dois estudos de caso. Um tratando de uma bacia natural, sendo escolhida a bacia de Sepetiba com foco no município de Seropédica, onde, atualmente, existe um núcleo urbano pouco desenvolvido, mas que terá um crescimento acelerado, por conta de fatores externos. O outro estudo será o de uma bacia densamente urbanizada, sendo adotada a Bacia do Canal do Mangue com recorte para a Bacia do Rio Joana. Para ambos os estudos deste quarto capítulo, serão utilizados mapas como ferramentas de análise do território que permitirão as diferentes abordagens, de acordo com aquilo que for demandado pelas bacias dos estudos de caso. A partir daí, serão reconhecidos os potenciais e conflitos para cada bacia e trecho de análise.

O último capítulo trará as considerações finais acerca dos itens abordados nesta dissertação.

2 Cidades - Antecedentes

Pesquisas históricas relatam que os primeiros embriões de cidades foram aglomerações sedentárias, que tinham alguma densidade populacional e que possuíam processos técnicos, que permitiram aos agricultores produzirem mais do que eles necessitavam para subsistir.

As especializações subseqüentes apareceram como uma nova marca da existência das cidades, que passam a ganhar diversidade com a valorização técnica e se consolidam como centros de manufatura, armazenagem e troca, permitindo também o aperfeiçoamento da arte militar.

E, exatamente neste momento, com o excedente e a especialização, que os sistemas de repartição e distribuição do produto foram sendo introduzidos e cada vez mais fixando o local da residência daqueles proprietários rurais que não precisavam mais estar fixados no lugar da produção agrícola.

Assim o início da separação entre campo e cidade, ia se concretizando e iniciando a separação e consolidação do que passou a ser reconhecido como rural e urbano.

Ferrari (1991) ao discutir o conceito de cidades, inicia a sua abordagem questionando e explicitando as diferenças entre o urbano e o rural, por meio de critérios para separar e definir estes dois universos levando em consideração:

- A população e demografia;
- Organização político-administrativa;
- As atividades econômicas e população ativa;
- A densidade demográfica;
- Renda média per capita;
- Equipamentos e serviços públicos;
- Aspectos Geográficos;
- Aspectos Sociais.

Ferrari (2001), na continuidade de sua abordagem define a cidade como espaço contínuo, ocupado por um aglomerado humano considerável, denso e permanente, cuja evolução e estrutura (física, social e econômica) são determinadas pelo meio físico, desenvolvimento tecnológico e modo de produção do período histórico considerado e cujos habitantes têm status Urbano.

O conceito de Benévolo (2005) complementa o conceito descrito definindo a cidade como o local de estabelecimento aparelhado, diferenciado e ao mesmo tempo privilegiado, sede da autoridade, que nasce da aldeia, mas não é apenas uma aldeia que cresceu.

Rogers (2001), neste sentido, destaca que quase todas as grandes cidades já foram pequenas e quase todas as pequenas cidades já foram vilas. E, que quanto maior a comunidade, maior a perda de sua coesão social.

Assim é importante entender que existem os mais diferentes tipos e definições de cidades e que elas como fenômeno urbano passaram por uma série de modificações em sua estrutura no decorrer do tempo. Pode-se dizer, contudo, que ao longo da história da humanidade, apesar da divisão formal entre urbano e rural, sempre houve uma forte ligação entre as cidades e os cursos d'água sendo estes, em alguns casos, determinantes para a própria existência das cidades. Carneiro e Miguez (2001) exemplificam:

(...) grande parte das primeiras cidades da Antiguidade cresceu em áreas associadas aos rios, em função da necessidade de água para abastecimento, de terras férteis de irrigação para a produção de alimentos excedentes para abastecê-las, da possibilidade de utilizar o rio em rotas comerciais e também pela proteção conferida pelo rio como barreira natural. Destacam-se como cidades marcantes deste período: Babilônia (posteriormente Bagdá, banhada pelos rios Tigres e Eufrates), Mênfis (posteriormente Cairo, banhada pelo rio Nilo), Harapa (na bacia do rio Indu) e Roma (nascida junto ao rio Tibre).

Neste sentido, a proximidade entre rios e aglomerações urbanas muitas vezes se apresentava como fator de desenvolvimento, pois os cursos d'água proviam água de abastecimento e funcionava como via natural de comunicação e transporte, facilitando o comércio, elemento motor da urbanização e expansão, além de ser fonte de energia para a indústria incipiente com o perfil rural e urbano se confundindo.

A dicotomia rural/urbano começa a deixar de existir, entretanto, no momento em que as práticas, antes restritas ao meio urbano, passam a ser observadas nos espaços rurais. Na verdade alguns espaços urbanos começam a funcionar como uma extensão do rural em que não se observa a distinção entre um espaço e outro o que segundo Castells (1973) caracteriza como:

(...) trata-se de um novo sistema de organização social, mas que não é separado do rural, nem posterior a ele, porque eles são estreitamente ligados no seio do processo de produção de formas sociais, mesmo se, do ponto de vista dessas formas, se esteja em presença de duas situações diferentes.

A partir do século XVIII, com a atividade industrial suplantando a atividade rural e comercial como fator de urbanização, o cenário mais uma vez se modificou. O fortalecimento do perfil rural para o urbano industrial se inicia nesta fase. A revolução Industrial, considerada como o intervalo de tempo entre o último terço do século XVIII e o final do século XX, aumentou a velocidade da urbanização, que passou a intervir fortemente no meio natural, descrito de forma clara por Carneiro e Miguez (2011):

(...) avanços tecnológicos significativos alavancaram o crescimento das cidades. Maquinas das mais diversas permitiram aumentar a produção, de uma forma geral. A construção civil também avançou, ficando mais fácil realizar grandes construções. As redes de energia também foram fundamentais, com o gás e eletrificação se difundindo. O motor a vapor e, depois, o motor a combustão, geraram uma revolução nos transportes. Foi possível ligar áreas afastadas, de subúrbios, ao centro da cidade, através de linhas de transporte

coletivos a princípio sobre trilhos. Cidades expandiram-se no espaço ganhando a forma de “estrelas”, alongando-se junto às linhas principais de transporte.

E, no decorrer do século XX novas cidades foram sendo construídas algumas de forma planejada e outras espontaneamente. Por conta da expansão caótica, muitas se transformaram em regiões problemáticas com os efeitos das transformações sucessivas, aparecendo combinados na paisagem do século XXI. Por exemplo, Londres, sob muitos aspectos, ainda é uma combinação de Vilas em um grande Centro, o oposto de Los Angeles que pela sua grande expansão e setores definidos, já foi chamada de Cidade de Lugar nenhum.

Nos países periféricos, o efeito foi ainda mais drástico, pois a industrialização ocorreu de forma tardia oposta ao processo de urbanização que, paradoxalmente, aconteceu de forma acelerada aumentando rapidamente o contingente urbano e dificultando a elaboração de um planejamento adequado, que permitisse a criação de uma paisagem urbana planejada, projetada, funcional e guiada por planos diretores. Carneiro e Miguez (2011) expressam:

Quando a urbanização não é adequadamente planejada, mais severas e críticas são as consequências deste processo, podendo gerar grandes perdas materiais e problemas sociais de diversas magnitudes. Em países em desenvolvimento como o Brasil, verifica-se, em geral, o crescimento das cidades de forma mais espontânea e menos ordenada, sem vinculação a um Plano Diretor Urbano. A cidade cresce e firma – se como polo de atração, recebendo uma população migrante, com ilusão de melhores condições de vida, mas que invariavelmente, acaba por aumentar uma massa periférica e empobrecida que se concentra em moradias precárias, em áreas críticas, geralmente de encostas ou ribeirinhas a rios e córregos, destituídas de infraestrutura e saneamento.

Na evolução do comportamento humano, desde os primeiros caçadores e coletores até os fazendeiros, e por fim, os cidadãos, as cidades acabaram por representar uma especialização das funções humanas (TICKELL, 2001). Mas cresceram e se

transformaram em estruturas tão complexas de administrar, que é difícil se lembrar de que elas primeiro existiram para satisfazer as necessidades humanas e sociais das comunidades (ROGERS, 2001).

A cidade é, pois, um produto da história, que possui um traço físico, uma estrutura formal, com engrenagens econômicas que determinam o seu ritmo de desenvolvimento, dependendo de fatores tecnológicos, mas que fundamentalmente tem uma “alma”, que é o resultado das interações sociais (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011). Configuram-se como o habitat do ser humano e não deixarão de ser, de existir ou de expandir. Seu crescimento vem sendo, entretanto, responsável por alterações ambientais, que acabam por degradar a elas próprias e deixando como reflexo as grandes alterações, também, no ambiente natural. Rogers (2001) entende como uma ironia as cidades, se caracterizarem como o maior agente destruidor do ecossistema e a maior ameaça para a sobrevivência da humanidade no planeta, sendo ela o habitat da humanidade.

Para se discutir as cidades no século XXI pretendem-se adotar a integração entre o ambiente natural e o ambiente construído, partindo do princípio de que as ações sobre o meio natural refletem diretamente sobre o meio construído e vice-versa. Segundo Carneiro e Miguez (2001) são fundamentais juntarem as questões físico-territoriais e ambientais com as questões socioeconômicas e administrativas, passando pelas esferas municipal, regional ou metropolitana, quando for o caso.

Assim, o que se deseja para os próximos séculos, não é mais a separação conceitual, formal e setorializada dos ambientes natural e construído, mas sim um novo olhar. E, que através deste olhar, as cidades possam ser entendidas como um conjunto de sistemas integrados que funcionem como um organismo dinâmico inserido em um sistema natural maior, de maneira oposta à lógica original da separação do que é urbano e do que é rural. É preciso ter em mente que nenhum planejamento urbano pode realmente lograr resultados positivos e duradouros se não for integrado.

3 Uma visão sistêmica, multidisciplinar e integradora de cidades, bacias hidrográficas e legislação.

No momento da expansão urbana, por vezes, não se dimensionam os impactos provocados pela substituição da vegetação para a construção de sistemas urbanos, necessários para o funcionamento e composição de uma cidade.

É possível dizer que a urbanização é uma tendência inexorável. A população urbana tem aumentado significativamente nos últimos dois séculos e segundo Rogers (2001), as projeções indicam que metade de toda a população mundial já habita os centros urbanos e, num prazo de trinta anos, essa proporção poderá atingir até três quartos dos habitantes do planeta. As consequências deste processo produzem grandes modificações no ambiente natural. O processo de ocupação urbana provoca situações significativas no equilíbrio original, modificando o balanço hídrico e a infiltração, por conta da impermeabilização do solo. Isso aumenta o volume e velocidade dos escoamentos superficiais das águas, provocando alagamentos em áreas antes não alagáveis e aumentando ou mesmo adiantando o pico de uma cheia. Segundo Carneiro e Miguez (2011):

(...) as inundações urbanas derivam das cheias naturais, mas agravam este processo, que vão desde problemas localizados de microdrenagem, inundando ruas e afetando pedestres e tráfego urbano, até a inundação de grande parte da cidade, quando ambos os sistemas de micro e macrodrenagem não conseguem realizar as suas funções básicas.

Desta forma a urbanização se apresenta como, das ações antrópicas, a que possivelmente gera maior impacto direto sobre o funcionamento das bacias. Esta alteração é tamanha que hoje existe a hidrologia urbana que estuda as características dos ambientes fortemente urbanizados. Como as cidades são o *habitat* humano, e não deixarão de ser, é preciso discutir os novos modelos de urbanização que levem em consideração os elementos técnicos, sociais e naturais.

Uma proposta de solução para minimizar estes impactos é a relevância do meio ambiente natural para a expansão do meio ambiente construído. Por isso ao se adotar a visão holística consegue-se resolver uma série de efeitos da urbanização sobre as bacias e das bacias sobre a urbanização, tendo em vista que estes sistemas possuem efeitos recíprocos.

As bacias, sistemas naturais sobre as quais estão as construções, possuem uma dinâmica natural que antecede a criação deste ambiente construído. Elas possuem características bem definidas e respondem à inserção da variável urbana com a alteração do padrão de funcionamento do seu ciclo hidrológico natural. Segundo, Carneiro e Miguez (2011), é importante reconhecer que a cidade pode gerar alterações no padrão de escoamento e de conservação ambiental, não só dentro das áreas diretamente urbanizadas, mas também sobre toda a bacia, como um sistema, podendo afetar áreas a jusante e seus arredores. Por isso as bacias podem ser utilizadas para direcionar o crescimento das cidades, da localização dos equipamentos urbanos e comunitários. As bacias hidrográficas serão, portanto, primeiramente, definidas enquanto sistemas naturais. Logo em seguida, se discutirão as cidades como sistemas construídos, dando destaque para as densidades urbanas e para os elementos de infraestrutura que mais contribuem para a impermeabilização dos solos. Por fim, a abordagem será sobre a legislação relacionada à bacias hidrográficas, meio ambiente e cidades.

Por meio da teoria aplicada aos estudos de caso acredita-se conseguir propor um processo integrado e interdisciplinar para o planejamento urbano para que os vetores de crescimento urbano sejam direcionados em função dos limites dados pelo ambiente natural, mas ao mesmo tempo respondendo às necessidades de infraestrutura da população. Este capítulo, portanto, busca a apresentação e defesa do uso das bacias hidrográficas como sistema natural, que pode ser adotado para o planejamento. O capítulo trará, por fim, fragmentos da legislação vigente compilados em um quadro síntese, que relaciona o que está descrito na lei e a hipótese de trabalho. Isso será o suporte para o uso das bacias como elemento de projeto, tendo em vista a relação de pertinência da bacia ao mesmo tempo do ambiente natural e construído.

3.1 Bacias Hidrográficas como sistemas naturais de referência para o planejamento urbano

No início da urbanização pressupunha-se que a natureza se adaptava às necessidades humanas indefinidamente e, que os recursos naturais eram inesgotáveis. Com esse pensamento a humanidade promoveu seu desenvolvimento por séculos consumindo, degradando, poluindo e alterando a natureza, sem nenhum tipo de preocupação.

Para o desenvolvimento e expansão das cidades no século XXI, no entanto, a natureza precisa estar incluída nas fases do planejamento, não como um elemento cênico e inesgotável, mas funcionando como sistema natural de referência, com recursos finitos e tendo as bacias hidrográficas, como protagonistas neste processo. A abordagem de conceitos técnicos sobre as bacias hidrográficas é fundamental, pois entendendo o funcionamento, suas características e os elementos que compõem estes sistemas naturais fica mais lógica e simples a adoção do referencial bacia hidrográfica no momento do planejamento urbano.

O limite superior ou topográfico de uma bacia são seus divisores de águas sendo seu limite inferior a própria saída da bacia denominada de exutório, que funciona como seção de controle e é um local de interesse por onde toda a água captada é drenada. A bacia é composta, ainda, por seus talvegues formadores através dos quais escoam os rios e seus principais contribuintes, como pode ser observado na Figura 01.

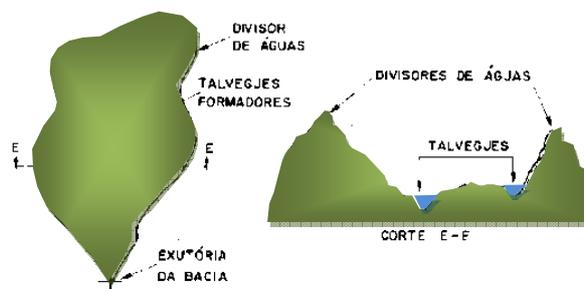


Figura 01: Corte e planta de um esquema de bacia hidrográfica e seus elementos constituintes

Fonte: Elaborado pela autora

Cada elemento da bacia (rio, vertente) pode ser entendido como um sistema em si e fazendo parte de um sistema maior que é o sistema hidrográfico, cujos componentes para serem configurados como sistema, segundo Christofelleti (1999), precisam ser delimitados e localizados na superfície terrestre, e serem referenciados por sua escala.

A escolha da escala a ser trabalhada é de extrema importância. Harvey (1996) afirma que definir escalas de intervenção é um grande desafio, uma vez que se pode ter influência em todas as escalas a partir de uma visão holística. Neste sentido a bacia hidrográfica, quando adotada como limite de intervenção e análise, permite a integração entre os componentes sociais, ambientais e de infraestrutura, uma vez que sua escala varia, pela existência das sub-bacias. Para um estudo de caráter regional e geográfico, é importante se pensar no recorte espacial a ser utilizado delimitando a unidade que servirá como padrão para análise do objeto. A possibilidade de manipulação das diferentes escalas é uma das vantagens da adoção da bacia hidrográfica como referência.

Se um pesquisador, por exemplo, estudar uma microbacia, seu objeto será um canal e suas variáveis a largura, profundidade e comprimento. Já se o estudo for para uma análise regional será adotada uma macrobacia de referência tornando-se mais relevante escolher como objeto as características da rede de drenagem, cujas variáveis serão sua área, perímetro, forma densidade de drenagem.

Deve-se destacar que por décadas as bacias foram desconsideradas, mas ultimamente têm ganhado importância renovada com a proeminência das preocupações ambientais e dos impactos negativos das atividades antrópicas que se difundem pelo fluxo das águas sob a forma de poluição ou com as consequências das enchentes que degradam o ambiente urbano construído. Sua indivisibilidade, enquanto sistema, e mais recentemente, a preocupação com a gestão e controle do uso dos recursos hídricos, recolocam neste século, as bacias no centro do planejamento.

Ao se pensar em bacias hidrográficas sua associação a corpos d'água é direta, sejam estes corpos uma represa, canal ou curso d'água. É importante, contudo, associá-la, também, como unidade fundamental para recursos múltiplos:

Unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação de recursos múltiplos, onde a água, a madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e os serviços ambientais podem ser mantidos para atender às necessidades da crescente população mundial. (MOULD, 1980; FAO, 1991; BROOKS et al., 1991 apud LIMA, 2008).

Pinto e Pinheiro (2006) reforçam a afirmativa definindo bacias hidrográficas como unidades ambientais nas quais se podem observar as relações existentes entre os diversos recursos - principalmente os hídricos - e os demais elementos que compõem uma determinada área da superfície terrestre.

O reagrupamento de uma bacia hidrográfica de maior ordem em suas sub-bacias permite alterar a análise de transformação de condições difusas de problemas ambientais em condições pontuais, facilitando a identificação, controle e mesmo as prioridades para atenuação ou mitigação dos impactos ambientais.

Os mesmos conceitos aplicados às bacias hidrográficas também se aplicam às sub-bacias, que são unidades menores, subáreas ou bacias tributárias com as mesmas características das bacias maiores da qual, normalmente, fazem parte. A abordagem para este parcelamento ou divisão pode ser desde parâmetros físicos, até ecológicos. Segundo SOUZA & FERNANDES (2000):

[...] cada bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia.

[...] as sub-bacias de menor grau hierárquico se inserem, em sua maior parte, dentro dos territórios municipais, são facilitadoras da identificação e análise de focos de degradação de recursos naturais possibilitando a priorização de medidas atenuadoras.

[...] conceito de bacia hidrográfica municipal, quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem até a sua foz) está totalmente inserida dentro do território do município. Assim, podem-se determinar, com razoável consistência, prioridades nas intervenções técnicas para correção e mitigação de impactos ambientais negativos que ocorram nestas bacias hidrográficas.

[...] com a estratificação do território municipal nos componentes sócio-fisiográficos (sub-bacias) têm-se a unidade celular política (município) e as unidades celulares fisiográficas (sub-bacias hidrográficas).

O conceito pode ser retratado na figura 02:

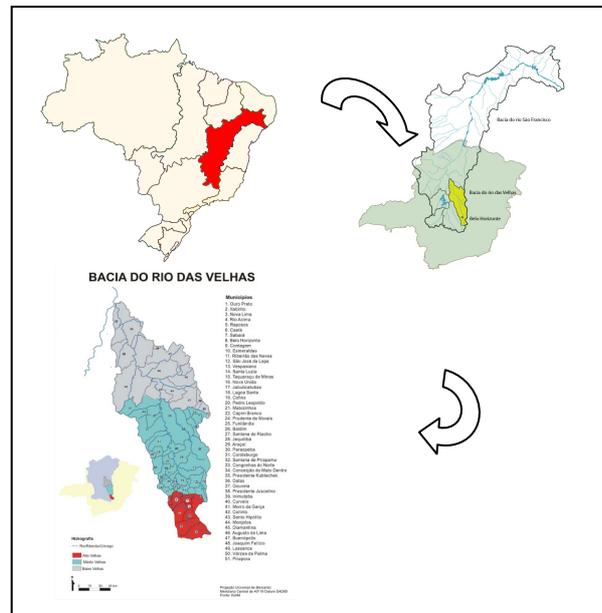


Figura 02: Associação de bacias e sub-bacias hidrográficas

Fonte: Elaborado pela autora

Legalmente a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, adota a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Entretanto ela, ainda não é a unidade escalar adotada pela maioria do Poder Público.

Uma bacia hidrográfica, suas sub-bacias juntamente com os corpos hídricos e o ciclo hidrológico dependem diretamente das condições geográficas e climáticas da região onde estão localizados. Entende-se por ciclo hidrológico o processo complexo, contínuo e fechado de movimentação e transformação das águas em seus três estados físicos dentro das camadas principais do planeta, representado pela figura 03:

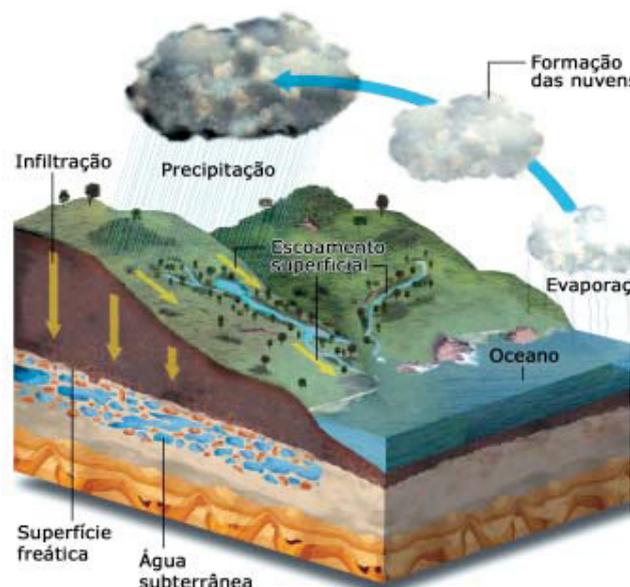


Figura 03: Representação do ciclo hidrológico

Fonte: Pinto e pinheiro (2006)

O ciclo depende, também, das características morfométricas e do caráter natural ou urbanizado da bacia. São importantes que sejam estabelecidos os efeitos dos impactos do meio urbano sobre o meio-ambiente hidrológico e para isto é necessário uma abordagem que envolva aspectos multidisciplinares conectados desde o momento da concepção da expansão dos espaços urbanos.

Cada vez mais a visão exclusivamente mecânica da circulação das águas no espaço urbano passa a ser deixada de lado sendo necessário o entendimento das relações, conflitantes, entre a cidade e o ciclo hidrológico.

3.1.1 Bacias e sub-bacias naturais, parcialmente urbanizadas e urbanizadas

As bacias podem assumir desde um caráter natural até um caráter urbano. As bacias com caráter natural são bacias, onde praticamente não houve impacto da urbanização e as características naturais da região foram mantidas. Ela também dispõe, geralmente, de cobertura vegetal que é tanto maior quanto menor o seu grau de ocupação. Nesse caso a planície de inundação do curso d'água, não foi ocupada pela população humana e possuem bosques protegendo o escoamento das encostas, vegetação ciliar protegendo o as margens dos rios, a infiltração recarregando os lençóis e gerando a vazão de base.

O ciclo hidrológico está preservado e, quando a chuva ocorre, uma parcela é interceptada pela vegetação ou retida nas depressões da superfície, outra parte da chuva infiltra no solo e a restante esco superficialmente pelo terreno, em direção aos corpos hídricos e áreas mais baixas, como observado na figura 04.

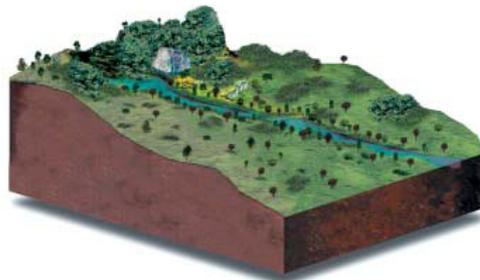


Figura 04: Representação de Bacias Naturais

Fonte: Pinto e pinheiro (2006)

A bacia hidrográfica municipal da cidade de Melbourne, na Austrália, segundo Lima (2008), possui uma floresta, que a cobre integralmente e é correspondente a uma área de cerca de 1.200 ha, mantida intacta, com o propósito de produção de água de boa qualidade para o abastecimento público. Essa configuração natural é harmônica e equilibrada, diferente do que ocorre em bacias urbanizadas.

Já uma bacia parcialmente urbanizada se caracteriza pela ocupação urbana ao longo do curso d'água, que se inicia, geralmente, nas partes baixas da bacia, para então partir em direção às encostas. Nesses casos, a cidade convive com uma parcela reduzida da chuva que escoar sobre o terreno, mas ainda existe a parcela que infiltra e é retida por conta da preservação de parte da cobertura vegetal e das características naturais do solo, representado pela figura 05.



Figura 05: Representação de Bacias parcialmente urbanizadas

Fonte: Pinto e pinheiro (2006)

As bacias urbanizadas possuem sua ocupação consolidada atingindo até mesmo as margens, planícies de inundação e a calha do rio, tendo como reflexo um círculo de baixa qualidade de vida da população, do ambiente urbano e do ambiente natural. Dependendo da alteração da dinâmica natural da bacia, os problemas de enchentes, como relatam Carneiro e Miguez (2011) podem levar a prejuízos materiais aos edifícios e seus conteúdos, à infraestrutura urbana, à necessidade de realocação das pessoas, à proliferação de doenças de veiculação hídrica, à deterioração da qualidade das águas, entre outras.

Por isso ao se urbanizar uma bacia, deve-se considerar os impactos da urbanização sobre o funcionamento natural e procurar planejar a ocupação dentro das possibilidades de expansão da bacia natural. Na figura 06 pode-se observar um exemplo de bacia urbanizada.



Figura 06: Representação de Bacias Urbanizadas

Fonte: Pinto e pinheiro (2006)

Geralmente a ocupação urbana desordenada avança sobre áreas sem condições mínimas de habitação e sujeitas a enchentes naturais. Neste caso a perda econômica passa a ser frequente. As mudanças significativas no ciclo hidrológico da bacia são o resultado da ocupação desordenada e as bacias passam a ser estudadas segundo as leis da hidrologia urbana. Neste caso a parcela do escoamento superficial da água da chuva é aumentada, tendo as inundações inclusive de áreas, onde não existiam problemas de alagamentos, como consequência.

Os elementos de uma bacia ou sub-bacia, funcionam de maneira associada fazendo parte de um único sistema hídrico e as alterações feitas em qualquer de seus componentes refletem no sistema de uma forma geral. São nestes sistemas naturais que uma ou mais cidades estão implantadas. É importante lembrar que a área de abrangência da cidade, na maioria das vezes, não coincide com os limites de uma bacia. É importante, entretanto, que o território para onde avance a expansão urbana seja avaliado levando em consideração o município, a bacia sobre a qual ele está inserido, e a macrobacia associada, pois as ações antrópicas envolvem estas esferas.

Ao se adotar bacias hidrográficas como referência ao invés dos limites físicos da cidade, elas viraram o ponto de partida para a análise da expansão urbana. É importante frisar que, para uma regionalização centrada na organização do espaço a partir da rede de cidades, a utilização de bacias apresenta dificuldades, uma vez que raramente coincidem com áreas urbanas.

3.1.2 Caracterização de Bacias e sub-bacias Hidrográficas

Caracterizar o funcionamento das bacias permitirá a criação de parâmetros para o cruzamento entre bacias e urbanização. Por isso serão explicitadas algumas características físicas das bacias que permitem quantificar o potencial da bacia em sofrer com enchentes, são as chamadas Características Morfométricas, aqui divididas em características geométricas e características da rede de drenagem.

3.1.2.1 Características Geométricas

a) Área da Bacia Hidrográfica

Corresponde à área limitada pelos divisores de água, conectando-se na seção de controle. A área é um dos elementos mais importantes da Bacia Hidrográfica, pois é básica para quantificação de todos os parâmetros e grandezas hidrológicas.

Existem dois tipos de divisores: o topográfico e o geológico ou freático. O primeiro diz respeito à linha que une os pontos mais elevados do relevo determinando o sentido de fluxo da rede de drenagem e a própria área de captação da bacia hidrográfica. O segundo, os pontos mais elevados do aquífero este divisor varia ao longo do ano em função das estações. Normalmente, não há coincidência entre os dois divisores, prevalecendo, quase sempre, o topográfico, por ser fixo e de mais fácil identificação como apresentado na figura 07.

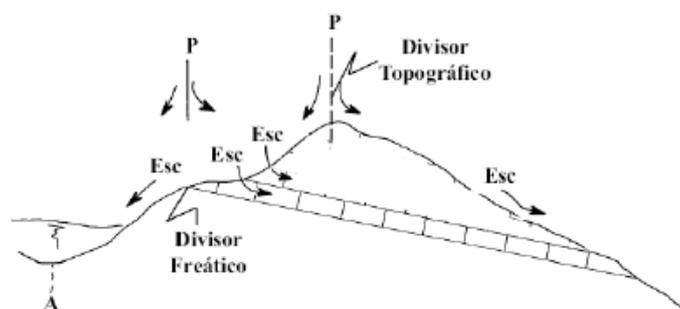


Figura 07: Exemplo de divisor topográfico e freático, que não coincidem.

Fonte: Elaborado pela autora

b) Coeficiente de Compacidade – (kc)

É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência (perímetro) de um círculo de área igual à da bacia, sendo, portanto, adimensional e, por meio de manipulação matemática, pode-se chegar à seguinte expressão:

(1)

$$k_c = \frac{P_{BH}}{\frac{2 \cdot \pi}{\sqrt{\pi}} \cdot \sqrt{A_{BH}}} = 0,28 \cdot \frac{P_{BH}}{\sqrt{A_{BH}}}$$

Onde:

P_{BH} - É o perímetro da Bacia Hidrográfica (km)

A_{BH} - Área da Bacia Hidrográfica (km²)

Observa-se que quanto mais próximo de um círculo uma bacia se assemelhar, como mostra a figura 08, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias. Isto ocorre porque há conversão do escoamento superficial, ao mesmo tempo, para quase toda a bacia, convergindo para o trecho final do rio, havendo grande concentração de escoamentos. E por isto este coeficiente pode ser indutor dos vetores de crescimento da urbanização.

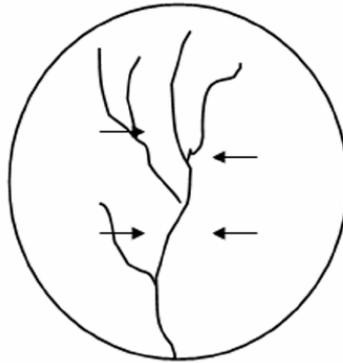


Figura 08: Representação circular da distribuição do fluxo superficial em bacias circulares
Fonte: Elaborado pela autora

Nas bacias mais próximas a uma elipse, figura 09, o fluxo é mais distribuído ao longo de todo o canal principal tendendo a produzir cheias de menor vulto.

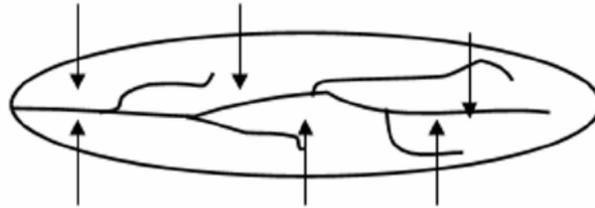


Figura 09: Representação da distribuição do fluxo superficial em bacias elipsoidal

Fonte: Elaborado pela autora

Conclui – se que quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a bacia se assemelhará a um círculo e quantitativamente podem-se interpretar seus valores da seguinte forma:

- 1,00 – 1,25 = bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- 1,25 – 1,50 = bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- 1,50 = bacia com menor propensão a grandes enchentes.

Esta análise é importante ao se avaliar os vetores de crescimento urbano e suas consequências sobre as respostas da bacia, bem como norteador de possíveis intervenções.

c) Fator de forma – kf (ou Índice de Gravelius)

É uma característica importante na análise do comportamento de uma determinada bacia com relação à ocorrência de picos elevados de cheia e expressa a relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial. Assim, tem-se:

(2)

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L_{ax}} \quad \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

Onde:

L - largura média

L_{ax} - o comprimento axial da bacia.

A forma de obtenção deste índice está representada na Figura 10, em que um polígono é construído contornando a bacia e a partir das dimensões das larguras ao longo do polígono, é calculada uma média dos valores das larguras.

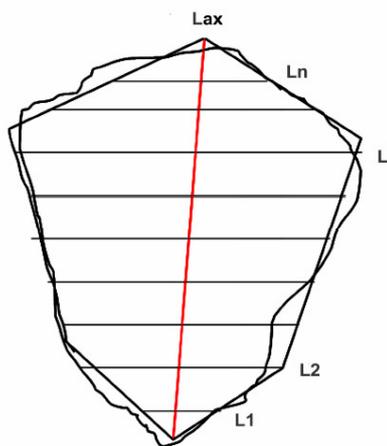


Figura 10: Representação das diferentes larguras até o polígono envolvente da bacia.

Fonte: Elaborado pela autora

O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75 = sujeito a enchentes;
- 0,75 – 0,50 = tendência mediana;
- < 0,50 = menor tendência a enchentes.

A interpretação destes resultados guarda uma analogia com o coeficiente de compacidade. Aqui, quanto mais à bacia se aproximar da forma quadrada, maiores serão as chances de grandes enchentes.

O formato superficial da bacia hidrográfica é importante pela influência que exerce no tempo de transformação da chuva em escoamento e como este é contabilizado em sua seção de controle. A geometria da bacia influencia no formato do hidrograma de cheias e determina um comportamento diferenciado nos hidrogramas.

Ao se considerar três bacias com a mesma área de drenagem, como na figura 11, sendo uma com configuração arredondada, outra alongada e a terceira, com formato intermediário, verifica-se, que para chuvas de igual tempo de duração e intensidade, os hidrogramas gerados na seção principal, terão desenhos distintos, com vazões máximas e tempos de escoamento diferentes (SEMADS - 2001).

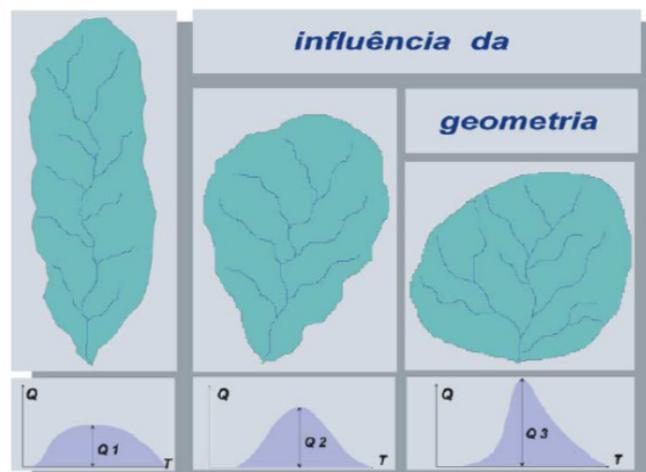


Figura 11: Relação entre forma e hidrogramas de enchente

Fonte: SEMADS (2001)

d) Índice de conformação – (Ic)

Representa a relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia. Este índice pode ser matematicamente expresso por:

(3)

$$Ic = \frac{A_{BH}}{L_{ax}^2}$$

Onde:

A_{BH} : área da Bacia Hidrográfica (km²)

L_{ax} , o comprimento axial da bacia (Km)

Este índice também expressa a capacidade da bacia em gerar enchentes. Quanto mais próximo de 1, maior a propensão à enchentes, pois a bacia fica cada vez mais próxima de um quadrado e com maior concentração do fluxo. No entanto, pode assumir valores acima e abaixo de 1. Se a bacia possuir a forma de um retângulo, por exemplo, e o comprimento axial for correspondente ao menor lado deste retângulo, o índice poderá ser menor que 1. Se esta mesma bacia apresentar comprimento axial no sentido do maior lado, o índice poderá ser acima de 1.

Observa-se que quanto maior o número de larguras e quanto mais próximo o polígono que envolve a bacia se aproximar do formato desta, mais próximos serão o fator de forma e o índice de conformação.

3.1.2.2 Características da Rede de Drenagem

a) Declividade e Altitude da bacia

Quanto maiores as diferenças de altitude entre as cabeceiras e a seção de desembocadura de um curso d'água, mais intenso serão o regime de escoamentos das águas da chuva e maior o risco da formação rápida de hidrogramas de enchente de curta duração.

A declividade do curso d'água é um parâmetro que influencia diretamente na velocidade do escoamento da água e, conseqüentemente, no seu tempo de concentração. Quanto maior a declividade, maior a velocidade de escoamento. Uma

forma simples de se quantificar o valor aproximado da declividade de um curso de água entre dois pontos é:

(4)

$$S_1 (\%) = \frac{h_1}{L} \cdot 100$$

Onde:

h1: diferença de suas cotas extremas

L: extensão horizontal

A declividade dos terrenos da bacia tem uma relação importante com a infiltração, com o escoamento superficial, com a umidade do solo e com a contribuição de água subterrânea ao escoamento do curso de água. Segundo SEMADS (2000):

O relevo depende das mutações geológicas e morfológicas ao longo dos anos e define o caminho natural do escoamento das águas de chuva. É um agente fundamental na concentração e na velocidade de propagação dos hidrogramas parciais de enchente que se formam em cada curso de água. Quanto maior as diferenças de altitude entre as cabeceiras e a seção de desembocadura de um curso de água, mais intenso será o regime dos escoamentos das águas de chuva e maior o risco da formação rápida de hidrogramas de enchente de curta duração.

Um curso de água completo apresenta, em geral, três trechos distintos ao longo do seu desenvolvimento até os oceanos, como pode ser observado na figura 12. O trecho superior se caracteriza por fortes declividades longitudinais. Em geral, as águas são transparentes e despolidas com regime turbulento e irregular. O trecho médio apresenta declividades menores e certo equilíbrio morfológico e sedimentológico sendo as vazões mais uniformes no tempo e as calhas mais estáveis e permanentes. As águas são turvas pelo transporte de sedimentos finos. No trecho inferior, as declividades são ainda menores e as águas ainda mais turvas. Diante das baixas declividades, as velocidades são mais reduzidas.

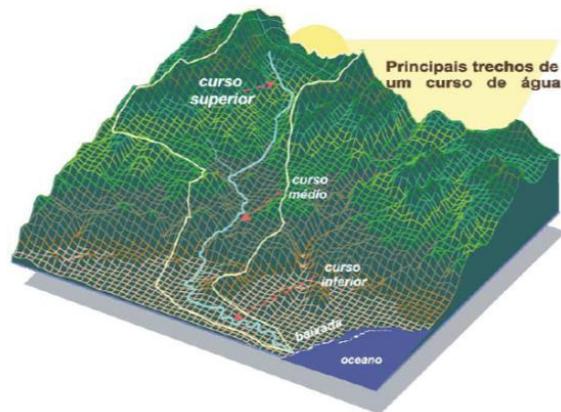


Figura 12: Apresentação de um curso de água completo em seus três trechos distintos ao longo do seu desenvolvimento até os oceanos.

Fonte: SEMADS 2001

Quando chove, após um período de estiagem, as águas podem ser absorvidas pelo solo dependendo de sua capacidade de permeabilidade e de sua cobertura vegetal diminuindo o escoamento superficial. A vegetação, além de retardar e até impedir a chegada das águas da chuva sobre o terreno, por conta de suas raízes, colabora nesta redução do escoamento superficial, reduzindo também o pico e auxiliando na diminuição das cheias.

b) Comprimento do curso d' água

Os rios estão organizados hierarquicamente por meio de um rio principal, afluentes e subafluentes. Estão incluídos, também, seus tributários como canais de escoamento e lençóis subterrâneos. Este conjunto organizado é chamado de rede hidrográfica. Os contribuintes de uma bacia podem ser classificados em:

- Perenes: são aqueles nos quais se verifica escoamento da água durante todo o tempo, mesmo nas secas mais severas. Isto é garantido pela drenagem do aquífero, cujo nível deve situar-se acima do fundo do leito do rio, para garantir energia ao escoamento.

- Intermitentes: são aqueles cujo escoamento não ocorre no período das secas mais severas.
- Efêmeros: são aqueles onde se verifica escoamento apenas durante e imediatamente após ocorrência de uma chuva.

De acordo com o tipo de escoamento global podem ser classificadas em exorreicas, endorreicas, arreicas ou criptorreicas, definidos por Christofeletti (1974), como:

- Exorreicas: quando o escoamento da água se faz de modo contínuo diretamente até o mar, como na figura 13.

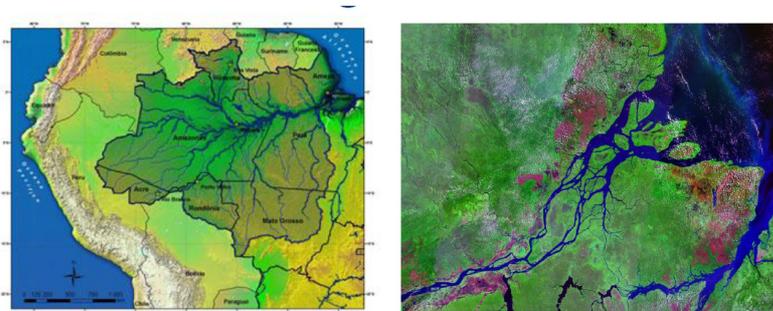


Figura 13: Bacias exorreicas

Endorreicas: quando as drenagens são internas não possuindo escoamento até o mar. Desembocam em lagos, ou se perdem em depressões cársticas, observado na figura 14.

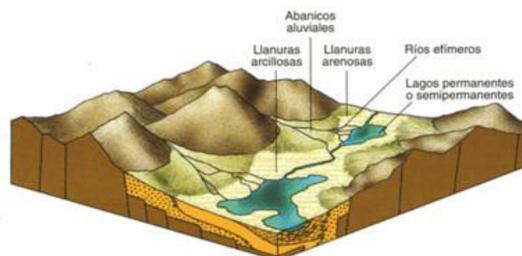


Figura 14: Bacias endorreicas

- Arreicas: quando não existe qualquer estruturação em bacias, como nas áreas desérticas, a exemplo da figura 15.



Figura 15: Bacias Arreicas

- Criptorreicas: quando as bacias são subterrâneas, como nas áreas cársticas, observado na figura 16.



Figura 16: Bacias Criptorreicas

Pode-se afirmar que a água, normalmente, segue seu fluxo da terra para o mar. Nesses fluxos, dentro de uma bacia, a forma da rede de drenagem apresenta variações que seguem padrões definidos e classificados. Estes são facilmente reconhecidos por meio de análise de mapas, representados pelas figuras 17, 18, 19, 20, 21 e 22 tendo suas classes definidas como:

- Dendrítica: lembra a configuração de uma árvore, sendo típica de regiões com predominância de rocha de resistência uniforme;

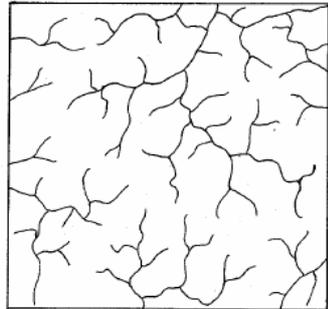


Figura 17: Dendrítica

Fonte: Lima (2008)

- Treliça: composta por rios principais consequentes correndo paralelamente, recebendo afluentes subsequentes e que fluem em direção transversal aos primeiros. Este tipo é encontrado em regiões de rochas sedimentares estratificadas, assim como em áreas de glaciação.

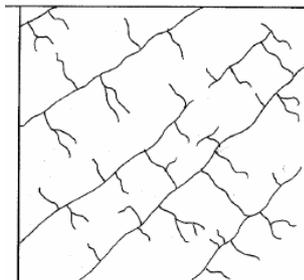


Figura 18: Treliças

Fonte: Lima (2008)

- Retangular: variação do padrão treliça, caracterizado pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações retangulares nos cursos fluviais, que são consequências da ocorrência de falhas e de juntas na estrutura rochosa;

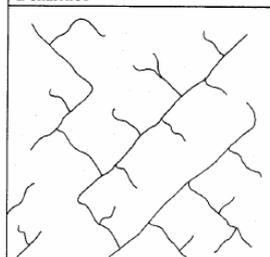


Figura 19: Retangular

Fonte: Lima (2008)

- Paralela: Ocorre em regiões de vertentes com acentuada declividade, ou onde existam controles estruturais que favoreçam a formação de correntes fluviais paralelas.

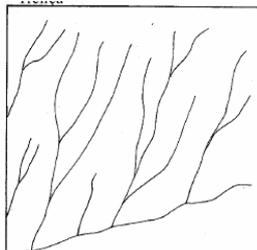


Figura 20: Paralela

Fonte: Lima (2008)

- Radial: pode se desenvolver sobre vários tipos e estruturas rochosas, como por exemplo, em áreas vulcânicas e dômicas.

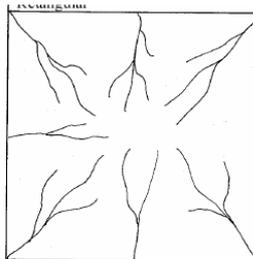


Figura 21: Radial

Fonte: Lima (2008)

Anelar: típica de áreas dômicas, onde a drenagem se acomoda aos afloramentos das rochas menos resistentes.

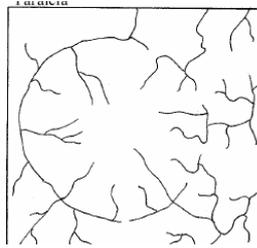


Figura 22: Anelar

Fonte: Lima (2008)

Estes padrões de classificação estão sendo apresentados, pois ao se adotar uma bacia como base para a implantação da urbanização, reconhecer estes padrões de distribuição das águas, pode facilitar no entendimento dos fluxos e das possíveis cheias.

c) Extensão média do escoamento superficial

Este parâmetro relaciona a densidade de drenagem da bacia hidrográfica com um comprimento médio lateral da rede de drenagem. A importância deste parâmetro está no cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica. Este índice é obtido em km se a densidade de drenagem estiver expressa em km/km^2 - figura 23 .

(7)

$$C_m = \frac{1}{4 \cdot D_d}$$

Onde:

C_m = Extensão média do escoamento superficial

D_d = Densidade de drenagem

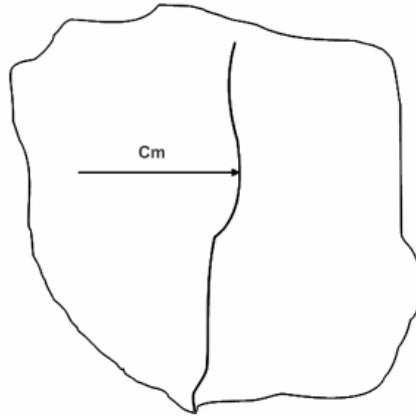


Figura 23: Representação do comprimento médio lateral do escoamento superficial.

Fonte: Elaborado pela autora

d) Sinuosidade do Curso d'água principal

Representa a relação entre o comprimento do canal principal e o comprimento de seu talvegue (L_t), medido em linha reta. Observa-se que este fator é adimensional e quanto maior seu valor maior a sinuosidade do curso d' água, figura 24.

(8)

$$S = \frac{L}{L_t}$$

Onde:

L = comprimento do canal principal

L_t = comprimento do seu talvegue

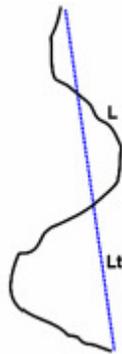


Figura 24: Representação de um curso d'água principal e seu talvegue.

Fonte: Elaborado pela autora

e) Densidade de Drenagem

É a relação entre o número de cursos d'água e a área total da bacia. Estão incluídos apenas os rios perenes e os intermitentes. A densidade de curso d'água não indica a eficiência da drenagem, pois a extensão dos cursos não é levada em conta.

(5)

$$D_s = \frac{N_s}{A}$$

Onde:

N_s = número total de cursos d'água

A = área total da bacia

Conforme o método de classificação da ordem da rede de drenagem será obtido um valor diferente para este coeficiente. O método de Horton fornece um número menor de cursos d'água e, portanto, uma menor DS . A figura 25 mostra a comparação dos dois métodos aplicados em uma mesma rede de drenagem

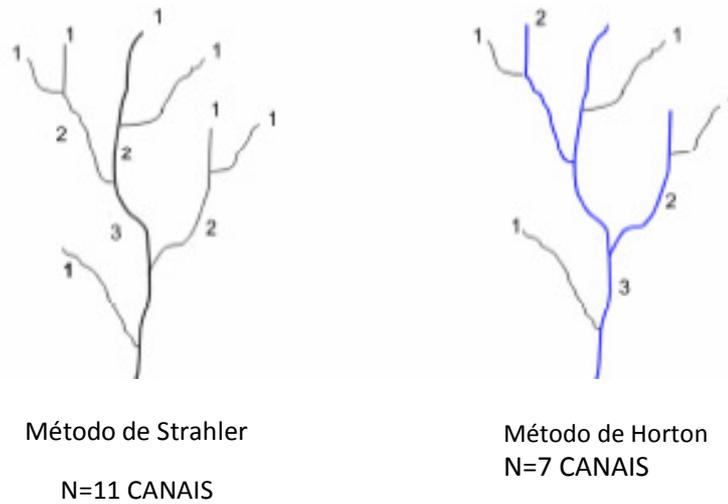


Figura 25: Comparação dos métodos de Strahler e Horton
Fonte: Elaborado pela autora

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem da bacia. É a relação entre o comprimento total dos canais (L) e a área da Bacia Hidrográfica (A).

(6)

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Onde:

L = soma das extensões de todos os cursos de água

A = área total da bacia

Segundo Semads (2001) as bacias com densidade de drenagem mais elevadas, isto é, mais ramificações na drenagem natural, tendem, em geral, defasar as contribuições parciais e atenuar os hidrogramas de enchentes. Por outro lado, bacias onde a densidade de drenagem é comparativamente menor, o escoamento ao longo dos cursos de água é mais rápido e acelera a concentração das águas nas seções de fechamento. A densidade de drenagem nas bacias pode ser classificada em:

- Baixa DD: 5.0 km/km²
- Média DD: 5,0 - 13,5 km/km²
- Alta DD: 13,5 - 155,5 km/km²
- Muito alta DD: >> 155,5 km/km²

f) Ordem dos cursos d'água

A ordem da rede de drenagem fornece informação sobre o grau de ramificação e permite inferir sobre o relevo da bacia. De modo geral, quanto mais ramificada for a rede de drenagem, mais acidentado deve ser o relevo. A classificação hierárquica dos cursos pode ser dividida em dois métodos o de Horton e o de Strahler como segue:

- Método de Horton

Possui cursos d'água de diferentes ordens, onde:

1ª Ordem: são aqueles que não possuem tributários;

2ª Ordem: formados pela união de dois ou mais cursos de 1ª ordem;

3ª Ordem: formados pela união de dois ou mais cursos de 2ª ordem, podendo receber cursos d'água de 1ª ordem.

Neste método se designa a maior ordem ao rio principal, desde a seção de controle até sua nascente. Esta, por sua vez, para ser localizada, é necessário o prolongamento do curso d'água, pós-junção para jusante e adotar o canal principal como aquele determinado pelo menor ângulo do prolongamento do curso antes da junção. No caso abaixo o ângulo y é menor que x , e o canal principal (ordem 2) está destacado em azul.

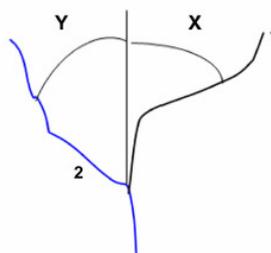


Figura 26: Canal Principal pelo método de Horton
Fonte: Elaborado pela autora

- Método de Strahler

Também possui cursos d'água classificados por ordens. Diferencia-se do primeiro método porque a subjetividade a respeito de nascentes deixa de existir porque o canal de 2ª ordem começa na junção dos de 1ª ordem, ou seja, não há designação de nascentes, figura 27.

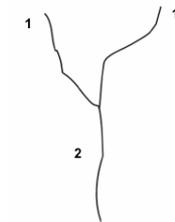


Figura 27: Canal Principal pelo método de Strahler
Fonte: Elaborado pela autora

3.2 Cidades como sistemas construídos

A definição elaborada pela Comissão de Brundtland sobre desenvolvimento sustentável que diz que ele é aquele desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades é considerada, cada vez mais, como um conceito válido, porém impreciso e aberto a diversas interpretações.

Nesse sentido o papel desempenhado pelas edificações e pelas cidades é fundamental para o desenvolvimento sustentável, pois elas precisam, ao mesmo tempo, se manter como habitat para as atuais gerações, mas também permitir que as futuras, não sejam prejudicadas por ações no presente que não considerem os limites dos recursos naturais.

As cidades se apresentam como um conjunto de sistemas de infraestrutura, construídos de acordo com a necessidade demandada pelas densidades populacionais e acabam funcionando como verdadeiros organismos, absorvendo recursos e emitindo resíduos (TICKEL, 2001).

Assim, o tamanho das cidades aparece como fator de destaque para o planejamento urbano. Quanto maiores e mais complexas maiores, também, é dependência das áreas circundantes e, por conseguinte, sua vulnerabilidade em função das mudanças de seu entorno.

O tamanho das cidades tem associação direta com o deslocamento humano que, ao longo do século XX, passou por fortes transformações. Por exemplo, no momento histórico associado ao fim do período da escravidão, a residência era o centro dos acontecimentos sociais e era ali o local de moradia, trabalho e estudo. Os diferentes grupos sociais viviam próximos e o seu deslocamento era mínimo.

A partir da década de 40, esta relação de deslocamento começou a mudar pelo fluxo dinâmico entre o local de moradia e o local de trabalho. Os equipamentos urbanos, que antes eram referenciadas pela capacidade da mobilidade humana a pé ou a cavalo, passaram a ter como referência o automóvel, que alterou definitivamente os padrões de deslocamento, que passaram a acontecer em função das distâncias percorridas pelos veículos. Isso gerou a necessidade da construção de vias, sendo a impermeabilização do solo uma consequência imediata.

Rogers (2001) afirma que o automóvel foi o principal responsável pela deterioração da coesa estrutura social da cidade, pois da mesma forma que o elevador tornou possível à existência do arranha-céu o automóvel possibilitou que os cidadãos vivessem longe dos centros urbanos. Ele afirma, ainda, que as cidades passaram a ser projetadas e transformadas de maneira a facilitar o uso dos carros, mesmo sendo eles os maiores responsáveis pela poluição e congestionamento das artérias dos grandes centros.

Já nos anos 60, com os tamanhos das cidades e os deslocamentos estabelecidos, passou – se a analisar e estudar os conflitos da relação entre a população e o meio ambiente. Em 70 foi observado o início real desta preocupação ambiental e a natureza, então, começou a aparecer nas discussões sobre o desenvolvimento humano e de suas cidades. Nesta época já eram preocupantes os impactos das ações do homem sobre o meio natural e a variável ambiental passou a ser inserida definitivamente no contexto urbano. Edwards (2008) afirma que o ano 2000 marcou o momento em que pela primeira vez na história da humanidade, a população urbana superou a rural. E, Rogers (2001) enumera:

Em 1950, 29% da população mundial habitava as áreas urbanas. Em 1965, essa mesma população já era de 36%; Em 1990, 50% e até 2025 poderia ser pelo menos de 60%. A taxa anual de crescimento da população urbana no mundo entre 1965 e 1980 foi de 2,6%, mas entre 1980 e 1990 essa taxa foi de 4,5% (ROGERS, 2001).

Na medida em que a cidade se expande e a prosperidade econômica traz novos habitantes para os núcleos urbanos, o solo natural passa a sofrer grandes transformações de seu uso. Este aumento de contingente afeta diretamente os recursos naturais, a cadeia de resíduos e aumenta o conflito entre as questões econômicas, ambientais e sociais.

Desde a década de 70 com a inserção da natureza no planejamento, novos paradigmas foram apontados, pois planejar uma cidade autossustentável exige ampla compreensão das relações entre cidadãos, serviços de infraestrutura, densidades e uso do solo, bem como a compreensão do impacto no meio local e, também, em uma esfera geográfica mais ampla.

Por meio das ações integradas é que se pode, através do planejamento, organizar as cidades, para que estas sejam capazes de absorver o aumento do crescimento populacional, da urbanização e, ao mesmo tempo, oferecer mais oportunidades e diminuir o risco do entorno ambiental para as futuras gerações.

Disciplinas como arquitetura, urbanismo, paisagismo, engenharia, geografia, economia entre outras necessárias, precisam se unir para prover soluções e resgatar a cidade provendo a infraestrutura, projetos urbanísticos, paisagísticos e arquitetônicos dotados de técnicas compatíveis, que correspondam às necessidades da comunidade e do ambiente, por meio de planos sustentáveis, integrados e de longo prazo, sustentados por legislação adequada. Pretende-se neste capítulo, uma rápida abordagem de conceitos de densidade, infraestrutura urbana como base para os estudos de caso.

3.2.1 Densidades Urbanas

Para a transformação de uma sociedade rural em uma sociedade urbana e de consumo a primeira fase observada é a ação antrópica que modifica o meio natural. A distribuição da população em um território é facilmente observada por meio da densidade populacional, que em um ambiente rural é baixa, pulverizada e descontínua, enquanto em um ambiente urbano ela é basicamente o oposto disso. A densidade se mostra como conceito fundamental para a aplicação das estratégias de expansão e promoção da qualidade de vida para os habitantes de uma cidade, pois sabendo classificá-la qualitativa e quantitativamente ela serve de base para o dimensionamento das infraestruturas necessárias à urbanização.

As cidades ao aumentarem a sua população, se expandirem linear e indefinidamente sobre seu entorno colocam em risco os recursos naturais essenciais à sua própria existência e sustentabilidade, pois para esta ocupação do território precisam modificar o meio natural. As figuras 28 e 29 mostram exemplos dessa expansão. A primeira com a cidade de Los Angeles e segunda com da cidade do México.



Figura 28: Expansão da Cidade de Los Angeles
Fonte: <http://cities.media.mit.edu/projects/examples>



Figura 29: Expansão da Cidade do México
Fonte: <http://cities.media.mit.edu/projects/examples>

Vale destacar que a expansão pode acontecer tanto nas baixas densidades, como nas altas, como é o caso novas cidades da China, que seguiram o modelo ocidental.



Figura 30: Expansão de novas cidades na China
Fonte: <http://cities.media.mit.edu/projects/examples>

Assim, é imprescindível a análise dos modelos de urbanização e das tipologias habitacionais, para escolha conforme a cultura local, para que se possam utilizar as densidades populacionais para o adequado dimensionamento da infraestrutura em função da população e característica projetadas.

É interessante ressaltar que a percepção de densidades está associada ao grupo social a que cada indivíduo pertence, sendo esta percepção influenciada pelo contexto cultural. Ao mesmo tempo, a qualidade do espaço urbano é dependente de um conjunto complexo de fatores ligados não apenas à tipologia da construção, mas também ao ambiente interno, externo, equipamentos sociais, urbanos, redes de infraestruturas e serviços correspondentes.

Acioly e Davidson (1998) exemplificam esta percepção da densidade associada aos padrões e cultura ao comparar o que pensa um planejador indiano sobre um lote de 100m² para famílias de baixa renda e pesquisador da África Oriental ou Cone Sul da África, pois o primeiro indubitavelmente considerará o lote é demasiado grande e o segundo, entretanto, argumentará que 100m² é demasiadamente pequeno e até inaceitável por parte da população. A especificação da tipologia (casas isoladas, casas geminadas, apartamentos, etc.) traz a possibilidade de composição mais precisa da provável densidade final de um núcleo urbano a ser projetado.

Não se pretende, contudo, discutir as diferentes tipologias habitacionais, pois, no momento, é suficiente a lógica associada de que a densidade se relaciona fisicamente com o consumo total de solo e, com isso, quanto menor a densidade habitacional, mais espalhada é a cidade e com isso maior quantidade de terreno é impermeabilizada o que reflete diretamente no ciclo hidrológico da bacia assim caracterizada. Por isso, para efeito de parcelamento de solo e projeção de infraestrutura, é mais pertinente se trabalhar com densidade habitacional (unidades habitacionais/ha) ou densidade construída (edificações/ha). Segundo Acioly e Davidson (1998) esses indicadores podem ser controlados e manuseados com maiores possibilidades durante a fase do planejamento, permitindo a avaliação de perdas e ganhos entre as a ocupação e parcelamento do solo e os custos da infraestrutura, serviços e terrenos.

Quando uma cidade se expande com baixas densidades, o consumo de espaço necessário altera o ambiente fortemente, degradando a natureza, sendo os custos de implantação e manutenção da infraestrutura, para este modelo de expansão, também mais altos. É claro que o resultado, nas baixas densidades, pode ser uma cidade mais agradável de viver, porém pouco eficiente do ponto de vista das infraestruturas e com perda de área natural. As baixas densidades e os grandes deslocamentos, por outro lado, podem resultar em cidades setorizadas, espaços monofuncionais, marcados por congestionamento ou por terem transportes de massa, que no momento de pico trabalham no limite.

A concentração de emprego e de atividades no centro das cidades demanda grandes somas de investimento em infraestrutura, arruamento, gestão de tráfego e fornecimento de energia para um consumo, por vezes ocioso, tendo em vista que a sua utilização efetiva acontece durante o período da jornada de trabalho permanecendo subutilizados após o fim do expediente e durante o fim-de-semana, quando estes locais transformam-se em desertos urbanos, pondo a produtividade urbana em questão. Este modelo é denominado por Acioly e Davidson (1998) como densidades flutuantes.

Assim como nas baixas densidades, a adoção de altas densidades apresenta alguns problemas, como a perda de privacidade e a existência de conflitos decorrentes de gostos e costumes de vida variados, desenvolvidos pelos habitantes dos blocos habitacionais. Certamente o abuso da densidade, associada a desenhos urbanos incorretos, leva a qualidades de vida muito baixas.

Acioly e Davidson (1998) destacam que com as densidades dimensionadas acima do ideal os problemas de congestionamento, a saturação das redes de infraestrutura e as ineficiências urbanas são comuns. O sistema de tráfego, a drenagem e os sistemas de abastecimento d'água e esgoto sanitário tornam-se saturados e obsoletos. As águas servidas, muitas vezes, não podem ser evacuadas de forma eficiente através dos sistemas de drenagem e as chuvas torrenciais não são absorvidas.

O modelo de cidades densas foi rejeitado no século XX, provavelmente pelas cidades industriais do século XIX terem sido verdadeiros infernos caracterizadas por superpopulação, pobreza, e problemas de saúde. Rogers (2001) enfatiza que a presença de esgotos a céu aberto espalhava cóleras, febre tifóide, detritos e resíduos tóxicos. A expectativa de vida em muitas dessas cidades não chegava aos 25 anos. Por estes riscos e as desigualdades básicas nos modelos densos industriais levaram pensadores, como Ebenezer Howard em 1898 e Patrick Abercrombie em 1944, a proporem uma menor concentração de habitantes em ambientes menos densos e mais verdes: as cidades Jardins e as New-Towns.

Segundo Mascaró (1987) a este respeito, no entanto, defende que Nova Iorque é a cidade de mais alta densidade ocupacional do mundo e que, para muitos, ela não é desagradável, nem a qualidade de vida é baixa. Para os próximos séculos as estratégias de expansão populacional precisam se apoiar em modelos híbridos tendo em vista que as densidades baixas e altas não são boas nem más por si sós. Um modelo defendido tem sido o das cidades compactas, com limites e equipamentos definidos em função do uso humano. Este modelo de cidade tem por característica marcante a escala humana permitindo o convívio entre os habitantes, moradores e usuários dos espaços, além da presença de ruas de pedestres e de áreas livres, reforçando o sentimento de comunidade. As cidades compactas

permitem, por estas características, a aquisição de bens de consumo, trabalho e moradia por meio de pequenos deslocamentos, quase sem a utilização intensa do automóvel e o maximizando a utilização da infraestrutura e solo urbano, otimizando a operação dos equipamentos, além de consumir menor quantidade de solo natural.

Isso só é possível ao serem adotados os locais específicos para o uso das altas densidades e, quando associadas a projetos técnicos conjugados de tipologias habitacionais e de espaços livres, elas permitem que se atinjam ótimos padrões de qualidade e uso dos espaços, inclusive em termos de privacidade, embora isso possa resultar em altos valores. Nestas densidades, as edificações, possuem gabarito médio variando de quatro a dez pavimentos, acompanhados pelo uso misto das edificações. Rogers (2001) sintetiza bem esta análise de densidade, qualidade de vida e meio ambiente nas cidades densas:

Existe uma serie de estudos que demonstram a relação íntima entre densidades e bem estar de saúde. Pelo menos em teoria com a disponibilidade de produtos ecologicamente corretos, com os sistemas de geração de energia e transporte publico virtualmente limpos e sistemas avançados de tratamento de esgoto e lixo, o modelo de cidade densa não precisa ser visto como risco à saúde. Isto quer dizer que podemos reconsiderar as vantagens sociais da proximidade, redescobrir as vantagens de morar na companhia do outro.

Além da oportunidade social, o modelo de “cidade densa” pode trazer benefícios ecológico maiores. As cidades densas, através de um planejamento integrado, podem ser pensadas tendo em vista um aumento de sua eficiência energética, menor consumo de recursos, menor nível de poluição e, além disso, evitando a sua expansão sobre a área rural.

Por estas razões, acredito que devemos investir na ideia de “cidade compacta” – uma cidade densa e socialmente diversificada onde as atividades econômicas e sociais se sobreponham e onde as comunidades sejam concentradas em torno de unidades de vizinhança.

Este modelo difere do atual modelo urbano dominante, aquele dos Estados Unidos: uma cidade dividida em zonas por funções, com áreas de escritórios centrais, shoppings centers e áreas de lazer fora da cidade, bairros residenciais distantes e vias expressas.

Para melhorar a ambiência e microclima nas altas densidades, sugere-se a presença de áreas verdes que funcionem como áreas de amortecimento, por meio de parques, praças e áreas comuns. Estas áreas funcionam como áreas de amortecimento para as bacias densamente urbanizadas, sendo reestruturantes e podendo assumir diferentes e importantes funções como, por exemplo, a de centralidade e eixo estruturante que, quando circundada por equipamentos públicos e atividades comerciais, integram o sistema de mobilidade urbana, funcionando como ponto de encontro e eixos visuais da paisagem. O ideal é que estas áreas permaneçam livres de ocupação sendo elementos estratégicos no projeto territorial, como na figura 31.

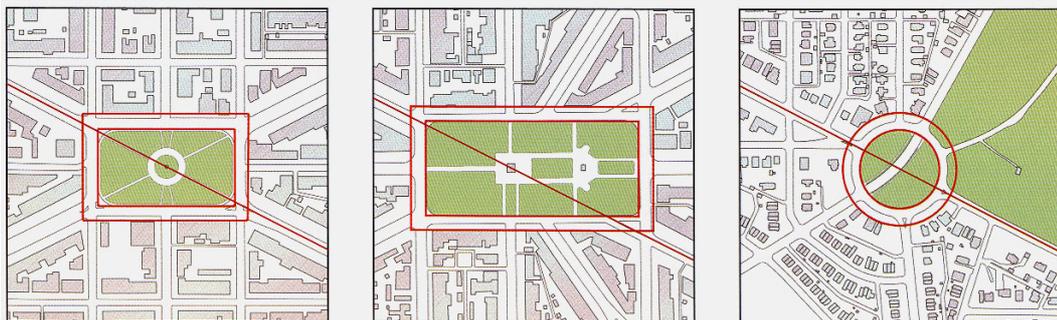


Figura 31: Presença de áreas verdes que funcionem como áreas de amortecimento
Fonte: Takeda, 2013

Pode se concluir que ao adotar as cidades compactas, a lógica urbana passa a consistir de uma série de pontos nodais difundidos pela cidade, com os diversos subcentros competindo por investimentos e atenção que, Segundo Edwards (2008), representa os seguintes aspectos positivos:

- Possibilita a manutenção das redes de transporte público;
- Possibilita maior coesão entre os diferentes bairros;
- Melhora o microclima urbano;
- Aumenta a eficiência energética das habitações.

Com as densidades altas, porém equilibradas, é possível se especificar o tipo de uso e função da edificação, o que proporciona a diversidade de moradores e usuários implicando em diferentes ambientes construídos, sendo mais sustentável social, ambiental e economicamente. Tanto para as baixas como para as altas densidades é possível aplicar a hipótese que norteia este estudo, tendo a Bacia Hidrográfica como referência para o planejamento territorial da expansão.

3.2.2 Infraestrutura

O uso do espaço urbano prescinde o bom funcionamento da rede de infraestruturas. Quando existe o planejamento sistêmico, levando em consideração a dinâmica ambiental, densidades e expansões projetadas, elas são parte do processo para a qualidade de vida dos cidadãos.

Pela Lei de parcelamento e uso do solo (Lei nº 6.766, de 1979) todos os loteamentos no Brasil precisam ser atendidos por infraestrutura básica composta de equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica (pública e domiciliar) e vias de circulação. Ela institui, ainda, que não é permitido o parcelamento do solo em terrenos alagadiços, sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas e nem em terrenos com declividade igual ou superior a trinta por cento, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes.

As densidades têm um importante papel, pois as áreas destinadas a sistemas de circulação, implantação de equipamentos urbanos e comunitários, bem como os espaços livres de uso público, devem ser proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem. Dentre as infraestruturas citadas as vias de circulação e o saneamento básico serão enfatizadas nesta pesquisa pelo fato destas redes serem as que primeiramente interferem na dinâmica de funcionamento das bacias hidrográficas.

a) Vias de Circulação

As vias possuem diversos parâmetros que as definem. Tipo de leito, quantidade de faixas, mão de sentido, se é uma via exclusiva, se possui faixas exclusivas e raio de conversão. Essas características são importantes para seu projeto bem como para sua construção e manutenção. Este subsistema urbano é o mais delicado, merecendo estudos cuidadosos porque (Mascaró, 1987):

- É o mais caro dos subsistemas, já que normalmente abrange mais de 50% do custo total de urbanização;
- Ocupa uma parcela importante do solo urbano (entre 20 e 25%);
- Uma vez implantado, é o subsistema que mais dificuldade apresenta para aumentar sua capacidade pelo solo que ocupa, pelos custos que envolvem e pelas dificuldades operativas que cria sua alteração;
- É o subsistema que está mais vinculado aos usuários (os outros sistemas conduzem fluídos, e este, pessoas).

O relevo e os corpos hídricos agem enquanto direcionadores técnicos para o traçado das vias. Estas, por sua vez, em sua organização espacial, se apresentam como estruturantes das demais redes, pois muitos subsistemas urbanos são projetados tendo-as como suporte, como na figura 32.

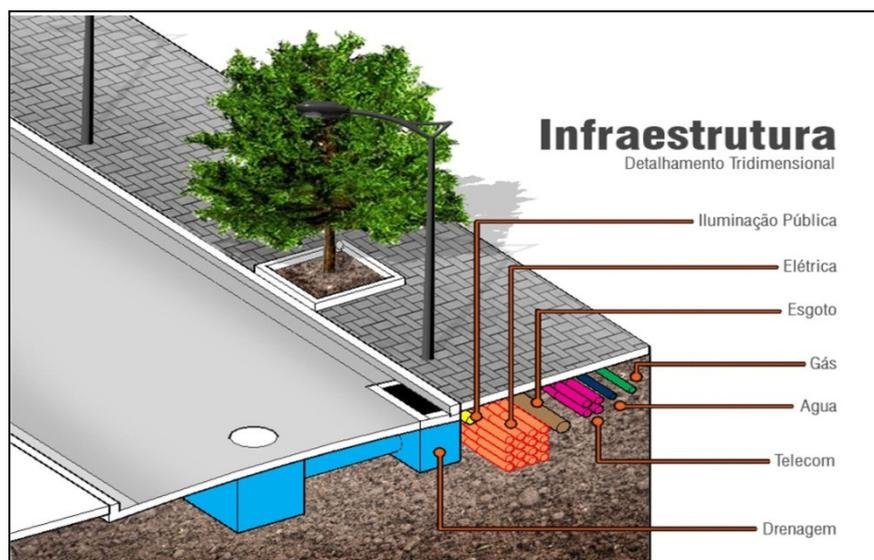


Figura 32: Vias como elemento estruturante das demais redes

Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2011

Quando se fala em cidades sustentáveis, a primeira associação feita entre o sistema viário e sustentabilidade é a questão da mobilidade urbana, pois se a rede viária não tem um bom dimensionamento e organização de fluxos, acontece uma série de transtornos associados à mobilidade e deslocamentos, interferindo diretamente na vida da população, em variadas escalas. Não perder tempo em viagens lentas e duradouras é sempre desejável, por isso o planejamento de um sistema de transportes associado às vias é fundamental para a boa vida na cidade.

O planejamento convencional de uma rede de transporte, de acordo com a literatura, perpassa quatro etapas: a geração, distribuição, divisão modal e alocação. Para atender a estas etapas, a equipe de planejamento primeiro pesquisa quantas viagens cada zona, ou bairro, é capaz de criar (geração), em seguida estima como ocorrerá a destinação dessas viagens de uma zona para as demais (distribuição), desta forma divide os percentuais pelos diferentes sistemas de transporte rodoviário público, rodoviário privado, ferroviário (divisão modal) e, por último, aloca as viagens em cada um dos modais (alocação).

É importante analisar, no entanto, que este sistema interfere não apenas na mobilidade, pois ocupa geralmente entre 20 e 25% de solo urbano, tendo impacto direto sobre o funcionamento do escoamento das águas da bacia, por conta da impermeabilização que provoca no solo. Para uma rede viária planejada e projetada sob a ótica das bacias hidrográficas, é imprescindível o entendimento do funcionamento da rede hidrográfica natural da bacia. Pois a articulação entre estas duas redes sobre a bacia é fundamental para uma boa resposta da urbanização.

A rede viária se caracteriza como espaço livre e, sendo assim, pode em projeto assumir diferentes funções técnicas e sociais. Socialmente, pode permitir a conexão entre pessoas por meio de recursos ambientais existentes na bacia hidrográfica, como rios e áreas livres, através de fluxos direcionados; tecnicamente, pode possibilitar o aumento da infiltração diminuindo, com isso, os escoamentos superficiais.

A construção das vias, com os materiais que são especificados hoje, entretanto, provoca a impermeabilização do solo e, com isso, as vias passam a contribuir aumentando a vazão e a velocidade das águas que chegam para o sistema natural de drenagem funcionando como canais de escoamento, aumentando a capacidade da rede natural.

Dependendo do local da bacia onde estas vias forem feitas, elas podem influenciar drasticamente o hidrograma de enchentes, causando prejuízos para todo o funcionamento urbano e transtornos para o funcionamento das demais redes urbanas, além de prejuízos e impactos diretos sobre o sistema de drenagem. Se elas forem construídas pensando apenas nos automóveis e nos deslocamentos, também não favorecem ao pedestre e às interações sociais, se tornando vazios urbanos inóspitos.

b) Saneamento Básico

O bom funcionamento e dimensionamento do saneamento básico tem forte influência sobre a dinâmica das bacias. A Lei Nº 11.445, aprovada, em 5 de janeiro de 2007, define como saneamento básico os serviços de:

- Abastecimento público de água potável;
- Coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários; a coleta, transporte, transborda tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, considerando o transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias e o tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Ainda, segundo esta lei o serviço regionalizado de saneamento básico poderá obedecer a um plano de saneamento básico elaborado para um ou para um conjunto de Municípios, podendo a prestação de serviços públicos de saneamento, de acordo com o especificado no plano, abarcar todo o conjunto do saneamento ou ser específico para cada serviço. É condição necessária que o conjunto dos sistemas de saneamento básico esteja em harmonia, pois o bom funcionamento de um reflete na eficiência do outro sendo estes sistemas, apesar de diferentes, complementares. Por exemplo, o sistema de coleta de lixo pode interferir sobre o sistema de drenagem, que não funciona a plena carga quando a coleta está deficitária.

O sistema convencional de drenagem urbana é constituído, basicamente, de dois subsistemas característicos: a macrodrenagem e a microdrenagem. A macrodrenagem é formada pela hidrografia natural da bacia em que as intervenções feitas são do tipo de retificação de rios, que aumentem a sua capacidade de escoamento com o objetivo de diminuir áreas alagadas, ou alterar os percursos, para não alagarem e responderem mais efetivamente aos tempos de recorrência de projeto. As intervenções de macrodrenagens podem variar de 10 a 100 anos. A microdrenagem é caracterizada pela drenagem dos loteamentos urbanos e áreas públicas como praças, parques e logradouros, visando a retirada das águas precipitadas e sua condução para a macrodrenagem tendo os tempos associados de proteção da microdrenagem em uma faixa de risco de 2 a 10 anos.

A manutenção das densidades projetadas e o controle da expansão urbana devem ser respeitados para que as alterações na macrobacia não se tornem obsoletas por não serem condizentes com as estruturas dimensionadas. A urbanização, impermeabilização e canalização em regiões altas da bacia, provocam aumento da velocidade das águas pluviais e conseqüentemente alagamentos à jusante. Ao se resolver questões de alagamentos por meio da drenagem convencional, cujo foco é a retirada de alagamentos por meio da readequação da rede de drenagem, adotando principalmente projetos de galerias e canais, o que se tem é uma resolução pontual mascarando uma solução e levando os alagamentos sempre para jusante.

Daí as áreas mais baixas são as que passam a ter necessidade de investimentos devido ao aumento do volume de água drenado das partes altas. Com esta lógica o que se tem é uma rede deficiente, que em fortes chuvas responde com enchentes severas, alagamentos e águas poluídas que levam prejuízos econômicos, além de risco à vida.

Por isso, quando as intervenções na macrodrenagem acontecem sem a análise sistêmica das diferentes escalas relacionadas à área de influência das bacias os problemas acabam sendo transferidos de um ponto para outro. Assim o controle e o planejamento da expansão urbana passam a ser fundamentais para que as intervenções não virem um ciclo de obras de readequação, e transferência de alagamentos, como pode ser observado na figura 33.

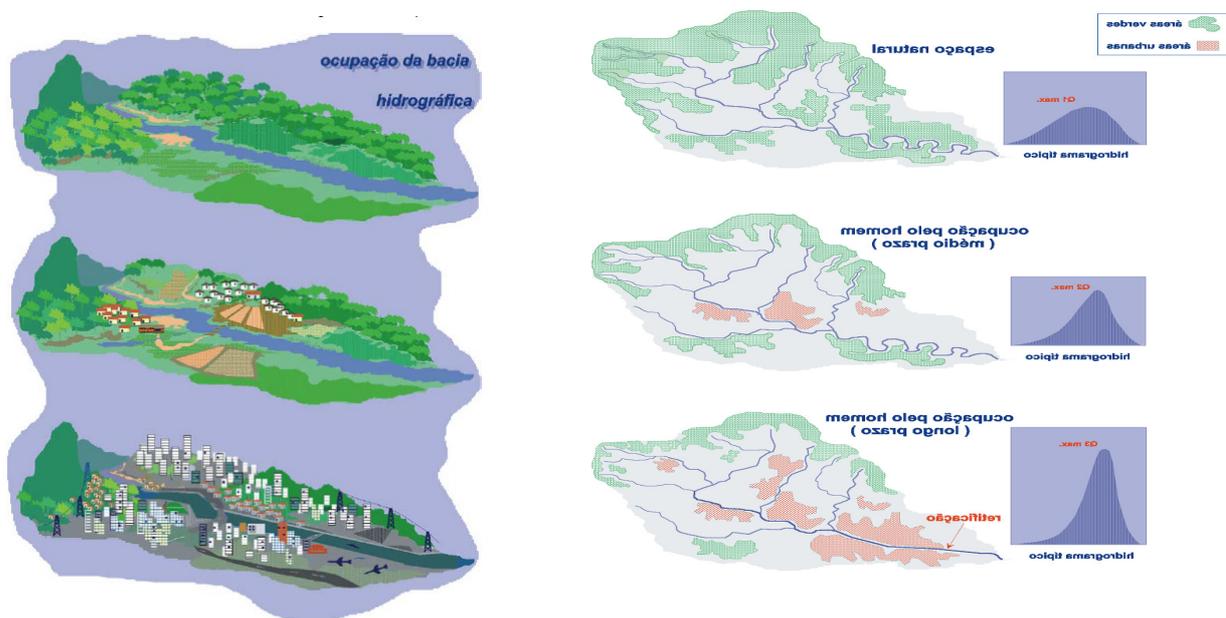


Figura 33: Influência da urbanização no hidrograma de enchentes

Fonte: (SEMADS, 2001).

No modelo convencional do projeto de drenagem a diretriz adotada era de que a retirada das águas precipitadas e sua condução para a macrodrenagem tinham que acontecer o mais rápido possível. Com os novos moldes de drenagem esta característica vem sendo mudada.

Dependendo dos impactos ocasionados pela implantação e funcionamento da macro e microdrenagem acaba surgindo à necessidade de novas soluções urbanas e ambientais, que reestruturem as bacias hidrográficas. O problema de enchentes tratado até então como uma mera adequação de rios e canais às novas vazões, passa a ter como objeto de solução chegar o mais próximo da restauração das condições anteriores à própria urbanização, sendo tratada a sua causa.

Assim, a visão convencional de drenagem urbana convencional e defasada vai sendo substituída pela proposta de drenagem urbana sustentável, cujo propósito é planejar e projetar de forma integrada por meio da adoção de técnicas compensatórias à impermeabilização do solo que, associadas ao desenvolvimento de baixo impacto e às boas práticas de gerenciamento, atenuem os efeitos da urbanização. Miguez e Magalhães (2010) conceituam a drenagem sustentável como aquela que:

“(...) estabelece que os sistemas de drenagem precisam ser concebidos no intuito de minimizar impactos da urbanização sobre os padrões naturais de escoamento, combinando aspectos quantitativos e qualitativos, alcançando objetivos técnicos, sociais, econômicos e políticos, sem transferir custos no espaço e no tempo.”

As discussões sobre alternativas mais equilibradas para o espaço urbano estão cada vez mais presentes no dia a dia e associadas às ferramentas e técnicas que possibilitem o retardo do pico de cheia e o aumento da recarga das águas subterrâneas, permitindo o equilíbrio das condições de escoamento da bacia e fazendo com que se assemelhem às da pré-urbanização.

Estas medidas de drenagem urbana sustentável podem aparecer no projeto urbano sob a forma de atuações distribuídas na paisagem urbana e natural com a criação de paisagens e ambientes multifuncionais que, em tempo seco, por exemplo, funcionem como parques e áreas de convívio coletivo e, em tempo de chuva, possam acumular o excesso do escoamento, preservando bens e vidas em um evento de chuva intensa.

As questões social, econômica e política aparecem de forma intrínseca aos problemas de impermeabilização do solo, pois a expansão desordenada, com a ocupação da calha secundária de um rio, por exemplo, pela instalação de uma população de mais baixa renda, apresenta uma situação de altíssimo risco pela ocupação de locais destinados às cheias, tendo em vista que as cheias são fenômenos naturais e sazonais, que desempenham um importante papel ambiental. Os assentamentos humanos, no entanto, que ocupam as áreas de cheia sofrem as conseqüências destes eventos, que podem ser desde perdas materiais e econômicas até de vida humana.

É fundamental, portanto, a necessidade de uma visão e percepção do funcionamento sistêmico, multidisciplinar, do ambiente natural e construído para os processos de enchente e do controle de inundações.

3.3 Síntese Legal - Bacias Hidrográficas e Cidades

Com o objetivo de justificar o uso da bacia hidrográfica como parâmetro de referência para a expansão das cidades visando mitigar os impactos das águas no meio urbano, foram selecionadas as legislações federais e estaduais que versam sobre meio ambiente, cidades e recursos hídricos e destacados os trechos, onde a legislação toma a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.

Desta maneira foram analisadas as leis listadas no quadro 01, pois, de uma forma geral, seus conteúdos relacionam a bacia hidrográfica, o meio ambiente natural e construído convergindo para adoção da bacia como unidade territorial.

Quadro 01: Legislação relacionada à bacia hidrográfica, ao meio ambiente e a cidade convergindo para adoção da bacia como unidade territorial.

Constituição Federal de 1988

Lei Federal - 6.766 de 1979 - Lei de parcelamento e uso do solo

Lei Federal - 6.938 de 1981 - Política Nacional de Meio Ambiente

Lei Federal - 9.433 de 1997 - Lei das Águas

Lei Federal - 10.257 de 2001 - Estatuto da Cidade

Lei Federal - 11.445 de 2007 - Lei do Saneamento

Lei Federal – 12.305 de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos

Lei Federal – 12.608 de 2012 – Política Nacional de Defesa Civil

Lei Federal – 12.651 de 2012 – Código Florestal

Lei estadual – 6442 de 2013

Neste capítulo, elas serão discutidas na medida em que possam interferir na relação de bacias e urbanização.

3.3.1 Constituição Federal de 1988

Segundo a constituição Federal de 1988, em seu artigo 18, a organização político-administrativa da República Federativa do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos, nos termos da Constituição.

O advento da promulgação da Constituição Federal de 1988 foi um marco ao incorporar e ressaltar o meio ambiente como elemento presente nas novas leis de regulação, produção e apropriação entre os recursos naturais e a cidade.

Isso fica claro em seu artigo 225, onde destaca que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as atuais e futuras gerações.

Desse momento em diante, tanto Estados, como Municípios, passaram a atender à referida Constituição, sobretudo por meio de leis regionais e locais, desenvolvendo legislações que envolvam o meio ambiente e a problemática urbana, cada qual com suas competências específicas:

- Compete à União proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, preservarem as florestas, a fauna e a flora e promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico limitando – se a estabelecer normas gerais não excluindo a competência suplementar dos Estados. E, inexistindo lei federal sobre normas gerais, os Estados exercerão a competência legislativa plena, para atender a suas peculiaridades.
- Compete aos Estados Federados, mediante lei complementar, instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de Municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum. Incluem-se entre os bens dos Estados: as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;
- Compete aos Municípios ser regido pela sua lei orgânica, que a promulgará, atendidos os princípios estabelecidos na Constituição Federal, na Constituição do respectivo Estado e os preceitos de legislar sobre assuntos de interesse local; suplementar a legislação federal e a estadual no que couber; criar, organizar e suprimir Distritos, observada a legislação estadual, e promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Ainda segundo a constituição, a política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana elaborada pelos municípios.

3.3.2 Lei Federal - 6.766 de 1979 - Lei de parcelamento e uso do solo

Pela lei do parcelamento e uso do solo os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão estabelecer normas complementares relativas ao parcelamento do solo municipal para adequar o previsto nesta Lei às peculiaridades regionais e locais.

Segundo Carneiro (2006), parcelamento do solo é um conjunto de normas quanto aos processos de loteamento, desmembramento ou remembramento de terrenos, sendo os parâmetros mais usuais: o tamanho mínimo do lote (em função da zona), as áreas de doação obrigatórias (para equipamentos públicos, áreas verdes, sistema viário), as dimensões mínimas de ruas e a infraestrutura a ser implantada, obrigatoriamente, pelo loteador.

O lote, por esta lei, é considerado o terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe. Define-se como infraestrutura básica os equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação.

A lei afirma que somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definida pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal. O parcelamento do solo não é permitido:

- Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
- Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Em seu capítulo II apresenta como requisito urbanístico para os loteamentos os seguintes requisitos:

- As áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem. (Redação da LEI Nº 9.785, DE 29 DE JANEIRO DE 1999).

Os lotes terão área mínima de 125m² (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5 (cinco) metros, salvo quando o loteamento se destinar a urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

- Ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica; (Redação da LEI No 10.932, DE 03 DE AGOSTO DE 2004);

A lei 9.785/99 modificou alguns artigos desta lei encarregando os municípios com a responsabilidade pela fixação dos padrões básicos de parcelamento.

3.3.3 Lei Federal - 6.938 de 1981 - Política Nacional de Meio Ambiente

Em seu artigo 3º, define por meio ambiente o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas, além dos recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (Redação da LEI Nº 7.804, DE 18 DE JULHO DE 1989).

Em seu artigo 5º, estabelece que as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente serão formuladas em normas e planos, destinados a orientar a ação dos Governos da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios no que se relaciona com a preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico.

Ela estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, por meio do qual se definem alguns princípios, ora destacados considerando-se sua pertinência no que tange ao planejamento urbano: racionalização do uso do solo; controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; proteção de áreas ameaçadas de degradação.

3.3.4 Lei Federal - 9.433 de 1997 - Lei das Águas

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem como base os fundamentos de que a água é um bem de domínio público sendo ela um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos deve ser direcionado ao consumo humano e a dessedentação de animais.

No que se refere à gestão dos recursos hídricos este deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas e adotar a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Tem como objetivo a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Constitui como diretrizes para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional e a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo.

Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos e levam em conta dentre outros aspectos a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo além de propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos. Estes Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País.

3.3.5 Lei Federal - 10.257 de 2001 - Estatuto da Cidade

O Estatuto da Cidade estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Ele regulamenta o desenvolvimento urbano, sendo exigido constitucionalmente, conforme os artigos 182 e 183 da Constituição Federal.

Tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as diretrizes gerais de:

- Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para os presentes e futuras gerações;
- Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

É composto por uma série de instrumentos e estudos dentre os quais está o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e Estudo de Impacto Ambiental (EIA) que poderiam conter em sua análise o item de impermeabilização do solo. Além disso, outro instrumento do Estatuto é o Plano Diretor, instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana e deve englobar o território do Município como um todo devendo ser revisto, pelo menos, a cada dez anos.

Ele é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, incluídas no cadastro nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos. (Redação da LEI Nº 12.608/ 10.04.2012)

O plano diretor dos Municípios incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter: (Redação da LEI Nº 12.608/10.04.2012) mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos e medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres.

Além disso, o conteúdo do plano diretor deverá ser compatível com as disposições inseridas nos planos de recursos hídricos, formulados consoante a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Em seu artigo 40, Plano Diretor define que além de englobar o território do município como um todo o estudo deve abordar a relação deste com as bacias hidrográficas e corpos d'água associados.

3.3.6 Lei Federal - 11.445 de 2007 - Lei do Saneamento

Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para a política federal de saneamento básico. Para os efeitos desta Lei, são considerados saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- Abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

O serviço regionalizado de saneamento básico poderá obedecer ao plano de saneamento básico elaborado para o conjunto de Municípios atendidos. A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará o plano, que poderá ser específico para cada serviço, abrangendo, no mínimo:

- Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- Objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;

Programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;

- Ações para emergências e contingências;
- Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

Os planos de saneamento básico serão editados, consolidados e compatibilizados pelos titulares, podendo ser elaborados com base em estudos fornecidos pelos prestadores de cada serviço.

Os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos e serão revistos periodicamente, em prazo não superior a quatro anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual.

Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços de manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.

3.3.7 Lei Federal – 12.305 de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos entende-se por resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

Busca-se uma gestão integrada de resíduos sólidos, por meio de um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

O plano estadual de resíduos sólidos será elaborado para vigência por prazo indeterminado, abrangendo todo o território do Estado, com horizonte de atuação de 20 (vinte) anos e revisões a cada quatro anos, e tendo como conteúdo mínimo:

- Diagnóstico, incluída a identificação dos principais fluxos de resíduos no Estado e seus impactos socioeconômicos e ambientais;
- Proposição de cenários;
- Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- Metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;
- Metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- Programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;
- Normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos do Estado, para a obtenção de seu aval ou para o acesso de recursos administrados, direta ou

indiretamente, por entidade estadual, quando destinados às ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

- Medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos;
- Diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;
- Normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos respeitados as disposições estabelecidas em âmbito nacional;
 - Revisão, em conformidade com os demais instrumentos de planejamento territorial, especialmente o zoneamento ecológico-econômico e o zoneamento costeiro de Zonas favoráveis para a localização de unidades de tratamento de resíduos sólidos ou de disposição final de rejeitos;
 - Áreas degradadas em razão de disposição inadequada de resíduos sólidos ou rejeitos a serem objeto de recuperação ambiental;

Além do plano estadual de resíduos sólidos, os Estados poderão elaborar planos microrregionais de resíduos sólidos, bem como planos específicos direcionados às regiões metropolitanas ou às aglomerações urbanas.

Para Municípios com menos de 20.000 (vinte mil) habitantes, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos terá conteúdo simplificado, na forma do regulamento.

3.3.8 Lei Federal – 12.608 de 2012 – Política Nacional de Defesa Civil

É dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotarem as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre. A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil– PNPDEC deve se integrar às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas,

gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável.

Uma de suas diretrizes é a adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água tendo como objetivos estimular o desenvolvimento de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização, a promoção da identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência além de estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, tendo em vista sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana.

- Compete à União apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Instituir e manter cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.
- Compete aos Estados executar a PNPDEC em seu âmbito territorial instituir o Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil identificando e mapeando as áreas de risco por meio da realização de estudos capazes de identificar ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios;
 - Realizar o monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das áreas de risco, em articulação com a União e os Municípios.
 - Apoiar, sempre que necessário, os Municípios no levantamento das áreas de risco, na elaboração dos Planos de Contingência de Proteção e Defesa Civil e na divulgação de protocolos de prevenção e alerta e de ações emergenciais.

- Compete aos Municípios executar a PNPDEC em âmbito local, promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas e manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município.

O Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil conterá, no mínimo:

- A identificação das bacias hidrográficas com risco de ocorrência de desastres;
- As diretrizes de ação governamental de proteção e defesa civil no âmbito estadual, em especial no que se refere à implantação da rede de monitoramento meteorológico, hidrológico e geológico das bacias com risco de desastre.

3.3.9 Lei Federal – 12.651 de 2012 – Código Florestal

Tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável, esta Lei atenderá à afirmação do compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa, bem como da biodiversidade, do solo, dos recursos hídricos e da integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras. Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

- As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Redação da LEI Nº 12.727/17.10.2012)
 - 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

- 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.
- As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
 - 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
 - 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (Redação da LEI Nº 12.727/17.10.2012)

- As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação da LEI Nº 12.727/17.10.2012)
- As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
- As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- Os manguezais, em toda a sua extensão;
- As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
- No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação
- à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;
- As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

- Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. (Redação da LEI Nº 12.727/17.10.2012)
- Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais. (Redação da LEI Nº 12.727/17.10.2012)
- Não haverá, em qualquer hipótese, direito à regularização de futuras intervenções ou supressões de vegetação nativa, além das previstas nesta Lei.
- A licença ambiental, na hipótese deste artigo, será de 5 (cinco) anos, renovável apenas se o empreendedor cumprir as exigências da legislação ambiental e do próprio licenciamento, mediante comprovação anual, inclusive por mídia fotográfica.
- São sujeitos à apresentação de Estudo Prévia de Impacto Ambiental - EPIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA os novos empreendimentos:
 - Com área superior a 50 (cinquenta) hectares, vedada a fragmentação do projeto para ocultar ou camuflar seu porte;
 - Com área de até 50 (cinquenta) hectares, se potencialmente causadores de significativa degradação do meio ambiente; ou.
 - Localizados em região com adensamento de empreendimentos de carcinicultura ou salinas cujo impacto afete áreas comuns.
- Em bacias hidrográficas consideradas críticas, conforme previsto em legislação específica, o Chefe do Poder Executivo poderá, em ato próprio, estabelecer metas e diretrizes de recuperação ou conservação da vegetação nativa superiores às definidas no caput e nos §§ 1o a 7o, como projeto prioritário, ouvidos o Comitê de Bacia Hidrográfica e o Conselho Estadual de Meio Ambiente.

- Para fins da regularização ambiental prevista no caput, ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, será mantida faixa não edificável com largura mínima de 15 (quinze) metros de cada lado.
- Em áreas urbanas tombadas como patrimônio histórico e cultural, a faixa não edificável de que trata o § 2º poderá ser redefinida de maneira a atender aos parâmetros do ato do tombamento.

3.3.10 Lei Estadual– 6.442 de 2013

Esta lei será colocada em sua integralidade por apresentar itens relacionados à inclusão no Plano diretor de documentos e estudos sobre áreas de risco, além de exigir a presença de técnicos especialistas nas áreas ambientais e de urbanismo.

- Art. 1º Os municípios fluminenses, observadas as diretrizes estabelecidas na Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012 e respeitada à autonomia municipal, deverão incorporar nos seus Planos Diretores e demais instrumentos reguladores da ocupação e uso do solo em suas bases territoriais, os documentos oficiais do Estado do Rio de Janeiro sobre estudos e mapeamentos de áreas de risco.
- Parágrafo único. Os municípios fluminenses, também, deverão incorporar em suas legislações o que prescreve a Lei 6.312 de 03 de setembro de 2012, que institui o Documento de Enquadramento Urbanístico e Ambiental – DEUA a ser apresentado ao consumidor pelas Prestadoras de Serviços Públicos no Estado do Rio de Janeiro.
- Art. 2º Para os fins desta Lei consideram-se documentos oficiais, além dos estudos realizados diretamente pelo poder público estadual, aqueles que, realizados por instituições ou técnicos especializados, venham a receber a chancela do Estado.

- § 1º Os estudos referidos no caput deste Artigo têm por objeto a identificação de ameaças, suscetibilidade e vulnerabilidades a escorregamentos, o mapeamento de áreas de risco e a identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a inundações.
- 2º Cabe aos municípios, detentores da competência para regular e exercer as atividades previstas no caput deste artigo, adequar seus respectivos procedimentos administrativos aos ditames da presente lei
- Art. 3º Os municípios, quando elaborarem estudos de identificação e mapeamento de áreas de risco, deverão considerar os documentos oficiais de que trata o artigo 2º desta Lei e deverão apresentar os resultados desses estudos em audiências públicas, garantindo a participação da sociedade civil e de especialistas nas áreas ambientais e de urbanismo.

Parágrafo único. Na ausência de documentos oficiais ou em caso de necessidade de sua complementação o município poderá solicitar apoio do Serviço de Geologia do Estado - DRM e do Instituto Estadual do Ambiente – INEA.

- Art. 4º Os estudos de identificação e mapeamento de áreas de risco, constantes no Caput do Artigo 3º, deverão ser apresentados em Audiência Pública nas Comissões Permanentes da ALERJ pertinentes ao caso.
- Art. 5º O Governo do Estado do Rio de Janeiro deverá na elaboração do Plano Diretor Metropolitano, consoante a Lei nº 5192 de 15/01/2008, que “Dispõe sobre a elaboração do Plano Diretor Metropolitano do Estado do Rio de Janeiro”, incluir os documentos oficiais do Estado do Rio de Janeiro sobre estudos e mapeamentos da área de risco.
- Art.6º O Poder Executivo tomará as providências cabíveis para desburocratizar e agilizar a compra assistida pelos cidadãos que tenham imóveis condenados pela Defesa Civil Estadual, respeitadas as dotações orçamentárias.

- Art. 7º O Poder Executivo divulgará nos sítios do Instituto Estadual do Ambiente INEA e do Departamento de Recursos Minerais – DRM o mapeamento das áreas de riscos existentes.
- Art. 8º Consoante o Artigo 14 da Lei Federal 12.608/2012, o Estado do Rio de Janeiro e seus Municípios deverão priorizar as políticas públicas de reassentamento de comunidades de moradores situadas em área de risco.

Como síntese do exposto é aparece na tabela 1 a relação das legislações que adotam a bacia hidrográfica como unidade de planejamento::

Tabela 1: Síntese legal de bacias hidrográficas e legislação

<p>Lei Federal - 6.766 de 1979 - Lei de parcelamento e uso do solo</p>	<p>A lei afirma que somente será admitido o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica, assim definida pelo plano diretor ou aprovadas por lei municipal. O parcelamento do solo não é permitido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas; • Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados; • Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes; • Em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação; • Em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.
<p>Lei Federal - 9.433 de 1997 - Lei das</p>	<p>Os Planos de Recursos Hídricos são</p>

<p>Águas</p>	<p>planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos</p> <p>Levam em conta dentre outros aspectos a análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo além de propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos. <u>Estes Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País.</u></p>
<p>Lei Federal – 12.608 de 2012 – Política Nacional de Defesa Civil</p>	<p>É dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotarem as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre.</p> <p>Uma de suas diretrizes é a <u>adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água</u> tendo como objetivos estimular o desenvolvimento de cidades resilientes e os processos sustentáveis de urbanização, a promoção da identificação e avaliação das ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a desastres, de modo a evitar ou reduzir sua ocorrência além de estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural, tendo em vista sua conservação e a proteção da vegetação nativa, dos recursos hídricos e da vida humana.</p> <p>Compete à União apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no <u>mapeamento</u> das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação e Instituir e manter cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto,</p>

	inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.
Lei Federal - 10.257 de 2001 - Estatuto da Cidade	<p>O <u>plano diretor dos Municípios</u> incluídos no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos deverá conter (Redação da LEI Nº 12.608/10.04.2012):</p> <p>Mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos e medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres.</p> <p>Além disso, <u>o conteúdo do plano diretor</u> deverá ser compatível com as disposições inseridas <u>nos planos de recursos hídricos, formulados consoante a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997.</u></p>
Lei Federal - 11.445 de 2007 - Lei do Saneamento	<p>Ela estabelece diretrizes nacionais para a política federal de saneamento básico. <u>Saneamento básico</u> é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de Abastecimento de água potável, Esgotamento sanitário, Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.</p> <p>Os <u>planos de saneamento</u> básico deverão ser compatíveis com os <u>planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos</u> e serão revistos periodicamente, em prazo não superior a quatro anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual.</p>
Lei Federal – 12.651 de 2012 – Código Florestal	<p>Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais.</p> <p>São sujeitos à apresentação de Estudo Prévia de Impacto Ambiental - EPIA e</p>

	Relatório de Impacto Ambiental - RIMA os novos empreendimentos com área superior a <u>50 (cinquenta) hectares</u> , vedada a fragmentação do projeto para ocultar ou camuflar seu porte, com área de <u>até 50 (cinquenta) hectares, se potencialmente causadores de significativa degradação do meio ambiente</u> ; ou. <u>localizados em região com adensamento de empreendimentos</u>
--	--

Para o Pleno entendimento desta relação urbana e ambiental, será apresentado, na Tabela 2, as definições e diferenças entre as diferentes unidades de conservação:

Tabela 2: Unidades de Conservação

Área de Proteção Permanente (APP)	<p>Pode ser resumida como definida como <u>área de mata ciliar</u> na beira de canais, riachos, rios, lagoas ou lagos. Também é a vegetação natural em encostas muito acentuadas e também é duna, restinga, manguezal e outros ecossistemas ameaçados. São áreas protegidas pela Lei Federal nº <u>4.771/65</u> (alterados pela Lei Federal nº <u>7.803/89</u>).</p> <p>Qualquer intervenção em APP deve requerer autorização do DEPRN. Caso contrário, será considerada crime ambiental, conforme dispõe a Lei Federal nº <u>9.605/98</u>, passível de pena de detenção.</p>
Parques Estaduais	<p>São áreas destinadas para fins de conservação, pesquisa e turismo.</p> <p>Podem ser criados no âmbito nacional, estadual ou municipal, em terras de seu domínio, ou que devem ser desapropriadas para esse fim. Esta categoria de manejo é a mais conhecida mundialmente para a proteção da biodiversidade. A legislação para esta</p>

	<p>categoria é farta, o que possibilita uma melhor gestão e manutenção dessas unidades e regidas pela Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação –</p>
<p>Área de Proteção Ambiental (APA)</p>	<p><u>APAs</u> devem ser criadas por instrumentos legais municipais, estaduais ou federais.</p> <p>A Lei Federal nº <u>6.902</u>, de 27 de abril de 1981, art. 8 diz: "<i>Havendo relevante interesse público, os poderes executivos Federal, Estadual ou Municipal poderão declarar determinadas áreas dos seus territórios de interesse para a proteção ambiental, a fim de assegurar o bem-estar das populações humanas, a proteção, a recuperação e a conservação dos recursos naturais</i>".</p> <p>De acordo com a Lei Federal nº <u>9.985</u>, de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, a APA é classificada na categoria de uso direto dos recursos naturais, assim como as Florestas Nacionais, Reservas Extrativistas e as Reservas de Fauna, onde são permitidas a ocupação e exploração dos recursos naturais, conforme normas específicas que assegurem a proteção da unidade.</p> <p>No território das APA coexistem áreas urbanas e rurais, com suas atividades socioeconômicas e culturais e as terras permanecem sob o domínio privado, não exigindo desapropriação pelo poder público</p>
<p>Reserva Biológica</p>	<p>As <u>Reservas Biológicas</u> pertencem à categoria de unidades de conservação de proteção integral. Têm como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e</p>

	<p>preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.</p> <p>A Reserva Biológica é de posse e domínio públicos. É proibida a visitação pública, exceto aquela com objetivo educacional, de acordo com regulamento específico.</p> <p>A pesquisa científica depende de autorização prévia do IEF e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, bem como àquelas previstas no regulamento da unidade.</p>
Reserva Legal	<p>Trata-se de uma obrigação legal que incide apenas sobre floresta de domínio privado e não dá direito ao proprietário à indenização de qualquer natureza.</p> <p>Espaço especialmente protegido, nos termos do art. 225, § 1º, III da Constituição Federal, cuja violação pode configurar o crime previsto no art. 50 da Lei nº 9.605/98. Não pode ser suprimida.</p> <p>O percentual da área de Reserva Legal a ser averbada é determinada de acordo com a região ou tipo de vegetação. Na região Centro-Oeste em vegetações de Cerrado, por exemplo, o percentual é de 20%.</p> <p>O proprietário da área deve medir, demarcar e delimitar a área de Reserva Legal e proceder a devida averbação na inscrição da matrícula do imóvel no cartório de registro de imóveis competente. A averbação pode ser feita por qualquer pessoa e a Reserva Legal está isenta do pagamento do imposto territorial rural. A averbação da reserva legal da pequena propriedade é gratuita.</p>

4 Estudos de caso

O uso das bacias como referência para o planejamento urbano será explorado ao longo do desenvolvimento de dois estudos de caso, ambos localizados no estado do Rio de Janeiro.

A figura 34 mostra o Estado do Rio de Janeiro dividido em noventa e dois municípios. Esta divisão é necessária, mas não suficiente para aplicar a metodologia do planejamento urbano com o referencial em bacias hidrográficas. Para isso é preciso que o estado seja dividido também segundo suas regiões hidrográficas, que se caracterizam por conter mais de um rio e várias bacias dentro dos seus limites. A figura 35 mostra esta divisão por regiões hidrográficas.

A sobreposição da divisão do estado em municípios com a divisão em regiões hidrográficas é apresentada pela figura 36. A partir da observação desta sobreposição fica claro que, para o planejamento acontecer de forma integrada, é necessário ajustar escalas e limites territoriais, tendo em vista que os limites municipais são diferentes e, em geral, menores que os limites das regiões hidrográficas. Por isso, passa a ser interessante aproximar o tamanho da bacia hidrográfica ao tamanho do território para compatibilizar as escalas de planejamento. Como as bacias hidrográficas podem ser subdivididas em bacias menores este ajuste se torna plenamente viável. No entanto, a inserção e interação com a bacia maior não pode ser perdida de vista.

A escolha dos estudos de caso foi orientada pela premissa de que eles possuíssem caráter diverso e que um deles tratasse de uma bacia de baixa densidade urbana, em processo de urbanização, e que o outro se referisse a uma bacia fortemente urbanizada, cujo crescimento urbano não tenha levado em consideração o funcionamento dos fluxos naturais para a expansão de seus limites urbanos. Com essas escolhas pretende-se discutir o argumento da utilização das bacias hidrográficas como referência para o planejamento urbano.

O primeiro estudo escolhido tratará da expansão do município de Seropédica, situado na região hidrográfica do rio Guandu. Este é um município que possui característica predominantemente rural, baixa densidade populacional e processo de expansão da urbanização acelerado, principalmente pela instalação do Arco Metropolitano e da fábrica COQUEPAR. O segundo estudo está localizado na Bacia do Rio Joana, uma sub-bacia do Canal do Mangue, cuja urbanização está consolidada e que, apesar das obras de drenagem porque passou ao longo da história, sofre, ainda hoje, com os recorrentes eventos de cheia. Os estudos estão localizados sobre a região hidrográfica do rio Guandu e da Baía da Guanabara, respectivamente, conforme destacados na figura 37.

Por meio do desenvolvimento destes estudos se pretende apresentar metodologia de apoio para as fases de planejamento da expansão e reestruturação urbana, respectivamente. Vale mais uma vez frisar que se buscou utilizar as bacias hidrográficas considerando seus processos e dinâmicas dos escoamentos como limites à expansão ou como orientadoras à reestruturação urbana. Pretende-se que, ao fim dos estudos, seja possível o entendimento sobre como se estabelecer uma relação entre as divisões ambientais e administrativas, com o objetivo de fundamentar a construção de uma visão sistêmica, imprescindível para um plano de reestruturação ambiental e urbana.

Como contribuição, pretende-se mostrar que é possível a indicação dos vetores que orientem à expansão urbana, minimizando o impacto da urbanização sobre as bacias e das bacias sobre a cidade, especialmente no que concerne ao agravamento de cheias. A metodologia esboçada permitirá uma compreensão mais abrangente do território pela alteração das práticas comuns de planejamento territorial, visando uma expansão mais sustentável.



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



LEGENDA

Estado do Rio de Janeiro

Limite Municipal

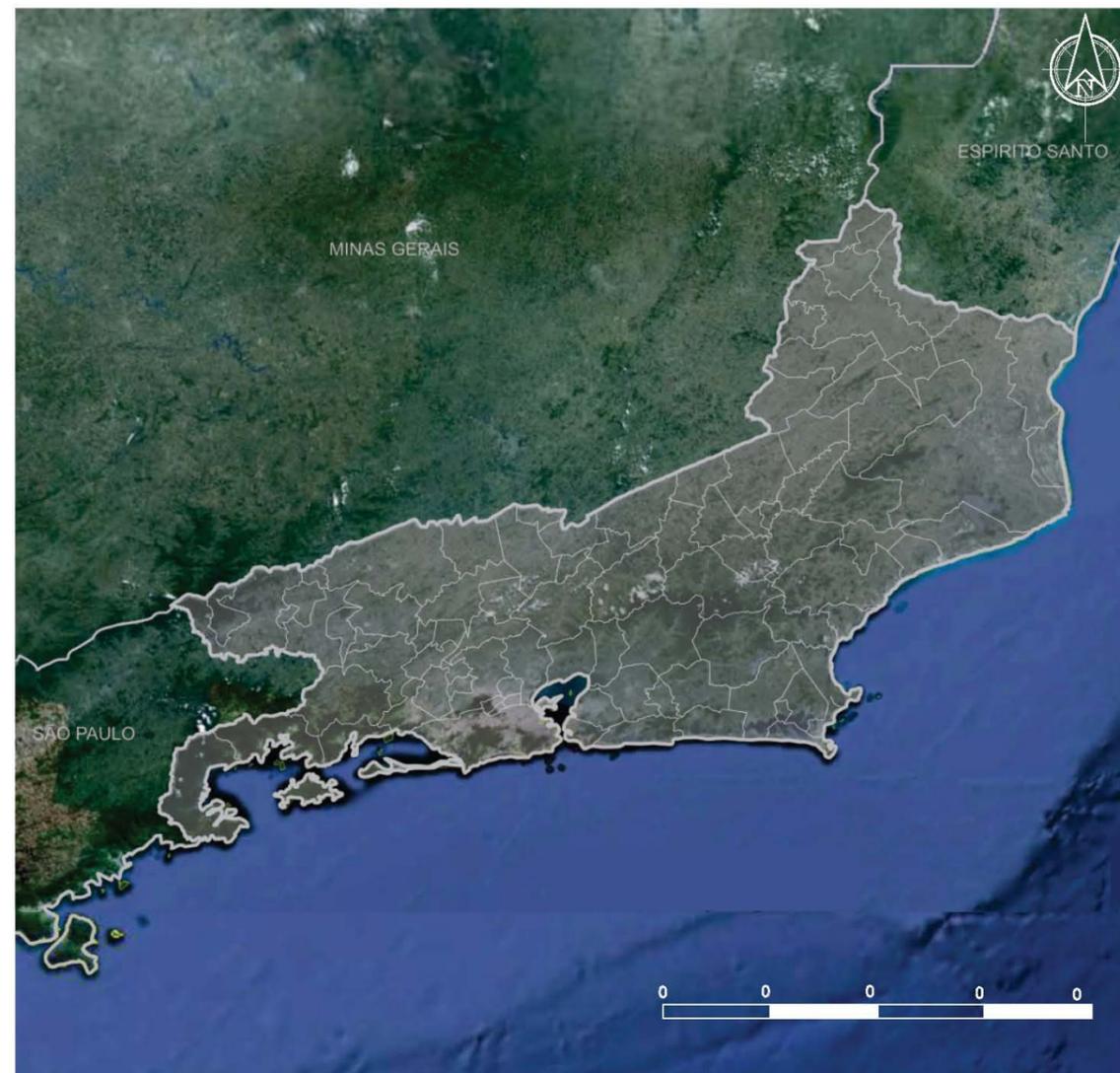


Figura 34: Localização do Estado do Rio de Janeiro no Brasil.
Fonte: Elaborado pela autora



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



REGIÕES HIDROGRÁFICAS

-  RH I - Baía da Ilha Grande
-  RH II - Guandu
-  RH III - Médio Paraíba do Sul
-  RH IV - Piabanha
-  RH V - Baía de Guanabara
-  RH VI - Lagos São João
-  RH VII - Rio Dois Rios
-  RH VIII - Macaé e das Ostras
-  RH IX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana

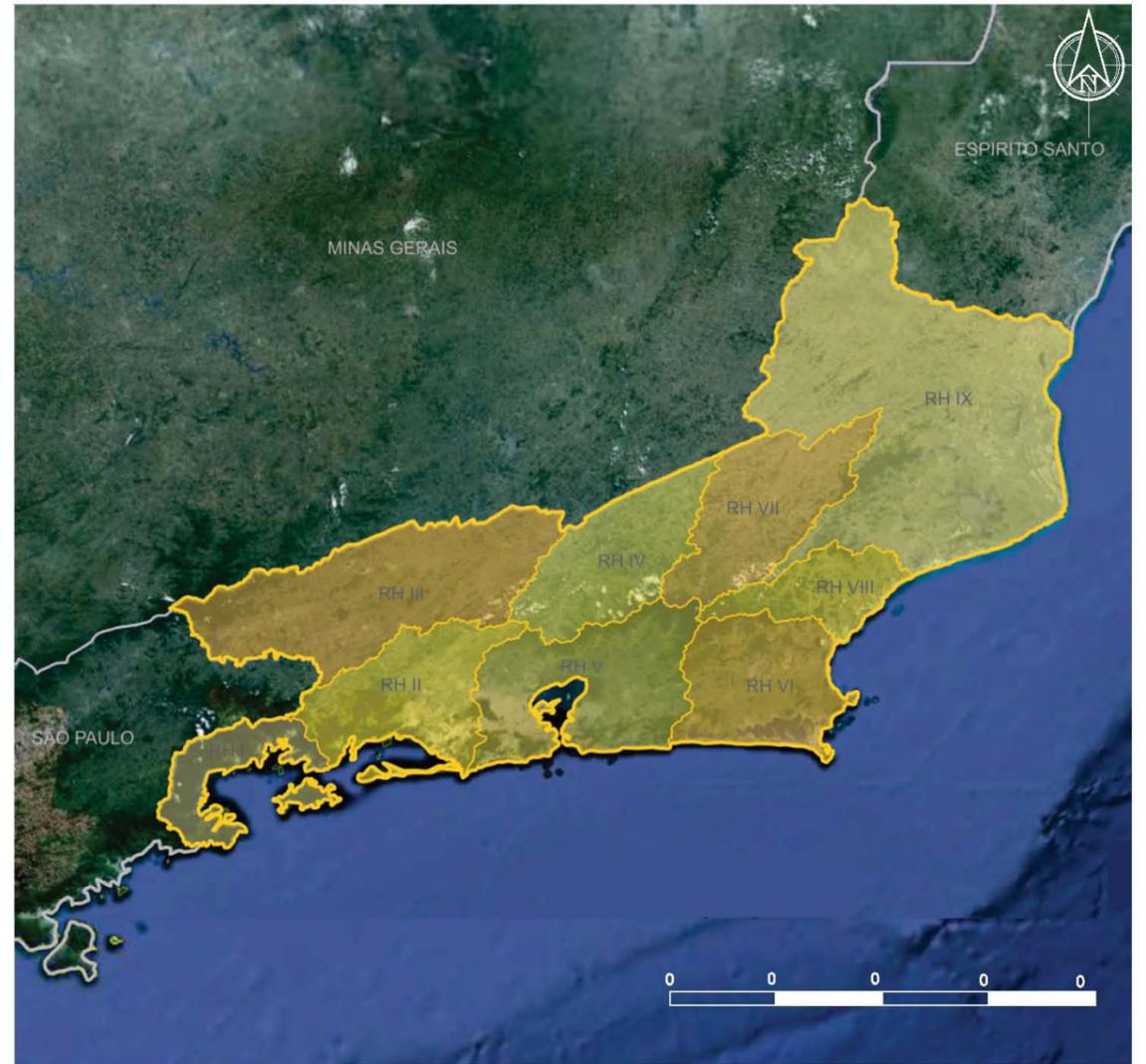


Figura 35: Localização das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro
Fonte: Elaborado pela autora



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



REGIÕES HIDROGRÁFICAS

-  RHI - Baía da Ilha Grande
-  RHII - Guandu
-  RHIII - Médio Paraíba do Sul
-  RHIV - Piabanha
-  RHV - Baía de Guanabara
-  RHVI - Lagos São João
-  RHVII - Rio Dois Rios
-  RHVIII - Macaé e das Ostras
-  RHIX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana

 Estado do Rio de Janeiro

 Limite Municipal

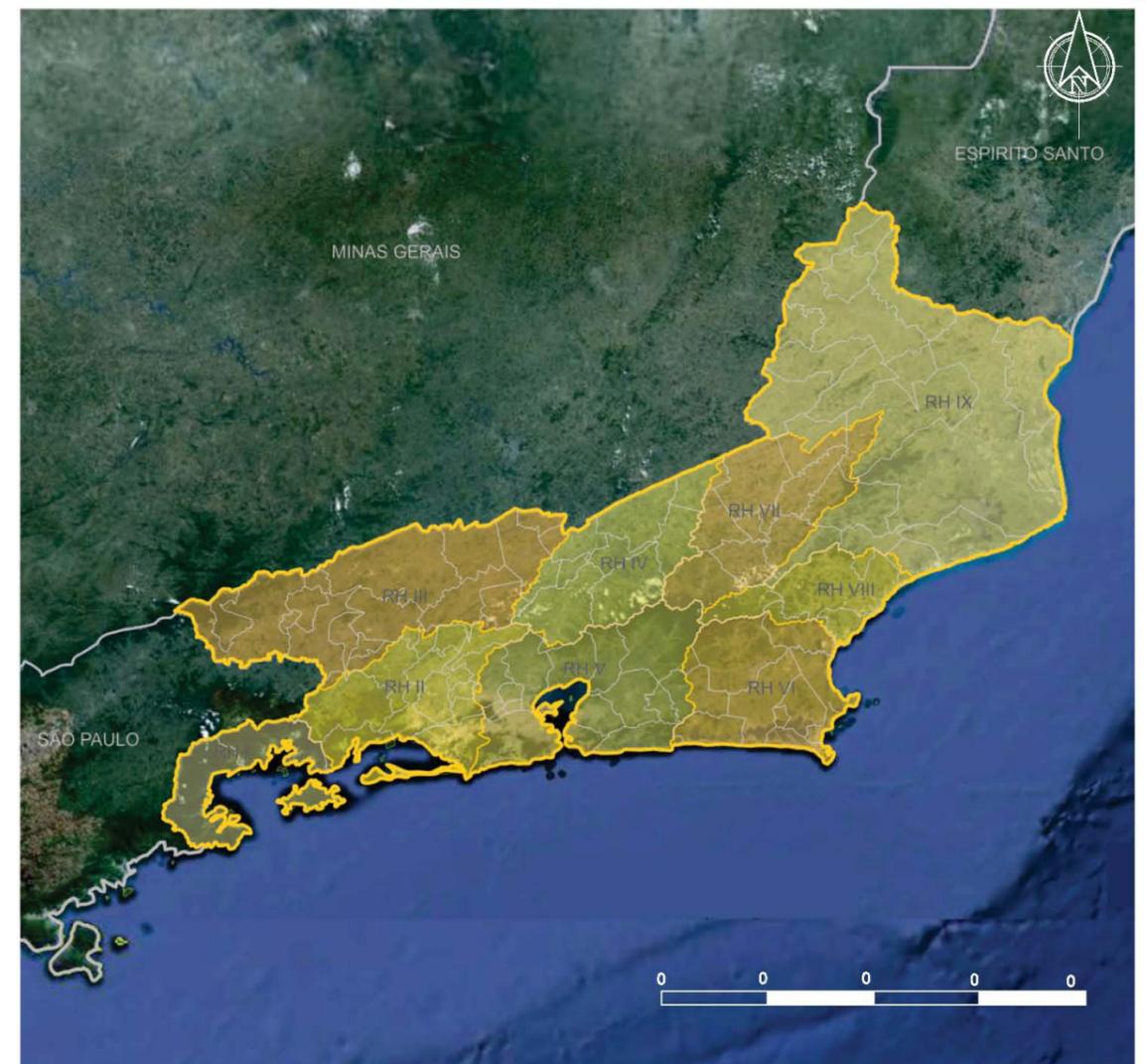


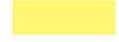
Figura 36: Compatibilização das Regiões Hidrográficas e municípios do Estado do Rio de Janeiro
Fonte: Elaborado pela autora



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



LEGENDA

-  Limite Estadual
-  Limite Regiões hidrográficas
Arco Metropolitano
-  Sub-Bacia do Canal do Mangue
-  Sub-Bacia de Sepetiba

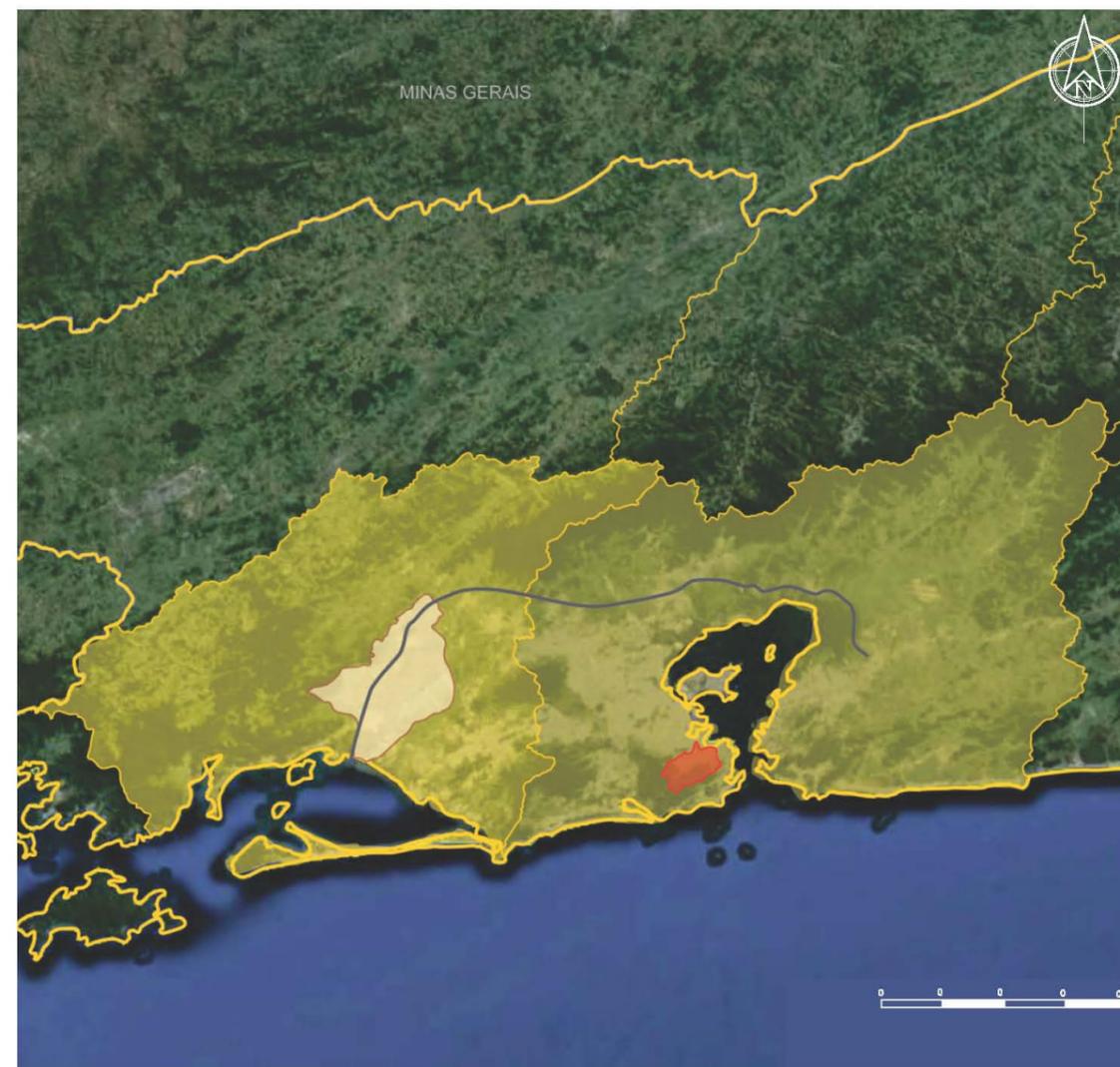


Figura 37: Destaque para as Regiões Hidrográficas e sub-bacias de Estudo
Fonte: Elaborado pela autora

4.1 Município de Seropédica

4.1.1 Contextualização

Nas próximas duas décadas, o estado do Rio de Janeiro receberá enorme volume de investimentos que movimentarão bilhões de Reais. Esse processo não ficará restrito apenas à Capital do Estado. Pelo contrário, a interiorização do crescimento, já em curso, tenderá a se intensificar, proporcionando benefícios concretos como a maior geração de empregos e renda em municípios interior do Estado do Rio (FIRJAN, 2012). Este processo, entretanto, não se dará sem o surgimento de efeitos colaterais do crescimento, que precisam ser identificados, entendidos e mitigados.

É neste ponto que se justifica a escolha do município de Seropédica, que está enquadrado neste contexto e passará por um crescimento urbano acelerado. Após análise territorial, considerando as limitações impostas pela interação com as bacias hidrográficas relacionadas, espera-se a elaboração de uma síntese composta por mapas, que juntos apresentarão as áreas no município mais indicadas ao direcionamento de vetores para expansão da urbanização. Para isso, primeiramente, serão abordados os aspectos históricos do desenvolvimento do município para compreender seu processo evolutivo, em seguida, será feita a caracterização urbana, reflexo da fotografia atual da região, e, por fim, as relações entre ambiente construído e ambiente natural, tomando a bacia hidrográfica como referência, serão analisados em conjunto, para nortear ações de planejamento futuro para um crescimento mais equilibrado.

4.1.1.1 Aspectos Históricos

O desenvolvimento da ocupação da área foi iniciado na metade do século XVI, com a procura por Pau Brasil, logo após o descobrimento. Em 1589, os Jesuítas iniciaram a ocupação, mas em 1759 foram expulsos pelo Marquês de Pombal, sendo interrompida a ocupação e iniciando a primeira fase de decadência da região.

Após 20 anos de abandono total, o vice-rei Luiz de Vasconcelos e Souza resolveu retomar o desenvolvimento da área, em 1780. Ele ordenou a abertura de estradas, a plantação de mandioca e a criação de engenhos de farinha pelo interior da Fazenda Santa Cruz. O Canal do rio Piloto foi aberto com o objetivo de irrigar a região. Neste momento, importantes modificações sobre a vegetação natural e alterações na rede hidrográfica já se verificavam.

A partir de 1793, sob as ordens do Conde de Resende, foram refeitos os currais de gado, construídos os engenhos de cana de Itaguaí e Pirai e plantados os cafezais nas serras. A fase de prosperidade durou até 1804, quando disputas políticas e econômicas levaram a diversos desmembramentos das terras.

Em 1818, a aldeia de Itaguaí foi elevada à categoria de vila e, com isso, desmembrada de territórios do Rio de Janeiro e de Angra dos Reis. O então município de Itaguaí, do qual Seropédica era pertencente, desfrutou, até 1880, de fortes atividades rurais e comerciais. Com a abolição da escravatura, entretanto, houve considerável êxodo dos antigos escravos, ocasionando crise, pois este êxodo, além de desorganizar economicamente a região, deixou os canais de irrigação e drenagem abandonados e sem manutenção. A decadência foi total espalhando-se por fazendas e engenhos que tiveram seus pastos convertidos em verdadeiros pântanos.

Foi somente após 1918, que os governos federais voltaram a dar atenção para esta área. Assim, comissões, programas e projetos de saneamento foram propostos, consumindo recursos e pouco realizando de concreto; sobretudo, pela descontinuidade administrativa, falta de verbas e pela deficiência dos estudos dos regimes hidrológicos dos rios, por conta das pressões políticas para as rápidas inaugurações. Podem-se destacar ações da Comissão da Baixada Fluminense que, de 1922 a 1925, se encarregou de desobstruir o rio Guandu e seus afluentes e do Prof. Maurício Joppert, que após assumir a Comissão, de 1935 a 1941, procurou ordenar a região por meio da realização de estudos globais de drenagem da área. Nesta fase, a lógica da drenagem constituía-se, basicamente, de canalizações e uso de diques, que auxiliavam na função de eliminar o mais rápido possível os efeitos

dos alagamentos, transferindo as inundações de montante para jusante, técnicas hoje conhecidas como medidas tradicionais, associadas a uma fase higienista.

Após estas ações, o município começou a retomada do crescimento, tendo a construção da BR- 465, a instalação da indústria têxtil em Paracambi e as obras de saneamento da Baixada Fluminense como destaque.

Em 1938, foi iniciada a construção do Centro Nacional de Estudos e Pesquisas Agronômicas, onde hoje funciona a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Em 1948, a Universidade foi transferida para as margens da rodovia Rio – São Paulo, atual BR-465, como observado na figura 38, o que culminou para completar o ciclo de crescimento urbano do município.



Figura 38: Imagem Aérea da UFRRJ
Fonte: Acervo pessoal da autora

Recentemente, em 1997, o município de Seropédica tornou-se independente de Itaguaí e a sua identidade é marcada pela presença da universidade com a dinâmica da vida urbana se associando à dinâmica da universidade.

Em síntese, a análise do histórico de desenvolvimento da região, mostra uma significativa modificação da paisagem natural, com diferentes ciclos econômicos predominantes, alterando momentos de ápice e decadência, com uma lógica quase sempre determinada pelas atividades econômicas, sem levar em consideração uma efetiva integração com aspectos limitantes do ambiente natural.

4.1.1.2 Caracterização Urbana

A região de estudo se caracteriza por estar em área de fronteira da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. A figura 39 mostra a localização do município no estado.

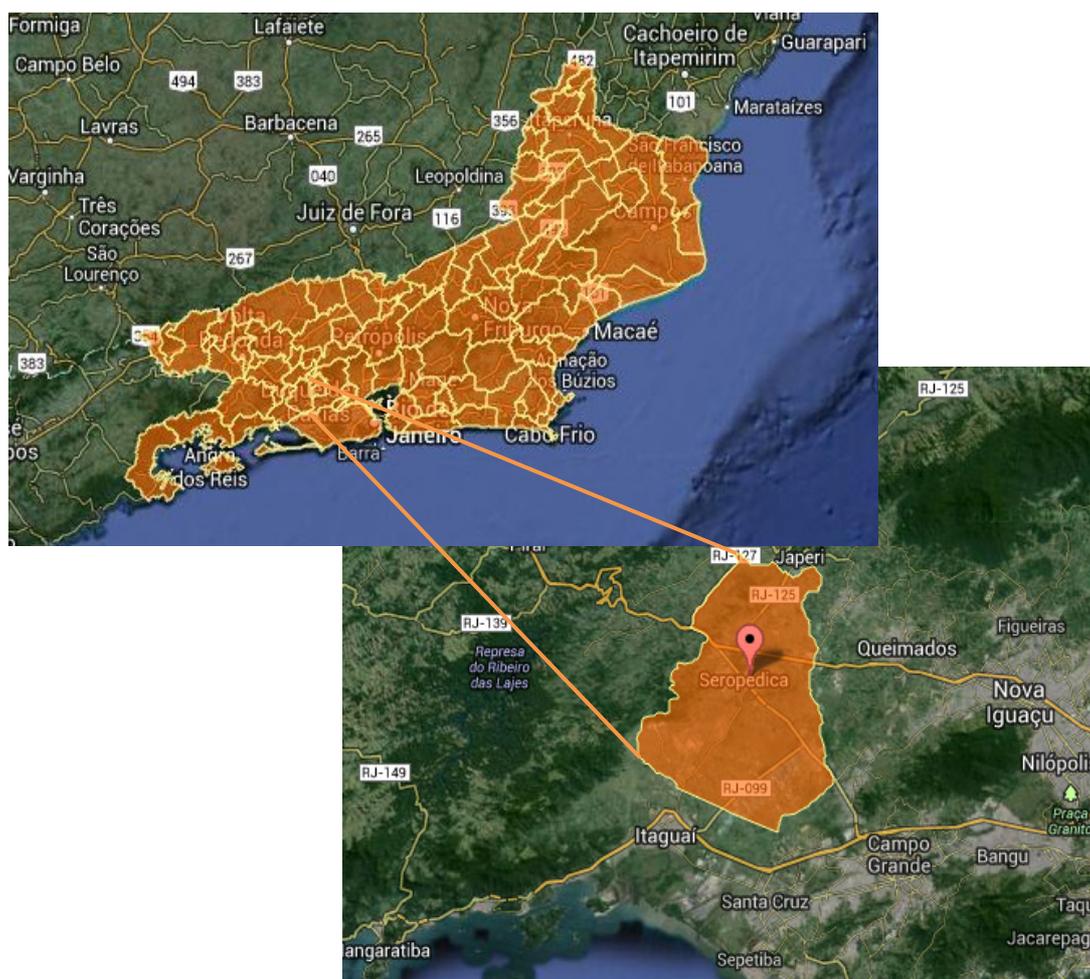


Figura 39: Município de Seropédica

Fonte: Modificado pela autora de <http://www.ibge.gov.br>, julho 2013.

O centro de Seropédica está representado na figura 40, em vermelho. Ele é recortado pela BR-465 e está limitado ao norte pela Unidade de conservação conhecida como Floresta nacional Mário Xavier (FLONA), a nordeste pela BR-116 (Via Dutra), a noroeste pelo Arco Metropolitano, ao sul pela ferrovia MRS e a sudeste pelo campus da UFRRJ. A figura 41 mostra uma visão em sobrevôo do atual centro da cidade.

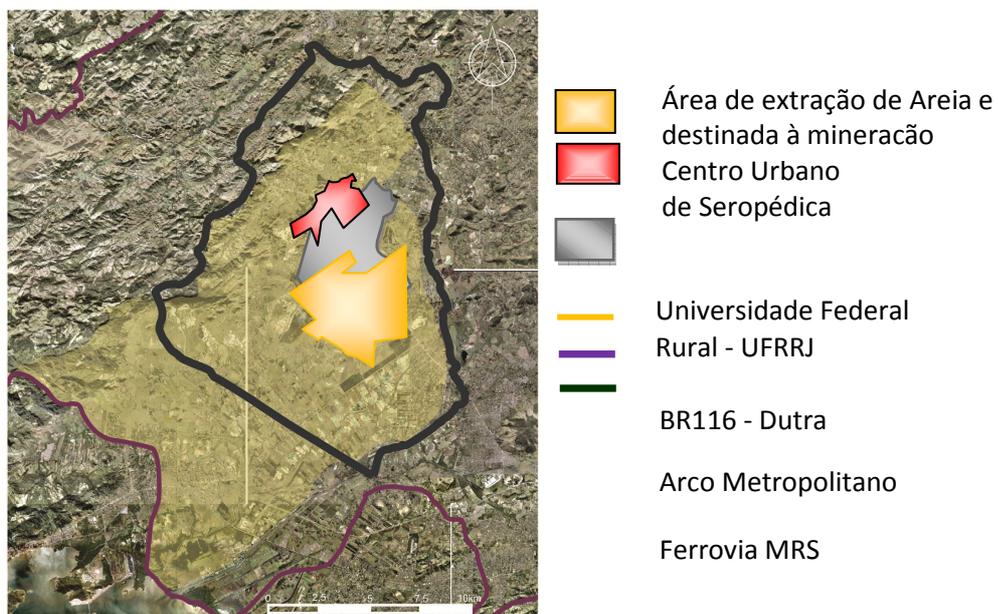


Figura 40: Centro Urbano de Seropédica
Fonte: Elaborado pela autora

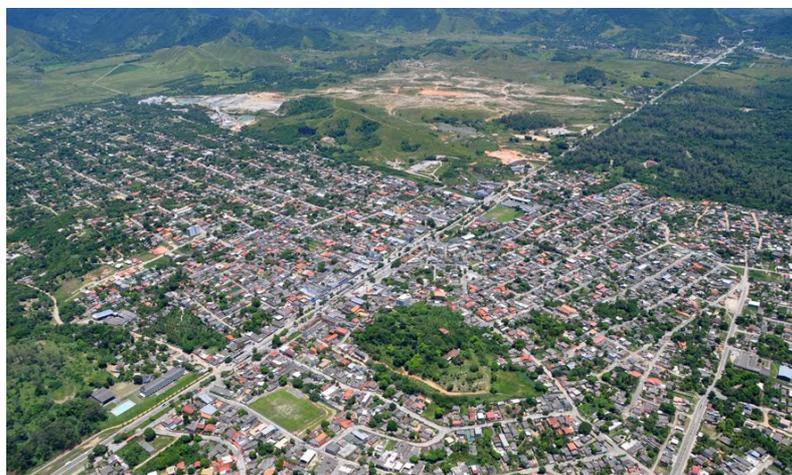


Figura 41: Centro Urbano de Seropédica

Fonte: http://www.panoramio.com/photo_explorer#view=photo&position=52&with_photo_id=53435865&order=date_desc&user=2993491, julho 2013.

Esta região se caracteriza por ser a que concentra o maior estoque de infraestruturas logísticas do estado e um dos maiores estoques do país, estando na área de influência direta do Porto de Itaguaí, da Rodovia Presidente Dutra e da malha ferroviária denominada Malha Regional Sudeste Logística S.A. (MRS).

O volume de movimentações logísticas desta área está sendo ampliado pela implantação do Arco Metropolitano e do Porto de Itaguaí, que estão em fase de instalação na vizinhança do município. O Arco Metropolitano é estratégico por interligar por meio do acesso rodoviário a região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, até o Porto de Itaguaí, desde o complexo petroquímico COMPERJ. A sua área de influência é irradiada para além do estado. A figura 42 mostra a dimensão do Arco Metropolitano e como ele recorta importantes municípios do interior do estado do Rio de Janeiro.

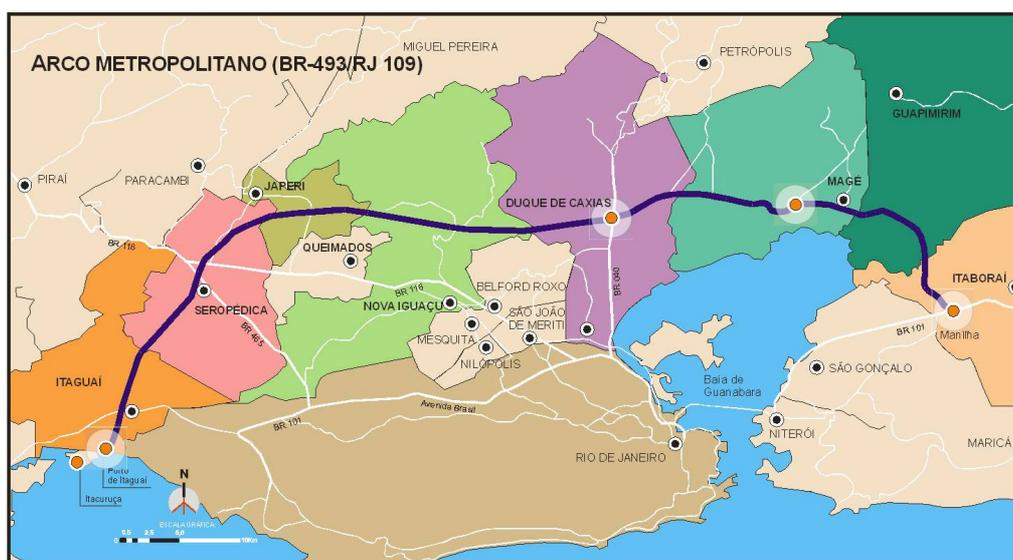


Figura 42: Arco Metropolitano Empreendimento Alicerce
Fonte: Rima do Arco Metropolitano, 2011.

Com a chegada desta importante via novas centralidades urbanas serão criadas e uma possível intensificação da degradação ambiental, pelo avanço da urbanização e consequente impermeabilização do solo, que poderão agravar os eventos de cheia, caso a expansão não seja planejada e estruturada, interferindo com a urbanização já implantada não garantindo o bom funcionamento das novas áreas.

Além do Arco Metropolitano e do porto, está sendo implantada a indústria COQUEPAR, dentro do município de Seropédica. Esta indústria trará novos empregos diretos e indiretos e com isso outros desafios se apresentarão. Para responder a eles é importante que sejam revistos os instrumentos de gestão e controle, como é o caso do próprio Plano Diretor, datado de 2006, que pode já não estar adequado, por conta da influência dos novos empreendimentos a serem instalados.

É muito importante, portanto, a análise do município em função destes empreendimentos que, por si só, são capazes de alterar o perfil de crescimento local fazendo com que a cidade assuma uma função diversa dos interesses da municipalidade e de sua população.

4.1.1.3 Caracterização ambiental e paisagística

A paisagem de Seropédica é heterogênea, com características rurais, composta por mosaicos de campos e fragmentos florestais degradados e já fortemente alterada por ação antrópicas, conforme pôde ser visto na revisão de seu histórico de desenvolvimento. Apesar disso, na região, destaca-se, do ponto de vista da paisagem, a FLONA, a UFRRJ, a Embrapa e os distritos areeiros.

Por possuir os distritos areeiros, Seropédica é a principal supridora de areia para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. As suas cavas de extração de areia, entretanto, tem a particularidade de estar sobre um aquífero subterrâneo, o que pode ser um risco a integridade deste manancial. Por isso, dependendo da urbanização do município e do volume de extração as consequências ambientais podem ser drásticas. Estas águas subterrâneas estão divididas em dois aquíferos principais: o Fraturado e o Piranema. O primeiro é descontínuo e o segundo é contínuo apresentando uma área de aproximadamente 250 km². A figura 43 mostra estes aquíferos em separado no território.

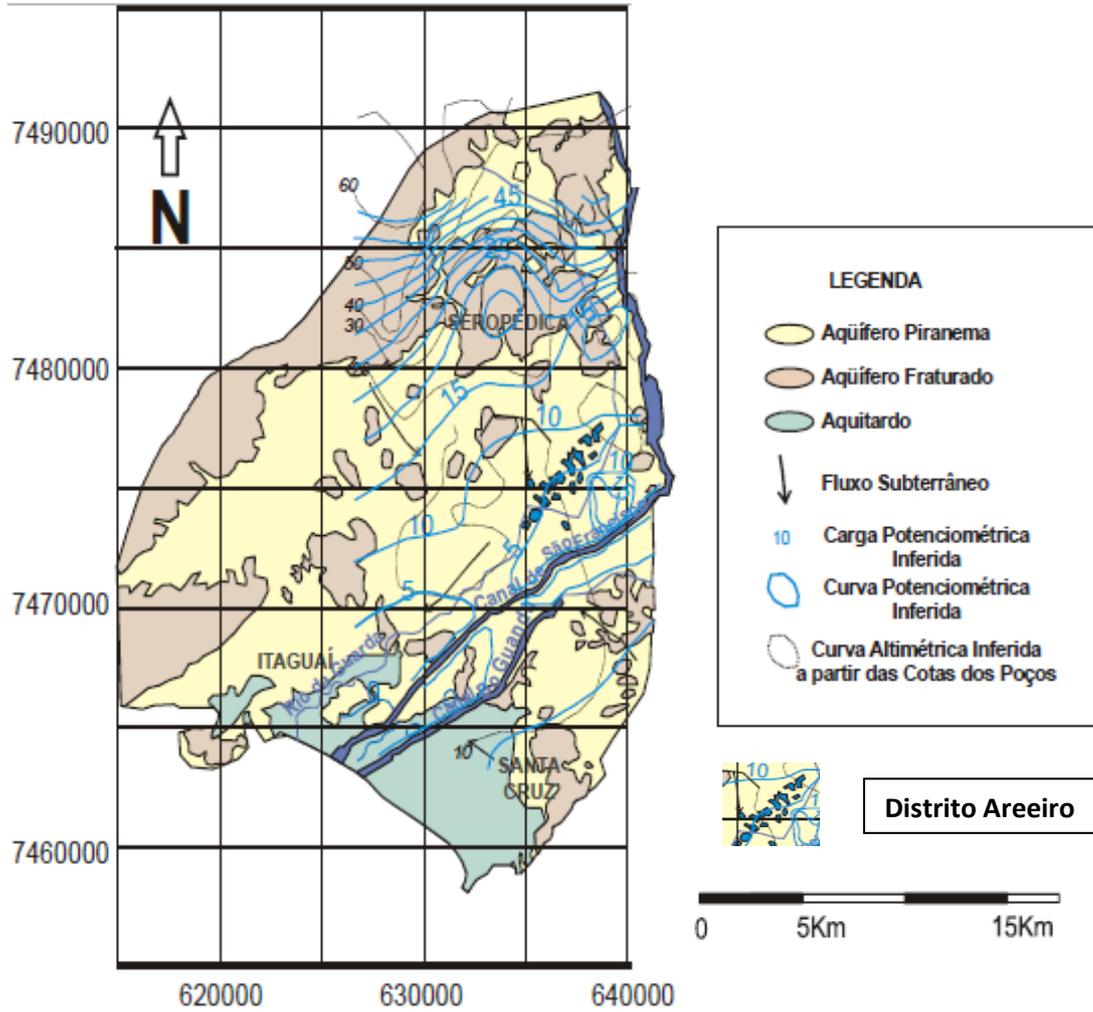


Figura 43: Localização dos Aquíferos Fraturado e do Piranema
 Fonte: Plano Estratégico da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim.

A extração de areia é uma atividade comum na região e as areias são extraídas por meio das cavas situadas, principalmente, sobre o aquífero do Piranema. As aberturas destas cavas deixam o aquífero a descoberto e o Planejamento Estratégico da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e do Guandu Mirim (2006), enumera algumas possíveis consequências por conta disso:

Em passado recente, nas cheias de maior porte, as águas drenadas da bacia hidrográfica invadiam as áreas de extração, com o rompimento de diques marginais mal consolidados, acessando às lagoas e contaminando-as com águas poluídas. Após a lavagem da área de extração, as águas da enchente retornavam às vias de drenagem em pontos localizados à jusante, com um expressivo aporte de sedimentos. A abertura das cavas durante o processo

de remoção da areia representa um risco de contaminação do aquífero regional, tendo em vista a possibilidade de lançamento indevido de resíduos contaminantes nas cavas abertas.

As operações de abastecimento e manutenção das dragas são responsáveis pelo lançamento de óleo combustível e lubrificante nas águas das cavas. As cavas podem, também, receber a contribuição superficial de óleos drenados das áreas de armazenamento, oficinas mecânicas e estradas.

Por muitas das cavas estarem situadas sobre o aquífero do Piranema e em atividade não regulamentada outra grave consequência é a alteração do funcionamento da dinâmica das águas. Isso potencializa o dano ambiental causado pela extração ilegal, pois o fluxo subterrâneo no aquífero Piranema, que é bastante complexo e possui seu sentido geral do fluxo de norte/nordeste para sul/sudoeste passa a ser desviado para o interior das lagoas das cavas e sofrendo uma inflexão para oeste em direção ao rio da Guarda. A região onde se concentra a maior quantidade de cavas de extração é conhecida como polígono do Piranema. Uma explicação para o aquífero está na geologia da região, que é composta de embasamento cristalino recoberto de sedimentos arenosos. Através do perfil do terreno pode-se compreender que as águas infiltram pelos sedimentos arenosos, como se estes fossem uma esponja, e ficam retidas na base cristalina. Isso pode ser observado nas figuras de 44 até 48.

- Formação de Barreiras:** Argilas lateríticas e areias com óxido de ferro sobrepostas ao embasamento cristalino. Aquíferos Livres, pouco produtivos, vazões aproximadas de 2m²/h e capacidade específica média de 0,33m³/h/m. Águas Normalmente ferruginosas
- Formação Macacu:** Argilas arenosas, areias finas e silos variados, com intensa interlocução sobreposto ao embasamento cristalino. Aquíferos livres a semi-confinados, com espessura de pelo menos 40m, pouco produtivos, vazões aproximadas de 1,5m²/h e capacidade específica média de 0,06m³/h/m.
- Alúvio Lacustre:** Areias e argilas intercaladas com matéria orgânica. intensa variação composicional. Aquíferos livres sobreposto tanto ao embasamento cristalino quanto a sedimentos mais antigos. Espessuras em torno de 20m, com importância hidrogeológica local. Podem atingir localmente espessura da ordem de 100m, como nos aluviões dos rios Macacu, Gundu, Guapiaçu, Macaé e Iguaçu tendo um maior potencial e vazões superiores a 10 m²/h. Água de boa qualidade e levemente ferruginosa.
- Cordões, Restingas e Terraços litorâneos:** Areias razoavelmente selecionadas, com matriz sílica ea argilosa, granulometria fina a grossa. Aquíferos livres, rasos e normalmente salinizados. Aproveitamento restrito.
- Argilas Orgânicas Costeiras:** Sedimentos argilosos ricos em matria orgânica, restritos a ambientes de manguezais. Águas salinas com altos teores de ferro e cloretos, sem condições para utilização da água.

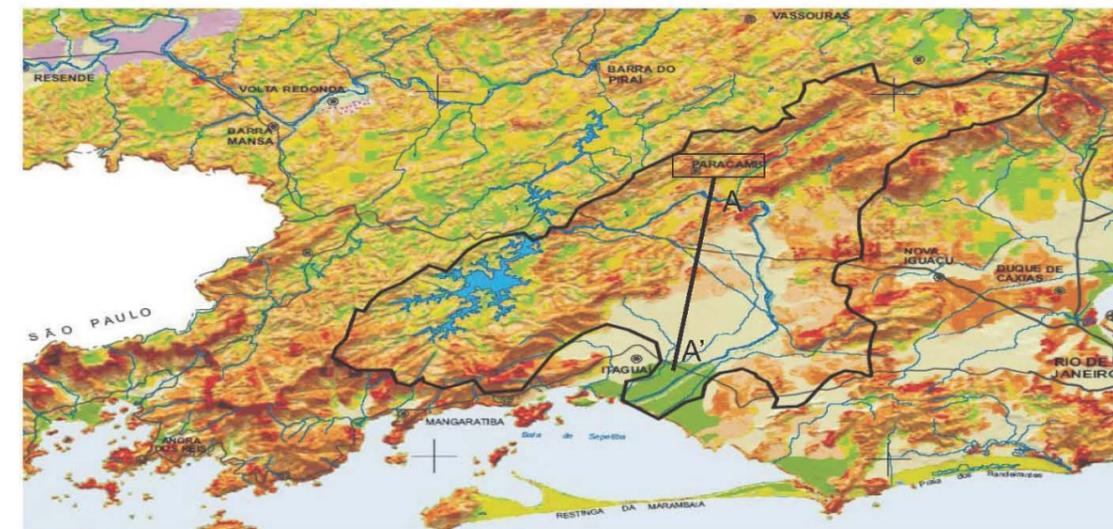


Figura 44: Localização do Perfil Geológico da Bacia de Sepetiba
Fonte: Modificado do Plano do Guandu, 2006

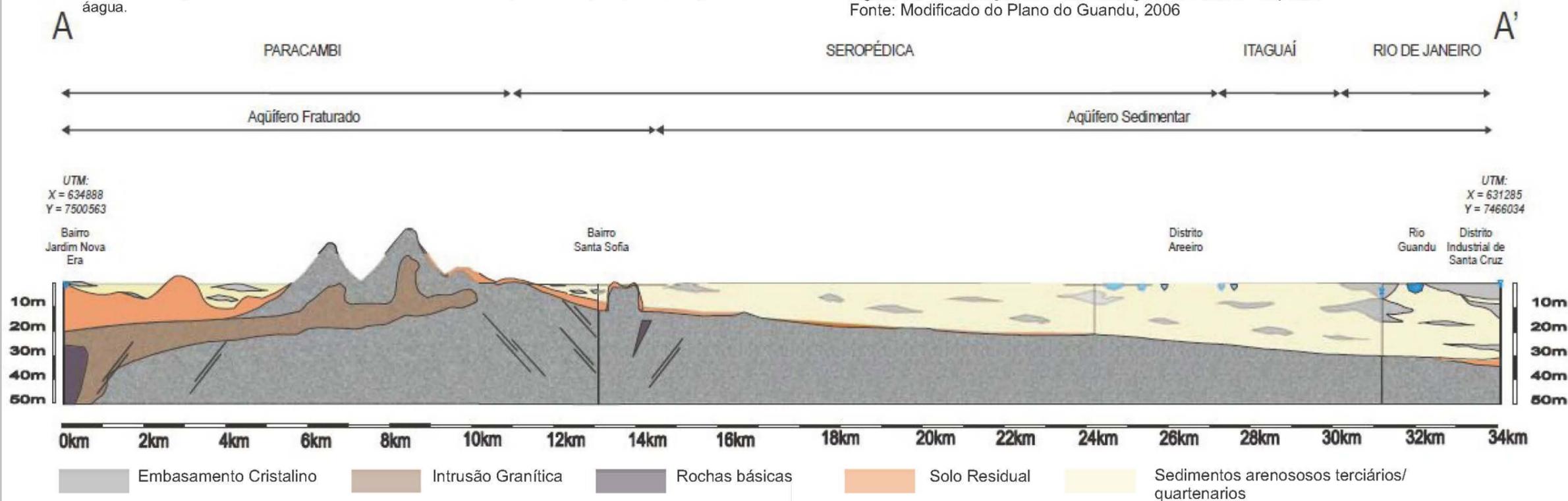


Figura 45: Localização do Perfil Geológico da Bacia de Sepetiba

Fonte: Modificado do Plano do Guandu, 2006

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

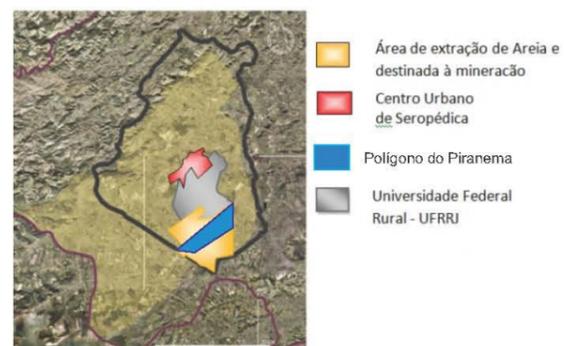


Figura 46: Distrito Areeiro e Polígono do Piranema
Fonte: Elaborado pela autora



Figura 47: Polígono do Piranema
Fonte: Modificado do Plano do Guandu, 2006



Figura 48: Destaque para as cavas de extração da areia.
Fonte: Modificado do Plano do Guandu, 2006

Assim, quando a lagoa da cava é formada, o armazenamento aumenta porque as águas fluem para esse espaço extra ocorrendo o rebaixamento temporário do nível da água nas vizinhanças. Este fenômeno é ilustrado através da figura 49.

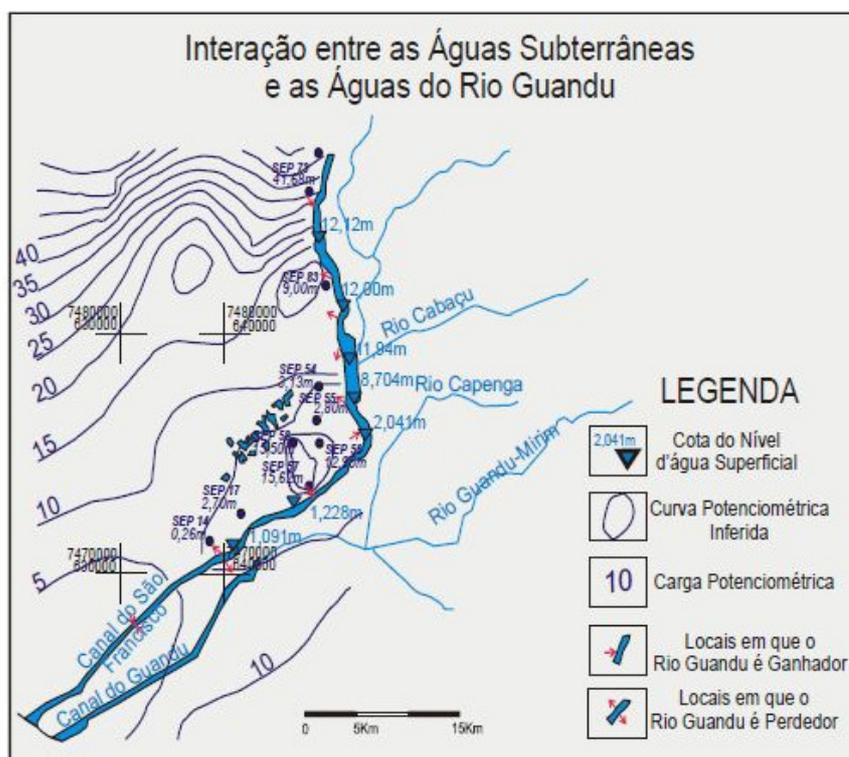


Figura 49: Interação entre as águas Subterrâneas e as águas do Rio Guandu
Fonte: Plano Estratégico da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim.

4.1.2 Identificação e Caracterização das bacias hidrográficas que têm interseção com o município de Seropédica

O município de Seropédica está situado sobre a região hidrográfica do rio Guandu, cujas bacias formadoras são pouco urbanizadas. Isso não é o mesmo que dizer que elas se encontrem em seu estado natural, principalmente porque passaram por importantes obras em sua rede hidrográfica original.

Apontar a região hidrográfica sobre a qual está o município não é suficiente para que o estudo integrado seja desenvolvido, sendo preciso encontrar as bacias que serão usadas como base para análise do município. Para isso após a identificação da região hidrográfica é preciso a delimitação das sub-bacias para a aproximação das escalas entre o município e a bacia. Como resultado deste processo tem-se a bacia

de Sepetiba como primeiro nível de aproximação. Na sequência apresentada pelas figuras 50 e 51, observa-se tanto a região hidrográfica do Guandu como e bacia de Sepetiba em rosa.



Figura 50: Região Hidrográfica do Guandu (RHII)
Fonte: Elaborada pela autora



Figura 51: Região Hidrográfica do Guandu(RHII) e Sub-bacia de Sepetiba
Fonte: Elaborada pela autora

A bacia de Sepetiba é cercada pela Serra do Mar, estando esta bem próxima ao litoral. Sua situação geográfica faz com que os rios se apresentem com regimes hidrológicos intensos, com grandes variações de vazões. A dinâmica de suas águas possui características de rios de montanha, atingindo a baixada em pouco tempo e causando inúmeras inundações. Nesta bacia, muitos dos seus rios tiveram seus cursos retificados, dragados, canalizados e unidos por “valões” desde o século XVII, como forma de buscar uma solução para as inundações constantes a que a região estava sujeita.

A ocupação humana data da metade do século XVI e nos limites desta bacia estão situados parcial e integralmente doze municípios fluminenses: Itaguaí, Seropédica, Queimados, Japeri, Paracambi, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Engenheiro Paulo de Frontin, Miguel Pereira, Vassouras, Pirai e Rio Claro. Daí retira-se que Sepetiba ainda é uma bacia muito grande sendo necessário dividi-la em suas sub-bacias formadoras, para ser dada continuidade à lógica de aproximação do tamanho do município com o tamanho da bacia de referência.

Porém, é importante destacar que a atuação nas sub-bacias de Sepetiba não deve transferir alagamentos a jusante, dado que já nesta primeira escala de referência se observam relatos de cheia associadas a vários pontos da bacia, como resultado de sua geografia e processo de ocupação, que se tornam limitantes para o desenvolvimento futuro.

A figura 45 apresenta a subdivisão da bacia de Sepetiba em bacias menores. Segundo esta subdivisão, nota-se que existe uma bacia que se aproxima muito da dimensão do município de Seropédica, que é a Bacia do Rio da Guarda. Isto pode ser observado na sequência, das figuras 52, 53 e 54.

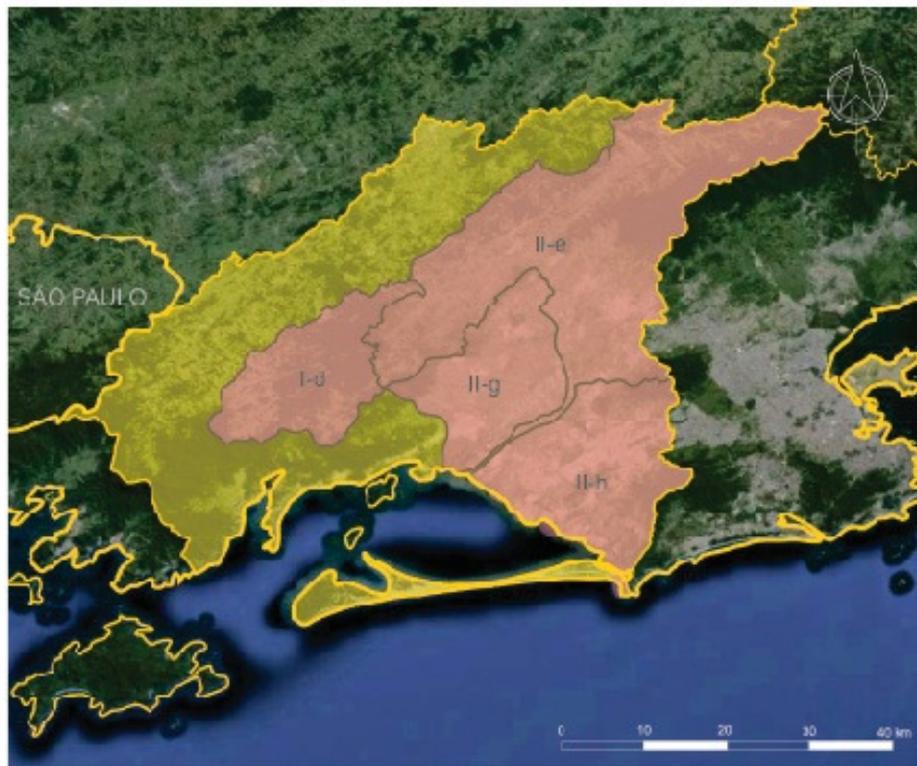


Figura 52: Bacia de Sepetiba dividida em sub-bacias.
Fonte: Elaborada pela autora

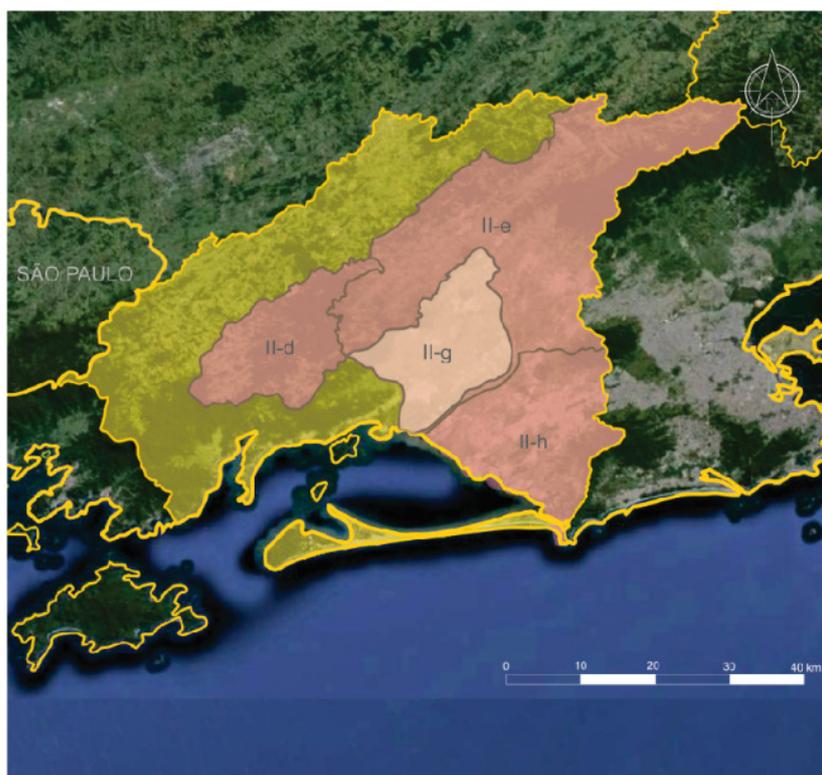


Figura 53: Região Hidrográfica do Guandu (RHII)
Fonte: Elaborada pela autora

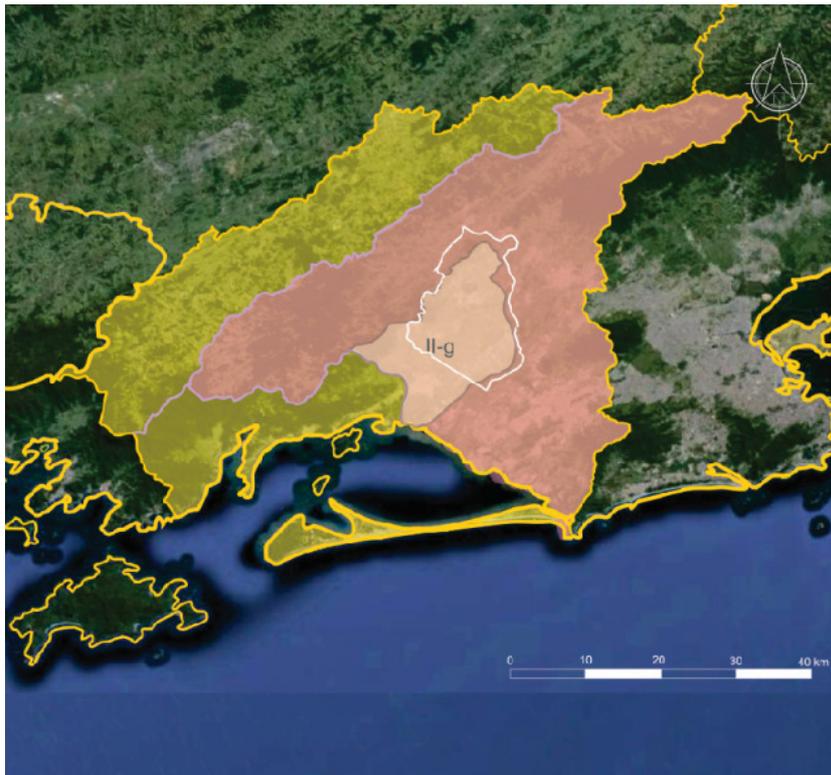


Figura 54: Bacia de Sepetiba dividida em sub-bacias.
Fonte: Elaborada pela autora

Sendo assim, esta será a bacia adotada como referencial de planejamento para o município. Ela está situada em uma área de baixada e predominantemente rural, como observado pelas figuras 55 e 56. Como já discutido, possuir características rurais não significa dizer que a bacia está em seu estado natural, mas sim que a dinâmica de escoamento desta bacia se assemelha a de bacias naturais por possibilitar a infiltração de parte do escoamento das águas pluviais, tendo em vista que sua urbanização e grau de impermeabilização do solo são pequenos.



Figura 55: Sobrevôo sobre a bacia do rio da Guarda
Fonte: Acervo Pessoal da autora



Figura 56: Sobrevôo sobre a bacia do rio da Guarda
Fonte: Acervo Pessoal da autora

Outra característica desta bacia é que ela possui uma extensa rede de canais com pontos críticos favoráveis ao transbordamento e com a dinâmica de seus fluxos consolidada. Vale destacar que, no estágio atual da urbanização, algumas áreas de baixada já estão sujeitas a inundações periódicas por sua proximidade com o litoral, aliada à baixa declividade e ao assoreamento. Muitos dos pontos de estrangulamento são originários dos aterros e fundações para a construção das pontes do sistema ferroviário existente, que agravam a situação. Com urbanização que está por vir, a dinâmica desta rede de drenagem, certamente, terá alteração em seu funcionamento com tendência de agravamento de cheia, se os devidos cuidados não forem tomados. A figura 57 apresenta um exemplar de canal presente nesta bacia.



Figura 57: Sobrevôo sobre a bacia do rio da Guarda
Fonte: Acervo Pessoal da autora

Após a identificação e caracterização da bacia de referência, é importante ampliar a visualização do conjunto para que seja possível a interpretação do cruzamento das informações necessárias à análise. A sequência das figuras 58, 59 e 60 mostram, em conjunto, os limites da bacia do rio da Guarda, do município de Seropédica e, por último, o conjunto bacia, limite municipal e rede de drenagem em uma mesma base. Depois disto passa a ser possível uma caracterização mais detalhada da bacia. Em relação às suas dimensões pode-se afirmar que a bacia compreende uma área de aproximadamente de 346 km², sendo vizinha, por sua margem direita, da bacia do rio Guandu. Observando sua rede de drenagem, é possível notar que a bacia varre praticamente todo o município de Seropédica, depois atravessa o município de Itaguaí desembocando na baía de Sepetiba.

A ligação destes dois municípios, do ponto de vista das águas, portanto, é fato e pôde ser sentido após a maior cheia dos últimos anos, ocorrida no ano de 1996, que inundou as áreas urbanas e rurais tanto de Itaguaí, como de Seropédica.

Outro fenômeno sentido na região é a presença das marés na foz que, alteram a dinâmica de escoamento das águas, contribuindo para o represamento das águas precipitadas na bacia, agravando as cheias e podendo levar ao colapso o funcionamento da rede. Além do detalhamento qualitativo da bacia, também é importante o levantamento quantitativo de algumas características físicas por meio de parâmetros que auxiliem na identificação da tendência natural a eventos de cheia de uma bacia.

Para isto os parâmetros relativos ao fator de compacidade (K_c), fator de forma (K_f) e índice de conformidade, foram todos calculados, considerando o estado natural da bacia. O fator de compacidade relaciona-se com o tempo de concentração da bacia. Este parâmetro tem o valor de 1,40. Por ser maior que um, a sua interpretação indica que a bacia tende a possuir baixa propensão para grandes enchentes. O fator de forma determina propensão de ocorrerem picos elevados de cheia. Como a bacia do Rio da Guarda apresentou um valor menor que um isto evidencia que por este parâmetro a bacia também não tende a eventos de Cheia.

Estes parâmetros morfométricos, portanto, não caracterizam a bacia como tendo potencial para grandes cheias. Pelo contrário, indicam que se a urbanização acontecer considerando os limites suportados por ela e adotando princípios para um desenvolvimento de baixo impacto e preservando o padrão de drenagem dos escoamentos, os prejuízos oriundos de alagamentos poderiam provavelmente ser evitados.

Depois de analisada a bacia de referência, é importante também a identificação das sub-bacias que a compõem, para o estabelecimento dos vetores de crescimento internos do município. Por isso é muito importante o avanço na identificação das demais sub-bacias da Bacia do rio da Guarda que conseqüentemente compõem o

próprio município, atravessando seus bairros. A figura 61 mostra o conjunto de sub-bacias que formam a bacia do rio da Guarda.

Entendendo a dinâmica das bacias e sub-bacias, portanto, é possível se delimitar e traçar os vetores de crescimento urbano também no interior da cidade. Dentre as sub-bacias que compõem a bacia do rio da Guarda, as duas bacias identificadas como as que mais impactos diretos podem sofrer e causar ao município foram a bacia do Valão dos Bois e a do rio Piloto. Elas estão destacadas nas figuras 62 e 63, lado a lado, de modo que à esquerda está a bacia do Valão dos Bois e à direita, a do rio Piloto.

4.1.3 Aspectos restritivos impostos pelas bacias e sub-bacias hidrográficas

A análise conjunta do uso do solo, do zoneamento e da rede hidrográfica é muito importante, pois traz uma compreensão do funcionamento do ambiente natural em associação com o ambiente construído. Com isso fica mais simples projetar a expansão e ocupação de forma a manter a dinâmica da bacia sob controle, apesar da urbanização, e, também, identificar as áreas que devem ser restritas à ocupação, devido aos limites impostos pela própria capacidade das bacias.

É interessante que os planos diretores municipais, em sua maioria, não consideram nem a interferência da rede hidrográfica local e muito menos das bacias hidrográficas em sua mancha de uso do solo e zoneamento. Eles, na maioria dos casos, são constituídos por mapas que trazem os aspectos citados de forma isolada, sem sequer estarem sobrepostos em uma mesma base cartográfica. A separação dos aspectos dificulta a visualização das interferências existentes entre os sistemas que compõem a cidade, não possibilitando uma fácil identificação da influência que um sistema tem sobre o outro. As figuras 64 e 65 apresentam exemplares de mapas isolados extraídos do plano diretor do município de Seropédica.

Para uma análise sistêmica, é importante que, minimamente, estejam em uma mesma base os recursos hídricos, o uso do solo e as vias projetadas. As figuras 66 e 67 mostram os mapas de uso do solo e zoneamento extraídos do Plano Diretor compatibilizados.

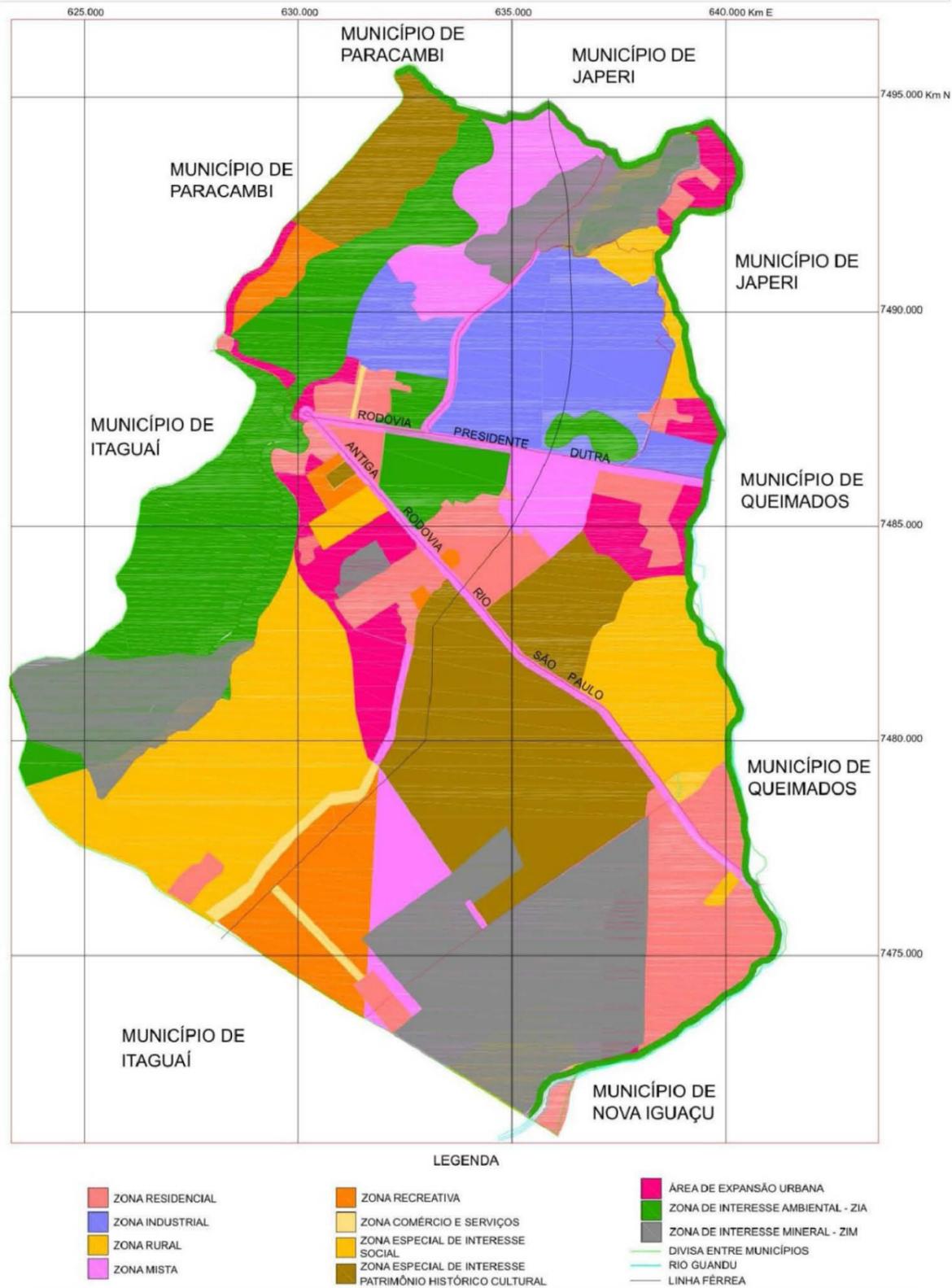


Figura 64: Mapa de Zoneamento extraído do Plano Diretor do Município de Seropédica
 Fonte: Plano Diretor de Seropédica, 2006

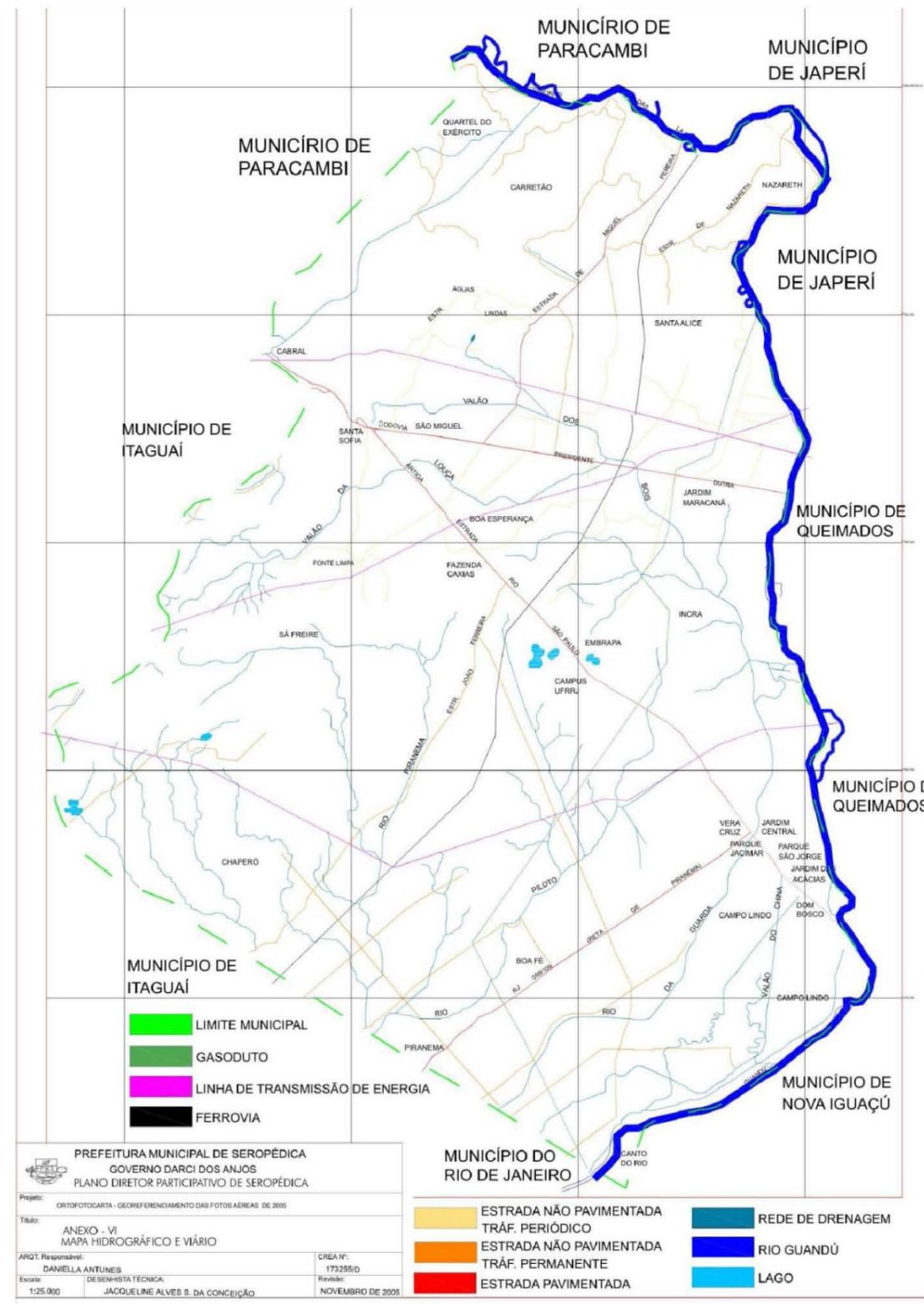


Figura 65: Mapa de Recursos Hídricos do Município de Seropédica.
 Fonte: Plano Diretor de Seropédica, 2006

Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Escola Politécnica

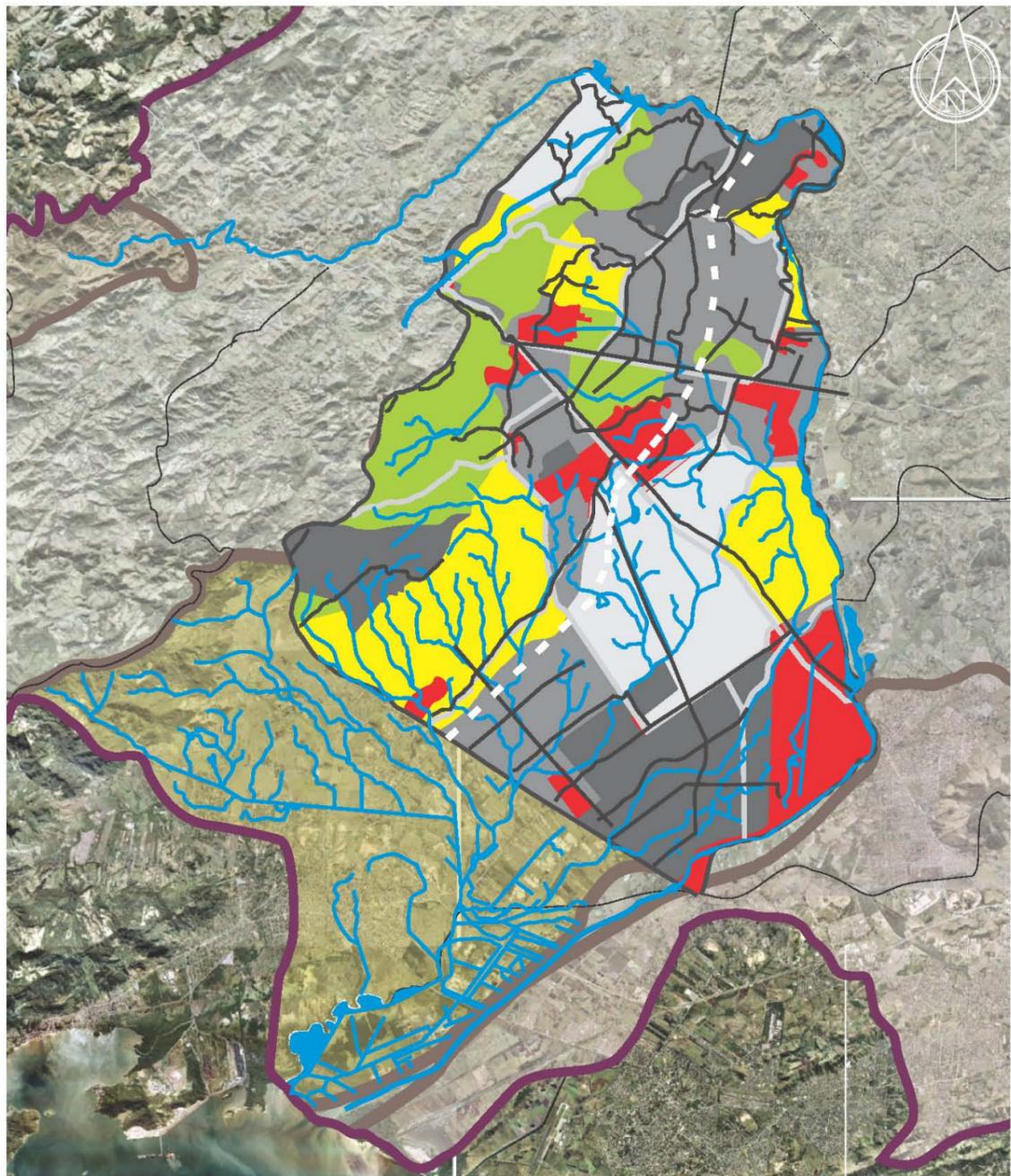


Esta compatibilização é apenas o passo inicial porque a rede hidrográfica, de forma isolada dos limites de sua bacia, não consegue representar a complexidade do sistema. A sobreposição apresentada na figura 67, apesar de auxiliar à tomada de decisão em escala local, não possibilita a identificação e indicação de áreas restritas à ocupação urbana. Para a compreensão das interferências os planos de desenvolvimento devem ser associados também aos limites físicos delineados pela sub-bacia hidrográfica, pois desta forma é possível apontar os locais restritivos à ocupação, fazendo a relação das interferências de forma sistêmica. A figura 68 mostra o resultado desta sobreposição da sub-bacia com o plano diretor municipal, através da qual passa a ser possível a análise do território, sob a ótica das bacias.

Além da Bacia do Valão dos Bois a bacia do rio Piloto tem bastante representatividade no município e aparece em destaque na figura 69. Os princípios para a elaboração deste mapa foram os mesmos, que os adotados para o mapa do Valão dos Bois. A bacia do rio Piloto, entretanto, tem influência direta sobre um trecho de vazão urbano do município de Seropédica. Para esta sub-bacia, caso sua área de montante seja impermeabilizada como consequência da urbanização desordenada o agravamento dos alagamentos dentro do próprio município serão, possivelmente, uma consequência imediata.

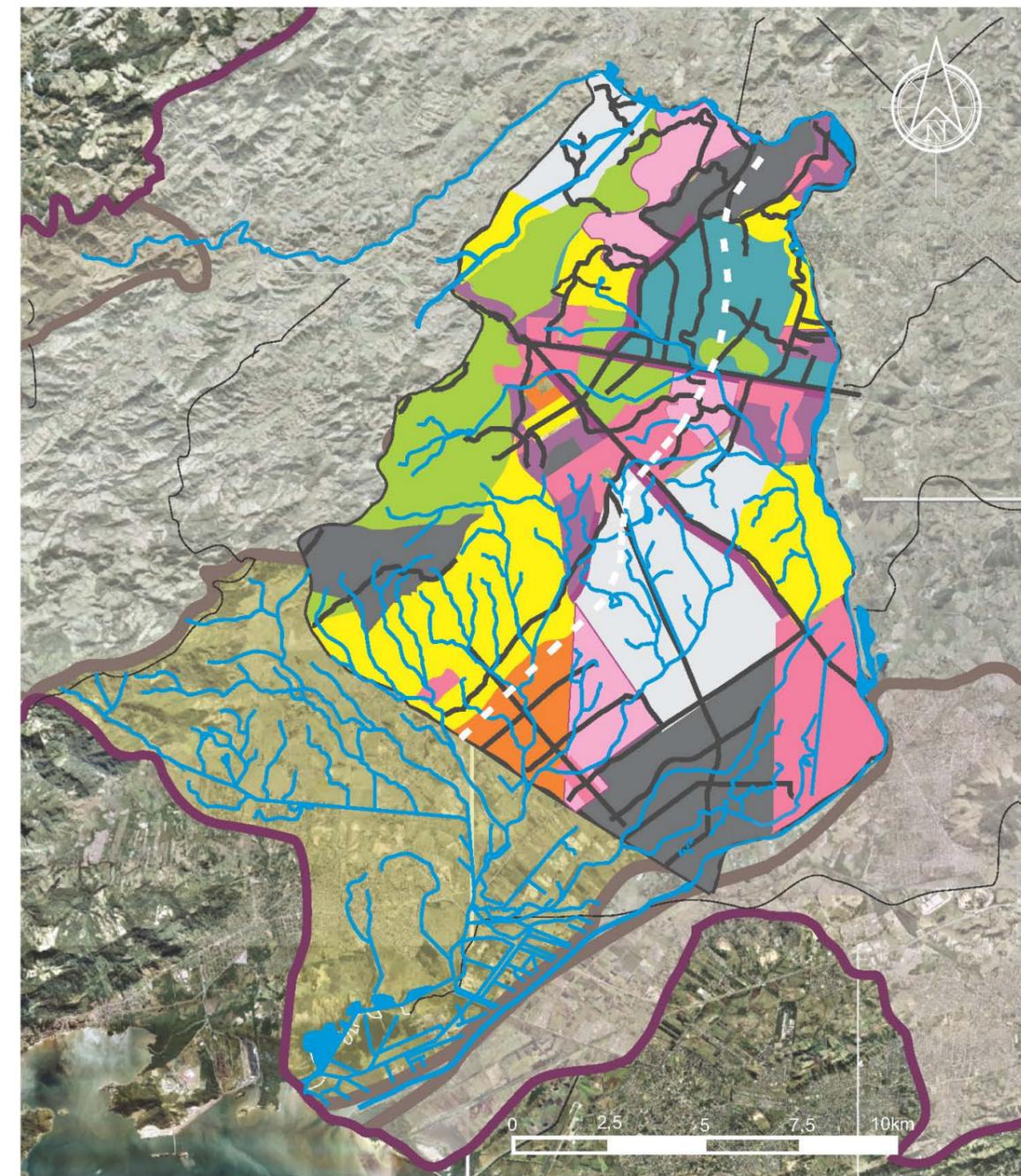
O que se pretendeu, portanto, com o cruzamento dos aspectos e características das bacias foi a proposição de um procedimento pelo qual fosse possível a identificação preliminar de possíveis restrições à ocupação.

Como desdobramento desta etapa será feita uma série de relações entre os diferentes aspectos e planos de desenvolvimento, de modo a encontrar inconsistências que precisem ser revistas para orientar o planejamento. A ideia é que estes aspectos sejam verificados em escala local, sempre checando seu reflexo em escala global, até os limites das bacias. Este desdobramento é importante, principalmente, porque as escalas geralmente adotadas não consideram as interações com os planos regionais ou com as limitações físicas naturais.



- Limite bacias
- Rios
- Limite Município de Seropédica
- Bacia do Rio da Guarda
- Área Urbana
- Área de Expansão Urbana
- Área Rural
- Zona de Interesse Ambiental
- Zona de Interesse Mineral
- Área Institucional

Figura 66: Mapa de Uso do Solo
 Fonte: Modificado de Plano Diretor de Seropédica



- Limite bacias
- Rios
- Limite Município de Seropédica
- Bacia do Rio da Guarda
- Zona Residencial
- Zona Mista
- Zona Recreativa
- Zona Expansão
- Zona Industrial
- Zona Rural
- Zona de Interesse Patrimônio de História Cultural

Figura 67: Mapas de Zoneamento
 Fonte: Modificado de Plano Diretor de Seropédica

Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

4.1.4 Análise sistêmica conjugando características e restrições da bacia hidrográfica, usos do solo e planos de desenvolvimento em escala local e regional

Por conta do cenário de novos empreendimentos a serem implantados na vizinhança do município, a prefeitura de Seropédica está trabalhando em parceria com a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) e com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) para elaboração de um diagnóstico que contemple a elaboração de diretrizes para o desenvolvimento urbano da cidade.

O modelo adotado para a condução da elaboração do diagnóstico é participativo, ou seja, buscou-se o envolvimento da sociedade e, por isso, vale destacar a legitimidade da ação. É fundamental, entretanto, que a esta participação comunitária seja conduzida, antes de tudo, tomando por base as restrições técnicas, ambientais e legais à ocupação e uso do solo. Isso para que, então, conhecidas as restrições, seja possível decidir sobre a viabilidade da ocupação, em função daquilo que for proposto pela comunidade.

Para identificação e análise sistêmica destas restrições, por sua vez, é imprescindível que os diferentes planos de desenvolvimento urbano sejam compatíveis entre si levem também em consideração os limites estabelecidos pelas dinâmicas relativas às bacias hidrográficas. Logo, serão feitos recortes em trechos específicos das sub-bacias do Valão dos Bois e do rio Piloto, em separado, para que os pontos críticos sejam identificados.

Com esta identificação pretende-se encontrar os pontos que são frágeis a ocupação urbana, por meio de comparação entre os documentos de plano diretor municipal (zoneamento e uso do solo), do plano diretor do arco metropolitano, do plano diretor da COQUEPAR e as restrições dadas pelas bacias hidrográficas.

Na sub-bacia do Valão dos Bois serão três pontos críticos considerados: o trecho de montante, o percurso até Itaguaí e a foz na baía de Sepetiba, que podem ser observados na figura 70.

A primeira área discutida será à montante, destacada na figura 71. As figuras 72 e 73 mostram a mesma área colocada lado a lado, com as manchas de uso do solo e zoneamento, extraídas do Plano Diretor para averiguar as suas superposições. Nestas figuras foram identificados cinco trechos de conflito marcados pelas letras A, B, C, D e E.

LEGENDA

-  Limite bacias
-  Rios
-  Limite Município de Seropédica
-  Zona Residencial
-  Zona Mista
-  Zona Recreativa
-  Zona Expansão
-  Zona Industrial
-  Zona Rural
-  Zona de Interesse Patrimônio de História Cultural
-  Zona de Interesse Ambiental
-  Zona de Interesse Mineral
-  Zona de Comércio e Serviços
-  Área Urbana
-  Área de Expansão Urbana
-  Área Rural
-  Área Institucional

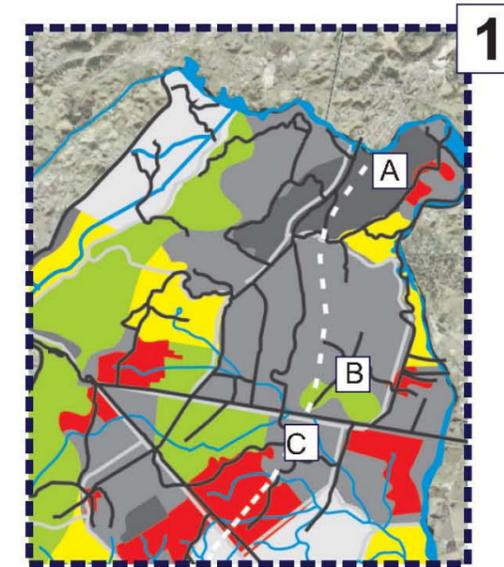


Figura 72: Mapa de Uso do solo e inconsistências ao se comparar o mapa de Zoneamento.
Fonte: Extraído do Plano diretor de Seropédica, 2006

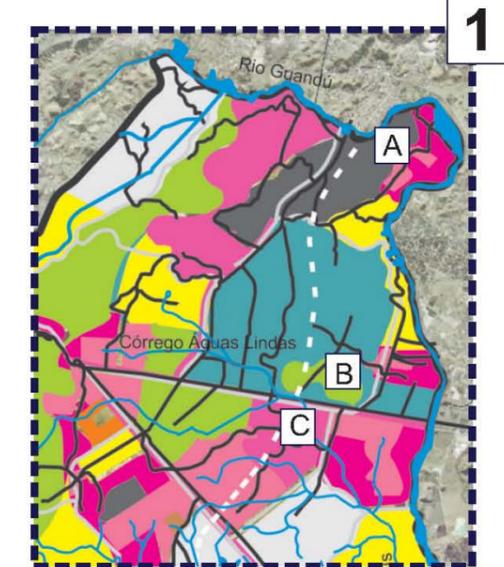


Figura 73: Mapa de Zoneamento e inconsistências ao se comparar com o mapa de uso dos solos.
Fonte: Extraído do Plano diretor de Seropédica, 2006

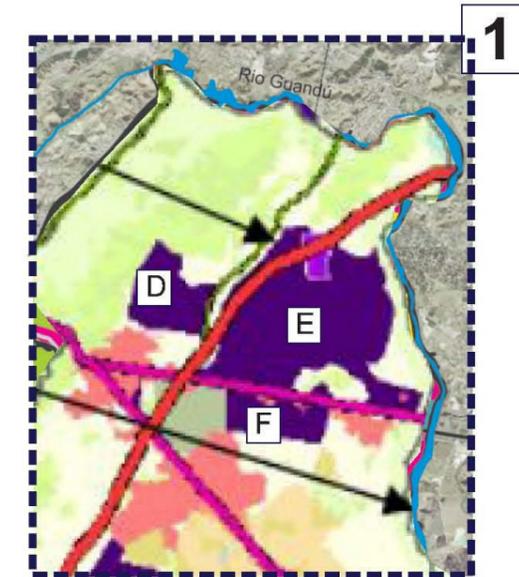


Figura 74: Mapa de zoneamento do Plano Diretor do Arco Metropolitano
Fonte: Extraído do Plano diretor do Arco Metropolitano, 2011

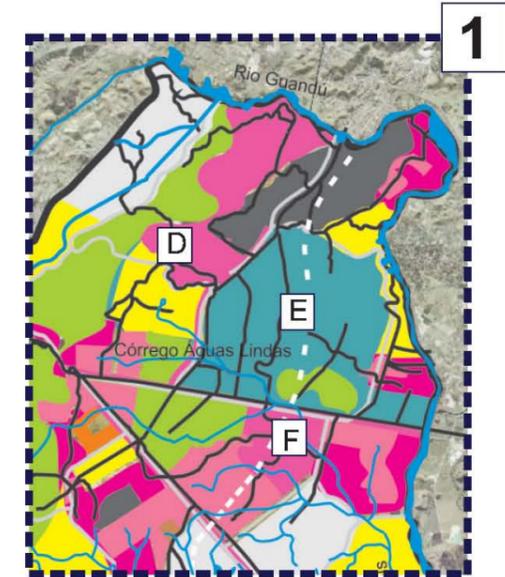


Figura 75: Mapa de Zoneamento e inconsistências ao se comparar com o mapa do zoneamento extraído do Plano Diretor do Arco Metropolitano
Fonte: Extraído do Plano diretor de Seropédica, 2006

Área “A”

- Neste ponto, observa-se que apesar da existência da necessidade de proteção marginal de toda extensão do rio Guandu ela não é apresentada nos mapas contidos no Plano.
- Destaca-se a presença das nascentes do Valão dos Bois, que precisam ser protegidas. Os mapas de usos do solo e do Zoneamento orientam que uma parte deste trecho seja destinada à expansão urbana e a outra parte utilizada como zona de interesse mineral. Esta Zona é predominantemente industrial, com fragmentos de uso misto. Não há qualquer indicação para que se evite a impermeabilização do solo neste ponto, o que é crítico porque pode levar ao aumento de escoamento superficial para os rios, comprometendo toda a sub-bacia, a jusante, principalmente no polígono do Piranema e em bairros residenciais recortados pelo Valão dos Bois até Itaguaí, onde o rio deságua na bacia de Sepetiba.
- Esta região será atravessada pelo Arco Metropolitano. Do ponto de vista espacial, e em escala humana, o Arco funciona como uma barreira ao deslocamento dos pedestres pela dimensão de sua faixa de domínio, que segundo o RIMA do próprio Arco, será de 100m em média.
- É interessante destacar que existe uma área destinada ao uso misto na figura 73. Entretanto ela está recortada pela área destinada à mineração ficando isolada da área destinada à ocupação residencial, próxima à curva do Guandu. Neste local, a proximidade de três usos distintos, mineração, indústria e uso misto, acrescido de um lado o Arco metropolitano e do outro a faixa de proteção marginal do Guandu, fazem pela presença desse conjunto, da região um local que merece atenção para ordenar a ocupação.

Área “B” e “C”

- Em relação à expansão urbana, será criada uma situação curiosa, pois a BR-465 funcionará como um limite físico, pois em um de seus lados estão situadas as manchas destinadas à ocupação residencial e mista e do outro lado da via o Polo industrial.
- Nota-se ainda pelo mapa de zoneamento, que, internamente ao Polo Industrial, existe uma área desarticulada, destinada ao interesse ambiental.

Área “D”, “E” e “F”

- Na região “E” será instalada a COQUEPAR, que será uma Unidade Industrial destinada à Produção de Coque, a partir da Calcinação de Coque Verde de Petróleo e Geração de Energia, localizada na Zona Industrial do Município de Seropédica. O RIMA da COQUEPAR fornece informações gerais sobre os locais onde o empreendimento será construído e, segundo o relatório, estão fundamentadas nas legislações ambientais e cabíveis. A implantação da planta industrial vai gerar cerca de setecentos e cinquenta a mil empregos diretos, funcionando como atratora de mão-de-obra e de seus familiares, que precisarão de infraestrutura urbana de toda ordem. Já para a fase de operação da indústria, estimam-se cento e cinquenta empregos diretos e quatrocentos indiretos.
- Segundo o Plano diretor do Arco Metropolitano, este é um dos municípios de maior infraestrutura logística potencial junto com Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro tendo vantagens para a instalação de centros de distribuição atacadistas e varejistas. Há, entretanto, uma contradição ao se comparar o Plano Diretor do município, com o uso dos solos proposto no Plano Diretor do Arco Metropolitano, principalmente no que diz respeito às áreas industriais. Para se analisar as áreas “D”, “E” e “F” foi feito o resgate do uso do solo dado pelo Plano Diretor do Arco Metropolitano. Este mapa pode ser observado na figura 74, a esquerda do zoneamento proposto pelo plano diretor municipal, na figura 75. O Ponto “E” indica toda a área destinada ao

parque industrial segundo o plano do Arco Metropolitano, mas ao se analisar o zoneamento dado pelo plano diretor, observa-se que “D” e “F” têm usos distintos nos dois planos. No Zoneamento do Plano Diretor Municipal, as áreas “D” e “F” estão definidas como área residencial e mista; já pelo Plano do Arco, esta área é definida como industrial.

- É preciso atentar para que a urbanização e construção de edificações não se restrinjam à construção de habitações populares em grandes conjuntos desconexos, como é o exemplo de algumas tipologias habitacionais que estão sendo construídas no município. No exemplo da Figura 76, além de baixíssima densidade e grande ocupação de solo, o conjunto habitacional é recortado por um trecho de rio, supondo uma provável planície de inundação.

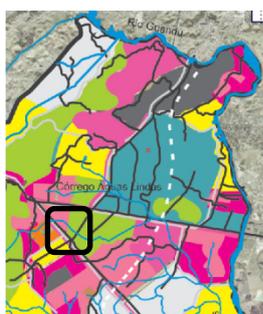


Figura 76: Exemplo de conjunto habitacional construído no município
Fonte: Acervo Pessoal da autora

- É importante notar que nos limites desta área industrial demarcada pela letra “E” está a FLONA e o Centro de Seropédica que ficarão estrangulados, pelos contornos dados no Plano Diretor. A figura 77 traz em destaque o atual centro de Seropédica e seu trecho que está sujeito à inundação, segundo o plano do Guandu. Esta área de cheia está estabelecida segundo os padrões atuais de urbanização e impermeabilização, não levando em conta as interferências geradas pelas obras futuras.

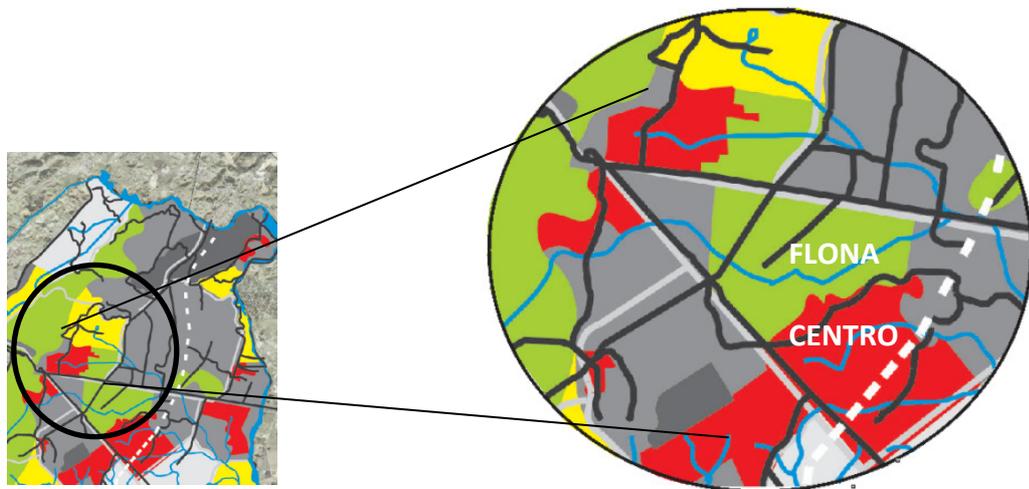


Figura 77: Destaque para a mancha de inundação do atual centro de Seropédica. Fonte: Elaborado pela autora

A Segunda área avaliada nesta mesma sub-bacia será o trecho médio do Valão dos Bois, destacado na figura 78, que foi ampliado e colocado lado a lado com o zoneamento e os usos de solo, extraídos do Plano Diretor Municipal, para verificar as interferências recíprocas. As figuras 79 e 80 foram identificadas duas áreas de conflito marcadas pelas letras G e H, que serão analisadas.



LEGENDA

-  Limite bacias
-  Rios
-  Limite Município de Seropédica
-  Área Urbana
-  Área de Expansão Urbana
-  Área Rural
-  Área Institucional
-  Área Verde
-  Sub-bacia do Valão dos Bois

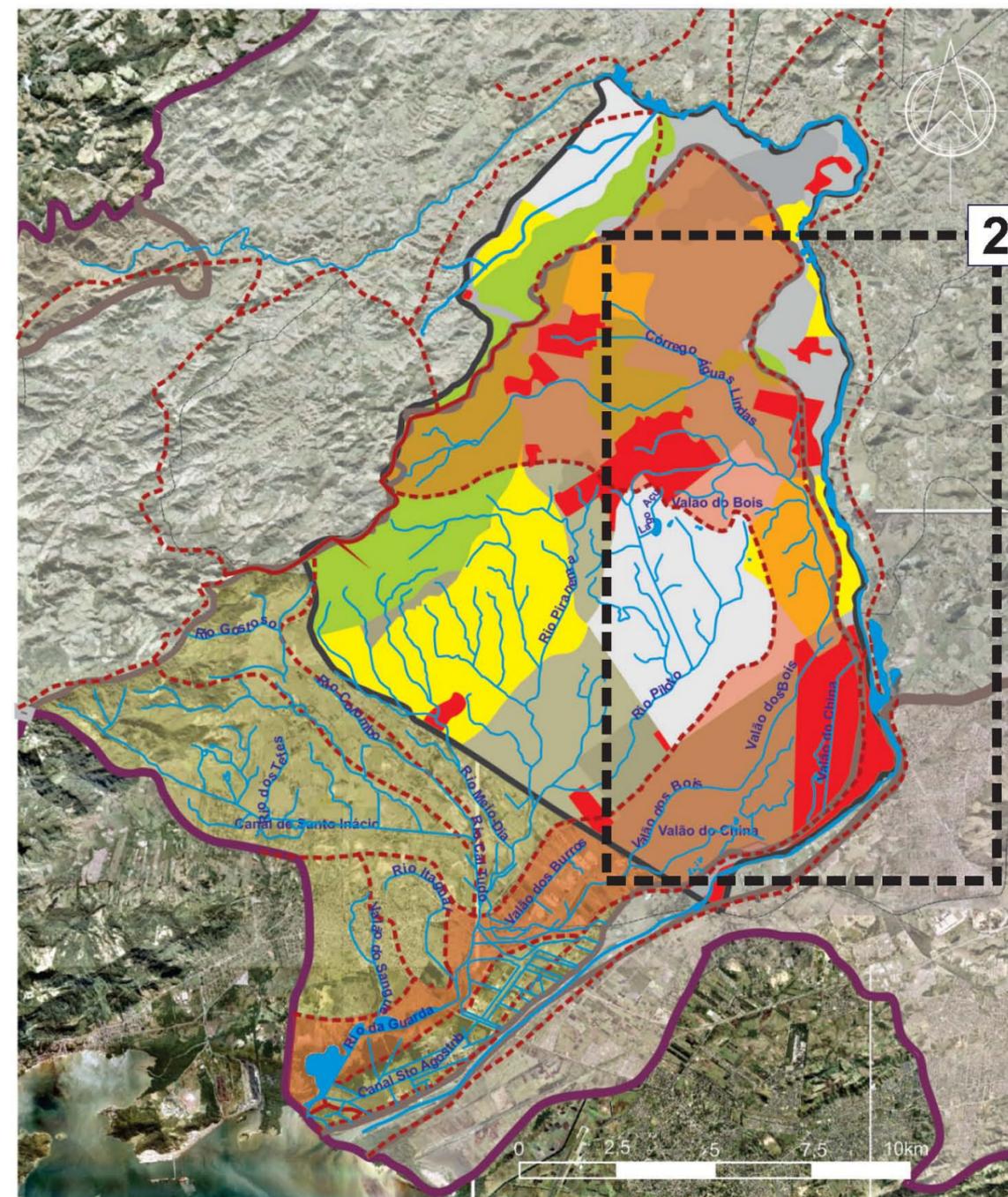


Figura 78: Área 2 de análise do Plano Diretor de Seropédica - Médio Valão dos Bois
Fonte: Elaborado pela autora

LEGENDA

-  Limite bacias
-  Rios
-  Limite Município de Seropédica
-  Zona Residencial
-  Zona Mista
-  Zona Recreativa
-  Zona Expansão
-  Zona Industrial
-  Zona Rural
-  Zona de Interesse Patrimônio de História Cultural
-  Zona de Interesse Ambiental
-  Zona de Interesse Mineral
-  Zona de Comércio e Serviços
-  Área Urbana
-  Área de Expansão Urbana
-  Área Rural
-  Área Institucional

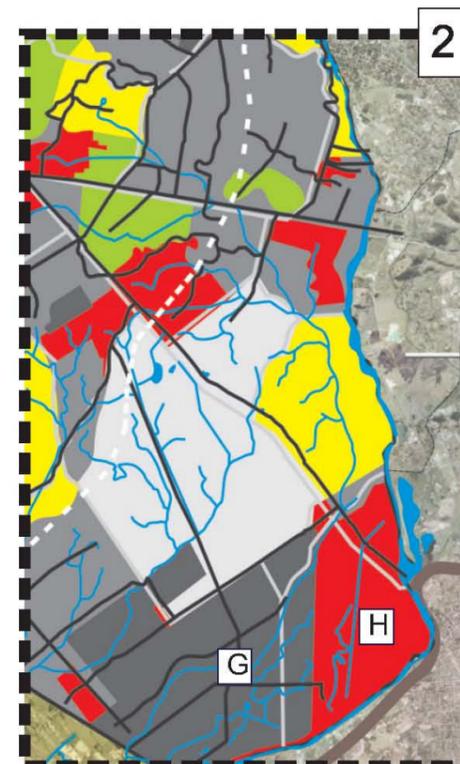


Figura 79: O trecho em destaque apresenta a área Urbana Associada ao Vale do China e do Polígono do Piranema - Uso do Solo do Plano Diretor.

Fonte: Elaborado pela autora

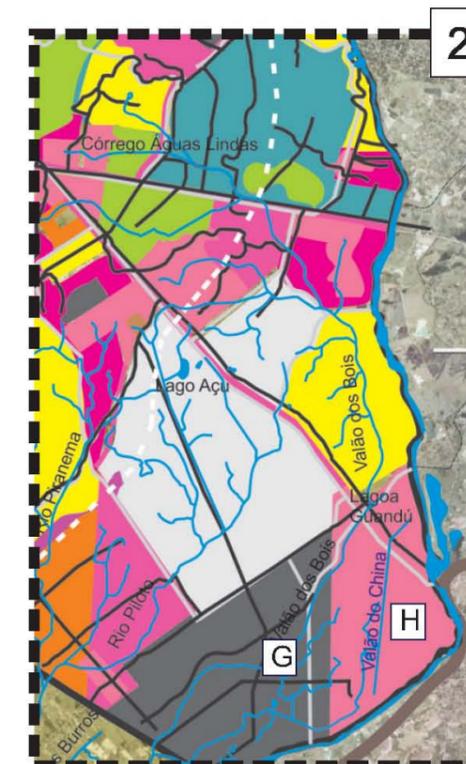


Figura 80: O trecho em destaque apresenta a área Urbana Associada ao Vale do China Destaques e do Polígono do Piranema - Zoneamento do Plano Diretor

Fonte: Elaborado pela autora

Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



Ponto “G”

- A ocupação desordenada à montante desta sub-bacia refletirá neste trecho. Na sua trajetória ao longo da zona de extração de areia, o Valão dos Bois encontra-se interligado a algumas cavas de extração abertas às suas margens, e, em geral, abandonadas. Esta ligação não é saudável, pois com as enchentes as águas se misturam às águas das cavas, que são originalmente limpas e podem penetrar no aquífero, contaminando-o.
- Este ponto se refere ao Polígono do Piranema. Na figura 81 e 82 é possível observar a proximidade da área urbana com o Polígono e as cavas de extração



Figura 81: Proximidade da área urbana do Valão do China com o polígono do Piranema e Valão dos bois cortando as cavas de extração
Fonte: Acervo Pessoal



Figura 82: Distrito Areeiro de Itaguaí / Seropédica – Vista aérea de um conjunto de lotes apresentando lagoas de extração ativas (1), lagoas de decantação (2) e lagoas desativadas (3).
 Fonte: Plano Estratégico da Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim.

Ponto “H”

- Este ponto traz um importante trecho urbanizado do município, que atualmente já sofre com inundações, que é o Valão do China.
- É interessante observar que a ocupação à montante em Seropédica terá reflexo direto na região do Valão do China, podendo ampliar os eventos de alagamento que acontecem nesta área urbana, que já sofre com constantes eventos de cheia. As figuras 83 e 84 mostram, em destaque, o trecho do Valão do China em vermelho e ao lado sua mancha de alagamento em azul.



Figuras 83: Trecho do Valão do China. Em vermelho a área urbana consolidada
Fonte: Elaborado pela autora



Figuras 84: Trecho do Valão do China. Em azul mancha de alagamento na área urbana com a urbanização atual
Fonte: Elaborado pela autora

A terceira e última área a ser analisada será o trecho à jusante no limite com Itaguaí destacada na figura 85. A observação desta área mostra claramente que toda e qualquer alteração de impermeabilização urbana, que influencie no regime de escoamento das águas a montante refletirá, sobretudo, no município de Itaguaí, que recebe os aportes da bacia a jusante.

Após a identificação e análise dos pontos críticos da bacia do Valão dos Bois será analisada a Bacia do rio Piloto. Ela está localizada, em grande parte, sobre o município de Seropédica, o que pode ser observado na figura 86.

Esta bacia, assim como a bacia do valão dos bois não deve ter ocupação em sua área de montante, pois se houver impermeabilização nesta área os reflexos serão sentidos na parte baixa, onde hoje existem grandes vazios urbanos, mas que estão passíveis de ocupação. Diferentemente da bacia do Valão dos Bois, o reflexo da ocupação à montante, serão sentidos no próprio município de Seropédica.

Esta área de vazio se situa na divisa do município de Seropédica com Itaguaí, e está destacada pela letra "I", nas figuras 87 e 88. Existe uma área de conflito entre o que está estabelecido no Plano Diretor do Município e o que está estabelecido no plano do Arco Metropolitano. No plano do Arco o trecho é destinado à implantação de áreas industriais. No plano diretor esta área é destinada ao uso de lazer, recreação e como zona de uso misto, conforme observado na figura 84 e 85. É possível observar na figura 85, que o trecho referente ao polígono do Piranema tem usos conflitantes, porque no plano diretor municipal esta área é destinada à mineração e no Plano do Arco Metropolitano é destinada à expansão industrial.



LEGENDA

-  Limite bacias
-  Rios
-  Limite Municipio de Seropédica
-  Área Urbana
-  Área de Expansão Urbana
-  Área Rural
-  Área Institucional
-  Área Verde
-  Sub-bacia do Valão dos Bois

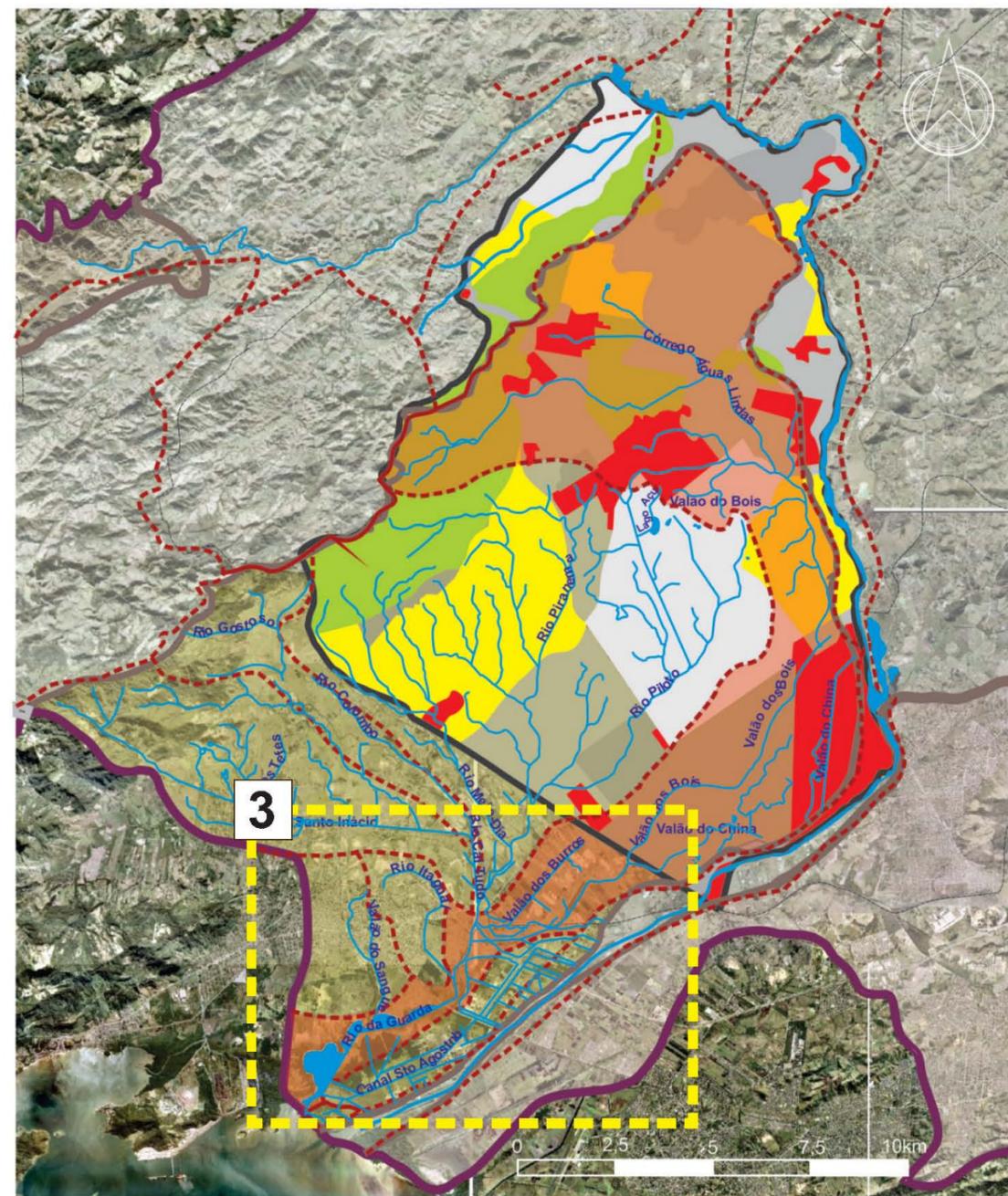
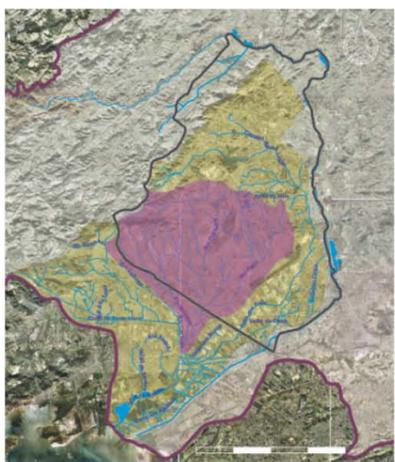


Figura 85: Área 3 de análise do Plano Diretor de Seropédica - Jusante do Valão dos Bois
Fonte: Elaborado pela autora



Bacia do rio Piloto

LEGENDA

-  Limite bacias
-  Rios
-  Limite Município de Seropédica
-  Área Urbana
-  Área de Expansão Urbana
-  Área Rural
-  Área Institucional
-  Área Verde
-  Sub-bacia do rio Piloto

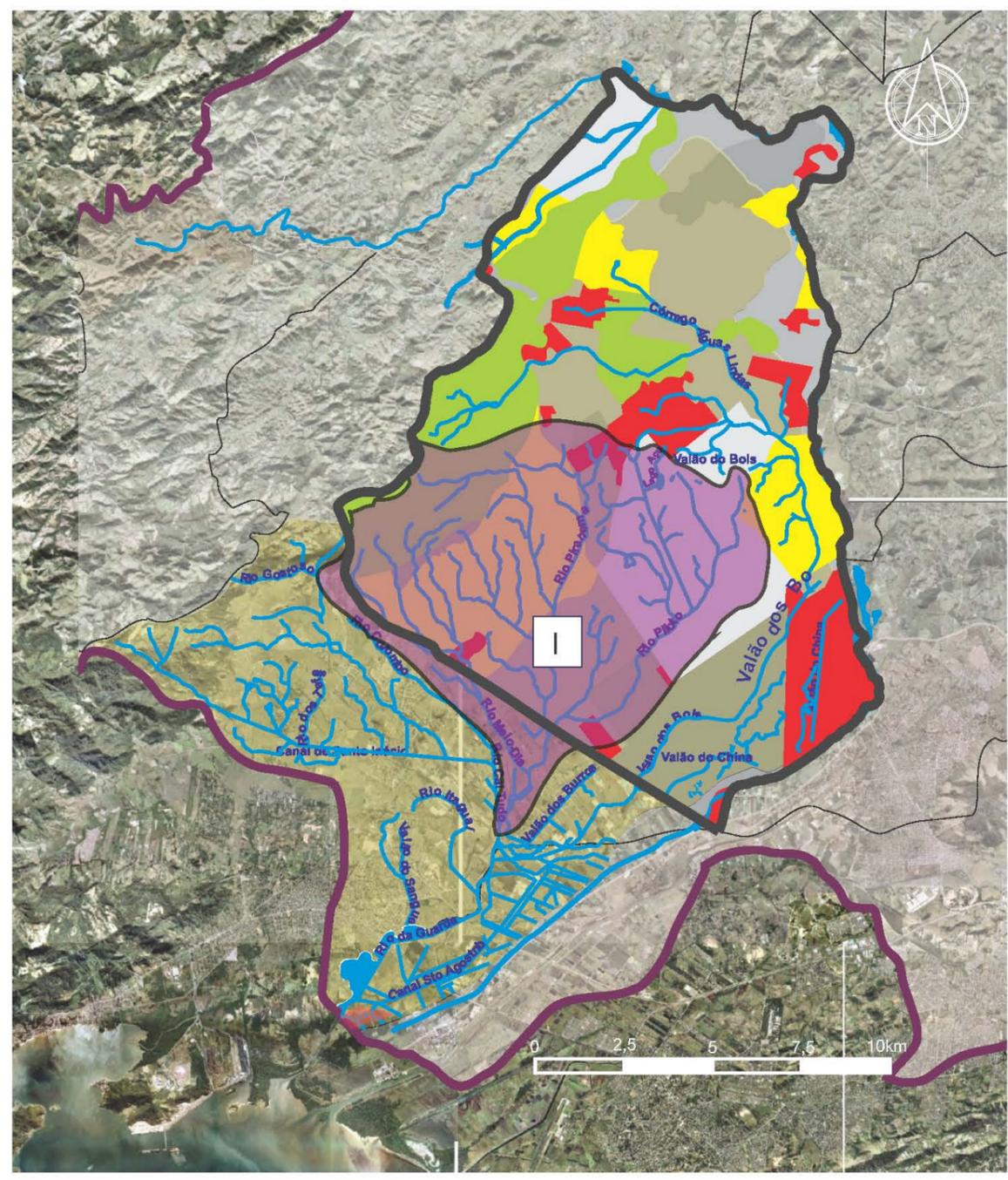


Figura 86: Análise do Plano Diretor de Seropédica - Sub-bacia do rio Piloto
Fonte: Elaborado pela autora

Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



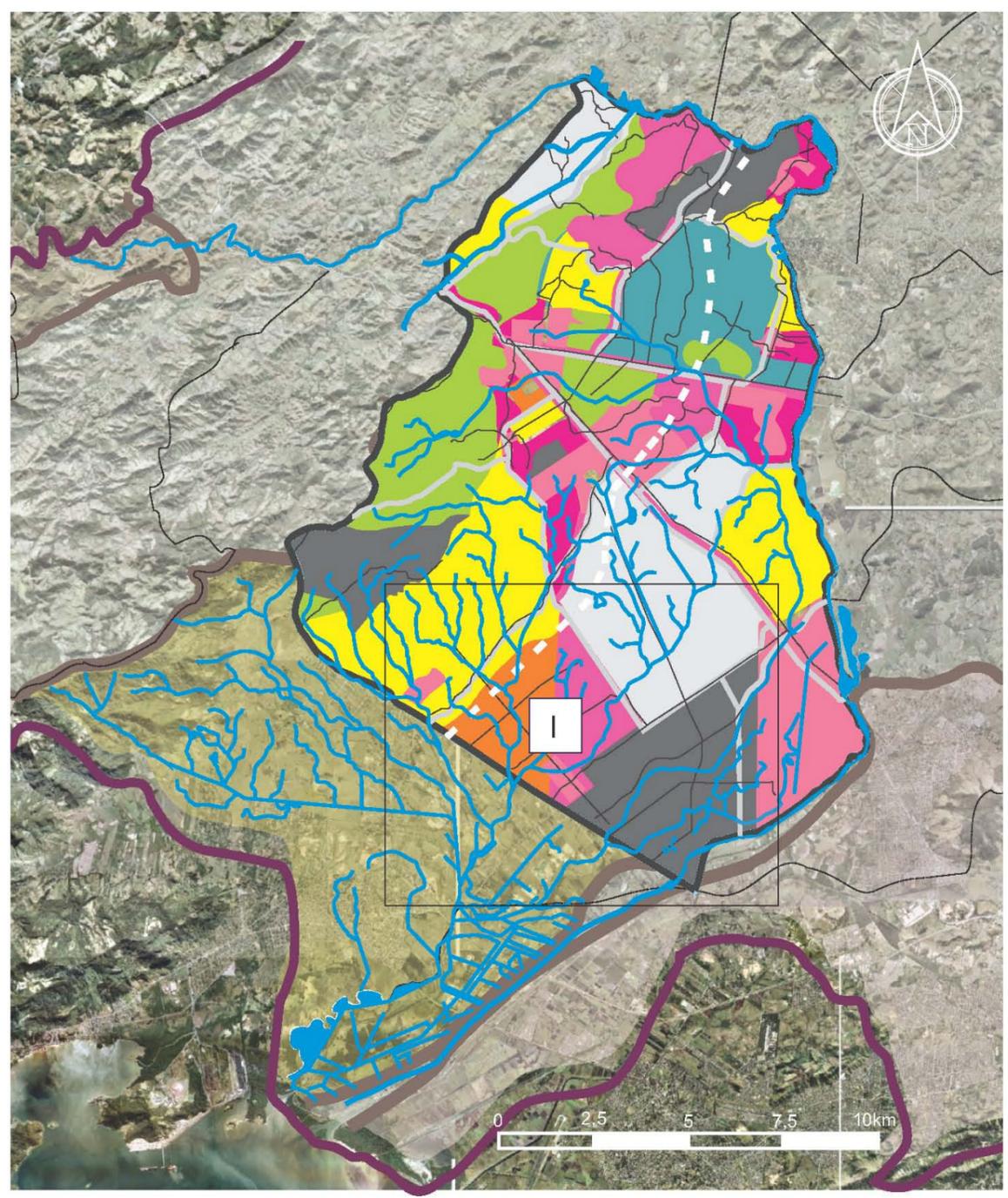


Figura 87: Análise do Zoneamento do Plano Diretor e Conflito com o Zoneamento do Plano Diretor do Arco Metropolitano
Fonte: Elaborado pela autora

LEGENDA

- Limite bacias
- Rios
- Limite Municipio de Seropédica
- Zona Industrial
- Zona Rural
- Zona de Interesse Patrimônio de História Cultural
- Zona de Interesse Ambiental
- Zona de Interesse Mineral
- Zona de Comércio e Serviços

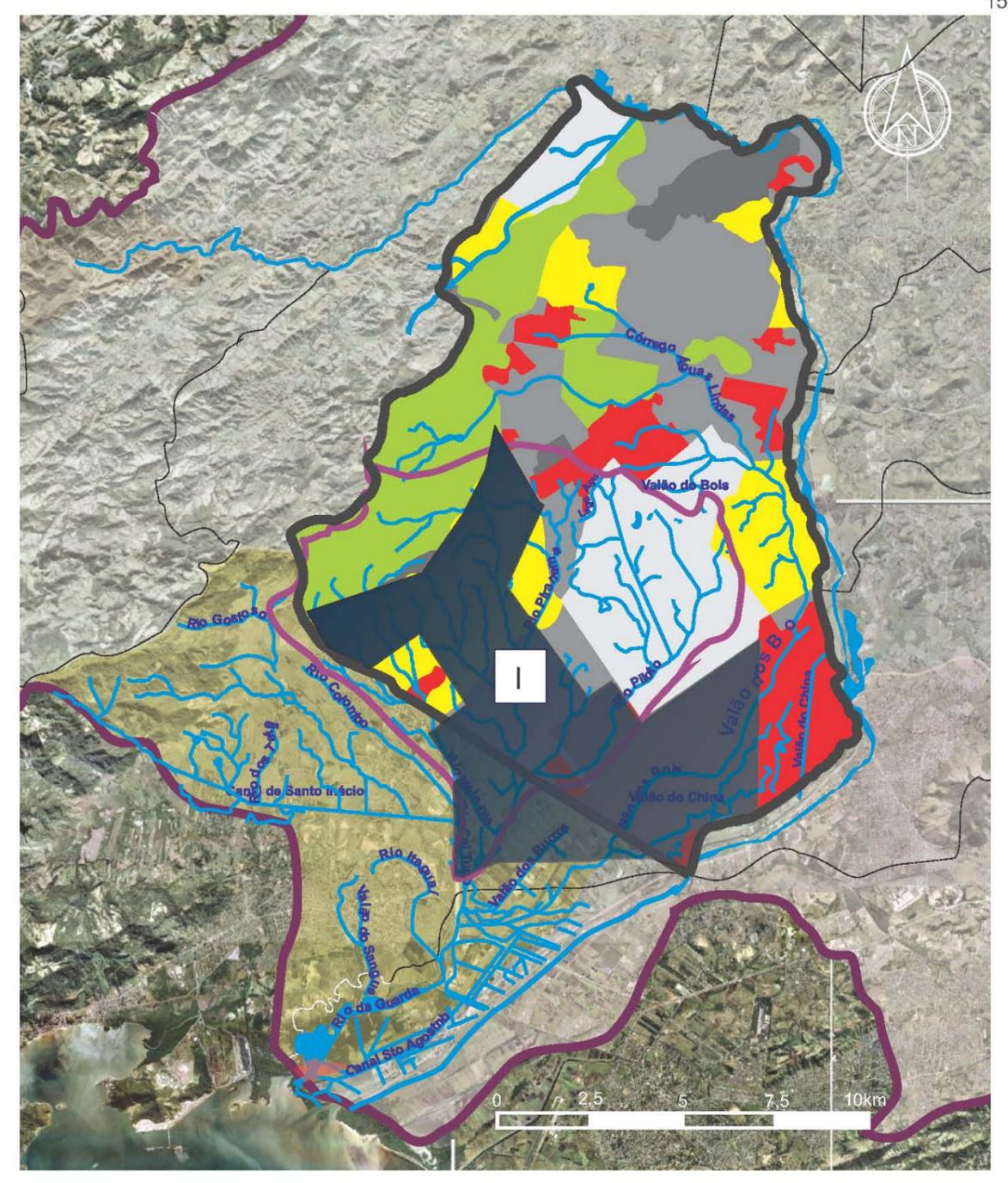


Figura 88: Área Industrial do Plano Diretor do Arco Metropolitano
Fonte: Elaborado pela autora

- Zona Residencial
- Zona Mista
- Zona Recreativa
- Zona Expansão
- Área Urbana
- Área de Expansão Urbana
- Área Rural
- Área Institucional
- Área Verde
- Área Industrial do Plano Diretor do Arco Metropolitano

4.1.5 Discussão

A presença dos impactos causados pela urbanização em uma bacia hidrográfica podem ser entendidos por meio da análise sistêmica do funcionamento da bacia e em conjunto com os planos de desenvolvimento propostos para a cidade e/ ou região, objeto de análise.

Para Seropédica, um município na fronteira metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, em uma área com forte potencial logístico e ainda com características rurais, foi proposta uma análise tomando como base o município como um todo, suas possibilidades de desenvolvimento, a interação com a região econômica em que se insere e também com sua bacia hidrográfica, conforme foco desta dissertação.

A associação do município à bacia foi importante, pois as ações da urbanização sobre a bacia e a resposta da bacia à urbanização acontecem de forma recíproca, tendo em vista que as cidades estão situadas, em última análise, sobre as bacias, já estabelecidas desde sempre e com seu padrão natural de escoamento e das águas. A urbanização altera estes padrões naturais de escoamento e, com isso, a bacia responde, podendo provocar cheias em áreas que antes não eram alagáveis, pois as águas buscam se adequar aos novos padrões pós-urbanização, podendo afetar a própria cidade que se desenvolve.

Para que este cenário seja evitado, observou-se que, ao se planejar uma cidade, é importante a consideração do funcionamento das bacias, procurando manter os padrões de escoamento o mais próximo possível do natural. Com Seropédica, foi possível exercitar este procedimento, tendo em vista que a bacia sobre a qual o município está instalado, a bacia do rio da Guarda, ainda possui características rurais. Isso permite que o planejamento da expansão da cidade seja função do padrão de escoamento da bacia, buscando respeitar os seus limites. A identificação das sub-bacias também é importante, pois por meio delas é possível avaliar como o interior do município é influenciado pela rede hidrográfica formadora destas bacias menores, buscando compreender como se dão as interações em diferentes escalas.

Como procedimento básico, foi feito o cruzamento das informações obtidas das sub-bacias com aquilo que estava estabelecido nos planos de desenvolvimento do município de Seropédica. Este município, por estar na área de influência de grandes empreendimentos, tinha não só o Plano Diretor Municipal, como também o Plano Diretor e o Relatório de Impacto Ambiental do Arco Metropolitano e da COQUEPAR, que também foram usados.

Como havia uma série de documentos, primeiramente procurou-se entender se as informações contidas nesses documentos estavam coerentes entre si, para avaliar a consistência destes planos. Observou-se que não, que as informações encontradas no próprio Plano Diretor urbano, quando comparadas eram contraditórias entre suas partes. Por exemplo, o Zoneamento do Plano Diretor tinha informações que não condiziam com o estabelecido pelo planejamento do uso do solo. Outro exemplo foi a incoerência encontrada entre o Plano Diretor Municipal e o Plano Diretor do Arco Metropolitano, em relação aos limites de uma área industrial, que eram completamente divergentes. Informações como estas mostram a dificuldade de obter resultados adequados, a partir de planejamentos inconsistentes e parciais. Na sequência, buscou-se encontrar os pontos críticos, que levaram em conta as interferências presentes no ambiente natural e no ambiente construído, sendo possível, a partir disso, identificar as principais restrições para a expansão urbana.

Como conclusão desta etapa, exercitando a proposta de avaliação cruzada das várias interferências dos limites ambientais sobre o desenvolvimento das cidades, é apresentado um mapa, elaborado por sobreposições sucessivas das restrições, que permitirá que os vetores de urbanização saudáveis sejam visualizados. Desta forma, é possível a identificação das áreas favoráveis à ocupação, por exclusão daquelas que precisam ser preservadas.

A elaboração deste mapa não se baseou em índices ou características atribuídas por um planejador, mas sim tomando por base as características restritivas da área, sejam elas físicas, sociais ou econômicas e tendo a bacia como delimitadora. Por meio deste mapa de crivo tem-se a fotografia conjunta das situações de restrição existentes e, a partir desta fotografia passa a ser possível o traçado dos caminhos mais adequados para o planejamento futuro.

A figura 89 mostra a consolidação do mapa que orienta à tomada de decisão. A leitura do referido mapa é simples e objetiva: as áreas demarcadas em tom de cinza escuro (opacos) apresentam os locais impróprios para determinada atividade e os locais mais claros (transparentes) são os melhores locais para se habitar e urbanizar.

Assim, por meio do uso das bacias hidrográficas em associação aos planos de desenvolvimento do município foi possível a apresentação das áreas mais indicadas para expansão urbana, tomando como referência as bacias hidrográficas. Dessa forma pretende-se atenuar os impactos no meio natural pela urbanização e criar meios para a tomada de decisão de expansão do ambiente construído, levando em conta as restrições e limites fornecidos pelas bacias hidrográficas.

Para o caso de Seropédica é importantíssimo antes de tudo, o alinhamento dos diferentes planos de desenvolvimento por conta das contradições encontradas após comparação detalhada. Além disso, é importante alinhar os propósitos do que a cidade e sua população vislumbram para si no futuro, tendo em vista as restrições técnicas e as pressões sofridas pela implantação dos grandes empreendimentos na região.

LEGENDA

-  Limite bacias
-  Rios
-  Limite Municipio de Seropédica
-  Área com alto potencial à ocupação.
-  Área com baixo potencial à ocupação
-  Área que não pode ser ocupada

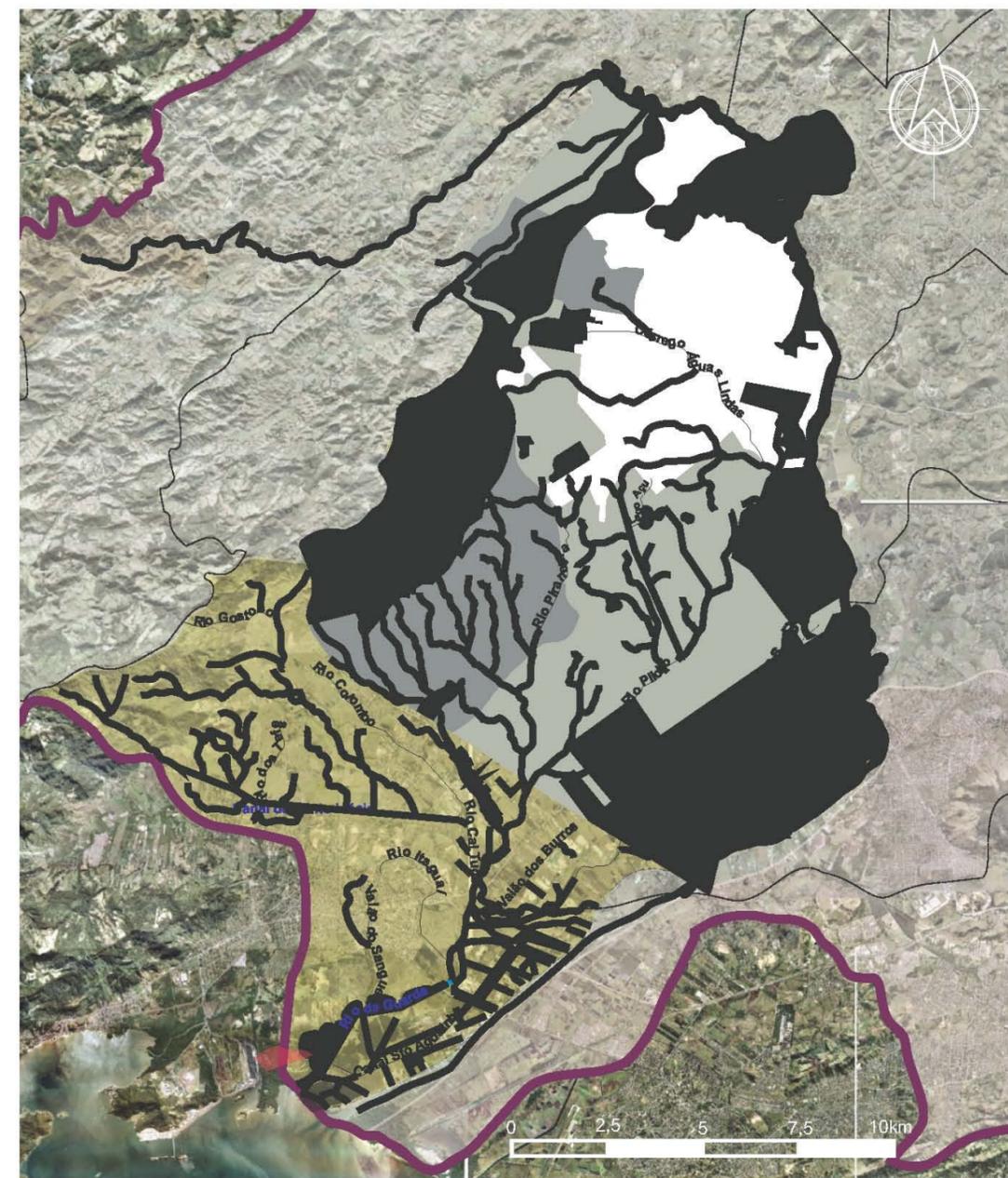


Figura 89: Áreas e seu potencial de ocupação
 Fonte: Elaborado pela autora

Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica




4.2 Bacia do Canal do Manguê

4.2.1 Contexto e localização

Neste estudo de caso será abordada a Bacia do Canal do Manguê, uma bacia modificada durante o processo de urbanização da cidade do Rio de Janeiro. O foco deste estudo está voltado para a reestruturação da região onde está situada esta bacia, reduzindo os efeitos de alagamento que ali ocorrem, na medida das possibilidades impostas pela urbanização consolidada e pela dinâmica da bacia.

O que se pretende com este estudo é uma análise sobre como implementar melhorias sistêmicas, que conjugam o desenvolvimento urbano, a infraestrutura da cidade e, em especial, a rede de drenagem. Não se pretende neste estudo apresentar soluções definitivas, com detalhamento de projetos em sua versão final, mas, por meio do diagnóstico e histórico de ocupação da bacia, mostrando a íntima relação desta bacia com a cidade ao longo do tempo até os dias atuais, propor uma alternativa de planejamento mais sustentável. Por fim, a apresentação de alguns projetos que foram desenvolvidos para a região será utilizada como instrumento para que se discuta a forma de como a análise das bacias hidrográficas pode orientar a tomada de decisão, mesmo no âmbito da reestruturação urbana.

Como visto, a bacia do Canal do Manguê está situada na Região Hidrográfica V, do Estado do Rio de Janeiro, e faz parte do complexo de rede de bacias hidrográficas que deságua na Baía de Guanabara. Foi escolhida para este estudo por representar as condições críticas de drenagem urbana, comumente encontradas em cidades brasileiras de urbanização consolidada, registrando frequentes inundações com grandes prejuízos econômicos, sociais, ambientais e de saúde pública.

A ocorrência de enchentes na cidade do Rio de Janeiro está relacionada a causas naturais e à ação antrópica. A configuração da cidade, em planícies costeiras entre montanhas, favorece tanto a ocorrência de precipitações intensas, quanto altas velocidades de escoamento. O efeito da maré também tem influencia neste processo, porque reduz a capacidade hidráulica dos canais e rios. A expansão urbana, principalmente pela ocupação dos morros e em aterros sobre o mar e mangues, agrava a ocorrência de cheias, pelo incremento na geração de sedimentos, concentração dos pontos de lançamento e prolongamento de canais ao longo dos aterros com baixa declividade.

A bacia, objeto de análise, está localizada na zona norte da cidade do Rio de Janeiro e abrange uma área total de 42,2 km², tendo como exutório a Baía de Guanabara, próximo à região portuária. As figuras de 90 a 94 mostram a Bacia do Canal do Mangue situada na Baía da Guanabara.

O canal do Mangue é um canal artificial, com extensão de 2.700 m e foz na Baía de Guanabara, tendo sido sua construção iniciada em 1857 para a drenagem de uma área de mangue e é ponto de recepção das águas dos rios Joana, Trapicheiros, Comprido, Papa-Couve e Maracanã, em grande parte canalizados e capeados.

Com intuito de entender o processo que levou ao estado atual de criticidade da bacia do canal do Mangue, em relação a alagamentos constantes, será realizado um breve apanhado histórico da evolução urbana comparando as condições de desenvolvimento urbano na bacia com suas restrições naturais.

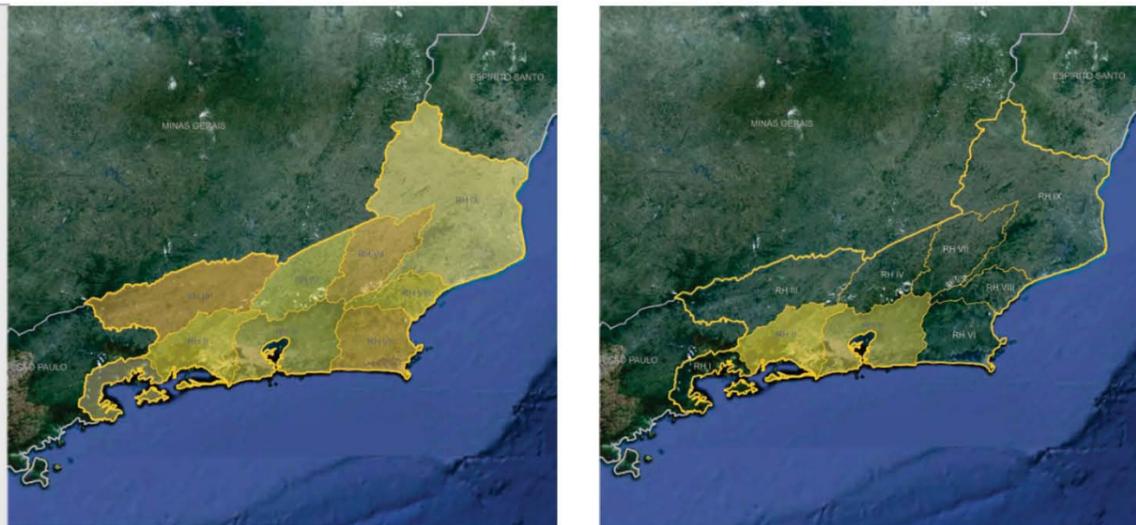


Figura 90 e 91: Região hidrográfica - Localização
 Fonte: Elaborado pela autora



Figura 92: Regiões Hidrográficas do Guandu e da Baía Guanabara
 Fonte: Elaborado pela autora



Figura 93: Macrobacias que compõem a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara
 Fonte: Elaborado pela autora

LEGENDA

-  Limite Regiões Hidrográficas
-  RHII - Guandu
-  RHV - Baía da Guanabara
-  Bacia do Manguê

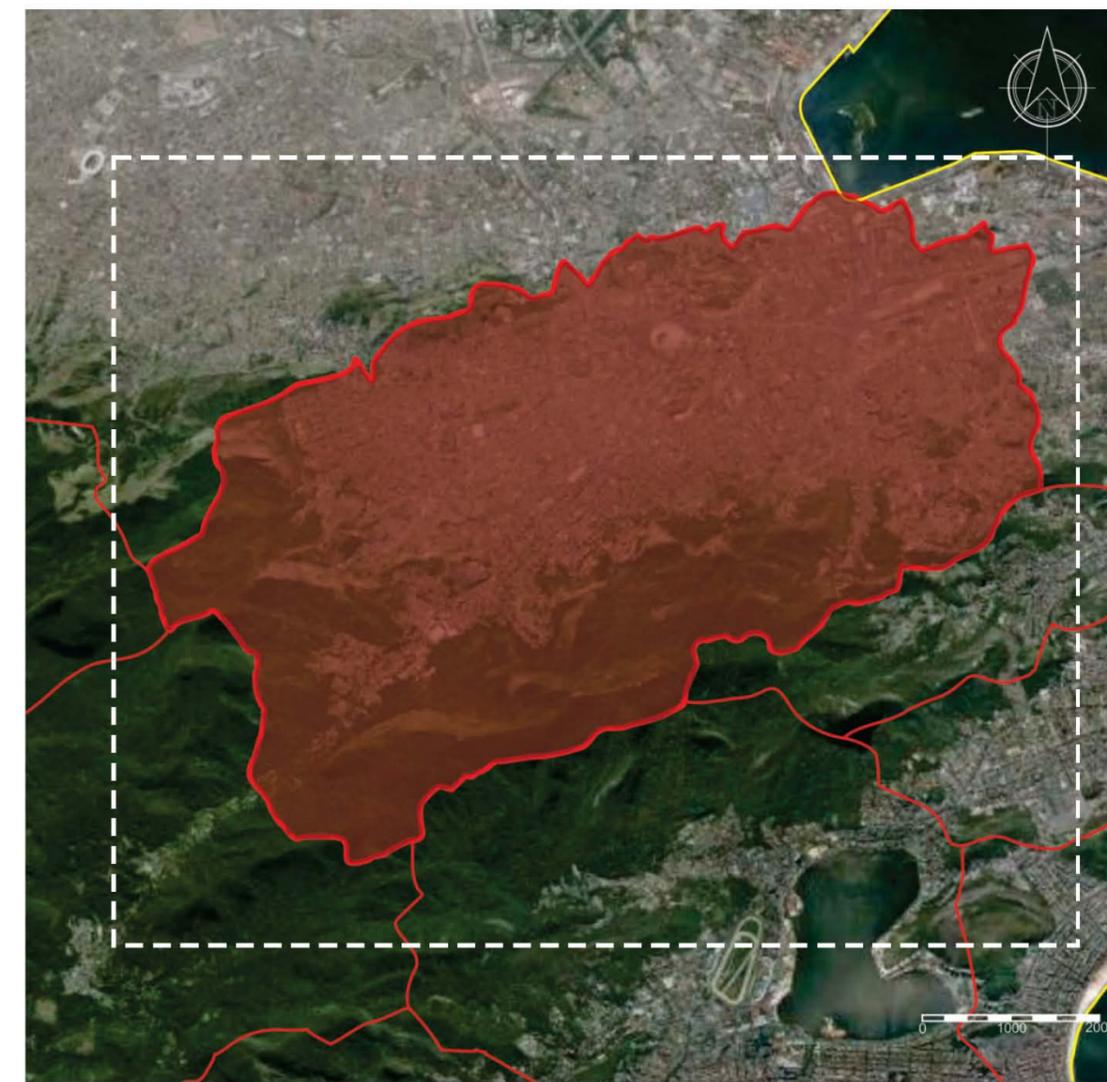


Figura 94: Bacia do Canal do Manguê
 Fonte: Elaborado pela autora

Universidade Federal do Rio de Janeiro
 Escola Politécnica




4.2.1.1 Evolução Urbana

A posição estratégica do Rio de Janeiro foi fundamental na decisão dos portugueses fundarem e manterem aqui o seu posto avançado. O sítio, no entanto, sempre foi problemático, pela abrupta diferença de gradiente do terreno e pela grande quantidade de brejos, pântanos e lagoas. O aumento populacional na cidade não foi acompanhado pelo crescimento urbano e econômico. O espaço de difícil ocupação foi conquistado pelo homem através de dessecações e aterros, durante mais de 300 anos, até o século XIX.

Historicamente, os vales da bacia do Canal do Mangue foram os primeiros a serem ocupados no Município, iniciando-se essa ocupação com o plantio da cana-de-açúcar. Esta foi substituída pela do café no século XIX, ampliando o desmatamento das encostas dos morros e modificando ainda mais o perfil natural desta bacia.

Segundo Mattos (2004), o imenso pântano que se estendia do Rossio Pequeno, atual Praça Onze de Junho, até sua embocadura, estimada em cerca de 500 metros e largura variando de 70 a 100 metros, era um verdadeiro braço de mar. Desaguavam nessa enseada os rios Maracanã, Trapicheiros, Joana, esses dois últimos tributários do primeiro. Os níveis das marés adicionados à forte pluviosidade, além do transbordamento d'água das lagoas existentes na cidade, acrescidas das enxurradas que desciam dos morros, assolavam essa área. As águas do Manguezal extravasavam entrando nos alagadiços e lagoas próximas, gerando dificuldades para o trânsito e proliferação de doenças das mais variadas.

Ainda segundo Mattos (2004), em 1835, o Governo Imperial resolveu acabar com essa vasta área alagada, construindo um estreito canal que recebesse não só as águas pluviais, mas também a dos riachos das redondezas. As novas concepções urbanísticas, que tiveram início com a Reforma de Pereira Passos, 1902 – 1906, copiavam as práticas das cidades européias, que condenavam a limitação da infraestrutura existente. Foi esse prefeito que modificou radicalmente a estrutura urbana do Rio de Janeiro com a remodelação e o saneamento da cidade. Para isso foi necessário a reestruturação do centro da cidade, por meio do desalojamento da população dessa região e para a construção de grandes avenidas, dentro de uma concepção 'higienista' nos moldes franceses.

A partir da necessidade da população desalojada, de buscar novos espaços para moradia, surgiram as “favelas” - os morros situados no centro da cidade, como da Providência, São Carlos, Santo Antônio foram escolhidos pela população desalojada. A construção do Canal do Mangue seguia esta ‘nova’ concepção urbana, constituindo-se a partir das extensas e largas avenidas projetadas, assim como seguia um modelo de intervenção, cuja preocupação dominante era a drenagem clássica e o dessecamento de solos.

Em 1857, foi iniciada a construção do Canal do Mangue, a maior obra de saneamento do Rio de Janeiro, na época do Império, que acabou se transformando rapidamente em um problema de saúde pública. Apenas 15 anos após a sua inauguração, passou pelo primeiro processo de recuperação e desobstrução, em função da ocupação dos morros da região e acúmulo de lixo difuso. Em 1876 é que foi completada a sua obra definitivamente.

No Governo do Presidente Rodrigues Alves, de 1902 a 1906, as obras do Cais do Porto exigiram o prolongamento do Canal do Mangue até o mar, acabando com os alagadiços das antigas praias Formosas e dos Lázarus, tornando utilizável uma enorme extensão de terra e procurando o controle das enchentes provocadas pelos Rios Comprido, Trapicheiro, Maracanã e Joana. Apesar de terem facilitado a ocupação da bacia, estas obras não eliminaram o risco de enchentes na região, porque com as desembocaduras centralizadas em um único exutório, na Baía de Guanabara, grandes enchentes passaram a ocorrer com maior regularidade e intensidade.

Em síntese, a ação antrópica resultou em profundas modificações do estado natural da bacia do Canal do Mangue. A ocupação das baixadas e áreas de várzea resultou em várias interferências sobre o sistema natural, como aquelas provocadas pelo sistema viário, ferroviário e equipamentos urbanos. Somado a isto, a expansão urbana, com o crescimento da população e a ocupação dos morros, gerou aumento na produção de sedimentos, com conseqüente assoreamento e redução de capacidade dos canais, resultando no agravamento da ocorrência de inundações na bacia. A figura 91 mostra, em seqüência, a evolução da urbanização da bacia, desde a sua configuração mais natural até uma situação próxima da atual, mostrando como foi este processo de modificação ao longo dos séculos.

Na tabela 3, é possível ter a noção do crescimento da população, que apresentou um salto no crescimento, mais marcante, a partir de 1890.

Na tabela 3: Crescimento da população ao longo dos séculos

Ano	População	Ano	População
1585	3850	1890	522 651
1710	12 000	1906	811 443
1750	25 000	1920	1 157 873
1760	30 000	1940	1 764 141
1799	43 376	1950	2 377 451
1808	60 000	1960	3 307 163
1821	112 695	1970	4 251 918
1838	137 078	1980	5 090 723
1849	266 466	1991	5 480 768
1856	151 665	2000	5 857 904
1870	235 381	2007	6 093 472
1872	274 972	2013 (estimada)	6 429 923

Linha cronológica do processo de aterramento da bacia

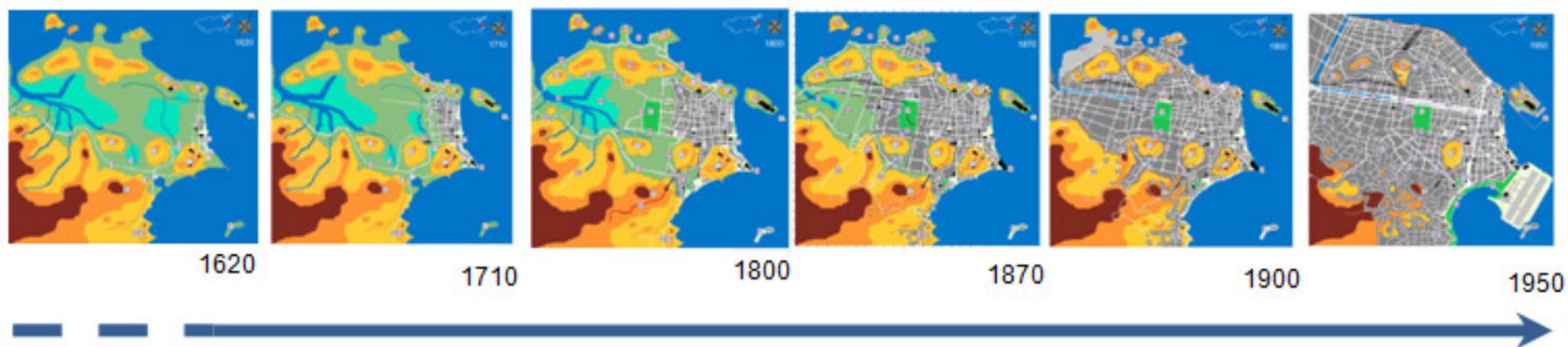


Figura 95: Evolução urbana da região central da cidade do Rio de Janeiro com destaque da Bacia do Canal do Mangue
Fonte: Modificado de <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/armazenzinho/web/> - Janeiro de 2013

A Figura 96 mostra uma linha síntese que relaciona os dados de população e tempo.

Linha do Tempo

Índice Populacional
Segundo IBGE

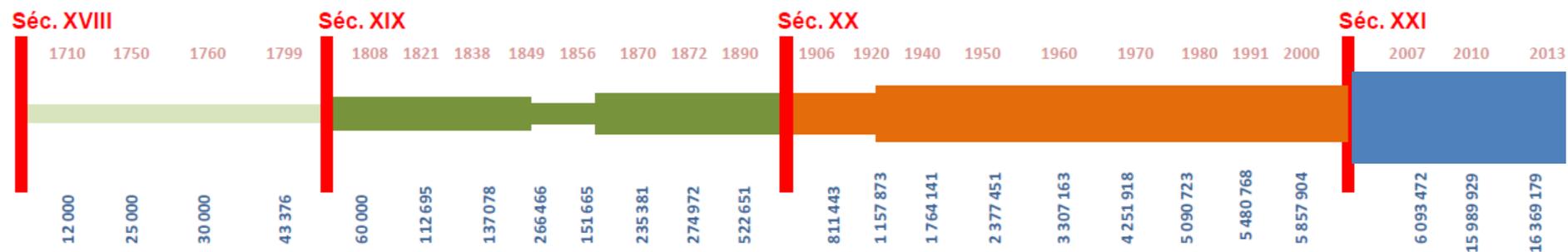


Figura 96: Linha Síntese que relaciona os dados de população e tempo.
Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

4.2.1.2 Histórico de Cheias na Bacia

As cheias atuais na região do Canal do Mangue atingem uma vasta região da Tijuca, o Estádio do Maracanã, a sede da prefeitura, o Sambódromo tendo como ponto emblemático, a Praça da Bandeira. Recorrentes, as inundações são, não apenas impeditivas ao bom funcionamento do tráfego de carros e de pessoas, como evidenciam a situação crítica da infraestrutura urbana da cidade e geraram enormes prejuízos às edificações e seus conteúdos e a infraestrutura da cidade. Esta situação de cheias é antiga e será feito um apanhado dos eventos de cheias ao longo do tempo.

Segundo levantamento realizado por Mattos (2004), a primeira inundação que se tem notícia, gerada por uma enchente, ocorreu no século XVI e não se tem registro escrito. Ela foi mencionada por cronistas posteriores no Século XVII.

No Século XVIII, as enchentes de 1711 alagaram a cidade e acabaram facilitando a invasão francesa, dando vitória à França. Em 14 de abril de 1756, foi documentada uma enchente histórica na cidade que durou três dias ininterruptos.

No século XIX, houve várias enchentes, sendo que a maior delas durou de 10 a 17 de fevereiro de 1811, e ficou conhecida como 'águas do monte'. Próximo à regia do Morro do Castelo, desabaram várias casas, muralhas e barracos, ocasionando perda de vidas em grande número. Ainda neste século, em 1833, 1862 e 1864, ocorreram outras enchentes, sendo que esta última, por ser originária de uma chuva de granizo, destelhou varias casas da cidade e ficou conhecida como 'chuva de pedra'.

Com o progresso do desenvolvimento urbano e a ocupação da zona suburbana no século XX, as enchentes históricas tornaram-se ainda mais frequentes. Neste século segundo PLANÁGUA/SEMADS/GTZ, 2001, registraram-se as seguintes enchentes:

- Em 1906 – dia 17 de março, transbordamento do Canal do Mangue e desmoronamentos e mortes nos Morros de Santa Teresa, Santo Antônio e Gamboa.
- Em 1911 – dia 23 de março, inundação na Praça da Bandeira.

- Em 1916 – 7 a 9 de março e 17 de junho, transbordamento do Canal do Manguê.
- Em 1924 – dia 3 de abril, além do costumeiro transbordamento do Canal do Manguê, houve desabamentos de barracos com vítimas no Morro de São Carlos.
- Em 1928 – dia 26 de fevereiro, inundação na Praça da Bandeira, desabamentos e mortes nos Morros de São Carlos, Salgueiro, Mangueira e Santo Ant nio.
- Em 1938 – dia 9 de fevereiro, alagamento da Praça da Bandeira e desabamento de prédios com vários  bitos.
- Em 1940 – dia 29 de janeiro, alagamento em toda a cidade com desabamentos em Santo Cristo.
- Em 1942 – dias 6 e 7 de janeiro, desabamentos no Morro do Salgueiro.
- Em 1944 – dia 17 de janeiro, transbordamento do Canal do Manguê, Praça da Bandeira, além do Catete e Botafogo.
- Em 1950 – dia 6 de dezembro, outro alagamento da Praça da Bandeira.
- Em 1959 – março, novo alagamento da Praça da Bandeira.
- Em 1962 - dias 15 e 16 de janeiro, grandes alagamentos e quedas de barracos.
- Em 1966 – dia 11 de janeiro, ocorreu uma das maiores enchentes da história da cidade. Nos dias seguintes a chuva continuou forte, causando total colapso no sistema de transporte e na distribuio de energia elétrica.
- Em 1967 – nos meses de janeiro e fevereiro ocorreram chuvas idênticas às do ano anterior, os bairros mais atingidos foram os da Zona Norte, principalmente o da Tijuca.
- Em 26 de fevereiro de 1971, 17 de janeiro de 1973, 4 de janeiro de 1975 e 1 de maio de 1976 – ocorreram fortes chuvas que provocaram desmoronamento e impediram a circulao na cidade.
- Em 1981 – dia 8 de dezembro, choveu quase 15% do total médio anual, ocasionando deslizamentos em quase toda a cidade e rios e canais em Jacarepaguá.
- Em 1982 – dia 3 de dezembro, as chuvas não foram tão intensas, mas causaram transbordamento no Rio Faria Timbó.

- Em 1983 – dias 20 de março e 24 de outubro, ocorreram fortes temporais em Santa Teresa e em Jacarepaguá, desabando casas.
- Em 1985 – as enchentes provocaram 23 mortes e 200 desabrigados, no dia 18 de março e em 12 de abril, alagando Jacarepaguá.
- Em 1986 – nos dias 6 e 7 de março, com altura de chuva de 121mm, houve deslizamento de encostas e em 29 de dezembro, chuva de 64mm/3 horas, voltou a transbordar o Rio Maracanã.
- Em 1988 – do dia 18 a 21 de fevereiro ocorreu a maior enchente histórica do século, com chuva de mais de 430 mm.
- Em 1990 – no dia 18 de abril, a enchente no Parque do Flamengo chegou a 165 mm/24horas e em 7 de maio, outra de 103 mm/24 horas, provocando mortes na Glória e no Maracanã.
- Em 1992 – dia 5 de janeiro, o Maracanã e toda a Zona Norte da cidade foram atingidos com chuvas de 132mm/24 horas.
- Em 27 de fevereiro, 6 de março, 12 de março e 19 de março de 1993, chuvas com duração média de 6 horas, paralisaram o trânsito da cidade.
- Em 1994 – dia 9 de junho, enchente atinge o Jardim Botânico e o acesso a Zona Sul da cidade foi interrompido, com chuva de cerca de 100 mm.
- Em 1996 – dia 14 de fevereiro, chuva com 200 mm/8 horas, atingiu as Zonas Oeste e Sul, tal foi o caos urbano causado, que esta enchente foi comparada com as ‘águas do monte’, de 1811. Estes eventos coincidiram com maré de sizígia, ou seja, períodos em que a maré alta atinge os níveis máximos.

Nas enchentes acontecidas no século XX e também no século XXI, a Praça da Bandeira foi atingida em quase todas, fato compreensível a partir da observação do histórico de evolução urbana da bacia do Canal do Mangue, que, como visto, passou por intensos processos de urbanização, com mudanças significativas das condições naturais da bacia, devido, principalmente, a aterros, uso e ocupação do solo inadequado e aumento da impermeabilização.

As figuras 97 e 98 mostram a Rua do Senado alagada e as imediações do Canal do Mangue a figura 99 traz a síntese das principais enchentes desde o século XVIII.



Figura 97: Enchente na Rua do Senado
Fonte: newjaba.blogspot.com.br – Agosto, 2013



Figura 98: Enchente Canal do Mangue
Fonte: newjaba.blogspot.com.br — Agosto, 2013

Linha do tempo

Histórico de Cheias

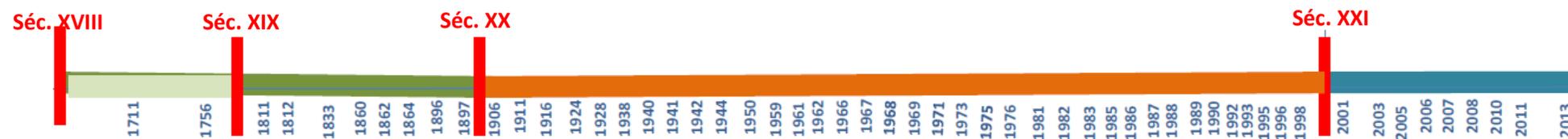


Figura 99: Linha Síntese que relaciona as maiores enchentes no tempo.
Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

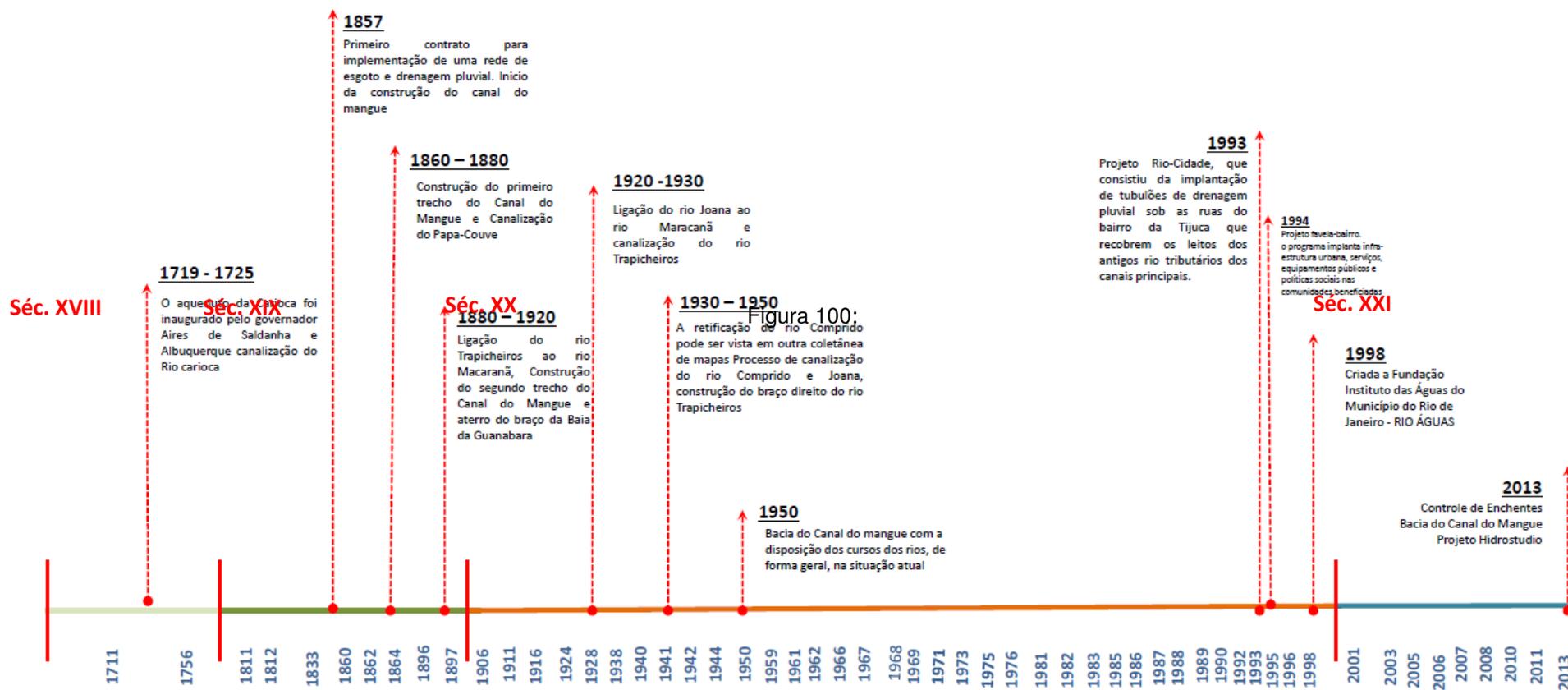
4.2.1.3 Histórico de projetos para controle de cheias para a bacia

Como apresentado, o processo de urbanização na bacia do canal do Mangue trouxe grandes mudanças às suas condições naturais. Muitas destas mudanças foram exatamente em função da necessidade de controle de cheias, problema crítico da bacia, diretamente relacionado ao crescimento populacional e urbanização da região, conjugado com a situação topográfica de planície costeira.

Nesse contexto, foi elaborado também uma linha do tempo com a apresentação das principais obras de drenagem na bacia, implantadas como respostas do processo de urbanização ao problema de controle de cheias. Nesta síntese, apresentada na figura 100 observa-se que as obras hidráulicas marcaram esta bacia até meados da década de 50. Houve, entretanto, uma lacuna em um determinado período de tempo sem efetivas ações para controle de cheias na bacia. Apenas na década de 90 surgiram novos projetos, não com intuito específico de drenagem urbana, mas como obras que visavam, primordialmente, a melhoria da urbanização da cidade, como Rio Cidade e Favela-Bairro, tratando secundariamente de questões de drenagem.

Linha do tempo

Histórico de projetos para controle de cheias para a bacia



Linha Síntese que relaciona os dados de população e tempo.
Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

Como forma de entender como se desenvolveu, de fato, o processo histórico de urbanização da bacia do Canal do Mangue e suas consequências, é necessário estabelecer o cruzamento das três linhas apresentadas, relacionadas ao crescimento urbano, eventos de cheias e projetos para controle de cheias.

O cruzamento destes eventos ao longo do tempo ajuda a concluir que a urbanização demandou obras de drenagem, na mesma proporção de seu crescimento. Este cruzamento pode ser observado em síntese na figura 101 e dividida em século, em três momentos, pelas figuras 102, 103 e 104. A expectativa de diminuição dos eventos de inundação não ocorreu: eles também aumentaram, apesar destas obras de drenagem. É possível identificar este fato em momentos diversos:

- No início do século XIX com a chegada da Família Real Portuguesa houve um considerável aumento populacional e uma das consequenciais que pôde-se observar, na linha do tempo comparativa, é o aumento da incidência de cheias na cidade. Esse aumento tornou-se gradativo e sempre relacionado ao crescimento urbano descontrolado.

- Já no século XX e início do século XXI, a cidade passou por intensa urbanização e grandes mudanças. Assim, ao se dividir esta época em décadas tem-se:
 - Década de 10: importante registro de reforma urbana com o Prefeito Pereira Passos.
 - Década de 20 à 50: canalização de praticamente todos os rios da bacia.
 - Década de 50: Conclusão Canal do Mangue – nenhum registro de cheia considerável.
 - Década de 60: intensificação da urbanização – aumento considerável das cheias urbanas.
 - Década de 70: Política de erradicação das favelas – diminuição das cheias. Em meados desta década, entretanto, a política contra o crescimento das favelas foi suspensa, e percebeu-se já na década de 80 novos registros de inundações.

- Década de 90, com os Programas Rio – Cidade e Favela-Bairro, a situação de aumento do registro de inundação se manteve.
- Depois dos anos 2000, com o crescimento descontrolado das comunidades carentes, aumento da urbanização, teve como resultado contínuo do aumento nos registros de inundação.

Diante do exposto, fica claro que o modelo de intervenções e o processo de evolução urbana precisam ser ajustadas, segundo padrões que corroborem para a melhor integração dos limites ambientais impostos pela bacia e das necessidades urbanas. É óbvio que estando a bacia em situação de saturação urbana torna-se mais complicada a integração ambiente x cidade, porém é possível criar um novo sistema de espaços livres multifuncionais que atuem de forma a requalificar a situação crítica atual, acoplando necessidades de revitalização do espaço urbano com o controle de enchentes.

Ao se urbanizar uma bacia natural, ainda que esta, por sua forma não apresente propensão a alagamentos, pode-se sim fazer com que áreas que não seriam alagáveis passem a ser. Se as obras de drenagem acontecerem de forma pontual, elas apenas transferem a situação de alagamento de um trecho para outro, não sendo suficientes para resolver de forma sistêmica as enchentes em uma bacia, provocadas pela urbanização. Além disso, a artificialização da própria bacia, com aterros para incorporação de áreas para urbanização, bem como a artificialização de redes de drenagem, com tendência de transferência de alagamentos de montante a jusante, são elementos críticos que se combinam para o agravamento da situação de alagamentos da bacia.

Linha do Tempo

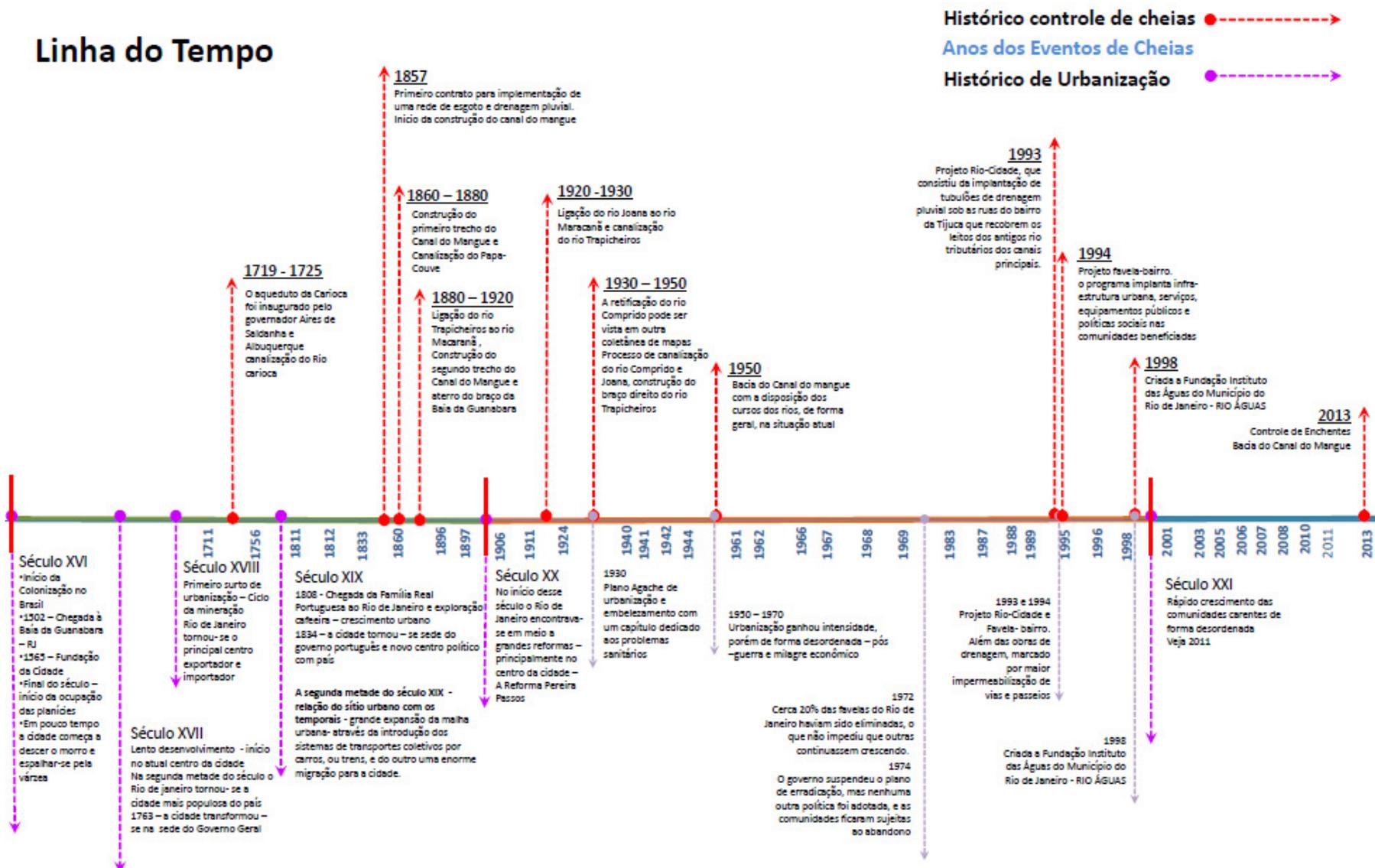


Figura 101: Linha Síntese que relaciona historicamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização.
 Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

Linha do Tempo

Momento 1

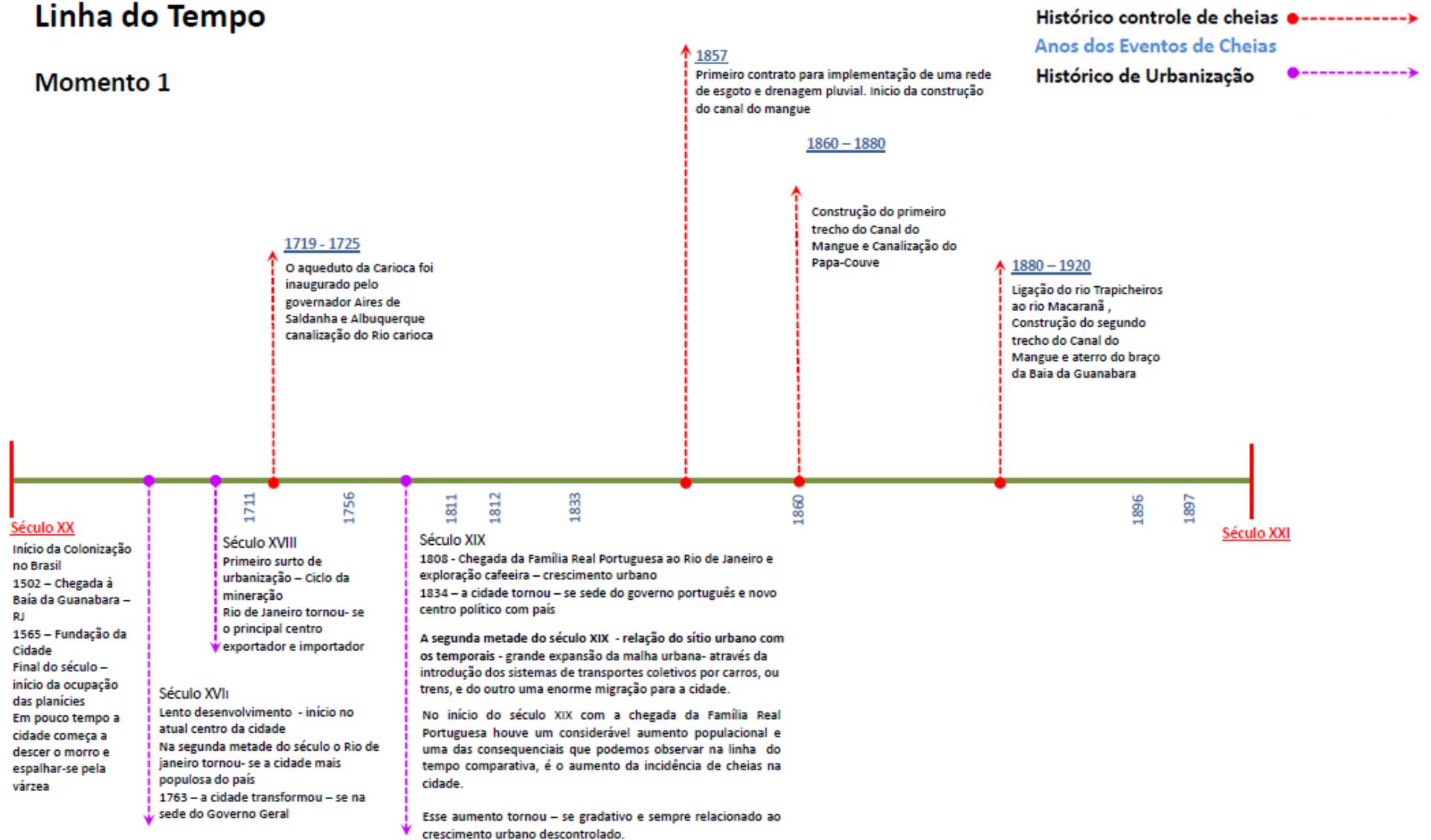


Figura 102: Linha Síntese do momento 1, que relaciona historicamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização.

Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

Linha do Tempo

Momento 2

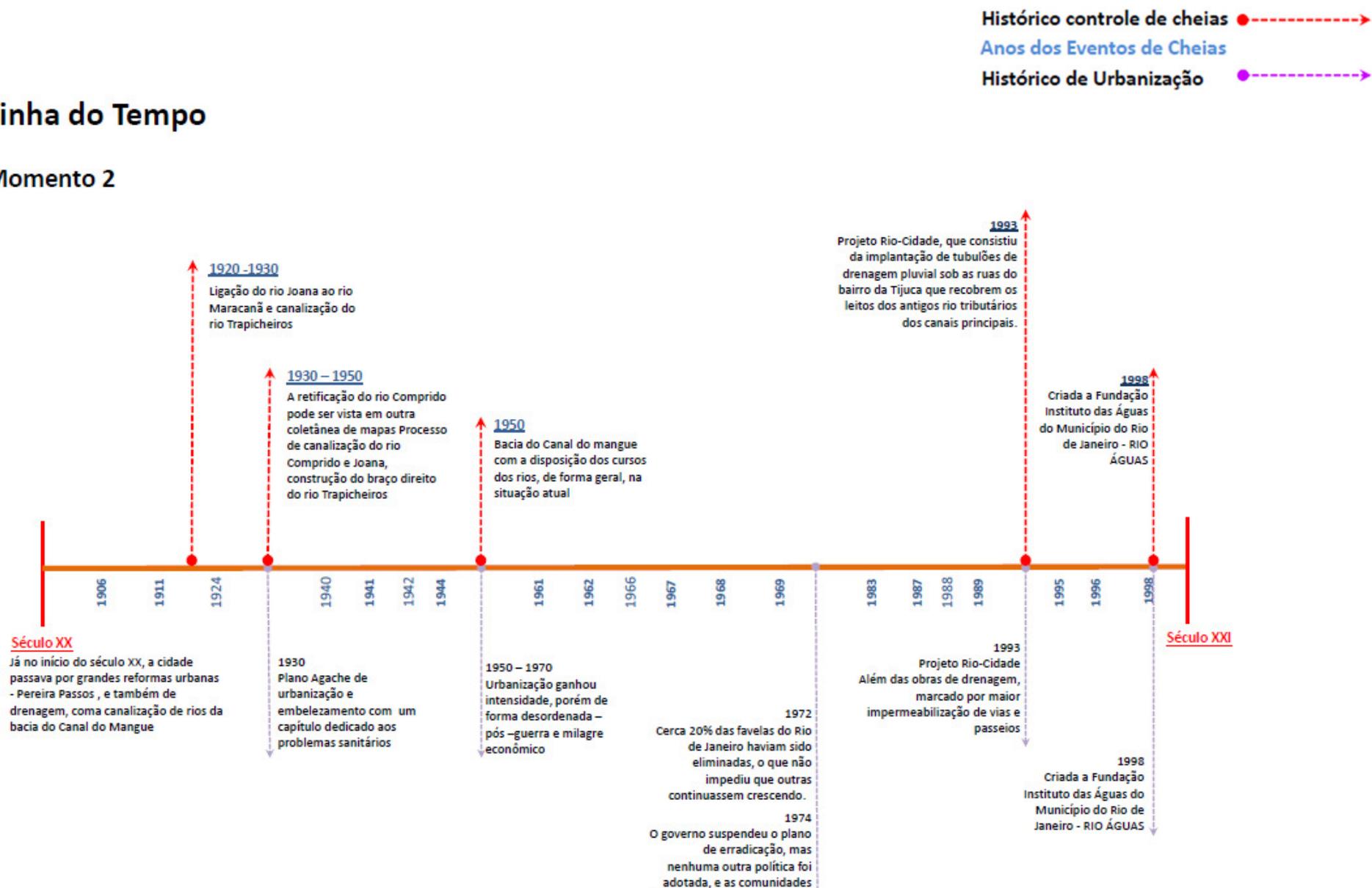


Figura 103: Linha Síntese do momento 2, que relaciona historicamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização.
 Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

Linha do Tempo

Momento 3

Histórico controle de cheias ●----->
Anos dos Eventos de Cheias
Histórico de Urbanização ●----->

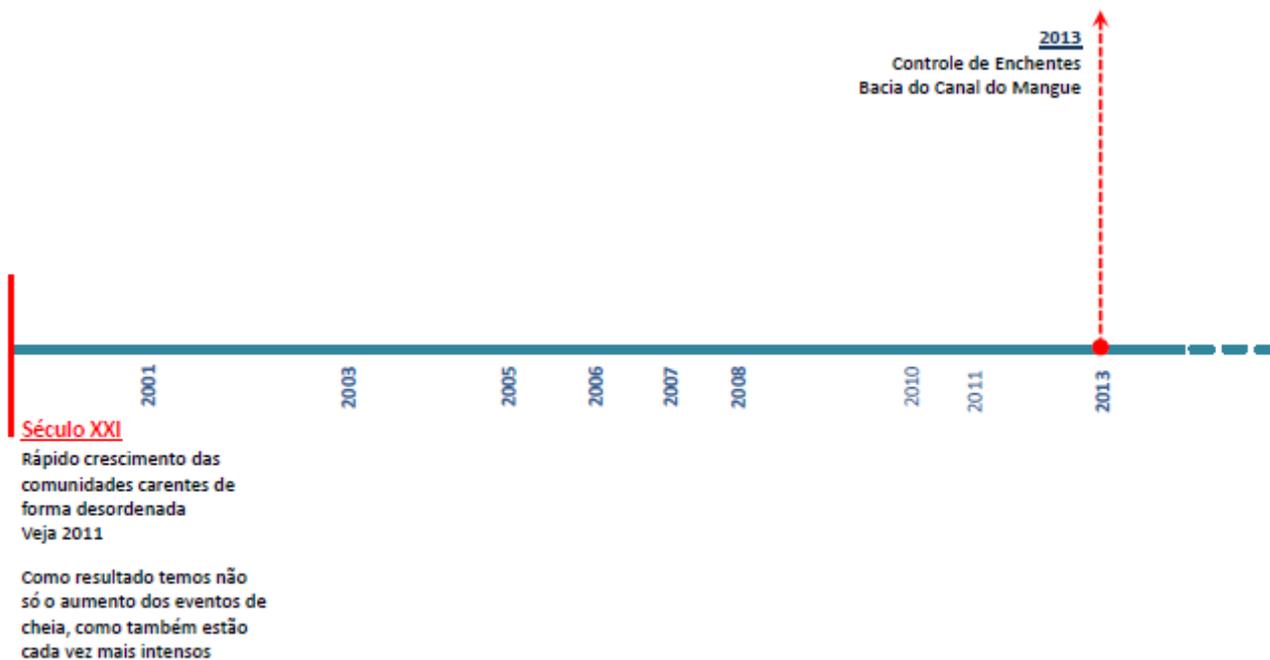


Figura 104: Linha Síntese do momento 3, que relaciona hitoricamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização.
Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

A figura 105 traz a síntese compilada da relação da população, eventos de cheias e obras para controle de cheias.

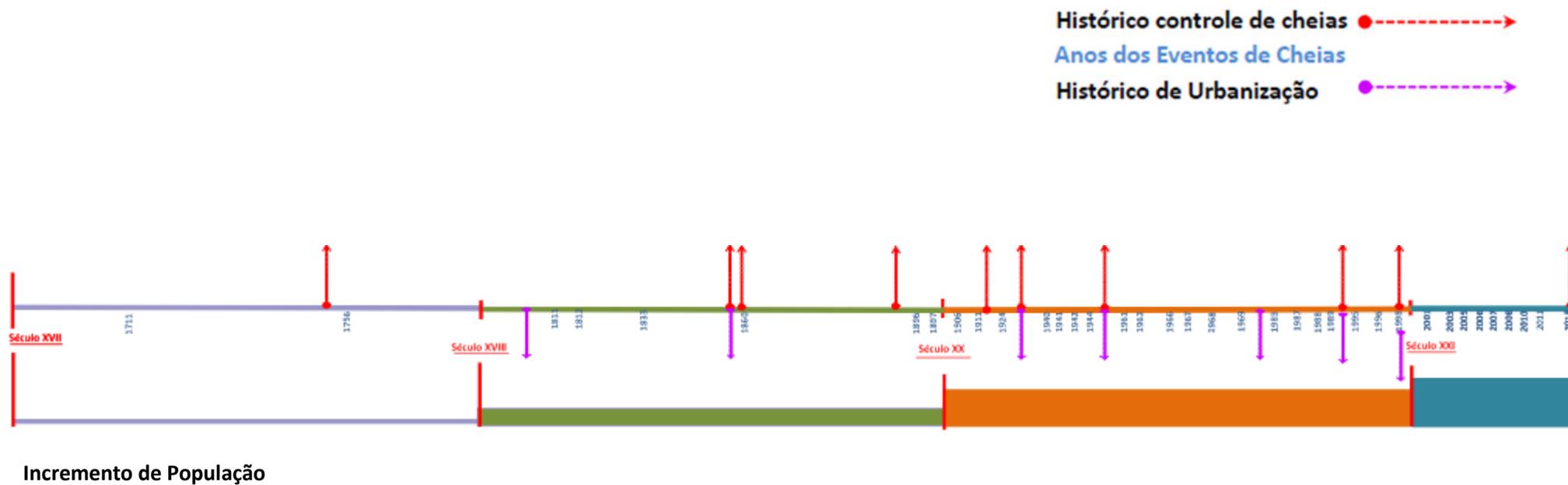


Figura 105: Linha Síntese do momento, que relaciona hitoricamente o controle de cheias, eventos de cheias e histórico de urbanização.
 Fonte: Elaborado pela Equipe LHC – MAPLU – FINEP

4.2.2 Planejamento Urbano tomando a bacia hidrográfica como referência

A atividade de planejamento visa prever problemas relativos à ocupação antes que eles aconteçam. É importante resgatar que esta atividade precisa ser interdisciplinar e orientada por uma visão sistêmica. Entretanto, o planejamento vem sendo desenvolvido, de uma maneira frequente separando as questões naturais das questões urbanísticas, inclusive não considerando as limitações físicas associadas à geração de cheias que, por sua vez, estão associadas à dinâmica da bacia hidrográfica, considerada como referência para tratar a questão das águas.

O meio natural, entretanto, precisa estar incluído já nas fases iniciais do planejamento, não como um elemento cênico e inesgotável, mas como sistema natural de referência, com seus recursos finitos. Esse processo pode ser desenvolvido, tomando as bacias hidrográficas como principal referência para norteamento do planejamento de usos e ocupação do solo por isso, é importante associar o planejamento urbano às bacias hidrográficas.

O processo de urbanização, por vezes, resulta na ocupação generalizada da bacia hidrográfica avançando sobre áreas naturalmente sujeitas a enchentes e, no caso da Bacia do Canal do Mangue, avançando inclusive sobre o próprio mangue e sobre o mar. O Plano diretor de uma cidade precisa considerar as interações com bacia. Para que as necessidades urbanas e as consequentes ações de urbanização sejam realizadas no âmbito da bacia hidrográfica é fundamental que sejam diagnosticadas e estabelecidas as restrições apresentadas pelo meio natural.

O planejamento quando toma as bacias como apoio, traz a oportunidade de entender a questão dos alagamentos, não como uma fatalidade, mas como algo natural, previsto e pertencente à dinâmica da própria bacia que busca o restabelecimento de um novo padrão de escoamento, pós-urbanização. Quando a urbanização cresce sem essa compreensão é comum ver cidades sofrendo e se degradando com o agravamento das cheias. Neste segundo caso de estudo, a bacia do canal do Mangue é um exemplo desta situação.

Para o caso da Bacia do Canal do Mangue, que foi fortemente alterada pelos processos antrópicos, eliminar os pontos de alagamento só será possível partindo de uma visão sistêmica, em que a bacia possa ser considerada como um todo e integrada com a própria cidade. Nesta região, entretanto, como visto, ao longo da sua história foram adotadas soluções pontuais, que não enxergavam o funcionamento integral da bacia e dos equipamentos urbanos pertencentes a ela, apesar de interferirem na dinâmica de escoamento das águas.

Nesta bacia está situado, talvez, o mais emblemático ponto de alagamento da cidade, a Praça da Bandeira. Assim, para mitigar a gravidade dos alagamentos é necessária a adoção de conceitos que busquem soluções integradas e sistêmicas, tanto no âmbito da bacia hidrográfica, como também no âmbito urbano, para que sejam reconhecidas as necessidades urbanas dentro das possibilidades do meio ambiente.

4.2.2.1 Aspectos Ambientais do Planejamento associado às bacias

O relevo desta bacia tem como destaque a presença do maciço da Tijuca que é um dos acidentes geográficos mais característicos da cidade. É nas suas vertentes que nascem diversos cursos d'água contribuintes para as bacias da Baía de Guanabara, da Zona Sul e de Jacarepaguá. A figura 106 mostra uma representação das declividades desta bacia.

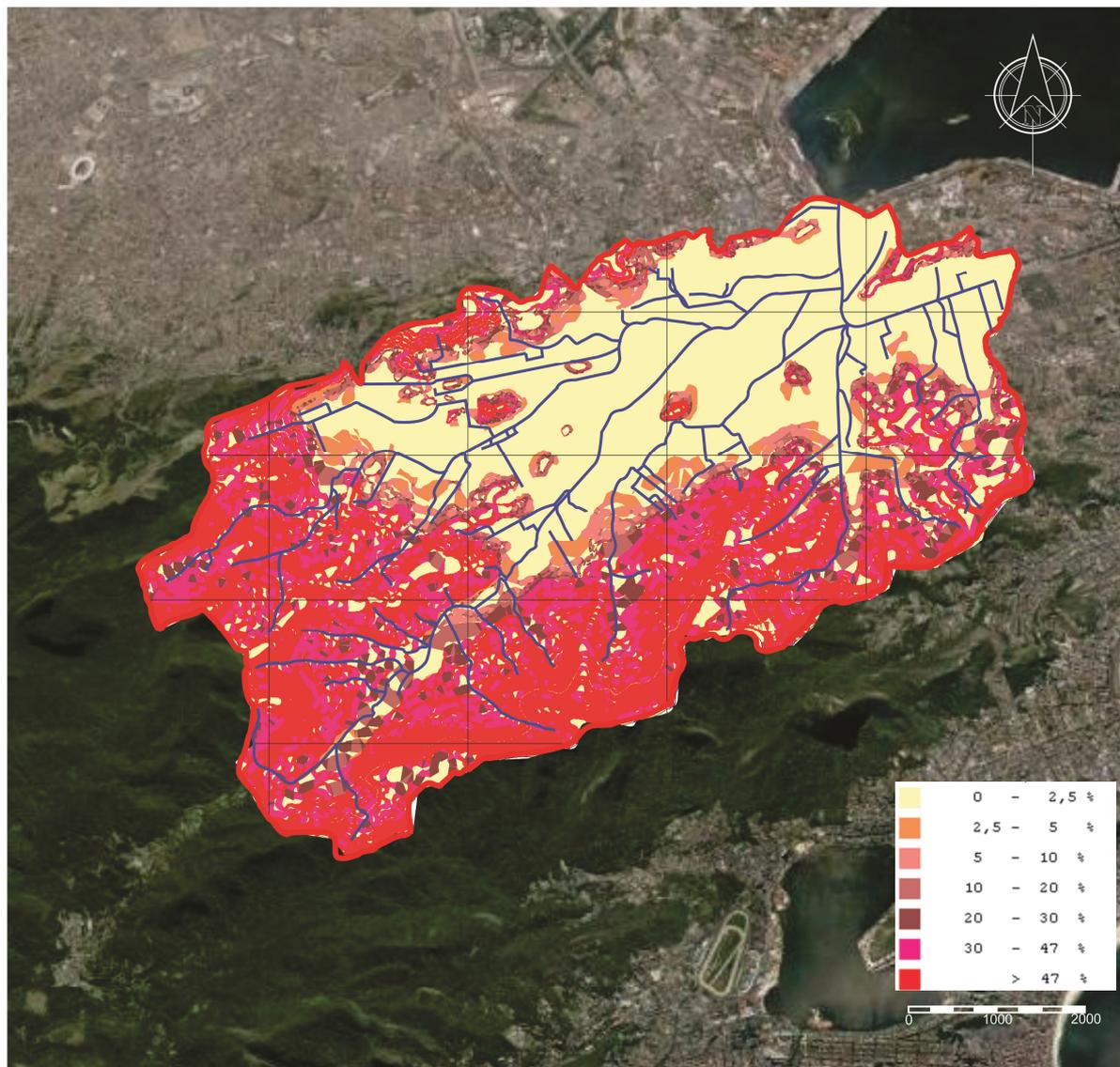


Figura 106: Declividade da Bacia hidrográfica do Canal do Manguê

Fonte: Modificado de Américo, 2003

A cobertura vegetal possui funções não só ambientais e estéticas, como também ajudam na estabilidade das encostas e no favorecimento da infiltração manutenção de temperatura. A vegetação de manguezal foi completamente eliminada e foi a primeira a ceder espaço para o crescimento da cidade, nas suas áreas mais planas junto ao mar.

No século XIX, por ordem do imperador, o Major Archer comandou um grande grupo de escravos que fizeram o reflorestamento de boa parte da área onde hoje se localiza a Floresta da Tijuca, o que foi algo inédito do ponto de vista urbanístico. Esta ação, que iniciou – se em janeiro de 1862, teve como objetivo sanar o problema da crise de abastecimento de água, decorrente do desmatamento. Hoje, este local

constitui uma importante área de preservação ambiental. Nesta bacia, a vegetação se concentra basicamente nas encostas e a planície foi praticamente toda impermeabilizada pela urbanização. As encostas, entretanto, assim como a própria planície, sofrem a pressão do crescimento das comunidades carentes existentes na região, o que é um fator crítico, pois pode agravar problemas de enchentes, pela remoção da vegetação.

As precipitações que caem sobre a topografia irregular desta região descem das montanhas com grande velocidade, resultando em baixos tempos de concentração chegando rapidamente às regiões mais baixas, favorecendo respostas rápidas de vazões. Somadas às condições naturais, estão as interferências antrópicas, especialmente as ações de impermeabilização, que potencializam os efeitos da retirada de vegetação.

A hidrografia da região tem todos os seus rios na área urbana, sendo composta basicamente por cinco principais contribuintes: os rios Joana, Maracanã, Trapicheiro, Comprido e Papa-Couve, que podem ser vistos por meio da figura 107.

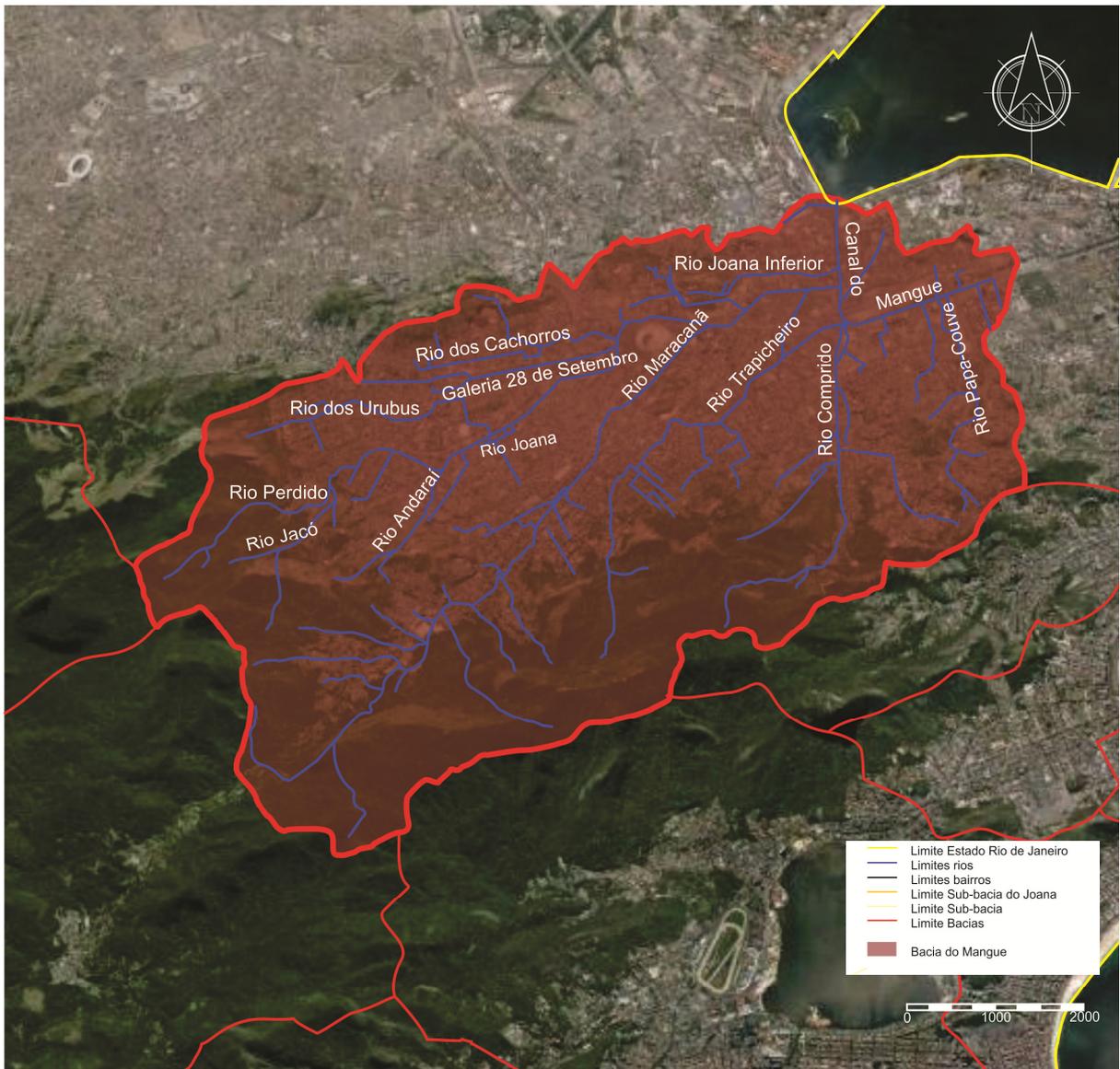


Figura 107: Declividade da Bacia hidrográfica do Canal do Mangue

Fonte: Modificado de Américo, 2003

Na cidade, o reconhecimento destes corpos hídricos se faz negativamente, principalmente, quando acontecem problemas de alagamento, quando, então, eles são percebidos. O rio Maracanã é o mais extenso curso d'água desta bacia, com 10 km de extensão. Nasce no maciço da Tijuca e tem sua foz no Canal do Mangue. Seus principais tributários são os rios Joana e Trapicheiros e sua área de drenagem engloba os bairros do Alto da Boa Vista, Tijuca e Maracanã. Vale destacar que o Rio Joana, originalmente, como discutido no histórico de intervenções da bacia, tinha foz própria, assim como o rio Trapicheiros, antes do dessecamento das áreas de baixada da região onde se implantou o Canal do Mangue.

O rio Trapicheiros, afluente do rio Maracanã por sua margem direita, nasce no maciço da Tijuca e sua extensão total é de 6 km. É praticamente todo capeado possuindo apenas sua cabeceira e pequenos trechos em canal aberto. Com a implantação de um extravasor passou a ter dois pontos de deságue: um no rio Maracanã e outro no canal do Manguê, passando sob o local onde está localizada a Praça da Bandeira.

O Rio Joana nasce na reserva Florestal do Grajaú e é formado pela confluência dos rios Perdido e Jacó. Percorre uma extensão de 8 km, ao longo dos bairros do Grajaú, Andaraí e Vila Isabel, até a sua foz na margem esquerda do rio Maracanã. Sua área de drenagem inclui importantes equipamentos e sistema viário da cidade, como a Radial Oeste, o estádio do Maracanã e o Campus da UERJ.

O rio Comprido nasce na Serra do Sumaré e percorre aproximadamente 4,5 km ao longo do bairro rio Comprido até sua foz, no Canal do Manguê, junto à foz do braço direito do rio Trapicheiros, nas proximidades da sede da Prefeitura Municipal. O Rio Papa-Couve é o menor dos principais tributários do Canal do Manguê, com 3 km de extensão entre a nascente, no morro do Catumbi, e sua foz. É praticamente todo capeado com seu trecho final como galeria instalada sob a passarela do Sambódromo

A compreensão dos aspectos ambientais de uma bacia, portanto, é fundamental para resgatar ou restabelecer relações perdidas por conta de uma urbanização que não tenha considerado devidamente as restrições impostas pelo meio ambiente.

4.2.2.2 Aspectos Urbanos

A bacia do Canal do Mangue está em uma importante área da cidade, no trecho onde está a principal ligação entre as Zonas norte, sul e o Centro da cidade do Rio de Janeiro. Esta localização estratégica de ligação entre as diferentes regiões da cidade pode ser vista na figura 108.



Figura 108: Bacia Hidrográfica do canal do mangue associada às regiões Norte, Sul e central da cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Modificado de http://www.youtube.com/watch?v=EPP6iV_WNws&hd=1, visitado em outubro de 2013.

No item evolução urbana, os aspectos urbanos foram apresentados de forma associada ao momento histórico em que eles ocorreram. Pôde-se observar que a urbanização desta área se deu principalmente pela forte intervenção humana no meio natural, pela ocupação das baixadas e várzeas, dos morros e construção de aterros sobre o mar e sobre áreas de mangue. Isso resultou em consequências drásticas com a alteração da dinâmica da bacia, que somado à expansão da urbanização descontrolada e dissociada do funcionamento das redes de drenagem, trouxeram impactos diretos para os subsistemas que fazem parte do funcionamento da cidade.

Vale retomar que nesta região estão situados importantes equipamentos urbanos como o estádio do Maracanã, UERJ, os trens, a estação da Leopoldina, o metrô e vias como o Radial Oeste, destacados na figura 109. Quando ocorrem fortes precipitações as cheias nesta região de baixada provocam o colapso dos sistemas urbanos de transporte, localizados nesta região da bacia, e responsáveis pela conexão das regiões da cidade.

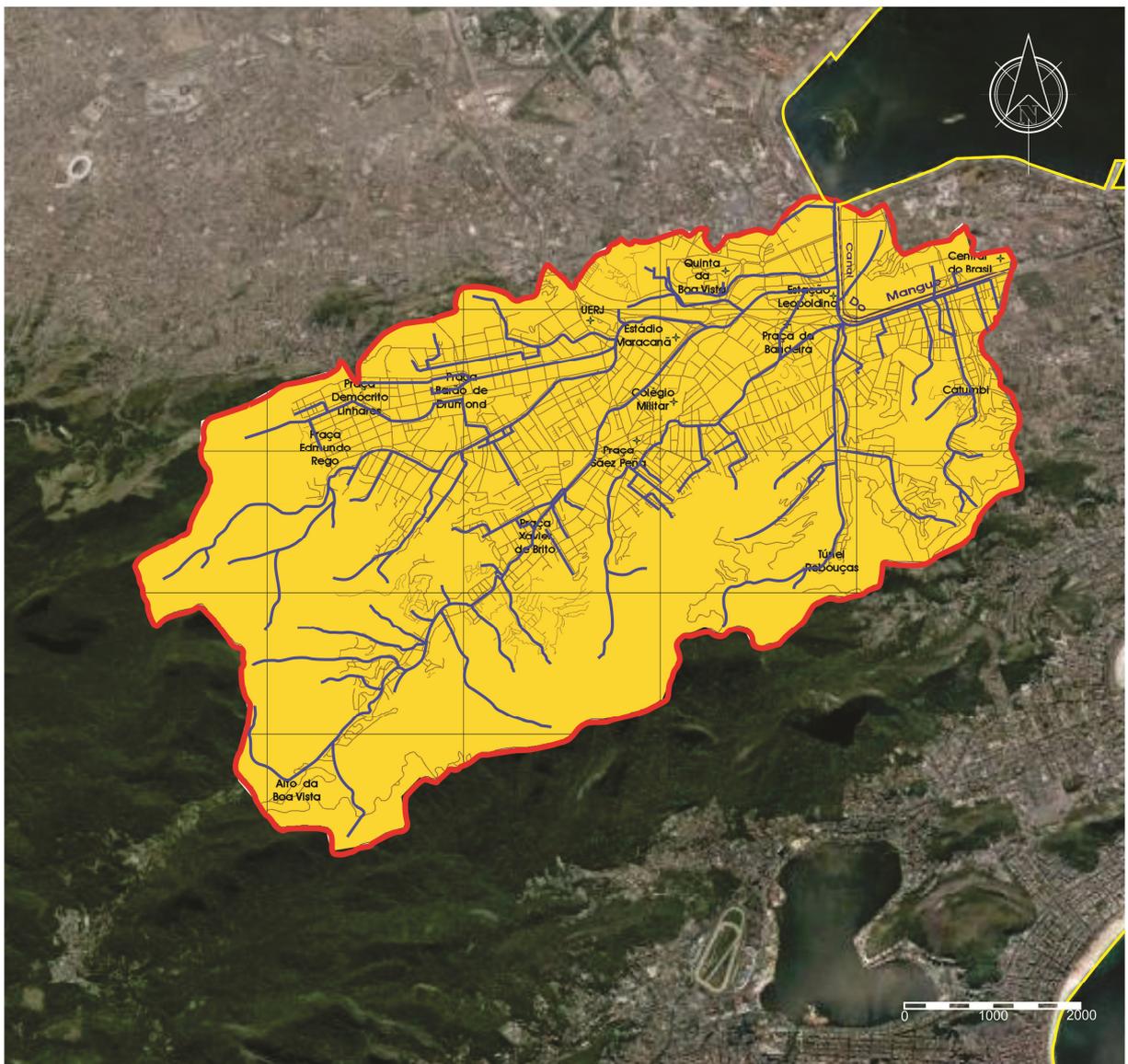


Figura 109: Equipamentos de destaque na Bacia do Canal do Manguê
Fonte: Modificado de Américo, 2003

Vários bairros com importância histórica e cultural se situam nesta bacia, que estão destacados dentro dos limites da bacia do canal do Mangue, na figura 110.

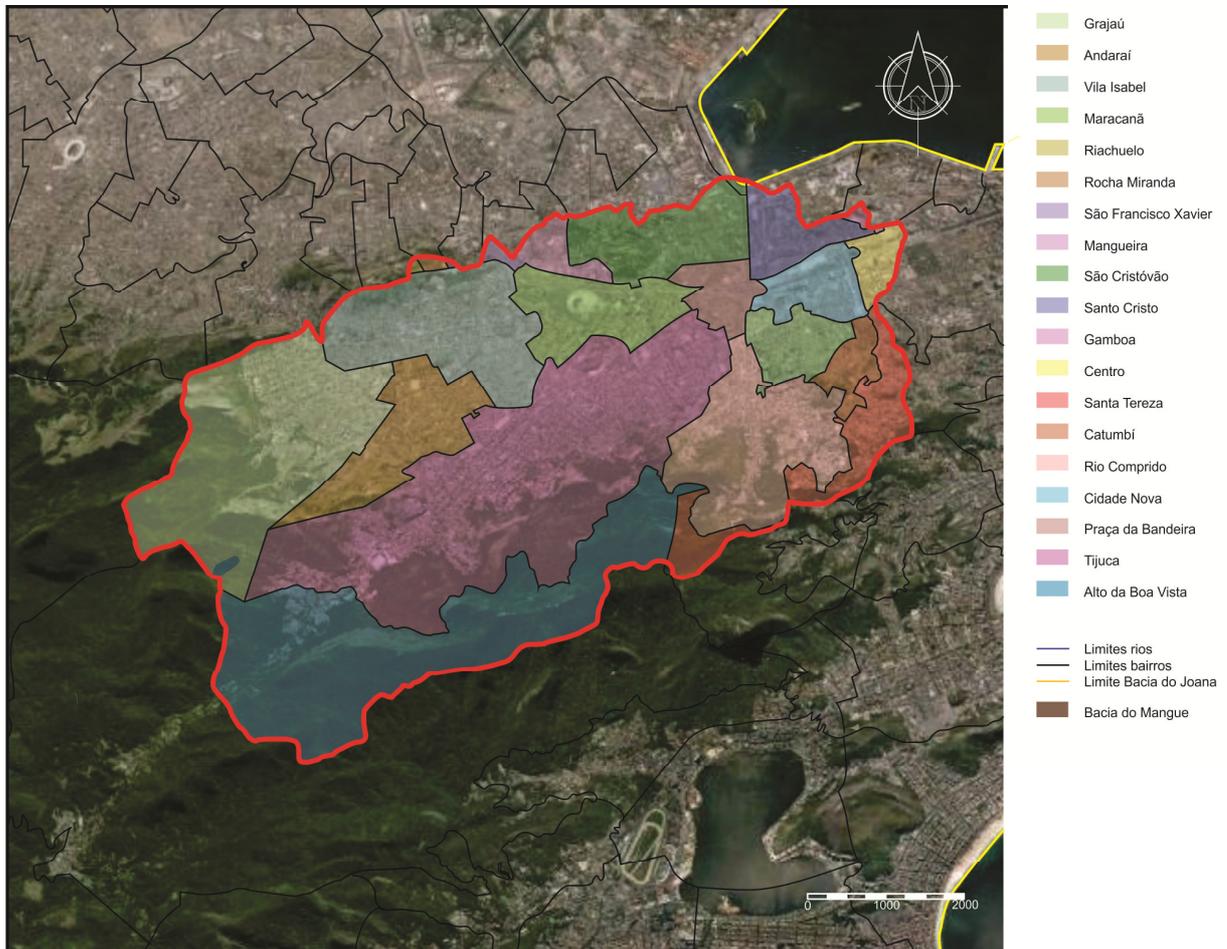


Figura 110: Bairros de destaque na Bacia do Canal do Mangue na Baía da Guanabara
Fonte: Modificado de Américo, 2003

Vale destacar que a área de abrangência de uma bacia hidrográfica não é diretamente ligada aos limites físicos de um município ou de seus bairros. Por conta disto é importante que as ações urbanas estejam pautadas em estudos e soluções sistêmicas, considerando primordialmente o limite das bacias e não apenas os limites municipais, pois a rede hidrográfica não é capaz de distinguir questões desta natureza. Dessa forma a resolução para os alagamentos desta área só será possível por meio de uma análise sistêmica e integrada do planejamento e da bacia hidrográfica. Neste caso a bacia fica integralmente no Rio de Janeiro e deságua no mar, que é uma situação favorável, sob o ponto de vista das possibilidades de atuação.

Durante muito tempo, as medidas para mitigar os problemas de alagamento foram tomadas de forma pontual ou por meio de canalizações apenas transferindo os alagamentos de um ponto a outro. Por isso, é possível se afirmar que a urbanização desta área está intrinsecamente associada às obras de drenagem e canalizações efetuadas nos corpos hídricos desta bacia. A figura 111 mostra a situação de canalização dos rios desta bacia, nos dias de hoje.



Figura 111: Planta da bacia hidrográfica do Canal do Mangue com destaque em rosa para o trecho canalizado.

Fonte: Modificado de Graciosa e Canholi, 2011.

Segundo as características morfométricas esta bacia, em seu estado natural, esta bacia não apresentava tendência a alagamentos, tendo em vista que as águas que escoavam das partes altas eram amortecidas e direcionadas ao mangue existente.

Dependendo das alterações feitas no meio natural para viabilizar a urbanização, áreas que originalmente não eram alagáveis, ou que eram alagáveis sem causar problemas, passam a ser causadora de sérios transtornos para toda uma população, colocando em colapso até mesmo sistemas urbanos como transporte rodoviário, ferroviário e metroviário, presente na redondeza da área mais crítica de alagamento.

4.2.3 Discussão para a análise integrada para o uso de sistemas de bacias e sub-bacias para reestruturação urbana

A premissa de que a urbanização é das ações antrópicas a que mais alteração causa nos padrões de funcionamento e escoamento das águas de uma bacia hidrográfica é fato. Com base nisto decisões quanto às estratégias e técnicas compensatórias para restabelecimento de padrões de drenagem que não entrem em colapso, prejudicando os diversos subsistemas da cidade.

A lógica de funcionamento de uma bacia é determinada pela interação de sua superfície com a rede hidrográfica, caracterizada por possuir seus elementos com funcionamento integrado. Por isso, as Intervenções feitas em qualquer dos componentes repercutirão no sistema como um todo. O interessante disto é que, quando se analisa uma região pela lógica de funcionamento da bacia os sistemas que compõem a cidade também devem ser incluídos como parte do funcionamento do sistema da bacia. Isso explica o porquê de alterações na urbanização implicarem em alterações dos padrões de escoamento, contribuindo tanto para o colapso do sistema hídrico como do sistema urbano.

O que é importante do ponto de vista interdisciplinar é que tanto a região da bacia como a da cidade, que, em última análise se sobrepõem grandemente, sejam compreendidas, por aproximações sucessivas, segundo as bacias e sub-bacias hidrográficas pertinentes. Esta compreensão possibilita análises integradas,

auxiliando a tomada de decisão, quanto às medidas para o restabelecimento das funções hídricas e urbanas. Se a urbanização fosse feita evitando que as bacias e sub-bacias transferissem os alagamentos umas para as outras, cada parte do sistema se resolveria em si, obtendo como consequência, um sistema global equilibrado.

Por exemplo, a bacia do Canal do Mangue pode ser entendida pela composição da rede hídrica dos seus principais afluentes os rios Joana, Maracanã, Trapicheiro, Comprido e Papa-Couve, como também pela divisão em sub-bacias destes rios, como pode ser observado na figura 112.

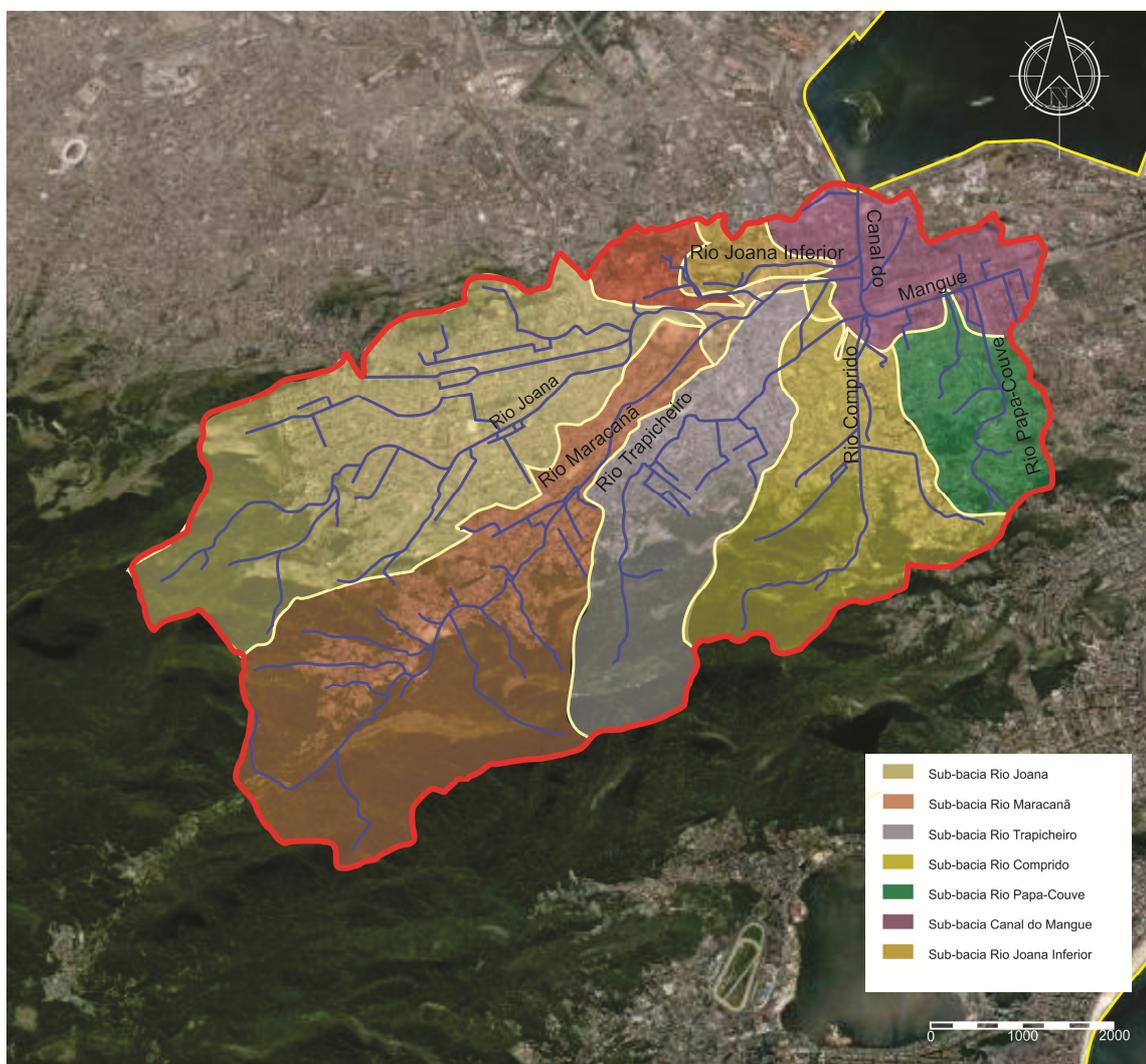


Figura 112: Sub-bacias da bacia do Canal do Mangue

Fonte: Modificado de Américo, 2003

Ao se trabalhar por meio de sub-bacias, passa a ser possível trabalhar todo o

sistema, chegando à escala local, mas não pode ser perdida a visão que relacione as sub-bacias com a macrobacia. Em uma bacia urbanizada a solução pontual não é suficiente para resolver as enchentes. Portanto, ainda que se pretenda atuar localmente é fundamental que se tenha a visão dos diferentes aspectos de ocupação da bacia para uma resposta hidráulica e social de qualidade.

Projeto da Bacia do Canal do Mangue (PBCM) foi desenvolvido de 1998 a 2000 e foi tomado como referência por seu caráter holístico e pela incorporação de conceitos de drenagem sustentável propondo medidas distribuídas na bacia. Dele foram tomados alguns mapas de referência, modificados e apresentados a seguir, que possibilitaram a continuidade da análise da bacia. Foram selecionados os mapas que traziam as feições de uso da terra, permeabilidade e cobertura vegetal para entender como estes elementos se encontravam distribuídos no território da bacia e como eles estavam estabelecidos nos limites das bacias.

O mapa de uso do solo é apresentado na figura 113 e, por meio dele, é possível perceber que a parte alta da bacia foi fortemente ocupada por construções informais. A ocupação de encostas torna a bacia urbana ainda mais vulnerável, pois, com isso, as chuvas caem sobre estas áreas impermeabilizadas e carregam mais material sólido, além do lixo, para as estruturas de drenagem, comprometendo seriamente a capacidade da rede existente.

Percebe-se, também, que a parte baixa da bacia é predominantemente residencial, com pouquíssimas áreas destinadas a espaços livres, como parques e praças. Estas áreas livres, se projetadas, poderiam contribuir para ajudar na infiltração do escoamento minimizando a sobrecarga hídrica tanto, na sua própria rede de drenagem, como na transferência desta sobrecarga para as bacias vizinhas. Parques e áreas livres em fundos de vale seriam importantes, também, como áreas naturais de alagamento, cumprindo o papel de planície de inundação.

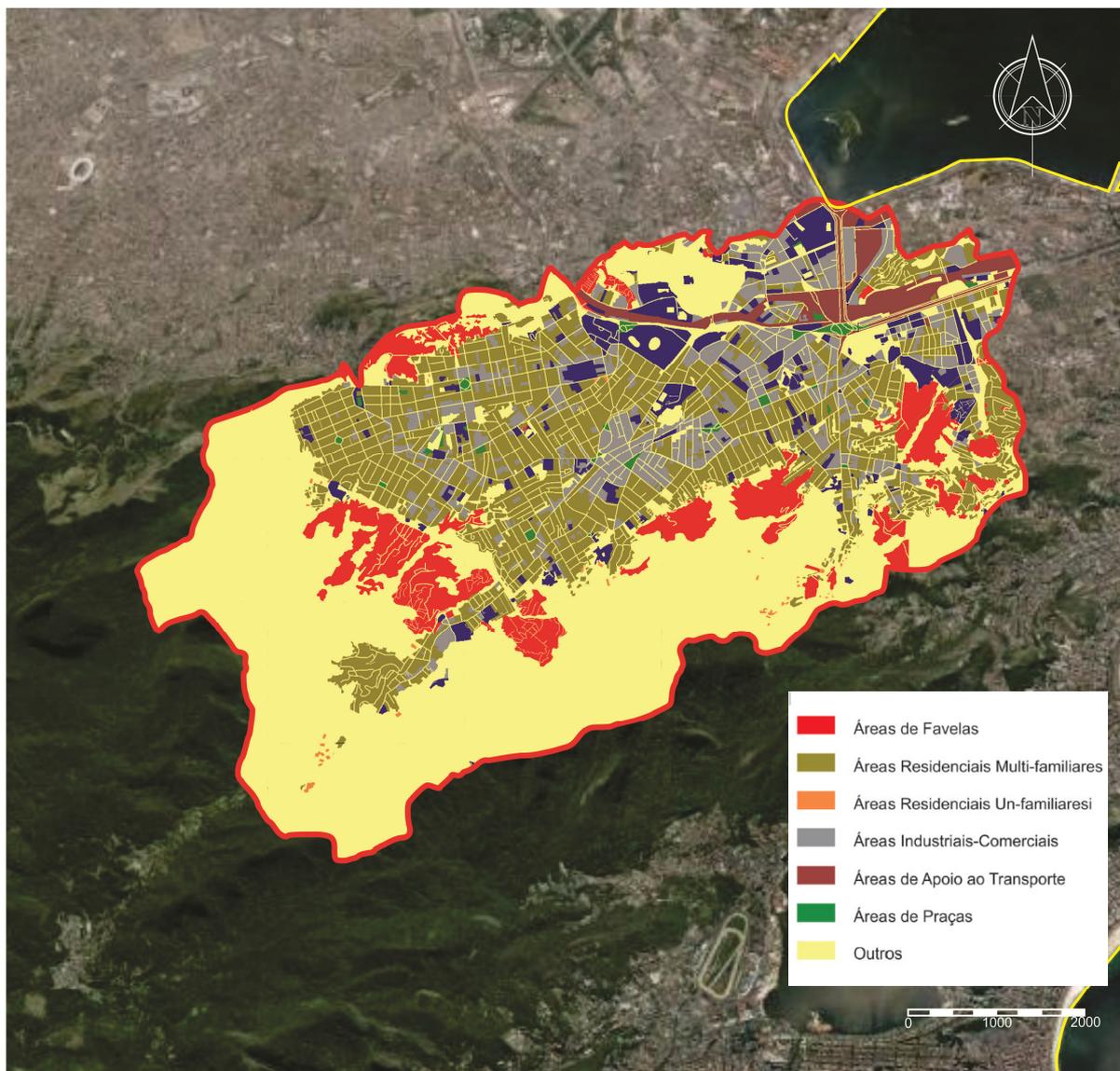


Figura 113: Feições de uso do solo na bacia do Canal do Manguê
 Fonte: Modificado de Américo, 2003

A figura 114 mostra como a parte baixa da bacia é impermeável e, ao se comparar esta figura a figura 113, é possível observar que a área urbanizada naquela figura é coincidente com a área impermeável desta.

As camadas pouco espessas de solo, predominantemente argilosos sobre rocha, e grandes áreas de rocha são, que formam esta bacia, também contribuem para a baixa permeabilidade, ampliando as possibilidades de cheia nas áreas baixas.

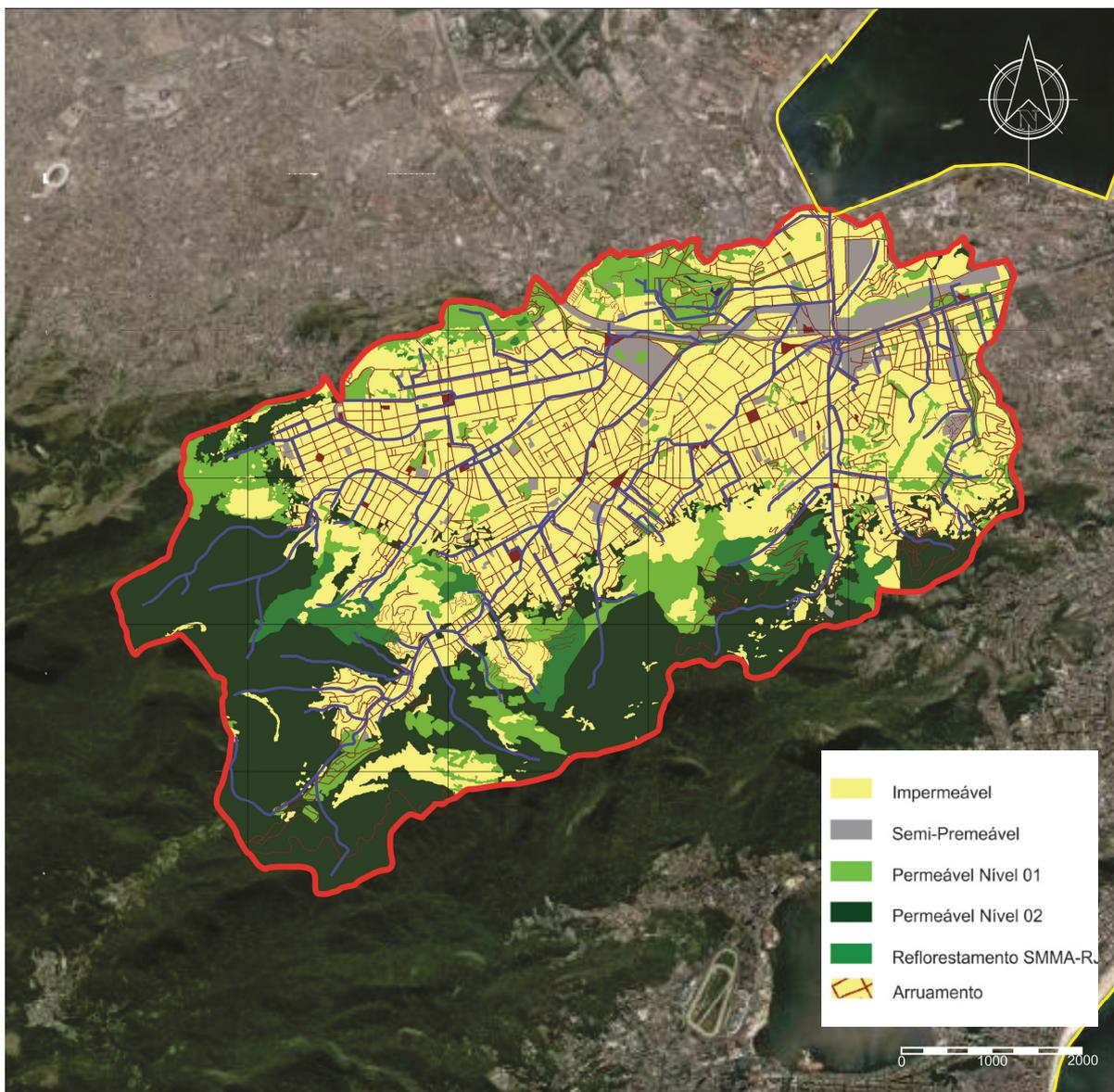


Figura 114: Cobertura Vegetal
Fonte: Modificado de Américo, 2003

Os alagamentos da parte baixa da bacia, conforme puderam ser vistos na revisão do histórico de seu desenvolvimento, datam de muito tempo. A remoção da vegetação natural, tanto da parte baixa como da parte alta, contribuiu se chegar a esta situação de alagamentos, pois a vegetação funciona como protetora, retendo e ajudando a infiltração e a evaporação das águas da chuva. As chuvas, após a remoção da vegetação e impermeabilização provocam a erosão solos da parte alta e carrega mais material sólido, além do lixo, para as estruturas de drenagem, comprometendo seriamente a capacidade da rede originalmente projetada.

Assim como nas figuras 108 e 109, a figura 110 tem sua área de ocupação pela cidade sem a presença de vegetação pela lógica da urbanização adotada não prever espaços livres significativos na região. A figura 115 mostra a cobertura vegetal da bacia.

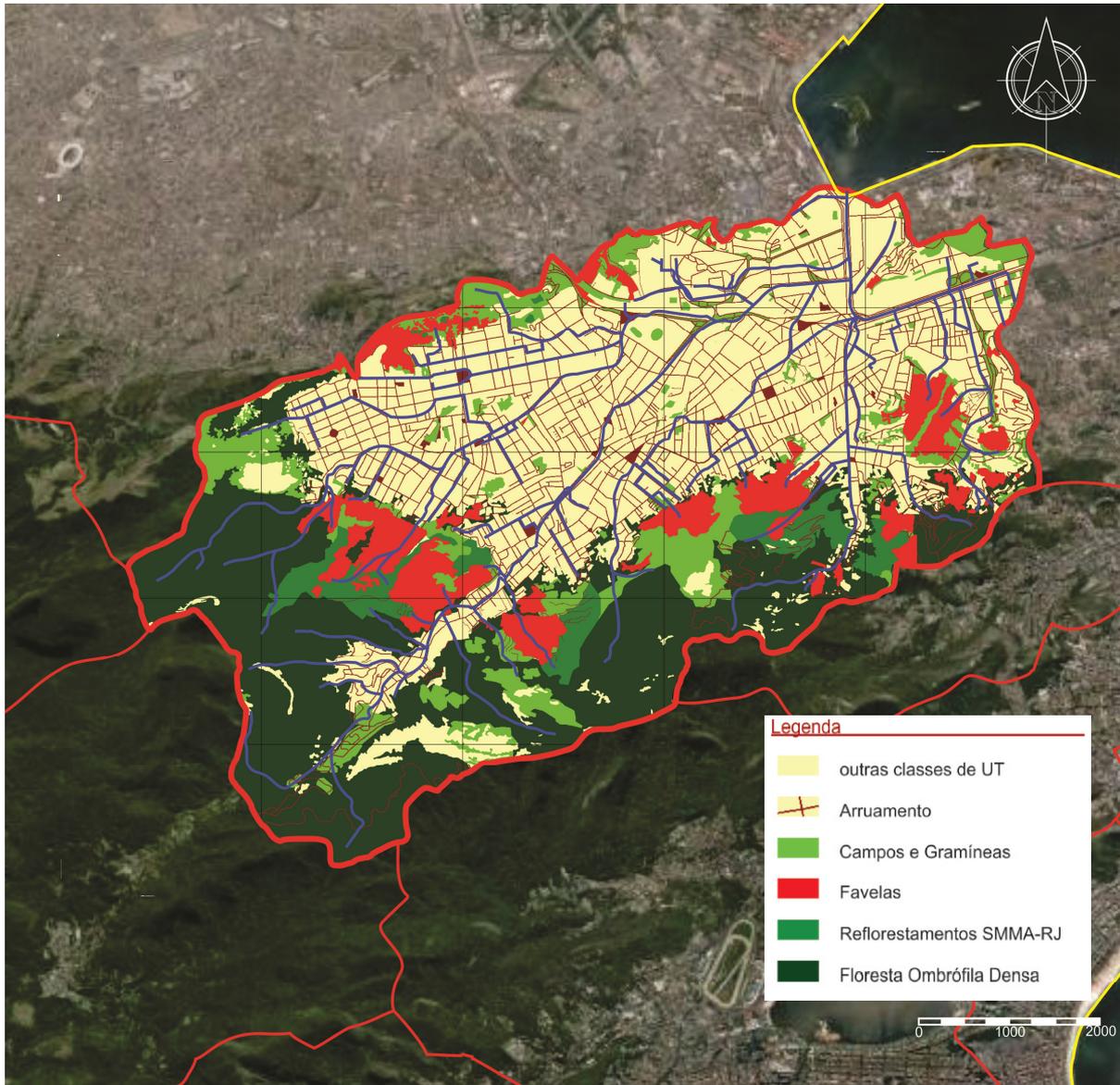


Figura 115: Cobertura Vegetal da bacia do Canal do Mangue
Fonte: Modificado de Américo, 2003

Após a análise e entendimento de como o uso do solo, permeabilidade e vegetação estão distribuídos pela bacia, foi possível utilizar e entender a figura 116, construída por Américo (2003) com o mapeamento de Áreas com Risco de enchentes. Esta figura foi elaborada pela Equipe do LAGEOP – UFRJ, que trabalhou na construção dos mapas para o PBCM. A lógica desta figura fundamentou-se essencialmente em

três características físicas principais causadoras de riscos de enchentes. As condições geomorfológicas contribuíram com 70 % de importância nas estimativas de ocorrência efetuadas, o mapa de permeabilidade do solo, com 10 % e o mapa que mostra as áreas com riscos de deterioração ambiental pelos fatores naturais e históricos contribuiu com os restantes 20 %. A figura 116 vem como resultado da interação destas características físicas e mostra a classificação territorial das áreas com risco de sofrer com enchentes, com base nesta metodologia.

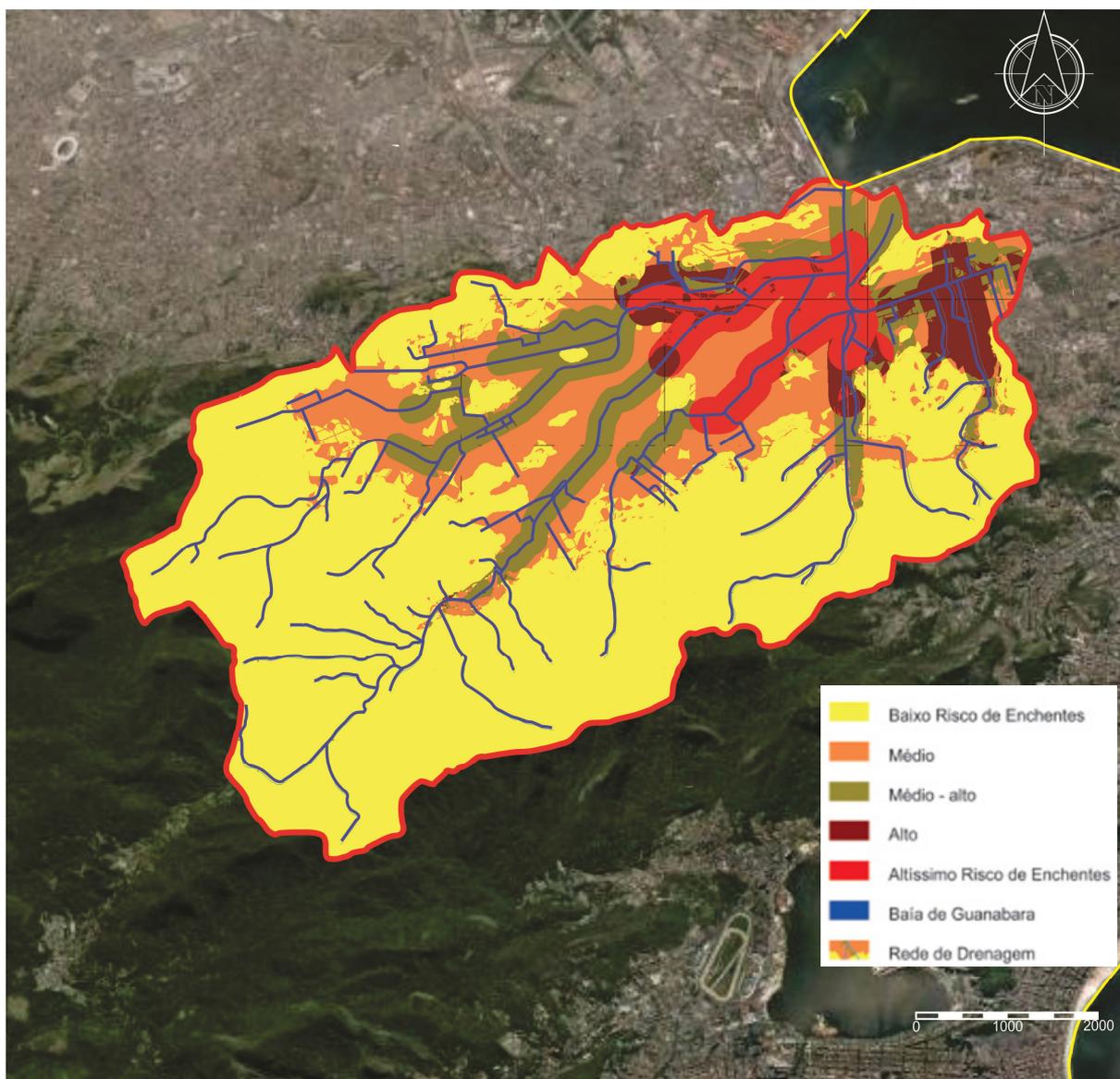


Figura 116: Risco de Cheias
Fonte: Modificado de Américo, 2003

É possível ver que estas áreas estão influenciadas forte e diretamente pela proximidade de rios e canais e que estão em conformidade com os dados históricos apresentados. Percebe-se também, que as áreas baixas da bacia e que sofreram aterros são os mais críticos.

Nesta figura, as áreas marcadas com vermelho e marrom escuro definem os locais de maiores riscos de ocorrência de enchentes. As áreas de maior risco estão situadas sobre o que originalmente eram áreas de mangue e foram modificadas pelos aterros sucessivos, se encontrando fortemente urbanizadas. Destacam-se os locais sabidamente inundáveis, como a Praça da Bandeira, o trecho final do rio Trapicheiro e as áreas próximas à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Estação Ferroviária da Leopoldina e o Estádio do Maracanã.

Os rios da região, após todos as modificações sofridas, ainda continuam a convergir para esta localidade de cotas mais baixas. A retirada de vegetação, a impermeabilização do solo, e incrementos na geração de sedimentos agravam as condições de escoamento na rede hidrográfica.

A construção de um mapa de riscos é importante por trazer, em última análise, a visão da bacia e sua relação com o espaço urbano.

Portanto, para realizar uma proposta de solução para áreas que sofrem com alagamentos, primeiramente é preciso trabalhar com uma escala que permita o entendimento da dinâmica de funcionamento de toda bacia hidrográfica e deve-se relacioná-lo as suas sub-bacias, para o entendimento de como elas interferem no sistema.

A consideração das sub-bacias e suas interrelações é fundamental como elemento que permite a alteração da escala para sua visão mais detalhada no espaço, chegando ao plano do projeto e analisando espacialmente os efeitos deste. A figura 117 mostra as áreas de risco com as sub-bacias que compõem a bacia do Canal do Mangue sobrepostas a estas áreas de risco.

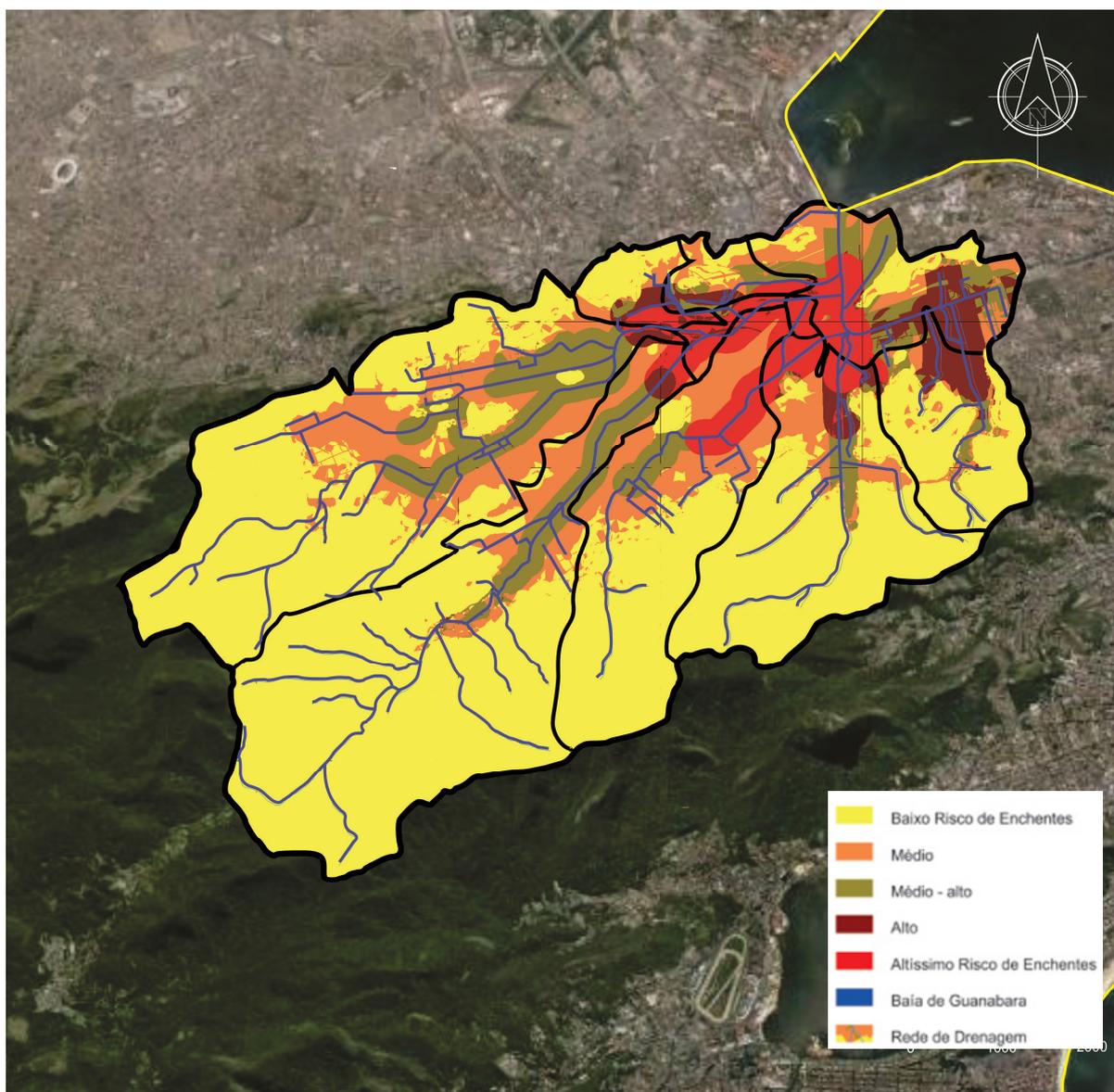


Figura 117: Áreas de risco divididas em sub-bacias.
Fonte: Modificado de Américo, 2003

Ao olhar estas sub-bacias, observa-se que é possível a análise independente e pontual para cada uma das sub-bacias. A figura 118 mostra o exemplo da bacia do rio Joana encaixada na bacia do Canal do Mangue.

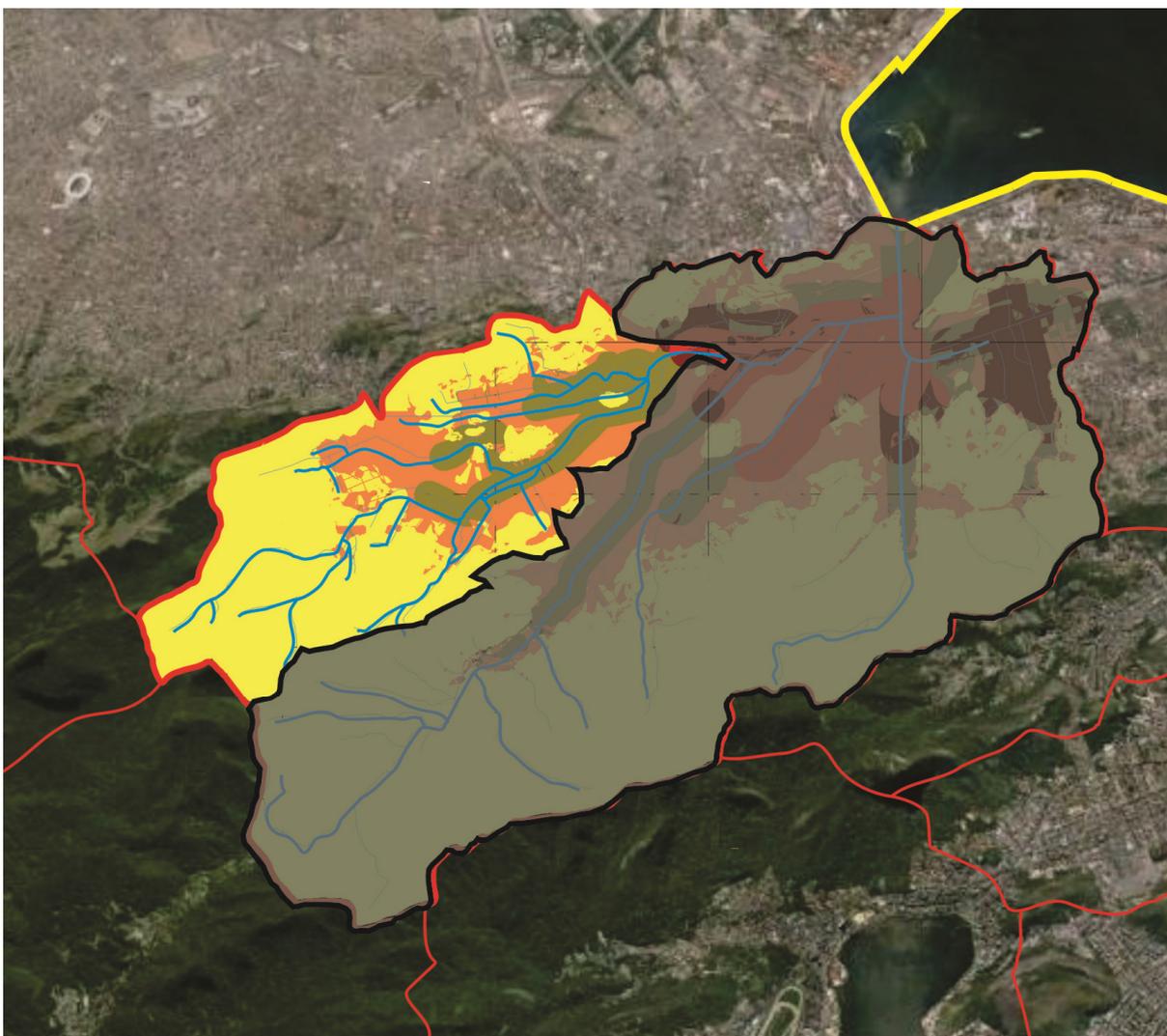


Figura 118: Sub-bacia do rio Joana encaixada na bacia do Canal do Mangue

Fonte: Modificado de Américo, 2003

Ao se destacar esta bacia, observa-se que ela possui áreas que são classificadas de médio a médio alto risco de alagamento e que apenas em seu trecho mais baixo, próximo ao estádio do Maracanã, se tem uma região com altíssimo risco de enchentes. Esta bacia não apresenta, portanto, dentro dos seus limites, áreas muito críticas, no que se refere às cheias. Isso pode ser mais bem observado ao se individualizar e ampliar esta bacia, como visto na figura 119.

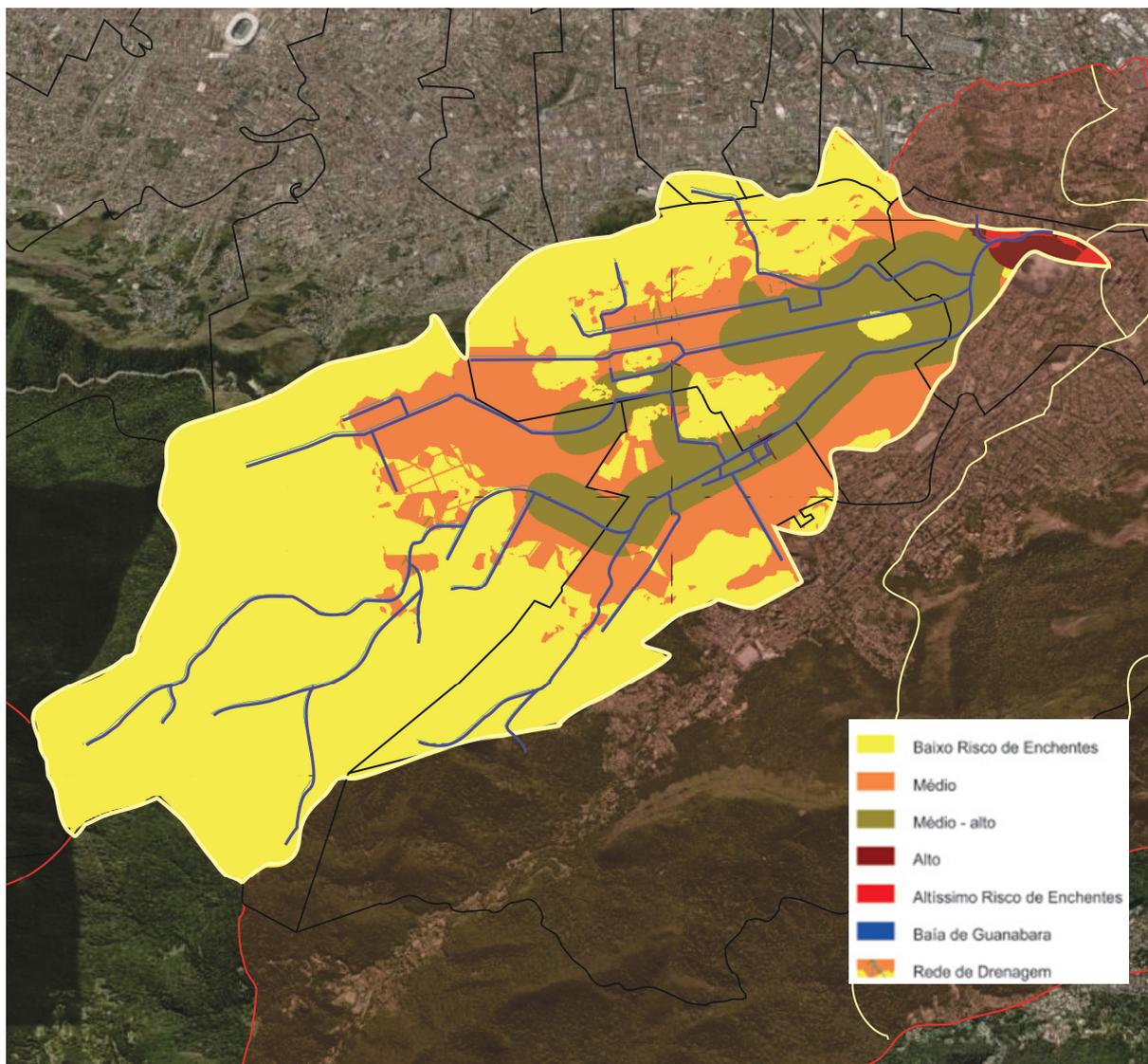


Figura 119: Bacia do Rio Joana em destaque
 Fonte: Modificado de Américo, 2003

Se um planejador analisa apenas a bacia do rio Joana poderia pensar em escolher medidas de canalização de seu trecho final do rio, para eliminar este pequeno trecho. Entretanto, isso geraria aumento de vazões de escoamento para jusante, em uma região hoje já absolutamente saturada com altíssimos riscos de alagamento. Para a bacia do rio Joana isso até poderia resolver os alagamentos e melhorar a situação de drenagem. Ao se analisar, entretanto, de forma sistêmica, os efeitos sobre o trecho à jusante da bacia do rio Joana, percebe-se que os alagamentos na parte baixa da bacia do Canal do Mangue, só aumentariam. As figuras 120 e 121 evidenciam, de um lado, a bacia do rio Joana, com suas áreas de risco e, do outro, a parte à jusante desta bacia, na bacia do Canal do Mangue.

Este procedimento facilita a percepção dos efeitos da sub-bacia sobre a bacia principal e mesmo sobre as bacias vizinhas. Por estas figuras 120 e 121, fica claro, ainda, que aquilo que parece ser boa solução, em uma análise individualizada, sob a ótica sistêmica pode ser catastrófico.

Em resumo pode-se concluir que a compreensão sistêmica da bacia e o uso de escalas variadas para auxiliarem na compreensão e tomada de decisão das ações de drenagem e de urbanização é fundamental. A escala permite o entendimento tanto da bacia de referência, como das suas sub-bacias. Para o caso do sistema da bacia do Canal do Mangue, ao se trabalhar na bacia do Joana, seria preciso, necessariamente, tomar cuidado com as consequências à jusante. Neste caso, ter uma postura mais preservacionista, sob o ponto de vista de manutenção do escoamento das águas, é mais interessante que uma postura mais tradicional de escoamento rápido das águas, para que ações pontuais, que resolvam localmente um problema específico, não coloquem o sistema em risco.

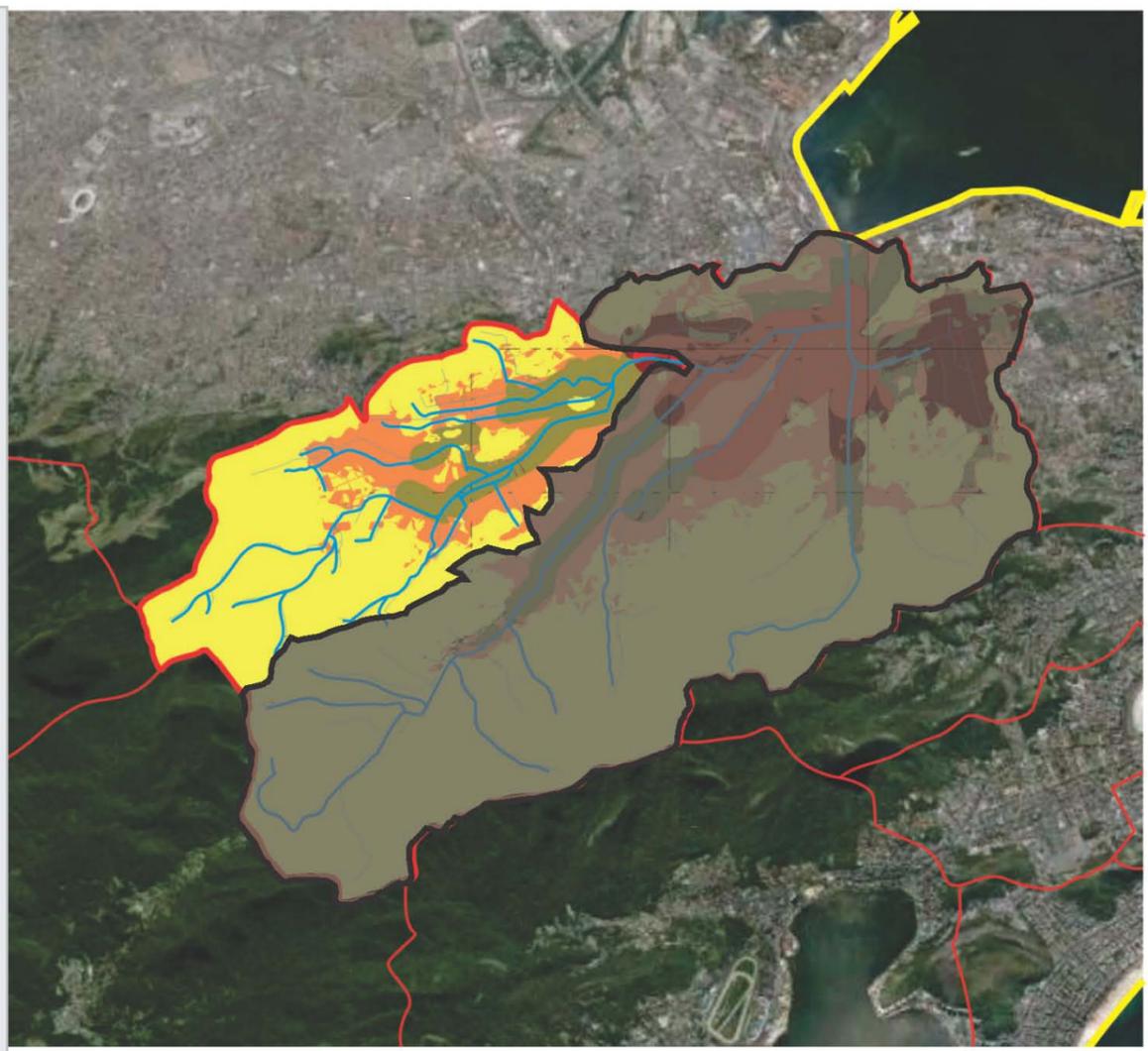


Figura 120: Risco de Enchente na sub-bacia do rio Joana

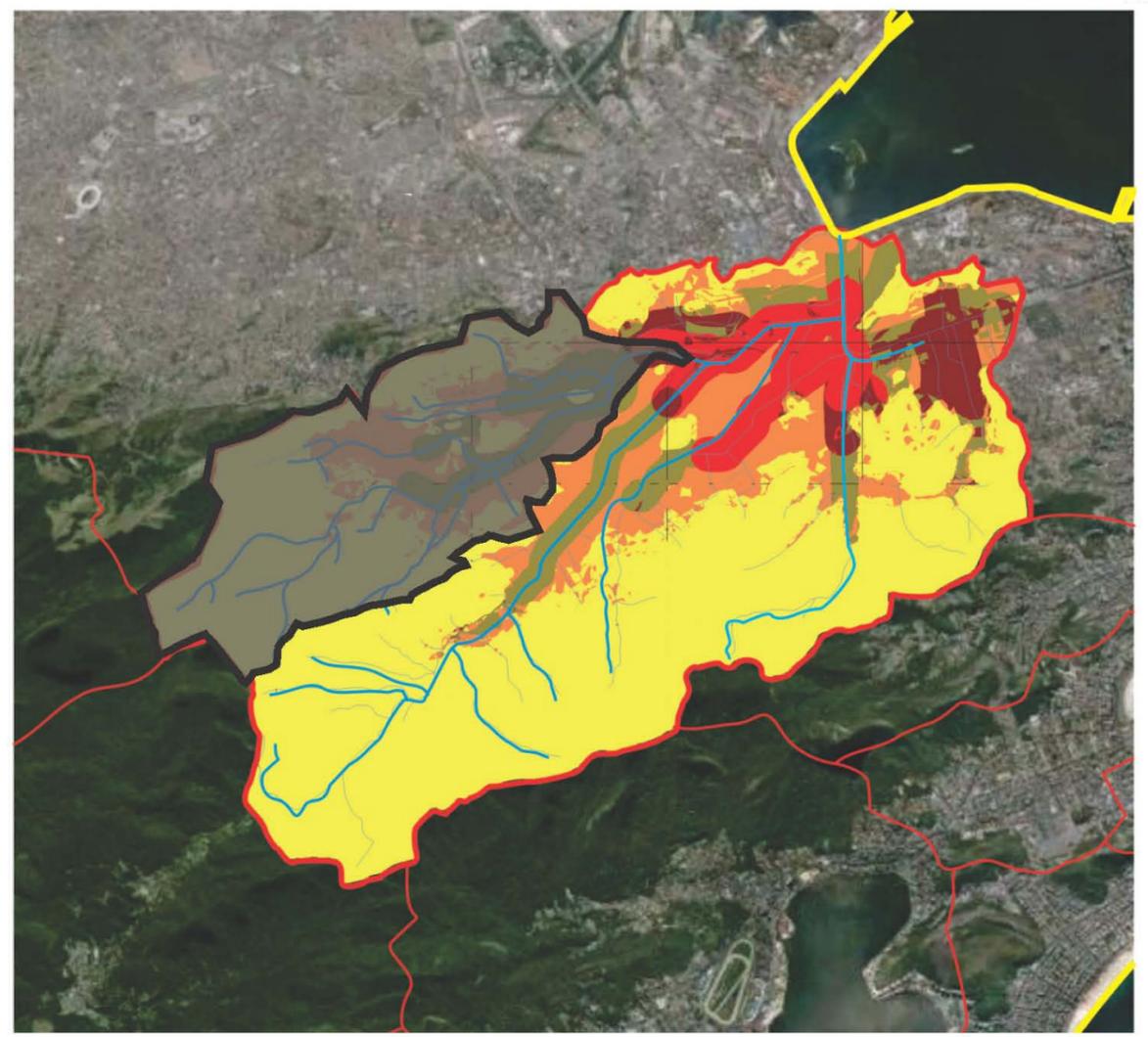


Figura 121: Risco de Enchente na Bacia do Canal do Mangue

Legenda

	Limite Estado Rio de Janeiro		Baixo Risco de Enchentes
	Limites rios		Médio
	Limites bairros		Médio - alto
	Limite Sub-bacia do Joana		Alto
	Limite Sub-bacia		Altíssimo Risco de Enchentes
	Limite Bacias		Baía de Guanabara
	Bacia do Mangue		Rede de Drenagem

Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica



4.2.4 Análise integrada do Plano Diretor do Município do Rio de Janeiro e das ações propostas para a bacia do Canal do Mangue

Após a discussão sobre o uso de diferentes escalas e entendimento das interferências de como a urbanização dissociada da análise da bacia e suas sub-bacias pode afetar os alagamentos ao longo do tempo, buscou-se um breve apanhado do plano diretor da cidade do Rio de Janeiro, para conhecer o que se poderia retirar como diretriz para a bacia, o meio ambiente e a urbanização.

Nesse sentido o plano diretor da cidade, no item de política urbana e ambiental, no Trecho I, Capítulo I, propõe as seguintes diretrizes:

- Adotar o desenvolvimento sustentável de forma a promover a economia, a preservação ambiental e a equidade social, enfatizando a valorização, proteção e uso adequado do meio ambiente, da paisagem e do patrimônio natural, cultural, histórico e arqueológico no processo de crescimento da Cidade, além de defender a universalização do acesso à infraestrutura e os serviços urbanos;
- Recuperar, reabilitar e conservar os espaços livres públicos e do patrimônio construído, que estejam em áreas degradadas ou subutilizadas;
- Orientar a expansão urbana e o adensamento segundo a disponibilidade de saneamento básico, dos sistemas viários, de transporte e dos demais equipamentos e serviços urbanos;
- Condicionar a ocupação urbana à proteção dos maciços e morros, das florestas, da orla marítima e dos corpos hídricos dos marcos referenciais da cidade, da paisagem, das áreas agrícolas e da identidade cultural dos bairros;
- Controlar o uso e ocupação do solo para a contenção da irregularidade fundiária, urbanística e edilícia;
- Urbanizar favelas, loteamentos irregulares e clandestinos de baixa renda, com a implantação de infraestrutura, saneamento básico, equipamentos públicos, áreas de lazer e reflorestamento, aproveitando o todo o potencial turístico,

visando à sua integração às áreas formais da Cidade, ressalvadas as situações de risco e de proteção ambiental;

- Conter o crescimento e expansão das favelas, através da fixação de limites físicos e estabelecimento de regras urbanísticas especiais;
- Adotar soluções urbanísticas que incorporem medidas voltadas para a melhoria das condições climáticas e ambientais como a criação de espaços livres, implantação de corredores verdes e outros programas de arborização urbana;

Estes itens, todos, indiretamente estão apoiando as questões de preservação para que a urbanização não interfira na dinâmica da bacia. Entretanto, não houve qualquer associação da bacia hidrográfica como referência, tanto qualitativa, como quantitativamente para aplicação das diretrizes propostas.

No capítulo III, as seções II e III apresentam em seu conteúdo questões relativas às restrições à ocupação urbana, cujos trechos de maior relevância para o tema abordado são apresentados na sequência:

- Art. 13. A caracterização do território municipal como integralmente urbano não exclui a existência de áreas destinadas a atividades agrícolas ou o estabelecimento de restrições urbanísticas e ambientais à ocupação de determinadas partes do território.
 - § 1º Não serão permitidas construções em áreas consideradas impróprias pela administração municipal, tais como: áreas de risco, faixas marginais de proteção de águas superficiais, faixas de proteção de adutoras e de redes elétricas de alta tensão, faixa de domínio de estradas federais, estaduais e municipais, áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação da Natureza, áreas que não possam ser dotadas de condições satisfatórias de urbanização e saneamento básico e áreas frágeis de encostas, em especial os talwegues, e as áreas frágeis de baixadas

- §2º Os moradores que ocupem favelas e loteamentos clandestinos nas áreas referidas no parágrafo anterior deverão ser realocados, obedecendo-se às diretrizes constantes do art. 201 desta Lei Complementar, do artigo 429 da Lei Orgânica do Município, observado os dispositivos do Art. 4º da Medida Provisória nº 2.220, de 4 de setembro de 2001.
- Art.30. Compete ao Poder Público Municipal elaborar estudos e implementar planos que indiquem a capacidade de suporte das áreas urbanística e ambientalmente frágeis ou de natureza especial, assim entendidas aquelas que, por suas características, sofram risco de danos imediatos ou futuros.
 - §1º Entende-se por risco de danos imediatos ou futuros de áreas frágeis ou de natureza especial, aqueles que:
 - I - promovam, na área de projeto e entorno situações em que a infraestrutura existente ou planejada não comporte a demanda por novos serviços e bens;
 - II - promovam descaracterização da paisagem;
 - III - gerem efeitos danosos ou poluidores de qualquer natureza sobre os meios físico, biótico, econômico e social, mesmo que por curto prazo.
 - §2º Caberá aos órgãos municipais responsáveis pelo planejamento e gestão urbanística e ambiental estabelecer planos de contingência e de intervenção nas áreas descritas no caput, objetivando afastar riscos de degradação ou destruição destes ambientes e paisagens.
 - § 3º Para fins do disposto no caput, está prevista a elaboração, entre outras medidas legislativas:
 - I - Do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais, no que se refere à capacidade de esgotamento das bacias e sub-bacias

hidrográficas e à identificação da necessidade de obras de drenagem;

II - Do Código Ambiental, no que concerne à definição de normas, critérios, parâmetros e padrões referentes aos instrumentos de gestão ambiental, em especial, os relativos ao controle, monitoramento e fiscalização ambiental.

Este trecho do plano diretor é importante, pois traz informações que auxiliam na manutenção da dinâmica da bacia; entretanto, mais uma vez, não explicita a bacia como referencia das ações. Há que se destacar ainda o fato de que cita a necessidade da elaboração do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais, o que certamente é importante, mas deveria ser um elemento de base, preliminar ao próprio Plano Diretor Urbano.

No capítulo II, em sua seção III, Art. 35, o Plano diretor apresenta algumas áreas da cidade que estão sujeitas à intervenção do território por conta de suas condições urbanísticas e ambientais. Estas áreas necessitem prioritariamente da implementação de planos, projetos e obras, ou do estabelecimento de regime urbanístico específico, com criação de normas ou redefinição das condições de uso e ocupação. Alguns trechos, principalmente os de jusante da bacia do canal do Mangue estão inclusas dentro desta área, como pôde ser observado pela figura 122.

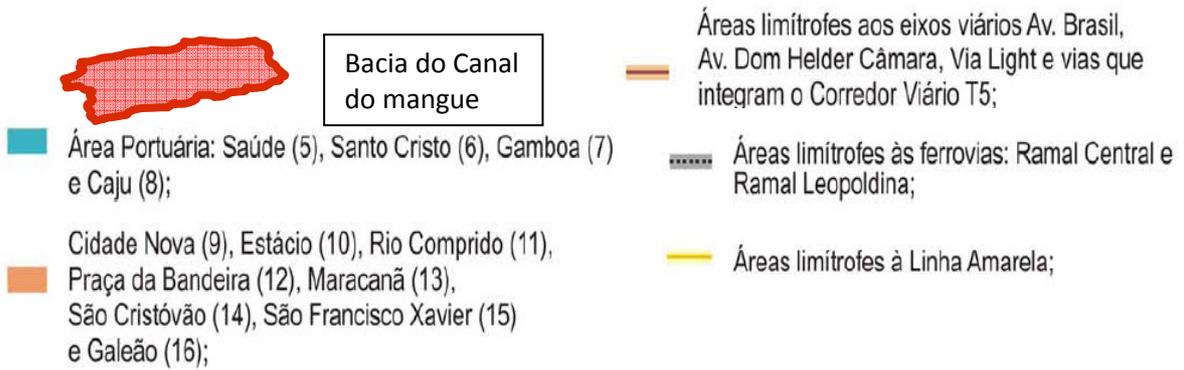
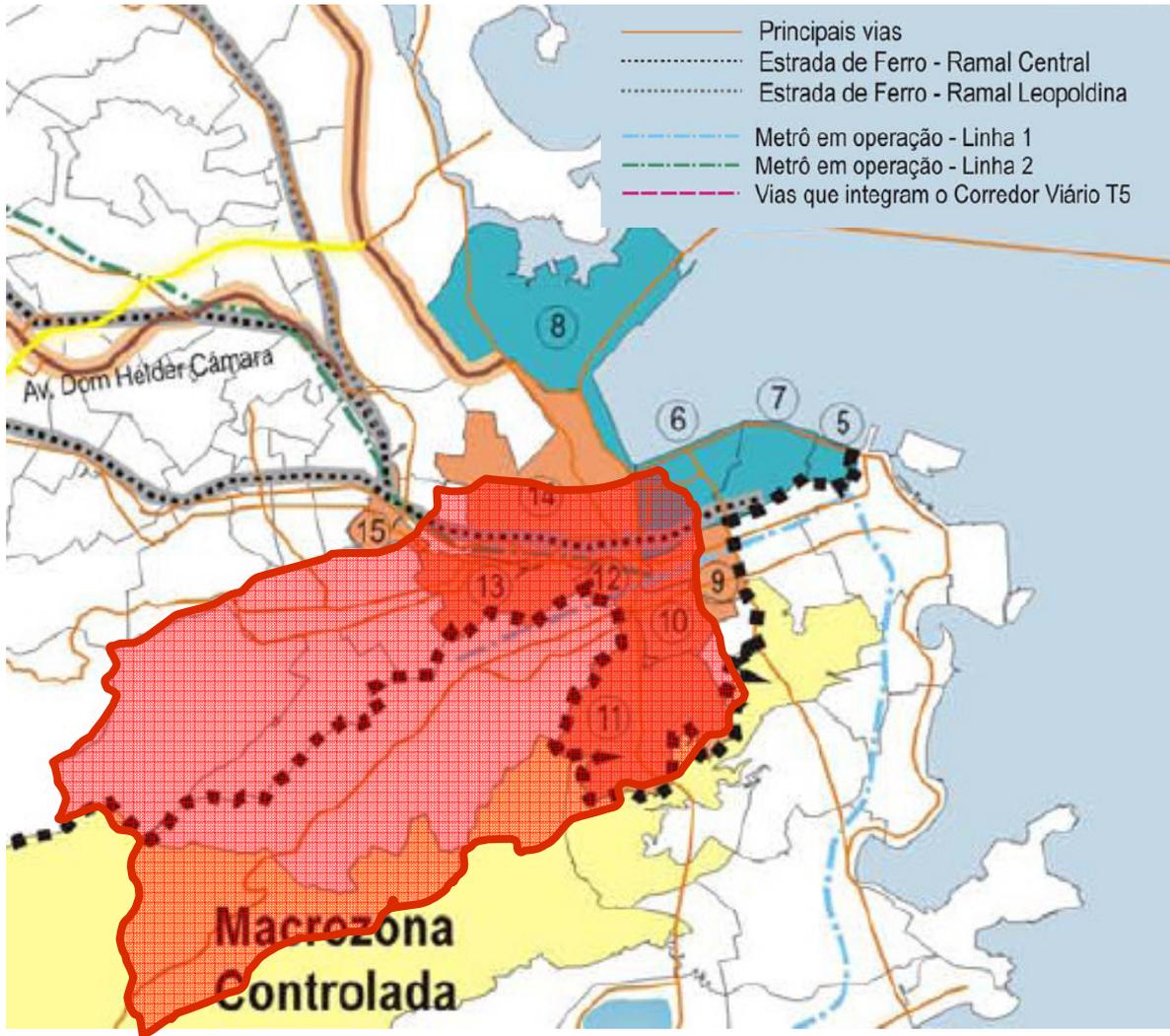


Figura 122: Áreas de destaque da bacia do Canal do Mangue X Plano Diretor
 Fonte: Modificado de Plano diretor, 2009

O Plano diretor também especifica os tipos de alterações porque estas áreas podem ter que passar:

- I. - estruturação ou alterações na estrutura física;
- II. - integração à malha urbana formal;
- III. - implantação ou readequação da infraestrutura viária e de saneamento;
- IV. - conservação e recuperação das condições do meio ambiente natural e construído;
- V.- implantação de equipamentos urbanos;
- VI. - produção e regularização de moradias;
- VII - implantação de condições de acessibilidade para pessoas com deficiência de qualquer natureza.

Assim, é premissa do Plano diretor priorizar algumas áreas da bacia do Canal do Mangue, principalmente no trecho onde foram sinalizados os maiores riscos de enchente. Essa situação pode ser revertida em maiores prejuízos futuros se não houver a integração das ações com os limites físicos impostos pelo funcionamento da bacia.

O capítulo III do plano aborda a condição para ordenação do planejamento da cidade e para isso traz algumas definições de unidades territoriais como segue:

- I - Área de planejamento – AP é estabelecida pela divisão do território municipal a partir de critérios de compartimentação ambiental, de características histórico-geográficas e de uso e ocupação do solo;
- II - Região de Planejamento – é estabelecida pelo agrupamento de Regiões Administrativas e pela subdivisão das Áreas de Planejamento e segundo critérios de homogeneidade específicas, visando apoiar a organização das informações e a integração da ação descentralizada dos órgãos municipais na implementação de políticas públicas setoriais;
- III –Região Administrativa – RA é formada por um ou mais bairros com fins administrativos
- IV- bairros, porções do território demarcados oficialmente por limites culturalmente reconhecidos pela mesma denominação, sendo unidade territorial de referência na

coleta de dados e informações produzidas pelos órgãos do Município e nas ações de planejamento urbano;

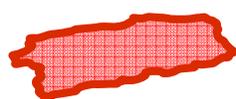
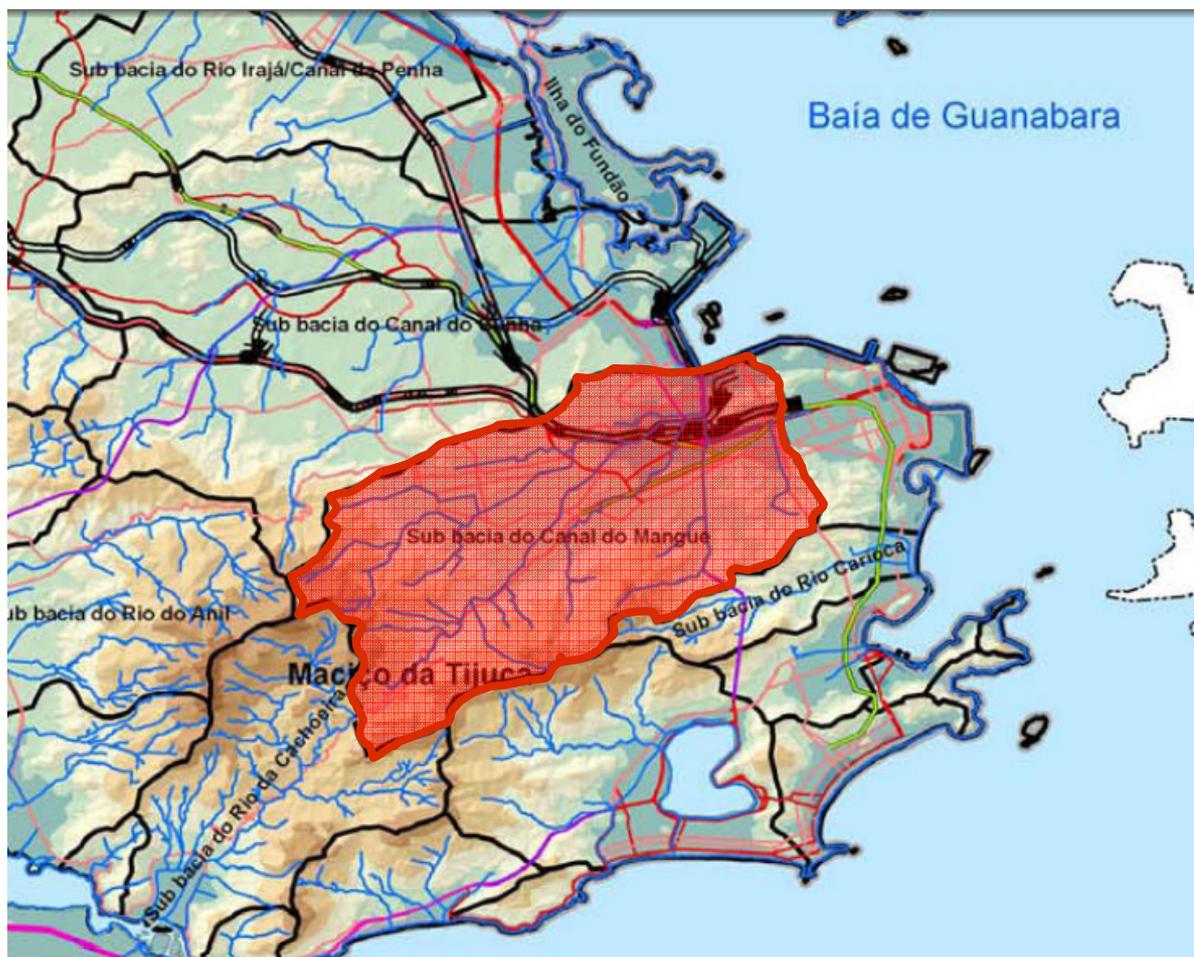
V- bacias hidrográficas e bacias aéreas, para efeito do planejamento e da gestão dos recursos hídricos, da paisagem, do saneamento e do controle e monitoramento ambiental.

- §1º Os limites dos setores censitários condicionam os limites dos bairros, que, por sua vez, definem os limites das Regiões Administrativas, assim como os limites das Regiões de Planejamento e das Áreas de Planejamento contêm, perfeitamente, as Regiões Administrativas e as Regiões de Planejamento que as compõem, respectivamente.
- § 2º Para a elaboração de Planos de Estruturação Urbana, conforme o estabelecido no Art. 68 desta Lei Complementar, poderão ser instituídas Unidades Espaciais de Planejamento que correspondem a um ou mais bairros em continuidade geográfica, bem como a bacias ou sub-bacias hidrográficas, facilitando a articulação entre o planejamento urbano e a gestão dos recursos hídricos.

Nestas definições dos diferentes limites do território, o enfoque dado às bacias está associado à gestão dos recursos hídricos, da paisagem, do saneamento e do controle e monitoramento ambiental. Este item, entretanto, faz parecer que as bacias estão estanques do processo de urbanização e só devem ser consideradas em casos ambientais especiais. O segundo parágrafo, poderia aproveitar a oportunidade para apresentar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão. Note que a bacia considerada como referencia de planejamento e para análise deste plano diretor, está sendo a bacia do Canal do Mangue.

Com este item, a adoção da bacia poderia ser premissa para os projetos de urbanização, em qualquer escala. A figura 118 mostra a bacia do canal do Mangue em destaque no mapeamento do plano diretor da cidade do rio, que traz, dentre os

seus documentos, todas as sub-bacias da cidade.



Bacia do Canal do mangue

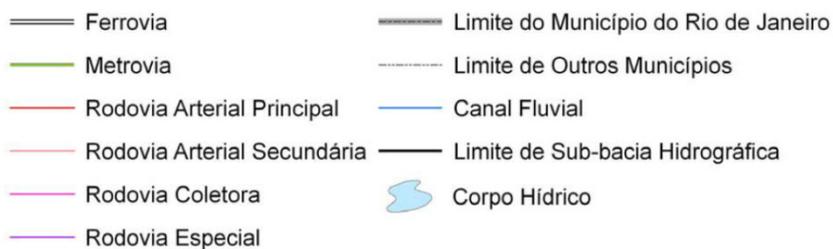


Figura 123: Destaque da bacia do canal do mangue no mapeamento existente do plano diretor da cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Modificado de Plano diretor, 2009

Pela análise da figura 124, observa-se que apesar de os limites dos setores censitários condicionarem os limites dos bairros e este definirem os limites das Regiões Administrativas e de Planejamento, os limites das bacias hidrográficas não tem qualquer relação com estes limites geopolíticos, sendo necessário à compatibilização específica, por aproximação.

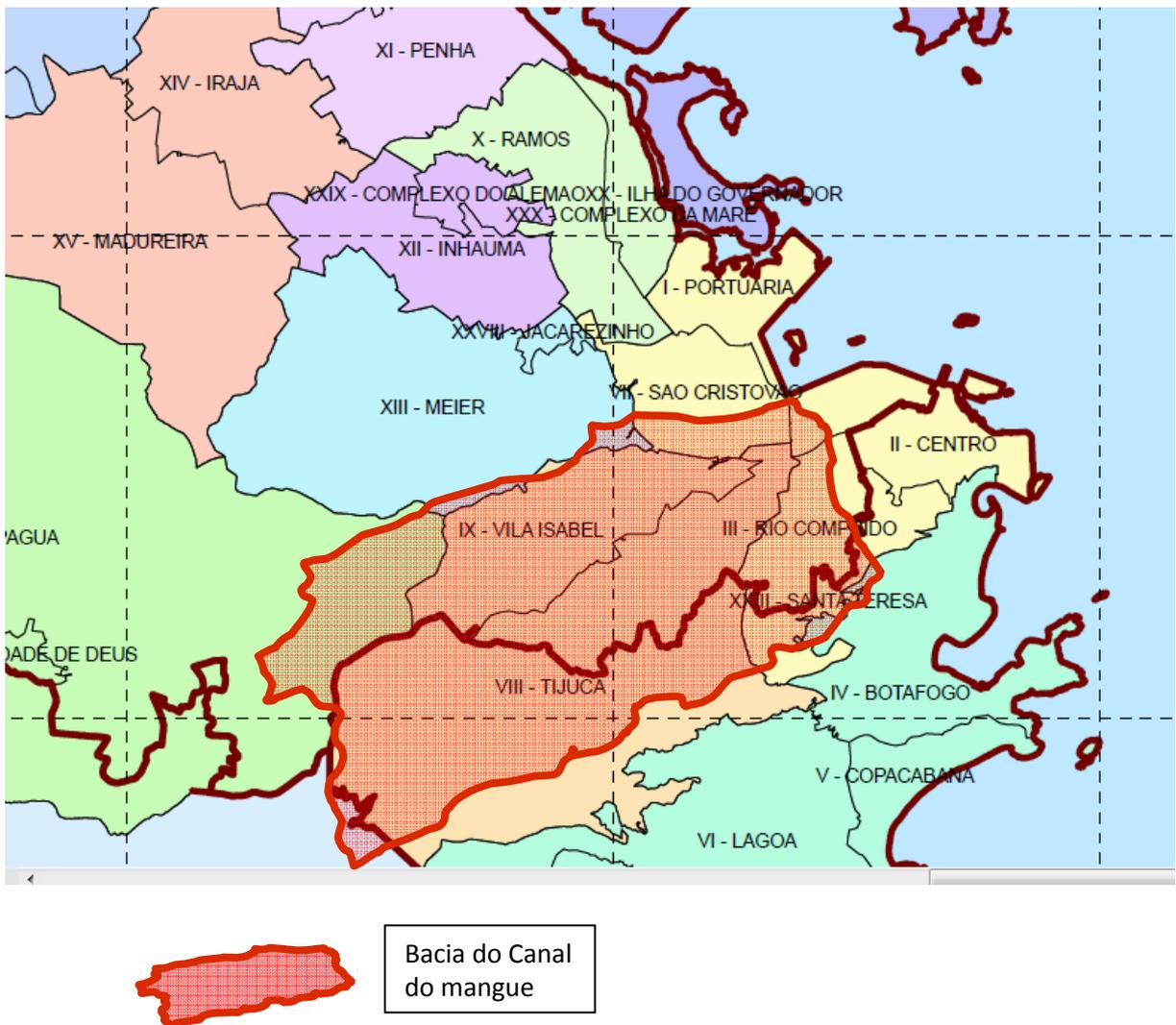


Figura 124: Diferença dos limites geopolíticos para os limites da bacia hidrográfica.
Fonte: Modificado do Plano diretor do Rio de Janeiro, 2009

É interessante observar, ainda, que a cidade por ter sido urbanizada sem levar em conta a dinâmica natural da bacia hidrográfica, apresenta na área de jusante existe a linha férrea e do metrô. Ambos, pela sua configuração espacial, funcionam como um dique ou barreira para o escoamento das águas que vem de montante. O Plano diretor do Rio de Janeiro,

também destaca esta região, como uma região prioritária para adensamento populacional. Desta forma, a maneira pela qual será feito o adensamento pode refletir ainda mais no escoamento da bacia. Além disso, se nada for feito para mitigar as enchentes, esse adensamento aumentará a população afetada pelos alagamentos. Essa discussão pode ser observada na figura 125.

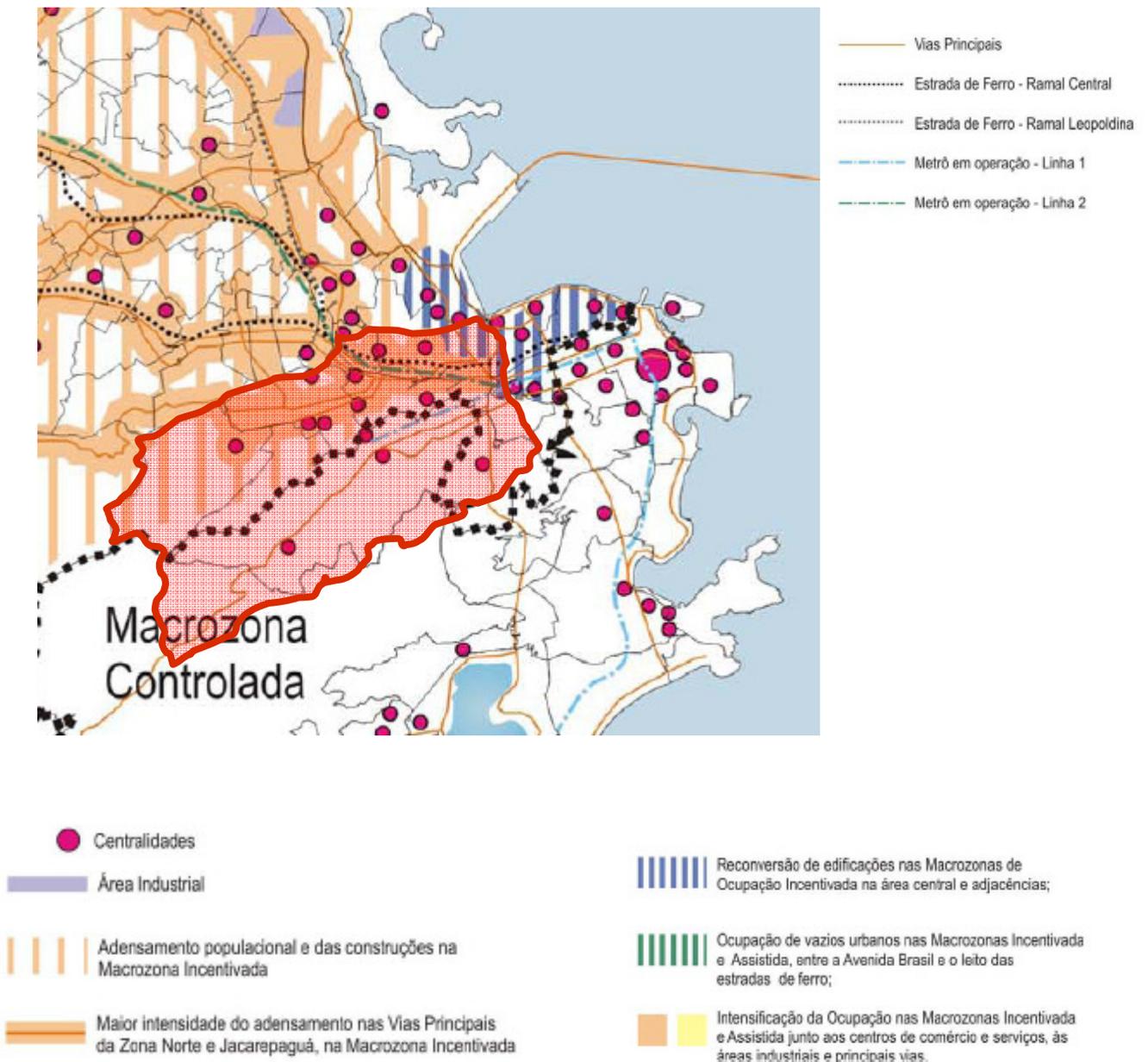


Figura 125: Áreas que devem ser observadas como contraditórias no Plano diretor da cidade do Rio de Janeiro

Fonte: Modificado do Plano diretor do Rio de Janeiro, 2009.

No capítulo que trata dos instrumentos gerais de regulação urbanística, edilícia e ambiental, a Lei de Parcelamento do Solo Urbano – LPSV é apresentada. Nela, está instituída que o limite de vazão de águas pluviais correspondente às condições anteriores ao parcelamento devem ser mantidas para novos loteamentos. Além disso, a percentagem, localização e características de reservas de arborização destinadas ao plantio de vegetação complementar à arborização de passeios, praças, jardins e congêneres, bem como a percentagem e localização de áreas permeáveis nas áreas privadas e públicas, considerados, também devem ser, no mínimo, mantidas.

No item de políticas públicas setoriais do Plano, está presente a discussão sobre as políticas de meio ambiente e, em sua seção II, trata dos recursos hídricos de forma específica. O Plano define, em seu Art. 171, que é de responsabilidade conjunta dos órgãos vinculados ao sistema de planejamento e gestão ambiental, no que se refere à proteção dos recursos hídricos, implantar o Programa Municipal de Gestão de Recursos Hídricos, visando a instituição e o aprimoramento de sua gestão integrada, contribuindo na formulação, implementação e gerenciamento de políticas, ações e investimentos demandados no âmbito do Sistema Estadual de Recursos Hídricos. No Art. 172, define as ações estruturantes relativas aos recursos hídricos:

- I. Criar sistema integrado de gerenciamento;
- II. Acompanhar e contribuir na elaboração os Planos de Bacia dos Comitês instituídos na área de abrangência do Município do Rio de Janeiro;
- III. Elaborar e executar projetos integrados de limpeza de corpos hídricos e de pequenos mananciais, particularmente os utilizados para o abastecimento da população;
- IV. Renaturalizar corpos hídricos, suas faixas marginais e matas ciliares, nascentes e baixadas inundáveis, onde couber, objetivando conservar suas condições funcionais, recreativa, paisagísticas e ecológicas;
- V. Proteger áreas lindeiras dos cursos d'água nas intervenções municipais de uso do solo, de forma a resguardar os locais inundáveis e preservar as matas úmidas de baixadas inundáveis;
- VI. Evitar, quando couber, a canalização de córregos, buscando manter ou retornar suas características naturais e de vazão;
- VII. Reverter processos de degradação instalados nos corpos hídricos, alterando tendência de perda da capacidade de produção de água por meio de programas integrados de saneamento ambiental;
- VIII. Criar instrumento legal que exija dos responsáveis por edificações e atividades de grande consumo de água a implantação de instalações para reuso de água para fins não

potáveis;

IX. Realizar ações de educação ambiental, através da promoção de campanhas de esclarecimento público para conhecimento e valorização dos corpos hídricos;

X. Estabelecer marcos físicos das faixas “non aedificandi” de drenagem.

Mais uma vez, vale o destaque de que, apesar de no Plano não estar associando diretamente as bacias hidrográficas ao planejamento as novas diretrizes já são bem diferentes daqueles que orientavam os processos urbanos importantes que aconteceram no Rio de Janeiro na década de 90. Nesta época, dois grandes programas, o Favela-Bairro e o Rio-Cidade, tiveram destaque.

O Favela-Bairro gerou inúmeras ações de impermeabilização de encostas, pois estas medidas estavam no escopo da maioria das obras de urbanização destes espaços e, com isso, foi um projeto com a tendência de agravar o problema de alagamentos nas áreas baixas e formalmente urbanizadas a jusante.

Já o programa Rio-Cidade, apesar de ter tido inúmeras possibilidades de trabalhos com áreas multifuncionais, na prática, sempre que pode, aumentou o diâmetro das galerias, para permitir a condução das águas pluviais. Por exemplo, quando uma caixa de rua era mexida, a galeria existente era substituída por uma de diâmetro maior. Isto aconteceu na avenida São Francisco Xavier e Avenida 28 de setembro, entre outras. Estes processos mostravam uma visão curta dos planejadores, que não percebiam as conseqüências que estavam sendo geradas à jusante, além de mostrar uma não integração do projeto urbano com o planejamento sistêmico da drenagem.

O processo de planejamento urbano e a compreensão da drenagem foi sendo modificada ao longo do tempo. Mais recentemente, foram apresentados planos e estudos de cunho acadêmico e governamental acerca do planejamento que abarca melhorias para o canal do Mangue de forma sistêmica, conjugando o desenvolvimento urbano e melhorias de infraestrutura, entre as quais figura a rede de drenagem. Alguns destes estudos ocorridos desde 1998 serão apresentados, de forma resumida, até as propostas de intervenção mais recentes, que enxergam a bacia de forma sistêmica, como segue:

(a) Projeto Bacia do Canal do Mangue (PBCM - 1998/2000) – Esse estudo destacou-se por seu caráter holístico e pela incorporação de conceitos de drenagem sustentável. Teve proposição de medidas distribuídas na bacia, contemplando um conjunto de 21 reservatórios temporários de armazenamento, com vistas a minimizar alagamentos nos bairros da bacia e na Praça da Bandeira.

O projeto foi desenvolvido por equipe multidisciplinar envolvendo professores da UFRJ, UERJ e consultores independentes. Foi a primeira vez que o problema de drenagem foi abordado de forma multidisciplinar e integrando conceitos do uso de técnicas compensatórias na cidade. A prefeitura do Rio de Janeiro recebeu o material, que, naquele momento, não foi implantado, mas serviu de base para estudos seguintes.

(b) CT – HIDRO (2002/2004) – Projeto desenvolvido pela UFRJ, tendo a Rio Águas como interveniente e financiado pelo Fundo Setorial de Recursos Hídricos, através da FINEP. Partindo da base inicial deixada pelo projeto PBCM, este novo estudo focou a bacia do Rio Joana, detalhando as intervenções em nível dos lotes e quadras, trabalhando também com o conceito de paisagens multifuncionais para o controle de cheias na bacia. Foi realizado um conjunto extenso de cenários e simulações para avaliar o grau de complementação e/ou concorrência das medidas propostas.

(c) Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais – Projeto em andamento e desenvolvido pela empresa Hidrostudio, para a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Esse projeto contempla, como nos casos anteriores, a necessidade de armazenamento, porém concentra essa necessidade em poucos reservatórios de maior volume. Também está sendo prevista a individualização da foz do Rio Joana no Canal do Mangue. Hoje, o Rio Joana encontra-se canalizado como tributário do Rio Maracanã.

(d) Proposta de Revitalização do Porto Maravilha (2009) - O projeto de revitalização do porto da cidade do Rio de Janeiro visa melhorias na infraestrutura urbana e a fomentação do comércio e indústria, cultura e entretenimento, assim como habitação.

A revitalização abrange cerca de cinco milhões de metros quadrados, 22 mil habitantes, com um IDH de 0,775 - Um dos menores do Rio, 24º lugar no ranking das 32 regiões administrativas, compreendendo 3 bairros completos (Santo Cristo, Gamboa e Saúde) e 3 setores de bairros (São Cristovão, Centro e Cidade Nova).

4.2.5 Síntese e recomendações para procedimento de planejamento tomando a bacia hidrográfica como referência

Assim, considerando a discussão realizada até aqui, pode-se enunciar uma lista de ações e procedimentos integrados para diagnóstico, planejamento e proposição de projetos, tomando a bacia hidrográfica como referência.

- Adotar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento territorial
- Caracterizar fisicamente a bacia hidrográfica, compreendendo seu funcionamento
- Compatibilizar os limites da bacia com os limites geopolíticos da área de estudo
- Analisar as relações da bacia com as sub-bacias vizinhas e com a bacia de pertinência
- Avaliar as restrições encontradas nas interrelações estabelecidas
- Caracterizar a região da bacia, sob o ponto de vista de evolução dos processos históricos da ocupação urbana para compreensão também desta dinâmica
- Analisar as condições ambientais, tanto sob o ponto de vista de ambiente natural, como do ambiente construído
- Verificar quais os potenciais da região, sob o ponto de vista de vocação urbana e limites e potenciais naturais
- Verificar diretrizes do Plano Diretor e a legislação urbanística aplicável
- Demarcar aquilo que se deve preservar, recuperar os vetores de degradação e mapear os limitantes naturais
- Realizar um mapeamento de cheias e avaliar riscos associados

- Articular as necessidades urbanísticas com os limites encontrados pelo meio natural
- Gerar projetos capazes de controlar as cheias, ao mesmo tempo em que possam ser apropriados pela comunidade que enxerga ali um valor, reconhece a sua história e toma conta do local, como motor de uma revitalização urbana

5 Conclusão

Os resultados encontrados durante a elaboração desta pesquisa levam a uma reflexão sobre como os processos de planejamento, expansão e reestruturação das cidades são influenciados pelo uso das bacias hidrográficas.

De modo geral, partiu-se da discussão de conceitos que envolvessem tanto o ambiente natural como o ambiente construído identificando as necessidades e oportunidades de relacionar estes dois ambientes e integrá-los como se fossem apenas um único, com o objetivo de confirmar a hipótese inicial pretendida, de que as bacias hidrográficas podem ser adotadas como referência para o planejamento urbano.

Nesse contexto, estabeleceu-se a cidade como um conjunto de sistemas antrópicos, situado sobre um sistema natural. O meio natural foi representado pelas bacias hidrográficas e o meio construído, pelas cidades. Apesar de aparentemente antagônicos, estes sistemas precisam ser trabalhados como elementos interdependentes, que sofrem efeitos recíprocos. Com isso, a lógica de separação do que é urbano e do que é rural foi substituída por uma visão sistêmica e integradora, que considera que o meio ambiente deve incluir tanto o meio natural, como o meio construído. Neste cenário, as bacias hidrográficas assumem a função de articular e viabilizar esta integração, porque permitem identificar os limites dados pelas condicionantes ambientais, tornando possível o projeto dos vetores de crescimento urbano.

Os estudos de caso, nesta dissertação, serviram para avaliar a consistência dos argumentos da hipótese inicial e foram estruturados de forma que apresentassem um processo que pudesse ser replicado. Foi premissa para escolha dos estudos, que eles possuíssem caráter diverso para permitir testar a hipótese, tanto para uma bacia hidrográfica com características mais próximas à natural, como para uma bacia hidrográfica densamente urbanizada. O município de Seropédica foi tomado tendo como referência uma bacia pouco alterada e com condições mais rurais, enquanto a Bacia do Canal do Mangue foi tomada como exemplo de uma bacia já urbanizada, que necessitava restabelecer suas funções hidráulicas para permitir um bom funcionamento de sua vizinhança.

Para o desenvolvimento dos estudos, foi necessário responder a cada um dos objetivos específicos levantados, partindo da premissa de que as bacias poderiam ser divididas em sub-bacias, o que permite a associação direta da escala como função do espaço a ser trabalhado. A partir daí foi possível estabelecer as relações necessárias tanto para o planejamento da urbanização de uma bacia em condições próximas à natural, como para restabelecer as funções de uma bacia urbanizada. Os mapas temáticos foram elementos fundamentais para a correlação dos vários elementos de avaliação e funcionaram como ferramentas possibilitando trabalhar as diferentes escalas e integrar informações no espaço, permitindo levantar potenciais e restrições à urbanização.

É importante destacar que estas análises só foram possíveis, pois o conjunto de mapas foram compilados a partir de trabalhos desenvolvidos anteriormente, para ambas as bacias escolhidas. Por exemplo, o Plano de Drenagem do Guandu e o Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro foram documentos fundamentais. Eles, bem como teses e dissertações sobre estas regiões, foram tomados como base para o levantamento de informações, que permitiram o diagnóstico de como se encontravam as áreas estudadas.

Dessa forma, considera-se que a aplicação da hipótese pretendida no início deste estudo foi possível e pôde ser testada tanto para bacias de caráter urbano como para as que se mantêm próximas do estado natural. Os estudos de caso em conjunto com a revisão bibliográfica, portanto, mostraram que é possível desenvolver um processo de planejamento utilizando as bacias hidrográficas como referência e com isso integrar, tanto ambiente urbano como o natural.

BIBLIOGRAFIA

ACIOLY, C.; DAVIDSON, F. **Densidade Urbana**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, editora mauad Ltda, 1998.

ARAÚJO, M.M.; ROCHA, R.M.L.; SILVA, B.G. **Gestão Ambiental Participativa: O Planejamento Urbano-Ambiental Sustentável a partir das Bacias Hidrográficas**. 2005. Paginação irregular.

ARAÚJO, M. M; ROCHA, R. M. P; SILVA. B. G...: **Gestão Ambiental Participativa O Planejamento Urbano-Ambiental Sustentável a partir das Bacias Hidrográficas**. Publicado na revista: Fórum de Direito Urbano e Ambiental, de março/ abril de 2007. v. 32, pg. 34-43.
<http://www.armazemdedados.rio.rj.gov.br/> Acesso em: 02 Jan. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS (ABRH). **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**; 2000.

BENEVOLO, L., **História da Cidade**, 4 ed. São Paulo, Perspectiva, 2009.

BRASIL – **Lei Federal 6.766, de 19 de dezembro de 1979**, Lei de Parcelamento do Solo Urbano, Senado Federal, 1979.

BRASIL – **Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997**, Lei das Águas, Senado Federal, 1997.

BRASIL – **Lei Federal 10.257 de 10 de julho de 2001**, Estatuto da Cidade, Senado Federal, 2001.

BRASIL – **Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007**, Lei de Saneamento, Senado Federal, 2007.

BRASIL – **Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012**, Novo Código Florestal, Senado Federal, 2012.

BRASIL – **Ministério das Cidades, Manual de Drenagem Urbana Sustentável**, Brasília, DF, 2004.

BRASIL – **Ministério das Cidades, Glossário de Drenagem Urbana Sustentável**, Brasília.
 Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamentoambiental/biblioteca/GlossarioSaneamento060206.pdf/view>>.
 Acesso em: 05 mai. 2013.

BRASIL – Ministério das Cidades, **Manual de Drenagem Urbana Sustentável**, Brasília, DF, 2004.

BRASIL – Ministério das Cidades, **Glossário de Drenagem Urbana Sustentável**, Brasília. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/saneamentoambiental/biblioteca/GlossarioSaneamento060206.pdf/view>>.

Acesso em: 01 jun. 2009.

BELTRAME, A. V.. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: Modelo e Aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 132 p.

BORDAS, M.P.; SEMMELMANN, F.R.; Elementos de Engenharia de Sedimentos. In: TUCCI, C.M.R. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.915 – 943.

BRAGA, R. (2003) 113-27) **Planejamento Urbano e Recursos Hídricos**, in BRAGA, R. e BRAGA, R. e CARVALHO, P. F. de (2003) **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**, LPM/Deplan/IGCE-Unesp, Rio Claro.

CARNEIRO, P.R.F.; MIGUEZ, M.G. **Controle de Inundações em Bacias Hidrográficas Metropolitanas**. São Paulo, SP, Brasil, editora ANNABLUME, 2011.

CARVALHO, P. F. de (2003) **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**, LPM/Deplan/IGCE-Unesp, Rio Claro.

<<http://www.cbh.gov.br/> > Acesso em: 10 jan. 2013.

<<http://www.cbh.gov.br/DataGrid/GridRio>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC/MG. **Estudos básicos para o diagnóstico ambiental do município de Betim - MG**. Belo Horizonte, v.1, 1994.

<<http://www.comiteguandu.org.br/> >. Acesso em: 10 jan. 2013.

COPPE/UFRJ. **Tormentas Cariocas – Seminário Prevenção e Controle dos Efeitos dos Temporais no rio de Janeiro. Coordenação L.P. Rosa e W.A. Lacerda**, 1996.

CASTRO , C.M. ,2010, **Águas do Rio de Janeiro: da Metropole com Riscos à Metropole dos Riscos**, Tese de de D.Sc., UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

CRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Ed. Edgard Blucher. Rio Claro, 1974.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@ Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 15 jun 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados @ <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>> Acesso em 15 jun 2013.

<http://www.inea.rj.gov.br/recursos/com_bguanabara.asp> Acesso em: 10 jan. 2013.

EDWARDS, B. O Guia Básico para a Sustentabilidade. Barcelona, editora Gustavo Gili, AS, 2001.

FILHO, J.A.M. **Qualidade de Vida na Região da Tijuca, RJ, Por Geoprocessamento**. Rio de Janeiro.RJ.2003. Paginação irregular.

<<http://www.firjan.org.br/main.jsp?lumChannelId=402880811F24243A011F24384342>>

0638> . Acessado em: 05 mar. 2013.

<<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC3E3365F6013F105A7AFC4571.htm>>
 . Acessado em: 06 abr. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> . Acessado em: 9 mai. 2013.

LEITE, M.A. **Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.** 2005. Paginação irregular.

MARANHÃO, N., 2007, **Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. Tese de D.Sc, COPPE/UFRJ Engenharia Civil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

MINAS GERAIS. Lei n. 13.199 de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Palácio da Liberdade, Belo Horizonte, 29 jan. 1999. p. 23. Disponível em:

<<http://www.ceivap.org.br/downloads/leimgn13199-99.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2013.

MASCARÓ, J.L. **Loteamentos Urbanos**. 2003. 1 ed. Porto Alegre. Paginação irregular.

MASCARÓ, J.L., **Infraestrutura Urbana**. 2005. 1 ed. Porto Alegre. Paginação irregular.

MAURO, Claudio Antonio de. **Laudos periciais em depredações ambientais**. Rio Claro, 1997.

MIGUEZ, M. G., VERÓL, A. P., CARNEIRO, P. R. F., “**Sustainable Drainage Systems: An Integrated Approach, Combining Hydraulic Engineering Design, Urban Land Control and River Revitalisation Aspects**”. In: Javaid, M. S. (ed), Drainage Systems, 1 ed., chapter 2, Croatia, Intech, 2012.

NASCIMENTO. W. M. & VILAÇA, M. G.. **Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento**. Publicado na revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Três Lagoas, n. 7, maio de 2008.

OLIVEIRA, R. S. de, 2008, **Planejamento Municipal Integrado à Gestão de Recursos Hídricos. Estudo de caso: Município De Seropédica - RJ. M.Sc.** COPPE/UFRJ, Engenharia Civil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PAIVA, J.B.D.; CHAUDHRY, F.H.; REIS, L.F.R. **Monitoramento de bacias hidrográficas e processamento de dados**. São Carlos: RiMa, v.1, 2004. 326p.

PLANO DIRETOR – **Arco Metropolitano – 2011**

PREFEITURA MUNICIPAL DE SEROPÉDICA. Plano Diretor da Cidade

REZENDE, O. M., 2010, **Avaliação de medidas de controle de inundações em um plano de manejo sustentável de águas pluviais aplicado à Baixada Fluminense**, Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RIMA – **Arco Metropolitano - 2009**

RIMA - **COQUEPAR - MMX. 2011**

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona, editora Gustavo Gili, AS, 2001.

SILVA, S. F.. **Avaliação das Alterações Ambientais na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Piçarrão**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2000.149p.

SILVA, G. C.,2009, **Zoneamento Socio Ambiental: Uma proposta Metodológica para unidades de paisagem. Estudo de Caso: A Bacia Hidrográfica da Baixada de Jacarepaguá**. Tese de de D.Sc., UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SILVA, S.X;ZAIDAN,R.T. **Geoprocessamento & Meio Ambiente**; Editora Bertrand Brasil LTDA – 2010.

SERGIPE, G. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídrico de Sergipe: Estudo, Análise e Proposta da divisão Hidrográfica de Sergipe em Unidades de Planejamento e Bacias Hidrográficas**. Consórcio,2009. Paginação irregular.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R.. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.
<http://www.soleis.adv.br/> Acesso em 02 fev 2013

TEODORO, V. L. I; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J. L; FULLER, B. B.. **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Revista Uniara, n. 20, 2007.

TEODORO, V.L.L.;TEIXEIRA.D.;COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. **Conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara,n20.2007.Paginação Irregular.

TUCCI, C.E.M.; BRAGA, B. **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. 348p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

TUCCI, C. E. M & BELTRAME, L. F. S.. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed.. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS- ABRH, 2000.

TUNDISI, J. G.. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. 2 ed. São Carlos:

RiMa, 2005. 248p.

TUCCI, C.E.M., 1995, **Controle de Enchentes**, in: **Drenagem Urbana**, Editora da Universidade/ABRH, Porto Alegre, Cap. 1.

REZENDE, O. M., 2010, **Avaliação de medidas de controle de inundações em um plano de manejo sustentável de águas pluviais aplicado à Baixada Fluminense**, **Dissertação de M.Sc.**, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SANTOS, M., **A Urbanização Desigual – A Especificidade do Fenômeno Urbano em Países Subdesenvolvidos**, 1 ed. Petrópolis, RJ, Brasil, Editora Vozes Ltda., 1995.

COSTA, Helder. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma Abordagem Geral** /Helder Costa, Wilfried Teuber. Rio de Janeiro: SEMADS 2001

SOLOS S.A, S.E.. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim**. Brasília – DF. 2008. Paginação irregular.