

UFRRJ

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL E POLÍTICAS PÚBLICAS**

DISSERTAÇÃO

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SÓCIO AMBIENTAIS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO VALÃO DOS BOIS EM
SEROPÉDICA-RJ.**

Vinicius Perrut dos Santos

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL E POLÍTICAS PÚBLICAS**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SÓCIO AMBIENTAIS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO VALÃO DOS BOIS EM SEROPÉDICA-RJ.**

VINICIUS PERRUT DOS SANTOS

Sob Orientação da Professora
Adriana Soares de Schueler

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas**, no curso de Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas, Área de Concentração em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental.

Seropédica, RJ
Maio de 2016

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001
This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a Santos, Vinicius Perrut dos, 1982-
Avaliação dos impactos sócio ambientais na bacia hidrográfica do Valão dos Bois em Seropédica-RJ / Vinicius Perrut dos Santos. - Seropédica, 2016. 130 f.: il.

Orientadora: Adriana Soares de Schueler. Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas, 2016.


1. Ordenamento territorial urbano. 2. Recursos hídricos. 3. Modelagem hidrológica. I. Schueler, Adriana Soares de, 1964-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL E POLÍTICAS PÚBLICAS**

VINICIUS PERRUT DOS SANTOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de MESTRE, no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/05/2016



Dra. Adriana Soares de Schueler - PPGDT/UFRRJ
(Orientadora)



Dra. Denise de Alcantara Pereira - PPGDT/UFRRJ



Dr. Daniel Fonseca Carvalho - UFRRJ.



Dra. Monica Bahia Schlee - Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho à minha família, que com seu apoio possibilitou a realização deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Aos meus gestores da COPEA/PROPLADI, Daniella Antunes e Gélia Maria de Carvalho, pela compreensão das minhas ausências parciais em função do compromisso em cursar as disciplinas do mestrado.

Aos professores e técnicos administrativos do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas.

À professora Adriana de Soares Schueler pela paciência, dedicação e a sua inestimável orientação.

À minha esposa, Silvana pelo seu apoio e compreensão.

RESUMO

SANTOS, Vinicius Perrut dos. **Avaliação dos impactos sócio ambientais na bacia hidrográfica do Valão dos Bois em Seropédica-RJ**. 2016. 126p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas, Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O município de Seropédica, após o início das obras da rodovia Raphael de Almeida Magalhães a BR 493 conhecida como Arco Metropolitano do Rio de Janeiro em seu território, ganhou grande visibilidade regional, em função de seus atributos locais. Frente à proclamada certeza do crescimento econômico, o clamor da administração municipal por um processo de industrialização em seu território não é acompanhado de um planejamento territorial que suporte esse futuro cenário de crescimento. Este estudo produziu dados quantitativos das interferências no Valão dos Bois recorrendo para isso à medições de suas características morfométricas, de parâmetros físico-químicos relacionados a qualidade de água como DBO_{5,20}, DQO, ST e OD, à simulação computacional de processos de autodepuração e à simulação de processos de precipitação, infiltração, escoamento superficial e lixiviação em quatro cenários de ocupação das áreas urbanizadas da bacia hidrográfica, para chuvas com cinco períodos de retorno distintos. O resultado das medidas da morfometria do Valão dos Bois e seus afluentes revelou que o canal foi projetado para escoar grandes vazões, associados a períodos de retorno de 50 anos. Porém, em muitos trechos, ocupações irregulares às suas margens, estreitam o canal de forma a favorecer inundações mesmo durante precipitações com índices pluviométricos ordinários. A análise dos parâmetros de qualidade da água revelou alta concentração de carga orgânica na maioria dos trechos, principalmente nos trechos próximos às áreas urbanizadas. Os resultados das simulações de processos de autodepuração revelaram que os despejos de esgoto de forma contínua e espalhada ao longo de todo o Valão dos Bois, principalmente nos trechos próximos às áreas urbanizadas, aumentam a extensão do trecho poluído dentro do processo de mistura e diluição dos efluentes denominados de zonas de degradação e recuperação respectivamente. As simulações dos cenários de ocupação revelaram que embora a área urbanizada (mais impermeabilizada) da bacia hidrográfica do Valão dos Bois seja muito pequena, pequenos incrementos no índice de impermeabilização elevam muito as taxas de escoamento superficial e picos de escoamento. Com isso, diante do aumento populacional esperado, recorreu-se a simulação computacional de implantação de trincheiras de infiltração que apesar de alterarem a área impermeabilizada do município na ordem de 0,2%, foi suficiente para reduzir os índices de picos de escoamento entre 8,5% e 206% nas diferentes sub-bacias. Como dos 114 km² da bacia do Valão dos Bois apenas 6km² são áreas impermeabilizadas, verificamos que para as sub-bacias menos impermeabilizadas a manutenção dos canais é suficiente para estabelecer índices elevados de qualidade da água nos cursos d'água. Para as sub-bacias com maior área urbanizada (com maior índice de impermeabilização) recomenda-se um movimento no sentido de estabelecer diretrizes para o uso e ordenamento de ocupação do solo evitando estreitamento dos canais de drenagem por ocupação irregular de suas margens, a adoção de medidas de controle não estruturais, associados a medidas como a concentração dos despejos em um ponto específico em cada sub-bacia evitando o espalhamento dos pontos de despejos de efluentes, e a implantação das trincheiras de infiltração como complementação aos sistemas convencionais de drenagem e esgotamento.

Palavras-chaves: Ordenamento territorial urbano, Recursos hídricos, Modelagem hidrológica.

ABSTRACT

SANTOS, Vinicius Perrut dos. **Evaluation of social and environmental impacts in the Valão dos Bois watershed in Seropédica-RJ.** .2016. 126p Dissertation (Mestrado em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas, Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

The city of Seropédica, after the beginning of the works of the Raphael de Almeida Magalhães highway to BR 493 known as the Rio de Janeiro Metropolitan Arch in its territory, winning great regional visibility, due to its location attributes. Fridge to proclaimed certain of the municipal social growth, the clamor of administration for an industrialization process in its territory is not accompanied by a territorial planning that supports the future scenario of growth. This study produced quantitative data of interference in Valão dos Bois, which was used as a database of BOD_{5,20}, COD, ST and OD, in computer simulation of self-purification processes. The rainfall, infiltration, runoff and leaching in four occupation areas of the urbanized watershed areas for rainfall with five distinct return phases. The result of measuring the morphometry of Valão dos Bois and its tributaries is the channel for large expansions, associated with a 50-year payback period. For example, in many stretches irregular occupations on its banks narrow the channel to favor flooding while ordinary rainfall precipitating. The analysis of water quality parameters revealed a high concentration of organic load in most stretches, especially those near urbanized areas. The results of the self-purification simulations revealed that sewage discharges continuously and spread throughout the Valão dos Bois, especially in the stretches close to the urbanized areas, increase the extent of the polluted stretch within the mixing and dilution process. Effluents called degradation and recovery zones respectively. The simulations of the occupation scenarios revealed that although the urbanized (more waterproofed) area of the Valão dos Bois watershed is very small, small increases in the waterproofing index greatly increase runoff rates and runoff peaks. Thus, in view of the expected population increase, we used the computer simulation of the implementation of infiltration trenches that, despite changing the sealed area of the municipality by 0.2%, was sufficient to reduce the peak flow rates between 8,5% and 206% in the different sub-basins. As of the 114 km² of the Valão dos Bois basin only 6km² are waterproofed areas, we find that for the less waterproofed sub-basins, the maintenance of the channels is sufficient to establish high water quality levels in the watercourses. For the sub-basins with the largest urbanized area (with the highest waterproofing index), a move towards establishing guidelines for the use and ordering of land occupation is recommended, avoiding the narrowing of drainage channels due to irregular occupation of its margins. non-structural control measures associated with measures such as the concentration of discharges at a specific point in each sub-basin avoiding the spreading of effluent discharge points, and the implementation of infiltration trenches as a complement to conventional drainage and sewage systems.

Key words: urban territorial planning, water resources, hydrological modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba e os municípios que a integram.....	xx
Figura 2: Mapa de Zoneamento do município de Seropédica.....	xxiii
Figura 3: Reportagem do jornal O DIA.....	xxiv
Figura 4: Arco Metropolitano do Rio de Janeiro e grandes aglomerados industriais e logística de transporte na área de influência	xxv
Figura 5: Mapa digital online de oportunidades potenciais no estado do Rio de Janeiro elaborado pela FIRJAN, zoom no município de Seropédica mostrando o trajeto do futuro Trem Bala em amarelo.	xxvi
Figura 6: Anuncio de implantação de empreendimento de grande porte no município as margens do Valão dos Bois.....	xxvi
Figura 7: Anuncio de instalação de fábrica no município.....	xxvii
Figura 8: Notícia de previsão de investimentos ao longo do Arco Metropolitano.....	xxvii
Figura 9: Reportagem com anuncio de instalação de fábrica no município.....	xxvii
Figura 10: Reportagem anunciando a inauguração da fabrica da P&G em Seropédica.....	xxix
Figura 11: Slogan do município em seu <i>website</i>	xxx
Figura 12: Deslocamento da linha de inundação em função d processo de urbanização.....	xxxii
Figura 13: Impactos cíclicos da urbanização.....	xxxiv
Figura 14: Bacia Hidrográfica do Valão dos Bois e Relevo do município.	xxxvii
Figura 15: Mapa do município de Seropédica com as principais áreas urbanizadas, as microbacias que as drena e os pontos de coleta de amostras de água.	40
Figura 16: Mapa de uso do solo do município de Seropédica proveniente de classificação supervisionada.	41
Figura 17: Bairro Boa Esperança com sua bacia hidrográfica em azul.....	42
Figura 18: Imagem aérea do bairro Boa Esperança com canal passando por entre as quadras.	43
Figura 19: Imagem da Planta do bairro Boa Esperança com canal entre as quadras.	43
Figura 20: Rua Cleodon Felix da Silva (vista da Rua do Carmo) transversal ao canal que corta o bairro Boa Esperança alagada.....	43
Figura 21: Rua Parati transversal ao canal que corta o bairro Boa Esperança alagada.	44
Figura 22: Localização dos pontos de coleta na sub-bacia do bairro Santa Sofia em verde claro.	45
Figura 23: Mapa de solos do município de Seropédica.....	46
Figura 24: Seção transversal do ponto P01.	47
Figura 25: Imagem do ponto P01.	47
Figura 26: Seção transversal do ponto P02.	48
Figura 27: Imagem do ponto P02.	48
Figura 28: Seção transversal do ponto P03.	49
Figura 29: Imagem do ponto P03.	49
Figura 30: Seção transversal do ponto P04.	49
Figura 31: Imagem do ponto P04.....	50
Figura 32: Localização dos pontos de coleta na bacia do bairro Boa Esperança em verde.	50
Figura 33: Seção transversal do ponto P05.	51
Figura 34: Imagem do ponto P04.....	51
Figura 35: Seção transversal do ponto P27.	52
Figura 36: Imagem do ponto P07.	52
Figura 37: Seção transversal do ponto P07.	53

Figura 38: Imagem do ponto P06.	53
Figura 39: Seção transversal do ponto P06.	53
Figura 40: Imagem do ponto P13.	54
Figura 41: Seção transversal do ponto P13.	54
Figura 42: Imagem do ponto P08.	55
Figura 43: Seção transversal do ponto P08.	55
Figura 44: Imagem do ponto P09.	55
Figura 45: Seção transversal do ponto P09.	56
Figura 46: Imagem da Junção Ponto 10 à esquerda Ponto 11 à direita Ponto 12 a frente.	56
Figura 47: Seção transversal do ponto P10 e P11.	57
Figura 48: Seção transversal do ponto P14.	57
Figura 49: Junção dos trechos representados pelos Pontos 13 à esquerda e Ponto 14 à direita e Ponto 15 a frente.	58
Figura 50: Seção transversal do ponto P16.	58
Figura 51: Imagem do ponto P17.	59
Figura 52: Seção transversal do ponto P17.	59
Figura 53: Localização dos pontos de coleta 17 ao 20.	59
Figura 54: Imagem do ponto P18.	60
Figura 55: Seção transversal do ponto P18.	60
Figura 56: Imagem do ponto P19.	60
Figura 57: Seção transversal do ponto P19.	61
Figura 58: Localização dos pontos de coleta do P19 ao P26.	61
Figura 59: Seção transversal do ponto P24.	62
Figura 60: Imagem do ponto P21.	62
Figura 61: Seção transversal do ponto P22.	63
Figura 62: Imagem do ponto P23.	63
Figura 63: Seção transversal do ponto P23.	63
Figura 64: Imagem do ponto P26.	64
Figura 65: Seção transversal do ponto P26.	64
Figura 66: Diferenças das técnicas de manejo das águas pluviais.	69
Figura 67: Seção das faixas marginais de proteção e suas medidas.	72
Figura 68: Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.	77
Figura 69: Zonas de autodepuração do curso d'água.	83
Figura 70: Mapa dos pontos de coleta.	87
Figura 71: Esquema de localização dos pontos coletados.	88
Figura 72: Molinete hidráulico digital FP-111 Onicon.	88
Figura 73: Detalhe da hélice utilizada na determinação da velocidade do fluxo por contagem de giros.	89
Figura 74: Visão conceitual do processo de escoamento no SWMM.	95
Figura 75: Esquema da localização dos Jardins de infiltração.	97
Figura 76: Esquema conceitual e dimensões do Jardim de infiltração.	97
Figura 77: Representação conceitual dos processos em uma trincheira de infiltração.	98
Figura 78: Mapa da distribuição da concentração de DBO _{5,20} nos trechos do Valão dos Bois.	99
Figura 79: Mapa da distribuição da concentração de DBO _{5,20} nos trechos do Valão dos Bois com relação às áreas urbanizadas.	100
Figura 80: Foto de Irinéia Verçosa do bairro Campo Lindo com lançamento de esgoto a céu aberto.	103
Figura 81: Imagem aérea de parte da sub-bacia do bairro Boa Esperança com alta taxa de impermeabilização do solo.	105

Figura 82: Imagem aérea do bairro São Miguel com ocupações ao longo do canal.	105
Figura 83: Imagem aérea de trecho do Valão do China no bairro Campo Lindo com ocupações irregulares ao longo do canal.....	106
Figura 84: Imagem do Valão do China no bairro Campo Lindo mostrando o estreitamento de sua seção.	106
Figura 85: Foto da rua Piraí no bairro Boa Esperança.	107
Figura 86: Foto do cruzamento da Rua 42 com o canal que escoia o bairro Boa Esperança com estreitamento da seção.	107
Figura 87: Foto da Rua João Moura de Oliveira em frente ao Posto de Saúde no bairro Fazenda Caxias.	107
Figura 88: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P02 a P03.	108
Figura 89: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P03 a P04.	109
Figura 90: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P17 a P18.	109
Figura 91: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P18 a P19.	110
Figura 92: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P19 a 20.....	110
Figura 93: Mapas de porcentagem de impermeabilização do solo da sub-bacia do bairro Boa Esperança. O mapa de cima expressa a impermeabilização do cenário atual. O mapa de baixo expressa a impermeabilização do cenário futuro.....	115
Figura 94: Mapa da distribuição da concentração de OD nos trechos do Valão dos Bois.	124
Figura 95: Mapa da distribuição da concentração de OD nos trechos do Valão dos Bois com relação às áreas urbanizadas.	125
Figura 96: Mapa da distribuição da concentração de ST nos trechos do Valão dos Bois com relação às áreas urbanizadas.	126
Figura 97: Mapa de distribuição dos pontos de coleta imagens dos respectivos locais.	127
Figura 98: Mapa das microbacias com a distribuição dos pontos de coleta.....	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização e porcentagens dos usos do solo no município de Seropédica.	xxi
Tabela 2: Taxas de crescimento populacional para o município de Seropédica entre 2000 a 2010.	xxix
Tabela 3: Estimativa de crescimento populacional utilizada como base para projeto de infraestrutura em Seropédica.	xxix
Tabela 4: Redução do escoamento pluvial relativo ao aumento da densidade urbana.	xxxix
Tabela 5: Composição do esgoto doméstico.	65
Tabela 6: Categorias de medidas não estruturais.	70
Tabela 7: Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivos pesos.	73
Tabela 8: Enquadramentos da qualidade das águas conforme seus usos, estabelecidos pela Portaria 013 MINTER e a Resolução CONAMA 20/86.	75
Tabela 9: Classes e respectivos usos da água conforme a Resolução CONAMA 357, de 2005.	76
Tabela 10: Limites legais para DBO _{5,20} nos corpos d'água doce.	79
Tabela 11: Limites legais para OD nos corpos d'água doce.	79
Tabela 12: Limites legais para sólidos nos corpos d'água doce.	80
Tabela 13: Sensibilidade dos peixes à variações da concentração de oxigênio dissolvido.	82
Tabela 14: Tabela de valores para o coeficiente de reaeração K ₂	92
Tabela 15: Tabela de valores para o coeficiente de reaeração K ₂ conforme suas características hidráulicas.	92
Tabela 16: Parâmetros empíricos da equação IDF para o município de Seropédica.	93
Tabela 17: Propriedades da sub-bacia.	94
Tabela 18: Coeficientes utilizados para caracterização dos usos do solo.	96
Tabela 19: Índices dos parâmetros de qualidade medidos nos pontos de coleta indicados.	101
Tabela 20: Carga de DBO _{5,20} medida nos pontos de coleta e seus correlatos:	103
Tabela 21: Cargas de DBO _{5,20} per capita e mensurada nos exutórios das sub-bacias.	104
Tabela 22: Porcentagens de áreas impermeáveis das bacias nos cenários.	111
Tabela 23: Coeficientes utilizados para caracterizar as áreas simuladas.	111
Tabela 24: Fração da precipitação que se armazena em depressões na bacia.	113
Tabela 25: Porcentagens de infiltração nas sub-bacias de acordo com os cenários de ocupação.	113
Tabela 26: Volume dos picos de escoamento nas sub-bacias de acordo com os cenários de ocupação.	114
Tabela 27: Quantidade de sólidos em suspensão transportados nos cenários.	114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Alteração do ciclo hidrológico em função da urbanização.	xxxi
Gráfico 2: Qualidade dos cursos hídricos em relação a área impermeável em percentual.	xxxiii
Gráfico 3: Variação do percentual de desconformidade dos parâmetros do IQA nos rios de classe 2 entre os anos de 2009, 2010 e 2011.	67
Gráfico 4: Metas progressivas de qualidade da água.	78
Gráfico 5: Curva média de variação do parâmetro DBO _{5,20} no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.	79
Gráfico 6: Curva média de variação do parâmetro OD no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.	80
Gráfico 7: Curva média de variação do parâmetro OD no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.	80
Gráfico 8: Curva média de variação do parâmetro Temperatura no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.	81
Gráfico 9: Hidrograma das chuvas utilizadas em cada cenário.	112
Gráfico 10: Fração da precipitação total que produz escoamento superficial nas sub-bacias.	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BMP	<i>Best Manager Practice</i>
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgoto
CNRH	Conselho nacional de Recursos Hídricos
COMPERJ	Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxigênio no quinto dia
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DNOS	Departamento Nacional de Obras de Saneamento
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EUA	Estados Unidos da América
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FLONA	Floresta Nacional
FMP	Faixa Marginal de Proteção
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade Duração e Frequência (equação que relaciona esses parâmetros)
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IQA	Índice de Qualidade de Água
OD	Oxigênio Dissolvido
mg/L	Miligrama por litro
MINTER	Ministério do Interior
PDP	Plano Diretor Participativo
PDS	Plano de Desenvolvimento Sustentável
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
SEMADS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SS	Sólidos em Suspensão
ST	Sólidos Totais
SWMM	<i>Storm Water Management Model (software)</i>
TR	Período de Retorno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	xvii
1.1	Crescimento Urbano e Impactos Ambientais	xvii
1.2	Pensamento Único e o Discurso Desenvolvimentista no Território da Cidade	xviii
1.2.1	Seropédica	xx
1.3	Águas Urbanas	xxx
1.4	A Dificuldade da Preservação do Ambiente na Cidade em Desenvolvimento	xxxiv
1.5	Objetivos	xxxv
1.5.1	Objetivo geral	xxxv
1.5.2	Objetivos específicos	xxxv
1.6	Justificativa	xxxv
1.7	Estruturação da Dissertação	xxxvi
2	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	xxxvi
2.1	Bacia Hidrográfica do Valão dos Bois	xxxvi
2.2	Sub-bacias Hidrográficas Urbanizadas	xxxix
2.3	Descrição dos Pontos de Coleta	45
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	64
3.1	Qualidade das Águas Superficiais	64
3.1.1	Poluição dos cursos d'água	65
3.2	Medidas de Controle da Poluição Difusa e Redução do Escoamento Superficial	68
3.3	Faixas Marginais de Proteção	71
3.4	Índice de Qualidade das Águas	72
3.4.1	Parâmetros de qualidade da água	73
3.5	Enquadramento dos Corpos d'Água	75
3.5.1	Limites legais dos parâmetros de qualidade das águas superficiais	78
3.6	Autodepuração de Cursos d'Água	81
3.6.1	Zonas de autodepuração	82
3.7	Modelagem Computacional de Processos Hidrológicos	84
4	MATERIAIS E MÉTODOS	85
4.1	Coleta de Amostras de Água	86
4.2	Enquadramento Parcial das Águas do Valão dos Bois	89
4.3	Modelagem do Processo de Autodepuração	90
4.4	Modelagem Pluviométrica	92
4.5	Modelagem dos Cenários de Expansão Urbana	93
4.5.1	Primeiro cenário	94
4.5.2	Segundo cenário	96
4.5.3	Terceiro cenário	96
4.5.4	Quarto cenário	97
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
5.1	Análise dos Parâmetros Físico-químicos de Qualidade	98
5.1.1	Resultados das simulações dos processos de autodepuração	108
5.1.2	Resultados das modelagens dos cenários de ocupação	111
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117

7	REFERÊNCIAS	119
8	ANEXOS	124

1 INTRODUÇÃO

1.1 Crescimento Urbano e Impactos Ambientais

O acelerado aumento da população das cidades brasileiras associado a falta de ações e planejamento que a absorva com qualidade, são temas basilares e largamente abordados como razões das mazelas do ambiente urbano. E não são poucos os estudos dos processos conformadores deste ambiente e de temas transversais a eles como os grandes projetos de investimento, megaeventos, a importância do controle social da cidade, a falta de poder político dos mais pobres e a questão da produção de “localização”. Porém, em sua grande maioria, esses estudos, encontram-se restritos ao ambiente acadêmico, e quando muito, também aos profissionais que trabalham com o planejamento urbano, deixando a população, alheia aos processos históricos e atuais de conformação do território onde vive, sujeitas a campanhas de marketing e às falácias políticas.

A configuração espacial brasileira até a década de 1930 era caracterizada por regiões “ilhadas” ao longo do litoral, com funções predominantemente administrativas e orientadas em maior parte para o exterior, ligadas ao setor primário, e em menor escala para o resto do país. (SACHS, 2008; PIQUET, 1998). A partir de 1950, com o processo de industrialização voltado para bens duráveis, e até mesmo bens de produção, além das migrações internas, viabilizadoras dos grandes projetos de infraestrutura do país, Maricato (2011) afirma que há também uma profunda mudança não só no modo de vida dos consumidores, mas nas habitações, nas cidades, nos valores e na cultura.

Para se ter uma ideia do fenômeno de crescimento das cidades brasileiras, em 1950 a população urbana era de 18.782.891 de habitantes, já em 2010 essa população era de 160.925.792 de habitantes. Ou seja, em 60 anos as cidades brasileiras tiveram que absorver 142.142.901 de pessoas, sendo 23.170.242 somente nesta última década¹. Nesse período, a taxa de urbanização saltou de 36,1% para 84,36% da população². Várias transformações sociais e políticas contribuíram para esse rápido crescimento das cidades, como a inserção do território das cidades médias no sistema capitalista global de produção, comércio e finanças.

A crescente produção em enormes plantas industriais, absorção de grande contingente de trabalhadores (muitos destes migrantes) nas indústrias automobilísticas, de aço e petroquímica, concentraram em espaços limitados grandes quantidades de capital, trabalho, energia e consumo dos recursos naturais (RATTNER, 2009). A ocupação humana nos espaços de forma rápida e intensa, fruto de uma racionalidade hoje obsoleta, concentrou indústrias, serviços e riqueza sem distribuição equitativa dos benefícios sociais, inverteu a distribuição da população no país e trouxe consigo inúmeros conflitos para as cidades.

A cidade, especialmente a grande cidade [...] é vista como um espaço de concentração de oportunidades de satisfação [...], mas, também, como um local crescentemente poluído, onde se perde tempo se gastam nervos com engarrafamentos, onde as pessoas vivem estressadas e amedrontadas com a violência e a criminalidade (SOUZA, 2011).

De acordo com IBGE (2015), as grandes cidades brasileiras com mais de 500 mil habitantes, são as que enfrentam maiores problemas advindos do processo de urbanização uma vez que, já concentram 29,92% da população.

¹ Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>.

² Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vCodigo=POP122>>.

Segundo Rosa (2013) os grandes centros urbanos estão crescendo mais rapidamente que as demais cidades. Esses grandes centros são justamente os que tendem a sofrer os maiores problemas relacionados à superpopulação, dentre eles à poluição.

De acordo com Tucci (2002), o crescimento das cidades tem ocorrido com baixa cobertura de redes de infraestrutura, como a de coleta de esgotos e sistemas de tratamento. É comum nos estágios iniciais do crescimento urbano, quando a população da cidade ainda é pequena, a utilização de fossas e sumidouros. Em estágios posteriores, dificilmente os gestores municipais investem em sistemas de coleta e tratamento de esgotos, forçando a população a lançarem seus esgotos na rede de drenagem pluvial sem nenhum tratamento.

Dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos de 2014 divulgado pelo Ministério das Cidades³ mostram que o índice de residências com coleta de esgoto no Brasil é de 49,8%. Mesmo que na região sudeste o diagnóstico indique que 83,3% da população tem seu esgoto coletado, e 65,4% desse volume seja tratado, 13.420.856 de pessoas ainda não tem acesso a sistemas de esgoto.

Giudice e Mendes (2013) acrescentam que a próspera elevação dos índices demográficos e a acentuada impermeabilização dos espaços produzem alterações nos processos de renovação do ciclo hidrológico, pois o consumismo mundial crescente tem levado a humanidade à exploração dos recursos naturais além de sua capacidade de renovação uma vez que, o despejo de resíduos poluentes nos corpos hídricos também é uma forma de utilização dos recursos naturais.

Nesse contexto, o aumento da impermeabilização do solo decorrente do crescimento das cidades tem provocado redução do tempo de concentração⁴ das chuvas, produzindo aumento das vazões nas redes de esgotamento, assoreamento dos canais, poluição das bacias receptoras, degradação dos cursos d'água, alterações nas direções dos fluxos de escoamento superficial, redução da infiltração da água no solo, bem como inundações.

1.2 Pensamento Único e o Discurso Desenvolvimentista no Território da Cidade

A abertura da economia brasileira aos fluxos do processo de globalização na década de 90, encontrou nos planos de ajustes macroeconômicos seus determinantes fundamentais. Uma das consequências desta abertura abrupta e do discurso sobre a inserção competitiva do país na economia mundial foi à ênfase sobre a organização dos espaços produtivos (COCCO, 2001).

Neste período, consolidou-se uma notada inversão no processo do pensamento desenvolvimentista reinante desde o pós-guerra. Segundo Brandão (2012) o Nacional Desenvolvimentismo caracterizado por ações do estado no sentido de favorecer o processo de industrialização, buscando a internalização do controle do processo de acumulação, deu lugar a um novo desenvolvimentismo que se caracteriza pelo aumento da inserção internacional periférica. Nele os governos locais nada mais são que garantidores de rentabilidade de projetos vinculados ao mercado de commodities e exploração de recursos naturais, com a sua correspondente demanda por infraestrutura.

Nessa discussão, o papel das cidades brasileiras na promoção de desenvolvimento, independente de seus atributos de diferenciações espaciais, tem se restringido ao desafio de se

³ Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>>.

⁴ O termo tempo de concentração refere-se ao tempo gasto para que toda a bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial no ponto considerado (CARVALHO e SILVA, 2006).

inserir nos fluxos de produção capitalista. Processo pelo qual o capital tem ganhado mobilidade e flexibilidade espalhando-se por redes interconectadas, denominado por Santos (2000) de “fragmentos de exercício de poder”. Este processo fez com que algumas cidades se sobressaíssem econômica e politicamente em relação a outras regiões do país, bem como possibilitou o aumento da especulação fundiária.

Tal fenômeno é, em essência, compatível com o chamado “pensamento único urbano” que exige das cidades que se ajustem aos propósitos tidos por inelutáveis da globalização financeira. (ACSELRAD, 2009)

Esse fenômeno, cada vez mais claro, sobretudo nas cidades mais próximas das grandes metrópoles ou de grandes projetos de investimento, tem se conformado nos moldes do que Brandão (2012) denomina pensamento único localista, em consonância com Acsehrad (2009) que define como “pensamento único urbano”. Podemos assim, resumir esse conceito como um esforço de reduzir os grandes desafios urbanos às possibilidades da chamada “modernização ecológica das cidades”, processo pelo qual as instituições políticas procuram conciliar o crescimento urbano com a resolução dos problemas ambientais, dando ênfase à adaptação tecnológica, à celebração da economia de mercado, à crença na colaboração e no consenso (como solução única ao desenvolvimento).

A expansão e modernização dos centros urbanos, e a contínua migração ao mesmo tempo em que promete benefícios ilimitados e prosperidade aos cidadãos, produziu e produz custos ambientais e sociais mascarados e “ocultos a princípio” segundo Portilho (2010) e conforme Rattner (2009) tidos como inevitáveis na busca do desenvolvimento.

Segundo Brandão (2012), paradoxos inúmeros surgem nas teorias localistas e por conseguinte nas práticas dos gestores locais (muitas vezes por conveniência), ora o município é retratado como mero nó na rede de produção capitalista e por isso sujeito às vontades de uma “totalidade onipresente”, ora é retratado com possibilidades ilimitadas de autopropulsão dependendo somente do engajamento dos cidadãos.

O paradoxo nas práticas dos gestores locais quanto ao “exagero da capacidade endógena” conforme Brandão (2012), na promoção do desenvolvimento, fica explícito quando da preferência de implantação, em seus territórios, de grandes plantas industriais em detrimento do incentivo de uma governança sólida e/ou fortalecimento de atividades terciárias, notadamente geradoras de heterogeneidade no convívio urbano.

Toda e qualquer política deve ser avaliada pelo critério de adequação ao objetivo de construir uma sociedade autônoma e equilibrada no controle de si e de seu destino – alcançando mecanismos políticos de representação democrática, participação e controle coletivo dos recursos. (RATTNER, 2009).

A apropriação do discurso da valorização exagerada da capacidade de desenvolvimento do território por si só, tem se consolidado como discurso político dos gestores municipais. Na prática, tem levado o munícipe a crer que o nível de desenvolvimento local está diretamente ligado à capacidade de empreendedorismo de seus gestores e cidadãos. Porém Brandão (2012) ressalta que:

[...] qualquer “sistema produtivo”, que se monte em qualquer escala, estará envolvido em um ambiente de articulação oligopólica, sob dominância do

capital financeiro, e submetido a uma dinâmica intersetorial específica, comandada, em última instância, por gigantescos blocos de capital e sujeito a barreiras à entrada nos setores-chave, a economias de escala, à subutilização de capacidade ociosa etc.

Como Cocco (2001) complementa, toda a região da Bacia de Sepetiba, receptor das águas do Valão dos Bois, sofre um crescente processo de ocupação estruturado por interesses alheios a ela.

Conforme Acselrad (2009) analisa, alguns autores chamam atenção para uma dimensão simbólica desses discursos políticos, pois em muitos Estados, esta função política de governar o meio ambiente, resume-se à administração das representações simbólicas da natureza.

[...] da ideia de que haveria espaços de natureza natural a preservar, em oposição a uma natureza ordinária, já submetida a todos os apetites econômicos. A essa dimensão simbólica, da administração de representações de natureza por práticas ambientais de Estado, poderíamos chamar de políticas ambientais “para os ambientalistas” (ACSELRAD, 2009).

Nesse contexto, os atributos ambientais positivos do território favorecem a atração de empreendimentos com atividades muitas vezes conflitantes com a manutenção de um ambiente onde haja sadia qualidade de vida como versa a Constituição da República do Brasil.

1.2.1 Seropédica

O objeto de estudo desta pesquisa, o Valão dos Bois, localiza-se na cidade de Seropédica, município da região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro e que está inserido na região da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba (Figura 1).



Figura 1: Delimitação da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba e os municípios que a integram. Fonte: ANA (2006).

O município que foi criado em 1º de janeiro 1997 em face da Lei Nº 2 446 de 12 de outubro de 1995 que o emancipou do município de Itaguaí. Sua extensão territorial é de 283.794km² e sua população foi estimada, no ano de 2011, em 79.178 mil habitantes segundo IBGE.

Seropédica faz divisa com os municípios de Itaguaí, Nova Iguaçu, Japeri, Queimados e Paracambi, e grande parte de seu território é ocupado por órgãos federais como Universidade Federal Rural do Estado do Rio de Janeiro (30,20 km², 10%), a Floresta Nacional Mário Xavier (4,09 km², 1,4%), Embrapa Agrobiologia (8,26 km², 2,9%) e o Deposito Central de Munição (DCMUN) do Exército Brasileiro (8,15 km², 2,8%), e por áreas de proteção permanentes como faixas marginais e a Serra da Cachoeira (44,16 km², 15,5%).

Seropédica possui clima tropical subúmido⁵ com pouco ou nenhum déficit hídrico e mesotérmico⁶ com calor bem distribuído o ano todo. Tem temperatura média anual na região de 22,7°C e a precipitação anual de 1291,7 mm. (SEMADS, 2001).

Conforme dados do Plano de Desenvolvimento Sustentável da Baía de Sepetiba expressos na Tabela 1, quase 70% das áreas do município são caracterizadas como pasto.

Tabela 1: Caracterização e porcentagens dos usos do solo no município de Seropédica.

Uso	Porcentagem da área do município
Floresta	7,44%
Pastagem	68,76%
Ocupação Urbana	11,57%
Áreas Úmidas	2,02%
Vegetação Secundária	0,33%
Restinga	0,03%
Solo Exposto	5,74%
Reflorestamento	2,95%
Agricultura	1,16%

Fonte: PDS da Baía de Sepetiba.

No âmbito econômico, o município ocupa a 37ª posição no PIB estadual com um fluxo de produção somando R\$ 1.837.123.000 em 2013 e IDH de 0,713 considerado alto. Apresenta pouca autonomia econômica dependendo de duas principais atividades a extração mineral de areia para construção civil e atividades ligadas ao setor de serviços, voltados diretamente à comunidade vinculada às áreas federais supracitadas.

⁵ Caracteriza-se por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C apresentando uma estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação. Esse tipo de clima predomina no nordeste do Espírito Santo, faixa costeira interior da Bahia, Pará, Amapá, oeste de Roraima, partes do Amazonas, Acre, Rondônia, norte do Mato Grosso e noroeste do Maranhão. Fonte: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>> . Acesso em: 20 de abril de 2016.

⁶ Diz-se dos tipos de clima que apresentam as seguintes características: grande amplitude térmica anual e temperaturas médias do mês mais frio entre 6° e 18°. Fonte: <<http://www.dicionarioinformal.com.br/mesotérmico/>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

A principal fonte econômica do município, segundo a prefeitura, é a extração mineral. Dados do DRM-RJ referentes ao ano de 2011, mostram que o distrito areeiro de Seropédica é o principal produtor de areia do estado do Rio de Janeiro produzindo 3.833.314 ton/ano.

Ao final da década de 1960, com o aumento da construção civil na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), o distrito areeiro de Seropédica-Itaguaí tornou-se o principal provedor de areia para a construção civil do estado [...] e suprindo cerca de 70% da areia da RMRJ, o que significa a geração de mais de 300 empregos diretos e dezenas de indiretos (MARQUES et al., 2012).

Esse desempenho, do distrito areeiro, ao longo de décadas transformou a paisagem da região de forma que a área total do espelho d'água formado pelas cavas abertas aumentou de 70 ha em 1988, para 370 ha em 2006 divididas em 80 cavas de extração, compreendendo uma área total de 40 km² e alcançando a profundidade média de 28 m e contando ainda com uma reserva estimada de 540 km³ (considerando todo o distrito areeiro) (Guandu, 2015 e MARQUES *et a.*, 2012).

No âmbito do ordenamento do uso do solo o município conta com dois instrumentos principais o Plano Diretor Participativo⁷ aprovado em 2006 por força do Estatuto da Cidade⁸, no qual dispõe a respeito do uso do território através do mapa de zoneamento, (Figura 2), e com o Código de Obras de Seropédica⁹

⁷ Lei Nº 328 de 03 de dezembro de 2006. Fonte: <<http://seropedica.rj.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/plano-diretor-de-seropedica.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

⁸ Lei Nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Fonte: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

⁹ Lei Municipal Nº 9 de 01 de janeiro de 1997. Fonte: <<http://seropedica.rj.gov.br/wp-content/uploads/2015/04/CLIQUE-E-CONFIRA-O-CÓDIGO-DE-OBRAS-DE-SEROPÉDICA.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

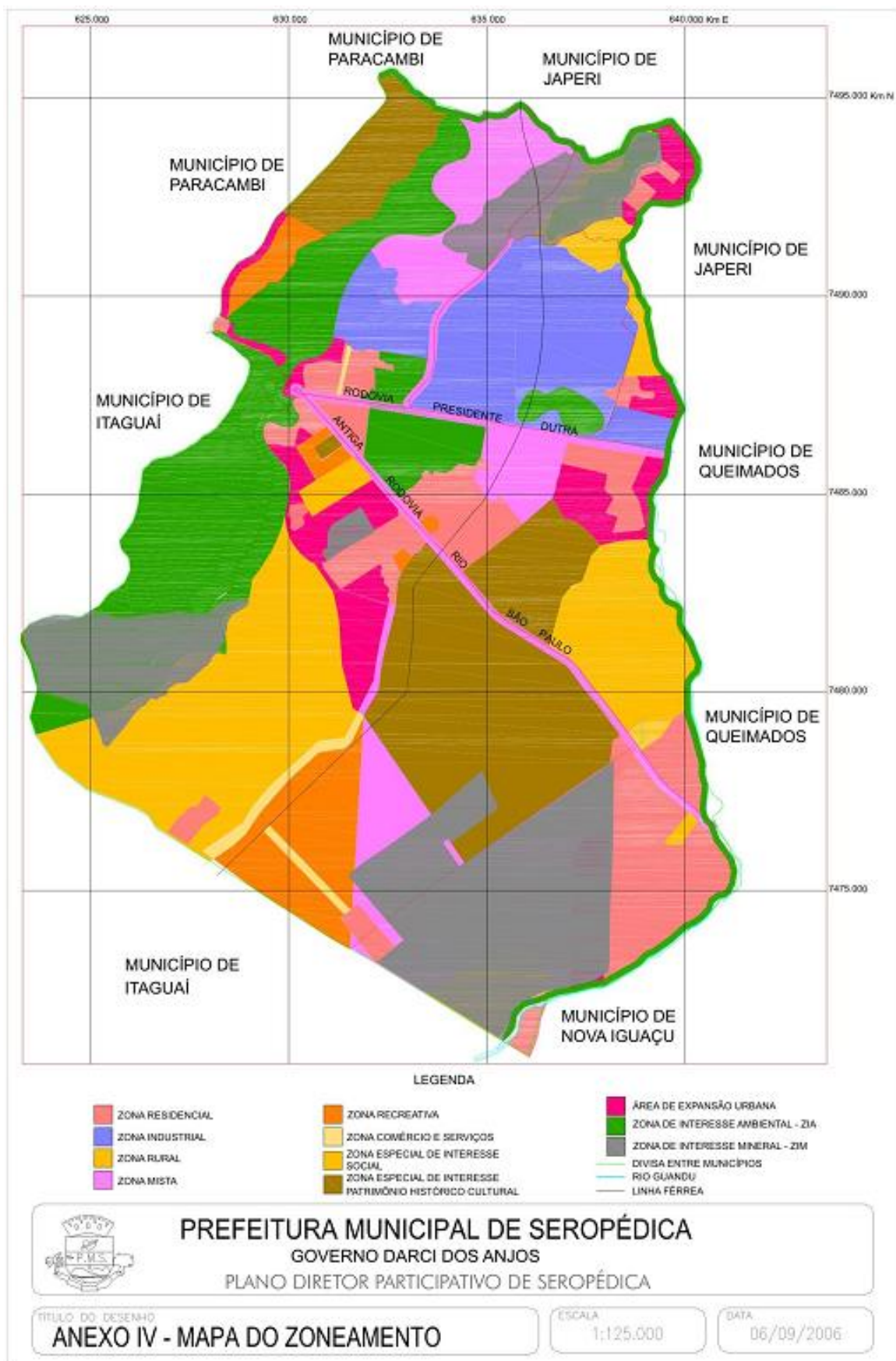


Figura 2: Mapa de Zoneamento do município de Seropédica. Fonte: PDP de Seropédica de 2006.

A partir do início das obras da Rodovia Raphael de Almeida Magalhães BR493 o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro¹⁰ em junho de 2008, o município ganhou grande visibilidade regional se consolidando como área estratégica para vários setores da indústria e serviços, notadamente os ligados ao escoamento da produção do COMPERJ¹¹ e ao Porto de Itaguaí, conforme a Figura 3.



Figura 3: Reportagem do jornal ODIA. Disponível em: <http://odia.ig.com.br/odiaestado/2014-09-08/seropedica-atrai-grandes-industrias-e-abre-vagas.html>.

Tal visibilidade se justifica uma vez que dos 145 km totais da rodovia que corta oito municípios, 23 km estão no território de Seropédica.

¹⁰ Rodovia Raphael de Almeida Magalhães BR493, inaugurada em 1º de julho de 2014 construída no entorno da região metropolitana do Rio de Janeiro, ligando as cidades de Itaboraí, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri, Seropédica e Itaguaí custando R\$ 1,9 bilhão.

¹¹ Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro localizado na cidade de Itaboraí, na região Leste Fluminense, ocupando uma área de 45 km².

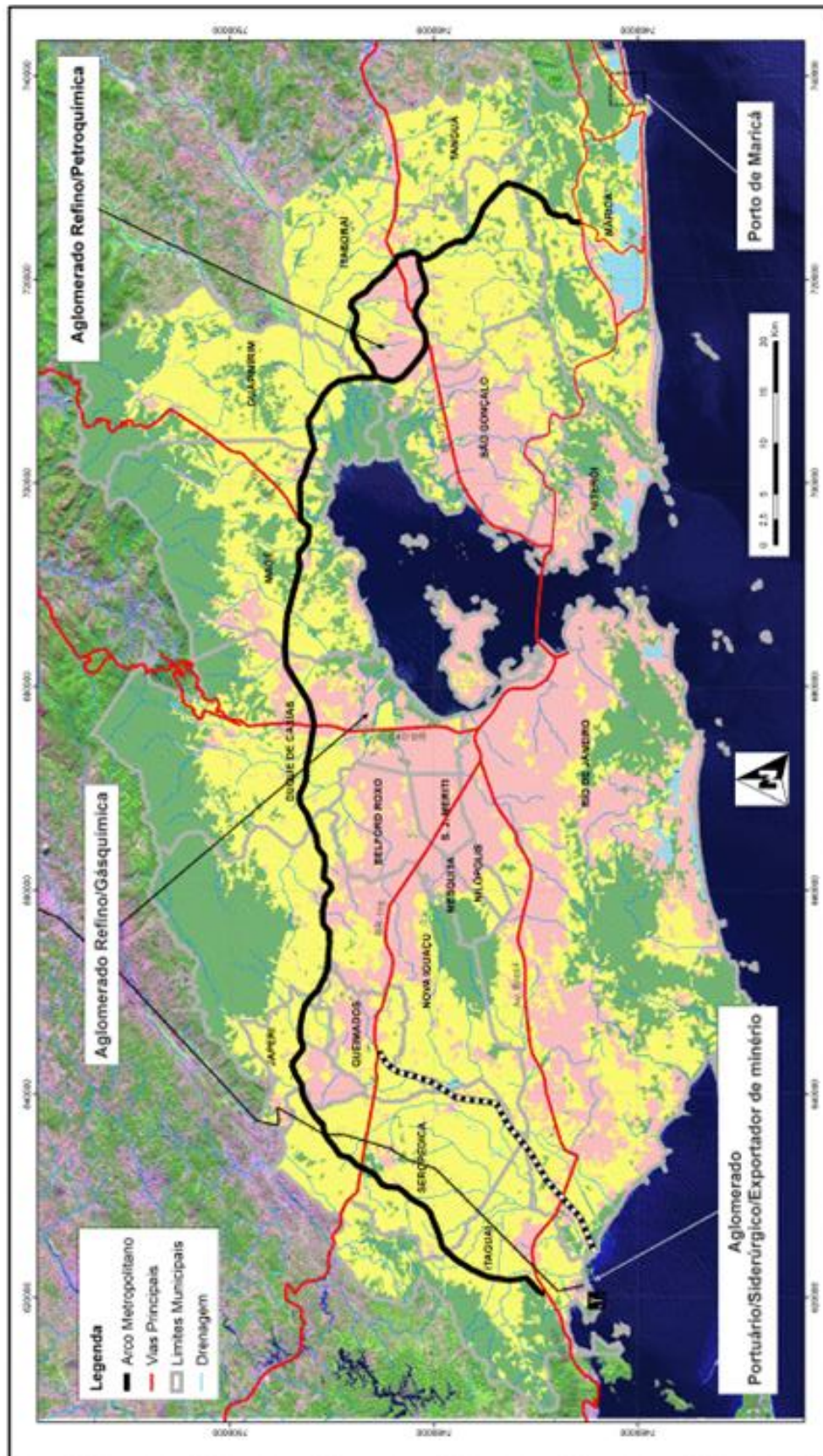


Figura 4: Arco Metropolitano do Rio de Janeiro e grandes aglomerados industriais e logística de transporte na área de influência do porto de Itaguaí. Fonte: GUSMÃO (2012).

O documento "Decisão Rio Investimentos" 2014|2016 elaborado pela Gerência de Competitividade Industrial e Investimentos da FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro) apresenta o mapeamento de todos os projetos anunciados para o estado do Rio de Janeiro entre 2014 e 2016, bem como potenciais investimentos, como a construção do trem-bala (Figura 5).

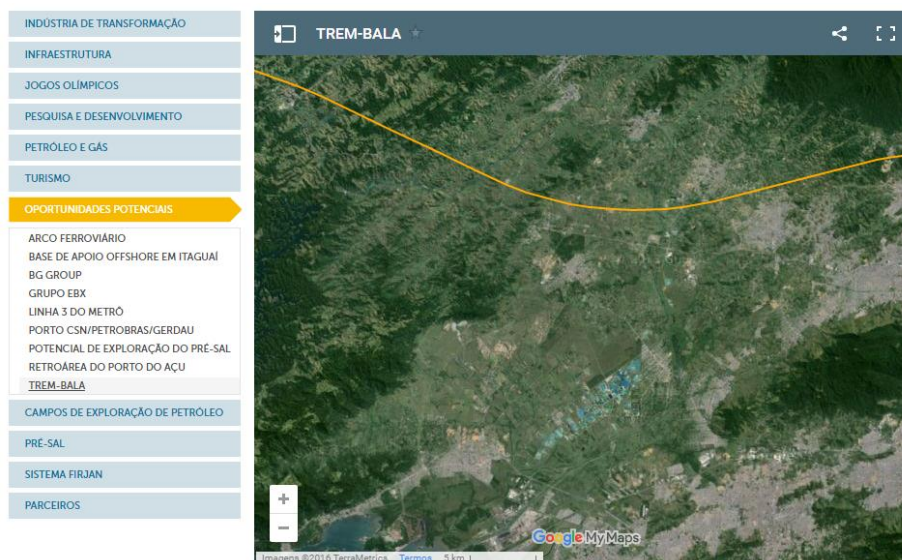


Figura 5: Mapa digital online de oportunidades potenciais no estado do Rio de Janeiro elaborado pela FIRJAN, zoom no município de Seropédica mostrando o trajeto do futuro Trem Bala em amarelo. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/decisao-rio.htm#pubAlign>

Como é possível ver a partir da Figura 6, a área no entorno do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro é tida como valiosa para a instalação de parte da cadeia produtiva do setor de petróleo e gás e demais indústrias (Figuras, 8 e 9) que envolve um grande número de empresas nos seguintes segmentos: manutenção industrial, construção e montagem, usinagem e caldeiraria, tecnologia da informação e automação, refrigeração, hidrojateamento, reparos navais, instrumentação industrial, transporte e logística (Figura 6), inspeção e calibração e serviços gerais como alimentação, hospedagem e segurança.



Figura 6: Anuncio de implantação de empreendimento de grande porte no município as margens do Valão dos Bois. Disponível em http://www.noticiasdotrecho.com.br/2014_05_27_archive.html.



Figura 7: Anuncio de instalação de fábrica no município. Disponível em: <<http://tnpetroleo.com.br/noticia/fabricante-de-acos-especiais-instalara-unidade-em-seropedica/>>.



Figura 8: Notícia de previsão de investimentos ao longo do Arco Metropolitano. Disponível em : <http://oglobo.globo.com/economia/area-do-arco-metropolitano-recebera-investimentos-de-r-35-bilhoes-ate-2017-14950702>.



Figura 9: Reportagem com anuncio de instalação de fábrica no município. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/brf-anuncia-nova-fabrica-em-seropedica-para-2016-17951393>.

Essa recomendação se repete no documento "Visões de Futuro Potencialidades e desafios para o Estado do Rio de Janeiro nos próximos 15 anos"¹², também elaborado também pela FIRJAN, asseverando as oportunidades e potencialidades econômicas dos municípios do estado de acordo com suas características locais.

¹² Publicado em 2014 e disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/visoes-de-futuro.htm>>

Esse grande processo de expansão, almejado pela administração municipal, ainda encontra-se incipiente por vários motivos dentre os quais podemos citar que: dos 284 km² da cidade, 80% deste território pertence à Fazenda Nacional de Santa Cruz, outras áreas são foreiras¹³, e outras são terras públicas. Há ainda o fato de que só nas áreas urbanas do município, cerca de 10 mil propriedades precisam ser regularizadas (GLÓRIA, 2016).

A maioria dos moradores de Seropédica não possui o título de propriedade da terra, a compra e venda dessas terras se dá mediante um documento particular de promessa de compra e venda, esta situação tem barrado o mercado imobiliário de se expandir para áreas internas, promovendo concentração e intensa valorização das áreas centrais consolidadas. Com a fragilidade jurídica dessas localidades, empresas que desejam se instalar no local são impedidas e os proprietários não podem oferecer os imóveis como garantia para conseguir financiamento bancário ou investir em projetos agropecuários (GLÓRIA, 2016).

Exemplos recentes de intervenções no território municipal parecem indicar o cenário apontado na mídia mas também a falta de planejamento de seus gestores. Como exemplo podemos citar a execução do programa "Bairro Novo" do Governo do Estado do Rio de Janeiro em 2014, que apesar de pavimentar um grande número de ruas no município implantou um sistema de coleta de esgoto do tipo único, misturando os esgotos domésticos e as águas pluviais dos bairros atendidos e os lançando nos córregos e canais de drenagem que permeiam e drenam toda a área urbanizada do município. Esses canais de drenagem frequentemente transbordam e levam os esgotos de volta as casas dos moradores. Na eventualidade da instalação de uma estação de tratamento de esgotos, toda a rede de esgotamento deverá ser refeita para que haja uma separação entre esgoto e drenagem pluvial, uma vez que o tratamento de redes únicas tem baixo custo benefício.

Outra intervenção recente foi a inauguração da fábrica da P&G (Figura 31), porem em uma área designada como zona mista no PDP¹⁴ de Seropédica aprovado em 2006. Neste plano as zonas mistas do município só poderiam receber empreendimentos industriais de pequeno porte, porém, esta limitação foi alterada pela Lei 409 de 2011 para a retirada da expressão "pequeno porte", resultando na instalação da fábrica supracitada que ocupa uma área de 377,000 m² (37,7 ha) 3,6% de toda zona mista que a abarca.

¹³ Foreiro ou enfiteuta é aquele que recebe do aforador (em geral a União ou Município) o direito a uso e gozo sobre o imóvel. Terrenos de Marinha são casos bem conhecidos de objeto de enfiteuse.

¹⁴ Plano Diretor Participativo de Seropédica, Lei Nº 328 de 03 de dezembro de 2006.



Figura 10: Reportagem anunciando a inauguração da fábrica da P&G em Seropédica. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/negocios/pg-inaugura-fabrica-de-cremes-dentais-em-seropedica-16975372>.

Esse cenário de desenvolvimento que se delineia através dos discursos e expectativas dos administradores municipais traz consigo possíveis ônus para os quais é preciso planejamento e construção de ferramentas e canais de participação popular para contribuição nas decisões que lhes competem.

A taxa de crescimento do município de acordo com o IBGE, para os períodos recentes encontra-se em ascensão dentro do contexto regional de desenvolvimento conforme a Tabela 2. Porém, segundo o Plano de Desenvolvimento Sustentável da Baía de Sepetiba finalizado em 2014 a taxa de crescimento para cidade de Seropédica deve ser maior nos próximos anos.

Tabela 2: Taxas de crescimento populacional para o município de Seropédica entre 2000 a 2010.

Ano	População (hab)		Total (%)
	Urbana (%)	Rural (%)	
2000-2007	4,44	-6,64	1,51
2007-2010	2,86	1,24	2,56

Fonte: Nova CEDAE (2015).

Segundo o relatório do Projeto de Saneamento Básico para a cidade de Seropédica elaborado a pedido da Nova CEDAE em 2015, a taxa de crescimento da população utilizada para os cálculos de demanda de consumo de água é de 4,55 % ao ano. Segundo o relatório, assumiu-se esta taxa de crescimento na expectativa de que o município experimente o mesmo processo de crescimento verificado no município de Macaé no período de 2000 a 2010. Assim, o relatório justifica esta previsão devido à expectativa de instalação de um grande número de grandes empreendimentos atraídos pelas vantagens de localização propiciadas pelo Arco Metropolitano e do Porto de Itaguaí.

Com isso, as projeções para o aumento populacional do município preveem a duplicação da população atual em apenas 14 anos conforme a Tabela 3 abaixo.

Tabela 3: Estimativa de crescimento populacional utilizada como base para projeto de infraestrutura em Seropédica. (Continua.)

População estimada 2020	População estimada 2025	População estimada 2030	População estimada 2035	População estimada 2040

128,483	153,646	186,742	227,283	280,904
---------	---------	---------	---------	---------

Fonte: Nova CEDAE (2015).

Neste contexto, a pouca autonomia econômica do município tem feito com que os gestores municipais concentrem seus esforços em divulgar o território como aberto a todo e qualquer empreendimento industrial, não considerando as fragilidades do ambiente. Enquanto para a população a intenção dos gestores municipais, amplamente divulgada, seria a implantação de uma política de desenvolvimento voltada para a sustentabilidade ambiental como visto na Figura 11.



Figura 11: Slogan do município em seu *website*.

1.3 Águas Urbanas

Atualmente, nas cidades brasileiras, às águas pluviais, de forma geral, são atribuídos aspectos negativos, associados quase sempre à poluição, doenças, odores, entre outros. Os rios urbanos quando visíveis ou percebidos em meio às construções, em tempos de chuva, são tidos como responsáveis pelas enchentes, e causadores de transtornos à população.

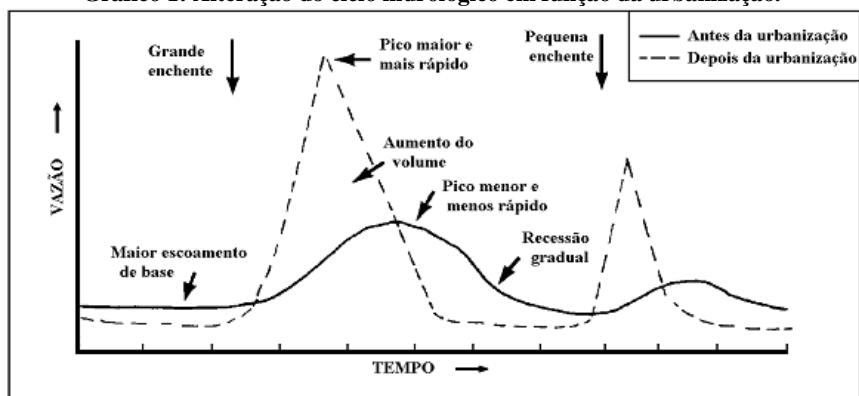
A evolução da urbanização foi conseguindo eclipsá-los e anular sua importância, restringindo sua presença quase apenas aos sintomas perturbadores, ou seja: mau cheiro, obstáculo a circulação e ameaça de inundações. Chega a parecer que a situação “cidades invadindo as águas, e águas invadindo as cidades” se generalizou como irreversível, inerente ao desenvolvimento (GORSKI, 2010).

O modelo de urbanização brasileiro tem contribuído para esse quadro em vários aspectos. TUCCI (1999), destaca dois principais processos geradores de enchentes, sendo o primeiro relacionado ao aumento da urbanização com zoneamentos municipais sem planejamento, alto índice de impermeabilização do solo e retificação dos canais de drenagem.

A constante redução de infiltração no solo inviabiliza sistemas de drenagem existentes além de tornar mais caro as redes futuras segundo Giudice e Mendes (2013). TUCCI (1999), mostra que a medida que aumenta-se a taxa de urbanização ocorre aumento das vazões máximas em até 7 vezes.

O Gráfico1 apresentado um gráfico do aumento da produção de sedimentos e a deterioração da qualidade da água em função do aumento dos níveis do estilo atual de urbanização do solo.

Gráfico 1: Alteração do ciclo hidrológico em função da urbanização.



Fonte: TUCCI (1999).

O modelo de urbanização atual também contribui para as enchentes ao favorecer uma urbanização espalhada, lançando os moradores para mais longe das áreas centrais antigas, em sua maioria localizadas perto dos rios, impermeabilizando regiões a montante, fazendo com que o fluxo de água a jusante (nas áreas antigas e centrais) seja maior e mais concentrado. Para Gorski (2010) tal situação modificou seriamente as relações do cidadão com os rios pois:

No Brasil, de modo geral, a relação harmoniosa de encontro da população com o rio ocorreu até metade do século XX, quando, então, ampliaram-se os conflitos entre desenvolvimento, sociedade e meio físico. E a poluição e a dificuldade de acesso às áreas ribeirinhas foram expulsando para longe das várzeas a prática de esportes e lazer (GORSKI, 2010).

Em contraposição ao modelo de urbanização espalhada, Richards (2013) mostra que a questão da densidade no processo de urbanização tem impacto direto no manejo das águas urbanas, pois a medida que a densidade aumenta, diminuem-se as áreas de captação pluvial por habitante, por mais que estas sejam impermeabilizadas como mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Redução do escoamento pluvial relativo ao aumento da densidade urbana.

Cenário	Área do terreno (m ²)	Cobertura impermeável (%)	Escoamento superficial da água da chuva (m ³ /ano)	Escoamento superficial da água da chuva por unidade (m ³ /ano)	Economia de uma casa por terreno de escoamento superficial por unidade (%)
Uma casa/ terreno	4000	20	530	530	0
Quatro casas/ terreno	4000	38	680	176	67
Oito casas/ terreno	4000	65	1.120	140	74

Fonte: RICHARDS (2013).

O segundo processo gerador de enchentes é a prática frequente de ocupação dos leitos maiores¹⁵ dos rios visíveis somente quando das de chuvas extremas. Deve se observar que enchentes são fatos naturais, sendo uma etapa presente no ciclo hidrológico comum em regiões com ou sem ocupação humana (GIUDICE e MENDES, 2013).

Soma-se a isso o fato de que o primeiro processo descrito por Tucci, está relacionado com o segundo, na medida em que quanto mais se impermeabiliza o solo, mais se aumenta o volume de água em direção ao rio, o que desloca a linha de inundação para mais perto das áreas ocupadas conforme mostra a Figura 12.

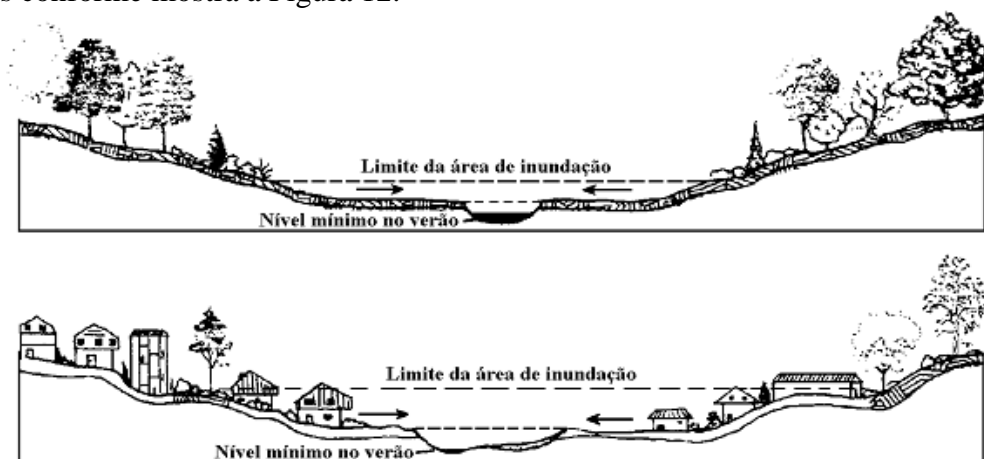
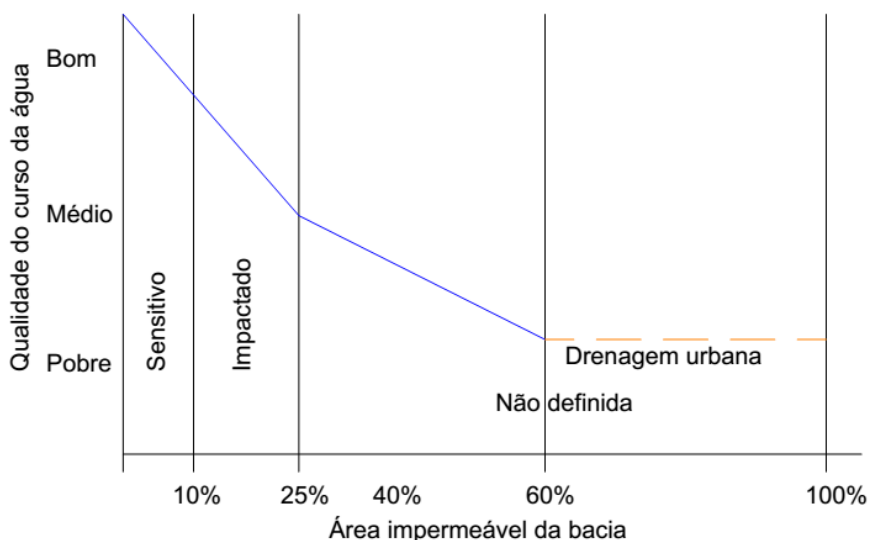


Figura 12: Deslocamento da linha de inundação em função d processo de urbanização. Fonte: TUCCI (1999).

Impactos na qualidade das águas também são provenientes destes processos. TOMAZ (2011) considerando apenas as águas de escoamento superficial geradas por chuvas, aponta a magnitude dos impactos na qualidade do curso d'água decorrentes da urbanização de seu entorno conforme o Gráfico 2.

¹⁵ Ou leito de inundação, é a maior largura que o rio atinge na época das cheias, por inundação das terras ribeirinhas. Fonte: (INEA, 2010).

Gráfico 2: Qualidade dos cursos hídricos em relação a área impermeável em percentual.



Fonte: TOMAZ (2011).

O Gráfico 2 mostra que a partir de 10% de área urbanizada o curso d'água começa a ser degradado, ocorrendo um acentuado declínio quando a área encontra-se entre 10% e 25% urbanizada. Após 25% há uma degradação severa da qualidade do ambiente aquático.

Os processos citados por Tucci (1999), segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), ocorrem no território em razão de as ocupações humanas, não considerarem as limitações do ambiente no qual atua. Isto ocorre por diversos razões, entre elas, razões econômicas.

O imediatismo das ações do homem sobre o meio ambiente se traduz em irracionalidade, que se constitui em verdadeiro traço de comportamento inerente ao próprio sistema socioeconômico, no sentido da maximização da rentabilidade da propriedade (RIGHETTO, MOREIRA e SALES, 2009).

A urbanização desordenada ao desconsiderar as limitações do ambiente que o cerca e alterar seus processos hidrológicos naturais, propicia o surgimento de novos processos (muitos deles danosos) como as inundações e contaminações. Esses processos secundários, em sua maioria danosos, são de difícil resolução sobretudo com a utilização de metodologias tradicionais como canalização de córregos e ampliação da capacidade dos canais. Conforme a Figura 4 resume, as soluções tradicionais para problemas de drenagem geram um ciclo que somente intensifica o escoamento superficial.



Figura 13: Impactos cíclicos da urbanização. Fonte: RIGHETTO, MOREIRA e SALES (2009).

1.4 A Dificuldade da Preservação do Ambiente na Cidade em Desenvolvimento

É notório que a preocupação da população com o meio ambiente tem aumentado. O número de pessoas que não sabiam mencionar um problema ambiental no Brasil, na sua cidade ou no seu bairro em 1992 era de 47% e em 2012 era 11%. O brasileiro em geral tem hoje uma noção mais ampla sobre meio ambiente, conseguindo tecer definições mais sofisticadas a respeito do tema (BRASIL, 2012).

Porém dificilmente a consciência da necessidade de conservação do meio ambiente surge naturalmente da sociedade. Na grande maioria das vezes a ação de conservação e/ou recuperação só é efetivada uma vez que haja forte estímulo sensorio, geralmente visual ou de odor.

[...] ninguém nota a poluição das águas, senão quando a cor delas se altera substancialmente ou elas exibem, em sua superfície, animais mortos ou resíduos sólidos que flutuam. Adota-se, portanto, impropriamente, o critério da percepção visual para se identificar a ocorrência de poluição (MARQUES, 2005).

O maior entendimento dos processos ambientais pela população nos leva a crer que houve também, um aumento significativo do número de pessoas atingidas por processos decorrentes de impactos ambientais conforme Righetto, Moreira e Sales (2009) completam:

A conscientização de integração ambiental do espaço urbano começou a ser sentida a partir dos graves problemas gerados pelo desenvolvimento urbano caótico, em que as obras de infraestrutura voltadas ao saneamento básico somente se realizavam depois de consolidados os graves problemas à saúde pública e à segurança das habitações, patrimônios e vidas humanas. (RIGHETTO, MOREIRA e SALES, 2009)

Nesse contexto Marques (2005) aponta que o processo de urbanização, caracterizado pela concentração de pessoas em um espaço reduzido, força a adoção de práticas antropocêntricas nas relações do homem com o ambiente, uma vez que o interesse do homem se impõe sobre o meio natural historicamente antropizado. Nesse contexto podemos concluir que o tema da preservação ambiental tem sido cada vez mais deslocado do campo teórico para o cotidiano do cidadão comum.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é avaliar o grau de impacto que o modelo de expansão urbana praticado no município de Seropédica – RJ exerce sobre a qualidade das águas do Valão dos Bois, que é um curso d'água cuja bacia hidrográfica abarca a grande maioria das áreas urbanizadas do município.

1.5.2 Objetivos específicos

- Identificar as características morfológicas da bacia hidrográfica do Valão dos Bois;
- Quantificar os índices dos parâmetros de qualidade de água, DBO_{5,20}, DQO, ST e OD ao longo do Valão dos Bois a fim de avaliar sua qualidade tendo como referência os limites estabelecidos na Resolução CONAMA N° 357 de 2005;
- Executar simulações do processo de autodepuração em ambiente computacional, utilizando os dados morfométricos e de vazão do Valão dos Bois a fim de avaliar a influência da ocupação ao longo do canal
- Executar simulações de processos de escoamento superficial e infiltração decorrentes de eventos de precipitação a fim de avaliar a capacidade de escoamento dos canais e quantificar a lixiviação de partículas sólidas para os canais;
- Avaliar o efeito do aumento da impermeabilização do solo nos processos de escoamento superficial infiltração e lixiviação¹⁶ de sedimentos;
- Executar simulações de processos de escoamento superficial, infiltração e lixiviação decorrentes de eventos de precipitação para cenários futuros de expansão das áreas urbanas propondo soluções econômicas para controle e redução dos afluxos excedentes nas áreas residenciais.

1.6 Justificativa

A justificativa para a elaboração deste trabalho reside no fato de que o recente contexto de investimentos em infraestrutura no Estado do Rio de Janeiro tem conferido às características locais do município de Seropédica, uma visibilidade regional repentina e singular.

¹⁶ A “lixiviação” é a extração ou solubilização dos constituintes químicos de uma rocha, mineral, solo, depósito sedimentar e etc. pela ação de um fluido percolante. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/geologia/lixiviação/>>.

Esse novo contexto em que a cidade se encontra, de eminente desenvolvimento econômico, têm servido de argumento principal dos gestores municipais, para a adoção de um modelo de desenvolvimento urbano-industrial que visa atrair empresas e/ou indústrias para seu território.

Cortado por rodovias como a BR465, BR 116 e BR493, próximo de grandes projetos de investimento como o Porto de Itaguaí e a *Thyssenkrupp* Companhia Siderúrgica do Atlântico, o município tem, no entender das instâncias administrativas local, estadual e federal, uma aptidão definida para a utilização de seu território.

A ideologia por traz do modelo de crescimento apropriado pela gestão municipal, parece se enquadrar no fenômeno denominado pensamento único urbano, no que se constitui na adoção de um discurso de marketing da cidade, flexibilização das legislações urbanas e ambientais a fim de acolher empresas em áreas e atividades que não contribuem com a melhora dos padrões socioambientais onde estão instalados. Dos processos oriundos da adoção desta ideologia decorrem os impactos ambientais analisados neste trabalho.

1.7 Estruturação da Dissertação

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma.

A primeira parte consiste na introdução, na qual se apresenta o marco teórico que fundamenta a justificativa do estudo procurando traçar uma relação entre a prática gerencial municipal e a teoria acadêmica. Nas segunda, terceira e quarta partes são apresentadas respectivamente os objetivos geral e específicos, justificativa e uma breve descrição da estrutura da dissertação. A quinta parte estão apresentadas as características da área de estudo, a bacia hidrográfica do Valão dos Bois, seu processo de formação e estado atual, suas sub-bacias hidrográficas urbanizadas, afluentes e a descrição das características regionais de cada ponto de coleta. Na sexta parte encontra-se a fundamentação teórica com a revisão bibliográfica dos temas abordados no estudo, onde se procurou recorrer à índices de metodologias consagradas na literatura acadêmica e à legislação ambiental brasileira. A sétima parte consiste na estruturação metodológica dos procedimentos de análise, enquadramento parcial e modelagem hidrológica com os dados coletados em campo. Na oitava parte temos a descrição dos resultados obtidos nos processos de análise, enquadramento parcial e modelagem dos cenários de ocupação bem como uma breve discussão acerca desses. A sexta parte explicita as principais conclusões obtidas ao longo da execução do estudo.

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Bacia Hidrográfica do Valão dos Bois

A bacia hidrográfica analisada tem como principal corpo hídrico drenante o rio Valão dos Bois mostrado (Figura 14), que recebe contribuição de vários outros canais menores (tributários), cujos principais são o Córrego Águas Lindas e o Valão do China.

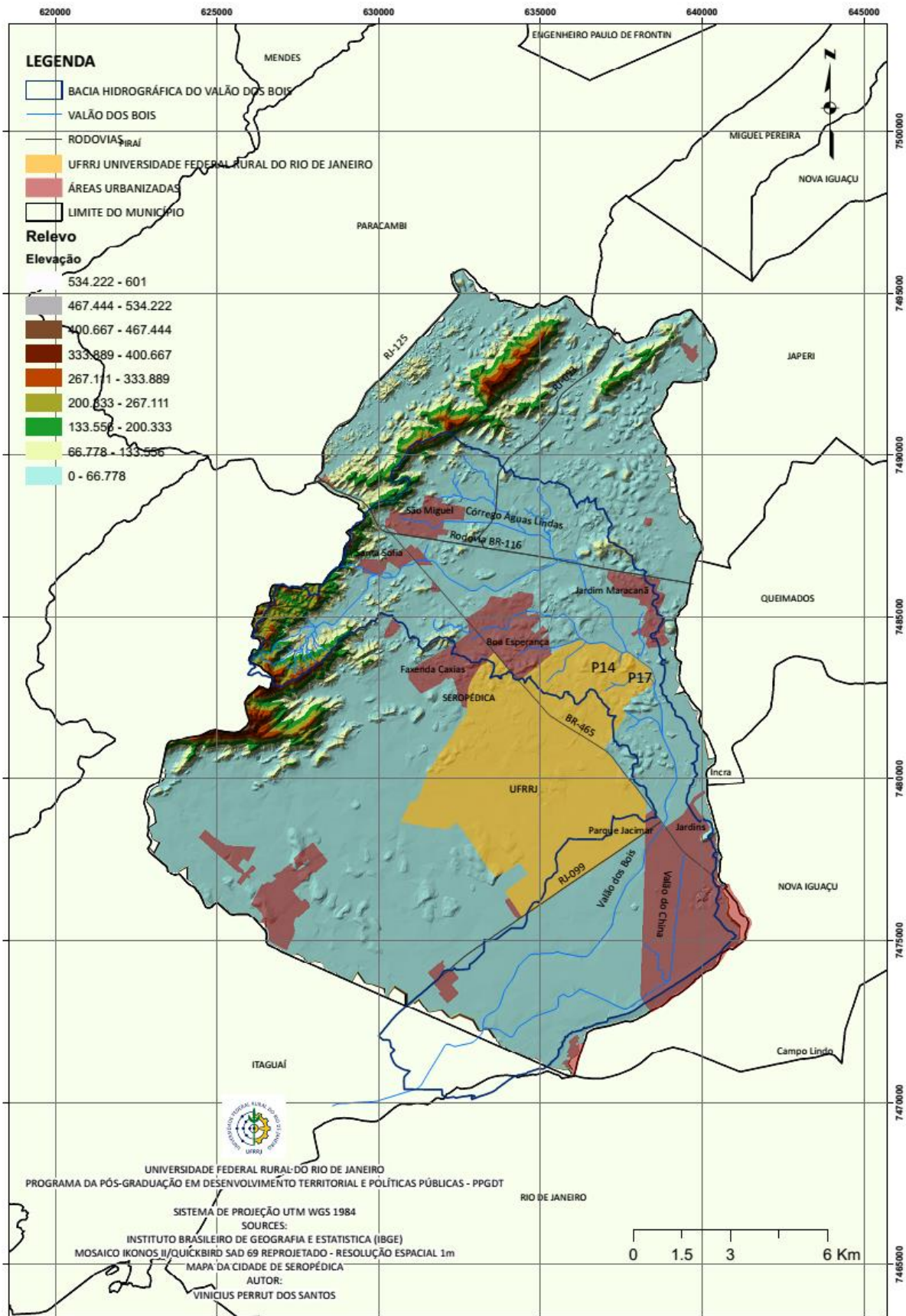


Figura 14: Bacia Hidrográfica do Valão dos Bois e Relevo do município.

O Valão dos Bois nasce na vertente Nordeste da Serra da Cachoeira. Trata-se de um canal com aproximadamente 37 km de extensão e área de drenagem de 114,34 km². Dos seus 37 km de extensão, 32 km encontram-se dentro do município de Seropédica e drenam a grande maioria das áreas urbanizadas do município (SEMADS, 2001).

Segundo ANA (2006) o Valão dos Bois é o principal formador do Rio da Guarda, canal que deságua na Baía de Sepetiba, uma região que tem sua bacia hidrográfica sofrendo ciclos de desenvolvimento desde o século XVI.

Assim, sua vegetação natural, caracterizada anteriormente por florestas, foi gradativamente substituída pela atividade de extração de madeira, estabelecimento de monocultura canavieira e pastagens a partir do século XVI, levando a significativa transformação da paisagem, antes estritamente florestal, para um ambiente misto de culturas e floresta secundária degradada em meados do século XX (ANA, 2006).

Diante de novas conformações do território, que possibilitaram a expansão populacional outras intervenções se fizeram necessárias.

As intervenções significativas nos cursos d'água da região têm início com os Jesuítas, que começaram obras de drenagem e contenção das águas a partir do ano de 1729 (ANA, 2006).

A partir da segunda metade do século 19 inúmeras obras de drenagem foram realizadas nesta região. O Governo Federal através do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), em 6 anos já havia saneado uma área de 1200 km² na bacia do Rio Guandu (ANA, 2006).

No total foram construídos 50 km de diques marginais, 270 km de canais e 620 km de valas em conjunto com obras de ferrovias, rodovias, pontes e redes de transmissão de energia.

Entre 1935 e 1941, o DNOS interviu na bacia, desenvolvendo serviços de grande envergadura, no qual praticamente todos os rios em seus trajetos na baixada, sem exceção, foram desobstruídos, dragados e canalizados, eliminando ou reduzindo significativamente os banhados. (SEMADS, 2001).

Inserida neste contexto de remodelagem das drenagens da baixada fluminense do Rio de Janeiro está a bacia hidrográfica objeto deste estudo que, como muitas nesta região sofre com problemas sócio ambientais como o despejo in natura dos esgotos domésticos, oriundos das principais áreas urbanizadas do município de Seropédica (os núcleos urbanizados concentram 65,188 habitantes, 82% da população) e a degradação do solo em uma área de 40 km² (14% do território do município) em razão da extração de areia, atividade de grande importância para a economia da cidade e para o abastecimento do mercado de construção civil no Rio de Janeiro.

Nos períodos de grande intensidade pluviométrica, diversas cavas de extração de areia lindeiras ao Valão dos Bois acabam recebendo suas águas. Tal situação acarreta prejuízo a qualidade das águas subsuperficiais uma vez que durante o processo de extração de areia as cavas se enchem de água que ascende do lençol freático. Quando as águas do Valão dos Bois, misturadas com esgotos domésticos superam a altura dos diques da região em períodos de muita chuva, estas afluem para as cavas havendo a contaminação das águas do lençol freático abaixo delas. Soma-se a isso as frequentes inundações das áreas residenciais lindeiras ao Valão dos Bois. A população atingível por inundações no município é de 25.552 habitantes.

O Valão dos Bois têm em seu percurso uma vazão média de 2,86 m³/s e encontra-se bastante assoreado em alguns trechos, notadamente a jusante da BR 465, muito em razão da falta de manutenção do seu leito, os aterros das margens, o lançamento de lixo, e nas últimas décadas o lançamento dos rejeito das atividades minerárias (ANA, 2006).

A vazão média de esgoto lançada no Rio da Guarda pelo Valão dos Bois é de 129,3 l/s aproximadamente 50% de sua carga total de efluentes recebidos (ANA, 2006).

O processo de transporte de material particulado como esgotos e solo tem na topografia do canal seu principal fator determinante, desta forma, os modelos que tratam da distribuição das águas nas bacias hidrográficas, requerem dados baseados nas características físicas desta bacia, tais como, limites da bacia e sub-bacias, inclinação, comprimento, largura, forma de declive, orientação das vertentes, características dos planos e dos canais de drenagem (CRISPIM, SOUZA e FORMIGA, 2012).

2.2 Sub-bacias Hidrográficas Urbanizadas

Como já mencionado o regime das águas do Valão dos Bois, quando não há precipitação ou quando a mesma não é significativa, sobretudo nos meses de abril a setembro, tem seu regime hídrico regido pelo afluxo de esgotos domésticos e industriais. Logo, não é toda a bacia do Valão dos Bois que contribui constantemente para o mesmo, mas sim as micro bacias onde há núcleos urbanos ou industriais (Figura 15). Assim as áreas urbanizadas dentro das microbacias apesar de representarem apenas 5% da área impermeabilizada da bacia do Valão dos Bois, contribuem o ano todo com esgotos domésticos e industriais.

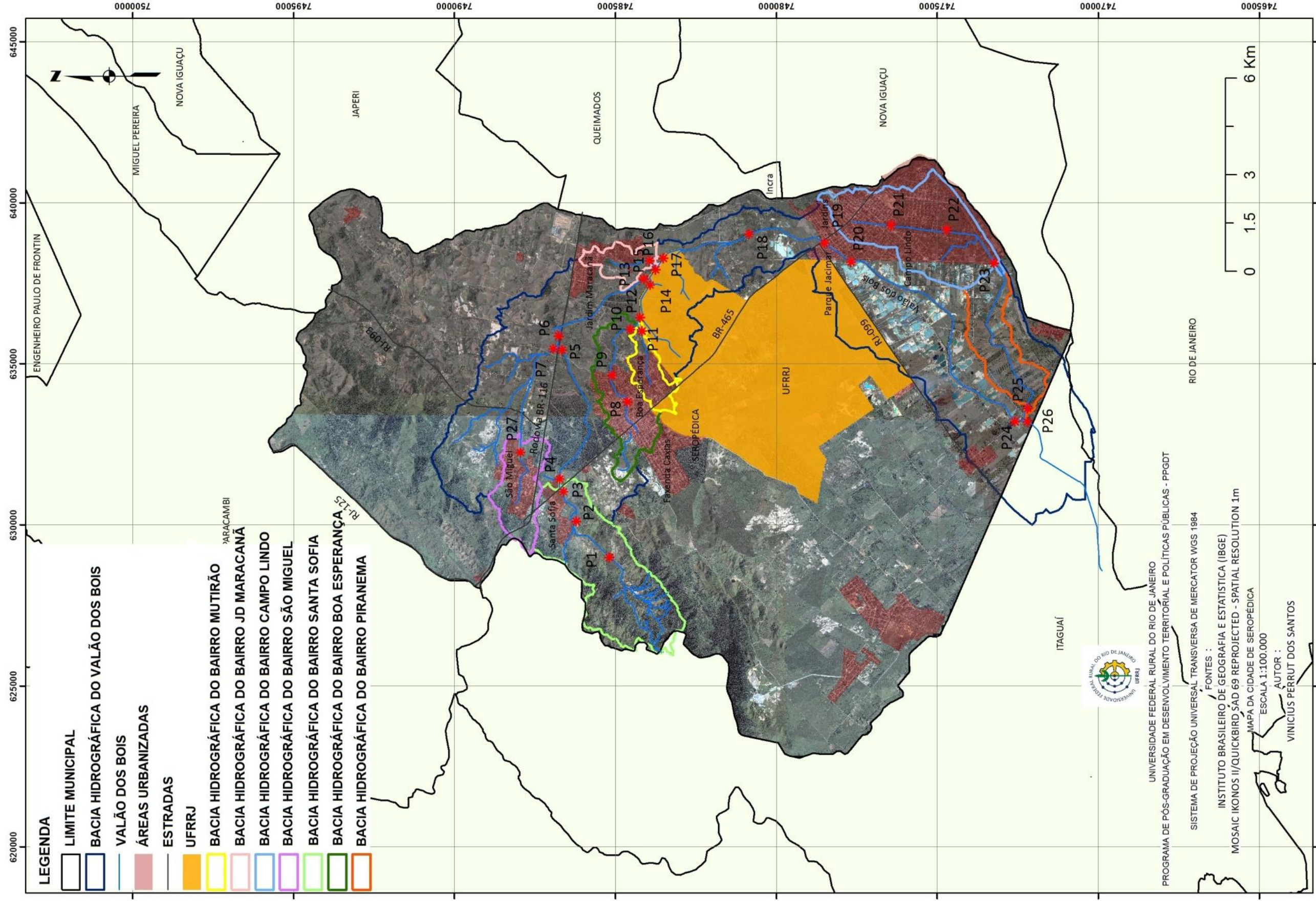


Figura 15: Mapa do município de Seropédica com as principais áreas urbanizadas, as microbacias que as drena e os pontos de coleta de amostras de água.

Diante desta situação o estudo focou-se em analisar essas microbacias bem como os dados provenientes dos exutórios destas e os usos que se faz em seu âmbito.

A sub-bacia do bairro Santa Sofia é a bacia onde tem início o Valão dos Bois. Esse trecho era chamado anteriormente de Valão das Louças e drena uma bacia de 33,50 km². É a bacia com menor densidade populacional com 2,89 habitantes por hectare. É composta de 53% de áreas montanhosas com resquícios de floresta nativa (Figura 16), predomínio de bananais em solo argiloso (Figura 23), e os 47% de área de área restante é plana e caracterizada como pasto em solo argiloso com áreas arenosas e predomínio de pequenas criações de gado. Esta bacia conta com somente 6% de área urbanizada somando 3,436 habitantes.

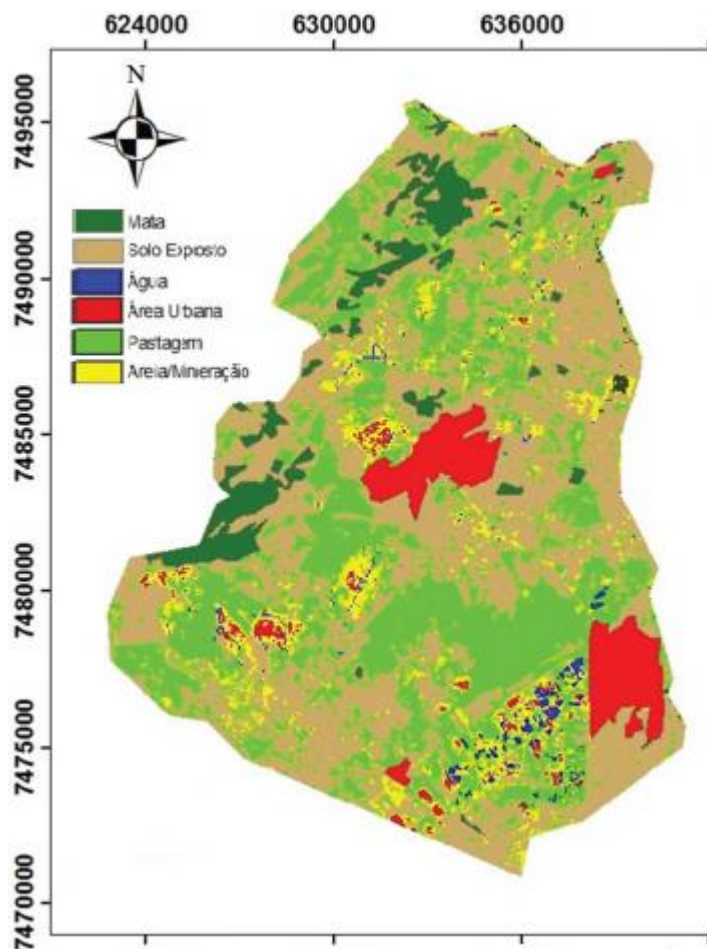


Figura 16: Mapa de uso do solo do município de Seropédica proveniente de classificação supervisionada. Fonte: GASPARINI (2013).

A região desta bacia apresenta baixo índice de ocupações irregulares quanto às margens do Valão dos Bois, uma vez que o bairro Santo Sofia tem características rurais e sua localização é longe do centro comercial do município, e só veio a passar por processos de especulação imobiliária recentemente.

Os moradores desta região têm relações distintas com o Valão dos Bois. Na primeira parte da bacia, quando o canal ainda não passa pela área urbanizada, os usos se alternam entre dessedentação de animais e divisas de propriedades. Nas áreas urbanizadas o uso do Valão se resume ao despejo de esgotos e resíduos sólidos, lixo e animais mortos.

A sub-bacia que escoas as águas do bairro São Miguel tem 11,86 km² e seu curso d'água principal (que drena este bairro) é chamado Córrego Águas Lindas, que tem origem na sua porção montanhosa. Esta bacia apresenta apenas 30% de seu território com declividade considerável, com o restante de área plana e urbanizada com 3,317 habitantes. Caracteriza-se

como uma região estritamente residencial com muitos sítios, mas há também poucas indústrias de pequeno porte.

Também nesta bacia, por motivos similares a anterior, o índice de ocupações irregulares é baixo. Porém ao contrário do que acontece no bairro de Santa Sofia, o Valão dos Bois atravessa o bairro longitudinalmente por entre as quadras residenciais, contribuindo para que o uso do Valão seja o despejo de esgoto por falta de rede coletora.

A sub-bacia que escoas as águas do bairro Boa Esperança também o faz com parte do bairro Fazenda Caxias. É a bacia com maior densidade populacional do município com 22,168 habitantes distribuídos em uma extensão territorial de 5,63 km². É a região onde se encontra o centro administrativo e comercial voltado para a prestação de serviços e moradia temporária para a comunidade acadêmica da UFRRJ. 70% da área desta bacia encontra-se urbanizada sendo o restante áreas coberta por pasto. A relação dos moradores com este curso d'água é extremamente caótica uma vez que a disposição das quadras na topografia acidentada da bacia faz com que o curso d'água atravesse o bairro por dentro dos terrenos (Figura 17).

Soma-se a isso a expansão crescente deste bairro, gerando aumento das áreas impermeabilizadas com influência direta sobre o canal, ocasionando estreitamento de sua seção em vários pontos.

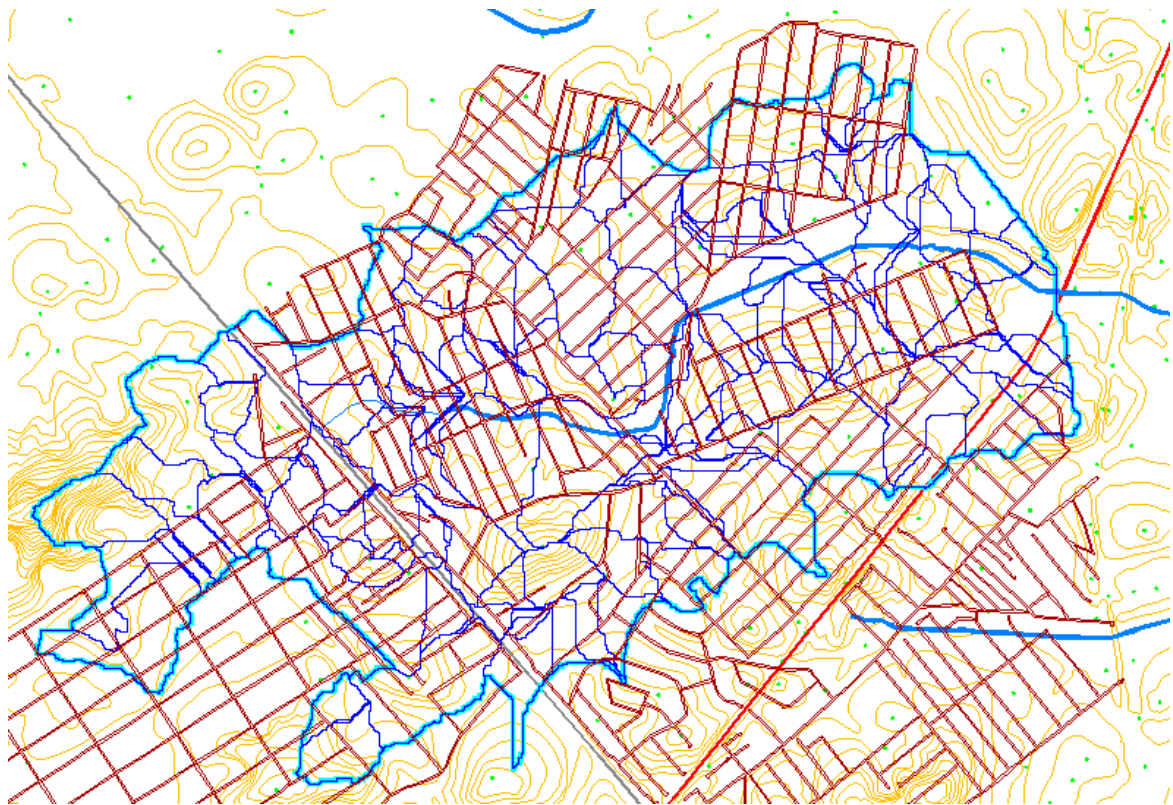


Figura 17: Bairro Boa Esperança com sua bacia hidrográfica em azul.

As Figuras 18 e 19 mostram a mesma região do bairro Boa Esperança e indicam como o canal de drenagem teve suas margens ocupadas. Essa forma de ocupação tem provocado constantes alagamentos em períodos de precipitação intensa (Figuras 20 e 21).

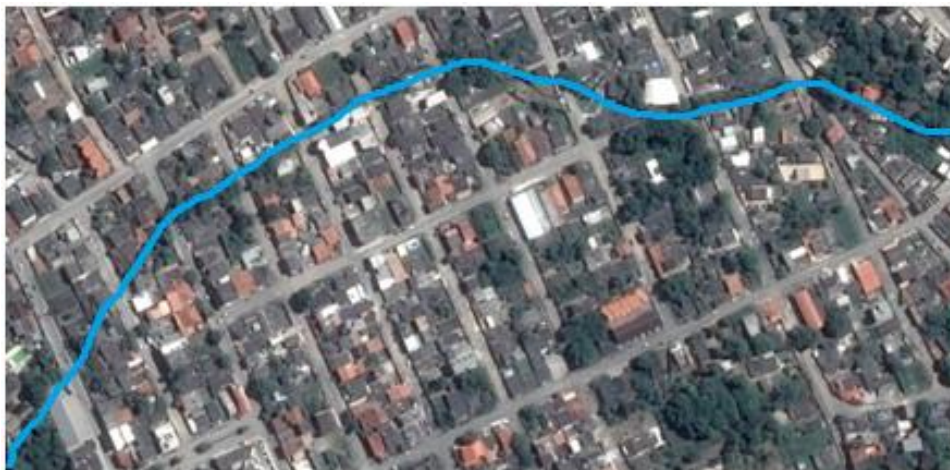


Figura 18: Imagem aérea do bairro Boa Esperança com canal passando por entre as quadras. Fonte: Google Maps.



Figura 19: Imagem da Planta do bairro Boa Esperança com canal entre as quadras. Fonte: Prefeitura de Seropédica.



Figura 20: Rua Cleodon Felix da Silva (vista da Rua do Carmo) transversal ao canal que corta o bairro Boa Esperança alagada. Fonte: acervo do autor.



Figura 21: Rua Parati transversal ao canal que corta o bairro Boa Esperança alagada. Fonte: acervo do autor.

A sub-bacia do bairro Mutirão é uma bacia pequena com 2,01 km² porém populosa com densidade populacional de 16 habitantes/ha, ou seja, 3,174 habitantes. É uma bacia estritamente residencial, voltada em grande parte de condomínios de aluguel para a comunidade acadêmica da UFRRJ como a anterior. O curso d'água principal deságua no mesmo afluente que recebe as águas do bairro Boa Esperança e em seguida vertem para o Valão dos Bois.

Esta bacia como a anterior apresenta alto índice de ocupações irregulares nas margens dos canais de drenagem, com muitas casas próximas e sobre o curso d'água, muito em função de sua população ter baixo poder aquisitivo para adquirir terrenos legalizados e saneados. Com uma área 57% urbanizada a relação de boa parte dos moradores com o canal é caótica tendo o uso resumido ao despejo e condução de esgotos e águas pluviais.

A sub-bacia que escoam as águas do bairro Jardim Maracanã, é a menor das seis com 1,84 km², e a menos populosa com densidade populacional de 4 hab/ha. É a que apresenta a menor taxa de ocupação proporcionalmente com 14% de área urbanizada e o restante de áreas caracterizadas como pasto, com alguma atividade agrícola e criação de gado. É uma região reconhecidamente com vocação rural, e o canal que drena suas águas é afluente direto do Valão dos Bois.

A bacia apresenta um solo predominantemente argiloso com regiões arenosas com boa taxa de infiltração. A relação dos moradores com o canal se dá em diversos níveis. Durante as visitas a campo presenciamos vários tipos de usos como: dessedentação de animais (gado), caça (de animais silvestres que são atraídos pela água), pesca e banho. Ao contrário das outras bacias nesta, há a presença de mata ciliar densa na metade final do canal bem como na região em torno do exutório e pontos adjacentes, possivelmente por ocasião da baixa densidade populacional e da vocação rural do bairro.

Por fim a sub-bacia do bairro Campo Lindo com uma densidade de 30 hab/ha e uma extensão territorial de 10,89 km², é uma bacia com o curso principal drenante altamente impactado dado o recebimento dos esgotos domésticos. Drenando uma região com solo predominantemente arenoso suas águas escoam através do Valão do China e deságuam no Valão dos Bois. Com uma ocupação estritamente residencial e algumas ocupações irregulares, seu primeiro terço recebe o esgoto da maior parte dos habitantes, aproximadamente 10,500 pessoas.

Em seu segundo terço devido a baixa densidade populacional, a não ocupação das margens e a falta de rede coletora que lance o esgoto no canal, valas a céu aberto recebem os esgotos propiciando sua infiltração antes de chegar ao canal Valão do China. Ainda neste trecho, o assoreamento e a grande quantidade de vegetação no leito do canal auxiliam a ocorrência de cheias.

No último trecho da bacia já não há fluxo no canal, tendo seu fluxo anterior infiltrado no solo arenoso. Há nesta bacia uma galeria construída recentemente para saneamento das águas pluviais oriundas do bairro Jardins que historicamente sofria com inundações em decorrência de a BR465 funcionar como um dique dentro da bacia. Contudo, a bacia do bairro Campo Lindo ainda é a área de maior risco de inundação no município.

2.3 Descrição dos Pontos de Coleta

O ponto de coleta P01 (Figura 22) foi escolhido com a intenção de expressar a qualidade das águas escoadas no trecho entre a nascente do Valão dos Bois na Serra da Cachoeira até o primeiro terço do Bairro Santa Sofia. Essas águas são oriundas em sua maioria da Serra da Cachoeira, uma região com alta declividade, vegetação densa e algumas culturas, principalmente banana. A densidade populacional nesta região é muito baixa com apenas 1,4% da população do município. A área de coleta P01 já se apresenta quase plana e com vegetação rasteira caracterizada como pasto. A drenagem da região passa por um solo diversificado (Figura 23) como Cambissolo, Argissolo e Planossolo, sendo o Planossolo com melhores condições de retenção de água em baixas declividades conforme Santos e Zaroni (2016), o que ocorre.

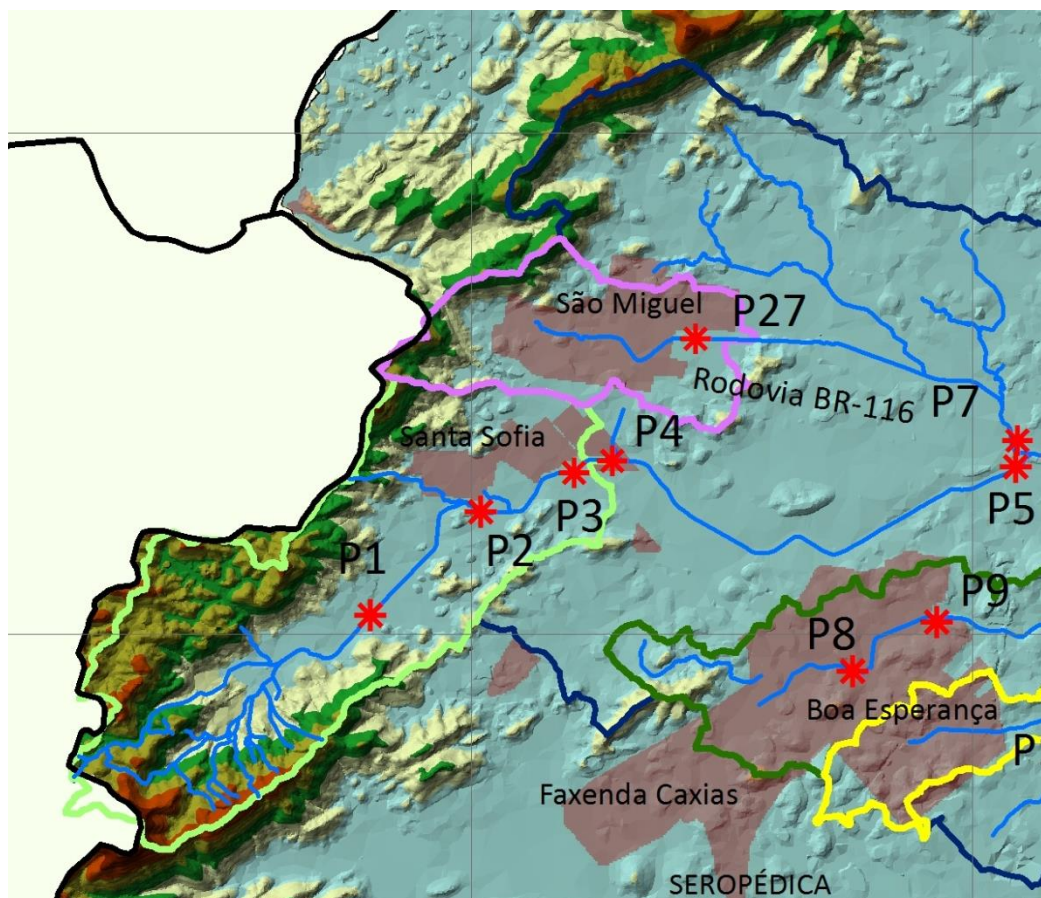


Figura 22: Localização dos pontos de coleta na sub-bacia do bairro Santa Sofia em verde claro.

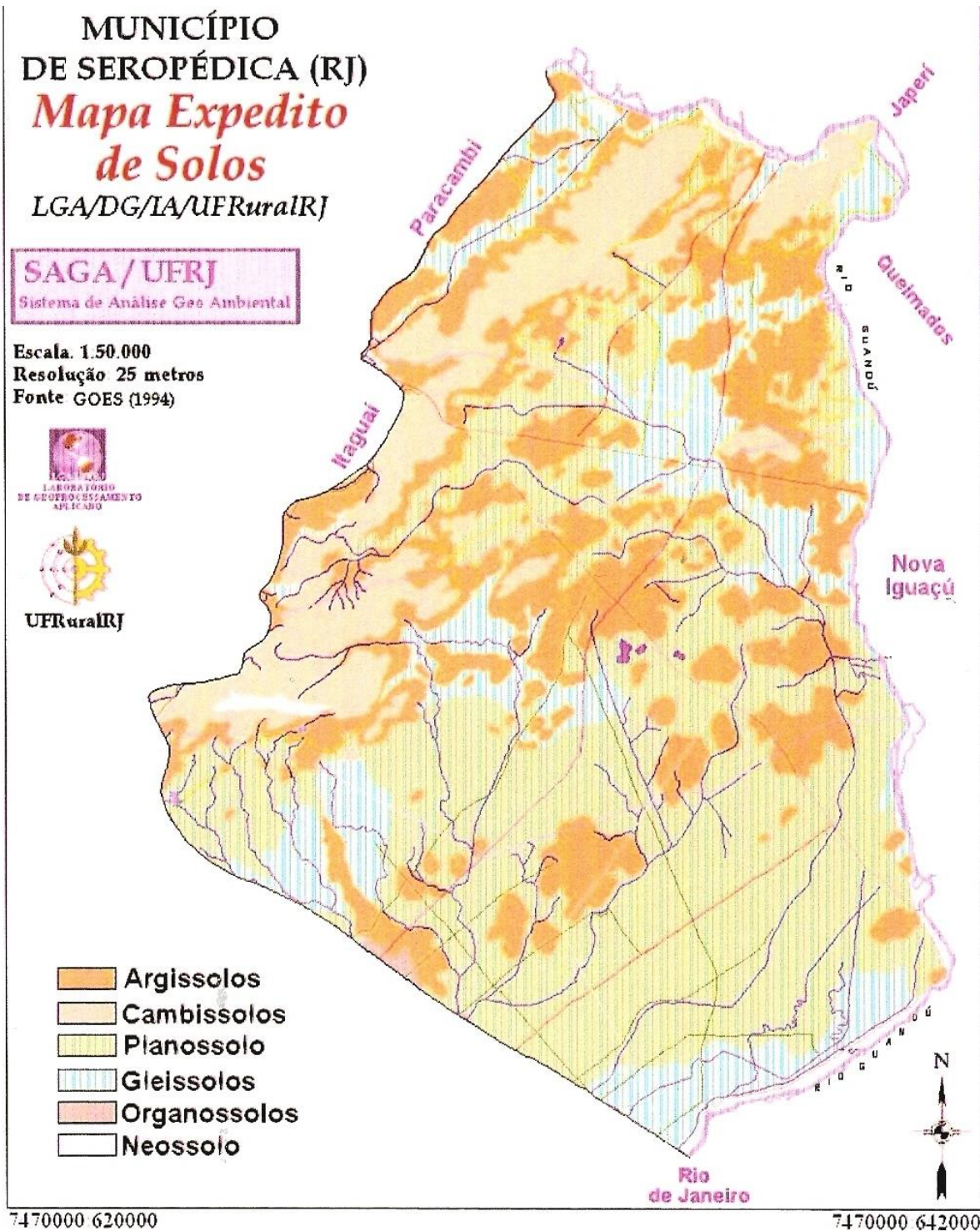


Figura 23: Mapa de solos do município de Seropédica. Fonte: LGA-UFRRJ.

No trecho representado pelo ponto P01, devido à intermitência do curso d'água, a mesma encontrava-se com velocidade e lâmina muito baixas caracterizando-se como água parada, o que também proporcionou elevação da temperatura. Com 11,33 m² de seção o canal se apresenta desde o começo projetado para grandes vazões (Figura 24).

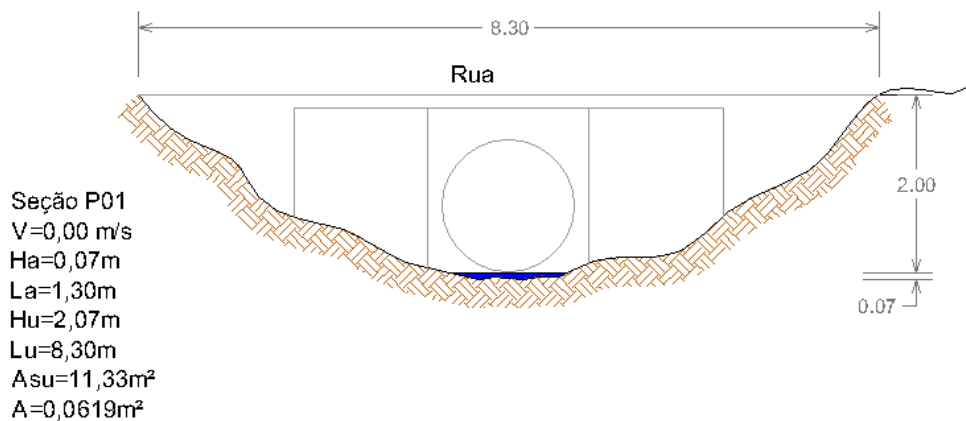


Figura 24: Seção transversal do ponto P01.



Figura 25: Imagem do ponto P01. Fonte: Acervo do autor.

O ponto P02 (Figura 22) foi escolhido por estar logo antes do canal passar pela área urbanizada do bairro Santa Sofia podendo assim quantificar o impacto que esta área provoca no canal. Depois de percorrer 1,78 km por uma área de pasto as águas chegam ao ponto P02 onde recebem uma pequena parte dos esgotos domésticos do bairro bem como resíduos sólidos. A vegetação é predominantemente pasto porem a mata ciliar ao canal é espessa e as águas são claras (Figura 27). Há neste trecho a presença de gado que utiliza a água do valão para dessedentação frequente. Drenando os esgotos de aproximadamente 850 moradores (1,1 %) a vazão ainda é pequena (Figura 26) porem corrente.

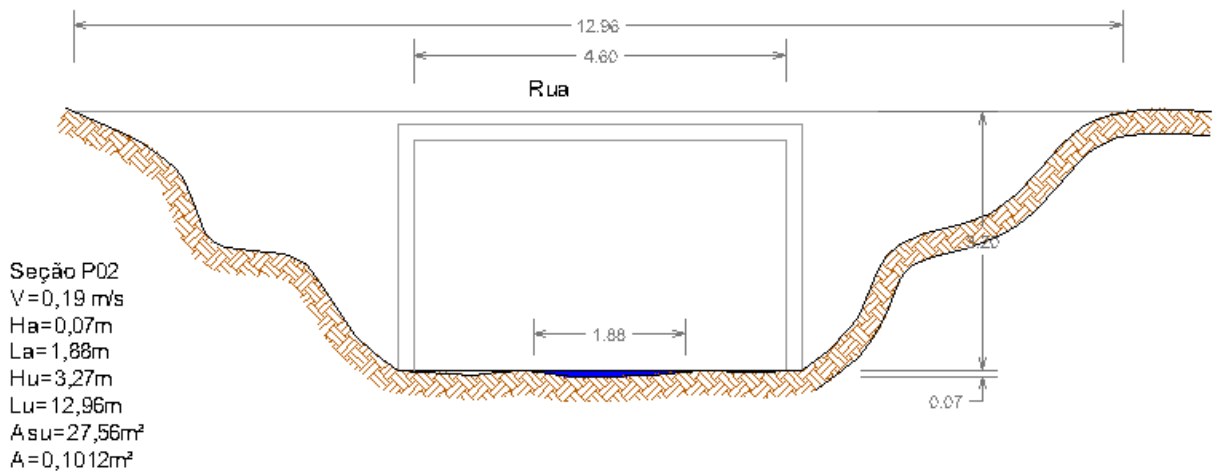


Figura 26: Seção transversal do ponto P02.

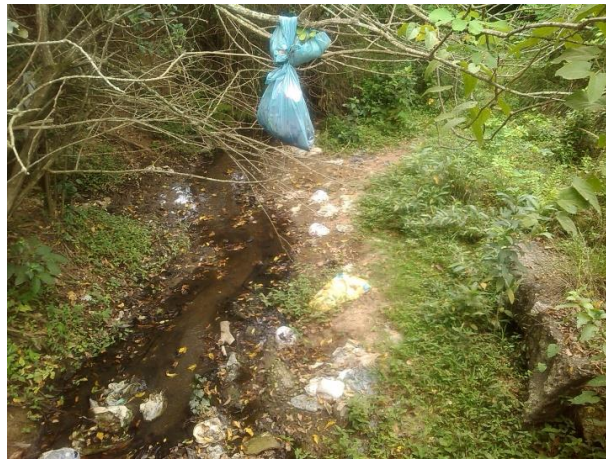


Figura 27: Imagem do ponto P02. Fonte: Acervo do autor.

O ponto P03 (Figura 22) localiza-se no exutório da bacia que drena o bairro Santa Sofia e seus dados foram coletados a fim de expressar a influência dos despejos na qualidade das águas drenadas de todo o bairro. O trecho de 1,16 km tem uma calha com 20,2 m² (Figura 28) e recebe os esgotos de mais 1400 habitantes, áreas comerciais, um posto de gasolina. As águas são escuras e com forte odor.apesar da mata ciliar ser presente e espessa (Figura 29) durante todo este trecho.

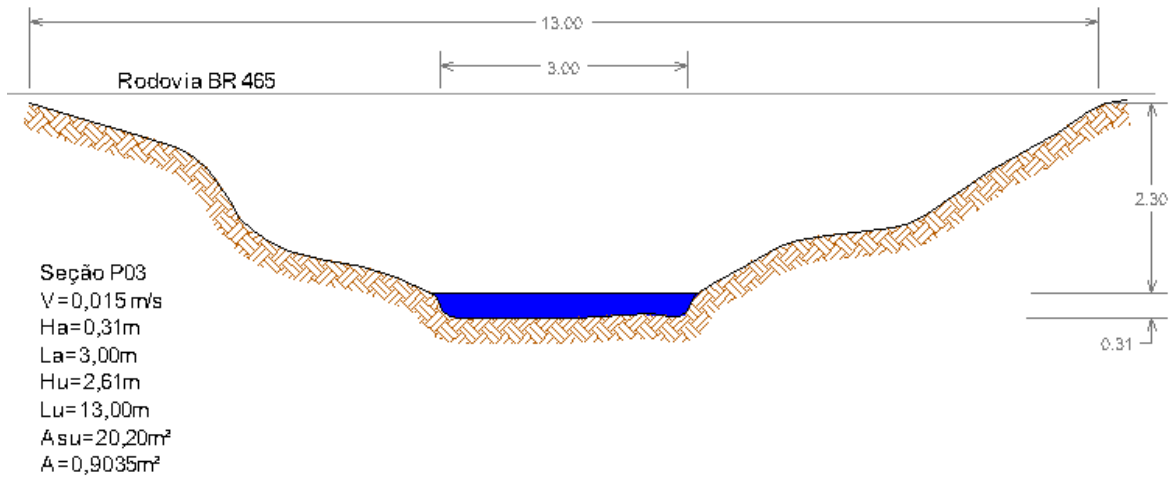


Figura 28: Seção transversal do ponto P03.



Figura 29: Imagem do ponto P03. Fonte: Acervo do autor.

Há apenas 334 m a jusante do ponto P03, o ponto P04 (Figura 22) foi escolhido por se localizar do escoamento oriundo do bairro Santa Sofia, somado ao lançamento de esgotos do loteamento Casinhas. O esgoto de aproximadamente 350 casas é adicionado ao Valão dos Bois e as águas apresentam-se claras (Figura 31), mas com odor forte. Neste trecho há um aumento da seção do canal (Figura 30) e proliferação de capim colônia e o solo se apresenta argiloso (Figura 23).

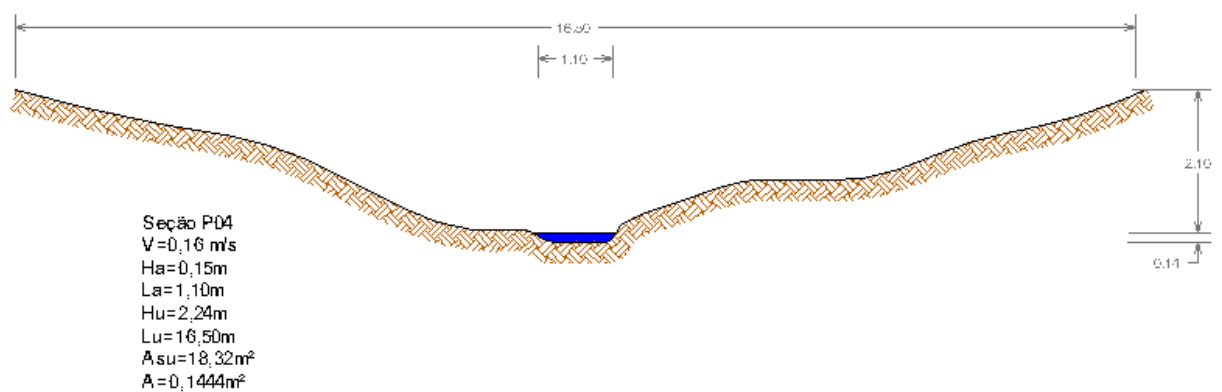


Figura 30: Seção transversal do ponto P04.



Figura 31: Imagem do ponto P04. Fonte: Acervo do autor.

Ao coletar o ponto P05 (Figura32), tentou-se avaliar a qualidade das águas drenadas no trecho de 5 km entre o ponto P04 e este. O trecho tem o solo coberto predominantemente por vegetação densa em sua maior parte correndo dentro da Floresta Nacional Mário Xavier, uma floresta artificial criada para produção de mudas em 1942. O solo no entorno do ponto apresenta-se muito arenoso (Figura 34) e com granulometria elevada. Não há ocupação significativa no entorno do ponto e há o aumento da área da calha (Figura 33).

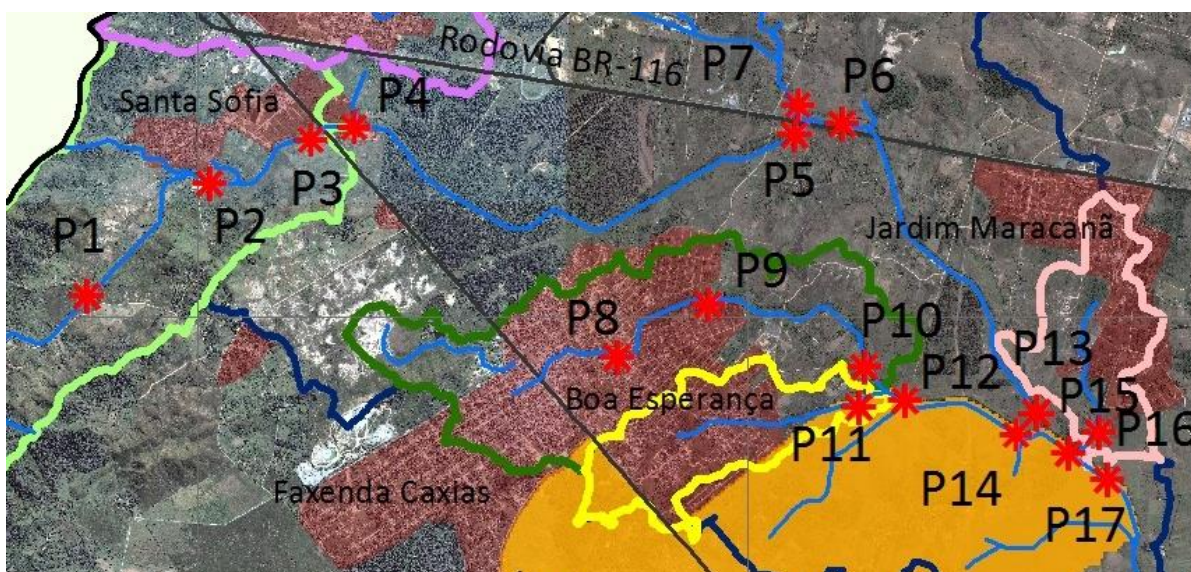


Figura 32: Localização dos pontos de coleta na bacia do bairro Boa Esperança em verde.

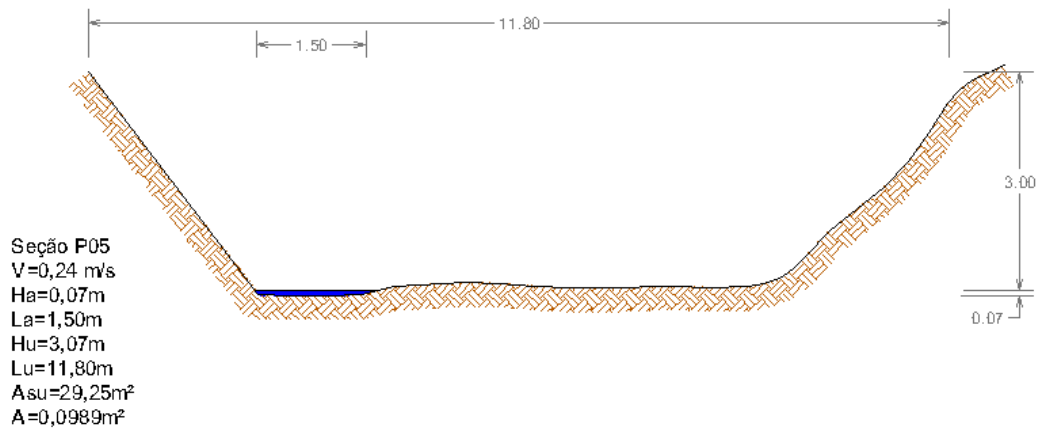


Figura 33: Seção transversal do ponto P05.

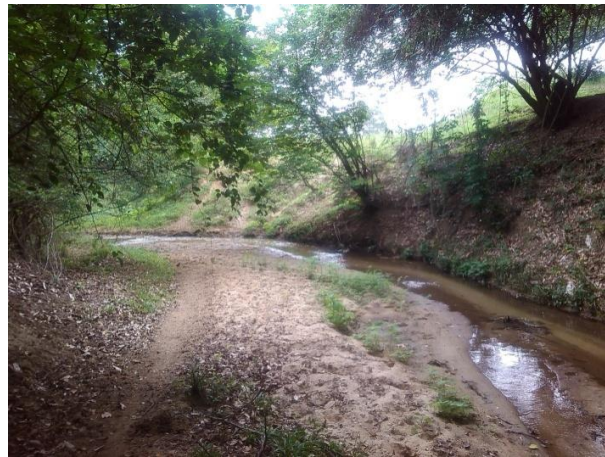


Figura 34: Imagem do ponto P04. Fonte: Acervo do autor.

O ponto P27 (Figura 22) localiza-se no exutório da bacia do bairro São Miguel e foi coletado com o intuito de expressar a qualidade das águas que saem do bairro. O bairro tem densidade baixa com aproximadamente 3.000 habitantes que lançam seus esgotos em um afluente do Valão dos Bois. Esse despejo ao longo de 2 km resulta em um elevado índice de $DBO_{5,20}$ no exutório deste afluente. Com uma predominância de Planossolo em baixada e localizada no sopé de um terreno muito íngreme, esta sub-bacia apresenta solo constantemente úmido. Como esse canal é um tributário do Valão dos Bois sua calha é de apenas $10,7 \text{ m}^2$ (Figura 35).

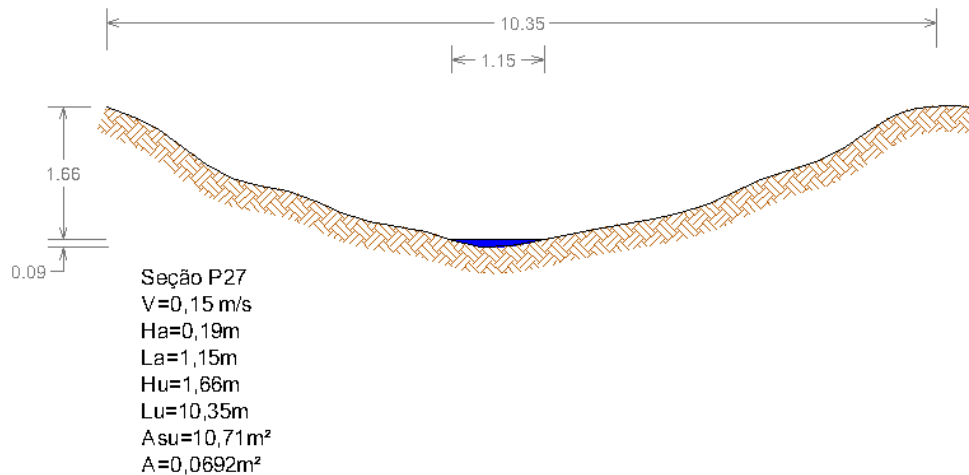


Figura 35: Seção transversal do ponto P27.

Do ponto 27 ao ponto P07 (Figura 32), há o trecho com extensão de 4,07 km sem construções de qualquer tipo, uma vez que o trecho se encontra em uma Zona Industrial do município com grandes vazios de ocupação. A área conta com um número muito reduzido de empresas, sendo a mais significativa a PANCO que despeja suas águas residuais no Córrego Águas Lindas, um canal afluente do Valão dos Bois. O ponto localiza-se em uma região plana e com algum resquício de atividade agrícola, mas predominantemente com atividades industriais. O solo da região é formado por Gleissolo arenoso (Figura 36 e 37) com veios de Planossolo.



Figura 36: Imagem do ponto P07. Fonte: acervo do autor.

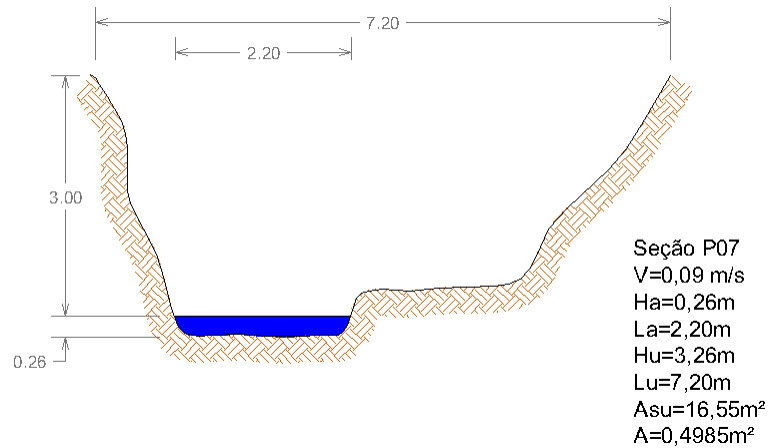


Figura 37: Seção transversal do ponto P07.

A jusante do ponto P07 localiza-se o ponto P06 (Figura 32) que foi escolhido por localizar-se após a confluência de todos os afluentes do Valão dos Bois até este ponto. Essa confluência se dá num terreno extremamente arenoso (Figura 38) em uma região com características rurais. As águas deste ponto são utilizadas para dessedentação de gado. As águas depois de misturadas na confluência apresentam-se claras e sem odor. A seção do canal neste ponto é de 25,34 m² o que indica grandes vazões neste trecho (Figura 39).

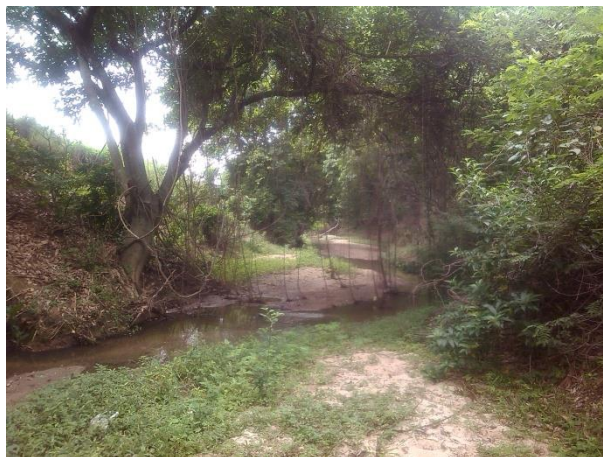


Figura 38: Imagem do ponto P06. Fonte: Acervo do autor.

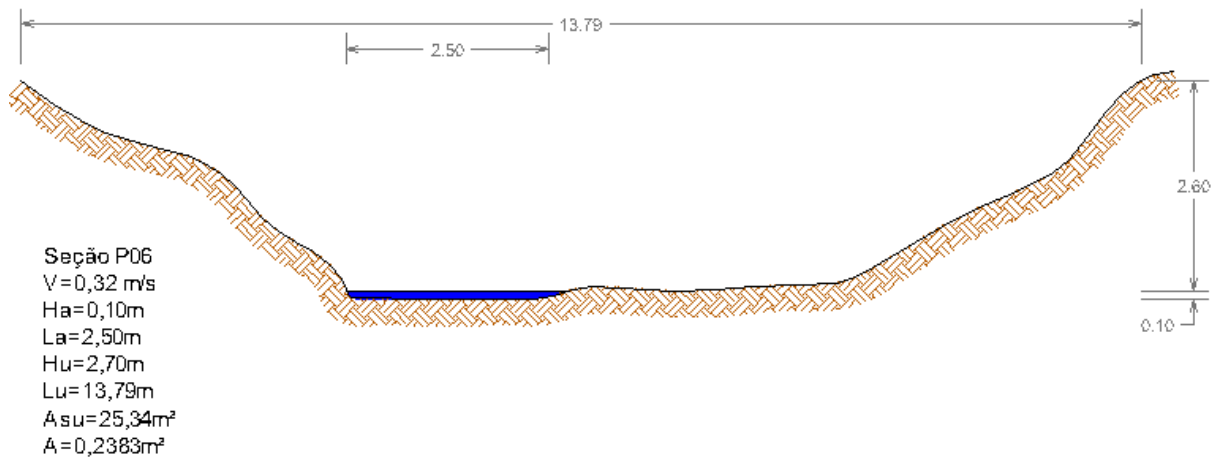


Figura 39: Seção transversal do ponto P06.

Após um longo trecho de 3,77 km águas chegam ao ponto P13 (Figura 32) ainda claras e com menor quantidade de carga orgânica. Este ponto localiza-se nos fundos da área da EMBRAPA e o solo deste trecho deixa de ser arenoso passando a apresentar características de argiloso. A mata ciliar neste trecho é muito densa (Figura 40 e 41) e há a presença de animais silvestres como capivaras ao longo do canal.



Figura 40: Imagem do ponto P13. Fonte: Acervo do autor.

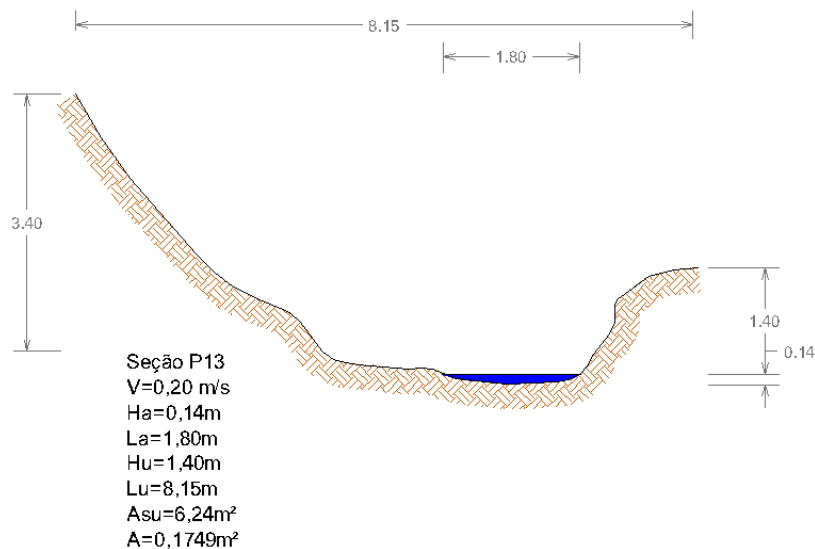


Figura 41: Seção transversal do ponto P13.

No bairro Boa Esperança os dados dos pontos P08 e P09 (Figura 32) indicam alta interferência da ocupação do entorno em seu leito. O solo em sua maioria é argiloso mas ganha novas configurações a medida que passa por dentro das propriedades, onde cada uma recorre a uma solução a fim de impedir que suas águas retornem às residências, como manilhamento e impermeabilização da calha (Figura 42). O alto índice de impermeabilização fornece uma vazão elevada considerando os outros pontos (Figura 43).



Figura 42: Imagem do ponto P08. Fonte: Acervo do autor.

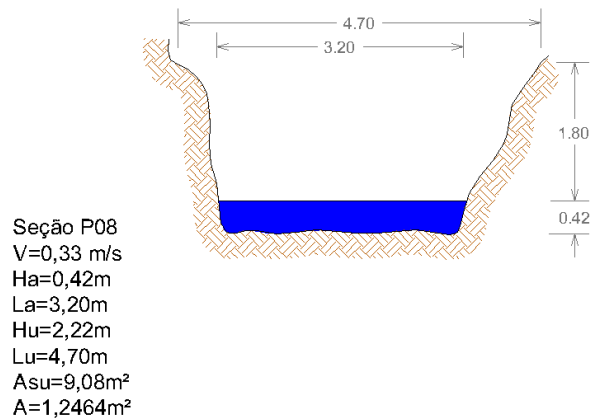


Figura 43: Seção transversal do ponto P08.

No ponto P09 encontramos as mesmas características do ponto P08 pois o afastamento é de apenas 1km. Porém foi suficiente para que o volume acumulado de escoamento destruísse a ponte que havia sobre o canal (Figura 44 e 45), como acontece em alguns pontos da bacia. Este ponto foi escolhido por se localizar no exutório da bacia do bairro Boa Esperança e, seus dados tendem a expressar a intensidade do impacto dos despejos do bairro no Valão dos Bois.



Figura 44: Imagem do ponto P09. Fonte: Acervo do autor.

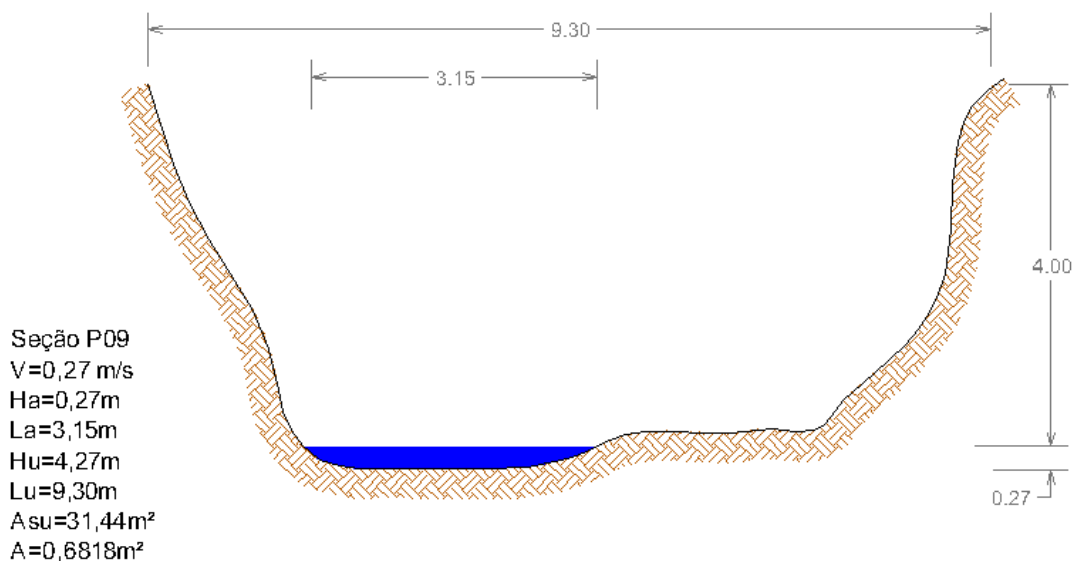


Figura 45: Seção transversal do ponto P09.

A localização dos pontos P10 e P11 (Figura 32) foi escolhida com a intenção de avaliar a qualidade das águas provenientes do bairro Boa Esperança (Ponto 10) e do bairro Mutirão (Ponto 11) logo antes de se unirem. Por estarem prestes a se unir, eles encontram-se muito próximos chegando a compartilhar uma grande calha (Figuras 46 e 47) em uma área sem ocupação com solo bastante argiloso. Porém apesar de não haver ocupação nesta região o resultado dos despejos a montante, concentrados no ponto 10 e 11, confere às águas do canal uma coloração bastante escura e um forte odor. A mata ciliar é bastante espessa e pedregas acusam a presença de capivaras presentes ao longo do trecho.



Figura 46: Imagem da Junção Ponto 10 à esquerda Ponto 11 à direita Ponto 12 a frente. Fonte: acervo do autor.

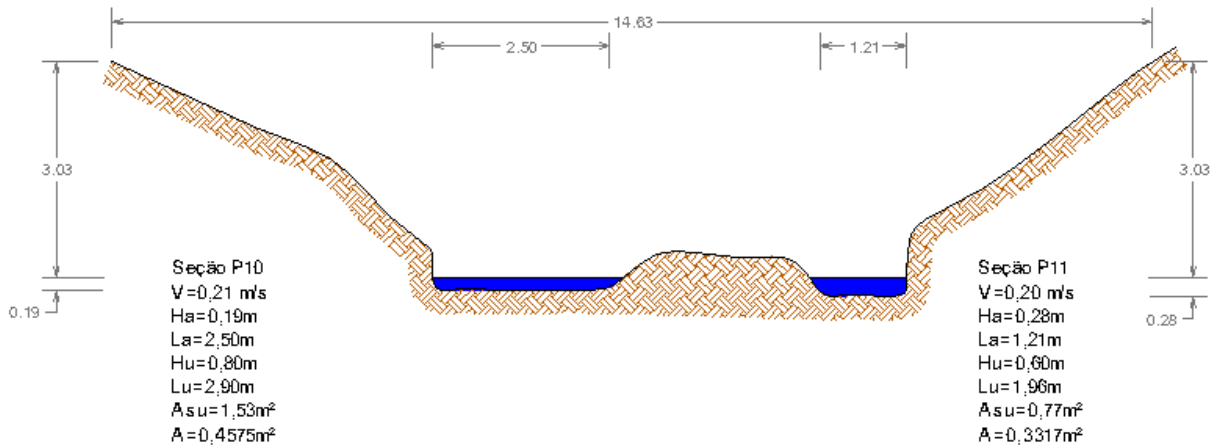


Figura 47: Seção transversal do ponto P10 e P11.

A 1,5 km dos pontos P10 e P11 localiza-se o ponto P14 (Figura 32), no qual não foi constatada uma melhora visual da qualidade da água que tem forte odor (Figura 49). O solo no trecho é argiloso e a mata ciliar espessa com capim colônio e árvores de médio porte, localizando-se em uma região rural sem ocupação.

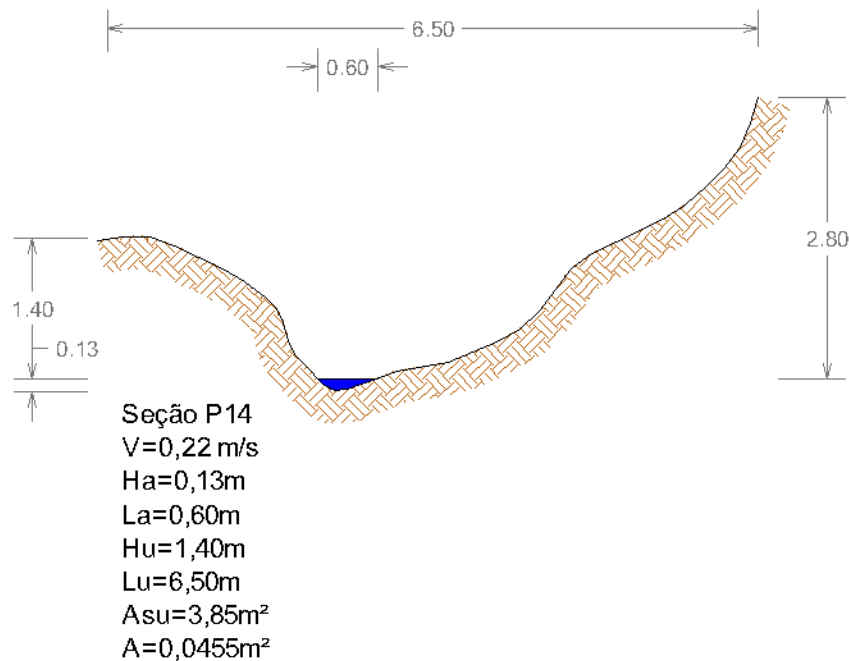


Figura 48: Seção transversal do ponto P14.

Paralelo ao ponto P14, que se encontra em um afluente do Valão dos Bois localiza-se o ponto P13 (este sim no canal principal o Valão dos Bois), como pode ser visto no lado esquerdo da Figura 49, com águas claras. O ponto P14 e P13 foram escolhidos por expressarem a junção do escoamento de uma área com alto índice de ocupação (ponto P14), e uma área com baixo índice de ocupação (ponto P13).

Por essa razão, também foi escolhido a 200m a jusante da junção dos pontos P14 e P13 o ponto P15 (Figura 49), com a intenção de avaliar o resultado da mistura do escoamento de regiões com usos distintos.



Figura 49: Junção dos trechos representados pelos Pontos 13 à esquerda e Ponto 14 à direita e Ponto 15 a frente.
Fonte: acervo do autor.

O ponto P16 está localizado no exutório da bacia que drena o bairro Jardim Maracanã (Figura 32), uma região com uso predominantemente agrícola e solo arenoso coberto em sua maioria por pasto. A pequena ocupação urbana desta sub-bacia se localiza no extremo oposto do exutório, fazendo com que as águas no ponto P16 se mostrem visualmente mais agradáveis e sem odor. Sua calha é pequena por drenar uma bacia pequena (Figura 50).

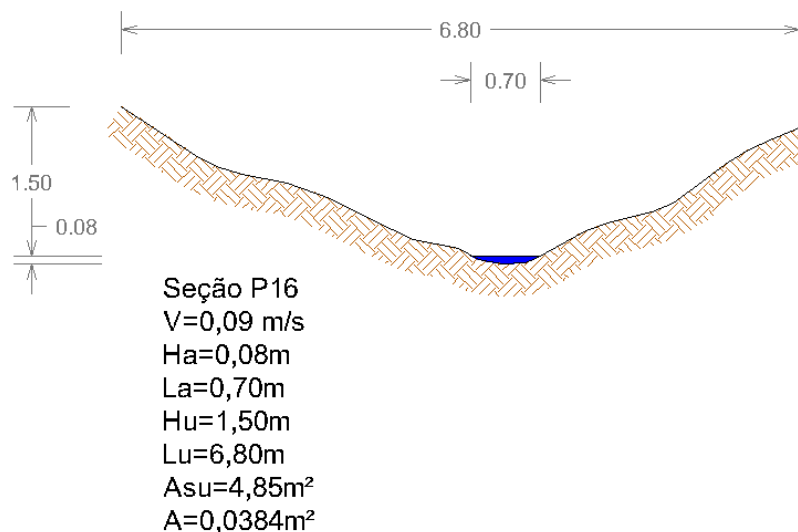


Figura 50: Seção transversal do ponto P16.

O ponto P17 (Figura 32) localiza-se em uma região com características de solo e ocupação similares às do trecho representado pelo ponto P16. O que os difere é que os dados do ponto P17 intencionam avaliar a qualidade das águas, no Valão dos Bois, depois da confluência das águas escoadas do bairro Jardim Maracanã com as águas de todos os outros bairros a montante. Suas águas são turvas e a calha do canal aumenta em comparação com o trecho anterior (Figuras 51 e 52).



Figura 51: Imagem do ponto P17. Fonte: Acervo do autor.

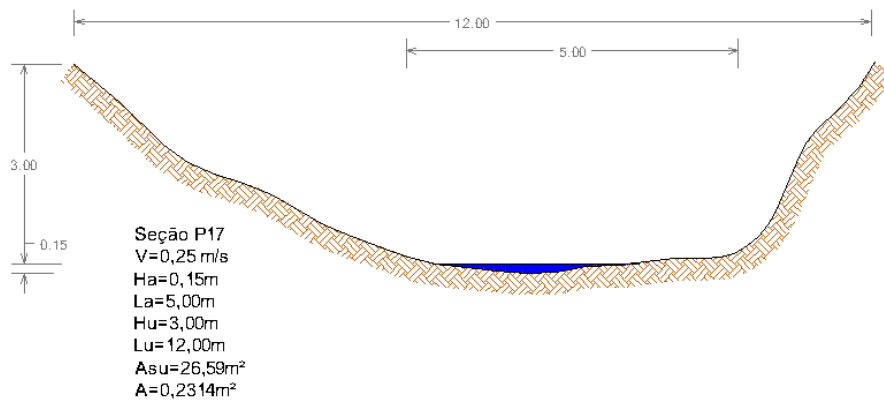


Figura 52: Seção transversal do ponto P17.

O longo trecho entre o ponto P17 e P18, 3,1 km, atravessa uma região com baixa densidade populacional, drenando as águas do bairro INCRA (Figura 53). Esse bairro tem uso predominantemente agrícola. O solo configura-se como argiloso com veios arenosos. O ponto P18 foi nesta localização a fim de avaliar a influência que os despejos do bairro INCRA têm sobre a qualidade das águas do Valão dos Bois. Sua calha tem área bem superior às demais (Figura 55) e suas águas são turvas (Figura 54).

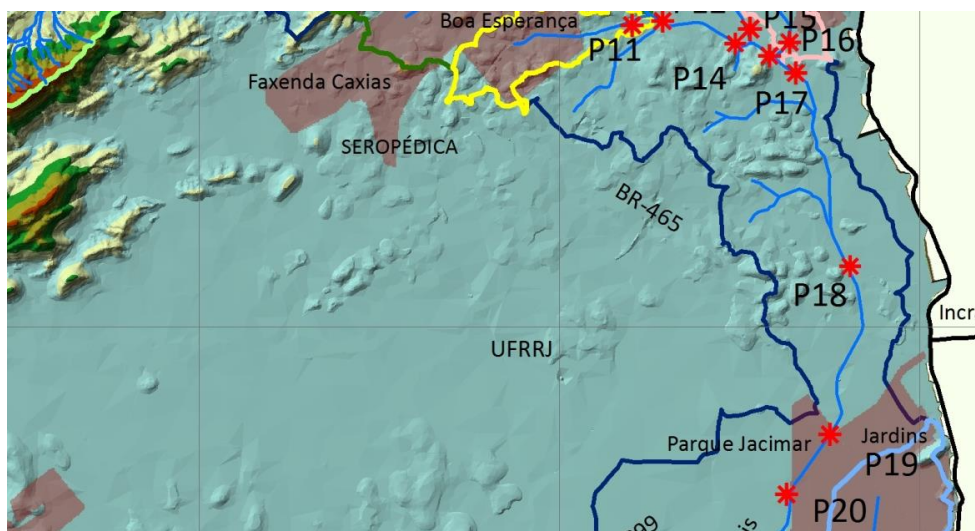


Figura 53: Localização dos pontos de coleta 17 ao 20.



Figura 54: Imagem do ponto P18. Fonte: Acervo do autor.

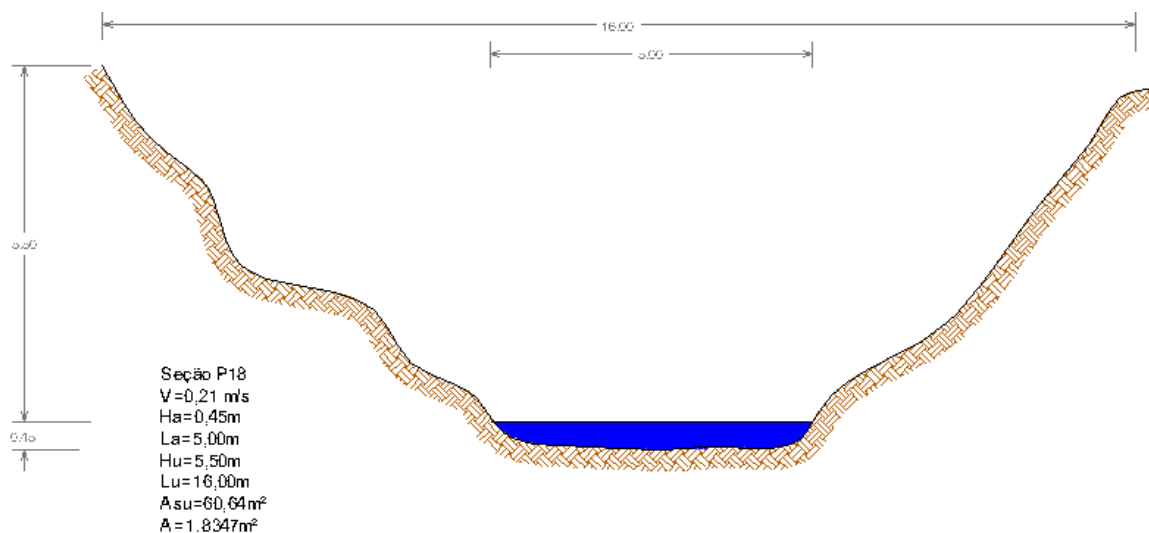


Figura 55: Seção transversal do ponto P18.

O ponto P19 (Figura 53) foi localizado logo antes de o Valão dos Bois receber os despejos dos bairros Jardins e Campo Lindo. O ponto localiza-se sob uma ponte na Rodovia BR 465 (Figura 56), e drena uma extensão de 2,60km de pasto sem nenhuma ocupação ou despejo em seu leito. Com características de ocupação e uso similares ao trecho anterior, sua vazão se mantém (Figura 57) e o aspecto visual da água melhora muito.



Figura 56: Imagem do ponto P19. Fonte: Acervo do autor.

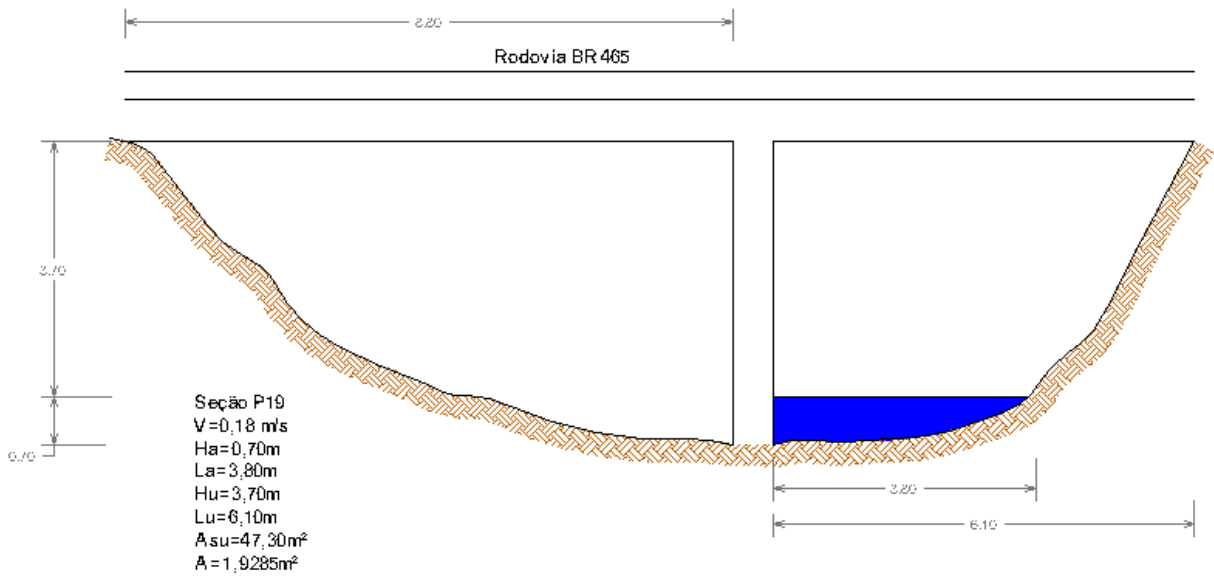


Figura 57: Seção transversal do ponto P19.

Há 1 km a jusante do ponto P19 localiza-se o ponto P20 (Figura 58) no Valão dos Bois. Esse trecho recebe os despejos de algumas casas lindeiras ao canal. Depois do ponto P20 o canal segue por entre o distrito areeiro de Seropédica por vezes recebendo contribuição de águas das cavas de mineração e, outras vezes contribuindo com as águas de seu leito para dentro das cavas, dependendo para isso do regime de precipitação na região. Esse processo ocorre em diversos pontos desse trecho até chegar ao ponto P24 ao longo de 8,12 km em uma região com solo arenoso (Figuras 58 e 59).

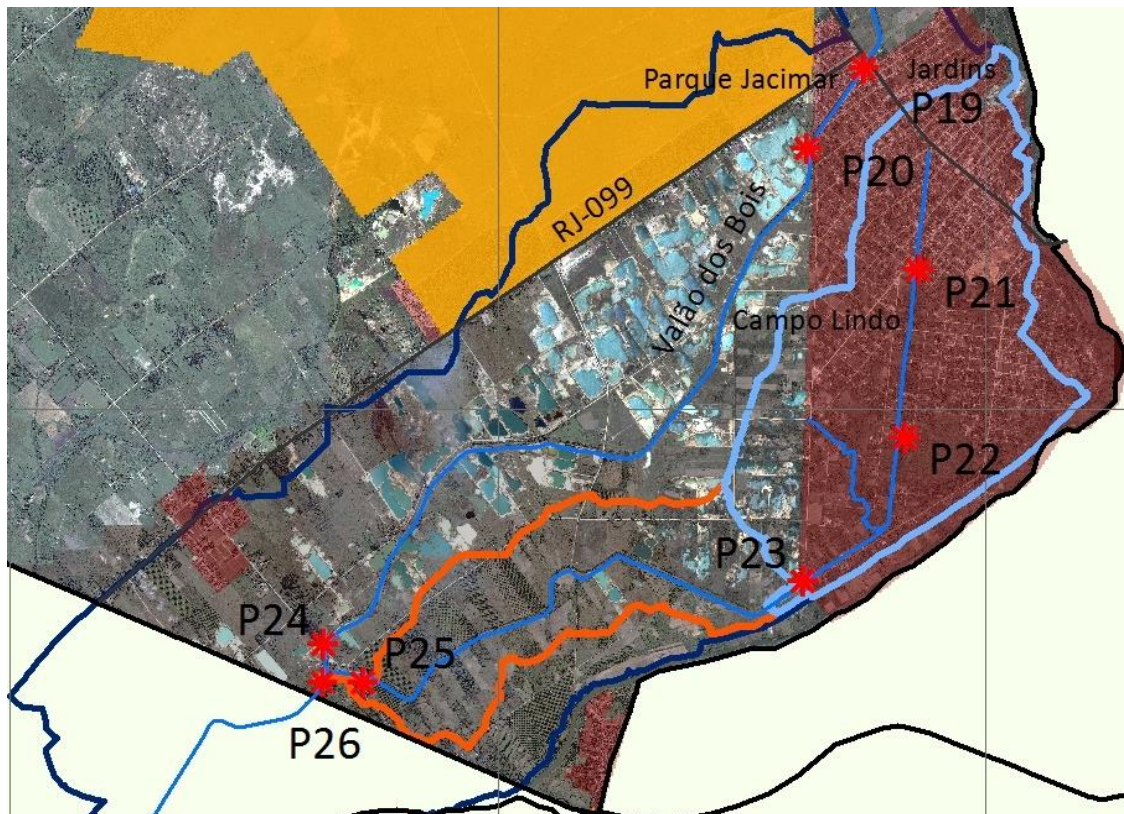


Figura 58: Localização dos pontos de coleta do P19 ao P26.

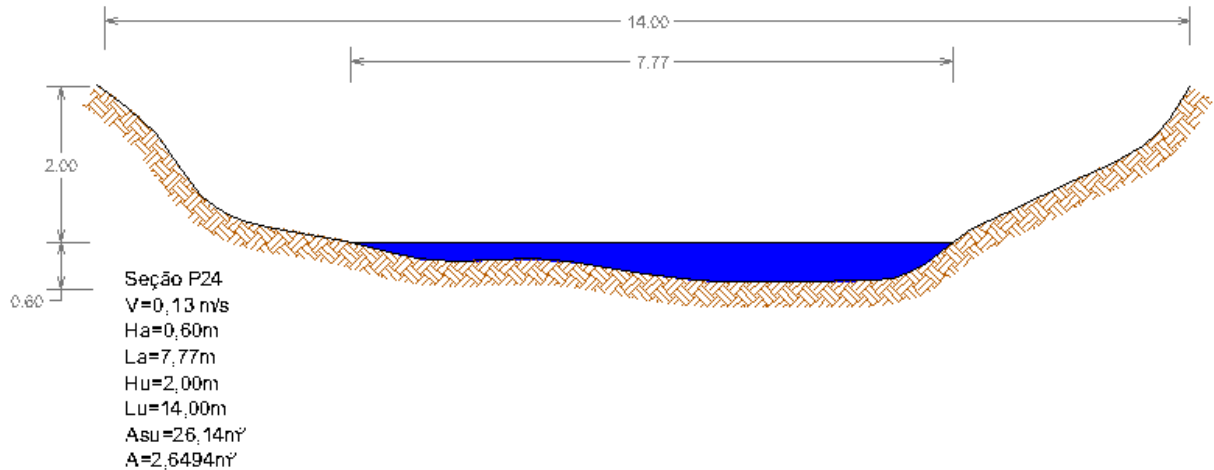


Figura 59: Seção transversal do ponto P24.

Os pontos P21e P22 (Figura 58) encontram-se no Valão do China, afluente do Valão dos Bois. O primeiro localiza-se no interior do bairro Campo Lindo e recebe os despejos e as águas pluviais de parte deste bairro o do bairro Jardins. Já o ponto P22 localiza-se no final do bairro. Tal localização foi escolhida com o intuito de avaliar o impacto dos despejos no Valão do China. Esse trecho de 2,86 km apresenta algumas ocupações muito próximas ao canal que se encontra muito assoreado, com muito capim colônio e lixo em seu leito (Figuras 60 e 61).

É uma região de constantes inundações com solo argiloso e vazões mínimas devido a falta de sistema de esgoto que concentre os despejos no canal. Não há mata ciliar nestes trechos somente ocupação por residências.



Figura 60: Imagem do ponto P21. Fonte: Acervo do autor.

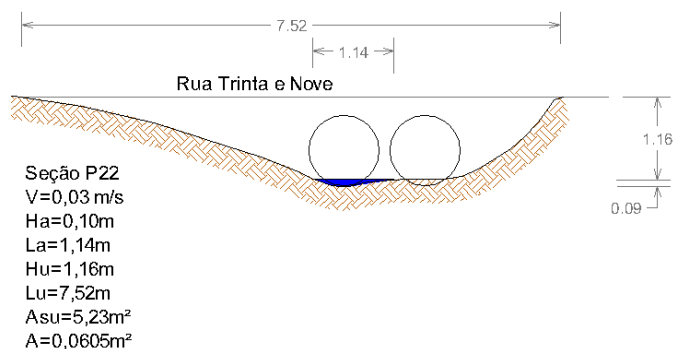


Figura 61: Seção transversal do ponto P22.

2 km a jusante do ponto P22 encontra-se o ponto P23 (Figura 58) ainda no Valão do China. O ponto P23 foi assim escolhido com o intuito de avaliar o comportamento do escoamento dos despejos e de águas pluviais sobre um terreno arenoso (Figura 62) e próximo de várias cavas de extração de areia. Ao longo do trecho que termina no ponto P23 as águas do canal parecem infiltrar no terreno arenoso não apresentando escoamento (Figura 63). A vegetação marginal ao canal resume-se à um pasto degradado.



Figura 62: Imagem do ponto P23. Fonte: Acervo do autor.

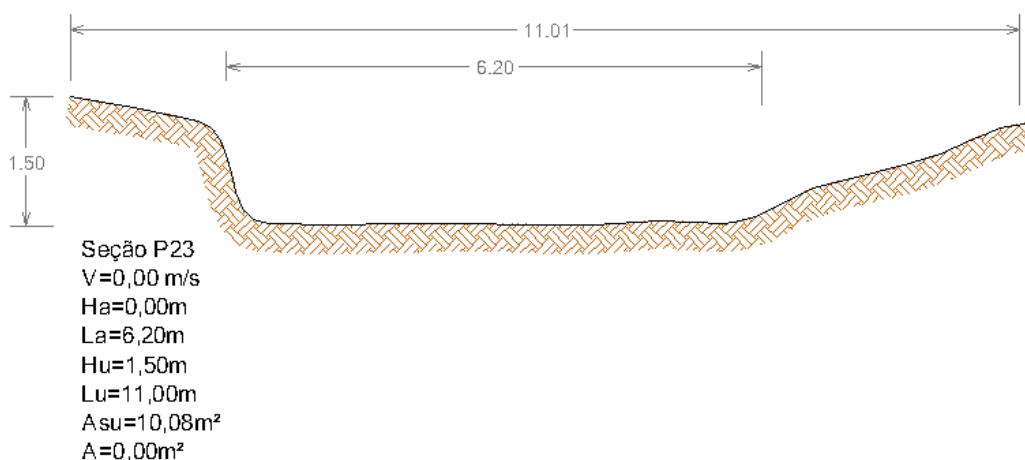


Figura 63: Seção transversal do ponto P23. Fonte: Elaborado pelo autor.

O Valão dos Bois tem no último ponto mensurado por este trabalho o ponto P26 (Figura 58) a intenção de avaliar a qualidade das águas de sua bacia hidrográfica. Neste ponto o canal apresenta sua maior vazão (Figura 65). O solo do leito é arenoso siltoso com granulometria muito fina. Não há ocupação na região deste ponto, porem há ainda alguma atividade de extração de areia. A vegetação das margens é caracterizada por capim colonião (Figura 64).



Figura 64: Imagem do ponto P26. Fonte: Acervo do autor.

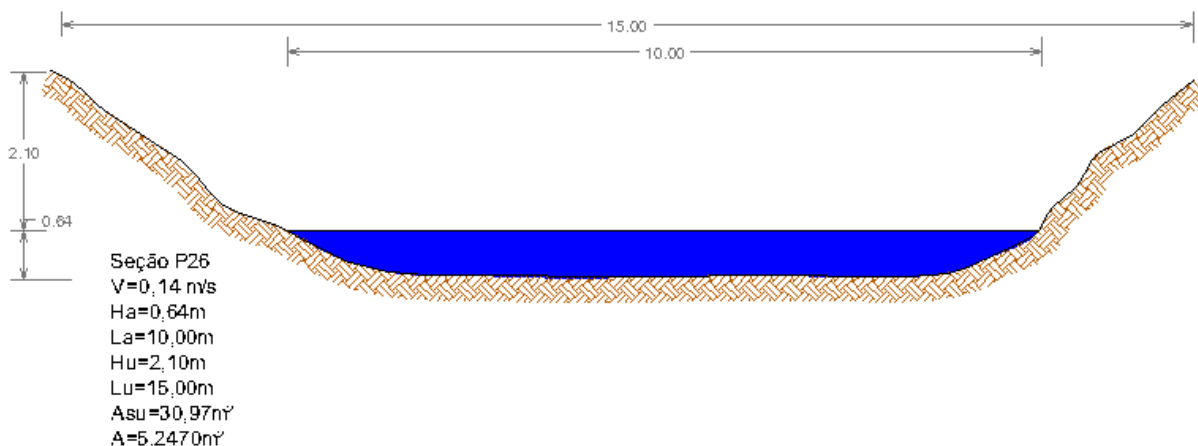


Figura 65: Seção transversal do ponto P26. Fonte: Elaborado pelo autor.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Qualidade das Águas Superficiais

Diversos fatores influenciam as características relacionadas a qualidade das águas superficiais.

Tomaz (2011) destaca o momento anterior ao contato da chuva com o solo, e ressalta que a água no momento da chuva varia suas características químicas conforme a sua localização geográfica. No momento posterior, quando as chuvas iniciam o processo de escoamento, Prodanoff (2005) acrescenta que outros fatores contribuem para a qualidade como o uso do solo, a intensidade e duração das chuvas, a quantidade de dias anteriores sem chuva dentre

outras. Segundo Righetto, Moreira e Sales (2009) a qualidade das águas de escoamento superficial está diretamente ligada às características de uso e ocupação do solo, o que essencialmente varia de cidade para cidade.

3.1.1 Poluição dos cursos d'água

A poluição¹⁷ nos cursos d'água, de forma geral, é introduzida no sistema de duas formas a pontual e de forma difusa.

A poluição pontual ocorre quando a fonte de poluição é identificável facilmente, como um tubo ou manilha que lança esgoto (na maioria das vezes doméstico ou industrial) em um curso d'água.

Tucci (1999) e Marques (2005) informam que os esgotos domésticos e industriais são a principal fonte de contaminação das águas superficiais. Righetto, Moreira e Sales (2009) corroboram afirmando que:

Na maioria dos casos, a fonte de contaminação é o lançamento indevido de esgoto doméstico na rede de drenagem. As consequências sanitárias são desastrosas para o ambiente urbano, com a proliferação de insetos e vetores, transformando esses sistemas em focos de doenças de veiculação hídrica (RIGHETTO, MOEIRA e SALES, 2009).

Nuvolari (2011) ressalta que o grande problema dos cursos d'água brasileiros é o recebimento de esgotos in natura lançados nos mesmos. Mesmo que a composição do esgoto doméstico seja 99% água, conforme a Tabela 5, e apenas 1% de sólidos, dos quais 75% desse são constituídos de matéria orgânica em decomposição que apresentam organismos patogênicos e onde se proliferam microrganismos, os impactos nos cursos d'água são intensos.

Para se ter uma ideia do volume de esgoto doméstico produzido Araujo (2011) informa que, a quantidade do esgoto doméstico tem relação direta com o consumo de água, uma vez que é produto deste e é expressa pela “taxa de consumo per capita”, geralmente 200L/hab por dia.

Tabela 5: Composição do esgoto doméstico. (Continua)

Tipos de substâncias	Origem	Observações
Sabões	Lavagem de roupas e louças	-
Detergentes (podem ser ou não biodegradáveis)	Lavagem de roupas e louças	A maioria dos detergentes contêm o nutriente fósforo na forma de polifosfato
Cloreto de sódio	Cozinhas e urina humana	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 gramas /dia

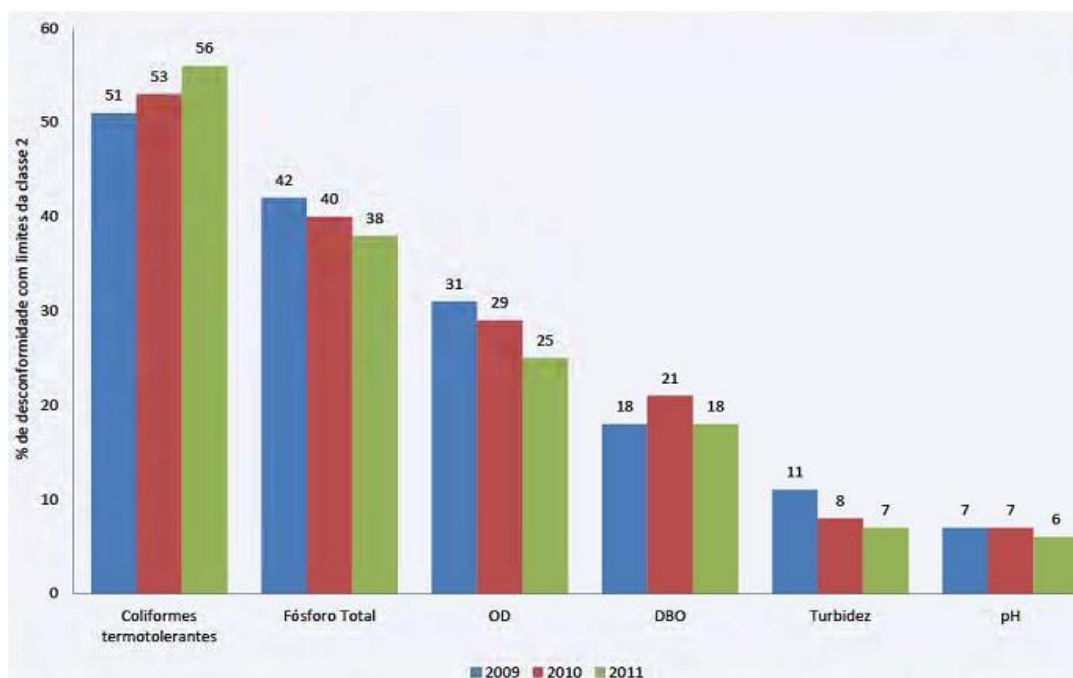
¹⁷ Em sentido amplo, poluição é toda alteração das propriedades naturais do meio ambiente, causada por agente de qualquer espécie, prejudicial a saúde, a segurança ou ao bem-estar da população sujeita aos seus efeitos. (MEIRELLES *apud* MARQUES 2005).

Fosfatos	Detergentes e urina humana	Cada ser humano elimina, em média, pela urina, 1,5 gramas/dia
Sulfatos	Urina humana	-
Carbonatos	Urina humana	-
Ureia, amoníaco e ácido úrico	Urina humana	Cada ser humano elimina de 14 a 42 gramas de ureia por dia
Gorduras	Cozinha e fezes humanas	-
Substâncias córneas, ligamentos de carne e fibras vegetais não digeridas	Fezes humanas	Vão se constituir na porção da matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos
Porções de amido (glicogênio, glicose) e de proteicos (aminoácidos, proteína e albumina)	Fezes humanas	Idem
Urobilina, pigmentos hepáticos etc.	Fezes humanas	Idem
Mucos, células de descamação epitelial	Fezes humanas	Idem
Vermes, bactérias, vírus, leveduras etc.	Fezes humanas	Idem
Outros materiais e substâncias: areia, plástico, cabelo, sementes, fetos, madeira, absorventes femininos etc.	Areia: infiltração nas redes de coleta, banhos em cidades litorâneas, parcela de águas pluviais etc. Demais substâncias são lançadas indevidamente nos vasos sanitários.	Areias: produções nas ETEs: (S. Paulo) Pinheiros: de 0,013 a 0,073 L/m ³ (média: 0,041 L/m ³) Leopoldina: 0,003 a 0,022 L/m ³ (média: 0,012 L/m ³).
Água	-	99%

Fonte: NUVOLARI (2011).

Conforme o Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos divulgado por ANA (2013) os percentuais de inconformidade dos índices de DBO e coliformes termotolerantes nos rios brasileiros (Gráfico 3), foram maiores que nos três anos anteriores, indicando o baixo nível de coleta e tratamento de esgotos no país.

Gráfico 3: Variação do percentual de desconformidade dos parâmetros do IQA nos rios de classe 2 entre os anos de 2009, 2010 e 2011.



Fonte: ANA (2013).

Já a poluição difusa ocorre quando a fonte de poluição não pode ser identificada facilmente geralmente cobrindo uma área extensa. A ação das águas da chuva ao transportarem sedimentos com substâncias poluentes depositados sobre a superfície (urbana ou rural), para os corpos receptores, é o que podemos chamar de poluição difusa (PRODANOFF, 2005).

Segundo Porto *apud* Tomaz (2013), a poluição difusa tem cinco características principais:

- lançamento da carga poluidora é intermitente e está relacionado à precipitação;
- os poluentes são transportados a partir de extensas áreas;
- as cargas poluidoras não podem ser monitoradas a partir de seu ponto de origem, mesmo porque sua origem exata é impossível de ser identificada;
- o controle da poluição de origem difusa obrigatoriamente deve incluir ações sobre a área geradora da poluição, ao invés de incluir apenas o controle do efluente quando do lançamento;
- é difícil o estabelecimento de padrões de qualidade para o lançamento do efluente, uma vez que a carga poluidora lançada varia com a intensidade e a duração do evento meteorológico, a extensão da área de produção naquele específico evento, e outros fatores que tornam a correlação vazão x carga poluidora praticamente impossível de ser estabelecida.

Os cursos d'água urbanos brasileiros, em sua grande maioria, são destino dessas duas formas de poluição e, muitas das vezes a poluição pontual, por se estender repetidamente por um longo trecho do rio (ou todo ele), ganha caráter de poluição difusa, fazendo com que este tipo de poluição ganhe tamanha importância.

A poluição difusa tem sido objeto de muitos estudos na área do saneamento pois dada a complexidade de interferências no ambiente urbano, esta torna-se de difícil quantificação e qualificação, sendo relacionada muitas vezes com a ocorrência de endemias e doenças de veiculação hídrica segundo Righetto, Moreira e Sales (2009).

Prodanoff (2005) elenca os principais impactos decorrentes da lavagem do solo pelo escoamento superficial e lançamento no curso d'água como: alteração na demanda de oxigênio,

presença de sólidos em suspensão e dissolvidos, íons alterados, presença de nutrientes, alteração no pH e temperatura. TOMAZ (2011) acrescenta alguns exemplos de poluentes oriundos da lavagem de telhados por ocasião das chuvas: fezes de pássaros, fezes de ratos, poeira, folhas de árvores, revestimento do telhado, fibrocimento e tintas.

Ao contrário dos lançamentos pontuais, a poluição difusa é encaminhada aos cursos d'água de diversas fontes, as quais Sartor e Boyd *apud* Prodanoff (2005) elenca:

- Pavimentação das ruas: Os componentes poluentes oriundos da degradação da superfície de rolamento podem fazer parte do escoamento superficial dependendo da idade e tipo de superfície, do clima e da quantidade e tipo de tráfego.
- Motores dos Veículos: Os veículos são as principais fontes não pontuais de alguns metais pesados encontrados no escoamento que podem ser oriundos de combustíveis e lubrificantes, partículas advindas dos pneus ou fluidos de freio, emissões de exaustão capturadas, produtos da corrosão e partes quebradas que despencam da lataria. O potencial poluente desses materiais é considerável.
- Deposição atmosférica: As fontes de poluição atmosférica são entendidas como qualquer processo natural ou antropogênico que possa liberar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera, tornando-a contaminada ou poluída. PRADANOFF (2005), mostra que nos estudos realizados por Weibel et al.(1964), foi medida uma deposição seca de 567 kg/ha em uma estação de monitoramento e 818 kg/ha de sólidos em suspensão no escoamento.
- Vegetação: Folhas, grama, galhos e outros tipos de plantas que caem ou são depositados na no solo variando conforme a região geográfica.
- Superfície do solo: O tipo de cobertura encontrada na bacia de drenagem e os volumes de tráfego e de pedestres são função do uso do solo e logo vão afetar a qualidade das águas.
- Lixo: O lixo domiciliar, especialmente quando não degradável, apresenta formas e volumes variáveis em sua composição. Podem se aglutinar formando blocos maiores e mais pesados, que se depositam no leito favorecendo processos de assoreamento.
- Derramamentos: Este óbvio poluente superficial pode incluir quase todas as substâncias jogadas nas ruas das cidades como, areia, entulho, cascas e etc.. Os derramamentos industriais e químicos são potencialmente os mais sérios.
- Agroquímicos: Uma grande variedade de químicos podem ser utilizados como fertilizantes, pesticidas e herbicidas.
- Locais de construção: A erosão do solo proveniente de áreas em construção e a produção crescente da quantidade de escoamento podem ser causados por atividades de desenvolvimento urbanístico como loteamentos, construções casas e prédios, grandes projetos tais como distritos industriais, centros de lazer e rodovias.
- Sistemas coletores: Sistemas de drenagem pluvial que usam canais naturais ou canais de terra trabalhados ficarão sujeitos a erosão de suas margens. Os sistemas tendem também a acumular material depositado que será desprendido e transportado durante as enxurradas.
- Redes de esgotos deficientes: Causam vazamentos e contaminações indesejadas sobre os demais sistemas e serviços urbanos, além da possibilidade de proliferação de doenças de veiculação hídrica durante o transbordamento sobre as margens.

3.2 Medidas de Controle da Poluição Difusa e Redução do Escoamento Superficial

Existem diversas técnicas de controle da poluição difusa e da atenuação do escoamento superficial. Estas técnicas segundo Righetto, Moreira e Sales (2009), estão inseridas no conjunto que compõem o manejo de águas pluviais. A classificação usual dessas técnicas se dá

em dois grandes grupos: os métodos de controle convencionais ou clássicos e os complementares ou *Best Management Practices - BMPs*¹⁸ (NOVOTNY, 2008).

Em razão da limitada capacidade das técnicas convencionais, que se caracterizam pelo favorecimento do escoamento em alta velocidade para jusante do ponto de despejo, as técnicas complementares ou BMPs conferem às medidas de controle da poluição difusa e ao controle dos volumes de escoamento superficial uma perspectiva sustentável.

Devido ao processo acelerado de urbanização com impermeabilização do solo, geralmente a montante de áreas consolidadas, esses fluxos aumentam sobremaneira no sistema a jusante que não foi projetado contemplando o aumento do volume gerado pela população a montante.

Com isso os sistemas clássicos são caracterizados por um baixo valor social e ecológico pois concentram poluentes gerando impactos visuais, de odor e de saúde. Ao lado disto, as BMPs, caracterizadas como sistemas sustentáveis capazes de promover usos múltiplos nas soluções implantadas como lazer, manutenção da diversidade biológica, sem perder suas funções principais o controle de cheias e a melhoria da qualidade da água, Figura 14.



Figura 66: Diferenças das técnicas de manejo das águas pluviais. Fonte: TOMINAGA (2014).

As BMPs são técnicas complementares aos sistemas convencionais, uma vez que para manejarem grandes volumes de água precisam de uma área considerável em oposição as soluções tradicionais que conseguem manejar grandes volumes de água utilizando áreas mínimas. As BMPs visam, em sua maioria, a diminuição do escoamento superficial e filtragem de poluentes, que chegam aos sistemas convencionais, interceptando-os nos estágios iniciais do

¹⁸ *Best Management Practices* (melhor técnica de gerenciamento) (TOMAZ, 2013).

escoamento, sendo consideradas também como técnicas de controle na fonte (TOMINAGA, 2014).

Conforme Tomaz (2013) e Righetto, Moreira e Sales (2009), as BMPs dividem-se em estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais são compostas de estruturas que visam deter ou infiltrar as águas superficiais geradas na bacia hidrográfica, no que Tomaz (2013) separa em três grupos:

- Infiltração: tincheiras de infiltração, bacias de infiltração e pavimento permeável;
- Filtração: filtros de areia, canal gramado, bacia de filtração e faixa de canal gramado;
- Detenção: lagoa de retenção, bacia de detenção estendida *wetland* artificiais e separador de óleos e graxas.

A trincheira de infiltração, utilizada como contribuição ao controle do escoamento neste estudo, consiste em uma vala, geralmente não ligada ao sistema de drenagem, escavada e preenchida com pelo menos duas camadas. A primeira consiste em um solo com vegetação que são eficientes em remover os sólidos coloidais presentes na água. A segunda pode ser composta de material com maior granulometria a fim de promover ao máximo o contato da água com o solo no interior da trincheira. Quando dimensionada corretamente chegam a remover 95% dos sólidos em suspensão carregados pelo escoamento superficial segundo Tomaz (2013).

As medidas não estruturais consistem em práticas de institucionais de planejamento que promovem ações operacionais e de educação visando promover também a detenção e infiltração do escoamento.

Righetto, Moreira e Sales (2009) elencam as medidas não estruturais conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Categorias de medidas não estruturais.

PRINCIPAIS CATEGORIAS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAI
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reuso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: RIGHETTO, MOEIRA e SALES (2009).

3.3 Faixas Marginais de Proteção

A faixa marginal de proteção (FMP) se insere neste contexto como ferramenta importante para proteção das margens dos rios e canais da ocupação irregular, para a proteção e preservação da biota¹⁹ do curso d'água. Segundo INEA (2010) a demarcação das faixas de proteção, atribuição do próprio INEA, é feita mediante estudo das alterações sazonais do corpo hídrico²⁰, de seus fluxos normais e expansivos e da probabilidade de alteração da configuração de suas margens.

Silva (2016) revela que a primeira noção dos terrenos marginais aos rios se dá na Lei Imperial nº 1.507, de 26 de setembro de 1807, quando é estabelecida a “zona de sete braças (15,4m) contadas do ponto médio das enchentes ordinárias para o interior”. Esta zona tinha caráter de servidão pública. Somente na constituição de 1934 os rios que banham mais de um estado passam a ter ingerência da união, tornando-se bens pertencentes ao Estado.

Segundo Britto (2012) o estatuto legal das faixas de proteção inicia-se a partir de meados da década de 1960 com a aprovação do Código Florestal de 1965. Essas áreas, agora protegidas, poderiam ter ou não vegetação nativa e tinham a função de preservar os recursos hídricos, fauna, flora, evitar erosões e assegurar condições de bem-estar público.

A lei determinava uma faixa de 5m para rios com menos de 10m de calha²¹. Como não havia regulamentação quanto aos córregos no espaço urbano o código era utilizado também para o disciplinar.

Durante o período seguinte a urbanização acelerada e não planejada, sobretudo nos terrenos de baixada onde a densidade de drenagem²² é alta, a adoção de uma faixa marginal de 5m foi extremamente danosa ao parcelamento urbano.

Em 1979 com a aprovação da Lei Federal Nº 6.766 que dispõe o uso e o parcelamento do solo urbano, a faixa se ampliou para 15m, e somente em 1986 com a Lei Federal Nº 7.511 a faixa ganha nova ampliação passando para 30m. A condição de área de proteção permanente veio com a aprovação da Lei Federal Nº 7.803 de 1989 mantendo a distância de 30m inclusive em áreas urbanas.

A Faixa Marginal de Proteção (FMP) é então um tipo específico de Área de Preservação Permanente (APP), nos termos do art. 268, inciso III, da Constituição do Estado do Rio de Janeiro. A FMP e a APP coexistem, tendo referências distintas. A FMP visa a proteger especificamente o corpo hídrico, enquanto a APP do Código Florestal tem como objetivo proteger a vegetação.

Britto (2012) observa que os conflitos entre a legislação que disciplinava o solo urbano a Lei de Parcelamento do Solo e o Código Florestal culminaram na elaboração da resolução 369 do CONAMA de 28 de março de 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em área de preservação permanente.

Marques (2005), destaca o caráter antropocêntrico da questão ambiental anterior a 1988, pensava-se anteriormente na questão ambiental com o intuito único de preservação da espécie humana a perpetuação da existência do homem na terra. Tal pensamento foi superado conforme texto de Marques (2005):

¹⁹ Biota é o conjunto de seres vivos, flora e fauna, que habitam ou habitavam um determinado ambiente geológico, como, por exemplo, biota marinha e biota terrestre, ou, mais especificamente, biota lagunar, biota estuarina, biota bentônica. As variações climatológicas e ambientais em geral, como salinização de uma laguna e quantidade de sedimentos em suspensão alteram a biota pela adaptação, mutação e extinção de espécies, entrada de novas espécies e gêneros. Fonte: CPRM. Disponível em: < <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/biota.htm>>

²⁰ Variação da calha alargada ou maior de um rio, ocupada nos períodos anuais de cheia. Fonte: INEA, 2010.

²¹ Calha do rio – Nível de água do rio que desce continuamente durante determinado período. Fonte: INEA, 2010.

²² Quantidade de canais em uma determinada área.

Antes de 1988, a Constituição disciplinava a tutela do meio ambiente por meios de normas relativas a saúde e, hoje, em capítulo próprio, não se limita à preocupação com a preservação da espécie humana e sua saúde física. Busca, em termos do caput do art. 225, a sadia qualidade de vida, que implica vida com saúde, vida com bem-estar. (MARQUES, 2005)

Nesse contexto, diante de grande quantidade de solicitações de demarcação de FMP em áreas urbanizadas há mais de 40 anos, segundo INEA (2010) foi elaborado o parecer RD nº 04/2007²³ a fim de sanar o impasse jurídico. Tal parecer apresenta a possibilidade da perda da função ecológica²⁴ de um curso d'água em áreas urbanas consolidadas não sendo exigidas as distâncias previstas em lei, para os processos de licenciamento de empreendimentos. O processo pelo qual o curso d'água pode ser caracterizado como sem função ecológica foi normatizado pelo Decreto Estadual Nº 42.356/2010.

A intenção da legislação atual é evitar a perpetuação do processo de ocupação dentro dos limites de inundação dos corpos hídricos, mas também assegurar a legalidade e o acesso a áreas consolidadas que possam ser saneadas. Na Figura 65 são apresentadas as larguras das FMP em relação a largura do corpo hídrico.

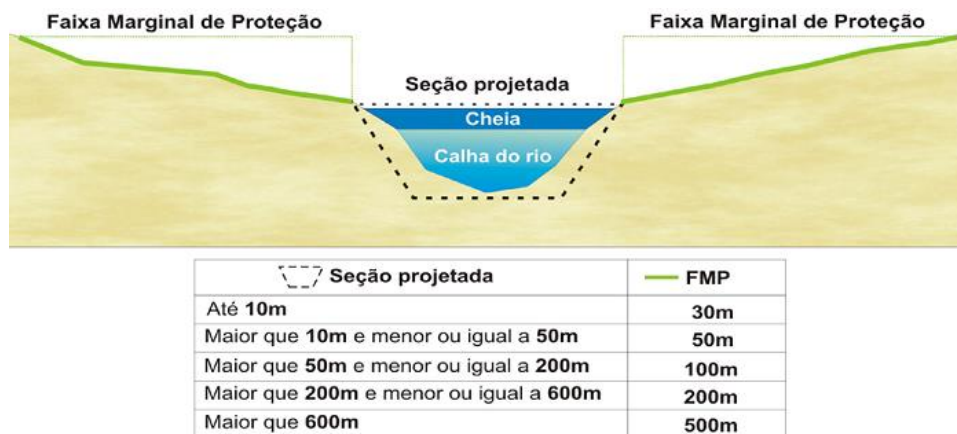


Figura 67: Seção das faixas marginais de proteção e suas medidas. Fonte: INEA (2010).

3.4 Índice de Qualidade das Águas

O grau de poluição das águas é medido através de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas. Segundo Pereira e Silveira (2013) os índices de qualidade das águas foram criados pela necessidade de se sintetizar informações complexas a fim de facilitar a comunicação com a sociedade. Porém, a conversão de um conjunto de parâmetros em um único

²³ Parecer RD nº 04/2007 da Assessoria Jurídica da extinta Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema), elaborado pelo procurador do Estado e chefe da Asjur, Rafael Lima Daudt d'Oliveira e aprovado pelo subprocurador-geral do Estado, Rodrigo Tostes de Alencar Mascarenhas. Fonte: INEA, 2010.

²⁴ Conforme o Decreto estadual nº 42.356/2010, em seu art. 4º, inciso III, a inexistência de função ecológica da FMP/APP fica constatada quando da inexistência de vegetação primária ou vegetação secundária no estágio avançado de regeneração e a presença de, no mínimo, uma das seguintes características: a) Ocupação consolidada das margens do curso d'água a montante e a jusante do trecho em análise; b) Impermeabilização da FMP/APP; c) Capeamento do curso d'água, sendo que, no caso de obras recentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente o respectivo projeto aprovado pela prefeitura local ou o levantamento cadastral da obra. Fonte: INEA, 2010.

índice aumenta sobremaneira a chance de perda de informação importante. Alertam que a água, mesmo quando quimicamente potável, pode apresentar contaminação bacteriológica.

Dentre os vários índices de qualidade utilizados no Brasil, o IQA²⁵, criado em 1970 nos Estados Unidos, é o principal índice de qualidade da água utilizado. Os parâmetros utilizados para calcular o índice são em sua maioria relacionados ao lançamento de esgotos domésticos mostrados na Tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros de qualidade da água do IQA e respectivos pesos.

Parâmetros de qualidade da água.	Peso (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH – Potencial Hidrogeniônico	0,10
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO _{5,20}	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08

Fonte: PEREIRA e SILVEIRA (2013).

3.4.1 Parâmetros de qualidade da água

Como visto na Tabela 4, a presença de oxigênio dissolvido na água é de extrema importância para a determinação de sua qualidade. Outros parâmetros se apresentam como importantes indicadores de alteração do equilíbrio do meio aquático.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO: a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água por meio de decomposição microbiana aeróbia, sendo a medida aproximada da quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na amostra (PORTO, MARTINS e ARMELIN, 2009). Assim, elevados valores de DBO_{5,20} no curso d'água são indicação de alta concentração de matéria orgânica.

Historicamente o primeiro parâmetro utilizado para análise de qualidade de águas foi a concentração de sólidos voláteis e posteriormente o de DBO_{5,20} (PIVELI e CAMPOS, 2013). Nuvolari (2011) informa que o teste de DBO_{5,20} surgiu na Inglaterra onde a temperatura média dos rios é de 20°C e o tempo para que as águas dos rios cheguem ao mar é de 5 dias. Por isso, padronizou-se o teste desta forma, a amostra é incubada durante 5 dias a uma temperatura de 20°C sendo lido o resultado em seguida.

Sua concentração pode ser expressa em kg/dia subsidiando projetos de estações de tratamento de esgotos. Segundo Piveli e Campos (2013) a concentração no esgoto sanitário é de 54 g/hab.dia ou 250 mg/L.

²⁵ Criado pela *National Sanitation Foundation* em 1970 segundo Pereira e Silveira (2013).

Mesmo sendo um parâmetro padronizado e largamente utilizado em todo o mundo, seu resultado é sensível a variações na amostragem, armazenamento e processamento, sendo recomendável o uso com critério e em conjunto com outros parâmetros.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO: medida indireta da quantidade de material orgânico e inorgânico, susceptível à oxidação química por um oxidante energético (PORTO, MARTINS e ARMELIN, 2009). Nuvolari (2011), completa dizendo que a DQO mede o consumo de oxigênio que ocorre durante a oxidação química de compostos orgânicos (e por vezes inorgânicos) presentes na água. Esses valores funcionam como indireto do teor de matéria orgânica na água, não sendo possível indicar o consumo de oxigênio ao longo do tempo. São sempre maiores que os índices de $DBO_{5,20}$, e com a vantagem de serem realizados em no máximo 3 horas. Piveli e Campos (2013) mostram que o uso do DQO associado com os dados de $DBO_{5,20}$ é muito útil pois como a $DBO_{5,20}$ mede apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor se aproximar da DQO, mais facilmente o afluente será biodegradável. Se a razão $DQO/DBO_{5,20}$ estiver na faixa de até 3/1 torna-se viável o emprego de tratamentos biológicos uma vez que a quantidade de matéria biodegradável é suficiente, não sendo preciso recorrer a outros métodos mais sofisticados. Porto, Martins e Armelin (2009) indicam ainda que valores elevados de DQO podem indicar problemas de contaminação dos corpos hídricos por despejos industriais.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO: O oxigênio na água é o principal elemento de suporte a vida e como tal é o parâmetro imprescindível de medição para ser determinada a qualidade da água. Vários organismos do ambiente aquático necessitam do oxigênio para o funcionamento de seu metabolismo. De acordo com Porto, Martins e Armelin (2009), a concentração de oxigênio dissolvido nos corpos da água varia com atuação de fatores como a temperatura, a salinidade, a turbulência, a atividade fotossintética e a pressão do oxigênio na atmosfera (relacionada à altitude). Fator importante na análise deste parâmetro é a fotossíntese, pois em ambientes aquáticos com alto índice de algas, a fotossíntese faz com que os valores de oxigênio se elevem, decaindo no período da noite quando não há luz para o processo. Outros fatores importantes é a geometria do curso d'água e sua velocidade de escoamento uma vez que influenciam o processo de inserção de oxigênio na água, quando da reaeração atmosférica a autodepuração.

TEMPERATURA: todos os cursos d'água sofrem variações de temperatura durante o dia e no decorrer do ano. Essas variações influenciam outros parâmetros como a concentração de oxigênio dissolvido e fatores como a viscosidade, a tensão superficial e interferem no crescimento e reprodução dos seres aquáticos (PEREIRA e SILVEIRA, 2013).

TURBIDEZ: O nível de turbidez de um corpo d'água está diretamente ligado à vazão e geometria do mesmo, uma vez que esse parâmetro retrata a presença de matéria em suspensão no rio (PORTO, MARTINS e ARMELIN, 2009). Sistemas lânticos²⁶ tem maior facilidade de sedimentação dos sólidos suspensos, enquanto cursos d'água mais turbulentos (sistemas lóticos) demorarão mais tempo para alcançar o mesmo resultado. A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Os sólidos em suspensão (areia, argila, algas, partículas coloidais orgânicas e inorgânicas, plâncton e micro-organismos) são indicadores de processos erosivos, manejo inadequado do solo e lançamento de despejos industriais e domésticos, pois têm origem nestes processos (PEREIRA e SILVEIRA, 2013).

²⁶ Sistemas lóticos são sistemas de água corrente, corredeiras, rios e riachos, e sistemas lânticos são sistemas de água parada como lagoas, lagos, açudes, barragens, poças. Fonte: Resolução CONAMA 357/2005.

3.5 Enquadramento dos Corpos d'Água

A água pura, líquido incolor, insípido, representado pela fórmula H₂O, segundo Telles (2013) não é encontrável na natureza. Como praticamente todas as substâncias são solúveis em água, suas características, no ambiente natural estão relacionadas ao meio onde são encontradas, independente do estado no ciclo hidrológico.

O Brasil possui dispositivos legais que contemplam o cuidado com as águas desde o período colonial (ANA, 2006). Mas Nuvolari (2011) destaca que somente em 1934 com o Código das Águas passou-se a ter legislação específica para proteção dos recursos hídricos. Nesse primeiro instrumento não havia grandes preocupações com a poluição, mas em seus artigos 109 e 110 considerava ilícita a conspurcação ou contaminação de águas por pessoas que não a consumiam. Essa legislação foi apropriada de forma efetiva pelo setor elétrico em desenvolvimento (ANA, 2007).

O código penal de 1940 veio a contribuir com o tema quando previa penalização para o envenenamento, corrupção e poluição das águas potável e natural, mas somente em 1960 com decretos federais²⁷ que dispunham sobre a poluição e lançamentos de resíduos nas águas é que se estabeleceu a exigência de tratamento e dos mesmos e propôs-se uma classificação para as águas.

Em 1965 com a aprovação do Código Florestal há o movimento de proteção dos cursos d'água através da delimitação de faixas marginais sem preocupações específicas com a qualidade, que seria abordada em 1967 com o Decreto-Lei 303 que criou o Conselho Nacional de Poluição Ambiental.

Durante a década de 1970 iniciaram-se as discussões sobre a gestão descentralizada das águas, e através da Portaria 013 do Ministério do Interior estabeleceu-se pela primeira vez em âmbito federal um critério de classificação das águas, que fixava padrões de qualidade e parâmetros a serem seguidos para cada classe bem como o uso a que se destinam, balneabilidade, recreação, consumo ou contatos segundo (NUVOLARI, 2011).

Tabela 8: Enquadramentos da qualidade das águas conforme seus usos, estabelecidos pela Portaria 013 MINTER e a Resolução CONAMA 20/86. (Continua).

USOS	Portaria MINTER 13/76	Resolução CONAMA 20/86
Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção	Classe 1	Classe especial
Abastecimento doméstico após tratamento simplificado		
Abastecimento doméstico após tratamento convencional	Classe 2 e 3	Classe 2 e 3
Abastecimento doméstico após tratamento avançado	Classe 4	
Abastecimento industrial, irrigação	Classe 4	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe especial
Proteção das comunidades aquáticas		Classe 1 e 2
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana		Classe 1 e 2

²⁷ Código nacional de Saúde Decreto 49-974-A e Decreto federal 50.877.

Preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora	Classe 3	
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		Classe 1
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas	Classe2	Classe 2
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras		
Recreação de contato primário	Classe2	Classe 1 e 2
Dessedentação de animais	Classe 3	Classe 3

Fonte: Resolução 20 CONAMA e Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Sendo uma regulamentação federal, a Portaria 013 serviu de base para que os estados elaborassem suas regulamentações mais restritivas, como alguns fizeram.

A classificação das águas só viria a ser alterada em 1986 com a Resolução 20 do CONAMA, criado em 1983, estendendo-se às águas salobras e salinas. Esta resolução transferiu a competência da aplicação da classificação para os órgãos estaduais e determinava que seu enquadramento deve considerar não necessariamente seu estado atual, mas os níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade e garantir os usos para eles concebidos (NUVOLARI, 2011).

Nota-se um grande avanço então, pois não só a noção de preservação foi ampliada, mas, nesta resolução, vemos um esforço no sentido da recuperação das águas para que fossem classificadas em um nível mais alto.

Outro movimento importante em relação ao enquadramento dos corpos hídricos, foi o lançamento da Resolução CONAMA 357 de 2005, considerado um grande avanço na legislação ambiental do país de acordo com ANA (2007) pois:

- Criou novas classes para águas salinas e salobras (Tabela 9).
- Incluiu novos parâmetros de qualidade de águas, e a revisão dos parâmetros da Resolução CONAMA no 20, de 1986, utilizando como referência os mais recentes estudos nacionais e internacionais.
- Definiu que devem ser selecionados parâmetros prioritários para o enquadramento.
- Definiu que as metas de qualidade da água deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos em que a determinação hidrológica dessa vazão não seja possível (ex: reservatórios).
- Implementou o conceito de progressividade para o alcance das metas de enquadramento.

Tabela 9: Classes e respectivos usos da água conforme a Resolução CONAMA 357, de 2005. (Continua).

Classes	USOS
ESPECIAL	abastecimento para consumo humano, com desinfecção
	preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
	preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
1	abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado
	proteção das comunidades aquáticas

	recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Res CONAMA 274, de 2000 irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas
2	abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Res CONAMA 274, de 2000 irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto aquicultura e à atividade de pesca
3	abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras pesca amadora recreação de contato secundário dessedentação de animais
4	navegação harmonia paisagística

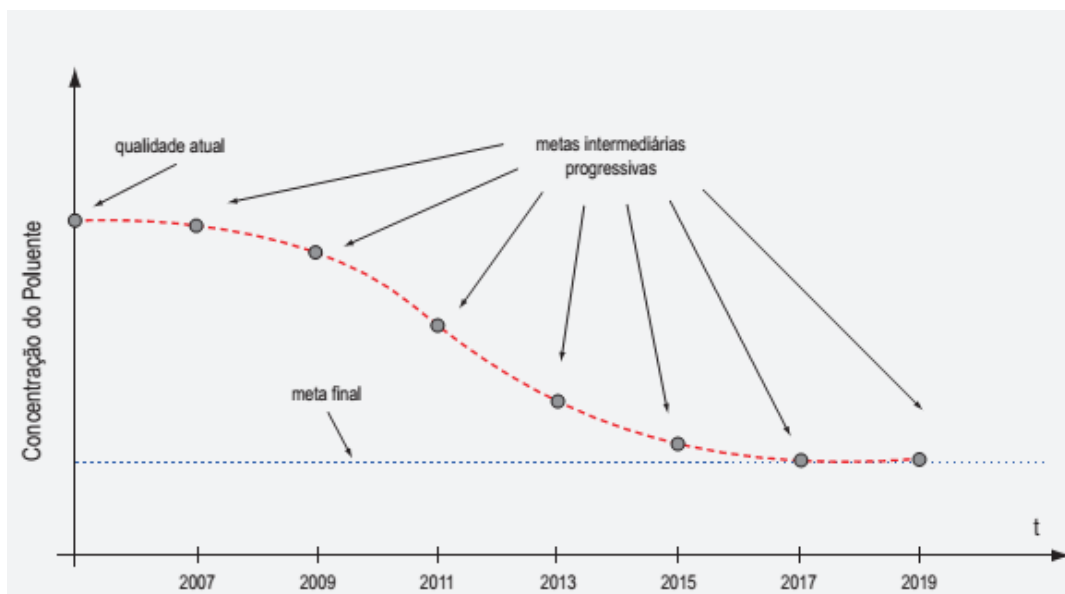
Fonte: ANA (2007).

O conceito de progressividade dotou a resolução de um caráter de instrumento de planejamento, pois estabelece que um empreendimento ou até mesmo a instalação de ETE pode não atender inicialmente aos índices de qualidade determinados para o curso d'água receptor, porém o empreendimento pode se instalar desde que haja posterior atenuação dos processos geradores de impacto (Figura 68).



Figura 68: Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água. Fonte: ANA (2016).

Gráfico 4: Metas progressivas de qualidade da água.



Fonte ANA (2007).

O enquadramento, atualmente, busca “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e a “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (ANA, 2016).

Com isso a conjuntura normativa relacionada ao enquadramento dos cursos d’água ganha caráter de instrumento de planejamento das atividades na bacia hidrográfica na medida que, segundo ANA (2016), o processo de enquadramento de um curso d’água deve considerar o uso atual e o que se pretende para seu entorno e para o rio, o estado atual do rio, o estado que se deseja alcançar bem como o estado que é possível alcançar, pois pode haver limitações técnicas e econômicas para o nível que se deseja alcançar (Figura 69).

Posteriormente a Resolução CNRH N° 91/2008 estabeleceu procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos no âmbito do Plano Nacional de Recursos Hídricos tendo como base os índices da Resolução CONAMA N° 357/2005.

3.5.1 Limites legais dos parâmetros de qualidade das águas superficiais

As condições e padrões de lançamento de efluentes nas águas superficiais são definidos por instrumentos normativos que limitam a quantidade das substâncias características desses efluentes, que podem estar presentes ou ser lançadas nos corpos hídricos (ANA, 2016).

A Resolução CONAMA n° 357 de 2005 dispõe sobre limites de várias substâncias quanto a sua presença ou ausência, na composição química da água. Dentre elas, as testadas neste trabalho são:

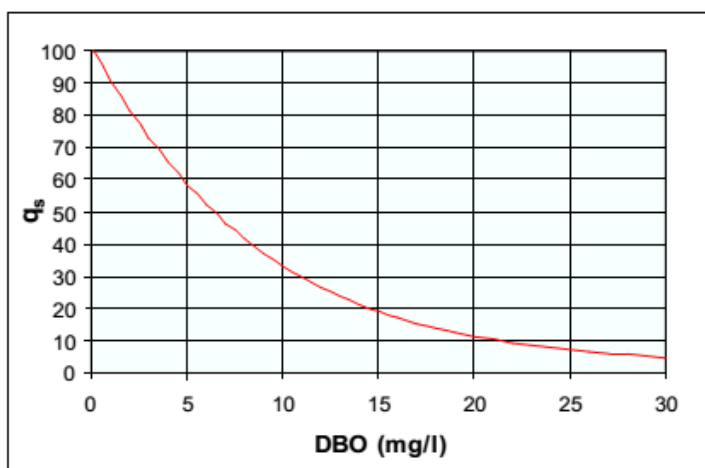
A DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO: O aumento nos níveis da $DBO_{5,20}$ concorre negativamente para a qualidade da água, pois indica aumento da concentração de bactérias decompositoras que se proliferam em decorrência do aumento de matéria orgânica. Assim, a medida que seu nível aumenta, a classificação do curso d’água se altera para pior conforme a Tabela 10, na razão do Gráfico 5.

Tabela 10: Limites legais para DBO_{5,20} nos corpos d'água doce.

Limites legais para demanda bioquímica de oxigênio "DBO _{5,20} " nos corpos de água doce					
Parâmetro	Unidade	Padrões de qualidade dos corpos d'água conforme suas classes (CONAMA 357/2005)			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
DBO _{5,20}	mg/L	3	5	10	NF

Fonte: NUVOLARI (2011).

Gráfico 5: Curva média de variação do parâmetro DBO_{5,20} no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.



Fonte: MMA (2005).

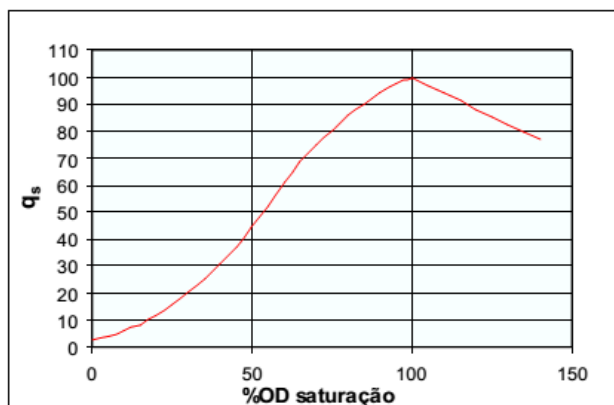
O OXIGÊNIO DISSOLVIDO: De forma contrária à DBO_{5,20}, o elevado nível desse parâmetro na água indica boa qualidade permitindo a proliferação da fauna aquática diversificada. A relação de seu nível com as classes das águas está expressa na Tabela 11, na razão do Gráfico 6.

Tabela 11: Limites legais para OD nos corpos d'água doce.

Limites legais para oxigênio dissolvido "OD" nos corpos de água doce					
Parâmetro	Unidade	Padrões de qualidade dos corpos d'água conforme suas classes (CONAMA 357/2005)			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
O.D.	mg O ₂ /L	≥6	≥5	≥4	≥2

Fonte: NUVOLARI (2011).

Gráfico 6: Curva média de variação do parâmetro OD no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.



Fonte: MMA (2005).

OS SÓLIDOS TOTAIS: A relação dos sólidos com a qualidade das águas é negativa pois, à medida que a quantidade deste parâmetro aumenta no curso d'água, este pode apresentar quadros de assoreamento e alteração da vida aquática. Assim, quando a concentração de sólidos na água aumenta sua classificação se altera para pior conforme a Tabela 12, na razão do Gráfico 7.

Tabela 12: Limites legais para sólidos nos corpos d'água doce.

Limites legais para sólidos nos corpos de água doce					
Parâmetro	Unidade	Padrões de qualidade dos corpos d'água conforme suas classes (CONAMA 357/2005)			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500	NF

Fonte: NUVOLARI (2011).

Gráfico 7: Curva média de variação do parâmetro OD no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.

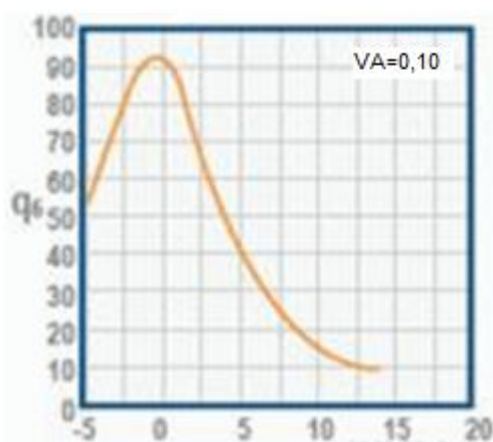


Fonte: MMA (2005).

A TEMPERATURA: A temperatura cuja razão de influência na qualidade do índice IQA é apresentado no Gráfico 8.

A Resolução CONAMA N°357/2005 não expressa limites de temperatura²⁸ para o enquadramento das águas, porém este parâmetro influencia fortemente variações nos níveis de outros parâmetros bem como vários processos no ambiente aquático. ANA 2016. Conforme MMA (2005) as equações e curvas desenvolvidas inicialmente para a determinação do índice IQA, não se aplicam aos cursos d'água brasileiros, pois estes não recebem cargas térmicas elevadas. Isso faz com que a variação da temperatura de equilíbrio seja muito próxima de zero. Contudo ANA (2016) apresenta a relação da variação da temperatura com a qualidade do índice de qualidade IQA.

Gráfico 8: Curva média de variação do parâmetro Temperatura no cálculo do IQA. (qs) valor de qualidade, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.



Fonte: MMA (2005).

3.6 Autodepuração de Cursos d'Água

São muitos os processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem durante o escoamento das águas nos cursos d'água. Durante alguns desses processos o curso d'água pode variar entre estados de equilíbrio e desequilíbrio de suas funções mais gerais. Como afirma Von Sperling (1996) o ecossistema de um corpo d'água encontra-se geralmente em equilíbrio antes do lançamento de efluentes²⁹.

Um desses processos é a chamada degradação aeróbia de compostos orgânicos ou autodepuração e engloba mecanismos como dispersão, diluição, sedimentação, das cargas de efluentes dentre outros (RODRIGUES, 2011).

Segundo Sardinha et al, (2008) o processo se inicia com um desequilíbrio inicial da quantidade de oxigênio dissolvido na água pela proliferação de bactérias aeróbias sensíveis a entrada de matéria orgânica no sistema resultando em uma desorganização inicial, seguida de uma tendência de organização posterior.

O processo consiste no reestabelecimento dos níveis anteriores de oxigênio pela reaeração atmosférica por difusão molecular ou difusão turbulenta e pela fotossíntese da vegetação do curso d'água (FARIA, 2008).

²⁸ Determina somente que, quando do lançamento de efluentes no corpo hídrico, a temperatura do efluente não poderá ultrapassar 40° C, sendo que a variação de temperatura do corpo hídrico não deverá exceder a 3°C na zona de mistura. Fonte: Resolução CONAMA N° 357/2005.

²⁹ Efluentes são despejos líquidos provenientes de atividades humanas e industriais. Embora alguns autores tratem também as emissões atmosféricas como efluentes, classificando-as como efluentes gasosos, aqui seguiremos a primeira abordagem. Fonte: INFOESCOLA. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/ecologia/efluentes/>>

Von Sperling (1996) explica que a difusão molecular é o processo de reaeração atmosférica que ocorre em corpos d'água com vazões muito baixas, enquanto que a difusão turbulenta se dá em um regime turbulento, que aumenta a superfície de contato com a atmosfera, promovendo grande inserção de oxigênio na água.

Segundo Rodrigues (2011) o processo de fotossíntese nos corpos d'água também é um mecanismo importante para o aumento dos níveis de oxigênio, porém o sistema deve ser caracterizado por uma baixa velocidade a fim de favorecer a proliferação de fitoplâncton³⁰ realizadores da fotossíntese.

Conforme Von Sperling (1996) a autodepuração depende da geometria do curso d'água e se processa ao longo do tempo e no decorrer de seu escoamento. Por isso, Santos (2010); Von Sperling (1996); e Rodrigues (2011) dividem o trecho a jusante em quatro zonas.

3.6.1 Zonas de autodepuração

As zonas de autodepuração são compartimentações conceituais do processo de degradação da carga orgânica lançada no curso d'água, conforme a Figura 72. O desempenho do processo está intimamente ligado à geometria e à vazão do curso d'água podendo levar dezenas de quilômetros para se completar de acordo com a concentração inicial de efluente lançado nas águas.

ZONA DE ÁGUAS LIMPAS: Um pouco a montante do ponto de lançamento da carga orgânica poluente o curso d'água encontra-se em seu estado equilibrado em seu nível de oxigênio.

ZONA DE DEGRADAÇÃO OU DE MISTURA: Onde ocorre o lançamento e a mistura do efluente nas águas, gerando o desequilíbrio inicial. Há então uma proliferação de bactérias aeróbias devido à disponibilidade de oxigênio e elevada quantidade de matéria orgânica. Há também junto com o déficit posterior de oxigênio no ambiente um decréscimo de animais aeróbios mais sensíveis como peixes pequenos e até maiores dependendo do nível de oxigênio disponível. Segundo Rodrigues (2011) a concentração de oxigênio dissolvido é o mais importante fator de manutenção da vida na água, pois pequenas variações afetam drasticamente sua fauna, sendo o parâmetro mais utilizado para medir sua qualidade.

A Tabela 13 expressa nas quantidades de oxigênio dissolvido a sensibilidade dos peixes.

Tabela 13: Sensibilidade dos peixes à variações da concentração de oxigênio dissolvido. (Continua).

Condição		Peixes de água fria: < 15° C (salmão, truta)	Peixes de água quente: > 20° C (pirarucu, aruanã)
Embriões	Ideal	> 11 mg/L	>6,5 mg/L
	Prejuízo moderado	8 mg/L	5 mg/L
	Morte	< 6 mg/L	<4 mg/L
Adultos	Ideal	>8 mg/L	>6 mg/L

³⁰ Fitoplâncton é o conjunto de organismos microscópicos fotossintetizantes adaptados a passar parte ou todo o tempo da sua vida em suspensão em águas abertas oceânicas ou continentais. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=147&Itemid=435>

	Prejuízo moderado	5 mg/L	4 mg/L
	Morte	<3 mg/L	<3 mg/L

Fonte: adaptado de RODRIGUES (2011).

ZONA DE DECOMPOSIÇÃO ATIVA: Devido a condição anterior, o aumento expressivo da quantidade de bactérias, o ambiente desta zona apresenta-se com níveis muito baixos de matéria orgânica e oxigênio. Segundo Rodrigues (2011) e Faria (2008) esta área apresenta ao declínio máximo de oxigênio consumido pela respiração bacteriana ocasionando a redução drástica da população de peixes. Neste trecho pode ocorrer também o início do processo de decomposição anaeróbia em função de, por vezes, o nível de oxigênio se apresentar igual a zero.

ZONA DE RECUPERAÇÃO: A quantidade de bactérias começa a decrescer, em razão de não haver mais oxigênio disponível na água na zona anterior, passando a ocorrer a recuperação da concentração de oxigênio pois o consumo agora é menor que a quantidade que é adicionada pelo processo de difusão. Para Rodrigues (2011), o menor consumo de oxigênio nesta zona é devido a menor concentração de matéria orgânica presente no meio, parte dessa massa já foi decomposta, parte ficou sedimentada no leito do rio e, principalmente, uma grande parte ficou em suspensão a montante da mesma.

ZONA DE ÁGUAS LIMPAS: Na zona final dos processos, por ocasião da acentuada diminuição da concentração de carga orgânica que servia de alimento para as bactérias a demanda de oxigênio diminui também, elevando a concentração do mesmo na água. Rodrigues (2011) explica que, as populações de peixes e outros seres aeróbios mais sensíveis às variações de oxigênio voltam a se proliferar.

Von Sperling (2005) e Rodrigues (2011) destacam ainda que pode haver elevada geração de nutrientes resultantes da decomposição da matéria orgânica propiciando a proliferação de um número maior de algas do que nas condições iniciais.

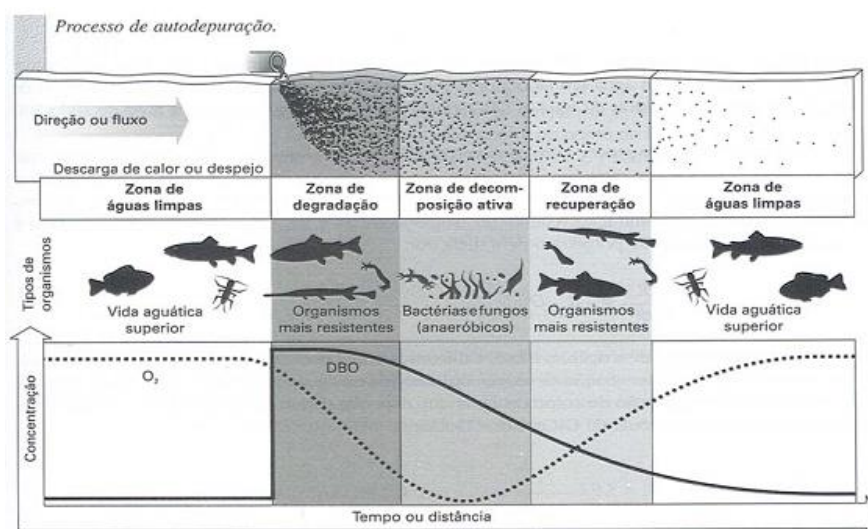


Figura 69: Zonas de autodepuração do curso d'água. Fonte: FARIA (2008).

3.7 Modelagem Computacional de Processos Hidrológicos

Os modelos hidrológicos têm uma grande gama de aplicações, como antever os impactos diversos decorrentes da intervenção humana bem como, e simular efeitos de eventos de precipitação em cenários hipotéticos. São utilizados na modelagem de águas provenientes de escoamento e descarte como de águas pluviais. Algumas aplicações típicas são:

- Concepção e dimensionamento dos elementos da rede de drenagem para controle de inundações;
- Dimensionamento de estruturas de retenção para o controle de inundação e proteção da qualidade das águas;
- Delimitação de zonas de inundação em leitos naturais;
- Concepção de estratégias de controle para minimizar o transbordamento de sistemas unitários e mistos;
- Avaliação do impacto de contribuições e infiltrações sobre o transbordamento do sistema de drenagem de águas de escoamento e de descarte;
- Simulação de poluição difusa para estudos de lançamento de efluentes (carga de contaminantes);
- Avaliação da eficácia das BMP's em reduzir o carreamento de poluentes durante a chuva.

Alguns modelos hidrológicos são denominados chuva/vazão, já que são muitas vezes aplicados com o objetivo de, a partir de uma precipitação conhecida, simular a resposta da bacia em termos de vazão para uma determinada seção fluvial de interesse (CRISPIM, SOUZA e FORMIGA, 2012).

Segundo Rodrigues (2011) entre os principais objetivos da modelagem da qualidade das águas em meio urbano estão a caracterização dos micro poluentes; o fornecimento das cargas lançadas nos corpos hídricos receptores; a obtenção das dimensões das estruturas de controle; a realização de análise de frequência dos parâmetros de qualidade; e o fornecimento de subsídios para uma análise de custo-benefício. Os dois primeiros objetivos estão relacionados à magnitude do problema e os demais estão relacionados análise e solução do problema.

Tipicamente os modelos enxergam o problema de poluição como um processo composto pelos estágios, acumulação de poluentes, lavagem da bacia e transporte pelo sistema de drenagem. A acumulação é o aumento de poluentes na superfície da bacia de captação durante períodos secos e a lavagem é a remoção dos poluentes pela chuva e escoamento superficial. A disponibilidade de poluentes na bacia é estimada por uma relação linear, exponencial, potencial ou Michaelis-Menton que é função do número de dias secos anteriores ao evento chuvoso. A lavagem de poluentes é modelada por um decaimento exponencial da carga superficial de poluentes disponíveis, sendo a intensidade da chuva, o volume precipitado, a taxa de escoamento ou volume escoado usados como variáveis explanatórias (PRADANOF, 2005).

Osuch-Pajdzinska e Zawilski (1998a) em seu artigo apresentam um modelo matemático do tipo determinístico para simular a quantidade e qualidade das vazões carregadas por um sistema de drenagem de águas pluviais para qualquer chuva desejada. É necessário o uso do modelo para calcular o hidrograma e o polutograma em qualquer ponto da rede. O modelo integra cinco submodelos: escoamento superficial, acumulação de poluentes, carregamento de poluentes, fluxos na rede de drenagem pluvial e um último para o transporte da carga de poluentes na rede de drenagem. Esses mesmos autores (1998b) apresentaram os resultados da calibração e verificação de modelos matemáticos para o cálculo de hidrograma e polutograma do escoamento urbano.

A calibração dos parâmetros do modelo está baseada nos resultados obtidos a partir de estudos de campo de sub-bacias mistas industrial e residenciais e de apenas residencial com

área superficial de 300 ha. O erro relativo foi calculado pela comparação das previsões fornecidas pelo modelo e os resultados da pesquisa de campo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A manutenção das características morfológicas bem como a vazão o saneamento de seu leito e fiscalização das faixas marginais do Valão dos Bois e seus afluentes tributários se constituem em importantes ferramentas de gestão das águas no município de Seropédica. O emprego dessas ferramentas poderia favorecer o estabelecimento de uma relação entre a população e os cursos d'água em muitos níveis e formas distintas.

Com esse intuito, a pesquisa foi desenvolvida em três etapas sequenciais cuja primeira foi a seleção, coleta, armazenamento e análise das amostras de solo e água do leito do Valão dos Bois e no exutório de seus afluentes, antes e depois de suas confluências com o Valão, totalizando 25 pontos ao longo dos seus 37 km. Com esses dados foi realizado um diagnóstico preliminar e posterior enquadramento parcial do canal nas classes estabelecidas pela Resolução CONAMA Nº 357 de 2005 quanto aos parâmetros de DBO_{5,20}, ST e OD.

Na segunda etapa recorreu-se a simulação computacional com posterior validação, das capacidades de autodepuração dos cursos d'água, utilizando os dados obtidos nas análises morfométricas para cada trecho analisado. Para isso utilizou-se o *software* AD'ÁGUA 2.0³¹ com licença *freeware*.

Uma vez que os resultados das capacidades de autodepuração para a grande maioria dos trechos simulados foi insatisfatório, procedeu-se à próxima etapa.

Na terceira etapa foram realizadas várias simulações em ambiente computacional a fim de quantificar as vazões máximas e transporte de sedimentos, nos exutórios das sub-bacias hidrográficas de cada bairro em quatro cenários, o primeiro no estado de pré-desenvolvimento, o segundo no estado de desenvolvimento atual, o terceiro no estado de desenvolvimento previsto para o município e o quarto no estado de desenvolvimento atual com implantação de uma solução estrutural de baixo impacto e baixo custo denominada trincheira de infiltração, com a finalidade de redução de escoamento superficial e transporte de sedimentos para os cursos d'água próximos. Esta etapa foi realizada no *software* PCSWMM5.

Os processos de aquisição de dados e modelagem dos cenários seguiram a sequência descrita abaixo com os respectivos dados de entrada:

Dados para diagnóstico do Valão dos Bois:

- DBO_{5,20}, DQO, OD, Sólidos Totais, Temperatura, Vazão (seção e velocidade do escoamento).

Dados para simulação do processo de autodepuração:

- Vazões, comprimento dos trechos, velocidades dos fluxos, DBO_{5,20} e OD.

Dados para simulação de cenários de urbanização:

- Dados morfométricos das sub-bacias hidrográficas, dados de precipitação, dados de uso do solo (taxa de impermeabilização, coeficiente de escoamento), modelo digital de elevação da bacia, dados de concentração de poluentes por evento, dados de capacidade de controle das trincheiras de infiltração.

³¹ Disponível em: < <http://www.mundogeomatica.com.br> >.

Para a simulação de todos os cenários de urbanização foram utilizados os parâmetros da equação de chuvas IDF pelo Método de Chicago³² para uma chuva de 4 horas em períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos para cada cenário.

4.1 Coleta de Amostras de Água

A seleção dos pontos de amostra foi realizada com base nas recomendações do Guia nacional de coleta e preservação de amostras de água e solo, editado pela ANA em 2011. Uma primeira sequência de pontos foi determinada nos exutórios das sub-bacias que contribuem para o Valão dos Bois e que recebem as águas de escoamento dos principais bairros do município, a saber: São Miguel, Santa Sofia, Boa Esperança, Mutirão, Jardim Maracanã e Campo Lindo.

³² Para o dimensionamento de drenos, vertedores, obras de proteção contra cheias e erosão hídrica é necessário o conhecimento das três grandezas que caracterizam uma precipitação: a intensidade, a duração e a frequência. A equação de intensidade, duração e frequência (IDF), também conhecida como equação de chuvas intensas, é a principal forma de caracterizar a relação dessas grandezas. Fonte: (BUENO PEREIRA, 2007).

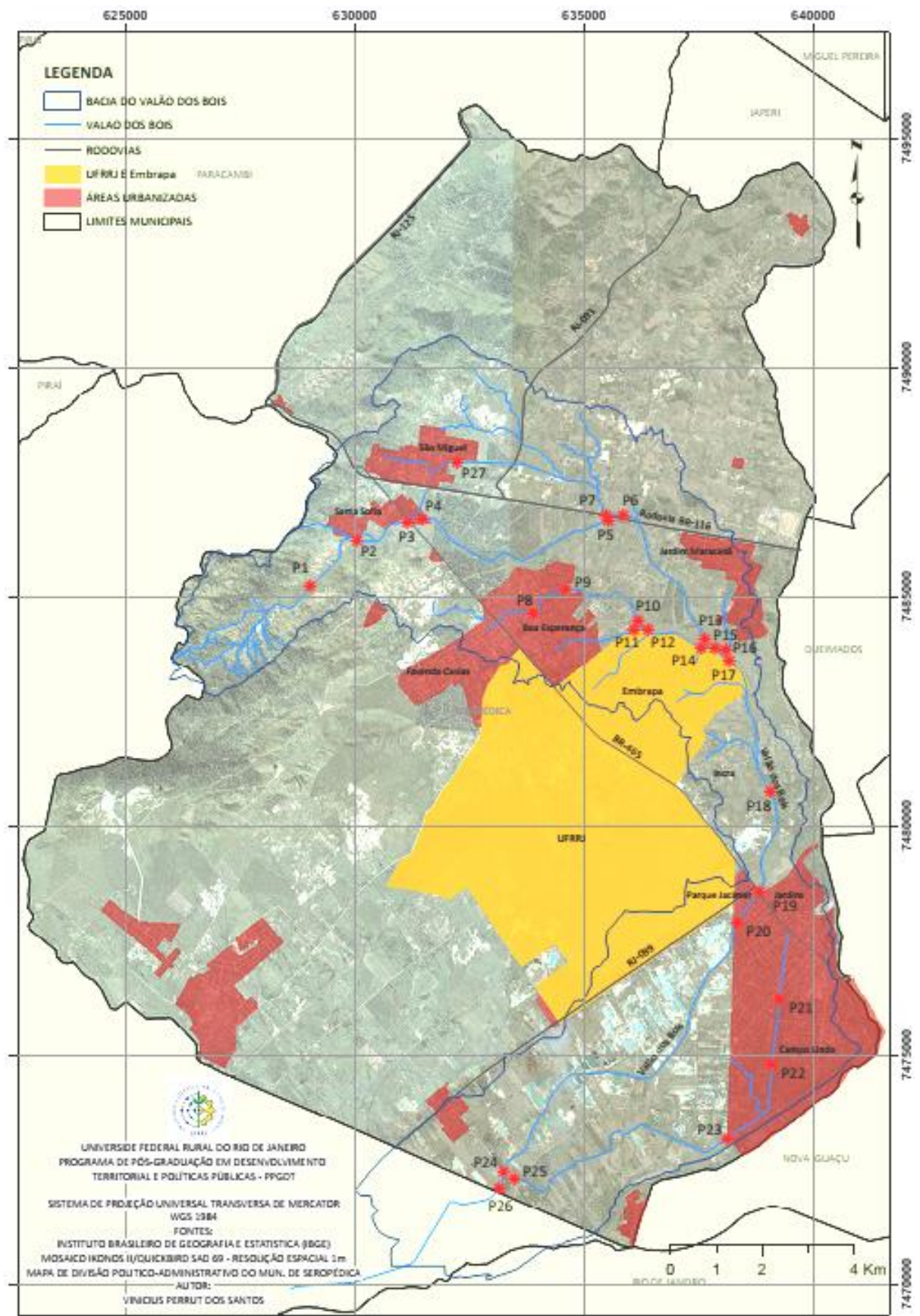


Figura 70: Mapa dos pontos de coleta.

Outra sequência de pontos foi selecionada no leito do Valão dos Bois logo antes da confluência com os canais tributários provenientes dos bairros. Assim, obedecendo às recomendações em ANA (2011), buscou-se identificar o estado dos canais que drenam cada bairro bem como o estado do curso d'água principal, o Valão dos Bois, logo antes do encontro com o canal que drena os bairros.

A terceira sequência de pontos foi coletado depois da zona de mistura entre as águas dos canais tributários e o canal principal, a fim de quantificar o impacto das águas drenadas dos bairros no Valão dos Bois (Figura 71).

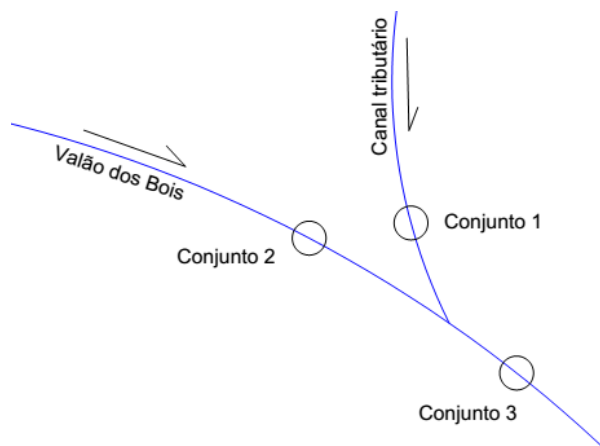


Figura 71: Esquema de localização dos pontos coletados.

Definida a localização dos pontos, foram realizadas várias visitas a campo para medições das seções transversais nos pontos. A fim de padronizar as condições em que as amostras foram coletadas (vazão e qualidade), foi definido que todas as amostras fossem coletadas no período de sete dias após a última chuva.

Assim, no dia 11 de julho de 2015 mais uma visita ao campo foi realizada, desta vez para medição da vazão dos canais nos pontos escolhidos. As vazões foram medidas diretamente no canal com um molinete hidráulico modelo FP-111 da marca Onicon, (Figura 72), cedido pela empresa INTERNAVE ENGENHARIA. O molinete mede a velocidade em que o fluxo de água passa pela hélice (Figura 73) na extremidade inferior.



Figura 72: Molinete hidráulico digital FP-111 Onicon. Fonte: acervo do autor.



Figura 73: Detalhe da hélice utilizada na determinação da velocidade do fluxo por contagem de giros. Fonte: acervo do autor.

Sabe-se que a velocidade do fluxo de água em um canal varia transversalmente ao sentido do fluxo, bem como com a profundidade. Para se ter a medida precisa da velocidade do fluxo é preciso dividir a seção do canal em distâncias iguais e medir a velocidade em cada fração com uma profundidade tabelada pelo fabricante do aparelho.

Com essas velocidades homogeneizadas por média aritmética, a vazão foi então calculada de acordo com a equação 1.

$$Q = V \times A \quad \text{eq.1}$$

Em que:

Q = é igual a vazão homogeneizada do curso d'água em m³/s.

V = é a velocidade homogeneizada do fluxo d'água em m/s.

A = é a área da seção molhada em m².

A utilização do molinete foi de extrema importância, pois além de imprimir celeridade ao processo, em muitos dos locais selecionados a vegetação impedia a utilização de outro método.

A coleta das amostras foi realizada em dois dias, a primeira parte em 11/07/2015 e a segunda no dia 09/02/2016, observando a quantidade de dias antecedentes sem chuva e a vazão dos cursos d'água.

As amostras de água foram coletadas diretamente do leito dos cursos d'água, numeradas e imediatamente resfriadas até alcançarem a temperatura de $\pm 4^\circ \text{C}$ e enviadas para análise dos parâmetros de DBO_{5,20}, DQO e Sólidos Totais no Laboratório de Análises HIDROQUÍMICA.

4.2 Enquadramento Parcial das Águas do Valão dos Bois

O enquadramento se deu de forma parcial, uma vez que foram utilizados somente os parâmetros de DBO_{5,20}, Sólidos totais e Oxigênio Dissolvido. O enquadramento de um curso d'água em uma classe é um processo complexo que envolve outros parâmetros e um planejamento dos usos do solo em âmbito regional (ANA, 2016). Porém a comparação simples dos índices dos parâmetros constantes na resolução CONAMA N° 357 de 2005 é uma ferramenta de diagnóstico da saúde do curso d'água bem como um indicador do início de processos que impactam o canal.

4.3 Modelagem do Processo de Autodepuração

De posse dos dados de $DBO_{5,20}$, DQO, Sólidos totais, OD (medidos no local), temperatura (medido no local) e vazão (calculado posteriormente), procedeu-se o processo de simulação da capacidade de autodepuração dos cursos d'água utilizando o *software* AD'ÁGUA 2.0, um sistema que utiliza o modelo matemático proposto por Streeter e Phelps em 1925 (SANTOS, 2010).

O modelo de Streeter e Phelps foi o primeiro modelo de qualidade da água e prevê o déficit de oxigênio dissolvido resultante da descarga de esgotos. O modelo foi desenvolvido em um estudo no rio Ohio (EUA), com o objetivo de aumentar a eficiência das ações a serem tomadas no controle da poluição, verificando se a redução da carga poluidora era suficiente para atingir os objetivos propostos, assim como para viabilizar soluções de menor custo (RODRIGUES, 2011).

Este modelo trata-se de uma ferramenta prática e de fácil utilização para se prever e diagnosticar, dentro de uma certa precisão, os danos causados pelo lançamento de um efluente num determinado corpo hídrico (RODRIGUES, 2011).

O modelo de Streeter e Phelps é um modelo determinístico e estático o que lhe confere certas limitações de modelagem. De acordo com Rodrigues (2011), o modelo pressupõe que a mistura total de efluente e água limpa é imediata e não considera especificidades características de cada corpo hídrico.

Porem Santos (2010) ressalta que o modelo fornece informações que podem subsidiar o planejamento e gerenciamento das fontes de lançamento nos cursos d'água.

O modelo de Streeter e Phelps utilizado pelo *software* AD'ÁGUA 2.0 necessita dos seguintes dados de entrada:

- vazão do rio, a montante do lançamento;
- vazão de esgotos (Q_e);
- oxigênio dissolvido no rio, a montante do lançamento (O_{Dr});
- oxigênio dissolvido no esgoto (O_{De});
- $DBO_{5,20}$ no rio, a montante do lançamento ($DBO_{5,20r}$);
- $DBO_{5,20}$ do esgoto ($DBO_{5,20e}$);
- coeficiente de desoxigenação (K_1);
- coeficiente de reaeração (K_2);
- velocidade de percurso do rio (v);
- tempo de percurso (t);
- concentração de saturação de OD (C_s);
- oxigênio dissolvido mínimo permissível (O_{Dmin}).

SANTOS (2010) ressalta que a hipótese básica do modelo é que o processo de decomposição da matéria orgânica no rio segue uma reação de primeira ordem, pois no modelo, a taxa de redução da matéria orgânica é proporcional a concentração desta, presente em um dado instante, de forma que:

$$DBO_t = L_o \cdot e^{-K_1 \cdot t} \quad \text{eq. 2}$$

Em que:

$DBO_{5,20t}$ = a quantidade de oxigênio dissolvido consumido desde o instante inicial até o instante t ;

L_o = a $DBO_{5,20}$ imediata após o ponto de lançamento, ou seja, a quantidade total de oxigênio necessária para a completa estabilização da matéria orgânica;

k_1 = é a constante de desoxigenação que depende do tipo de efluente;
 t = tempo em dias.

O equacionamento do modelo para o cálculo da concentração de OD combina os processos de reaeração e desoxigenação pelo decaimento da matéria orgânica conforme a equação 3:

$$C_t = C_s - D_t \quad \text{eq.3}$$

Combinando-se os processos de reaeração e desoxigenação pelo decaimento da matéria orgânica chega-se a equação do déficit de oxigênio dissolvido em um instante de tempo t :

$$C_t = C_s - \left[\frac{K_1 \cdot L_0}{K_2 - K_1} (e^{-K_1 \cdot t} - e^{-K_2 \cdot t}) + (C_s - C_0) \cdot e^{-K_2 \cdot t} \right] \quad \text{eq.4}$$

Em que:

C_t = concentração do oxigênio dissolvido no tempo t (mg/L);

C_s = concentração de saturação de oxigênio (mg/L);

C_0 = concentração inicial de oxigênio, logo após a mistura (mg/L);

K_1 = coeficiente da taxa de desoxigenação (dia-1);

K_2 = coeficiente da taxa de reaeração (dia-1);

L_0 = concentração de determinado poluente, no corpo receptor, após a mistura com o despejo (mg/L);

D_t = déficit inicial de oxigênio dissolvido no ponto de mistura (mg/L).

Para a determinação do valor do coeficiente K_1 , segundo Santos (2010) e Rodrigues (2011), é comum a utilização de tabelas em função do tipo de matéria orgânica, do tipo de tratamento e da temperatura, porém variável que exerce maior influência no metabolismo microbiano é a temperatura. Assim, é comum o cálculo da taxa de desoxigenação em função da temperatura de acordo com a equação 5:

$$K_{1T} = K_{120} \cdot \theta^{(T-20)} \quad \text{eq.5}$$

Em que:

K_{1T} = K_1 a uma temperatura T qualquer (d-1);

K_{120} = K_1 a uma temperatura $T = 20^\circ\text{C}$ (d-1);

T = temperatura do líquido ($^\circ\text{C}$);

θ = coeficiente de temperatura (adimensional).

Tanto Rodrigues (2011) quanto Von Sperling (1996) recomendam o valor usual de 1,047 para θ , ou seja, para cada acréscimo de 1°C na temperatura o valor de K_1 aumenta.

Para os valores de K_2 existem três métodos para sua obtenção (SANTOS, 2010):

- utilização de valores típicos tabelados (tabela 15);
- cálculo em função das características hidráulicas do corpo d'água (tabela 14);
- utilização de valores correlacionados com a vazão do curso d'água, descritos pela fórmula $K_2 = mQ^n$ onde m e n são coeficientes de ajuste.

Tabela 14: Tabela de valores para o coeficiente de reaeração K2.

CORPO D'ÁGUA	K ₂ (d ⁻¹)	
	PROFUNDO	RASO
Pequenas lagoas	0,12	0,23
Rios vagorosos, grandes lagos	0,23	0,37
Grandes rios com baixa velocidade	0,37	0,46
Grandes rios com velocidade normal	0,46	0,69
Rios rápidos	0,69	1,15
Corredeiras e quedas d'água	>1,15	>1,61

Fonte: SANTOS (2010).

Tabela 15: Tabela de valores para o coeficiente de reaeração K2 conforme suas características hidráulicas.

PESQUISADOR	FÓRMULA	FAIXA DE APLICAÇÃO
O'Connor e Dobbins (1958)	$3,73 \cdot v^{0,5} H^{-1,5}$	$0,6m \leq H < 4,0m$ $0,05m/s \leq v < 0,8m/s$
Churchill et al (1962)	$5,0 \cdot v^{0,97} H^{-1,67}$	$0,6m \leq H < 4,0m$ $0,8m/s \leq v < 1,5m/s$
Owens et al (Apud Branco, 1976)	$5,3 \cdot v^{0,67} H^{-1,85}$	$0,1m \leq H < 0,6m$ $0,05m/s \leq v < 1,5m/s$

Fonte: SANTOS (2010).

Assim, com os valores da variação de concentração de oxigênio dissolvido nos trechos entre os pontos de coleta do Valão dos Bois, em função do tempo e distância (perfil longitudinal) pôde-se plotar gráficos para entendimento e avaliação do fenômeno de autodepuração.

4.4 Modelagem Pluviométrica

Segundo Góis e Mendes 2013, as variáveis que caracterizam a chuva são a sua altura (lâmina precipitada), a intensidade e a duração.

Tomaz (2011) complementa que o objetivo de estabelecer uma chuva para um determinado projeto seria calcular uma precipitação P que atinge uma área A com uma duração D com uma probabilidade de ocorrência em um ano qualquer.

Para isso recorre-se, como nesta pesquisa, às curvas IDF (intensidade, duração e frequência), que são análises estatísticas de longas séries temporais de chuvas (mínimo de 15 anos segundo Góis e Mendes, 2013) para diversos períodos de duração de precipitação.

Esses dados são resumidos na forma de um gráfico relacionado a uma equação com três variáveis: intensidade, duração e frequência.

Os dados de precipitação utilizados nesta pesquisa são oriundos da curva IDF para o município de Seropédica, disponível no *software* PLUVIO 2.1³³ elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos – GPRH da UFV, e disponibilizado com licença *freeware*.

O PLUVIO 2.1 é um banco de dados de equações de chuvas intensas para todo o país. Ao selecionar a região de interesse no mapa o *software* disponibiliza as variáveis interpoladas, da equação IDF relativas aos dados da estação pluviométrica mais próxima. Quanto mais

³³ Disponível em: < <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares> >

próximo de uma estação melhor será a qualidade dos dados da equação, como é o caso do município de Seropédica.

A equação 5, do IDF, utilizada pelo *software* é mostrada abaixo:

$$i = \frac{K \times TR^a}{(t+b)^c} \quad \text{eq. 5}$$

Onde:

i = é a intensidade máxima média de chuva em mm/h;

K, a, b e c = são parâmetros empíricos determinados segundo as séries temporais de cada local;

TR = é o período de retorno em anos;

t=é o tempo de duração da chuva em min.

Para o município de Seropédica os parâmetros empíricos são os descritos na Tabela 16:

Tabela 16: Parâmetros empíricos da equação IDF para o município de Seropédica.

K	a	b	c
3812.02	0.218	34.565	0.999

Fonte: *Software* PLUVIO 2.1.

As simulações de eventos pluviométricos ora realizadas nesta pesquisa foram calculadas para chuvas específicas com 4 horas de duração e período de retorno de 2, 5, 10, 25 e 50 anos.

4.5 Modelagem dos Cenários de Expansão Urbana

A modelagem e análise dos cenários de expansão urbana e suas conseqüentes alterações no regime hidrológico da bacia hidrográfica do Valão dos Bois foi realizada no *software* PCSWMM5 2016 *Professional* 2D, cedido pela empresa *Computational Hydraulics*.

O *software* é uma plataforma que associa ferramentas de um SIG (sistema de informação geográfica) com os modelos do *Storm Water Management Model* – SWMM (Modelo de Gestão de Águas de Chuva) desenvolvido pela *US Enviromental Protection Agency* – EPA. Na prática o PCSWMM5 amplia as ferramentas e capacidades do SWMM e o transforma em uma ferramenta de planejamento com uma interface mais amigável.

O *software* SWMM é um dos sistemas mais utilizados no mundo para simulação de eventos de chuva e seus desdobramentos em bacias hidrográficas urbanas, podendo simular a quantidade e a qualidade do escoamento superficial tanto para um evento único de chuva como para um evento de chuva contínua por longo período (ROSSMAN, 2012).

Os cenários de expansão elaborados tiveram como base as sub-bacias hidrográficas da bacia do Valão dos Bois. Primeiramente procedeu-se a delimitação da bacia do valão dos Bois. Só então realizou-se a delimitação das sub-bacias, selecionando-se as que abarcam áreas urbanizadas, coincidentemente as áreas urbanizadas dos principais bairros do município.

4.5.1 Primeiro cenário

Os dados necessários à modelagem inicial do processo de urbanização estão relacionados com os cenários que se pretende simular. Assim, para simular o primeiro cenário, o de pré-desenvolvimento utilizou-se os seguintes dados de entrada:

- arquivo em formato vetorial da bacia hidrográfica da área de estudo (elaborado pelo autor em processo computacional automatizado tendo como base o modelo digital de elevação do município realizado no *software* Arcgis 10.2);
- arquivo em formato vetorial do Mapa Expedido de Solos elaborado pelo Laboratório de Geoprocessamento Aplicado do Departamento de Geologia/UFRRJ;
- modelo digital de elevação da bacia hidrográfica em estudo em formato *raster*³⁴ (elaborado pelo autor em processo computacional tendo como base as curvas de nível (com equidistância de 5m) da Carta Topográfica elaborada pela FUNDREN de 1989);
- dados morfométricos e de características de uso do solo dentro da sub-bacia de estudo (Tabela 17).

Os dados morfométricos e de uso do solo referentes à bacia hidrográfica solicitados pelo *software* são:

Tabela 17: Propriedades da sub-bacia. (Continua).

Attributes	Parâmetro	Descrição
Name	Nome	Nome da sub-bacia selecionada
X-Coordinate	Coordenada X	Coordenadas do centroide da sub-bacia.
Y-Coordinate	Coordenada Y	
Description	Descrição	Campo para descrição opcional da sub-bacia.
Tag	Etiqueta	Rótulo opcional usado para categorizar ou classificar a sub-bacia.
Rain Gage	Pluviômetro	Pluviômetro associado aos eventos na sub-bacia.
Outlet	Exutório	Nome do nó ou outra sub-bacia que receberá o escoamento da sub-bacia.
Area (ha)	Área	Área da sub-bacia (hectare).
Width (m)	Largura	Largura característica do escoamento superficial. Esta largura pode ser estimada dividindo-se a área da sub-bacia pelo valor médio do comprimento máximo do escoamento, que vai do ponto mais longe da sub-bacia até o ponto onde o escoamento é canalizado (TOMINAGA, 2014).
Flow Length (m)	Comprimento do caminho	Comprimento máximo do escoamento, que vai do ponto mais longe da sub-bacia até o ponto onde o escoamento é canalizado.
Slope (%)	Declividade	Declividade média da sub-bacia em porcentagem.
Imperv. (m)	Impermeável	Porcentagem da área superficial impermeável.
N Imperv.	n-Impermeável	Coefficiente “n” de Manning para o escoamento superficial na parcela impermeável da sub-bacia.
N Perv.	n-Permeável	Coefficiente “n” de Manning para o escoamento superficial na parcela permeável da sub-bacia.

³⁴ Dados *rasters* são formados por uma matriz de pixels (também chamados de células), cada uma contém um valor que representa uma condição da área coberta por essa célula. São imagens que contêm a descrição de cada pixel, em oposição aos gráficos vetoriais.

Dstore Imperv (mm)	PA-Impermeável	Profundidade de armazenamento em depressões na parcela impermeável da sub-bacia.
Dstore Perv (mm)	PA-Permeável	Profundidade de armazenamento em depressões na parcela permeável da sub-bacia.
Zero Imperv (%)	Porcentagem da A Imperm. sem armazenamento	Porcentagem da área impermeável sem armazenamento em depressão.
Subarea Routing	Propagação do escoamento	Permite escolher o modo de propagação do escoamento superficial entre áreas impermeáveis e permeáveis. Impermeável: escoamento a partir da área permeável para a impermeável. Permeável: escoamento a partir da área impermeável para e permeável. Exutório: escoamento a partir de ambas as áreas diretamente para o exutório.
Percent Routed	Porcentagem Propagada	Porcentagem de escoamento superficial propagando-se entre subáreas.
Curb Length	Comprimento do meio-fio	Comprimento total do meio-fio na sub-bacia. É Usado apenas quando a configuração inicial de poluente é normalizada pelo comprimento do meio-fio.
Snow Pack	Acumulação de neve	Abre uma janela com um conjunto de parâmetros relativos a acumulação de neve. Vazio quando não é utilizado.
LID Controls	Controles LID	Abre uma janela para editar opções de dispositivos de controle de baixo impacto associados a sub-bacia.
Groundwater	Águas subterrâneas	Abre uma janela para editar parâmetros relacionados a águas subterrâneas.

Fonte: ROSSMAN (2012).

Com estas informações o *software* calculou dois processos principais: inicialmente o escoamento superficial e a infiltração.

O escoamento superficial, segundo Rossman (2012), calculado pelo SWMM considera a sub-bacia como um reservatório que recebe o índice pluviométrico informado, cujo a capacidade de armazenamento é a capacidade de armazenamento em depressões informado. O escoamento “Q” ocorre quando o valor máximo de armazenamento “ d_p ” é superado, quando “Q” então é calculado pela equação de Manning (cujos coeficientes foram informados anteriormente). Seu limite é a altura “d” calculada de forma contínua durante o período da chuva informado.

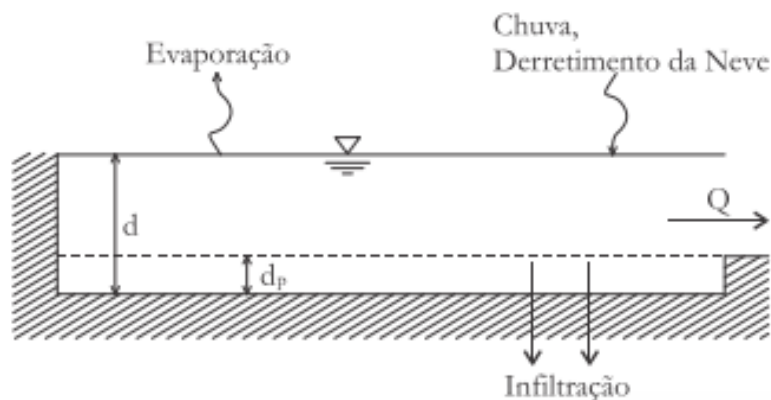


Figura 74: Visão conceitual do processo de escoamento no SWMM. Fonte: ROSSMAN (2012).

A infiltração que ocorre na soma das áreas informadas como impermeáveis foi calculada pelo modelo *Green-Ampt*. Este modelo assume um processo de umedecimento vertical do solo. Os parâmetros necessários são o déficit inicial de umidade no solo, a condutividade hidráulica do solo e a pressão de sucção capilar do solo, cujos índices foram informados para cada tipo de solo dentro da sub-bacia.

4.5.2 Segundo cenário

Para o segundo cenário procurou-se simular o estado de ocupação atual das sub-bacias estudadas e novos dados foram inseridos no modelo como:

- arquivo vetorial com informações de uso e ocupação do solo (elaborado pelo autor mediante vetorização de imagens aéreas no *software Arcgis 10.2*);
- dados de produção de sedimentos em meio urbano.

Este arquivo foi acrescido de informações referentes ao uso e ocupação do solo, assim cada quadra residencial recebeu um índice de impermeabilização conforme inspeção visual da imagem aérea, assim como as áreas de ruas, pasto, comércio e floresta (Tabela 18).

Tabela 18: Coeficientes utilizados para caracterização dos usos do solo.

Coeficientes do Uso do Solo					
Uso do Solo	% de Imperm.	n Imperm.	n Perm.	PA Imperm.	PA Perm.
Residencial	Variável	0,013	0,13	2,67	5,08
Trânsito	100	0,011	0	1,27	0
Comércio	85	0,015	0,05	1,27	3,67
Pasto	0	0	0,24	0	5,08
Floresta	0	0	0,80	0	7,62

Os poluentes simulados foram Sólidos em Suspensão, e os metais Chumbo e Zinco, característicos de sedimentos produzidos em meio urbano. Os índices de concentração dos poluentes são inseridos e associados ao respectivo uso do solo. Adotou-se que somente as áreas de trânsito e residenciais produzem e conduzem tais poluentes.

Associando-se os coeficientes a área da sub-bacia, somadas as características do solo já associadas anteriormente e as concentrações características dos poluentes, o segundo cenário foi simulado.

4.5.3 Terceiro cenário

No terceiro cenário, foram utilizadas as projeções populacionais adotadas pela Nova CEDAE, quando de seu projeto de esgotamento sanitário para o município de Seropédica e do Plano de Desenvolvimento Sustentável da Baía de Sepetiba, que prevê em média o aumento da população em 3 vezes em 10 anos. Com essa estimativa procedeu-se a duplicação das áreas impermeáveis no intuito de simular um aumento de ocupação do solo e alguma mudança de uso. Assim, procedeu-se também a alteração dos índices de impermeabilização de áreas como Pasto e Floresta de 0% para 20%. Esta alteração objetivou retratar o padrão atual de urbanização do município, que por vezes prescinde da preservação de suas áreas verdes no afã do desenvolvimento econômico.

4.5.4 Quarto cenário

Para o quarto cenário, voltou-se ao estado de ocupação atual a fim de simular uma solução para redução do escoamento superficial e concomitantemente promover uma redução dos índices de carreamento de sedimentos, dentre eles os poluentes, para os cursos d'água. Recorreu-se então a simulação da instalação de trincheiras de infiltração, classificados como métodos de controle de enchentes e/ou poluição na fonte ou métodos de controle de escoamento estrutural, por se caracterizar uma solução de fácil execução, baixo custo e alta capacidade de remoção de sedimentos.

A trincheira de infiltração idealizada para esta proposição seria instalada nas calçadas nos dois lados de cada rua dentro da bacia, intercalando de terreno em terreno como mostra a Figura 75 abaixo.



Figura 75: Esquema da localização dos Jardins de infiltração.

Para não impedir o passeio público e dotar a proposta de um caráter realista, as dimensões da trincheira foram mantidas mínimas, considerando o tamanho das calçadas no município. Com uma largura de 1,5 m e um comprimento de 5 m, intercalados entre terrenos sim e terrenos não para os dois lados das ruas, cada rua teria em média 25 unidades de trincheira. Cada rua teria 187,5 m² de trincheira de infiltração.

Os dados utilizados para caracterizar a trincheira são vistos na Figura 76 abaixo.

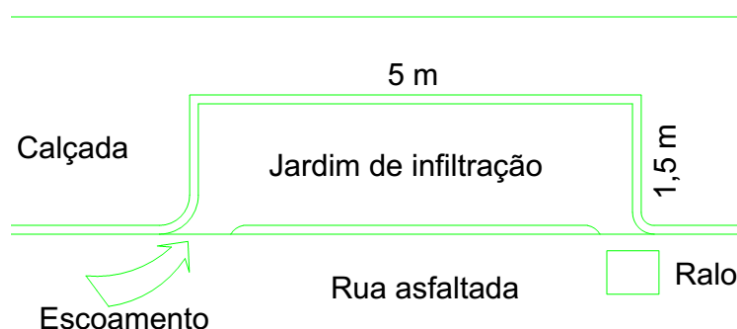


Figura 76: Esquema conceitual e dimensões do Jardim de infiltração.

Segundo Rossman 2012, as BMPs estruturais são tratadas no SWMM como objetos de controle e tratamento de escoamentos para desenvolvimento de baixo impacto (LID – *Low Impact Development*). Esses são representados no *software* como uma combinação de camadas com índices de permeabilidades diferentes das do solo em que está implantado. Assim, durante a simulação é calculado o balanço hídrico determinando o que escoo e a quantidade que infiltra em cada camada como mostra a Figura 77.

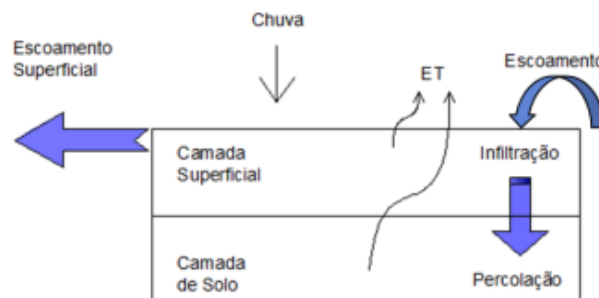


Figura 77: Representação conceitual dos processos em uma trincheira de infiltração. Fonte: ROSSMAN (2012).

Posteriormente procedeu-se a comparação e análise dos resultados das simulações dos cenários a fim de entender o funcionamento das funções hidrológicas das sub-bacias bem como avaliar a eficiência das medidas de baixo custo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira etapa da pesquisa objetivou-se elaborar um diagnóstico das condições do corpo hídrico Valão dos Bois e seus tributários afluentes. Para isso recorreu-se a medições de suas características morfométricas, de parâmetros físico-químicos das águas que por ele escoam, dos usos do solo e da relação do morador próximo com o corpo hídrico.

5.1 Análise dos Parâmetros Físico-químicos de Qualidade

As análises dos parâmetros físico-químicos serviram de base para a elaboração de mapas temáticos, onde os trechos associados aos pontos amostrados receberam cores conforme seu enquadramento nas classes da Resolução CONAMA N° 357 de 2005.

O parâmetro Sólidos Totais, conforme a resolução, tem o mesmo nível de concentração máximo para todas as classes exceto para classe 4. Como a maioria dos valores analisados encontraram-se abaixo da concentração de 500 mg/L, foi realizada uma divisão dos valores analisados, Figura 78, a fim de expressar a variação da concentração de sólidos no curso d'água mesmo a grande maioria estando dentro da classe 1 conforme a norma.

A grande maioria dos trechos analisados encontra-se com níveis muito baixos de qualidade da água, sobretudo nos trechos próximos às áreas urbanizadas, melhorando conforme se distanciam destas áreas.

Como o município não possui sistema de tratamento de esgotos, a rede coletora da drenagem das águas pluviais recebe os despejos, lançando-os no Valão dos Bois. Essa pratica acaba por forçosamente dotar o sistema de drenagem pluvial de uma função para qual não foi projetado, a de funcionar como um sistema de coleta a transporte único de esgotos, que ao final não trata seu volume despejando no canal um total de 3520,15 kg de DBO por dia. Tal fato não impede, sobretudo nas áreas rurais, os usos mais diversos por parte da população.

Conforme representado nos mapas elaborados, os trechos enquadrados na classe 4 são os que tem maior índice de $DBO_{5,20}$ e Sólidos Totais e menores índices de OD. Esses valores se devem então a alta concentração de matéria orgânica nas águas.

Nesse contexto a Figura 79, elucida a distribuição espacial da concentração da carga orgânica ao evidenciar a influência das áreas urbanizadas nos trechos impactados em função de sua proximidade.

Entre esses trechos, podemos destacar como mais significativos da degradação da qualidade do Valão os trechos descritos a seguir:

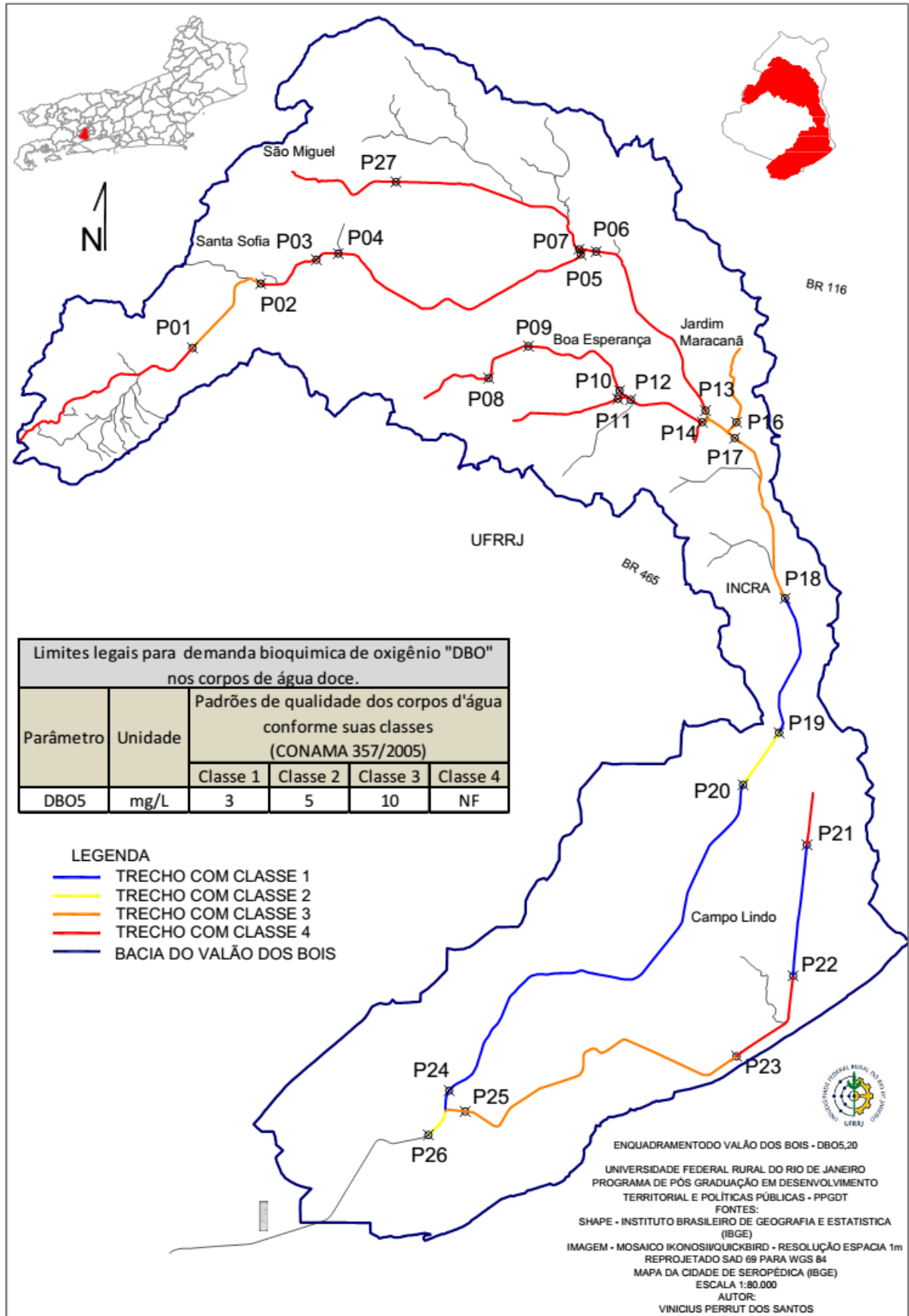


Figura 78: Mapa da distribuição da concentração de DBO_{5,20} nos trechos do Valão dos Bois.

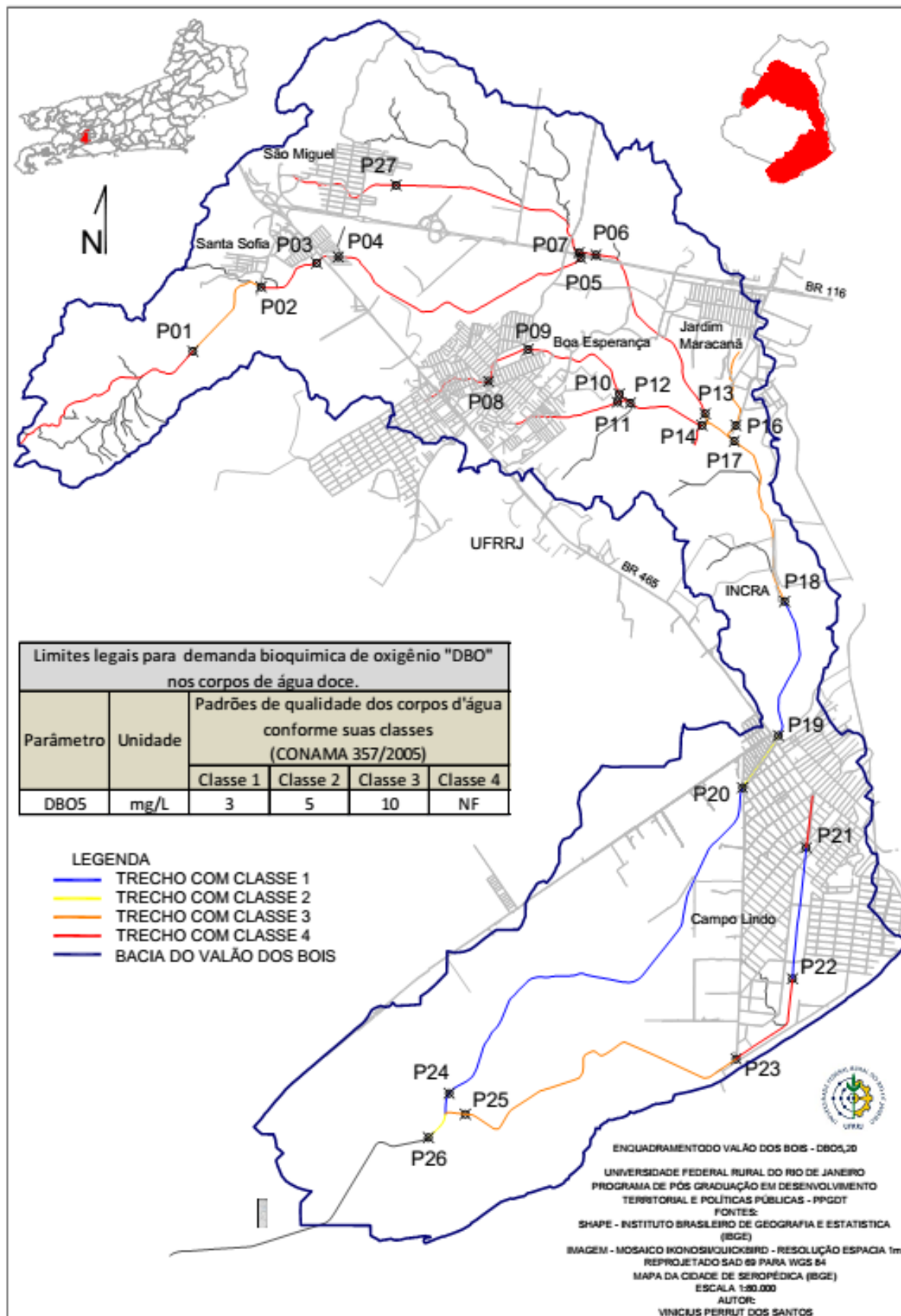


Figura 79: Mapa da distribuição da concentração de DBO5,20 nos trechos do Valão dos Bois com relação às áreas urbanizadas.

O trecho entre os pontos P02 e P03 apresentam uma variação de DBO_{5,20} de aproximadamente 500% (de 6,83 para 33,50 mg/L respectivamente como visto na Tabela 19) em 1,17 km, oriunda de um aumento da carga de DBO_{5,20} de 11,35 para 39,22 kg/dia. Como os índices de DQO e Sólidos Totais neste trecho quase não se alteraram, e o índice de OD não se alterou quando deveria aumentar, face ao aumento na DBO_{5,20}, possivelmente o ponto P03 encontra-se no início da zona de degradação, quando a diminuição da concentração de OD está iniciando.

Tabela 19: Índices dos parâmetros de qualidade medidos nos pontos de coleta indicados.

Pontos de Coleta	DBO _{5,20} (mg/L)	DQO (mg/L)	Temp. (°C)	ST (mg/L)	OD (mg/L)
P01	40.83	59	31	270	5.30
P02	6.83	50	26	269	5.50
P03	33.50	60	25	171	5.48
P04	36.08	67	24	171	4.90
P05	44.13	49	26	183	5.35
P06	36.42	47	25	484	5.80
P07	51.17	69	26	1190	4.75
P08	26.60	180	23	160	4.24
P09	18.00	130	28	196	3.70
P10	63.33	73	24	178	3.35
P11	19.65	48	23	115	4.76
P13	20.35	37	25	474	3.70
P14	39.08	58	22	120	3.76
P16	5.71	33	25	1776	4.12
P17	6.11	38	24	225	4.75
P18	6.14	26	26	263	5.25
P19	2.71	31	27	240	6.32
P20	3.49	30	27	256	5.80
P21	15.45	83	32	210	4.60
P22	2.58	53	31	213	4.37
P23	32.53	125	33	847	4.60
P24	2.43	63	24	447	6.25
P25	6.12	32	29	254	4.74
P26	4.14	30	23	282	5.13
P27	11.80	173	27	691	4.21

No trecho entre os pontos P03 e P04 há aumento da degradação em função da proximidade com o despejo de esgoto do loteamento conhecido como Casinhas.

No trecho entre os pontos P04 e P05 esperava-se que a grande distância de 4,84 km e o fato do curso d'água atravessar um trecho de 2 km da FLONA Mário Xavier, houvesse uma diminuição do nível de degradação. Porém o aumento do índice de DBO_{5,20} de 36,08 para 44,13 mg/L (Tabela 19) indica despejos na parte final do trecho, localizada depois da FLONA, onde há o final do bairro Boa Esperança e a fábrica da P&G. Assim o ponto P05 parece sofrer influência de despejo em seus arredores, ou seja, encontra-se em uma zona de degradação.

Outro trecho com grande aumento nos índices de degradação encontra-se entre os pontos P27 e o P07 com aumento no índice de $DBO_{5,20}$ de 11,80 para 51,17 mg/L e de Sólidos Totais de 691 para 1190 mg/L. O ponto P27 localiza-se no final do bairro São Miguel e no trecho de 4 km até o ponto P07, há somente uma dezena de casas, um posto de gasolina e poucas empresas entre elas a PANCO. Esse aumento nos índices de $DBO_{5,20}$ e ST possivelmente é proveniente de lançamento de esgotos industriais pois há também o aumento expressivo da vazão de 0,01 para 0,044 m³/s, sem que haja ocupações residenciais significantes no trecho.

O trecho entre os pontos P08, P09 e P10 é o talvegue da sub-bacia do bairro Boa Esperança. Este trecho apresenta em sua primeira metade um decréscimo normal de concentração de $DBO_{5,20}$ pois, a medida que no ponto P08, onde há uma densidade populacional maior, o índice de $DBO_{5,20}$ é de 26,60 mg/L, no ponto P09 o índice é de 18,00 mg/L, dada a menor densidade populacional. Esse decréscimo é acompanhado pelo parâmetro DQO. Porém, na parte final do trecho, onde já não há ocupação significativa, próximo ao ponto P10, os valores de $DBO_{5,20}$ se elevam para 63,33 mg/L com um correspondente decréscimo na concentração de OD chegando a 3,35 mg/L. Essa degradação possivelmente é decorrente do lançamento de resíduos do antigo lixão do município. Mesmo que atualmente esteja fechado e saneado, línguas de chorume alcançam o canal que passa a poucos metros do antigo lixão.

O trecho entre os pontos P18 e P19 também apresentam características relevantes para a análise pois seus índices expressam uma melhora significativa na qualidade das águas do Valão. Com um índice de $DBO_{5,20}$ variando de 6,14 para 2,71 mg/L e concentração final de OD no ponto P19 de 6,32, o trecho se enquadra na classe 1. O aumento na qualidade das águas ocorre, pois, o trecho corre por uma área não ocupada não ocorrendo despejo ao longo de seus 2,6 km.

O trecho entre os pontos P21, P22 e P23 formam o talvegue do Valão do China que drena a bacia do bairro Campo Lindo e apresentam valores extremos nos índices dos parâmetros de qualidade das águas. Em sua primeira parte, um trecho de 1,54 km, o índice de $DBO_{5,20}$ chega a 15,45 mg/L e OD a 4,6 mg/L, pois a maior parte do esgoto desta região é lançada no canal diretamente.

A segunda parte do canal (P22) apresenta melhora significativa no índice de $DBO_{5,20}$ medindo 2,58 mg/L. Essa melhora se deve a vários fatores, o primeiro se deve a não ocupação das margens como ocorre na primeira parte, o segundo a baixa densidade populacional no trecho, e o terceiro é a inexistência de rede coletora de esgotos favorecendo o uso de sumidouros e lançamento em valas a céu aberto (Figura 80).

Outros fatores podem ocorrer em todos os pontos da bacia do Valão dos Bois, mas com maior probabilidade nesta região. O primeiro é relacionado a grande presença de vegetação no talvegue do canal o que pode favorecer a inserção de oxigênio em função da fotossíntese. Outro é a ocorrência de diluição dos despejos por ocasião de um regime efluente nos canais. Tal fenômeno ocorre quando os corpos hídricos recebem água do subsolo, sobretudo quando as características do solo favorecem como os arenosos.



Figura 80: Foto de Irinéia Verçosa do bairro Campo Lindo com lançamento de esgoto a céu aberto. Fonte: acervo do autor.

Na terceira parte do trecho o ponto P23 expressa valores altos para o índice de $DBO_{5,20}$, DQO e ST com 32, 53 mg/L, 125 mg/L e 847 mg/L respectivamente. Porém devido à baixa densidade populacional, e às características do terreno muito arenoso, esta última parte apresenta-se sem fluxo da água e muito assoreado. O fluxo do canal é todo infiltrado durante o escoamento.

O ponto P24 apresenta os melhores índices nos parâmetros de qualidade com $DBO_{5,20}$ de 2,43 mg/L e OD com 6,25 mg/L. Neste trecho ocorre a diluição da carga orgânica acumulada até o P20, em razão da grande ocorrência de pontos onde ocorrem contatos entre as águas do canal e as águas das cavas de extração de areia. Esse processo, associado às características do terreno muito arenoso, provoca uma verdadeira troca ocasional entre as águas do Valão dos Bois e das cavas. Ao longo desse trecho de 8 km, as águas de despejo infiltram no solo arenoso, enquanto que novas águas oriundas das cavas são introduzidas no Valão, sobretudo nos períodos de chuva quando o nível das águas das cavas é elevado.

Em termos da quantidade da carga orgânica lançada no Valão dos Bois os destaques são os pontos P08 e P10 conforme a Tabela 20, evidenciando o bairro Boa Esperança como maior lançador de carga orgânica no Valão, sobretudo na área com maior densidade localizada no entorno da Rodovia BR465 na altura do Km 5 (antigo Km 49).

Tabela 20: Carga de $DBO_{5,20}$ medida nos pontos de coleta e seus correlatos: (Continua).

Pontos de Coleta	$DBO_{5,20}$ (mg/L)	Vazão Q (L/s)	Carga de $DBO_{5,20}$ medido (kg $DBO_{5,20}$ /dia) 2015
P01	40.83	2.48	8.75
P02	6.83	19.23	11.35
P03	33.50	13.55	39.22
P04	36.08	23.10	72.01
P05	44.13	23.74	90.52
P06	36.42	76.26	239.97
P07	51.17	44.86	198.33

P08	26.60	411.31	945.29
P09	18.00	184.09	286.30
P10	63.33	96.07	525.67
P11	19.65	66.34	112.63
P13	20.35	34.98	61.50
P14	39.08	10.01	33.80
P16	5.71	3.46	1.71
P17	6.11	57.85	30.54
P18	6.14	384.30	203.87
P19	2.71	345.60	80.92
P20	3.49	705.00	212.58
P21	15.45	34.80	46.45
P22	2.58	1.82	0.41
P23	32.53	0.00	0.00
P24	2.43	343.20	72.06
P25	6.12	0.94	0.50
P26	4.14	786.00	281.15
P27	11.80	10.38	10.58

De fato, as sub-bacias com maiores populações são as que drenam os bairros Boa Esperança e Campo Lindo, conforme a (Tabela 21). Porém como visto anteriormente as águas do bairro Campo Lindo, cuja qualidade é avaliada pelos índices dos pontos P21 a P23, são infiltradas em sua grande maioria, não entrando no cômputo de produção de carga orgânica.

Tabela 21: Cargas de DBO_{5,20} per capita e mensurada nos exutórios das sub-bacias.

Sub-bacia dos bairros	População Estimada 2015 (hab.)	Carga de DBO _{5,20} per capita (kg DBO _{5,20} /dia) 2015	Carga de DBO _{5,20} encontrada (kg DBO _{5,20} /dia) 2015
Bacia Santa Sofia (P03)	3.436	185.54	39.22
Bacia São Miguel (P27)	3.317	179.12	10.58
Bacia Boa Esperança (P10)	22.168	1197.07	525.67
Bacia Mutirão (P11)	3.174	171.40	112.63
Bacia Jd. Maracanã (P16)	777	41.96	1.71
Bacia Campo Lindo (P21)	32.316	1745.06	46.45

As perdas de água, sobretudo por infiltração durante o processo de escoamento dentro da bacia do Valão dos Bois são grandes. A bacia tem uma baixa densidade populacional e as áreas urbanizadas tem baixo índice de impermeabilização, em sua grande maioria as quadras não chegam a 60% de ocupação. Somente na área central da sub-bacia do bairro Boa Esperança são encontradas quadras com impermeabilização de quase 100% conforme a Figura 81.



Figura 81: Imagem aérea de parte da sub-bacia do bairro Boa Esperança com alta taxa de impermeabilização do solo. Fonte: Google Maps.

Os processos de perdas são evidenciados também ao se comparar os dados da Tabela 21. A carga de $DBO_{5,20}$ per capita mostra a produção estimada de material orgânico oriundo de esgotos domésticos por bairro em função do número de habitantes por uma produção média de 54g/hab por dia. Ao comparar os valores de $DBO_{5,20}$ encontrados nos exutórios das sub-bacias, podemos constatar que nas sub-bacias mais impermeabilizadas as perdas são menores, possivelmente em razão, sobretudo, da não infiltração.

Com relação à capacidade de escoamento das águas do Valão, foi observado que fatores como a impermeabilização do solo das sub-bacias e a falta de manutenção das capacidades volumétricas das calhas dos canais são fatores agravantes dos processos de inundação dos bairros. Porém o fator que mais favorece esses processos na maioria das sub-bacias é a ocupação irregular nas margens do Valão dos Bois e seus afluentes.

Esta forma de ocupação é predominante ao longo dos canais nos bairros Boa Esperança, São Miguel (Figura 82) e Campo Lindo. As plantas dos loteamentos nesses bairros mostram que os afastamentos dos cursos d'água são menores que 5 m quando existem. No bairro Campo Lindo (Figura 83 e 84), 1,42 km do Valão do China e 1,33 km do Valão dos Bois tem as margens ocupadas e sujeitas a inundação. No bairro Boa Esperança (Figura 85), são 1,35 km, e no bairro São Miguel são 1,06 km somente as margens dos canais principais.

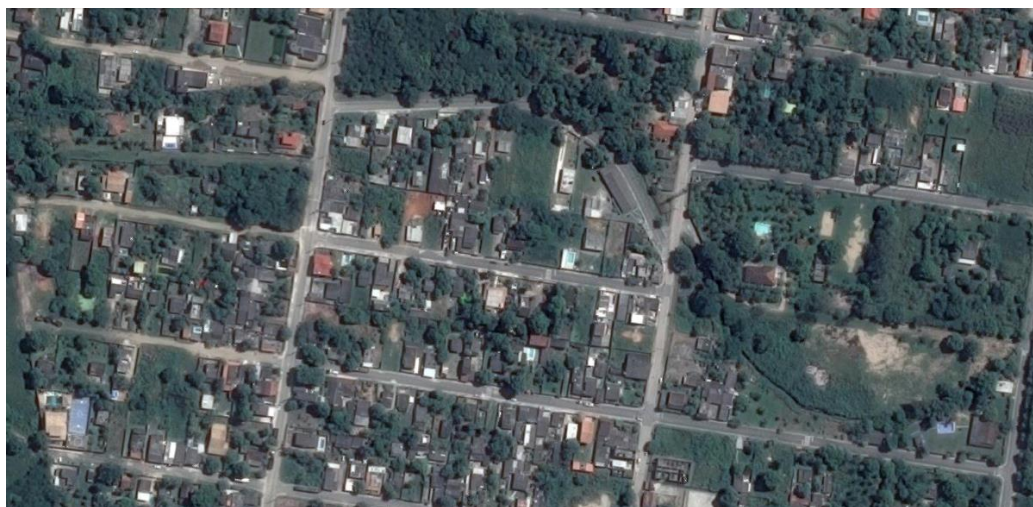


Figura 82: Imagem aérea do bairro São Miguel com ocupações ao longo do canal. Fonte: Google Maps.



Figura 83: Imagem aérea de trecho do Valão do China no bairro Campo Lindo com ocupações irregulares ao longo do canal. Fonte *Google Maps*.



Figura 84: Imagem do Valão do China no bairro Campo Lindo mostrando o estreitamento de sua seção. *Google Street View*.

Conforme o exposto na descrição dos pontos de coleta, as seções dos Valões do China e dos Bois foram projetadas para escoar grandes vazões dadas as características pluviométricas da região, porém as ocupações além de diminuir as seções ao longo de um longo trecho (Figura 84), impossibilitam a manutenção e em muitos pontos como na travessia de ruas, criam verdadeiros diques em razão da diminuição extrema da seção do canal, favorecendo processos de inundação (Figuras 85, 86 e 87).



Figura 85: Foto da rua Pirai no bairro Boa Esperança. Fonte: acervo do autor.



Figura 86: Foto do cruzamento da Rua 42 com o canal que escoar o bairro Boa Esperança com estreitamento da seção. Fonte: acervo do autor.



Figura 87: Foto da Rua João Moura de Oliveira em frente ao Posto de Saúde no bairro Fazenda Caxias. Fonte: acervo do autor.

Nas sub-bacias dos bairros Santa Sofia e Jardim Maracanã os canais não correm pela área urbanizada, e nas sub-bacias dos bairros Campo Lindo e parte de Boa Esperança as condições topográficas do terreno também favorecem processos de inundação.

A prefeitura da cidade tem realizado programas de assentamento de famílias em situação de risco, oferecendo casas nos condomínios de interesse social, mas alega que outras famílias ao verem as casas vazias invadem e ocupam as habitações irregulares.

A prefeitura também alega que tem notificado a empresa MRS Logística a apresentar projetos equacionados com as demandas do ciclo hidrológico do município quando de suas recentes obras de duplicação da linha férrea. Esta ferrovia sob concessão da empresa, atravessa a bacia do Valão dos Bois, criando vários pontos de retenção nos canais, e por vezes alterando os cursos de escoamento naturais.

As análises mostram que o lançamento de esgoto, em grande parte de forma direta, por longos trechos do Valão dos Bois, impede o estabelecimento de processos de recuperação de condições mínimas de qualidade das águas.

5.1.1 Resultados das simulações dos processos de autodepuração

As simulações da capacidade de autodepuração dos trechos confirmam que a prática de lançamento de esgoto no Valão dos Bois se dá em tantos pontos e de forma dispersa que pode ser considerada difusa.

No trecho entre o ponto P02 e o P03 a concentração inicial de OD é de 5,5 mg/L e ao longo dos 1,17 km do trecho, o processo de reaeração deveria promover um aumento da concentração de OD conforme a Figura 88. O gráfico mostra que a aproximadamente a 1,17 km do ponto de leitura no leito do curso d'água a concentração de OD deveria estar acima de 6 mg/L. Porém, no ponto P03 a concentração de OD encontra-se em 5,48 mg/L, indicando que ao longo do trecho ocorrem lançamentos de esgotos o que impede o processo de reinserção de oxigênio na água.

Distância (km)	OD (mg/L)
0.00	5.50
5.00	7.96

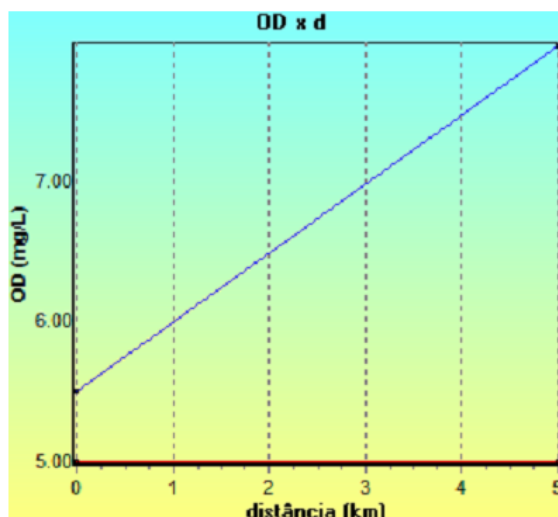


Figura 88: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P02 a P03.

O mesmo resultado pode se verificar no trecho entre os pontos P03 e P04 pois quando de sua concentração inicial de OD a 5,48 mg/L, com o percurso de 323 m até o ponto P04, a concentração de OD deveria alcançar aproximadamente 5,6 mg/L. Mas a concentração medida foi de 4,9 mg/L (Figura 89), nos permitindo constatar o lançamento de carga orgânica no trecho, oriundo dos condomínios Jardim das Acácias e Parque das Flores conhecido como Casinhas.

Distância (km)	OD (mg/L)
0.00	5.48
5.00	6.87

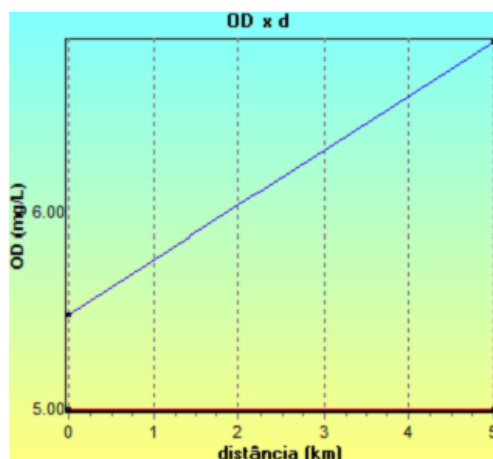


Figura 89: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P03 a P04.

O fenômeno se repete nos trechos que drenam as áreas urbanizadas em razão de três fatores, o despejo de esgoto ao longo de todo o trecho analisado impedindo percursos de escoamento com distância suficiente para alcance de níveis satisfatórios de OD, a característica topográfica da bacia com densidade de drenagem alta e a falta de rede coletora de esgoto que, no mínimo, concentre os despejos em um único ponto do canal, possibilitando a decomposição da carga orgânica e reaeração das águas ao longo do escoamento.

Nos trechos onde a ocupação do solo começa a se tornar esparsos, os processos de reaeração das águas começam a se reestabelecer. Entre os pontos P17 e P18 o índice de OD é de 4,75 mg/L devido os lançamentos de esgoto oriundos dos bairros Boa Esperança e Jardim Maracanã localizados a montante do trecho. Contudo, como a partir do ponto P17 como não há ocupação significativa no entorno do canal, o índice de OD começa a se elevar.

Na simulação para este trecho de 2,98 km, o Valão dos Bois alcança aproximadamente 6,8 mg/L de OD (Figura 90). Porém como ainda há esparsas edificações ao longo do trecho o índice de OD apresenta-se em 5,25 mg/L.

Distância (km)	OD (mg/L)
0.00	4.75
5.00	8.29

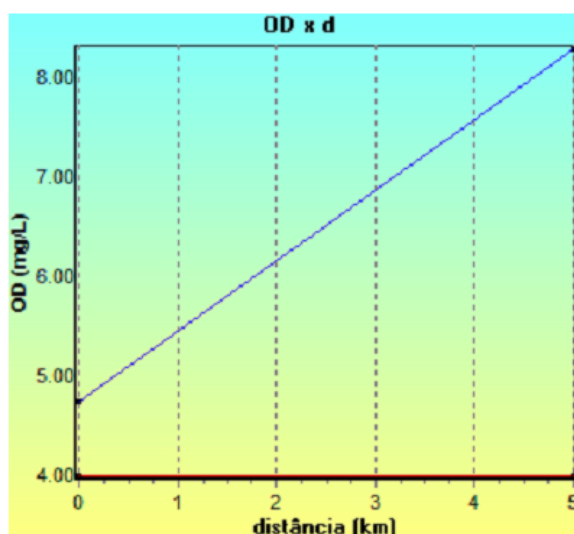


Figura 90: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P17 a P18. Fonte: elaborado pelo autor.

Somente no trecho entre os pontos P18 e P19, por ocasião da inexistência de ocupação ao longo do trecho é que o processo de auto depuração se estabelece plenamente.

Conforme a Figura 91, o trecho entre os pontos P18 e P19 se inicia com uma concentração de 5,25 mg/L de OD e ao longo de seus 2,6 km eleva-se para 6,32 mg/L tanto na simulação quanto na medição realizada.

O resultado indica que nas áreas onde não há ocupação urbana os processos hídricos tendem a se reestabelecer dentro da previsão simulada.

Distância (km)	OD (mg/L)
0.00	5.25
5.00	7.64

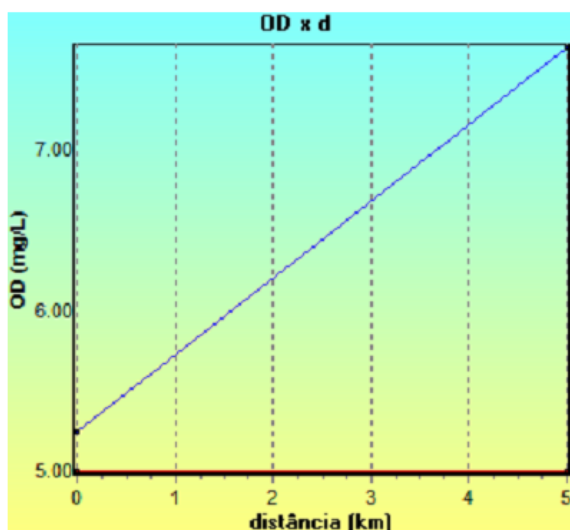


Figura 91: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P18 a P19. Fonte: Elaborado pelo autor..

Conforme os trechos localizados em áreas urbanizadas, o trecho seguinte, entre os pontos P19 e P20, ao sofrer despejo de carga orgânica ao longo de seus 939 m, tem seu índice de concentração de OD reduzido de 6,32 para 5,8 mg/L, quando deveria aumentar para aproximadamente 6,5 mg/L conforme a Figura 92.

Distância (km)	OD (mg/L)
0.00	6.32
5.00	7.21

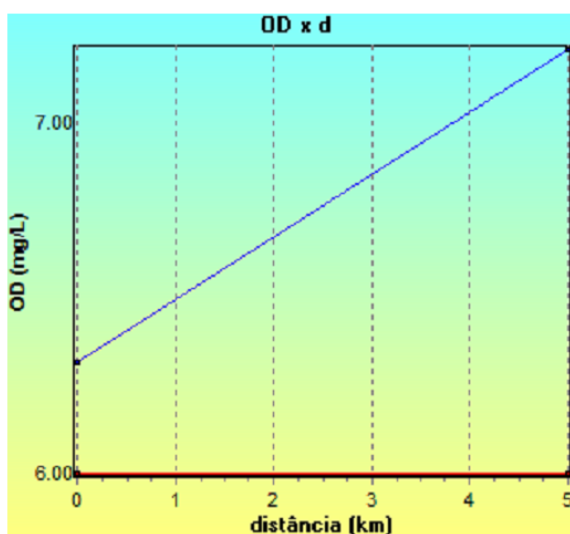


Figura 92: Perfil do aumento da concentração de oxigênio dissolvido em função da distância do curso d'água, pelo processo de autodepuração. P19 a 20. Fonte: Elaborado pelo autor..

5.1.2 Resultados das modelagens dos cenários de ocupação

As simulações do processo de ocupação foram realizadas para quatro das seis sub-bacias afluentes do Valão dos Bois, as sub-bacias do bairro Boa Esperança, bairro São Miguel, bairro Mutirão e do bairro Jardim Maracanã. Essas sub-bacias foram escolhidas por suas características distintas.

A sub-bacia do bairro Boa Esperança é a região do município com solo mais impermeabilizado (Tabela 22). Apresenta solo argiloso e seu escoamento se concentra em apenas um canal que aflui para o Valão dos Bois.

A sub-bacia do bairro Jardim Maracanã apresenta baixa taxa de impermeabilização, solo arenoso e seu escoamento também se concentra em um canal drenante. A sub-bacia do bairro São Miguel tem a menor taxa de impermeabilização do solo, que é predominantemente argiloso e também apresenta um canal drenante principal que aflui para o Valão dos Bois. A sub-bacia do bairro Mutirão apresenta solo argiloso e tem seu escoamento concentrado em um canal.

A sub-bacia do bairro Santa Sofia não teve seus processos simulados pois tem características muito similares a do bairro São Miguel e a fração de área impermeabilizada é 6,5 vezes menor do que a área permeável, o que poderia tornar os resultados muito discrepantes com a realidade. A sub-bacia do bairro Campo Lindo também não teve seus processos simulados pois seu escoamento e despejos não é direcionado somente a um canal. Parte é lançado no Valão do China, parte é lançado no Valão dos Bois, uma pequena parte é conduzido para uma pequena estação de tratamento em construção e a outra parte é lançada em valas a céu aberto e infiltra no solo e/ou evapora.

Tabela 22: Porcentagens de áreas impermeáveis das bacias nos cenários.

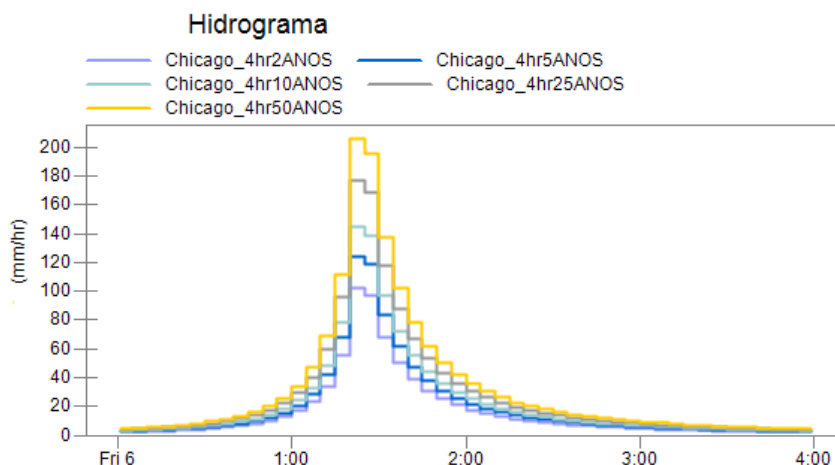
Sub-bacia dos bairros	Área da bacia (Km ²)	Área Impermeável (%)			
		Pré-desenvolvimento	Ocupação atual	Ocupação com BMP	Ocupação futura
Bacia São Miguel	3.94	0	10.5	10.4	29.3
Bacia Boa Esperança	5.63	0	38.5	38.3	56.6
Bacia Mutirão	2.01	0	21.8	21.5	47.2
Bacia Jardim Maracanã	1.84	0	14.4	14.3	34

Assim, a simulação do processo de ocupação das sub-bacias ocorreu através da análise e estabelecimento das características de ocupação de cada região conforme a Tabela 23, como quadras, ruas e espaços com cobertura vegetal, associados ao hidrograma da chuva de projeto para os tempos de recorrência estabelecidos conforme o Gráfico 9.

Tabela 23: Coeficientes utilizados para caracterizar as áreas simuladas.

Coeficientes do Uso do Solo					
Uso do Solo	% de Imperm.	n Imperm.	n Perm.	PA Imperm.	PA Perm.
RESIDENCIAL	VARIÁVEL	0.013	0.13	2.54	5.08
COMERCIAL	90	0.013	0.13	1.27	2.54
FLORESTA	0	0	0.41	0	7.62
PASTO	0	0	0.24	0	5.08
TRANSITO	100	0.011	0	1.27	0

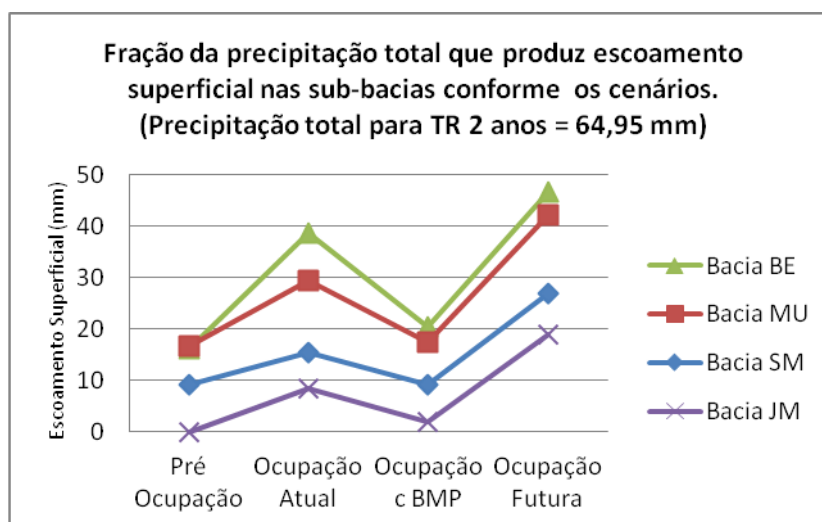
Gráfico 9: Hidrograma das chuvas utilizadas em cada cenário.



De acordo com o Gráfico 2, tomando como base o cenário de pré-desenvolvimento, houve aumento significativo no volume de escoamento superficial nas sub-bacias mais urbanizadas. A sub-bacia do bairro Boa Esperança com 38,5% (Tabela 22) de área impermeabilizada atualmente, tem o volume de escoamento superficial aumentado em 2,4 vezes, o que representa 60% da precipitação.

O mesmo ocorre na sub-bacia do bairro Mutirão que com 21,8% (Tabela 22) de solo impermeabilizado, tem um aumento de 56% no escoamento superficial, representando 45% da precipitação.

Gráfico 10: Fração da precipitação total que produz escoamento superficial nas sub-bacias.



As sub-bacias dos bairros menos urbanizados apresentaram pouco incremento no escoamento superficial em relação a precipitação quando comparamos os cenários de ocupação atual com o de ocupação futura (Gráfico 2). Na sub-bacia do bairro São Miguel, mesmo que o aumento do escoamento superficial seja da ordem de 58%, isso representa apenas 23% da precipitação total, ocorrendo o mesmo na sub-bacia do bairro Jardim Maracanã.

Como as sub-bacias dos bairros São Miguel e Jardim Maracanã são menos impermeabilizadas a fração de armazenamento em depressões nessas regiões (serrapilheira, grama alta e solos com cobertura vegetal densa) são maiores, sobretudo no bairro Jardim

Maracanã, que mesmo no cenário de projeção para ocupação futura, chega a ter 25% da precipitação armazenada conforme a Tabela 24.

Tabela 24: Fração da precipitação que se armazena em depressões na bacia.

Fração da precipitação que se armazena em depressões na bacia (%) para uma chuva com TR 2 anos e t = 4 h (64,95 mm)				
Sub-bacia dos bairros	Pré desenvolvimento	Ocupação atual	Ocupação com BMP	Ocupação futura
Bacia São Miguel	39.30	34.42	35.19	25.72
Bacia Boa Esperança	0.00	12.41	14.18	8.46
Bacia Mutirão	33.61	23.03	25.35	13.74
Bacia Jardim Maracanã	0.00	0.00	2.13	4.90

Outro fator importante a ser destacado é a infiltração. De acordo com os dados expressos na Tabela 25, as sub-bacias com índices maiores de infiltração foram as dos bairros São Miguel e, sobretudo a do bairro Jardim Maracanã. Esta última apresenta uma capacidade de infiltração de 65% do volume precipitado para uma chuva com TR de 2 anos, não só pelo baixo índice de impermeabilização do solo da sub-bacia, mas também pelo predomínio de solo arenoso o que facilita o processo de infiltração.

Tabela 25: Porcentagens de infiltração nas sub-bacias de acordo com os cenários de ocupação.

Fração da precipitação que infiltra na bacia (%) para uma chuva com TR 2 anos e t = 4 h (64,95 mm)				
Sub-bacia dos bairros	Pré-desenvolvimento	Ocupação atual	Ocupação com BMP	Ocupação futura
Bacia São Miguel	47.02	42.06	42.71	33.18
Bacia Boa Esperança	75.13	28.39	29.78	19.97
Bacia Mutirão	41.06	32.02	34.01	21.56
Bacia Jardim Maracanã	100.00	85.59	85.57	65.99

A impermeabilização do solo como agente promotor de eventos de inundação fica evidente também ao considerarmos os picos de volume de escoamento. A medida que os índices de impermeabilização sobem 38,5% e 21,8% (Tabela 22) nos bairros Boa Esperança e Mutirão respectivamente, o volume de pico do escoamento sobe 439% e 187% respectivamente.

Ao inserirmos os jardins de infiltração nas sub-bacias, embora as áreas impermeabilizadas tenham variado muito pouco, na ordem de 0,2%, o impacto nos índices de picos de escoamento foram muito maiores com reduções variando de 8,5% a 206% nas sub-bacias dos bairros Mutirão e São Miguel respectivamente (Tabela 26).

Tabela 26: Volume dos picos de escoamento nas sub-bacias de acordo com os cenários de ocupação.

Sub-bacia dos bairros	Picos de escoamento superficial (m ³ /s)			
	Pré desenvolvimento	Ocupação atual	Ocupação com BMP	Ocupação futura
Bacia São Miguel	4.84	12.97	6.29	33.29
Bacia Boa Esperança	9.47	51.07	41.85	71.06
Bacia Mutirão	4.85	13.93	12.82	27.01
Bacia Jardim Maracanã	0	4.91	3.36	8.25

A utilização dos jardins de chuva nas sub-bacias também contribuiu para a redução da lixiviação de sólidos em suspensão onde se concentram a maior parte da carga de poluentes não orgânicos carregados para o canal.

A utilização das trincheiras de infiltração contribuiu para a retirada de no mínimo 40% dos sólidos em suspensão na sub-bacia do bairro São Miguel conforme a Tabela 27.

Tabela 27: Quantidade de sólidos em suspensão transportados nos cenários.

Sub-bacia dos bairros	Sólidos em Suspensão (kg) transportados pela chuva com TR 2 anos e t = 4 h		
	Ocupação atual	Ocupação com BMP	Ocupação futura
Bacia São Miguel	4233.44	2509.95	7297.97
Bacia Boa Esperança	17269.61	9013.22	20866.58
Bacia Mutirão	2885.67	421.06	5113.3
Bacia Jardim Maracanã	848.68	182.27	1.885

A simulação do cenário de ocupação futura permitiu quantificar a relação do aumento das áreas impermeabilizadas, conforme a Figura 93, com o aumento das interferências nos cursos d'água no bairro Boa Esperança.

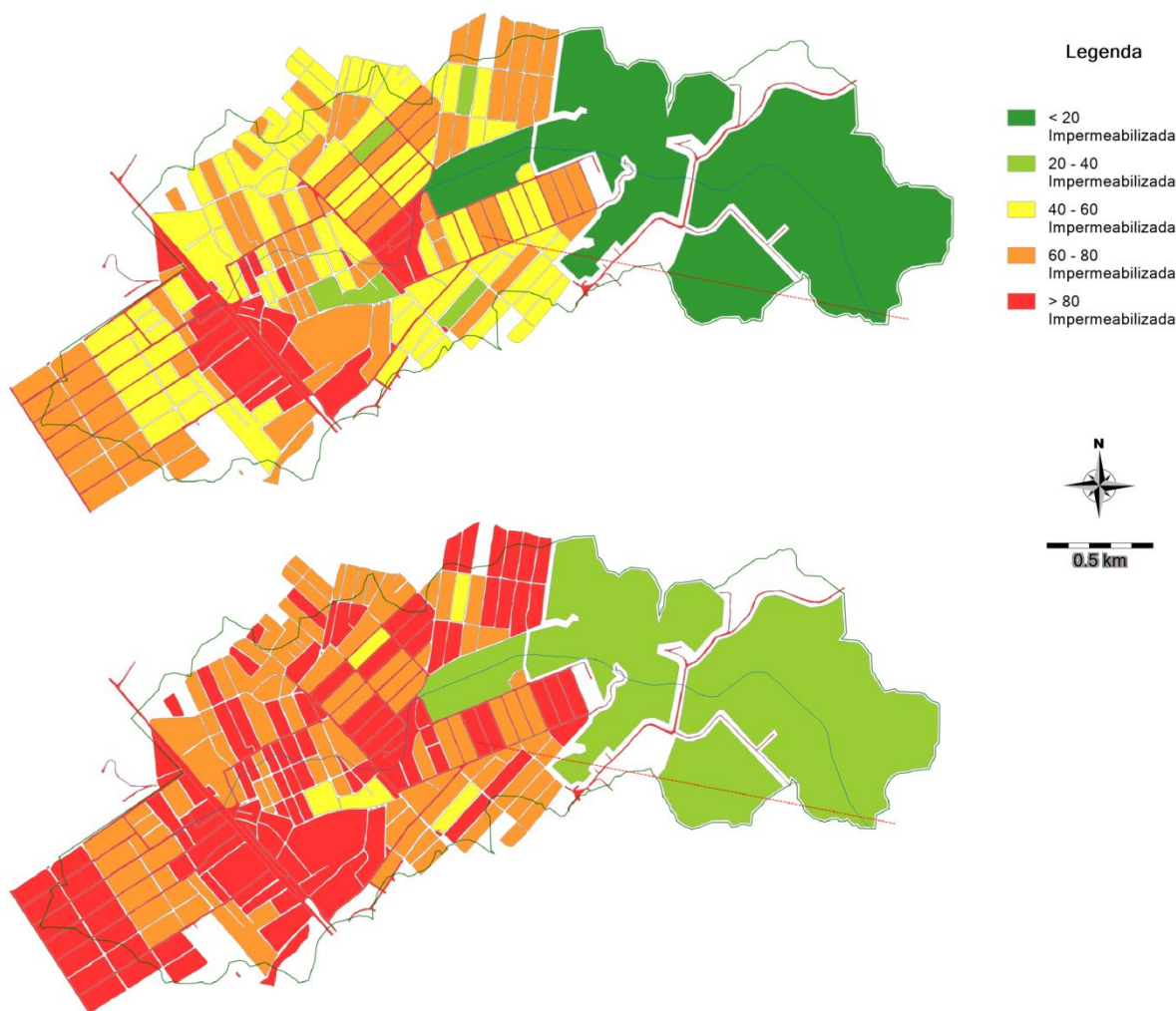


Figura 93: Mapas de porcentagem de impermeabilização do solo da sub-bacia do bairro Boa Esperança. O mapa de cima expressa a impermeabilização do cenário atual. O mapa de baixo expressa a impermeabilização do cenário futuro.

Embora para a simulação do cenário de ocupação futura tenha se acrescido cerca de 20% da quantidade de áreas impermeabilizadas nas sub-bacias, o índice de pico de escoamento aumentou 28% na sub-bacia mais impermeabilizada e 61% na menos impermeabilizada nos bairros Boa Esperança e São Miguel respectivamente.

Conforme a Tabela 27, o aumento das áreas impermeáveis contribui ainda para o aumento da produção e carreamento de resíduos sólidos em suspensão em até 222% na bacia do bairro Jardim Maracanã.

Considerando a expansão das áreas urbanizadas do município de Seropédica como eminente e em uma velocidade maior do que a atual, conforme os projetos de infraestrutura e documentos oficiais preveem, o presente estudo é antes de tudo um apelo a uma racionalidade de recuperação e preservação de espaços outrora utilizados pela população, de resgate da relação positiva do cidadão com o ambiente que o cerca.

Moradores mais antigos relatam que décadas atrás a prática de diversos usos em vários trechos do Valão dos Bois era comum. Atualmente esses usos como dessedentação de animais, banho e pesca se concentram nos trechos que atravessam áreas rurais e que apresentam águas claras como nos trechos entre os pontos P10 e P17.

Nesses trechos nota-se que a relação dos moradores com o curso d'água é positiva, não houve um rompimento. Isso se deve a no mínimo dois fatores observados, o primeiro é a inexistência de áreas impermeáveis no entorno do canal e a manutenção da vegetação e da

geometria de suas seções, o que possibilita maior infiltração e menor escoamento, diminuindo conflitos por eventos de inundação. O outro fator é que muitos moradores que usam essas águas não sabem especificamente de onde as águas que por ali passam são oriundas. Ao verem as águas com aspecto coloração clara assumem uma pureza na maioria das vezes inexistente. Essas águas apesar de aparência incolor apresentam indícios de alta quantidade de matéria orgânica em razão da elevada concentração de $DBO_{5,20}$ e DQO bem como baixa concentração de OD.

De acordo com os resultados das análises dos parâmetros de qualidade e das informações morfométricas e de precipitação da bacia, constatamos que o regime do fluxo do Valão dos Bois é regido pelos despejos que nele se faz, o que não impede que em alguns trechos tanto a qualidade da água quanto a quantidade de matéria orgânica e oxigênio dissolvido esteja dentro dos limites da classe 1 da Resolução CONAMA 357, considerando os parâmetros analisados, como nos trechos entre os pontos P17 e P19.

Porém, na maioria dos trechos as altas concentrações de matéria orgânica expressas pelos índices de DQO, $DBO_{5,20}$ e sólidos, associadas às condições de ocupação irregular na bacia e à falta de um sistema de esgotamento sanitário separador que possibilite seu tratamento, fazem das águas do Valão dos Bois, principalmente nos trechos próximos às áreas urbanizadas, fontes de poluição visual, odores, animais vetores de doenças e contaminação por ocasião das inundações de suas margens.

Como a bacia do Valão dos Bois tem uma taxa de impermeabilização muito baixa, pois dos 114,34km² da bacia 6,63km² (5,79%) são impermeabilizados, o estudo passou a considerar como unidade de estudo os pontos amostrados e as sub-bacias urbanizadas afluentes do Valão.

Nessas sub-bacias não há rede coletora de esgoto que concentre os despejos em um ponto do valão, o que retarda o processo de autodepuração do canal. Como a autodepuração é um fenômeno que ocorre no decorrer do escoamento das águas, a concentração dos despejos em um ponto por sub-bacia permitiria o aumento da extensão de trechos sem despejos, adiantando para montante, condições que favorecem o fenômeno, aproximando das áreas urbanizadas trechos do curso d'água com parâmetros de qualidade exigidos pela legislação.

Ao considerarmos os índices de $DBO_{5,20}$ e OD dos trechos entre os pontos P17 e P19, e os gráficos do perfil de aumento da concentração de OD, podemos inferir que se os bairros Boa Esperança, Mutirão e São Miguel concentrassem seus lançamentos em um ponto até a metade dos bairros, o índice de OD se elevaria ao ponto de permitir a criação de peixes em seu leito.

O estudo revela ainda que as características físicas dos solos influenciam fortemente os índices de infiltração e escoamento superficial. Nas sub-bacias dos bairros Jardim Maracanã e Campo Lindo a presença de solo arenoso permite uma alta taxa de infiltração e por consequência menor volume de escoamento superficial.

Esse solo arenoso também provoca assoreamento do leito do canal conforme verificado na seção do ponto P23.

Outra influência dessa região arenosa no Valão dos Bois se dá quando de sua passagem pelo distrito areeiro do município. Além da contaminação das cavas de extração de areia, a intrusão das águas das cavas no Valão pode ajudar o processo de autodepuração, pois insere mais água com níveis regulares de oxigênio ao sistema, mas também pode falsear índices de qualidade da água, pois com a melhora nos índices de turbidez, temperatura e oxigênio por ocasião da intrusão, esta água ainda pode conter substâncias nocivas.

Nas sub-bacias dos bairros Boa Esperança, São Miguel, Santa Sofia, e Mutirão a predominância de solos argilosos dificulta a infiltração alterando as taxas de escoamento superficial mesmo que os índices de impermeabilização do solo sejam equivalentes.

Com as medições das seções ao longo do Valão dos Bois constatamos que o mesmo foi projetado para receber grandes vazões, podendo escoar chuvas com TR de 50 anos e duração

de 4 horas. Porém as ocupações ao longo das margens diminuem a seção do canal em vários pontos isolados e outras vezes por longos trechos com mais de 1km.

A simulação das trincheiras de infiltração nas sub-bacias atingiu índices razoáveis de redução de escoamento superficial e, sobretudo de remoção de sólidos em suspensão, considerando suas dimensões e facilidade de construção. As sub-bacias que tiveram maiores índices de redução de escoamento foram as bacias com maior área impermeável e com maior número de ruas uma vez que as trincheiras foram idealizadas para serem instaladas nas calçadas e entram no sistema para promover o controle do escoamento das áreas impermeáveis.

Apesar das trincheiras alcançarem bons resultados, seu uso nas dimensões sugeridas funciona como estruturas complementares ao sistema convencional de drenagem.

Nas sub-bacias dos bairros São Miguel, Jardim Maracanã e Santa Sofia, em razão de seu baixo índice de impermeabilização e pelo fato do canal principal não atravessar o interior das quadras, como ocorre no bairro Boa Esperança, a instalação das trincheiras não se faz necessária, bastando somente a manutenção e desassoreamento dos canais.

Nas sub-bacias dos bairros Campo Lindo, Boa Esperança e Mutirão, a ocupação irregular consolidada ao longo da maior parte do canal que atravessam os bairros impossibilita o desassoreamento e manutenção do canal. Logo a instalação das trincheiras é recomendada como estruturas complementares ao sistema de drenagem convencional, a fim de diminuir o escoamento que vai para o Valão, retendo e infiltrando as águas que por vezes inundam as casas.

Para a sub-bacia do bairro Boa Esperança seria recomendável a construção de uma bacia de detenção na metade do trecho que atravessa o bairro, pois, esta amorteceria o pico das vazões, contribuindo efetivamente para reduzir eventos de inundação. Porém, dois fatores cooperam para que esta solução não seja viável. O primeiro é a existência de vários pontos de estrangulamento dos fluxos do canal ao longo do trecho que atravessa o bairro. Mesmo que a bacia seja construída na metade do canal para evitar grandes acúmulos os pontos de estrangulamento no início do canal já são suficientes para promover inundações a montante.

Outro fator é o elevado preço dos imóveis no município o que impede a desapropriação de moradores para saneamento das condições de escoamento.

As modelagens mostraram-se úteis em subsidiar o processo de planejamento da manutenção e expansão das áreas urbanas no tocante à sua interferência no curso d'água.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi observado na análise dos dados, a bacia hidrográfica do Valão dos Bois, apesar de ter uma grande área permeável, ocupada predominantemente por pasto, sua diminuta área urbanizada e impermeabilizada (cerca de 5%) impacta fortemente seu principal curso d'água, elevando seus índices de carga orgânica em decomposição, promovendo aumento da suscetibilidade de enchentes, aumento dos picos de cheia, destruição do patrimônio público como pontes, rompimento de asfalto e assoreamento da rede de drenagem.

Na legislação que regula a ocupação do território do município não há exigência quanto a taxa de impermeabilização do solo ou práticas efetivas de controle dos escoamentos e lançamentos nos canais, ou controle da poluição difusa, evidenciando uma ideologia hipotecada por uma concepção tecnocrática que pensa as ações no território de forma setorial e compartimentalizada.

O iminente processo de transformação do território pode contribuir para um movimento de construção de diretrizes de ocupação do solo, que contemple ações baratas e eficientes de melhoria da qualidade de vida no município.

A definição de taxas máximas de impermeabilização do solo a exigência de controle de escoamento equivalente a uma trincheira de infiltração localizados na fonte geradora de escoamento, são ferramentas possíveis e acessíveis no âmbito do município, uma vês que sua área permeável ainda é gigantesca.

Essas ferramentas ao mesmo tempo que promovem a melhoria da qualidade das águas dos canais, mostram à população que a melhora da qualidade do ambiente como um todo pode ser realizada com a soma das melhorias individuais em cada terreno. Sobretudo no momento em que a população precisa se organizar para participar das decisões que afetarão a cidade como um todo.

O preço de um desenvolvimento que historicamente não beneficia a todos é a perda de espaços, paisagens e usos por todos.

7 REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Vigar e Unir: a agenda da sustentabilidade urbana? In: ACSELRAD, H. (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas públicas**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009. 256p.

ANA. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim – Relatório do Diagnóstico – Final**. GDU-30-0003 RE Revisão 1/1. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2006.

_____. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília : ANA, 2007. 124 p.

_____. **Guia nacional de coleta de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. ANA, Brasília: ANA, 2014. 432 p.

_____. **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/default.aspx>> Acessado em: 27 abril 2016.

ARAUJO, R. O esgoto sanitário. In: NUVOLARI, A. (Coord). **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2º ed. rev. atualizada e ampliada. São Paulo: Bucher, 2011. 565 p.

BRANDÃO, C. A. **Território e desenvolvimento: as múltiplas escalas entre o local e o global**. 2º Ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2012. 238p.

BRASIL. **O que o brasileiro pensa do meio ambiente e do consumo sustentável: Pesquisa nacional de opinião**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. Rio de Janeiro: Overview, 2012. 82 p.

_____. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos –2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.

BRITTO, A. L. N. P. *et al.* **A difícil aplicabilidade da legislação de faixas marginais de proteção de rios urbanos: O caso do município de Mesquita na Baixada Fluminense**. II Seminário Nacional sobre Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano APPURBANA. 2012.

BUENO PEREIRA, S. *et al.* **Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a região de Dourados, MS**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 18 p.

COCCO, Giuseppe (org.). **A cidade estratégica: novas e velhas práticas no planejamento do Rio de Janeiro: a impostura do porto de Itaguaí**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001. 140p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357 , de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 20 de agosto de 2017.

CRISPIM, D. C.; SOUZA, R. M. de.; FORMIGA, K. T. M. **Estudo comparativo entre os modelos SWMM5 e HEC-HMS para simulação de escoamento superficial – caso de estudo bacia do córrego Samambaia**. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 5 - nº 2 (2012).

FARIA, D. S. **Capacidade de Autodepuração do ribeirão Anicuns/GO um estudo de caso**. Monografia. Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

FIRJAN. **Visões de Futuro Potencialidades e desafios para o Estado do Rio de Janeiro nos próximos 15 anos**. DDE – Diretoria de Desenvolvimento Econômico e GCI – Gerência de Competitividade Industrial e Investimentos. Rio de Janeiro. 2014. 86p.

_____. **Decisão Rio Investimentos 2014|2016**. GCI – Gerência de Competitividade Industrial e Investimentos. Rio de Janeiro. 2014. 72p.

GASPARINI, Kaio Allan Cruz et al . Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em Seropédica-RJ. Floresta Ambient., Seropédica , v. 20, n. 3, p. 296-306, Sept. 2013 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872013000300002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 de agosto de 2017.

GIUDICE, S. L.; MENDES, J. A. R. Ações antrópicas e seus impactos nos cursos de água. In: TELLES, D. A. (Coord.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013. 501 p.

GLÓRIA, H. **INCRA ENTREGA TERRAS PARA PREFEITURA DE SEROPÉDICA**, 2015. Disponível em: < <http://seropedica.rj.gov.br/?p=2014>>. Acesso em: 20 de abril de 2016.

GÓIS, J. S.; MENDES, L. E. Hidrologia e higrometria. In: TELLES, D. A. (Coord.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013. 501 p.

GORSKI, M. C. B. Rios e cidades: ruptura e reconciliação. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

GUANDU Conhecimento, 2015, Bacia da Baía de Sepetiba: Desafios do ordenamento do solo. Revista Guandu Conhecimento, Ano 3, N 4, Jan 2015., pp. 18-23

GUSMÃO, P. « Elementos para a construção de uma agenda para a gestão ambiental da área de influência do porto de Itaguaí - RJ », Confins [Online], 15 | 2012, posto online no dia 22 junho 2012, consultado o 23 agosto 2017. URL : <http://journals.openedition.org/confins/7747>

IBGE (2008) Contagem da população 2007. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>> . Acessado em 11 maio 2015.

INEA (Instituto Estadual do Ambiente). **Faixa marginal de proteção** Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro: INEA, 2010.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativa para a crise urbana**. 4. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

MARQUES, E. D. *et al.* Impactos das cavas de extração de areia sobre a química das águas subterrâneas na região da Piranema, bacia sedimentar de Sepetiba, Rio de Janeiro. In: TUBBS D. F. (Coord.); ANTUNES, J. C. O.; VETTORAZZI, J. S. **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim/Comitê da Bacia Hidrográfica Guandu**. Rio de Janeiro: INEA, 2012.

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

NOVA CEDAE. **Projeto básico do esgotamento sanitário da bacia hidrográfica do rio guandu - lote 2**. Relatório do projeto básico de Seropédica. Rede coletora de esgoto. Encibra, Cohidro. 2015. 120 p.

NOVOTNY, V. *Diffuse pollution monitoring and abatement in the future cities*. (Keytone paper). In: International Workshop on TMDL Monitoring and Abatement Program presented at Konkuk University, Seoul (Korea), 16 de maio de 2008.

NUVOLARI, A. O lançamento in natura e seus impactos. In: NUVOLARI, A. (Coord.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2º ed. ver. Atualizada e ampliada. – São Paulo: Blucher, 2011.

OSUCH-PAJDZINSKA, E., ZAWILSKI, M., 1998a, “**Model for Storm Sewer Discharge. I: Description**”, J. Environ. Eng., v. 124, n. 7.

_____, 1998b, “**Model for Storm Sewer Discharge. II: Calibration and Verification**”, J. Environ. Eng., v. 124, n. 7.

PEREIRA, P. C. G.; SILVEIRA, A. P. P. Qualidade da água: propriedades, exames, indicadores, transmissão de doenças e potabilidade. In: TELLES, D. A. (Coord.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo, Blucher, 2013. 501 p.

PIQUET, R. **Cidade-Empresa: presença na paisagem urbana brasileira**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1998.

PIVELI, R. P.; CAMPOS, F. Poluição das águas por efluentes urbanos, industriais e agrícolas. In: TELLES, D. A. (Coord.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo, Blucher, 2013. 501 p.

PORTILHO, F. **Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.

PORTO, M.; MARTINS, J. R. S.; ARMELIN, L. F. Monitoramento em Drenagem Urbana. In: RIGHETTO, A. M. (coord.). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 398 p.

PRODANOFF, J. H. A. **Avaliação da Poluição Difusa Gerada por Enxurradas em Meio Urbano**. 2005 Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. COPPE. 266 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Civil, 2005)

RATTINER, H. **Prefácio**. In: ACSELRAD, H. (Org.). **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas públicas**. 2º Ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009. 256p.

RICHARDS, L. O Aumento da Sustentabilidade por meio da Densidade Urbana, A água e o debate da densidade. In: FARR, D. **Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza**; tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2013. 326 p.

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: RIGHETTO, A. M. (coord.). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RODRIGUES, R. B. Comportamento dos poluentes orgânicos em corpos d'água superficiais e sistema AllocServer. In: NUVOLARI, A. (Coord.). **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2º ed. rev. atualizada e ampliada. São Paulo: Blucher, 2011. 565 p.

ROSA, M. V. F. *et al.* Estimando as Emissões Atuais e Futuras do Transporte Urbano no Brasil. In: **Transporte em Transformação XVII: trabalhos vencedores do Prêmio CNT Produção Acadêmica 2012**. Confederação Nacional do Transporte, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. Brasília: Positiva, 2013. 202 p.: il.

ROSE, R. E. **O impacto da expansão urbana**. Em: <<http://www.recantodasletras.com.br/teorialiteraria/1861690>> Acesso em: 11 de maio de 2015.

ROSSMAN, L. A. **SWMM5 5.0 Manual do usuário**. Tradução de Heber Pimentel Gomes (coordenador). Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – Universidade Federal da Paraíba. 2012, 280 p.

SACHS, I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. Rio de Janeiro : Record, 2000. 174 p.

SANTOS, A. R. dos. *et al.* **Ad' Água 2.0 : Sistema para simulação de auto depuração de cursos d'água: manual do usuário**. Alegre, ES. CAUFES, 2010, 31p.

SARDINHA, D. S. *et al.*, 2008, **Avaliação da Qualidade da Água e Autodepuração do Ribeirão Do Meio, Leme (SP)**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol.13, N 3. jul/set, pp. 329-338.

SEMADS. **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba** Rio de Janeiro: SEMADS 2001. 79p.: il.

SEROPÉDICA. **Lei Municipal N° 409 de 26 de maio de 2011**. Disponível em: < <http://www.seropedicaonline.com/wp-content/uploads/2014/08/Lei-409-11-fl-1.pdf>> Acesso em: 25 de agosto de 2014.

_____. **Plano Diretor de Seropédica Lei N° 328 de 03 de dezembro de 2006**. Disponível em: < <http://www.seropedicaonline.com/wp-content/uploads/2014/08/Plano-Diretor.pdf>> Acesso em: 25 de agosto de 2014.

SILVA, M. L. **Dos terrenos marginais da união: conceituação a partir da constituição federal de 1988**. Disponível Em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwify4iAg6vMAhXImoMKHSNdCc0QFggjMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.agu.gov.br%2Fpage%2Fdownload%2Findex%2Fid%2F521897&usg=AFQjCNGJ6bPMfyPxJGyAkkT1IslCDJ8Pg&sig2=t76GM0E-dL68LzSbwC1Kog> Acesso em: 20 de abril de 2016.

SOUZA, M. L. **ABC dos desenvolvimento urbano**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

TELLES, D. A. A Água e o ambiente. In: TELLES, D. A. (Coord.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo, Blucher, 2013. 501 p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo. Navegar Editora, 2011.

_____. P. Águas de chuva: poluição difusa e aproveitamento em uso não potável. In: TELLES, D. A. (Coord.). **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo, Blucher, 2013. 501 p.

TOMINAGA, E. N. S. **Urbanização e cheias: Medidas de controle na fonte**. 2013. 137 p. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo 2013.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A. C. *et al.* (Org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

_____, C. E. M., 2002, **Gerenciamento da drenagem urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 7, N.1, jan/mar, pp 5-27.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2º ed., UFMG, Belo Horizonte, 246p.1996.

8 ANEXOS

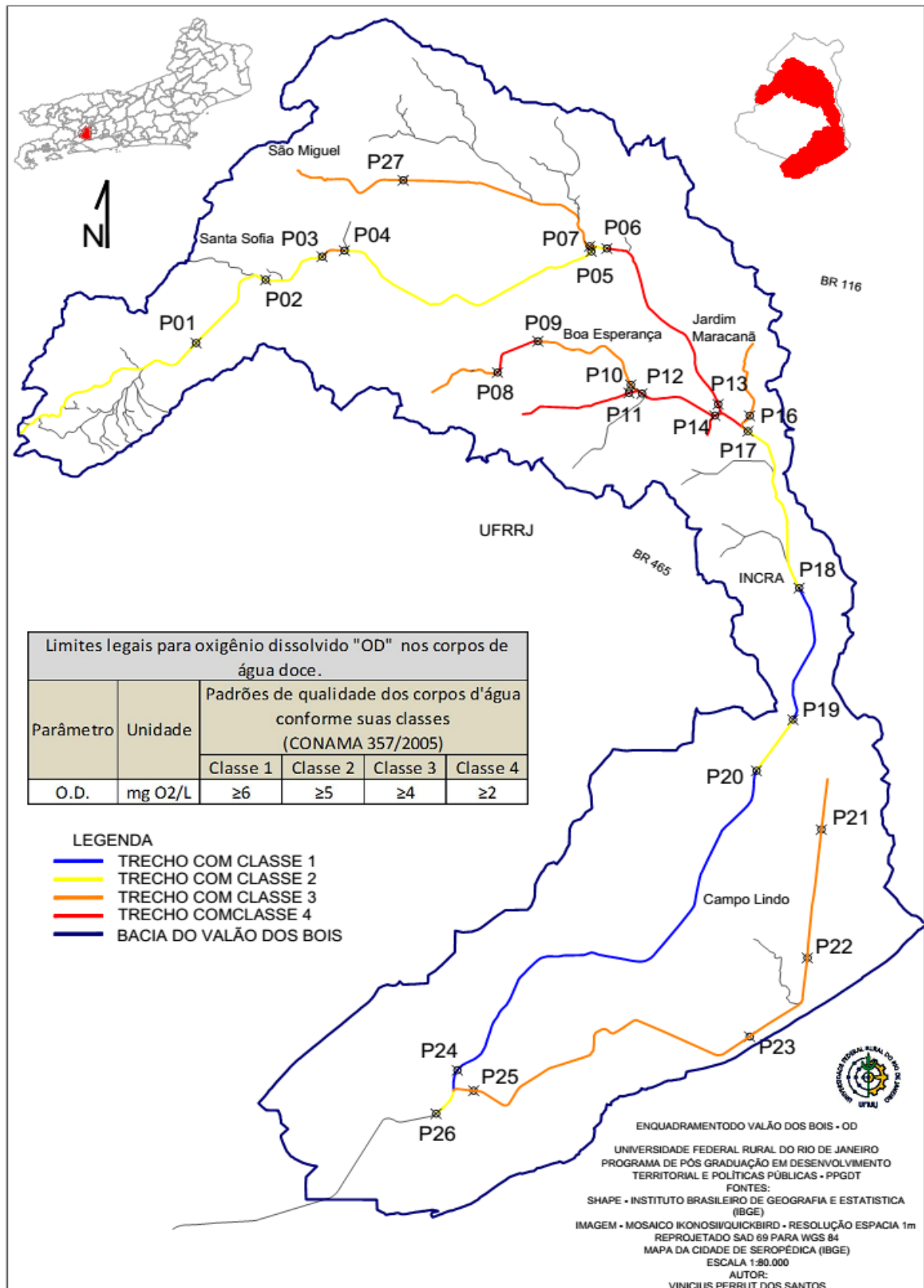


Figura 94: Mapa da distribuição da concentração de OD nos trechos do Valão dos Bois.

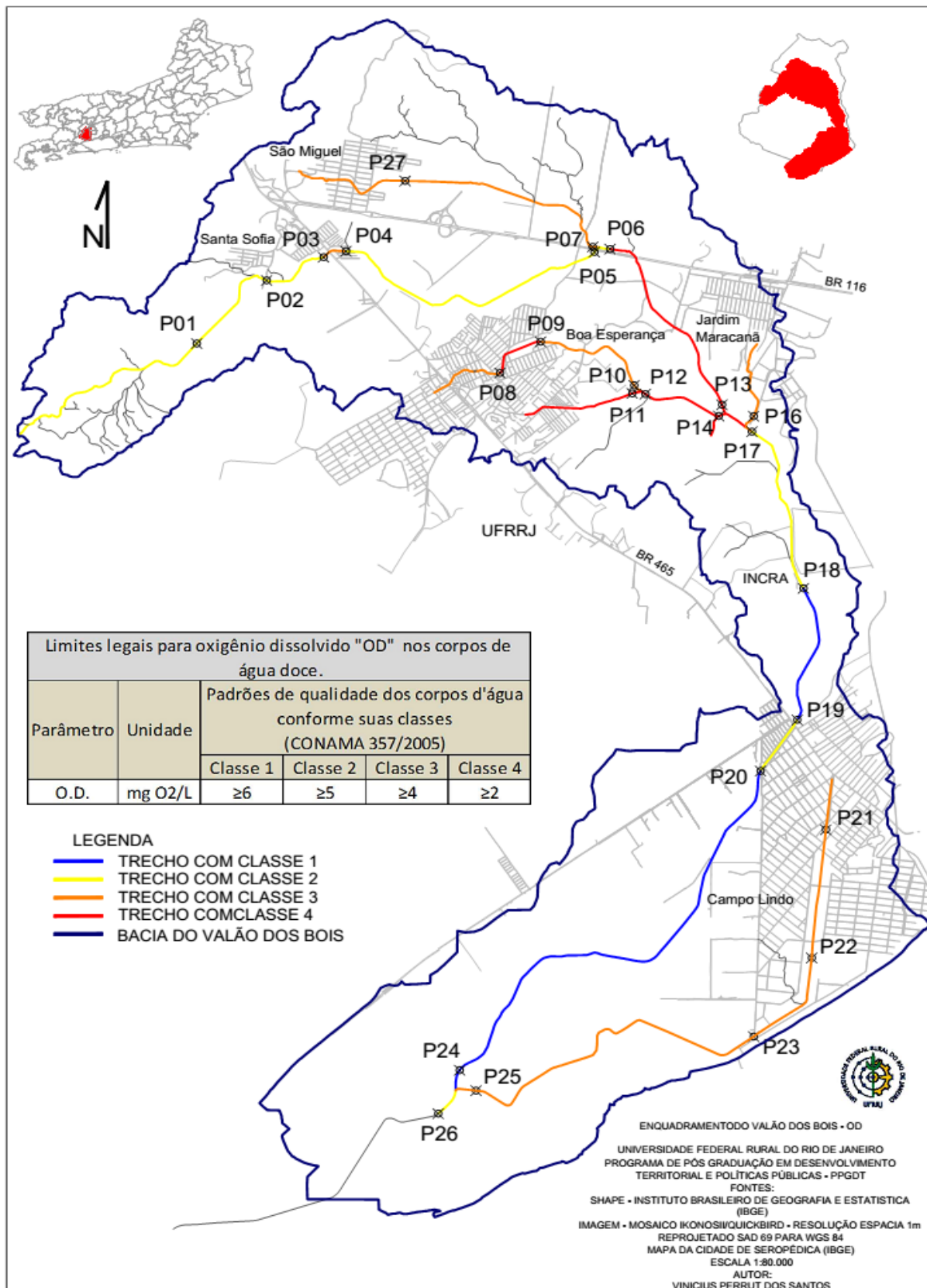


Figura 95: Mapa da distribuição da concentração de OD nos trechos do Valão dos Bois com relação às áreas urbanizadas.

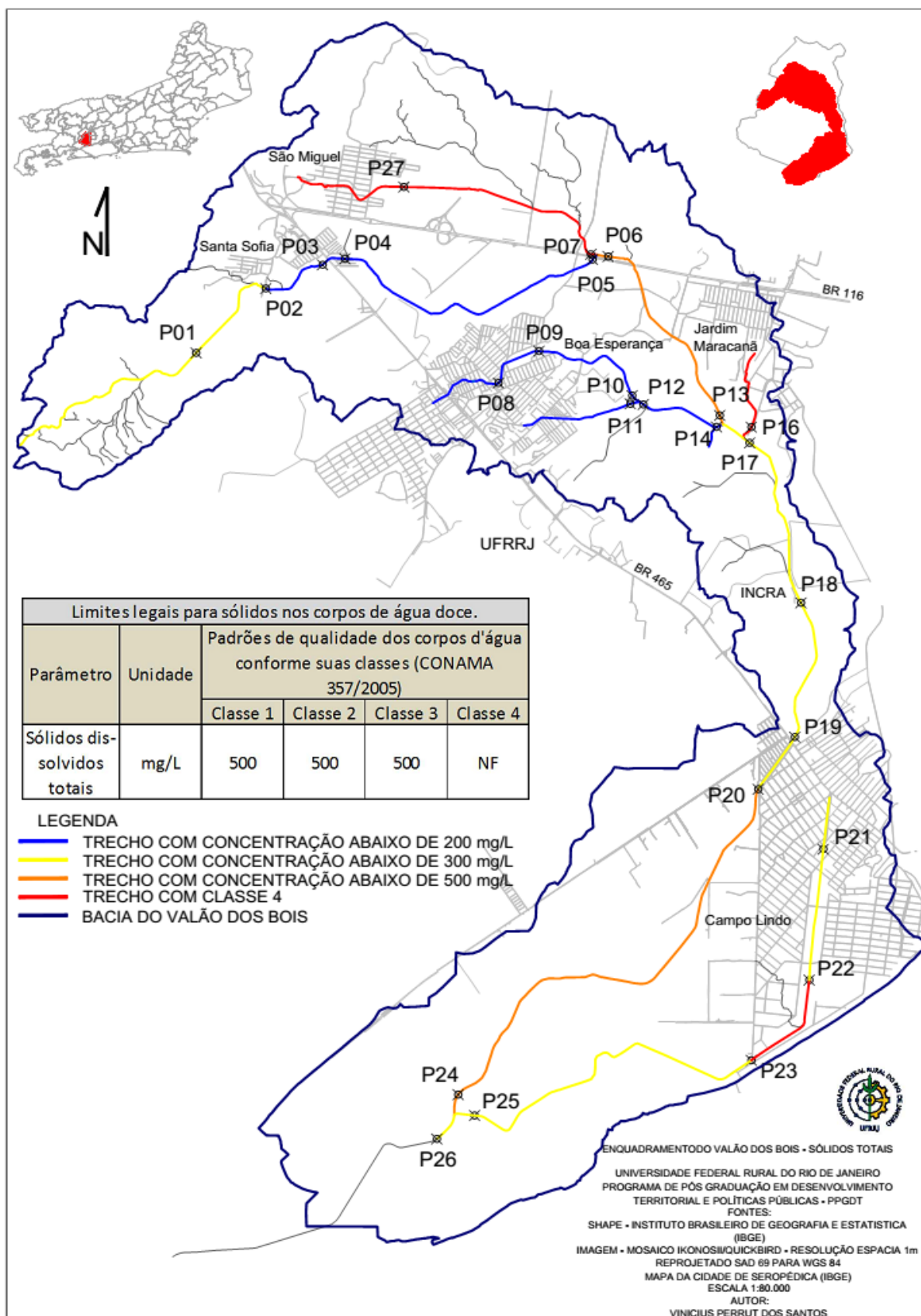


Figura 96: Mapa da distribuição da concentração de ST nos trechos do Valão dos Bois com relação às áreas urbanizadas.

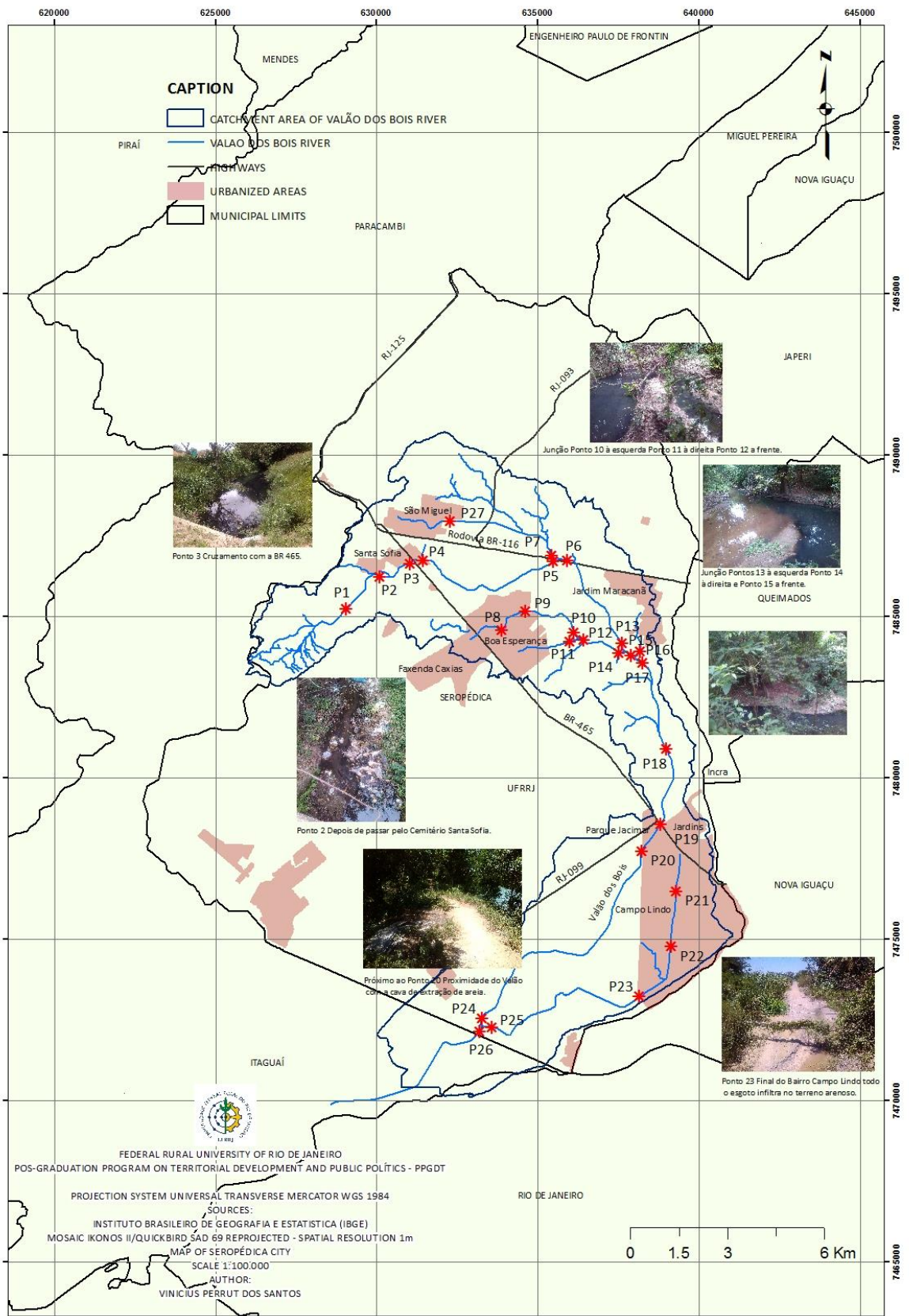


Figura 97: Mapa de distribuição dos pontos de coleta imagens dos respectivos locais.

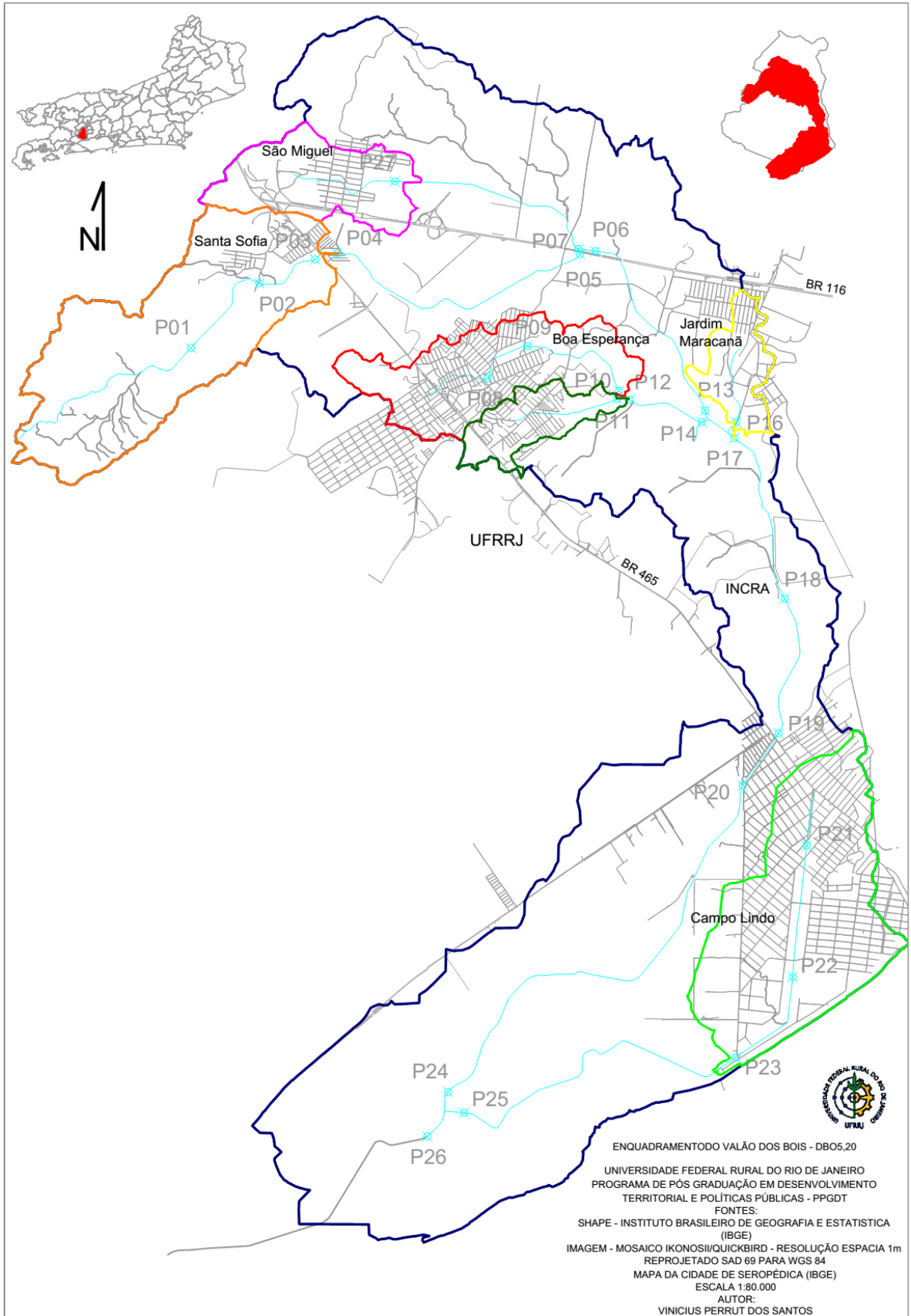


Figura 98: Mapa das microbacias com a distribuição dos pontos de coleta.