

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE

Secretaria de Educação
Profissional e Tecnológica

Ministério
da Educação



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL**

**MAPEAMENTO AMBIENTAL DA
BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA IMBOACICA:
SUBSÍDIO PARA CONSTRUÇÃO DE PLANOS DE BACIA**

GUILHERME SARDENBERG BARRETO

MACAÉ/RJ

2009

GUILHERME SARDENBERG BARRETO

MAPEAMENTO AMBIENTAL DA
BACIA HIDROGRÁFICA DA LAGOA IMBOACICA:
SUBSÍDIO PARA CONSTRUÇÃO DE PLANOS DE BACIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Gestão Ambiental Participativa.

Orientadora: Professora D.Sc. Maria Inês Paes Ferreira (Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros, IMA/Universidade Federal do Rio de Janeiro).

MACAÉ/RJ
2009

BARRETO, GUILHERME SARDENBERG

Mapeamento ambiental da bacia hidrográfica da Lagoa Imboacica: subsídio para construção de planos de bacia. [Macaé] 2009.
148f.

Dissertação de Mestrado – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental.

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Gestão de Recursos Hídricos | 2. Sistemas de informações geográficas |
| 3. Enquadramento dos corpos hídricos | 4. Bacia hidrográfica do Rio Imboacica |
| 5. Corredores Ecológicos | |

Dissertação intitulada *Mapeamento ambiental da bacia hidrográfica da Lagoa Imboacica: subsídio para construção de planos de bacia*, elaborada por Guilherme Sardenberg Barreto e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Gestão Ambiental Participativa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em 13 de novembro de 2009.

Banca Examinadora:

.....
Maria Inês Paes Ferreira, Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros / IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense IFF

.....
José Augusto Ferreira da Silva, Doutor em Geografia / Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense IFF

.....
Luiz Firmino Martins Pereira, Doutor em Geografia / Universidade Federal Fluminense/ Presidente do Instituto Estadual do Ambiente INEA / RJ

Em memória:

Meu querido avô Osmar Sardenberg, por quem
nutri verdadeiro amor e admiração e herdei a
paixão pelas orquídeas e o Distrito onde nasceu:
Sana.

Elba Töth, professora de Geologia e Arqueologia
na graduação, que me ensinou: - “começar é
mais que 50%”.

AGRADECIMENTOS

Ao firmamento e seu Criador, pela oportunidade de respirar neste mundão de diferentes cheiros, tons, sabores, texturas e contornos.

A minha companheira de sonhos e vida, Mariana Rezende Machado, que tanto amo e admiro, pela paciência, ajuda e suporte contínuo.

Aos meus pais, aos quais devo meu amor à vida, à humanidade e à justiça: meu pai, pelo referencial intelectual e político; minha mãe, pela sabedoria, razão espiritual e abnegação.

A minha orientadora Maria Inês, guerreira e incentivadora, pela objetividade, conhecimento amplo e disponibilidade sorridente.

Ao IFF, por ter investido em minha formação, e aos seus professores que, em nome de Rodrigo Terra, agradeço fraternalmente.

Ao prefeito de Macaé Riverton Mussi Ramos, por ter autorizado minha cessão ao curso, sem a qual não teria sido possível cumprir o objetivo.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo e amor eternos: Victor, obrigado pelo refinamento na tabelas e apresentações; Felipe, obrigado pelas caminhadas nas visitas de campo, sobre os trilhos a pleno sol, e também pelos conhecimentos do Excel. Em seu nome, estendo minhas gratidões aos maravilhosos sobrinhos Gustavo e Priscila e à querida cunhada Zilma.

A Guilherme Hissa, do Lagesolos/UFRJ, geógrafo e surfista, quem me ensinou a *shapear* no Arcgis e atendeu todas minhas solicitações em curto tempo e a Pedro Coura pelo incentivo e atenção. Agradeço também a prof. Mônica Marçal, pela introdução à geomorfologia e aos inúmeros textos disponibilizados.

A Mariana Pinheiro, colega de profissão, pelas coletas a pão e água na Bacia, e pelas indicações e explicações referentes ao IQA.

A José Augusto, que ontem chegou e tanto já fez, pelo amparo nas minhas dúvidas sem fim sobre geografia e Arcgis.

A Tathiana Souza, também colega de profissão, pelo referencial bibliográfico e vasto material disponibilizado, ajudando-me nos primeiros passos no geoprocessamento e lida com as imagens satélite.

Ao amigo “Tio” Jorge, poeta e pescador, pelas informações históricas que me fizeram amar ainda mais a Lagoa Imboacica; a Túlio Lima, pela mobilidade na coleta, a pão e água, e a Evaldo Costa, que me levou ao conhecimento da área rural da Bacia.

Aos colegas da turma 2007, pela amizade, estudos e trabalhos em grupo e, como não, pelas risadas e momentos de grande distração!

Aos colegas do trabalho na Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Macaé, que dão seu suor e cultivam muitos sonhos de uma cidade mais harmônica e justa.

Ao colega da Secretaria Municipal de Meio Ambiente Engenheiro Florestal Paulo Sérgio, pela contribuição fundamental sobre a bacia estudada, livrando-me de um equívoco de concepção.

Aos parceiros da causa ambiental do CBH Macaé e das Ostras, pelo aprendizado incessante e amizades nutridas.

Aos da Cambada, amigos do *rock'n'roll* e parceiros de palco Bira, Juba e Léo, que souberam esperar minha ausência e criaram muitos momentos de alegria e satisfação ao longo desses dois anos.

Aos meus heróis, “que morreram de overdose”, lutando pela causa ou se negando a trair a verdade: Hendrix, Bonham, Moon, Janis e Mercury; Chico – o seringueiro, Che; Sócrates e ao maior, JESUS – o revolucionário.

“a ordem dum sistema é constituída pela organização que combina num todo os elementos heterogêneos” (Morin, 1977).

“Sem espaço não há vida.”
Cecília Bueno (2004)

RESUMO

BARRETO, G.S. Mapeamento ambiental da Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica: subsídio para construção de planos de bacia, 2009, 148f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2009.

Palavras-chave: Gestão de Recursos Hídricos; Sistemas de informações geográficas; Enquadramento dos corpos hídricos; Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica; Corredores Ecológicos.

O reconhecimento das características ambientais de uma bacia hidrográfica é subsídio fundamental para o planejamento e gestão das atividades humanas em seus limites geográficos. Os Sistemas de Informações Geográficas podem dar suporte aos tomadores de decisão para a gestão dos recursos hídricos junto aos Comitês de Bacias Hidrográficas. No mapeamento da Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica foram identificadas as diversas classes de uso e ocupação da terra, sobre o qual foi possível estabelecer os percentuais relativos, dando enfoque à cobertura florestal. Em posse deste primeiro produto, que identificou uma área de uso rural com aproximadamente 80% da bacia, foram estabelecidos dois índices: (i) Circularidade – onde, a partir da relação área/perímetro foi possível identificar os fragmentos mais preservados e propor alternativas de criação de corredores ecológicos; (ii) Qualidade da Água, que, com base nos resultados de nove parâmetros (temperatura, pH, turbidez, sólidos totais, nitrogênio amoniacal, fósforo total, DBO, oxigênio dissolvido, coliformes totais e fecais – *E. coli*), possibilitou identificar a qualidade das águas, dando suporte para a proposta de enquadramento, com vistas aos usos preponderantes. Os pontos de coleta de água entre a área urbana/empresarial e a Lagoa Imboacica apresentaram os piores resultados, identificando a necessidade de maior controle das atividades com vistas a garantir o uso primário deste corpo hídrico. Foram elaboradas recomendações metodológicas para o Termo de Referência do Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Macaé e das Ostras.

ABSTRACT

The recognition of the environmental characteristics of a watershed is fundamental subsidy for planning and management of human activities in their geographical boundaries. The Geographic Information Systems can support the decision makers for the water resources management along the Watershed Committees. In the mapping of the Imboacica Lake Watershed were identified the several classes of use and occupation of land, up which it was possible to establish the relative proportions, focusing on forest cover. In possession of this first product, which identified an area of rural use approximately 80% of the watershed, two indices were established: (i) Circularity - where, from the area / perimeter ratio was possible to identify the best-preserved fragments and propose alternatives establishment of ecological corridors, (ii) Water Quality, which, based on the results of nine parameters (temperature, pH, turbidity, total solids, ammonia nitrogen, total phosphorus, BOD, dissolved oxygen, total and fecal coliforms - *E. coli*) possible to identify water quality, providing support for the proposed framing, in view of the predominant uses. The sampling points of water between the urban / business zone and the Imboacica Lake had the worst results, identifying the need for greater control of activities with a view to ensuring the primary use of this water body. Methodological recommendations were prepared for the Term of Reference of Watershed Committees of the Macae and Ostras Rivers.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 1 | Fluxograma da Resolução nº 91/2008 do CNRH..... | 23 |
| Figura 2 | Divisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro conforme Resolução 18/06 do CERHI..... | 25 |
| Figura 3 | Carta-imagem do recorte da BH da Lagoa Imboacica e sua rede hidrográfica. | 36 |
| Figura 4 | BH da Lagoa Imboacica com o limite administrativo entre os municípios de Macaé e Rio das Ostras..... | 39 |
| Figura 5 | Mapa da Evolução da Área Urbana de Macaé – 1956/2001, com destaque para entorno da Lagoa Imboacica (seta branca). Aerofotogrametria de 2001... | 39 |
| Figura 6 | Cobertura florestal/restinga e pastagem/pasto sujo da BH da Lagoa Imboacica.... | 43 |
| Figura 7 | Relação da perda de área conforme geometria da figura..... | 54 |
| Figura 8 | Curvas médias de variação de qualidade das águas para os nove parâmetros.. | 66 |
| Figura 9 | Bacia hidrográfica da Lagoa Imboacica: localização dos pontos de coleta..... | 74 |
| Figura 10 | Mapa de uso e ocupação da terra - BH Lagoa Imboacica..... | 78 |
| Figura 11 | Percentual das Classes de uso da BH da Lagoa Imboacica. | 79 |
| Figura 12 | Exemplo de interpretação de imagem sujeita a equívoco..... | 82 |
| Figura 13 | Mapa do Índice de Circularidade na BH da Lagoa Imboacica..... | 87 |
| Figura 14 | Proposta de Corredores Ecológicos na BH da Lagoa Imboacica..... | 88 |
| Figura 15 | Localização do ponto de coleta 02 e sua bacia de drenagem..... | 92 |
| Figura 16 | Localização do ponto de coleta 03 e sua bacia de drenagem..... | 94 |
| Figura 17 | Localização do ponto de coleta 04 e sua bacia de drenagem..... | 96 |
| Figura 18 | Localização do ponto de coleta 05 e sua bacia de drenagem..... | 97 |
| Figura 19 | Localização do ponto de coleta 06 e sua bacia de drenagem..... | 99 |
| Figura 20 | Variação da temperatura ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 101 |
| Figura 21 | Variação do pH ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 102 |
| Figura 22 | Variação da cor ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 103 |
| Figura 23 | Variação da turbidez ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 104 |
| Figura 24 | Variação da condutividade ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 105 |
| Figura 25 | Variação dos sólidos totais ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 106 |
| Figura 26 | Variação do nitrogênio amoniacal total pH ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 107 |
| Figura 27 | Variação do fósforo total ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 108 |
| Figura 28 | Variação da DBO ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 110 |
| Figura 29 | Variação do oxigênio dissolvido ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 111 |
| Figura 30 | Variação dos coliformes totais ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 112 |
| Figura 31 | Variação dos coliformes fecais (<i>E. coli</i>) ao longo dos 06 pontos de coleta..... | 113 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 32 | Mapa da BH da Lagoa Imboacica com cores indicativas do cálculo do IQA... | 114 |
| Figura 33 | Carta-base da BH da Lagoa Imboacica..... | 122 |
| Figura 34 | Restituição da rede hidrográfica da BH da Lagoa Imboacica..... | 123 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Quadro 1 | Classes de uso preponderantes para águas doces definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005..... | 21 |
| Quadro 2 | Atos do poder público estadual do Rio de Janeiro referentes aos recursos hídricos e aplicação dos recursos arrecadados nas BHs..... | 26 |
| Quadro 3 | Estágios de sucessão ecológica de florestas secundárias do bioma Mata Atlântica, segundo Resolução n° 06/94 do CONAMA. | 31 |
| Quadro 4 | População dos municípios litorâneos de Campos dos Goytacazes à baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro e suas taxas médias de crescimento anual..... | 37 |
| Quadro 5 | Sistemas de relevo presentes na BH da Lagoa Imboacica..... | 50 |
| Quadro 6 | Parâmetros do IQA com breve análise das implicações no ambiente aquático. | 63 |
| Quadro 7 | Parâmetros do IQA e seus respectivos pesos – (w)..... | 65 |
| Quadro 8 | Níveis de qualidade segundo classificação do IQA adotados pela CETESB.... | 67 |
| Quadro 9 | Padrões de qualidade e balneabilidade para corpos d’água doce..... | 68 |
| Quadro 10 | Pontos de coleta de água na BH da Lagoa Imboacica, coordenadas UTM, descrição e caracterização..... | 73 |
| Quadro 11 | Cálculo do IQA da BH da Lagoa Imboacica..... | 113 |
| Quadro 12 | Parâmetros e respectivas conformidades à resolução CONAMA 257/05..... | 115 |
| Quadro 13 | Atendimento aos itens do TR do Comitê de Bacias Macaé e das Ostras..... | 119 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabela 1 | Classes de uso da BH da Lagoa Imboacica com respectivas dimensões e percentuais..... | 80 |
| Tabela 2 | Agrupamento das classes de uso da BH da Lagoa Imboacica..... | 81 |
| Tabela 3 | Cálculo dos fragmentos florestais sobre área (três estágios sucessionais)..... | 85 |
| Tabela 4 | Cálculo dos fragmentos florestais sobre perímetro (três estágios sucessionais) | 85 |
| Tabela 5 | Índices de Circularidade dos fragmentos florestais, ocorrências e percentuais. | 86 |

LISTA DE FOTOS

| | | |
|---------|---|-----|
| Foto 1 | Visão panorâmica da floresta onde localiza-se a nascente do Rio Imboacica... | 90 |
| Foto 2 | Vista do ponto de coleta 01 – nascente..... | 90 |
| Foto 3 | Vista do gado pastando próximo ao açude, à jusante da nascente..... | 91 |
| Foto 4 | Vista do ponto de coleta 02 - pontilhão da linha férrea..... | 91 |
| Foto 5 | Vista do ponto de coleta 03..... | 93 |
| Foto 6 | Vista à montante do ponto de coleta 03..... | 93 |
| Foto 7 | Vista do ponto de coleta 04 - “Foz” do Rio Imboacica, sobre a ponte da RJ 106..... | 95 |
| Foto 8 | Vista do ponto de coleta 05 – saída da manilha..... | 95 |
| Foto 9 | Vista à jusante do ponto de coleta 06 – canal da Peleja..... | 98 |
| Foto 10 | Vista da “foz” do Rio Imboacica, à montante da RJ-106..... | 109 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA..... | 18 |
| 2.1 Marco Legal..... | 18 |
| 2.1.1 Legislação federal pertinente aos recursos hídricos..... | 18 |
| 2.1.2 Legislação estadual pertinente aos recursos hídricos..... | 24 |
| 2.1.3 CBH Macaé e das Ostras – Termo de Referência (Recursos Hídricos)..... | 27 |
| 2.1.4 Legislação federal pertinente à cobertura florestal – Mata Atlântica..... | 28 |
| 2.1.5 Legislação estadual pertinente à cobertura florestal – Mata Atlântica..... | 32 |
| 2.1.6 CBH Macaé e das Ostras – Termo de Referência (Cobertura vegetal)..... | 32 |
| 2.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão..... | 33 |
| 2.3 Uso e ocupação da terra..... | 40 |
| 2.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) – ferramenta para gestão ambiental.. | 44 |
| 2.4.1 A geomorfologia ambiental..... | 47 |
| 2.5 Cobertura florestal, fragmentação e efeito de borda..... | 52 |
| 2.5.1 Corredores Ecológicos (CEs) – vegetação entre remanescentes..... | 57 |
| 2.5.2 Índice de Circularidade (IC) | 59 |
| 2.6 Qualidade da água..... | 60 |
| 2.6.1 Enquadramento..... | 61 |
| 2.6.2 IQA – Índice de Qualidade da Água..... | 62 |
| 3 METODOLOGIA..... | 68 |
| 3.1 Elaboração do mapa de uso e ocupação das terras da BH da Lagoa Imboacica..... | 68 |
| 3.2 Elaboração do Índice de Circularidade dos fragmentos florestais da BH..... | 71 |
| 3.3 Levantamento da qualidade de água da BH..... | 71 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 75 |
| 4.1 O uso e a ocupação na BH – construção do mapa..... | 75 |
| 4.2 Índice de Circularidade e proposta de criação de CEs..... | 84 |
| 4.3 A qualidade e os usos da água na BH..... | 89 |
| 4.3.1 Análise dos resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da BH..... | 100 |
| 4.3.1.1 Temperatura (°C) | 101 |
| 4.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH) | 101 |
| 4.3.1.3 Cor verdadeira..... | 103 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.1.4 Turbidez..... | 103 |
| 4.3.1.5 Condutividade..... | 104 |
| 4.3.1.6 Sólidos totais..... | 106 |
| 4.3.1.7 Nitrogênio amoniacal total..... | 106 |
| 4.3.1.8 Fósforo total..... | 107 |
| 4.3.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | 109 |
| 4.3.1.10 Oxigênio Dissolvido (OD)..... | 110 |
| 4.3.1.11 Cloro livre, combinado e residual total..... | 111 |
| 4.3.1.12 Coliformes Totais..... | 111 |
| 4.3.1.13 Coliformes fecais – <i>Escherichia coli</i> | 112 |
| 4.4 Índice de Qualidade das Águas (IQA) | 113 |
| 4.5 Análise das conformidades e proposta preliminar de enquadramento..... | 115 |
| 4.6 Recomendações metodológicas ao Termo de Referência para o Plano de Bacias Hidrográficas elaborado pelo CBH Macaé e das Ostras..... | 118 |
| 4.6.1 uso do solo e cobertura vegetal..... | 118 |
| 4.6.2 Diagnóstico dos recursos hídricos da BH..... | 122 |
| 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES..... | 124 |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 127 |
| APÊNDICE – Sumário para elaboração do Relatório Técnico dos estudos sobre a BH da Lagoa Imboacica..... | 138 |

1 INTRODUÇÃO

O ininterrupto aumento da densidade demográfica tem resultado em diversas modificações na paisagem terrestre. Avanço na ocupação das terras e variados tipos de uso trazem consigo conseqüências, via de regra, negativas, ao modificar o equilíbrio natural dos ambientes. Expressão mais contundente do nosso *modus vivendi*, a mancha urbana expande seus limites implicando em perdas ambientais tipo diminuição da cobertura vegetal, ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e poluição das águas.

A constatação deste cenário obriga a ciência debruçar-se sobre dados levantados ou mesmo produzi-los, como ferramentas para o entendimento da dinâmica de ocupação e subsídio para o planejamento e gestão.

Sob a égide da Política Nacional de Recursos Hídricos, em vigor desde 1997, no Brasil as bacias hidrográficas tornaram-se o sistema foco das discussões, inclusive evoluindo para a concessão de poder à gestão compartilhada com a sociedade civil, no palco dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH).

Nesse contexto, o CBH Macaé e das Ostras, pertencente à região hidrográfica VIII do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2006), elaborou no ano de 2006 seu Termo de Referência (TR) para criação do Plano de Bacia, documento este que determina os estudos, levantamento de dados, comunicação e implantação com os diversos atores pertencentes à região hidrográfica (CBH MACAÉ E DAS OSTRAS, 2008). O TR serve como norteador para a execução do presente trabalho, que tem como objeto de estudo a Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Imboacica.

O levantamento das informações ambientais feito por meio do geoprocessamento, com a aplicação de programas especializados que oferecem recursos para delimitação de áreas e sua classificação, possibilita reconhecer os estágios de degradação ou conservação, como os que neste trabalho são analisados.

Dados da cobertura florestal, das condições da terra e dos recursos hídricos são analisados, em parte, quanti e qualitativamente empregando procedimentos apropriados para cada caso, qualificando-os e diferenciando-os conforme suas características, os quais são sistematizados via mapeamento, assim como a definição das classes de uso da terra.

Assim, como resultado do estudo, foi produzido um mapeamento ambiental da Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Imboacica, que possibilitou identificar, avaliar e estimar alguns elementos e recursos ambientais de forma a subsidiar as ações de gestão do Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Macaé e das Ostras (CBH Macaé e das Ostras), dentre elas, o Plano de Recursos Hídricos, também conhecido como Plano de Bacia (BRASIL, 1997). Foram levantados dados da qualidade das águas da BH, que serviram para elaboração de proposta preliminar de enquadramento com base na Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA e na categorização do Índice de Qualidade das Águas (IQA).

Os limites geográficos da BH da Lagoa Imboacica encontram-se nos municípios de Macaé e Rio das Ostras e a lagoa, que dá nome à bacia, e seu principal rio, homônimo, estabelecem um dos limites político-administrativos entre os municípios citados. A pequena dimensão desta BH é compensada no valor socioambiental atribuído ao principal exutório – a Lagoa Imboacica, maior lagoa urbana de Macaé e Rio das Ostras.

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. No primeiro, a Introdução, ao estabelecer que a expansão da mancha urbana é um dos mais expressivos fenômenos a colaborar com as mudanças no ambiente, identifica a importância do levantamento de dados ambientais para subsidiar a tomada de decisões, que, no âmbito dos recursos hídricos, deve ser realizada nos Comitês de Bacias Hidrográficas, de forma participativa. No segundo capítulo abarca-se o referencial teórico, iniciando com o arcabouço jurídico, passando para a análise sobre o uso e ocupação da terra com enfoque na gestão das bacias hidrográficas. Traz análise sobre a importância da cobertura florestal sobre o solo e suas implicações na qualidade das águas, encerrando com dados sobre enquadramento e o estabelecimento do Índice de Qualidade das Águas. No terceiro capítulo, explica-se a Metodologia para a produção do mapa de uso e ocupação da terra, para o levantamento do Índice de Circularidade dos fragmentos florestais, assim como o levantamento da qualidade das águas baseado na análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos. No quarto capítulo, dos Resultados e Discussão, expõe-se o mapa de uso e ocupação da terra fazendo o perfil da bacia hidrográfica da Lagoa Imboacica e a representação de cada classe em relação ao tamanho total da bacia, discutindo sua espacialização. Com os dados do Índice de Circularidade dos fragmentos florestais, faz-se uma proposta preliminar para a criação de corredores ecológicos ligando grandes fragmentos na área rural da bacia. Sobre a

qualidade das águas, apresentam-se os resultados das análises, discutindo pontualmente cada um deles: temperatura, pH, cor verdadeira, turbidez, condutividade, sólidos totais, nitrogênio amoniacal total, fósforo total, DBO, oxigênio dissolvido, cloro total e coliformes totais e fecais, em especial *Escherichia coli*. Depois são cruzados os dados com o uso e ocupação da subacia à montante de cada ponto de coleta, considerado o exutório da mesma. Reunidos os dados, procedeu-se o cálculo do Índice de Qualidade das Águas, apresentando um mapa com as indicações em cores do retrato da qualidade. Por fim, são apresentadas recomendações metodológicas ao Termo de Referência do Plano de Bacias sobre os itens de recursos hídricos e de uso do solo e cobertura vegetal.

São produtos da presente dissertação: (i) um mapa de uso e ocupação da terra da bacia, consubstanciado de análises sobre os resultados dos dados levantados, notadamente aqueles relacionados à qualidade das águas, com vistas ao enquadramento dos corpos hídricos em estudo, e à cobertura vegetal, com vistas à proposição de implantação de corredores ecológicos (CEs); e (ii) sumário de um Relatório Técnico para futura apresentação ao CBH Macaé e das Ostras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Marco Legal

Como marco legal para o desenvolvimento do presente trabalho foram analisadas as legislações conforme as esferas de poder, seguindo sua hierarquização - os principais atos do poder público que regem a política nacional das florestas e dos recursos hídricos assim como aqueles da esfera estadual com destaque os poderes constituídos aos Comitês de Bacias Hidrográficas.

2.1.1 Legislação federal pertinente aos recursos hídricos

A legislação ambiental brasileira teve dois marcos iniciais promulgados no ano de 1934: o Código de Águas (BRASIL, 1934a) e o Código Florestal (BRASIL, 1934b).

O Código de Águas, Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, tinha como um dos pilares a tentativa de “controlar e incentivar o uso industrial das águas” no território brasileiro, sob a tutela do então Ministério da Agricultura (BRASIL, 1934a). O Decreto, que à época tinha poder de lei, estabeleceu a diferenciação das águas de uso comum das dominicais. Embora apresentasse artigos que concedessem ao proprietário de terras as nascentes em seus domínios, fora avançado no sentido de reservar as áreas marginais como forma de proteção dos taludes e qualidade das águas.

Nos anos seguintes houve algumas atualizações, até que em 1988 a Constituição Cidadã estabeleceu que águas são bens da União quando (BRASIL, 1988):

lagos, rios e quaisquer correntes de água, em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um Estado da federação, sirvam de limite com outros Países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais (artigo 20, inciso III).

A Carta Magna estabelece ainda em seu artigo 26, inciso I, que as águas superficiais ou subterrâneas, dentre outras, são bens dos Estados.

Quase dez anos depois, ao regulamentar artigo da Constituição que instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, surge a Política Nacional de Recursos Hídricos, lei nº 9433, de 09 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997). Segundo Tucci, Hespanhol e Netto (2001), a PNRH é fruto “de um longo processo de avaliação das experiências de gestão de recursos hídricos e de formulação de propostas para a melhoria dessa gestão em nosso País”, considerada, então, um marco histórico por estabelecer fundamentos, objetivos, diretrizes de ações e instrumentos (TUCCI, HESPANHOL e NETTO, 2001).

Como um dos seus fundamentos, a PNRH, no Artigo 1º, alínea V, estabelece a bacia hidrográfica como a unidade territorial para sua implementação e atuação do sistema de gerenciamento, inequívoca demonstração do respeito às condições naturais dos limites geomorfológicos em suplementação à gestão baseada nos limites administrativos dos municípios e Estados (Já em 1986, por meio da Resolução nº 1 do CONAMA, a bacia hidrográfica é citada como local a ser delimitado para efeito de estudos de impacto. A partir da PNRH, os outros atos do poder público seguiram o mesmo princípio de unidade de gestão!). A gestão do território na bacia passa a balancear, segundo Schubart (2000),

uma distribuição ótima das atividades econômicas, da conservação do capital natural e da manutenção dos serviços dos ecossistemas, inclusive no que tange à estabilidade da produção de água em quantidade e qualidade (p. 167).

A PNRH cria então o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, garantindo a gestão compartilhada, onde o planejamento sistêmico deve ser negociado entre os governos e, principalmente, com a sociedade civil no patamar de decisões dos Comitês de Bacias Hidrográficas, instância também criada nesta lei. Peça chave para promover o empoderamento¹ à sociedade civil, os CBHs são órgãos colegiados, com papel deliberativo, e têm como um dos instrumentos a criação do Plano de Recursos Hídricos, também conhecido regionalmente como Plano de Bacia (BRASIL, 1997).

1 Segundo vários autores, o termo tem sua origem na expressão inglesa *empowerment*, utilizada para expressar a luta por direitos civis nos Estados Unidos, em especial nos movimentos de reconhecimento dos direitos civis e de livre expressão dos negros, das mulheres e dos homossexuais (MEIRELLES & INGRASSIA, 2006). Sua adaptação para língua portuguesa é creditada a Paulo Freire, que o admite não como manifestação individual, mas sim como de classe social. Emerge de um processo de ação social, na interação com outros indivíduos e na crítica à realidade, construindo novas relações sociais de poder (PASE, 2007).”

Além dos Planos de Bacia, outro instrumento que se destaca na PNRH é o enquadramento² dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes³. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) normatizou este instrumento por meio de sua Resolução nº 357, de 11 de março de 2005 (que revogou a Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 do mesmo Conselho).

Esta Resolução nº 357 do CONAMA dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo também as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). Foram criadas treze diferentes classes de água de acordo com a qualidade exigida para seus usos preponderantes, instituindo também uma série de padrões para o controle da poluição, o monitoramento da qualidade ambiental e a adequação da qualidade aos usos da água (BRASIL, 2005). O enquadramento é o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo. Não se baseia necessariamente no estado atual do recurso hídrico, mas nos níveis de qualidade que deveria possuir para atender às necessidades (usos da água) definidas pela sociedade (PINHEIRO, 2008). A seguir, o Quadro 1 apresenta as diferentes classes de água doce com seus respectivos usos preponderantes.

2 Termo utilizado pela PNRH para definição da compatibilidade da qualidade da água e os usos da mesma, buscando a minimização dos impactos de qualidade da água (TUCCI, 2004), como também diminuição dos custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997). A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA, regulamenta o enquadramento, definindo o termo da seguinte forma: “*estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.* (BRASIL, 2005)”. Portanto, o enquadramento expressa metas finais a alcançar, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação. A qualidade da água é medida de acordo com os parâmetros definidos nesta Resolução, que variam seus limites e/ou condições de acordo com a classe da água a ser enquadrada.

3 Foram tipificados pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. Dos mais restritivos, como abastecimento humano, até os menos restritivos, como harmonia paisagística e navegação, os diferentes tipos de uso são referência, juntamente com a qualidade, para o enquadramento.

| CLASSE | TIPOS DIFERENTES DE USO |
|-----------|---|
| ÁGUA DOCE | |
| Especial | a) abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) preservação dos ambientes aquáticos em UC de proteção integral. |
| 1 | a) abastecimento doméstico, após tratamento simplificado; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) 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; e) proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. |
| 2 | a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) proteção das comunidades aquáticas; c) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; d) 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; e) aquicultura e atividade de pesca. |
| 3 | a) abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) pesca amadora; d) recreação de contato secundário; e e) dessedentação de animais. |
| 4 | a) navegação; e b) harmonia paisagística. |

Quadro 1: Classes de usos preponderantes para águas doces definidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Fonte: Adaptado de BRASIL (2005).

Estabelece ainda que enquanto não houver aprovação dos respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2 “exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente”, destaca seu artigo 42 (BRASIL, 2005).

Os diferentes usos preponderantes vão dos mais restritivos, como o abastecimento humano (a partir de desinfecção da água) e preservação dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação da Natureza (UC) do grupo de proteção integral, até os menos restritivos como a navegação e harmonia paisagística (BRASIL, 2005). Os procedimentos para o enquadramento dos corpos de água foram primeiramente definidos pela Resolução do CNRH nº 12 de 19 de julho de 2000, como determina o artigo 38 da PNRH (BRASIL, 2000b). De acordo com a Resolução, os CBHs são os responsáveis pela aprovação do enquadramento, a partir de proposta da respectiva Agência de Águas ou consórcio. Esta deve apresentar diagnóstico e

prognóstico do uso e ocupação do solo (terra) e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Em posse dos dados, deverá ser elaborada a proposta de enquadramento e posterior aprovação pelo CBH, sendo prevista ampla divulgação e audiências públicas. Por fim, a promulgação dos atos jurídicos do enquadramento, em consonância aos Planos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, assim como o Plano do próprio CBH.

Mais recente, o CNRH formulou nova Resolução visando o aperfeiçoamento da nº 12. Esta nova Resolução (nº 91, de 05 de novembro de 2008) alterou dois pilares do procedimento de enquadramento. Enquanto a Resolução nº 12 estabelecia, no artigo 4º, realizar a *elaboração da proposta de enquadramento* (inciso III) e a *aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos* (inciso IV), a resolução nº 91, no artigo 3º, determina que sejam feitas *propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento* (inciso III) e *programa para efetivação* (inciso IV) (BRASIL, 2008). A mudança, além de determinar de forma mais metodológica os passos para as propostas de enquadramento, incorpora o fator de viabilidade econômica e determinação de fontes de financiamento (artigo 7º, inciso II). A seguir, fluxograma da Resolução nº 91 de 2008 (Figura 1).

É importante frisar que desde 2005 o País está na Década da Água, como informa a Agência Nacional de Águas (MMA, 2006):

A Década Brasileira da Água foi iniciada em 2005, conforme solicitação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que aprovou moção transformada em Decreto Presidencial, de 22 de março, integrado à Década Mundial instituída pelas Nações Unidas no Dia Mundial das Águas.

Essa iniciativa tem como propósito chamar a atenção para a elevada importância do tema água com vistas a atingir as Metas do Milênio, bem como estabelecer o vínculo necessário da Política Nacional de Recursos Hídricos com as questões da saúde, da criança, da fome, da mulher e do desenvolvimento sustentável (p.17).

Em consonância a este compromisso firmado pela União, os CBHs devem somar esforços para analisar as propostas de alternativas de enquadramento encaminhadas “pelas agências de água ou de bacia ou entidades delegatárias das suas funções, em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos e os órgãos de meio ambiente” (artigo 8º), conduzindo, após ampla discussão e aprovação, ao Conselho de Recursos Hídricos competente (BRASIL, 2008).

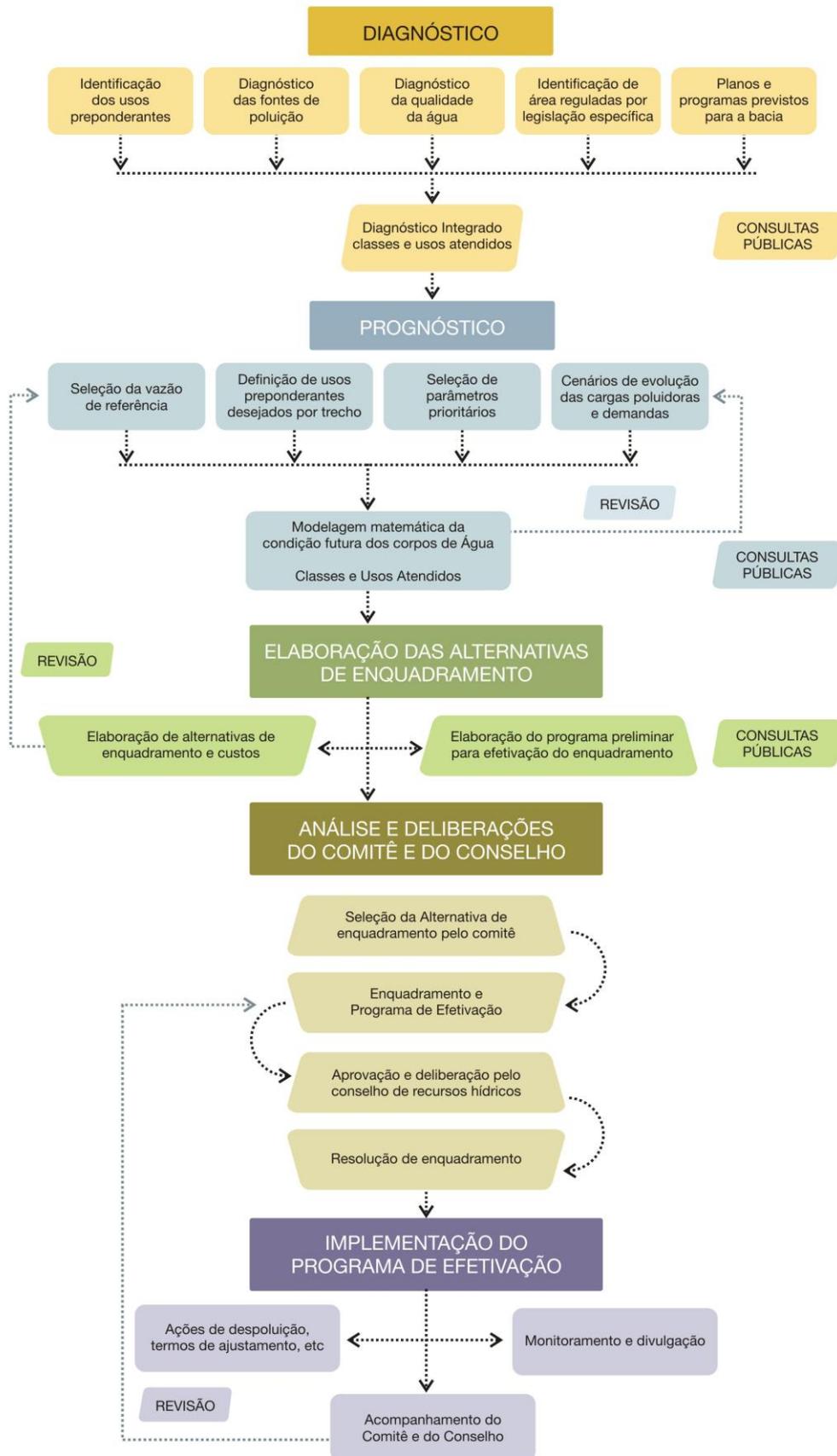


Figura 1: Fluxograma da Resolução nº 91/2008 do CNRH.
 Fonte: Anexo da Resolução, aprimorado por Victor Sardenberg Barreto, 2009.

Para definir a sistematização e padronizar a classificação das BHs no âmbito nacional, o CNRH promulgou a Resolução nº 30, de 11 de dezembro de 2002, adotando a metodologia de Otto Pfafstetter para a subdivisão das mesmas. Definiu a utilização de dez algarismos, contando os mesmos do exutório para montante (BRASIL, 2002).

2.1.2 Legislação estadual pertinente aos recursos hídricos

O Estado do Rio de Janeiro sancionou sua Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, seguindo o modelo da PNRH (RIO DE JANEIRO, 1999). A Lei nº 3239, de 02 de agosto de 1999, garantiu a gestão participativa, onde representantes da sociedade civil, usuários e governos devem discutir a gestão dos recursos hídricos nos fóruns dos CBHs. O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI) (RIO DE JANEIRO, 2004), pelos CBHs, pelas Agências de Água e órgãos do Poder Público Federal, Estadual e Municipal, cujas competências se relacionam com os recursos hídricos. E é com base na Resolução nº 18, de 08 de novembro de 2006, do CERHI-RJ (RIO DE JANEIRO, 2006), que a gestão das bacias hidrográficas do Estado foi organizada conforme suas respectivas Regiões Hidrográficas (Figura 2).

Evidencia-se a formação do arcabouço legal para o gerenciamento das águas em território fluminense, levando o Estado à criação e promulgação de diversos marcos que determinam a qualidade, os usos, a cobrança, a captação dos recursos financeiros e aplicação, conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI) e respectivo Plano de Bacia Hidrográfica (PBH) do local da arrecadação.

A fim de preencher estes requisitos necessários, para além da Política Estadual de Recursos Hídricos, criou-se o Decreto nº 15159, de 24 de julho de 1990, que definiu a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA⁴) como órgão técnico e executor da Política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 1990).

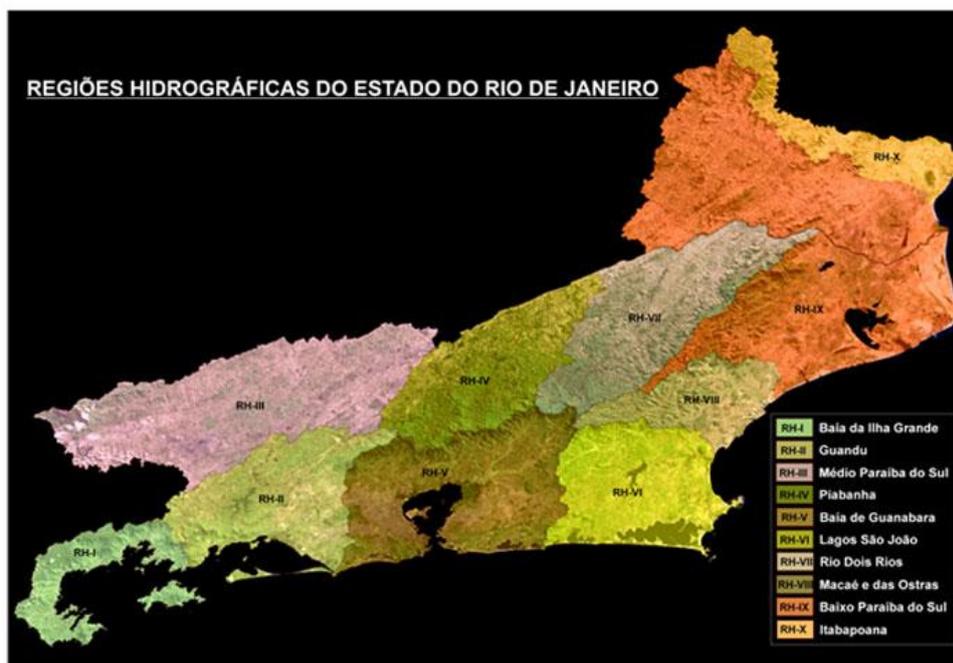


Figura 2: Divisão das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro conforme Resolução 18/06 do CERHI. Fonte: INEA (2008).

O governo do Estado publicou a Portaria SERLA nº 567, de 07 de maio de 2007, visando estabelecer critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos para emissão de outorga (RIO DE JANEIRO, 2007). Regulamentou também o instrumento de cobrança pelo uso da água por meio da Lei Estadual nº 4247, de 16 de dezembro de 2003 (RIO DE JANEIRO, 2003a), posteriormente alterada pela Lei Estadual nº 5234, de 05 de maio de 2008 (RIO DE JANEIRO, 2008). Nesta, 90% dos recursos financeiros arrecadados, recolhidos ao FUNDRHI [Criado pelo Decreto Estadual nº 35724 de 18 de julho de 2004 (RIO DE JANEIRO, 2004)], devem ser aplicados na bacia hidrográfica arrecadadora e 10% no órgão gestor, a SERLA (RIO DE JANEIRO, 2008) (Quadro 2).

4 Atualmente a SERLA, assim como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) e o Instituto Estadual de Florestas (IEF) estão reunidos no Instituto Estadual do Ambiente (INEA), vinculado a Secretaria de Estado do Ambiente (SEA), conforme a Lei nº 5101 de 04 de outubro de 2007 (RIO DE JANEIRO, 2007).

O Estado do Rio de Janeiro é um dos poucos da nação que possui a regulamentação, os instrumentos de arrecadação e outorga do uso da água e as diretrizes de aplicação dos recursos financeiros arrecadados, no entanto, no que diz respeito à área de abrangência da BH da Lagoa Imboacica⁵, ainda não efetivou a aplicação destes recursos arrecadados na região do CBH Macaé e das Ostras (INEA, 2009).

| NORMA LEGAL | DESCRIÇÃO |
|------------------------------------|--|
| Decreto nº 15159, de 24/07/90 | Define a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) como órgão técnico e executor da Política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro |
| Lei nº 4247, de 16/12/03 | Regulamenta os instrumentos de cobrança pelo uso da água |
| Decreto nº 35.724, de 18/07/04 | Institui o Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FUNDRHI |
| Lei n. 5101 de 04/10/07 | Cria o INEA |
| Portaria SERLA nº 567, de 07/05/07 | Estabelece critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos para emissão de outorga |
| Lei nº 5234, de 05/05/08 | Substitui a 4247/2003. Estabelece que 90% dos recursos financeiros arrecadados, recolhidos ao FUNDRHI, devem ser aplicados na bacia hidrográfica arrecadadora e 10% no órgão gestor, a SERLA |

Quadro 2: Atos do poder público estadual do Rio de Janeiro referentes aos recursos hídricos e aplicação dos recursos arrecadados nas BHs. BARRETO, G.S., 2009.

5 Imboacica: não existe definição consensual para a grafia da palavra, se com “c” ou “ss” para o sufixo **cica**. A palavra deriva da língua indígena tupi-guarani, utilizada pelos nativos que habitavam a região. Segundo dicionário tupi-português, a palavra “boacica” significa remanso ou lagoa ligada ao rio por um canal, e as palavras “bóia e “mbóia” significam cobra, serpente (TIBIRIÇA, 1984). Durante todo tempo na cidade de Macaé se adotou “c”, inclusive nos letreiros de ônibus urbanos e placas indicativas. No entanto, ofício da prefeitura de Macaé a SERLA sobre aprovação do bairro Mirante da Lagoa (MACAÉ, 1978), utiliza “ss”, assim como a lei orgânica do município (MACAÉ, 1990). Já o Decreto estadual (RIO DE JANEIRO, 1987a) que regulamenta a lei 1130 de 1987 utiliza “c” (RIO DE JANEIRO, 1987b). A carta do IBGE (Carta do Brasil/IBGE, folha SF-24-M-I-3, escala 1:50000) de 1968, como todas as outras antigas, inclusive estudos recentes do CPRM – Serviço Geológico do Brasil (SILVA e CUNHA, 2001), utilizam “c”. Para Silva (2009) a palavra “cica” vem do tupi “sika”, que significa “travo da fruta verde”. *“Não convém trocar o fonema, pois a grafia “s”, ainda que do mesmo som, muda o significado do termo. Com efeito, sica era o nome que os romanos davam a uma espécie de punhal, de onde se formou sicário, o bandido que usa punhal”* (SILVA, 2009). Segundo o historiador Arthur Sofiatti, a escrita com “c” não chega a ser uma regra, mas sim uma prática que os tupinólogos adotam. Para eles, quando ocorrem palavras com “c”, “ç” ou “ss”, adota-se um “s” apenas. Neste caso, Imboacica mudaria a pronúncia, o que obriga a utilizar o “c”. Deve-se adotar a grafia mais antiga (SOFFIATI, 2010). Quanto à origem da palavra, a versão mais aceita na comunidade remete a um fruto presente em grande quantidade nas redondezas da lagoa, que possuía uma cica (presença de tanino) gostosa, boa. Outra origem seria a grande quantidade de jibóias, réptil que tem seu nome científico derivado do tupi – *Boa constrictor*. O autor do presente trabalho sempre adotou a grafia mais antiga.

2.1.3 CBH Macaé e das Ostras – Termo de Referência (Recursos Hídricos)

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) contemplará as propostas dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH's), “assim como os estudos realizados por instituições de pesquisa, pela sociedade civil organizada e pela iniciativa privada, e os documentos públicos que possam contribuir para sua elaboração” (RIO DE JANEIRO, 1999).

A implementação do Plano precisa do envolvimento de variados setores ligados, de alguma forma, aos recursos hídricos (MMA, 2006):

[...] é preciso que as mesmas transversalidade e participação utilizadas para sua formulação se reflitam na fase de implementação, promovendo uma pactuação que envolva os órgãos e os ministérios responsáveis pelas principais políticas setoriais que afetam os recursos hídricos, sem o que o Plano não terá a eficácia desejada (p.15).

Já os enquadramentos dos corpos de água, nas respectivas classes de uso, serão feitos, na forma da lei, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH's) e homologados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), após avaliação técnica pelo órgão competente do Poder Executivo.

O CBH Macaé e das Ostras, instituído pelo Decreto Estadual 34243, de 04 de novembro de 2003 (RIO DE JANEIRO, 2003b) e alterado pela Resolução nº 18, de 08 de novembro de 2006, do CERHI-RJ (RIO DE JANEIRO, 2006), com base em suas competências e atribuições legais conferidas pela PNRH e pela Política Estadual de Recursos Hídricos, elaborou seu Termo de Referência para criação do Plano de Bacia (CBH-MACAE E DAS OSTRAS, 2008).

Na introdução se afirma:

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica é o primeiro instrumento definido pela Lei nº 9433/97 para subsidiar a Gestão dos Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica. É resultado de um processo de planejamento participativo, que contempla objetivos, metas e ações de curto, médio e longo prazos. Essas ações se traduzem em programas e projetos específicos a serem periodicamente reavaliados, diretrizes para a implementação dos demais instrumentos de gestão previstos na Lei 9433/97, e proposta de organização social e institucional voltada para o gerenciamento dos recursos hídricos da bacia (p.1).

O Termo de Referência foi dividido em três fases: (i) A) Diagnóstico e prognóstico (levantamento bibliográfico e geração de dados técnicos); (ii) B) Compatibilização e articulação (estabelecer cenários, consulta pública e relatório) e; (iii) C) Plano de Recurso das Bacias Hidrográficas propriamente dito (mobilização, metas e estratégias e capacitação).

Os resultados apresentados neste trabalho podem colaborar com a construção do Plano de Recursos Hídricos, gerando dados técnicos para a Fase A, especificamente sobre: uso da terra e cobertura vegetal, e informações sobre enquadramento das águas superficiais nos limites geográficos da BH da Lagoa Imboacica.

2.1.4 Legislação federal pertinente à cobertura florestal – Mata Atlântica

O marco legal da flora brasileira tem sua gênese no Decreto 23793 de 1934, conhecido como Código Florestal – CF-34 (BRASIL, 1934b). Segundo Ahrens (2003), a expansão dos cafezais sobre o vale do Paraíba e a extração desenfreada de araucária no sul (*Araucaria angustifolia*), no início do século XX, foram o combustível para a criação do código, julgado intervencionista por decretar “florestas..., consideradas em conjunto” constituem “bem de interesse comum a todos os habitantes do País” (ANDRADE e SILVA, 2003), independentemente da titularidade: se pública ou privada.

Ahrens (2003) analisa que considerar as florestas em seu conjunto:

significava reconhecer que interessava à sociedade que florestas fossem apreciadas como parte integrante da paisagem natural, estendendo-se continuamente pelo terreno e, portanto, por todas as propriedades, públicas ou privadas (p.5).

Já a expressão “bem de interesse comum a todos habitantes do País”, indicava, à época, a preocupação do legislador com a crescente dilapidação do patrimônio florestal do País, enquanto os particulares tivessem poder de livre disposição sobre as florestas (AHRENS, 2003).

O CF-34 definiu quatro categorias de floresta (protetoras; remanescentes; modelo e de rendimento) estabelecendo parâmetros de uso e exploração para cada uma delas. A declaração de cada categoria de floresta dependia da promulgação de Decreto, fator que influenciou a criação de poucas categorias no Brasil (BRASIL, 1934b).

Em 1965, trinta e um anos depois, foi sancionado o novo Código Florestal (CF-65), que “sintetizou em 50 artigos, com aprimoramentos e adequações, o que o primeiro Código Florestal (de 1934b) apresentava em 101 artigos”, afirma Ahrens (2003). Da evolução dos códigos, se observa que o novo estabeleceu as florestas (nativas – denominadas no CF-34 de indígenas) e demais formas de vegetação (naturais) como bens de interesse comum a todos os habitantes do País, excluindo-se, no artigo 12, as florestas plantadas, quando não consideradas de preservação permanente (BRASIL, 1965).

O CF-65 trouxe ainda importantes avanços, como a expressão “pelo só efeito desta Lei”, no artigo 2º, que define as florestas e demais formas de vegetação natural como áreas de preservação permanente (APPs) de acordo com sua a localização espacial. A expressão indica que não há necessidade de qualquer outro ato do Poder Público, como havia no CF-34, bastando, tão somente, a própria lei para a definição das APPs. Já no artigo 3º, igualmente ao CF-34, somente mediante ato do Poder Público determinam-se APPs, conforme as oito tipificações descritas no artigo (BRASIL, 1965). Determinou também que as florestas e demais formas de vegetação possuem valor intrínseco (o valor de existência) e não mais apenas o de utilidade imediata para a espécie humana (o valor de uso) (AHRENS, 2003).

Novidade importante no CF-65 é a categoria de floresta protegida: a Reserva Legal, onde não é permitido o corte raso, devendo ser averbada à margem da inscrição de matrícula do imóvel, no registro de imóveis competente, sendo vedada a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão, a qualquer título ou desmembramento (art. 16, § 8º) (BRASIL, 1965).

Das quatro categorias de floresta do CF-34, há duas análogas no CF-65: (i) as Florestas Protetoras de 34, são equivalentes às APPs do Código Florestal atual; (ii) enquanto as Florestas Remanescentes equivalem aos Parques Nacionais, Estaduais e Municipais do CF-65. A categoria Florestas de Rendimento é equivalente hoje às florestas plantadas e demais áreas nativas no CF-1965, que são florestas destinadas à produção (ANDRADE e SILVA, 2003).

Com a Constituição Federal de 1988, ficou ainda mais evidente o papel que a terra e os recursos naturais devem exercer no País para seu povo. Ao definir a função social da propriedade como superior ao interesse privado, e determinar a manutenção dos recursos naturais para as futuras gerações, a norma garantiu ao Estado o poder de intervir na propriedade privada em caso de inobservância aos preceitos ambientais.

Embora conceda aos proprietários privados direitos de uso e exploração por meio de manejo sustentável, ou indenização em caso de desapropriação, cabe-lhe (Estado) agir quando evidenciada qualquer ocorrência que possa afetar os princípios citados, como posto nos artigos 186 e 225 (BRASIL, 1988). Esta fiscalização cabe não só à esfera federal, mas à estadual e, sobretudo, à municipal, onde os impactos se fazem sentir.

Recentemente foi sancionada a lei da Mata Atlântica – Lei 11428, de 22 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006a). Este bioma, característico do litoral brasileiro, expandindo-se das restingas e manguezais para além dos cumes da Serra do Mar, atualmente está reduzido a menos de 10% de sua cobertura original no Brasil e a 20% no Estado do Rio de Janeiro, segundo levantamento realizado pela fundação SOS Mata Atlântica (POA, 2007). Os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo são os únicos da nação que possuem apenas este tipo de bioma (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005), o que faz dessa lei a norteadora basilar das políticas públicas estaduais de proteção, recuperação e fomento à flora.

Cabe uma pequena explanação dos principais artigos desta lei que tenham implicação na proposta descrita neste trabalho.

Das formas de proteção e utilização do bioma, o artigo 7º, inciso IV, estabelece “o disciplinamento da ocupação rural e urbana, de forma a harmonizar o crescimento econômico com a manutenção do equilíbrio ecológico”. Impõe ao poder público, no artigo 10, nos caso de iniciativas voluntárias dos proprietários rurais, o dever de fomentar o enriquecimento e reflorestamento, utilizando, inclusive, espécies exóticas quando para atenuar efeito de borda sobre os fragmentos (BRASIL, 2006a). Como forma de promover adequação ao zoneamento do território, principalmente para expansão de sua área urbana ou instalação de empreendimentos isolados em áreas rurais, o artigo 12 determina que sejam implantados em áreas já substancialmente alteradas ou degradadas, evitando a supressão vegetal (BRASIL, 2006a).

A lei faz distinção dos diferentes estágios de sucessão ecológica, estabelecendo critérios apropriados para cada um deles. Obriga, em alguns casos, a realização de estudo prévio de impacto ambiental/relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA), além da condição de declarar como de utilidade pública ou interesse social, por meio de ato do poder público, qualquer atividade que exija supressão vegetal. Esta só será permitida quando não houver alternativa locacional (BRASIL, 2006a).

Por fim, cabe destacar a importância dos incentivos financeiros, técnicos e científicos que o Estado deve prover aos proprietários de terra.

O CONAMA editou resoluções definindo e estabelecendo parâmetros para análise da sucessão ecológica florestal do bioma Mata Atlântica de quatorze Estados diferentes. Para o Estado do Rio de Janeiro, a Resolução nº 06, de 04 de maio de 1994, define mata primária (artigo 1º - grande biodiversidade e mínimo impacto antrópico) e três estágios de sucessão ecológica das matas secundárias (artigo 2º: § 1º estágio inicial; § 2º estágio médio; e § 3º estágio avançado) (Quadro 3). Para estágio inicial, dentre outros critérios, definiu fisionomia herbáceo/arbustiva, DAP⁶ médio de 05 cm e altura média de 05 m, idade até 10 anos, ausência de bosque e praticamente ausência de serrapilheira⁷. Por fim, indica uma lista de espécies indicadoras. Para estágio médio, dentre outros critérios, fisionomia arbustivo/arbórea, DAP médio variando de 10 a 20 cm e altura média variando de 05 até 12 m, idade entre 11 e 25 anos, presença de subosque⁸ e de serrapilheira, e uma lista de espécies indicadoras. Para estágio avançado, dentre outros critérios, fisionomia arbórea e dossel fechado, DAP médio de 20 cm e altura superior a 20 m, idade acima de 25 anos, presença de subosque e de serrapilheira com intensa decomposição, e uma lista de espécies indicadoras (BRASIL, 1994a).

| CARACTERÍSTICA | ESTÁGIOS SUCESSIONAIS DE FLORESTA SECUNDÁRIA | | |
|----------------|--|-------------------|-----------------------------------|
| | INICIAL | MÉDIO | AVANÇADO |
| Fisionomia | Herbácea/arbustiva | Arbustivo/arbórea | Arbórea (dossel fechado) |
| DAP médio | 05cm | 10- 20cm | > 20 cm |
| Altura média | 05m | 5- 12m | > 20 m |
| Idade | Até 10 anos | 11- 25 anos | > 20 m |
| Bosque | Ausência | Presente | Presente |
| Serrapilheira | Ausente | Presente | Presente com intensa decomposição |

Quadro 3: Estágios de sucessão ecológica de florestas secundárias do bioma Mata Atlântica, segundo Resolução nº 06/94 do CONAMA. Elaboração BARRETO, G.S., 2009.

6 Diâmetro à altura do peito. Diâmetro de uma árvore obtido a uma altura entre 1,30m e 1,50m tendo como base o nível médio do terreno (IBGE, 2004). Pode ser usada para estipular a idade de uma vegetação arbustiva/arbórea assim como seu grau de importância para efeito de medidas de reparação ou compensação ambiental nos casos de supressão.

7 Denominação aplicada à camada superficial de material orgânico que se cobre os solos consistindo de folhas, caules, ramos, cascas, frutas e galhos mortos, em diferentes estágios de decomposição, em uma mata. Liteira. (IBGE, 2004).

Como forma de atenuar os impactos ecológicos do processo de fragmentação florestal na Mata Atlântica, o CONAMA publicou a Resolução nº 09, de 24 de outubro de 1996, que regulamenta o artigo 7º do Decreto 750 de 10 de fevereiro de 1993, definindo os corredores de vegetação entre remanescentes. Outra norma legal que fomenta a criação de corredores ecológicos é o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000, que estabelece, dentre outros, a criação de corredores entre as Unidades de Conservação (UCs), como também a gestão integrada e participativa em mosaico (BRASIL, 2000).

2.1.5 Legislação estadual pertinente à cobertura florestal – Mata Atlântica

A Constituição Estadual do Rio de Janeiro, tal como a Federal, possui um capítulo dedicado ao Meio Ambiente (RIO DE JANEIRO, 1989). Assume, no artigo 261, § 1º, inciso V, a incumbência de estimular e promover o reflorestamento ecológico em áreas degradadas, objetivando especialmente a proteção de encostas e dos recursos hídricos.

2.1.6 CBH Macaé e das Ostras – Termo de Referência (Cobertura vegetal)

Em seu item A.2.2. - Uso do Solo (terra) e Cobertura Vegetal, o Termo de Referência para o Plano de Recursos Hídricos do CBH Macaé e das Ostras estabelece objetivos e indicações metodológicas, quais sejam (CBH-MACAE E DAS OSTRAS, 2008):

Objetivos: Identificar os tipos de uso e ocupação do solo, a cobertura vegetal, as áreas de preservação permanente e Unidades de Conservação da Natureza, com vistas a subsidiar a análise dos padrões de ocupação do solo predominantes nas bacias, de forma a orientar a análise dos usos múltiplos (p.20).

8 Agrupamento vegetal formado por espécies arbustivas e herbáceas, ciófilas (de ambiente sombrio), podendo apresentar variados estágios de desenvolvimento, com destaque para indivíduos das famílias rubiáceas, mirtáceas, melastomatáceas; bromeliáceas, aráceas, marantáceas e heliconiáceas, especialmente em ambientes úmidos (BRASIL, 1994b).

2.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão

Segundo Porto e Porto (2008) foi “a Lei nº 9433, de 8.1.1997, que deu ao Brasil uma nova política de recursos hídricos e organizou o sistema de gestão, concretizou então a gestão por bacias hidrográficas” (PORTO e PORTO, 2008).

O espaço geográfico que delimita uma bacia hidrográfica tem sido referenciado por diversos autores (ODUM, 1985, PORTO e PORTO, 2008, LIMA e ZAKIA, 1996, LEAL, 2004, TUCCI, 2002) como local adequado para estudos e aplicação de zoneamento, planejamento e gestão, uma vez que as atividades desenvolvidas desde as cabeceiras até as áreas mais baixas podem se inter relacionar, por meio dos recursos hídricos.

Conceituando bacia hidrográfica, Porto e Porto (2008) afirmam que “é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída”, onde ocorre sua interação com os meios físico, biótico, social, econômico e cultural (PORTO e PORTO, 2008).

A bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe energia de agentes climáticos e perde por meio do deflúvio. Como sistema aberto, pode ser descrita em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, o que traz a noção de encontrar-se em equilíbrio⁹ dinâmico. Assim, algumas atividades refletem suas conseqüências à jusante e, em casos específicos, de forma cumulativa, como processos de assoreamento e de poluição das águas. No entanto, para Mattos e Perez Filho (2004), determinados sistemas abertos, quando muito complexos, “conseguem manter-se num estado afastado do equilíbrio termodinâmico: recebem fluxos de energia do ambiente e mesmo assim conseguem se manter com um baixo nível de entropia interna ao longo de sua evolução” (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004). Em que pese a valiosa discussão, há de ser admitir fatores como escala (tamanho da bacia hidrográfica) e tempo (capacidade de resiliência ou prazo/dimensão de resposta para determinadas alterações ou distúrbios).

⁹ Equilíbrio x estabilidade – há profícua discussão sobre o melhor dos dois termos a se usar para descrever o comportamento de um sistema complexo em função das alterações e distúrbios (entradas) ambientais. Neste trabalho foi utilizado o termo equilíbrio por já estar arraigado.

Portanto, a abordagem sobre bacia hidrográfica deve pautar seu entendimento como sistema. Um sistema, segundo Mattos e Perez Filho (2004), pode ser definido “como um todo organizado composto de elementos que se inter relacionam”. E continuam,

A idéia de sistema só ganha sentido se forem considerados conjuntamente esses três conceitos: todo, partes e interrelação. A simples interação entre elementos não forma um sistema se não forem capaz de criar algo que funcione como um todo integrado. Por outro lado, não é possível compreender totalmente esse todo se não entendermos quais são suas partes e como elas se inter-relacionam (p.12).

Embora a análise isolada de cada parte constituinte do sistema possa fornecer informações interessantes, o entendimento da estrutura e funcionamento do sistema não é possível sem que se estude as interações entre os elementos e a organização do sistema como um todo (p.13).

Da análise dos sistemas, Mattos e Perez Filho (2004) relacionam cinco vertentes de compreensão: (i) não linearidade e realimentação; (ii) o todo é diferente da somas de suas partes; (iii) aninhamento hierárquico; (iv) atratores e repulsores; e (v) sistemas abertos e afastados do equilíbrio termodinâmico.

A análise de elementos naturais, vivos e suscetíveis a influências exógenas, não se compara com o levantamento de dados estáticos, como objetos e coisas. Estes elementos fazem parte de um sistema dinâmico, donde a interrelação é capaz de gerar novos atributos. É com base nesta visão que podemos assegurar que a soma dos elementos é **diferente** do todo. Diferente e não obrigatoriamente maior, visto que a interrelação também pode suprimir manifestações plenas dos elementos analisados. Neste caso, a soma dos elementos seria menor que o todo (MORIN, 1977). Morin, afirma que o pressuposto de organização são as interações, conceituadas por ele como “ações recíprocas que modificam o comportamento ou a natureza dos elementos, corpos, objectos ou fenómenos que estão presentes ou se influenciam” (sic) (p.53).

Ao se dedicar ao estudo de qualquer sistema, o pesquisador deve identificar em qual escala ficará restrito. Este fator é determinante para a objetividade e reconhecimento dos limites da pesquisa, bem como para distinguir as partes individualizadas que serão esmiuçadas. Um sistema é formado por subsistemas e também faz parte de sistemas maiores. A ciência geomorfológica reconhece muito bem este princípio nos estudos sobre bacias hidrográficas. O equilíbrio dinâmico de uma bacia hidrográfica depende das subacias componentes (MATTOS e PEREZ

FILHO, 2004). Alterações ou distúrbios em uma subacia podem gerar desequilíbrios no sistema da bacia hidrográfica, ou mesmo podem ser tamponadas pelas subacias em estado de equilíbrio (MORIN, 1977). A inexorável modificação dos sistemas abertos pelas constantes alterações provenientes de fatores ambientais (interações) assim como sua imprevisibilidade, causa desordem no ambiente, que, de acordo com sua capacidade de resiliência (retornar ao estado anterior) ou resistência (não alterar seu estado), buscam nova ordem, resultando, nesta dialética natural, em nível de organização. Morin chama de jogo de ordem-desordem, esta capacidade de um sistema se organizar, ou melhor, se auto-organizar (1977).

A ocupação humana nas bacias hidrográficas traz inúmeras alterações a este sistema. Clark (1977) salienta a importância da gestão ambiental das bacias hidrográficas litorâneas como forma de promover a conservação dos recursos costeiros, que, pela proximidade à linha da costa, estão propensas a impactos mais acentuados justamente por ser a região tradicionalmente mais povoada (IBGE, 2000). A preservação, conservação ou recuperação dos atributos ambientais de uma bacia hidrográfica devem considerar a pressão humana sobre o ambiente em função dos diversos usos e alterações na ocupação da terra. Melo *et al.* (2008) entendem que algumas atividades humanas, quando desvinculadas de um processo de planejamento, acentuam os impactos negativos sobre o meio ambiente (MELO *et al.*, 2008).

São estas e outras fontes de informação que demonstram a importância precípua do planejamento na bacia hidrográfica, que, neste caso, ganha materialidade no Plano de Recursos Hídricos.

A BH da Lagoa Imboacica apresenta um conjunto de características peculiares que propiciam o delineamento de ações de planejamento e gestão com vistas a produzir resultados em médio prazo, de forma a subsidiar a implantação de políticas públicas para a gestão compartilhada pautada em bases conservacionistas em outras BHs. A saber: (i) possui tamanho relativamente reduzido (58km²); (ii) situa-se em área de planície/baixada com relevo praticamente uniforme onde os pontos mais elevados estão próximos aos 180m de altitude; (iii) está localizada em região litorânea; (iv) exhibe deflúvio em exutório sem contato permanente com o mar (Lagoa Imboacica); (v) possui, basicamente, ocupação rural à montante da lagoa; (vi) tem áreas industriais, de grandes dimensões, concentradas às margens do encontro entre o rio e Lagoa Imboacica; e (vii) ocupação urbana intensa e recente no entorno da lagoa.

Em sua área mais próxima ao litoral, onde há a Lagoa Imboacica, a crescente pressão da ocupação urbana tem resultado em diversos impactos, como por exemplo: (i) estados próximos ao eutrofismo na lagoa; (ii) crescimento acelerado de macrófitas aquáticas ocupando espelho d'água; (iii) diminuição das taxas de oxigênio dissolvido e (iv) diminuição da lâmina d'água entre outros (ESTEVES, 1998a), resultantes da ocupação da Faixa Marginal de Proteção (FMP), do despejo de esgoto doméstico sem tratamento e efluentes industriais, do assoreamento e de intervenções no leito do rio e às margens da lagoa sem critérios técnicos e estudos adequados (MAROTTA, 2004).

O rio Imboacica, principal contribuinte da lagoa, nasce a aproximadamente 12,9 quilômetros acima da lagoa e a apenas 120m de altitude, fato que evidencia uma área de planície/baixada, com regiões suscetíveis a alagamento. Seu curso sofreu intervenção no trecho médio, pela instalação da ferrovia, e no trecho final, em aproximadamente três quilômetros, pelas retificações do antigo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) (SAUNDERS e NASCIMENTO, 2006). Suas adjacências, predominantemente rurais, vêm sendo urbanizadas gradativamente, em virtude do vetor de crescimento estar apontado neste sentido (DIAS, 2005). A Figura 3 apresenta a carta-imagem da BH da Lagoa Imboacica sobre imagens satélite QuickBird, em escala 1:50.000.

Delimitação da Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica e sua rede hidrográfica

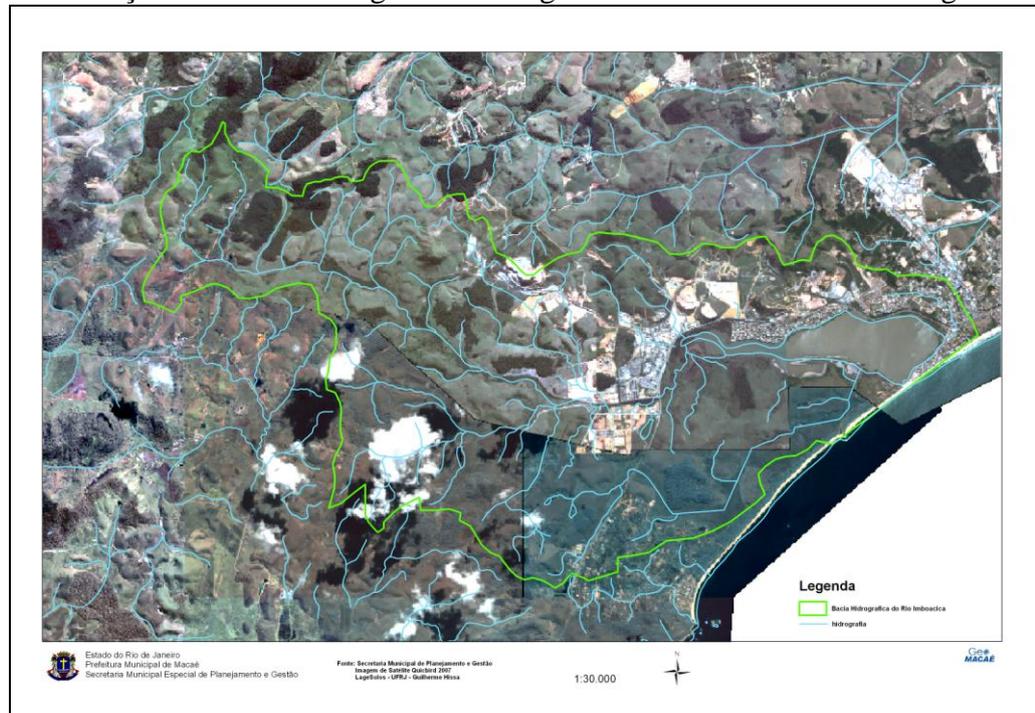


Figura 3: Carta-imagem do recorte da BH da Lagoa Imboacica. Fonte: Prefeituras de Macaé e Rio das Ostras - imagens de satélite Quickbird, 2007, e hidrografia IBGE, 1968. Recorte realizado pelo geógrafo Guilherme Hissa Villas Boas (LageSolos/UFRJ).

O crescimento acelerado, atípico, nas últimas décadas, fruto da exploração do petróleo em nossa bacia atlântica, tem registrado crescente degradação ambiental, com o surgimento de favelas (DIAS, 2005) e de condomínios residenciais de classes mais abastadas no entorno de corpos d'água, como a Lagoa Imboacica. Esta se encontra entre os municípios de Macaé e Rio das Ostras, únicos municípios pertencentes à BH da Lagoa Imboacica, e apresentam vertiginoso crescimento de suas populações, como destaca o Quadro 4 (DIAS, 2005).

População dos municípios litorâneos, de Campos dos Goytacazes à baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro, e suas taxas médias de crescimento anual

| Município | População em 1991 (1000) | População em 2000 (1000) | Taxa média de crescimento anual 1991/2000 (%) |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Rio das Ostras | 18.223 | 36.419 | 8,07 |
| Armação de Búzios | 10.532 | 18.204 | 6,33 |
| Cabo Frio | 74.383 | 126.828 | 6,17 |
| São Pedro da Aldeia | 42.947 | 63.227 | 4,43 |
| Casimiro de Abreu | 15.622 | 22.152 | 3,99 |
| Macaé | 94.126 | 132.461 | 3,91 |
| Quissamã | 10.467 | 13.674 | 3,04 |
| Carapebus | 6.769 | 8.666 | 2,81 |
| S. F. Itabapoana | 33.358 | 41.145 | 2,38 |
| Arraial do Cabo | 19.866 | 23.877 | 2,08 |
| Campos | 376.306 | 406.989 | 0,88 |
| São João da Barra | 26.203 | 27.682 | 0,62 |
| Região | 728.802 | 921.324 | 7,91 |

Quadro 4: Em destaque municípios de Rio das Ostras e Macaé.

Fonte: MONIÉ, 2003 *apud* DIAS, 2005.

A ocupação urbana no entorno deste corpo hídrico sem a devida infraestrutura, como redes de coleta de esgoto e tratamento, colaboram para diversos impactos ambientais. Um exemplo é a presença de contingente expressivo de taboa (*Typha dominguensis*), uma macrófita aquática com elevado poder de depuração, indicadora de grande quantidade de nutrientes disponível, expandindo-se em áreas próximas a despejo de esgoto, como no canal do bairro Novo Cavaleiros em Macaé (LOPES-FERREIRA, 1998).

Há mais de 15 anos o Núcleo em Ecologia e Desenvolvimento Sócio-Ambiental de Macaé, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), por meio do Projeto Ecolagoas, desenvolve estudos liminológicos nas lagoas litorâneas da região,

em destaque as pertencentes ao Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e a Lagoa Imboacica (ESTEVES, 1998a; ESTEVES e LACERDA, 2000; ROCHA, ESTEVES, SCARANO, 2004). Mais de vinte e cinco dissertações de mestrado e quase vinte teses doutorado já foram produzidas somente sobre a Lagoa Imboacica, fornecendo dados primários sobre as condições ecológicas, que podem servir como indicadores das condições ambientais presentes.

As lagoas costeiras são consideradas um dos ecossistemas mais produtivos da biosfera (LAMEGO, 1946), possuindo taxas de produtividade biológica variando de 200 a 400 mgC/m²/ano (KNOPPERS 1994, *apud* ESTEVES 1998a). Em função dessa elevada produtividade, afirmam Esteves e Lamego, historicamente, populações humanas se instalaram às margens das mesmas, utilizando-as como fonte de alimento, água, lazer e receptora de efluentes (ESTEVES, 1998; LAMEGO, 1946).

Situada entre os municípios de Rio das Ostras e Macaé (Figura 4), A Lagoa Imboacica teve sua área registrada em 3,26km² (PANOSSO *et al.* 1998 *apud* PETRUCIO, 1998), largura máxima de 1,3km, comprimento máximo de 5,3km e profundidade média de 1,09m, resultando em um volume de 3,56 x 10⁶ m³ (FURTADO 1994 *apud* LOPES-FERREIRA, 1998). Com base nas imagens satélite de 2007, o autor encontrou as seguintes dimensões: (i) 266 ha de espelho d'água; (ii) 133 ha de brejos perilagunares; (iii) comprimento máximo do espelho d'água de 4,4km; e (iv) largura máxima de 1,3km. O Plano (Projeto) de Alinhamento de Orla (PAO), estabelecido pela antiga SERLA e promulgado pelo Estado por meio de decreto (RIO DE JANEIRO, 1988) determina a área de 3.446.761,36m² para Lagoa Imboacica, ou seja, 344ha, conforme cálculo analítico.

Dentre as lagoas da região, Imboacica destaca-se por apresentar BH definida, “com rede hidrográfica bem desenvolvida (ordem 4) que drena rochas pertencentes ao Complexo Cristalino”, ressaltam Tolentino *et al* (1986).

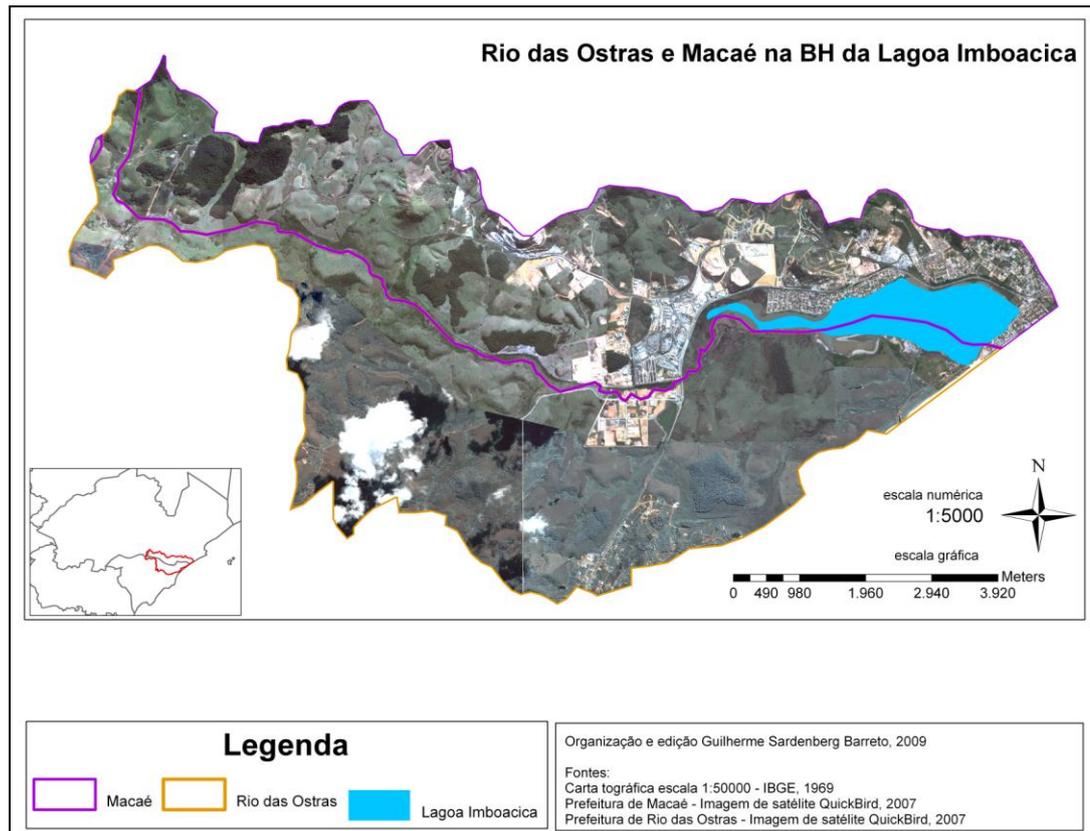


Figura 4: BH da Lagoa Imboacica com o limite administrativo entre os municípios de Macaé e Rio das Ostras. Produzido por BARRETO, G.S. (2009).

Já foram registrados estados de eutrofização na lagoa, fator que possui ligação direta com o aumento da descarga de efluentes sanitários da população do entorno, da indústria (empresas) e utilização de produtos de limpeza compostos de polifosfatados. A Figura 5 apresenta a evolução histórica da ocupação marginal à lagoa (DIAS, 2005).

Evolução da área urbana de Macaé entre 1956 e 2001

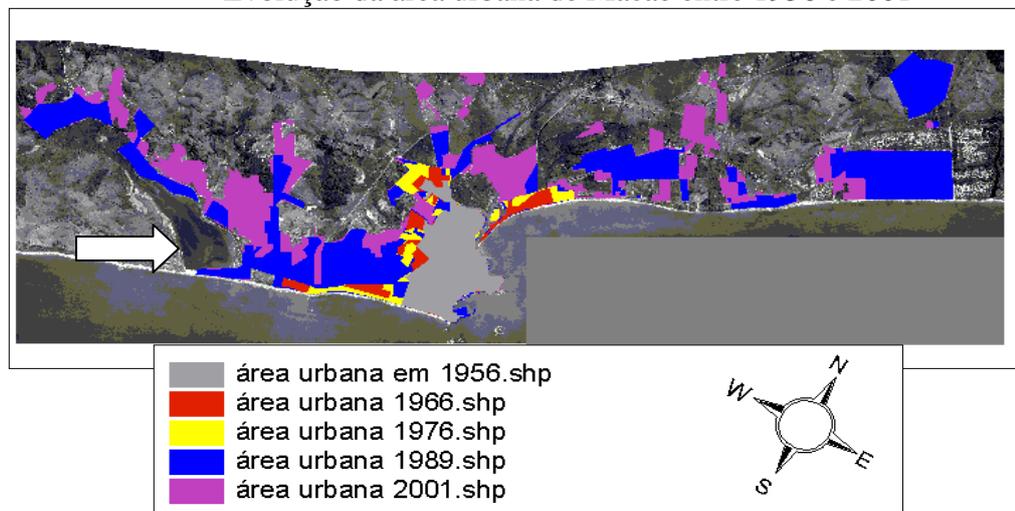


Figura 5: Mapa da Evolução da Área Urbana de Macaé – 1956/2001, em escala aproximada de 1:10000, com destaque para entorno da Lagoa Imboacica (seta branca). Aerofotogrametria de 2001. Fonte: Mapa temático elaborado por Dias (2005) adaptado por Barreto, G.S. (2009).

2.3 Uso e ocupação da terra

Os estudos e análises sobre as interferências antrópicas em ambientes naturais são vastos e remontam tempos passados. Como afirma Engels (1896), aludindo a relação homem x natureza como duas forças influenciadoras e modificadores de si:

os animais, como já indicamos de passagem, também modificam com sua atividade a natureza exterior, embora não no mesmo grau que o homem; e essas modificações provocadas por eles no meio ambiente repercutem, como vimos, em seus causadores, modificando-os por sua vez. Nada ocorre na natureza em forma isolada (p.11).

Dessa relação umbilical, entre homem e natureza (terra), a agricultura talvez seja a expressão mais contundente. E, segundo o mesmo autor (e a maioria dos evolucionistas), o surgimento da agricultura (assim como a criação de gado) foi o fator determinante para que o homem saísse de sua vida exclusivamente nômade, caçadora, coletora e pescadora, e adotasse estilo de vida mais fixo, voltado para a terra e sua provisão. Não é difícil admitir que a prática do cultivo levasse à escolha de locais mais apropriados, e o estilo de vida sésil modificasse a estrutura social humana: surgimento de relações de parentesco mais complexas, surgimento da família, crescimento do número de habitantes nas hordas. A defesa das terras apropriadas ao cultivo provavelmente estimulou, ao longo do tempo, o surgimento da propriedade privada e... do Estado, como ente organizacional, com suas leis e costumes (ENGELS, 1884)! Portanto, da relação do homem com a terra, os dois moldaram-se e modificaram-se, como afirma Leroi-Gourhan (1964),

As conseqüências da sedentarização agrícola são uniformes em todas as regiões que atinge: corresponde à formação de um grupo humano em que os indivíduos se contam às dezenas, reunidos em volta de reservas alimentares e protegidos do meio natural e dos seus semelhantes por um aparelho defensivo. Estas conseqüências imediatas estão na origem da transformação completa que a este nível sofrem as sociedades humanas. Os sociólogos fizeram há muito sobressair os traços mais marcantes desta transformação: capitalização, sujeição social, hegemonia militar, e basta destacar aqui os pontos que parecem interessar directamente à função tecnoeconómica (sic) (p.166).

No Brasil, desde o século XIX, o uso intensivo, e destruidor, da terra chamou atenção da nossa elite intelectual. Os intelectuais já defendiam a terra e suas matas,

sugerindo métodos de cultivo mais sustentáveis. Essa defesa era embasada em argumentos científicos, e não românticos. Estabeleciam onexo-causal entre destruição ambiental e o tripé econômico-social da época: trabalho escravo – latifúndio – monocultura, denominado por Joaquim Nabuco de “obra da escravidão” (PÁDUA, 2002).

Mas a incompatibilidade entre os discursos de defesa e os resultados práticos se justifica uma vez que “as práticas devastadoras, profundamente arraigadas na lavoura escravista, eram a fonte da renda que sustentava a elite senhorial e a máquina do Estado”, afirma Pádua (2002). E continua,

o que aqueles pensadores estavam testemunhando, de fato, era a evolução do processo histórico cuja continuidade redundou na perda de quase cem milhões de hectares da mais rica floresta tropical, já que hoje resta apenas 7% da cobertura original da mata atlântica (p.32).

É com a destruição e subsequente diminuição da disponibilidade de recursos naturais que a abordagem ambiental ganha força, ao buscar modelos apropriados para o trato com a terra de forma a estabelecer métodos com bases conservacionistas de seus recursos.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) lançou em 2006 a segunda edição do Manual Técnico de Uso da Terra. Este serviu de base para elaboração do presente trabalho, principalmente na questão metodológica de levantamento da cobertura e uso da terra, como da nomenclatura e captura de informações em campo (IBGE, 2006) e também por ser considerado pelo TR como o manual a ser seguido.

Esta 2ª edição, mais adaptada ao fomento à justiça ambiental (IBGE, 2006), propõe:

uma base conceitual voltada para a observação e síntese do conjunto e das particularidades do uso da terra orientadas, segundo a distribuição geográfica dos recursos da terra, da sua apropriação social e das transformações ambientais, bem como procedimentos técnicos de levantamento e mapeamento, compatíveis com esse novo olhar sobre o uso da terra (p.9).

Os primeiros trabalhos sobre uso da terra no Brasil datam do final da década de 30 do século passado e possuem enfoque na colonização do território. Na década de 50 passam a predominar estudos sobre padrões espaciais, analisados a partir de processos

produtivos. Em 70, inicia-se junção com procedimentos estatísticos na geografia (IBGE, 2006). Trabalho pioneiro no país, o RADAMBRASIL, utilizando imagens de radar, realizou o Levantamento Sistemático de Recursos Naturais, passando o componente ambiental a figurar em escala crescente (IBGE, 1992; IBGE, 2006).

A assimilação da problemática social pelas diferentes correntes da defesa do equilíbrio ambiental, de práticas com base conservacionista, provocou reflexões teóricas sobre a cobertura e o uso da terra, mostrando a tendência atual de orientação desses estudos, segundo o conceito de justiça ambiental (IBGE, 2006).

Analisando diversos significados dos termos cobertura e uso do solo (terra), Vieira (2005) admitiu como mais adequadas as seguintes definições: (i) cobertura – aspecto do revestimento da superfície terrestre, apresentado pelos elementos relacionados aos meios biótico (formação vegetal), abiótico (rocha, solo exposto, corpo d'água) ou antrópico (construção), constituindo uma paisagem, natural ou não. A identificação de uma determinada cobertura pode levar o observador a inferir, com mais ou menos precisão, diferentes tipos de uso. No desenvolvimento desta tese, o termo biótico é empregado para referir-se a todas as formas de apresentação da cobertura da terra; e (ii) uso – atividade empreendida pelo homem, desenvolvida com propósito sócio-econômico em algum tipo de cobertura, podendo, ou não, alterá-la (VIEIRA, 2005).

Portanto, em que pese o acelerado avanço dos diferentes usos dentro dos limites geográficos da BH da Lagoa Imboacica, sua cobertura, à montante à lagoa, ainda apresenta grandes possibilidades de vencer o desafio de desenvolver-se sócio-economicamente conservando atributos e elementos naturais.

A necessidade de identificar, avaliar e estimar a cobertura vegetal em BHs é fundamental na perspectivas de apoio a práticas de busca de equilíbrio dos ecossistemas florestais. Lima e Zakia afirmam que “do ponto de vista ecológico, a sustentabilidade deve envolver medidas de planejamento do manejo florestal que contemplem pelo menos os seguintes aspectos fundamentais (LIMA e ZAKIA, 1996):

- a) Manutenção dos processos ecológicos essenciais da paisagem;
- b) A preservação da biodiversidade;
- c) Manutenção da capacidade natural de suporte do solo.”

Dias *et al* (2002), em seus estudos sobre uso da terra e cobertura vegetal, constataam que “o modelo de desenvolvimento econômico baseado no crescimento a qualquer custo tem gerado graves perturbações ao ambiente” (DIAS *et al.*, 2002). Neste caso, a supressão vegetal tem destaque para o estabelecimento de práticas agropastoris. É o que se evidencia em maior escala na BH em estudo, principalmente à montante da lagoa (Figura 6).

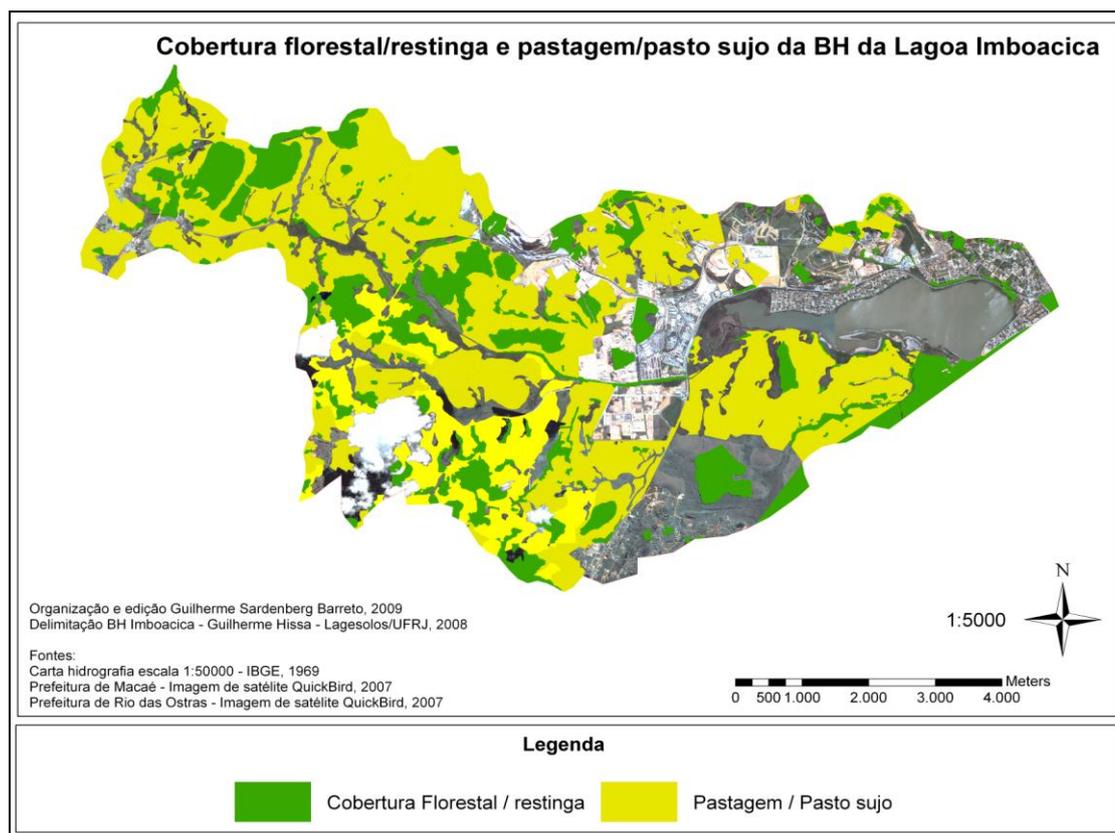


Figura 6: Produzido por BARRETO, G.S. (2009).

Bertol *et al* (1997) sinalizam que a:

densidade do solo normalmente é alterada pela pressão mecânica exercida sobre ele (BAVER *et al.*, 1972), a qual pode ser influenciada pelo pisoteio animal (GRADWELL, 1966; BERTOL & SANTOS, 1995) e, ainda, pela desagregação ocasionada pelo preparo excessivo do solo (BERTOL, 1989; BERTOL & SANTOS, 1995) (p.3).

Problemas como erosão, assoreamento, empobrecimento do solo e outros, que podem ocorrer nas BHs, justificam a busca de soluções para aumentar a cobertura vegetal. É pensando na sustentabilidade do ecossistema que Bragagnolo e Pan (1997) sugerem a utilização de estratégias, baseada em quatro grandes enfoques, para conter processos erosivos, poluição das águas e do solo agrícola:

- aumento da cobertura vegetal do solo - visando a redução da energia do impacto das gotas de chuva contra a superfície e, conseqüentemente, a redução da desagregação da sua estrutura;
- aumento da infiltração de água no perfil do solo - visando reduzir o escoamento superficial e promover uma maior disponibilidade de água para as culturas, com conseqüente redução dos riscos e aumento da produção vegetal;
- controle do escoamento superficial - visando reduzir os danos da erosão por transporte, regular o regime hídrico na bacia hidrográfica e evitar a sedimentação nos mananciais;
- controle da poluição - visando a redução do transporte e poluição dos corpos d'água causada principalmente por dejetos, fertilizantes e agrotóxicos.

Torna-se importante salientar que os três primeiros enfoques estão direcionados no sentido de proporcionar um uso, manejo e conservação adequado do solo que possibilitem aumentar a produção vegetal dos sistemas produtivos mais comuns envolvidos. Com o aumento da produção vegetal, busca-se também alcançar maior cobertura média do solo ao longo do ano, principalmente nos períodos críticos, além de proporcionar maior produtividade, menor custo e risco, elevando conseqüentemente a renda do agricultor. Com isto assegura-se maior índice de participação espontânea das comunidades dos agricultores e uma série de impactos ambientais positivos, notadamente a melhoria da qualidade dos recursos hídricos (p. 187).

2.4 Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) – ferramenta para gestão ambiental

A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como ferramenta para o planejamento e a gestão ambiental tem se desenvolvido largamente nas últimas décadas, graças ao incremento de tecnologias como *hardwares* e *softwares*, aerofotogrametrias, satélites e GPS (sigla para *Global Positioning System*), facilitando a caracterização do relevo e a análise da relação climática e antrópica com o seu meio (SILVA, 2006; AVELINO, 2004; CÂMARA *et al*, 1996). Atualmente, para obtenção de imagens do relevo, os satélites desempenham melhor resultado em qualidade devido ao “aumento das resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal dos sensores instalados nessas plataformas” (NASCIMENTO, 2004). Da aplicação e importância desta tecnologia empregada na área ambiental, Silva (2006) afirma:

Falar em meio ambiente na atualidade sem considerar os recursos da informática é quase impossível. Nos dias atuais a velocidade da informação é muito grande e a movimentação das

sociedades no espaço geográfico tem se dado de forma muito dinâmica.

A informática pode ser considerada como a mais revolucionária área de pesquisa das últimas décadas, provocando mudanças que atingem toda a sociedade em seus diversos aspectos, incluindo todo conhecimento científico (p.92).

O levantamento de dados geograficamente referenciados, sua análise, sistematização e manipulação é largamente conhecido como Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os SIGs apresentam condições de fornecer, de forma sistematizada, informações geográficas para a aplicação de modelos para fins determinados – uma ferramenta de planejamento e gestão (SILVA, 2006), que, atualmente, com acesso de profissionais de variadas áreas, apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização (CÂMARA, 1996).

Os SIGs reúnem dados ambientais em uma plataforma acessível, e “consegue-se organizar de forma lógica e apropriada os conteúdos necessários para a gestão das temáticas ambientais, entre as quais, os recursos hídricos” (SILVA, 2006).

É a partir do sensoriamento remoto que as imagens são adquiridas e processadas, utilizando um conjunto de processos e técnicas que realizam a medição de propriedades eletromagnéticas de uma superfície, ou de um objeto, prescindindo do contato entre o objeto e o equipamento sensor (CÂMARA *et al*, 1996).

Segundo Câmara *et al* (1996) “com o advento do GPS (*Global Positioning System*), tornou-se possível realizar trabalhos de campo com alto grau de precisão e com registro digital direto” (p.23).

A análise geográfica engloba funções como superposição, ponderação, medidas (área, perímetro), mapas de distância, tabulação cruzada, dentre outras.

Quanto à produção cartográfica, alguns sistemas dispõem de recursos altamente sofisticados de apresentação gráfica, englobando a definição de uma área de plotagem, colocação de legendas, textos explicativos e notas de crédito.

Os dados de um SIG são geralmente organizados sob a forma de um banco de dados geográficos. Tradicionalmente, os SIGs armazenavam os dados geográficos em arquivos internos.

De uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho definida pelo usuário (p.23).

Câmara *et al* (1996) indicam três principais fases da implantação de um SIG:

Modelagem do mundo real: engloba a modelagem de processos e de dados e consiste em selecionar fenômenos e entidades de interesse, abstraindo-os e generalizando-os. Diferentes conjuntos de fenômenos podem ser escolhidos para descrever distintas visões do mundo, para uma mesma região, em um dado instante.

Banco de dados geográficos: é um repositório da informação coletada empiricamente sobre os fenômenos do mundo real (GOODCHILD, 1992; EGENHOFER, 1995). A criação de um banco de dados geográficos exige várias etapas: coleta dos dados relativos aos fenômenos de interesse identificados na modelagem; correção dos dados coletados (devido, por exemplo, a erros introduzidos pelos dispositivos de coleta); e georeferenciamento dos dados (associando a cada conjunto de dados informação sobre sua localização geográfica). Esta fase representa uma grande parcela do custo total do desenvolvimento de um SIG, que pode ser minimizado por uma modelagem adequada.

Operação: esta fase refere-se tanto ao uso em si do SIG, quanto ao desenvolvimento de aplicações específicas por parte dos usuários a partir dos dados armazenados, reconstruindo visões (particulares) da realidade (p.24).

O termo SIG tem sido confundido com Geoprocessamento e este com Geomática (SILVA, 2006). A aplicação do geoprocessamento visa realizar o levantamento de correlações espaciais ou taxonômicas das entidades geomorfológicas registradas como informações dentro dos SIGs (XAVIER-DA-SILVA, 2005). Ao citar Xavier-da-Silva vale comentar sua crítica à sigla SIG, usada por este autor como SGI – Sistemas Geográficos de Informações, por entender que o termo “geográfico” empregado na sigla deve adjetivar “sistema” e não “informação”, pois é a partir da “estruturação específica do sistema geográfico que se deve sua capacidade para gerar conhecimento sobre a realidade territorial” (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Silva (2006) esclarece de forma didática os conceitos e correlações entre geoprocessamento, SIGs e Geomática:

Geoprocessamento resulta da fusão da Geomática com a Ciência da Computação, especificamente a área de Sistemas de Informação.

SIG's são tecnologias de Geoprocessamento que lidam com informação geográfica na forma de dados geográficos (dados espaciais e dados de atributos).

Geomática reúne métodos, técnicas, metodologias e tecnologias das Ciências Geodésicas com o formalismo matemático, com o objetivo de coletar, tratar e processar dados espaciais, tornando-os aptos a serem utilizados por tecnologias de SIG. Estes dados permitem que se conheça a estrutura geométrica de entes

espaciais (casa, rua, rio, parcela de solo, viatura etc.) bem como sua posição no espaço geográfico (p.94).

A partir das imagens satélite georeferenciadas e com a aplicação de *software* específico e calibração em campo via GPS, é possível criar os mapas temáticos, como os de uso e ocupação da terra. Mesmo a imagem sendo de alta resolução, atividades de campo são indispensáveis para comprovar questões que geram dúvidas no processo de interpretação. Sobre este aspecto, é importante frisar certo grau discricionário, portanto subjetivo, para definir os contornos para cada Classe, como explica o Manual (IBGE, 2006):

Classificar é agrupar objetos, elementos e eventos em conjuntos levando-se em conta suas propriedades consoante um método ou sistema de avaliação. As abstrações mentais de classificação do real são arquitetadas para atender a certos propósitos e às necessidades do usuário. Sendo produto do sujeito que organiza o mundo real, a classificação é subjetiva e nem sempre consegue atender a todo tipo de usuário, tampouco abarcar toda a complexidade do alvo. Em função disso Diniz (1984) enfatiza que as classificações só podem ser julgadas “na esfera do adequado – inadequado, significante – não-significante, e jamais na do certo e errado (p.35)”.

2.4.1 A geomorfologia ambiental

A geomorfologia surgiu no final do século XIX e desenvolveu suas bases ainda no início do XX, transitando entre dados concretos e noções subjetivas. Concretos no sentido de dados numéricos sobre o **relevo**, suas formas e características. Subjetivo porque estuda a evolução do mesmo, analisando a correlação dos processos e fenômenos naturais, e aqueles não naturais¹⁰ (ou antrópicos), quando o homem interfere na paisagem, modificando-a. A subjetividade encontra-se na impossibilidade de mensurar com máxima precisão processos e fenômenos naturais e não naturais. Ainda, como elemento fundamental para os estudos geomorfológicos, o tempo e o espaço sempre são considerados (GUERRA e MARÇAL, 2006).

10 Embora natural, no sentido clássico da palavra, admitir-se-á o homem e suas atividades como fenômenos não naturais, antrópicos, a título de diferenciação e facilidade de compreensão.

Geomorfologia, segundo Xavier da Silva (2005):

por definição, identificando, classificando e analisando as formas de relevo da superfície do planeta, sistematiza o conhecimento sobre a forma e a natureza do substrato físico onde se realizam as atividades humanas (p.394).

A geomorfologia traduz sua aplicabilidade na caracterização de diferentes aspectos fisionômicos, visto que considera, em especial, as formas do relevo, mas também sua natureza, origem, desenvolvimento de processos e composição dos materiais envolvidos (GUERRA e MARÇAL, 2006). Daí, como salienta Casseti (2005), “ao se apresentar um estudo integral do relevo, deve-se levar em consideração os três níveis de abordagem sistematizados por Ab'Saber (1969), e que individualizam o campo de estudo da geomorfologia”.

Segundo o autor citado, os campos são: (i) compartimentação morfológica, que se atém à análise dos diferentes níveis topográficos e características do relevo; (ii) estrutura superficial, que analisa a dinâmica histórica do terreno em relação aos fatores climáticos, constituindo importante elemento na definição do seu grau de fragilidade; e (iii) fisiologia da paisagem, quando estuda os processos morfodinâmicos atuais admitindo o homem como sujeito modificador (CASSETI, 2005).

O relevo influencia diretamente na dinâmica dos fenômenos naturais, assim como estes fenômenos provocam ocorrências diferentes de acordo com cada relevo, e, assim, influencia diretamente a relação do homem com seu meio. É dessa relação que o homem se molda, se ajusta, ao procurar locais adequados para atividades diferentes, como assentar sua moradia, prover seu alimento ou mesmo praticar esportes radicais!

Da relação intrínseca do homem com seu meio, o reconhecimento das diferentes formas tornou-se fonte de conhecimento, como define Marques (2005):

A evolução do conhecimento humano na direção da Geomorfologia, entretanto, não se restringiu, apenas, a procurar reconhecer tipos de relevo e os processos a eles relacionados. Tem procurado ir sempre mais além, buscando encontrar respostas para muitas questões que pudessem explicar, por exemplo, como os processos se articulam entre si; como evoluem os grandes conjuntos de relevo, qual o significado do relevo no contexto ambiental; como interferir ou controlar o funcionamento dos processos geomorfológicos; como conviver com os processos catastróficos; como projetar (no espaço e no tempo) o comportamento dos processos e as formas de relevo resultantes (p.25).

Desta forma, a geomorfologia, quando admite o homem como um agente geomorfológico, interferindo nos processos geomorfológicos, emerge como **geomorfologia ambiental** (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Segundo Guerra e Marçal (2006):

Procurar conceituar e entender a **geomorfologia ambiental** há que levar em conta aspectos relacionados à exploração de recursos naturais, mudanças físicas nos ecossistemas terrestres e aquáticos, quando da intervenção humana, ou de ordem natural, diagnóstico dos danos ambientais causados pela ação do homem, bem como prognósticos da ocorrência de catástrofes, em virtude da ocupação desordenada do meio físico, que podem afetar a saúde humana e a dos ecossistemas (p.23).

Guerra e Cunha (2005) destacam que um melhor aproveitamento dos recursos existentes pode evitar que catástrofes venham ocorrer na área ocupada. Neste sentido, Christofolletti (2005) admite que a geomorfologia tem sido tema de interesse também em diversos projetos de planejamento, abrangendo uma gama variada de atividades. (CHRISTOFOLETTI, 2005).

Sobre este prisma, destacam-se diversas áreas de interesse para a geomorfologia ambiental, como afirmam Guerra e Marçal: a geomorfologia urbana; a das áreas rurais; a geomorfologia com foco no planejamento; a aplicada ao turismo; à exploração dos recursos minerais; à produção de energia hidrelétrica ou ao saneamento. E a geomorfologia aplicada às unidades de conservação da natureza e ao estudo de áreas costeiras, dentre outros (GUERRA e MARÇAL, 2006). Portanto, a ampla gama de temas de interesse da geomorfologia estimula a cooperação interdisciplinar para fazer avançar seu conhecimento na interpretação dos processos e formas de relevo (GUERRA e CUNHA, 2005).

O mapa geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro, produzido por Marcelo Eduardo Dantas, escala 1:500.000, informa que a BH da Lagoa Imboacica, bem definida e por vezes drenando relevo cristalino (TOLENTINO *et al*, 1986), possui cinco diferentes tipos de relevo característicos, conforme Quadro 5 a seguir (DANTAS, 2000).

| SISTEMAS DE RELEVO | | |
|--|---|--|
| RELEVOS DE AGRAÇÃO | | |
| LOCAL | TIPO | DESCRIÇÃO |
| Próximo à costa | Litorâneos | Planícies Costeiras (Terrenos Arenosos de Terraços Marinheiros, Cordões Arenosos e Campos de Dunas). Superfícies subhorizontais, com microrrelevo ondulado de amplitudes topográficas inferiores a 20m, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados com padrão de drenagem paralelo, acompanhando as depressões intercordões. |
| Próximo à nascente e limite sudoeste da BH | Continentais | Planícies Aluviais (Planícies de Inundação, Terraços Fluviais e Leques Alúvio-Coluviais). Superfícies subhorizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos canais-tronco. |
| RELEVOS DE DEGRADAÇÃO EM PLANALTOS DISSECADOS OU SUPERFÍCIES APLAINADAS | | |
| LOCAL | TIPO | DESCRIÇÃO |
| Entorno da lagoa e montante | Domínio Suave Colinoso | Relevo de colinas muito pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com expressiva sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados. Densidade de drenagem baixa a média com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 50m e gradientes muito suaves. |
| Entorno da nascente e terço inicial do Rio Imboacica | Domínio Colinoso (zona típica do domínio de "mar de morros"). | Relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou alongados, com sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados e morros baixos. Densidade de drenagem média com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 100m e gradientes suaves. |
| Próximo à nascente, acompanhando limites sudoeste e noroeste | Alinhamentos Serranos e Degraus Estruturais. | Relevo de patamares litoestruturais, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas e escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, que se destacam topograficamente do domínio colinoso. Densidade de drenagem alta com padrão de drenagem variável, de paralelo a dendrítico. Predomínio de amplitudes topográficas entre 300 e 700m e gradientes médios a elevados, com ocorrência de colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha. |

Quadro 5: Sistemas de relevo presentes na BH da Lagoa Imboacica. Fonte: Projeto Rio de Janeiro - mapa geomorfológico do Estado, de Marcelo Eduardo Dantas, geógrafo. CPRM, MME, DRM-RJ. Elaborado por BARRETO, G.S., 2009.

Quanto ao solo na BH da Lagoa Imboacica, segundo o mapa de solos do Estado do Rio de Janeiro produzido por Amaury de Carvalho Filho, José Francisco Lumbreras e Raphael David dos Santos, na escala 1:500.000, há dois tipos de solo principais: (i) podzólico vermelho-escuro eutrófico e (ii) podzólico vermelho-amarelo distrófico¹¹ (CARVALHO FILHO, LUMBRERAS e SANTOS, 2000). Os solos podzólicos são classificados da seguinte forma pelos autores:

solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural de coloração que varia de vermelha a amarela e teores de Fe₂O₃ inferiores a 150g/kg. São solos em geral profundos e bem drenados, com seqüência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, podendo o horizonte A ser de qualquer tipo, exceto chernozêmico, caso o horizonte Bt contenha argila de atividade alta (Ta), e húmico, quando além de Ta o solo seja álico. São sub divididos em função de diferenças de cor e teor de ferro (p.12).

Quanto ao podzólico vermelho-escuro, citam os autores que são os solos,

dominantes nas áreas de relevo montanhoso e forte ondulado [...] correspondentes às serras e bordas de superfícies elevadas. Quase invariavelmente de caráter eutrófico, encontram-se em geral associados a Podzólicos Vermelho-Amarelos, sob vegetação predominante de floresta subcaducifólia. Apesar da boa fertilidade natural que apresentam, são muito pouco utilizados com agricultura, sendo o uso com pastagem generalizado (p.12).

Os solos podzólicos vermelho-amarelo, citam os autores que são os solos,

com teores de Fe₂O₃ normalmente inferiores a 110g/kg. [...] em relevo que varia de suave ondulado a montanhoso, sob vegetação original de floresta sub caducifólia ou sub perenifólia, e mais raramente caducifólia, como nas proximidades de São João do Paraíso. É comum a presença de solos com características intermediárias com Latossolos, com os quais se encontram freqüentemente associados. Nessas áreas apresentam, geralmente, caráter distrófico ou álico e perfis bastante espessos [...] Merece destaque a freqüente ocorrência de solos com caráter abrupto nas áreas rebaixadas de relevo suave, embora tal característica não seja exclusiva dessa fisiografia (p.12).

¹¹ Solo distrófico: Solo bastante ácido, que resulta em média ou baixa fertilidade (IBGE, 2004). Solo eutrófico: Alta fertilidade.

Da caracterização das unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro, realizada pelo CPRM – Serviço Geológico do Brasil (SILVA e CUNHA, 2001), são encontradas as seguintes unidades na BH da Lagoa Imboacica:

Unidade Geomorfológica Superfície Aplainada do Litoral Leste Fluminense - A superfície aplainada do litoral leste fluminense consiste numa extensa zona colinosa (231), com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude de relevo em cotas que variam de 40 a 100m de altitude. Essa superfície caracteriza-se, na porção sudoeste, por uma depressão marginal entre a escarpa da serra de Macaé (252) e o oceano, estando delimitada pelas extensas baixadas fluviais e fluviolagunares dos rios São João e Macaé (111 e 124) [...] O relevo de colinas suaves abrange grande extensão nesse trecho da superfície aplainada, sendo drenada por pequenos tributários do rio Macaé ou por rios que deságuam diretamente no oceano, tais como os **rios Imboacica** e das Ostras (p.21).

Da origem da formação do terreno nas proximidades da BH da Lagoa Imboacica, pertencente à unidade geomorfológica baixada do Rio Macaé, Silva e Cunha (2001) citam:

Compreende os extensos fundos de vales dos rios Macaé e São Pedro preenchidos por sedimentos de origem fluvial e fluviolagunar. Esses fundos de vales são delimitados pelas colinas baixas da superfície aplainada do litoral leste fluminense (231) ou por colinas isoladas (221) e as vertentes íngremes situadas no sopé da escarpa da serra de Macaé (252). Essa baixada foi originada a partir do empilhamento de uma seqüência de cristas de cordões arenosos da planície costeira de Jurubatiba (121), de idade pleistocênica, e de cordões litorâneos situados **entre o promontório de Rio das Ostras e a foz do rio Macaé**, originados a partir do último máximo transgressivo. Essa sedimentação marinha isolou uma antiga laguna que ocupou o baixo vale do rio Macaé e formou, inclusive, a **atual laguna de Imboacica**. Posteriormente, essas lagunas foram ressecadas e parcialmente recobertas por sedimentos aluviais até os dias atuais, caracterizando as planícies fluviolagunares (124) (p.55).

2.5 Cobertura vegetal, fragmentação e efeito de borda

A cobertura vegetal florestal sobre a terra produz diversos efeitos positivos como: enriquecimento do solo pela liberação de nutrientes e produção de serrapilheira (BECKER *et al*, 2006), manutenção da biodiversidade (VIANA, 1998), sustentação

mecânica evitando o surgimento de ravinas¹² e voçorocas¹³ (processos erosivos) (SILVA e BACCARO, 2003), regularização do regime dos cursos d'água e qualidade da mesma (GUERRA e CUNHA, 2005).

Contudo, para expansão dos diversos usos da terra, em especial a agricultura e pecuária, foi necessária a supressão de cobertura florestal em larga escala, restando fragmentos em áreas de difícil acesso ou aquelas ainda não utilizadas ou aproveitáveis para estes fins. Esta supressão, via de regra, causa degradação como as perdas de solos, de fertilidade e o assoreamento dos cursos d'água (MILLWARD & MERSEY, 2001 *apud* LIESENBERG e PONZONI, 2003). Provoca também o aumento do fluxo de água na superfície, facilitando o assoreamento dos mananciais e depreciando a qualidade da água (SILVA, 1994 *apud* NASCIMENTO, 2004). Há ainda a perda da biodiversidade, e, sobretudo, da quantidade de espécimes, em função da perda de área (habitat) como afirma a Teoria de Darlington (BUENO, 2004).

A fragmentação florestal traz uma série de implicações para a fauna e flora resultantes da perda de habitat e da insularização (BUENO, 2004).

Além da diminuição da capacidade de suporte para garantia de sobrevivência das espécies, um dos impactos negativos mais estudados da fragmentação é o **efeito de borda**, que, dentre outros fatores, atinge a biodiversidade (BUENO, 2004). O comprometimento da biodiversidade restringe as possibilidades de interrelação das diferentes espécies existentes num ecossistema, o que, em geral, pode estimular disputas desiguais por espaço e recursos, favorecendo algumas espécies. Essa realidade traz consigo a dominância de espécies generalistas, em detrimento de outras, levando em muitos casos as últimas à extinção no fragmento.

Para Bueno (2004), o efeito de borda “pode ser definido como sendo a influência, num determinado ecossistema, da proximidade de outro ecossistema ou ambiente estranho a ele. No caso, o ambiente estranho é a matriz antropizada”.

12 Sulco produzido na superfície da terra, em que o agente responsável pela erosão é a água da chuva (IBGE, 2006).

13 Escavação mais ou menos profunda, que ocorre geralmente em terreno arenoso, originada pela erosão. É formada devido a ação da erosão superficial ou mais freqüentemente, pela ação combinada da erosão superficial e da erosão subterrânea. A erosão superficial tem como ponto de partida estradas antigas, valetas, ou também pontos topográficos favoráveis. Pode alcançar profundidades de várias dezenas de metros e extensão de centenas de metros. Boçoroca (IBGE, 2006).

Na interface entre os dois ambientes, surgirão características específicas de temperatura, umidade, luminosidade e circulação de ar, diferentes daquelas existentes nos ambientes em contato (BUENO, 2004). Bueno afirma que “estas alterações físicas repercutem bioticamente, levando à queda de árvores na borda do fragmento, devido à exposição a ventos, redução da umidade e aumento da dessecação, por exemplo” (2004). É desta forma que espécies mais generalistas prevalecem, ficando somente as áreas mais internas dos fragmentos protegidas, com as condições mais favoráveis ao equilíbrio ecológico.

A largura do efeito de borda pode mudar em função das características do ambiente contíguo. O que não muda, no entanto, é a relação geométrica, onde as áreas mais arredondadas apresentam melhor relação perímetro/área que as mais alongadas.

Bueno apresenta uma figura de sua autoria bastante didática sob este aspecto (Figura 7), estabelecendo uma comparação da relação perímetro/área entre um círculo, um quadrado e um retângulo (2004).

Relação da perda de área conforme geometria da figura

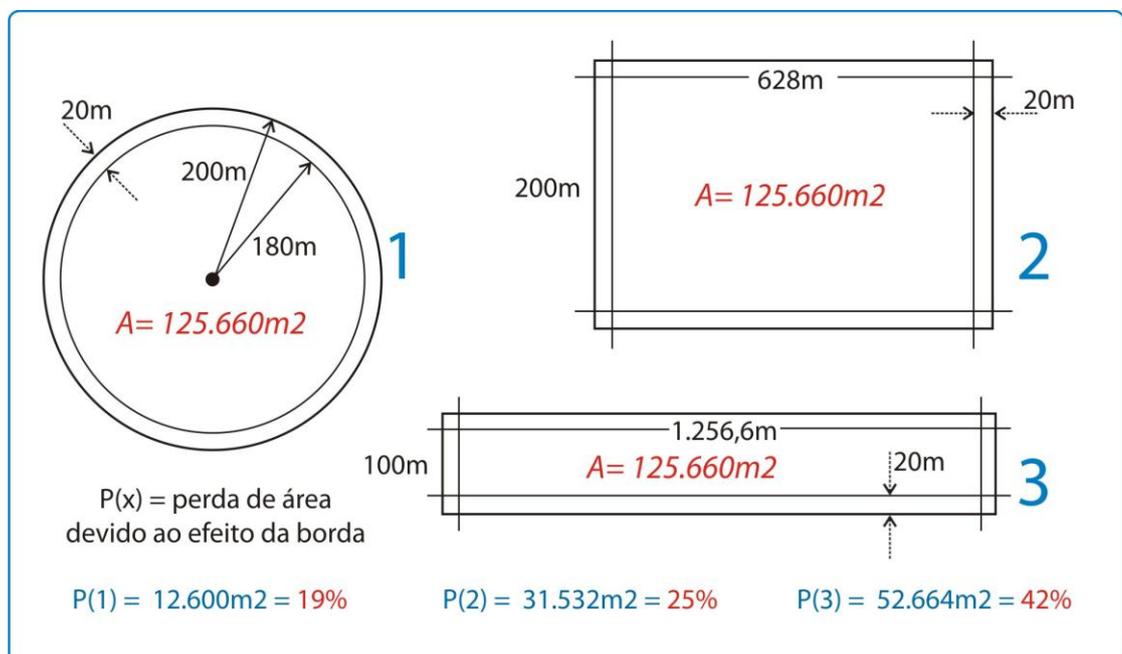


Figura 07: Perda de área: relação geométrica entre diferentes formatos. Fonte: Bueno, 2004.

Tal a importância dos estudos sobre o efeito de borda, que seus conceitos foram absorvidos recentemente na Lei da Mata Atlântica, promulgada em 2006 (BRASIL, 2006a). O artigo 10, que dispõe sobre o fomento ao enriquecimento ecológico, plantio e reflorestamento, em seu § 2º estimula o plantio de espécies ao

redor de fragmentos de vegetação nativa justamente para protegê-los, inclusive admitindo a utilização de essências vegetais exóticas.

A fragmentação pode também influenciar negativamente na situação de estágios sucessionais, divididos em: (i) inicial – predomínio de vegetação pioneira, com rápido crescimento, troncos finos, caducifólias, duração de vida relativamente curta, crescimento a pleno sol e resistência a condições limitantes como vento e nutrientes; (ii) médio – predomínio de vegetação secundária, com crescimento um pouco mais lento, tronco mais grosso e alto, esciófilas¹⁴, formação de subosque e (iii) avançado – vegetação com crescimento lento, longeva, tronco de lenho grosso e resistente, formação de dossel, subosque consolidado e serrapilheira espessa, folhas perenes, podendo evoluir para o estado climáceo (RODRIGUES e LEITÃO FILHO, 2004; BRASIL, 1994), onde a ciclagem de nutrientes fica praticamente restrita ao ambiente florestal, em que a produção de energia e seu consumo se equivalem (ODUM, 1985).

No bioma Mata Atlântica, a fragmentação devido à supressão da massa arbórea resultou em significativas perdas para biodiversidade. Segundo Galindo-Leal (2005), milhares de espécies foram extintas por razões antrópicas que influenciaram na redução de habitats (pela agricultura, mineração, pecuária, urbanização e desenvolvimento de infra-estrutura), na deterioração dos habitats (pela poluição, mudança nas temperaturas, na umidade, na salinidade, na acidez – pH e remoção de espécies), no extrativismo excessivo (para alimentação, abrigo, medicamento, corantes, óleos, combustível, fibras, utensílios e lucro comercial) e, por fim, introdução de espécies (de forma acidental ou deliberada) (GALINDO-LEAL, 2005).

Pela biodiversidade que abriga e situação de risco que se encontra, a Mata Atlântica é considerada um dos 25 *hotspots*¹⁵ do planeta. Segundo Galindo-Leal (2005):

14 Planta que habita ambientes sombreados.

15 Este conceito foi criado pelo ecólogo inglês Norman Myers, em 1988, para designar toda área prioritária para conservação, onde há altos níveis de biodiversidade registrada e grande ameaça. Além da Mata Atlântica, o Cerrado também é considerado um *hotspots* brasileiro.

a Mata Atlântica é, provavelmente, o ecossistema mais devastado e mais seriamente ameaçado do planeta. É esse o *hotspot* em que o ritmo das mudanças está entre os mais rápidos, e, conseqüentemente, a necessidade de ação para conservação é mais urgente. Embora a área de abrangência da Mata Atlântica seja estimada em algo entre 1 a 1,5 milhão de km², restam apenas de 7 a 8% da floresta original (p. 3).

Fica clara a necessidade de aumentar os habitats naturais de florestas, com vistas ao fomento à biodiversidade. Mais clara ainda a importância do aumento de habitats no bioma Mata Atlântica, justificada pela situação de *hotspots* nos três países da América onde se encontra (além do Brasil, Argentina e Paraguai) (GALINDO-LEAL, 2005).

Como determina o Termo de Referência para o Plano de BH dos rios Macaé e das Ostras, a Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal (IBGE, 1992), de Veloso, Rangel-Filho e Lima, foi utilizado neste trabalho. No entanto, por estar, em parte, afinada com os conceitos presentes na Resolução nº 06, de 04 de maio de 1994 do CONAMA, foi utilizada a nomenclatura da segunda como forma de adequação à legislação vigente no Brasil. As visitas de campo e análises das imagens satélite determinaram os tipos de vegetação e estágios sucessionais das matas secundárias (inicial, médio e avançado)¹⁶ (BRASIL, 1994).

O Manual estabelece o esquema fitogeográfico brasileiro com a determinação florística nas diferentes regiões do país. Na região florística do Sudeste, os sistemas fisionômicos ecológicos são florestas: (i) ombrófila densa; (ii) estacional semidecidual, (iii) estacional decidual e (iv) savana (VELOSO, RANGEL-FILHO E LIMA, 1991). Já no estado do Rio de Janeiro, somente as duas primeiras (BRASIL, 1994). O Manual ainda faz distinção das formações pioneiras (sistema edáfico de primeira ocupação) como restingas, manguezais e campos salinos, e das comunidades aluviais. Apresenta outros conceitos e por fim oferece a legenda do Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira, que não foi utilizado neste trabalho visto ser indicado para as escalas exploratórias e regionais (1:250.000 até 1:1.000.000).

14 Para o Manual de Veloso, Rangel-Filho e Lima, os sistemas secundários, ou antrópicos, são aqueles onde houve intervenção humana para uso da terra, descaracterizando a vegetação primária. O Manual divide a sucessão natural destes sistemas da primeira a quinta fase, evoluindo desde a colonização do solo nu por vegetação pioneira até aquelas lenhosas que ultrapassam 15m de altura (VELOSO, RANGEL-FILHO E LIMA, 1991). Já a Resolução faz distinção entre os estágios inicial, médio e avançado (BRASIL, 1994). Fica evidente somente a relação entre as três últimas fases do Manual com os estágios da Resolução, já que as duas primeiras fases do Manual não podem ser consideradas formações florestais, e, sim, reptantes a arbustivas.

2.5.1 Corredores ecológicos (CEs) – vegetação entre remanescentes

Visto que os maiores responsáveis pela perda da biodiversidade são a diminuição dos habitats e sua fragmentação, as tentativas de conexão entre remanescentes surgem como solução. Os corredores ecológicos (CEs) seriam, portanto, uma das principais formas de atenuar os impactos da fragmentação, mas não sem dificuldades, inclusive de conceito (BUENO, 2004). Esta autora, após longa pesquisa sobre o termo, propõe em seu trabalho a seguinte definição:

Corredor ecológico é uma faixa de superfície terrestre que conecta dois habitats naturais sobre uma matriz antrópica, estendendo as capacidades de suporte ecológicas destes habitats via intercâmbio de espécies e processos entre eles (p.85)

A ligação entre fragmentos visa estimular o tráfego de espécimes, diminuindo as chances de consangüinidade e aumentando a deriva gênica, garantindo maior sobrevivência das espécies existentes. Este fator favorece a biodiversidade visto que muitas espécies possuem necessidades particulares de espaço (ARRUDA e NOGUEIRA DE SÁ, 2004).

Para ações de conservação e uso racional, é necessário inventariar fauna e flora do ecossistema, pois, sem este conhecimento prévio, qualquer tentativa corre risco de insucesso (SANTOS, 2003). Dos estudos sobre a biota e os fragmentos que compõem, a percepção da ecologia da paisagem traz em seu bojo a influência de padrões espaciais sobre processos ecológicos, e o reconhecimento da influência da escala nos estudos ecológicos.

Projetos de reflorestamento devem utilizar conceitos de diversidade e interação das espécies, sucessão ecológica, assim como métodos conhecidos de silvicultura aplicando-os às espécies nativas (KAGEYAMA e GANDARA, 2003). Estes autores recomendam ainda a necessidade de atenção à espacialidade de espécies nativas, em que a distribuição dos indivíduos não segue um padrão reconhecido, podendo ser encontrados poucos indivíduos em grandes áreas. A importância dos animais como veículos para germinação e dispersão de espécies vegetais é também significativa em florestas tropicais, cabendo a identificação das espécies vegetais atradoras de fauna.

Além da identificação prévia da biota presente nos fragmentos a ser conectados, como parte da metodologia de criação do CE deve ser estabelecida a

largura mínima aceitável (BUENO, 2004). Este fator (largura) deve ser considerado em virtude dos impactos do efeito de borda, onde corredores muito estreitos terão sua eficácia comprometida devido ao impacto na área núcleo (área interna protegida dos impactos maléficos do efeito de borda onde a estrutura do ecossistema permanece intacta.). As áreas núcleo constituem centros de dispersão, afirma Bueno (2004).

A conexão entre fragmentos, além dos benefícios ligados à biota particular das áreas, pode trazer benefícios periféricos quando associados a outros elementos ambientais. É o caso dos CE em áreas marginais a cursos d'água, ou seja, corredores de matas ciliares ou ripárias (BUENO, 2004). Inúmeros benefícios à qualidade da água foram descritos neste trabalho. Para a biota dos fragmentos, pode representar a criação de um diferente nicho, com novas possibilidades de abrigo e alimentação.

A Resolução nº 9, de 24 de outubro de 1996 do CONAMA, trouxe a definição jurídica para corredores entre remanescentes, estabelecendo sua largura mínima em 10% do comprimento, desde que não inferior a 100m de largura (BRASIL, 1996). Definiu ainda que estes deveriam constituir-se:

- a) pelas matas ciliares em toda sua extensão e pelas faixas marginais definidas por lei;
- b) pelas faixas de cobertura vegetal existentes nas quais seja possível a interligação de remanescentes, em especial, às unidades de conservação e áreas de preservação permanente (parágrafo único do artigo 1º).

A possibilidade de estabelecer corredores ecológicos como matas ciliares encontra amparo legal na Resolução CONAMA nº 303/2002. Esta Resolução, ao regulamentar o Código Florestal de 1965, determina a largura mínima de 30 metros a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, de cada lado do curso hídrico, estabelecendo-as como Áreas de Preservação Permanente (APPs) (BRASIL, 2002). Estas APPs devem exercer papel ecológico, ficando proibida qualquer edificação neste local que descaracterize este potencial, excluindo os casos em que se comprove a utilidade pública ou interesse social (BRASIL, 2006b).

Não há na literatura científica consenso sobre a largura mínima necessária para a criação de um CE, mesmo porque são muitas variáveis a ser consideradas para cada caso, como informações sobre geomorfologia, pedologia, climatologia, cobertura vegetal, levantamento da biota etc. Há de se atentar às considerações de Bueno sobre

esta problemática com atenção à expressiva degradação atual e existência de emaranhado de fragmentos:

Em princípio, dada a devastação e destruição maciças de habitats em curso em muitos países tropicais [...] qualquer recuperação de paisagem natural é bem vinda, e assim, em princípio, um CE próximo ao ideal é melhor do que nenhum, desde que atenda os requisitos ecológicos dos sistemas, ou seja, não conduza contaminantes biológicos, domésticos, e não seja um sumidouro de espécies (p.129).

2.5.2 Índice de Circularidade (IC)

Como visto no Item 2.5, a fragmentação florestal expõe as matas às intempéries, provocando alterações principalmente na vegetação mais exposta, localizadas nas bordas. A Figura 7 mostra a relação geométrica entre a área e o perímetro de um fragmento, onde aqueles com a forma mais arredondada tendem a possuir maior espaço protegido (BUENO, 2004).

O Índice de Circularidade atualmente tem sido bastante utilizado para cálculos de BHs e de fragmentos florestais, assim como há diferentes formas possíveis e utilizadas (OLIVEIRA *et al*, 1998; NASCIMENTO, 2004; CARDOSO *et al*, 2005; ANTONELI e THOMAZ; 2007; SLOVINSCKI, SOUZA e DORNELAS, 2009).

Neste trabalho foi utilizada metodologia semelhante a de Nascimento (2004), conforme a equação 1:

$$IC = \frac{2 \times \sqrt{\pi \times S}}{P} \quad (\text{eq. 1})$$

onde:

IC – índice de circularidade, de 0 a 1;

S = área, em metros quadrados, do fragmento;

P = perímetro, em metro linear, do fragmento.

2.6 Qualidade da água

A qualidade da água de um corpo hídrico está diretamente associada ao clima e tipo de solo existente na bacia, aos usos presentes no entorno (drenagem) e aqueles praticados no próprio corpo hídrico. Os manejos da água e da terra devem ser feitos de forma associativa, permitindo que a qualidade da água sirva aos interesses da sociedade e dos processos produtivos, e que as áreas que drenam para o corpo hídrico não contribuam com carga poluente e material sedimentável (BRAGAGNOLO e PAN, 2000).

As áreas onde há alta porcentagem de cobertura florestal tendem a manter seu solo firme, sem processos erosivos a partir da formação de ravinas e voçorocas. No ambiente florestal, os nutrientes são disponibilizados pela matéria orgânica em decomposição sobre o solo, proveniente dos galhos, frutos e animais mortos, que formam a serrapilheira e tornam a ser absorvidos pelas raízes dos vegetais, num processo cíclico (ciclagem de nutriente) (VON SPERLING, 2007). Este ciclo pode ser totalmente fechado, ou seja, toda produtividade orgânica é consumida pela própria floresta (ODUM, 1985). Ademais, o solo permanece com alto poder de percolação, absorvendo as águas das chuvas, evitando o escoamento superficial que afeta a dinâmica e qualidade das águas dos corpos hídricos da calha receptora (VON SPERLING, 2007).

A qualidade da água passa a sofrer modificação quando as florestas são suprimidas, para dar lugar a atividades agropastoris ou de interesse urbano. Na pecuária, a floresta dá lugar ao pasto, que, por exercer menor proteção ao solo, permite o impacto direto das gotas das chuvas provocando ou agravando processos erosivos (SILVA e BACCARO, 2003) além de permitir escoamento superficial mais intenso, lixiviando matéria orgânica para os corpos hídricos. Na agricultura, a necessidade de reposição de nutrientes para o solo, principalmente nitrogênio e fósforo, é realizada por meio de fertilizantes, que, uma vez carregados pelas águas das chuvas, promovem a depreciação da qualidade das águas dos corpos receptores (VON SPERLING, 1996). Tanto a matéria orgânica natural quanto os fertilizantes colaboram para processos de eutrofização, mais facilmente em ambientes lênticos (ESTEVES, 1998b).

Além da agropecuária, a urbanização também está associada à diminuição da qualidade das águas dos corpos hídricos adjacentes. Os fatores se somam: (i) movimentação de terra para a instalação das moradias e dos serviços públicos como

calçamento e galerias de águas pluviais e esgoto; (ii) perda da capacidade de infiltração no solo (impermeabilização), o que intensifica o escoamento superficial provocando enchentes e alagamentos; (iii) escoamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento ou mesmo acima da capacidade de resiliência do corpo receptor; (iv) escoamento de todo tipo de resíduos urbanos existentes nas ruas, carregados pelas chuvas nas galerias de águas pluviais; e (v) aterramento das margens (VON SPERLING, 1996, ESTEVES, 1998).

Fica evidente que o processo de ocupação nos solos da BH pode causar a poluição das suas águas, o que interfere diretamente na qualidade de vida e saúde da população humana.

Além da relação direta com a saúde pública, por meio do consumo humano, variados setores produtivos utilizam a água como insumo básico para suas atividades. A produção de energia elétrica (hidroelétrica) e o transporte hidroviário são afetados mais pelo volume disponível que pela qualidade. No entanto, a agricultura (irrigação), a pecuária (dessedentação), a pesca e aqüicultura, o turismo e o lazer necessitam, obrigatoriamente, da qualidade de água adequada, evidenciando que a gestão da qualidade das águas deve ser encarada como investimento prioritário também aos interesses da economia (ANA, 2002).

O instrumento de gestão instituído pela PNRH que associa os interesses do uso da água com a qualidade adequada a estes, é o enquadramento (BRASIL, 1997).

2.6.1 Enquadramento

Instituído como um dos instrumentos da PNRH (Artigo 5º, inciso II), o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes visa: (i) assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e (ii) diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997).

O enquadramento não se limita à classificação do corpo hídrico, tão pouco ao conhecimento de parâmetros da água, pois também define o nível de qualidade que se deseja ter ou manter. Desta forma, o enquadramento justifica-se mais como um instrumento de planejamento, pois deve refletir o tipo de uso necessário para atendimento à comunidade (ANA, 2007).

Cabe ao CBH, parte integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a definição de uso por meio de um pacto juntamente com atores sociais pertencentes aos três segmentos estabelecidos na PNRH: (i) a sociedade civil, (ii) os usuários; e (iii) os governos (BRASIL, 1997).

2.6.2 IQA – Índice de Qualidade das Águas

A região Sudeste é a que possui maiores informações sobre a qualidade de suas águas, em comparação com outras regiões do país, levando em conta as redes estaduais e a Rede Hidrometeorológica Nacional (ANA, 2005).

O índice de Qualidade das Águas (IQA) é um indicador da contaminação orgânica por esgotos domésticos e industriais que reúne informações sobre vários parâmetros físico-químicos atribuindo sobre cada um deles pesos diferentes. É amplamente aceito, sendo utilizado em inúmeras unidades federais (ANA, 2005).

Elaborado pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, em 1970, a partir de uma pesquisa de opinião realizada com especialistas em qualidade de águas, no Brasil, o índice foi adotada inicialmente pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), em 1975. A CETESB substituiu, da versão original da NSF, o parâmetro nitrato por nitrogênio total, e o parâmetro fosfato total por fósforo total, mantendo-se os mesmos pesos ($w = 0,10$) e curvas de qualidade.

Citada pela ANA (2005), a (CETESB) considera vantagens e desvantagens no IQA:

Entre as vantagens do uso de índices destacam-se a facilidade de comunicação com o público não técnico e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número. Em contrapartida, a principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre elas (p.15).

O IQA é composto por nove parâmetros, que, de acordo com sua presença e significância, contribuem para determinar a qualidade da água. No Quadro 6, resumidamente é apresentado cada parâmetro e suas implicações no ambiente natural aquático, assim como os limites aceitáveis para água doce, Classe II, conforme Resolução nº 357 de 2005 do CONAMA. A Classe II foi utilizada como referência já

que as águas da BH da Lagoa Imboacica não foram enquadradas, como determina a citada Resolução.

| PARÂMETRO | IMPLICAÇÕES NO AMBIENTE AQUÁTICO |
|---|---|
| <p>Oxigênio Dissolvido (OD)</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>Elemento primordial para garantia de vida aeróbia, principalmente para existência dos seres superiores. Seu aporte é garantido por meio da dissolvência via atmosfera (diferença no gradiente de pressão). A saturação de OD na água está ligada à temperatura, pressão e salinidade (CETESB, 2009). Sua concentração de saturação é igual a 9,2mg/L, na temperatura de 20°C ao nível do mar (PINHEIRO, 2008). Outra fonte é a fotossíntese das algas (CETESB, 2009). OD é tanto produzido pela fotossíntese, como consumido pela respiração dos seres aquáticos e pelos processos de decomposição. Águas poluídas apresentam concentrações de OD baixas, enquanto águas limpas apresentam concentrações de OD elevadas. No entanto, em alguns casos de eutrofização, quando expressiva quantidade de matéria orgânica provoca bloom de algas, consumindo grande quantidade de OD e comprometendo a sobrevivência principalmente da ictiofauna, pode haver “concentrações de OD superiores a 10mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação” (CETESB, 2009). Citando Lima (2001 apud PINHEIRO, 2008) Pinheiro informa: “Na concentração de OD próximo, a 4-5mg/L morrem os peixes mais exigentes; com OD igual a 2mg/L praticamente todos os peixes estão mortos; e com OD igual a 0mg/L tem-se condição de anaerobiose” (p.52).</p> |
| <p>Não inferior a 5 mg/L O₂</p> | |
| <p>Coliformes fecais</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>São os termotolerantes, indicados para aferir o nível de poluição de um corpo hídrico por estar restritos ao trato intestinal de animais de sangue quente (CETESB, 2009). Podem ser patogênicos, transportando bactérias, vírus, protozoários e helmintos, responsáveis pela transmissão de diversas doenças veiculadas pela água, como disenteria, cólera, febre tifóide, verminoses, hepatite etc (BRASIL, 2006b). A quantificação de coliformes fecais, do grupo <i>Escherichia</i>, é um importante indicador para determinar a existência de lançamento de efluentes domésticos sem tratamento (área urbana) e/ou lixiviação de pastagens em áreas sem mata ciliar (área rural).</p> |
| <p>Até 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros</p> | |
| <p>pH</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>Potencial hidrogeniônico é a medida de concentração de íons Hidrogênio na água, que determina a solubilidade e a disponibilidade biológica de nutrientes e metais pesados. Indica acidez (abaixo de 7), neutralidade (7) e alcalinidade (acima de 7) da água. Nos rios, normalmente varia entre 6 e 8. A ictiofauna é bastante suscetível a variações no pH, afetando seu estado natural (reprodução e sobrevivência). Muitos fatores influenciam no pH como as rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica, a fotossíntese, os despejos domésticos (pela oxidação da matéria orgânica) e os despejos industriais (por exemplo, lavagem ácida de tanques) (VON SPERLING, 2007).</p> |
| <p>Entre 6 e 9</p> | |
| <p>DBO_{5,20}</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>A Demanda Bioquímica de Oxigênio é a quantidade de OD necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água para uma forma inorgânica estável, por meio de processos biológicos aeróbios de decomposição (CETESB, 2009; PINHEIRO, 2008). DBO_{5,20} é a quantidade de oxigênio consumida durante 5 dias, a uma temperatura de incubação de 20°C. É um parâmetro de maior importância na caracterização do grau de poluição das águas (VON SPERLING, 2007). Despejos de origem orgânica tendem a aumentar a DBO e este aumento, ao resultar em diminuição de OD, pode afetar a vida aquática, inclusive gerando mortalidade na ictiofauna, como indicar incremento da microflora, que também interfere na vida aquática e produz desagradáveis odores e sabores (CETESB, 2009).</p> |
| <p>Até 5 mg/L de OD</p> | |
| <p>Fosfatos</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>Fosfato é a forma orgânica em que o fósforo se apresenta na água. Sua origem natural é proveniente das rochas, que, desgastadas pelo efeito do intemperismo, carregam juntamente com a argila o fósforo adsorvido (ESTEVES, 1998). Já sua origem artificial é proveniente, nas áreas urbanas, dos detergentes lançados juntamente com os efluentes domésticos e industriais (fonte pontual), e, nas áreas rurais, de fertilizantes (fonte difusa) (ESTEVES, 1998). Tido como um dos macronutriente, sua presença é fator determinante para o desenvolvimento de algas e macrófitas. Em alta concentração, pode desencadear processos de eutrofização.</p> |
| <p>Lêntico - até 0,030mg/L P Lótico - até 0,1 mg/L P</p> | |

| PARÂMETRO | IMPLICAÇÕES NO AMBIENTE AQUÁTICO |
|---|---|
| <p>Nitratos</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>O Nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos por fazer parte da formação de proteínas, componente básico da biomassa (ESTEVES, 1998). Sua fonte natural para os ambientes aquáticos são as chuvas, material orgânico e inorgânico alóctone e fixação biológica por bactérias e algas cianofíceas. Sua origem artificial é proveniente do lançamento de efluentes domésticos e industriais, nas áreas urbanas (fonte pontual), e dos excrementos animais e fertilizantes, nas áreas rurais (fonte difusa) (ESTEVES, 1998). Na decomposição da proteína, é gerada amônia (NH_3), que, oxidada, transforma-se em nitrito (NO_2^-), que, também oxidado, transforma-se em nitrato (NO_3^-). O nitrogênio pode apresentar-se ainda como íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso e outros. O nitrato e o íon amônio são a principal fonte de alimento para os produtores primários, sendo o segundo a forma preferencial de nitrogênio orgânico para as atividades de bactérias e fungos (ESTEVES, 1998). Segundo Pinheiro (2008) "os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que na forma de nitrito e nitrato à poluição mais remota" (p.51). É a oxidação que diminui a quantidade de nitrogênio amoniacal, transformando-o.</p> |
| <p>Até 10 mg/L N</p> | |
| <p>Temperatura</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>Naturalmente varia (sazonal e diurnamente) de acordo com a radiação solar. Artificialmente, pode elevar-se pelo despejo industrial de usinas (termelétricas e atômicas). Química: Taxa de transferência de gases é diretamente proporcional à temperatura (VON SPERLING, 2007). Dentro de certos limites, é inversamente proporcional ao OD. Física: altera a densidade da água, provocando a estratificação. Águas frias são mais pesadas que quentes, permanecendo nas áreas mais profundas dos corpos hídricos. Biológica: influencia na biodiversidade. Águas muito frias implicam em menor diversidade de vegetais e animais aquáticos, também dificultam a ocorrência de doenças. Águas muito quentes também diminuem a biodiversidade. Variações bruscas tendem a matar ictiofauna. Na ausência de mata ciliar, a água tende a apresentar temperatura mais elevada.</p> |
| <p>Há referência à condição dos efluentes lançados. No caso da temp., limite máximo de 40°C.</p> | |
| <p>Turbidez</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>É a medida de dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água. É provocada pela presença variada de matérias sólidas em suspensão (areia, silte, argila, organismos microscópicos como bactérias e algas, colóides) (ESTEVES, 1998; CETESB, 2009). Podem ter origem antrópica: movimentação de terra, extração mineral, lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais; como natural: ventos, ondas, acidentes geográficos – turbilhonamento da água. Reduz a penetração de luz solar, o que interfere na fotossíntese e, por conseguinte na diminuição da quantidade de OD. Este fator afeta diretamente a produtividade da ictiofauna. A turbidez é medida em UNT – unidade nefelométrica de turbidez.</p> |
| <p>Até 100 UNT</p> | |
| <p>Resíduos totais</p> <p>Limite Classe II água doce (R.357/05)</p> | <p>É o somatório de sólidos totais, em suspensão, dissolvidos fixos e voláteis presentes na água, por operações de secagem, calcinação e filtração. Para a quantificação final, utiliza-se o método gravimétrico (CETESB, 2009). Podem causar danos à vida aquática ao diminuir a penetração de luz na coluna d'água, ou sedimentar no leito sobre vegetais (base da cadeia alimentar), leitões de desova de peixes e reter bactérias e resíduos orgânicos promovendo decomposição anaeróbia.</p> |
| <p>Sólidos dissolvidos totais até 500 mg/L</p> | |

Quadro 6: Parâmetros do IQA com breve análise das implicações no ambiente aquático. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Os parâmetros possuem seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Quadro 7). Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (Figura 8) (ANA, 2005).

Parâmetros do IQA e seus respectivos pesos – (w)

| | Parâmetro | Peso W_i |
|----|------------------------------------|------------------------------|
| 01 | Oxigênio Dissolvido (%OD) | 0,17 |
| 02 | Coliformes fecais (NPM/100ml) | 0,15 |
| 03 | pH | 0,12 |
| 04 | DBO (mg/L) | 0,10 |
| 05 | Nitratos (mg/L No_3) | 0,10 |
| 06 | Fosfatos (mg/L Po_4) | 0,10 |
| 07 | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 0,10 |
| 08 | Turbidez (UNT) | 0,08 |
| 09 | Resíduos totais (mg/L) | 0,08 |

Quadro 7. Fonte: ANA (2005).

Curvas médias de variação de qualidade das águas para os nove parâmetros

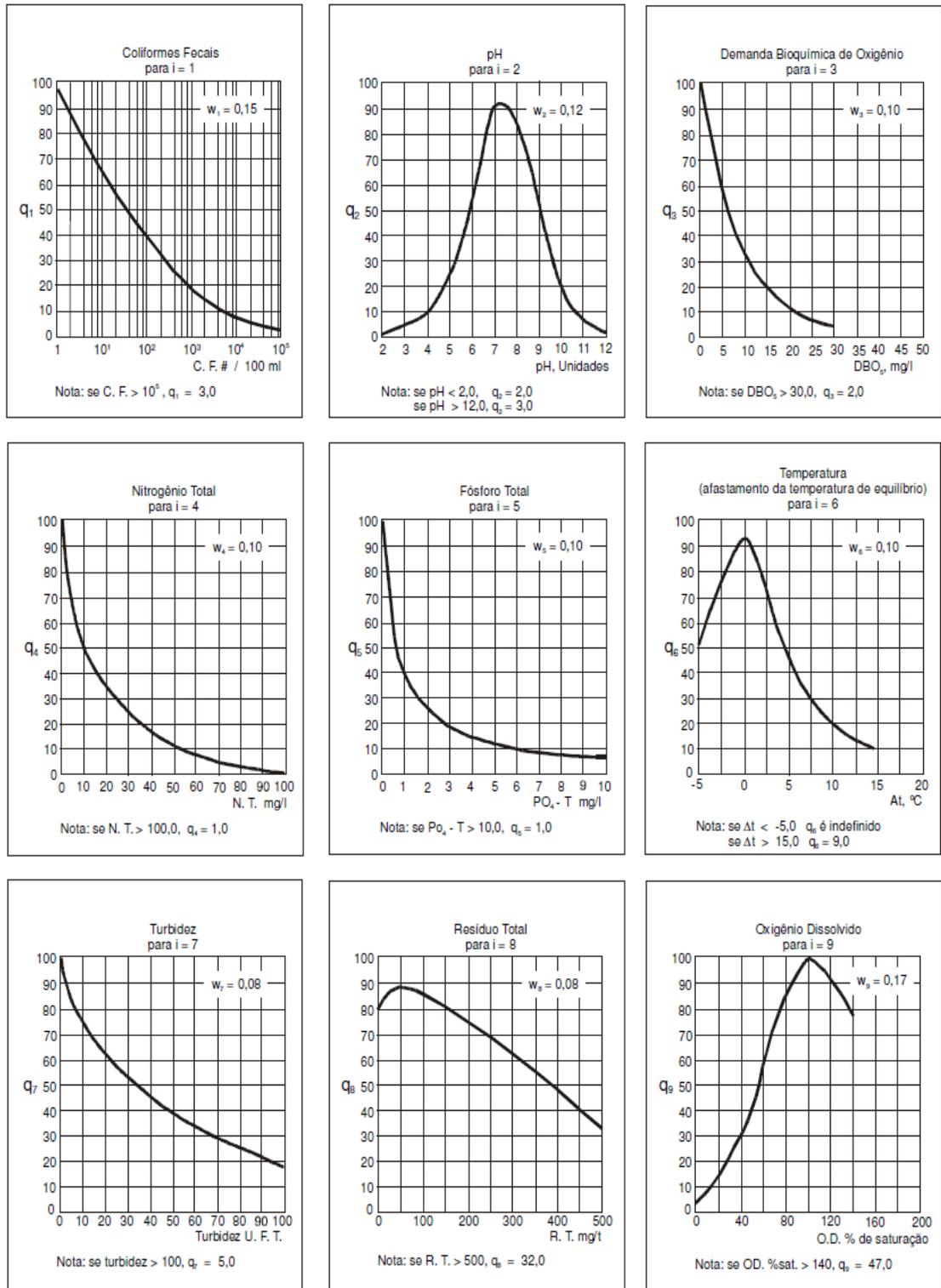


Figura 8: Curvas médias de variação de qualidade das águas (q).

Fonte: CETESB (2006); ANA (2005).

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a equação 2 (ANA, 2005; PINHEIRO, 2008):

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (\text{eq. 2})$$

onde:

IQA – índice de qualidade das águas, 0 a 100;

q_i = qualidade do parâmetro i obtido por meio da curva média específica de qualidade;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1 (ANA, 2005 e PINHEIRO, 2008).

Os valores finais do IQA são expressos em categorias de qualidade e podem ser representados por cores, facilitando a assimilação dos resultados. Abaixo, a classificação adotada pela CETESB (Quadro 8).

| CLASSIFICAÇÃO DO IQA | |
|----------------------|---------------------|
| Categoria | Ponderação |
| Ótima | $79 < IQA \leq 100$ |
| Boa | $51 < IQA \leq 79$ |
| Regular | $36 < IQA \leq 51$ |
| Ruim | $19 < IQA \leq 36$ |
| Péssima | $IQA \leq 19$ |

Quadro 8: Níveis de qualidade segundo classificação do IQA adotados pela CETESB. Fonte: CETESB, 2006.

Pinheiro (2008) propôs o cálculo do IQA para a BH do Rio Macaé. Seu trabalho investigou doze diferentes pontos na BH, utilizando como critério a coleta à jusante das contribuições dos principais afluentes como Rio Bonito (Nova Friburgo), Córrego Dantas (Macaé, distrito de Bicuda) e Rio São Pedro (Macaé, à jusante da BR 101). Com os resultados obtidos, avaliou sua interrelação com o uso e a ocupação da

terra à montante do ponto de coleta, estabelecendo onexo-causal (PINHEIRO, 2008). Os parâmetros seguem diretrizes das Resoluções CONAMA 357/05 e 274/00 (Quadro 9), sendo que a R. 357/05 chega ser mais restritiva que a R.274/00 para balneabilidade.

Padrões de qualidade e balneabilidade para corpos d'água doce
(R. CONAMA 357/05 e CONANA 274/00).

| Resolução CONAMA 357/05 | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| Variável | Padrão | | | | Unidade |
| | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | |
| Temperatura da Água | ND | ND | ND | ND | ° C |
| pH | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | |
| Condutividade Elétrica | ND | ND | ND | ND | µS/cm |
| Turbidez | ≤ 40 | ≤ 100 | ≤ 100 | ND | NTU |
| Cor Verdadeira | nível natural | ≤ 75 | ≤ 75 | ND | UPt |
| Sólidos Dissolvidos Totais | ≤ 500 | ≤ 500 | ≤ 500 | ND | mg / L |
| Cloro Livre | ND | ND | ND | ND | mg / L Cl |
| Cloro Combinado | ND | ND | ND | ND | mg / L Cl |
| Cloro Total | 0,01 | 0,01 | 0,01 | ND | mg / L Cl |
| Fóforo Total | 0,1 | 0,1 | 0,1 | ND | mg / L P |
| Nitrogênio Amoniacal | 3,7 | 3,7 | 13,3 | ND | mg / L N |
| Nitrato | 10 | 10 | 10 | ND | mg / L N |
| Nitrito | 1 | 1 | 1 | ND | mg / L N |
| OD | ≥ 6 | ≥ 5 | ≥ 4 | ≥ 2 | mg / L |
| DBO | ≤ 3 | ≤ 5 | ≤ 10 | ND | mg / L |
| Coliformes Termotolerantes | ≤ 200 | ≤ 1000 | ≤ 4000 | ND | NMP / 100 ml |
| *recreação contato secundário | ≤ 200 | ≤ 1000 | ≤ 2500 | NA | NMP / 100 ml |
| *dessedentação animais confinados | ≤ 200 | ≤ 1000 | ≤ 1000 | NA | NMP / 100 ml |
| Resolução CONAMA 274/00 | | | | | |
| Variável | Própria | | | Imprópria | Unidade |
| | Excelente | Muito boa | Satisfatória | | |
| Coliformes Termotolerantes | ≤ 250 | ≤ 500 | ≤ 1000 | > 2500 | NMP / 100 ml |
| Escherichia coli | ≤ 200 | ≤ 400 | ≤ 800 | > 2000 | NMP / 100 ml |

Quadro 9: ND – não determinado; NA – não se aplica.

3. METODOLOGIA

3.1 Elaboração do mapa de uso e ocupação das terras da BH da Lagoa Imboacica

O mapa de uso e ocupação da terra foi produzido com base no Manual de Uso da Terra do IBGE (2006) e em algumas adaptações de nomenclatura. Foi utilizada a interpretação visual da imagem sobre as áreas representativas de cada classe de uso da

terra, como segue: (i) mata secundária estágio inicial; (ii) mata secundária estágio médio; (iii) mata secundária estágio avançado; (iv) área agrícola; (v) campo antrópico; (vi) pastagem; (vii) pasto sujo; (viii) solo exposto; (ix) afloramento rochoso; (x) brejo/área inundável; (xi) sombra; (xii) nuvem; (xiii) restinga aberta; (xiv) restinga; (xv) área urbanizada, substituída por ocupação urbana alta densidade; (xvi) área urbanizada pouco adensada, substituída por ocupação urbana baixa densidade; (xvii) área protegida (UC municipal); e (xviii) água.

Os fragmentos de mata secundária foram classificados conforme os estágios sucessionais definidos na Resolução nº 06 de 1994 do CONAMA (BRASIL, 1994).

As classes campo antrópico, pastagem, pasto sujo, solo exposto, afloramento rochoso, restinga e água seguiram a definição do Manual do IBGE (2006), calibradas por meio das visitas de campo.

Área agrícola foi definida somente nas visitas de campo, uma vez que não havia indícios claros dessa classe de uso nas imagens satélite.

A classe de brejo/área inundável foi definida inicialmente pela coloração das imagens satélite e posteriormente pela calibração em campo em áreas amostrais, consideradas aquelas com água permanente aflorada e/ou vegetação característica como taboa (*Typha sp*) e junco (*Juncus sp*).

Já as áreas de sombra e nuvem permaneceram no mapeamento, não sendo realizadas visitas de campo diante da dificuldade de acesso.

Como área protegida, foi identificada a Unidade de Conservação da Natureza Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) de Itapebussus, mapeada com base nas imagens contidas no Plano de Manejo da Unidade (MAYERHOFER e TOLEDO, 2004).

Na área urbana foram agrupados os espaços onde há alto adensamento de residências, novos loteamentos para este fim e áreas comerciais/empresariais, como o Parque de Tubos (Macaé) e ZEN (Rio das Ostras). Recebeu o nome de “ocupação urbana de alta densidade”. As de baixa densidade registraram-se nas localidades com sítios de recreio, lotes grandes e loteamento com extensa área de lazer e floresta (AlphaVille).

Os outros tipos de classes não foram encontrados na BH ou não eram relevantes para a escala pretendida.

Para a legenda de cor foram utilizados os padrões internacionais, referenciando as informações no padrão de cores vermelho, cinza e preto (*red – gray – black* ou

RGB) (IBGE, 2006), com algumas adaptações nas tonalidades visando realçar algumas classes no mapa final.

Para a legenda dos mapas, foram agrupadas como “outros” as seguintes classes: área agrícola, campo antrópico, afloramento rochoso, sombra e nuvem. Esta junção foi definida pelo autor diante da insignificância atribuída a estas classes à discussão presente no trabalho.

Somente com a cessão das imagens do satélite QuickBird e bases cartográficas com hipsometria, hidrografia, estradas, ferrovia etc, por parte das respectivas prefeituras, foi possível elaborar o mapa de uso e ocupação da terra no nível de detalhamento apresentado. Foram imagens digitais de alta resolução espacial (0,60m) e banda pancromática, dos meses de abril (Rio das Ostras) e maio (Macaé) de 2007, projeção UTM, datum SAD 69. Base cartográfica planialtimétrica cedida pela Prefeitura de Macaé, em formato digital, na escala de 1:2000 para a área do entorno da Lagoa Imboacica (ocupação urbana alta densidade). As bases cartográficas planialtimétricas foram produzidas pela Embraero e cedidas pelas prefeituras de Macaé e Rio das Ostras, em formato digital, na escala de 1:10.000 para a área rural da BH estudada, do território de Rio das Ostras com informações sobre hidrografia, sistema viário, curvas de nível e cobertura vegetal. A carta topográfica do IBGE, de 1968, serviu como base para realizar as atualizações necessárias na hidrografia. O Rio Imboacica também foi alvo das obras hidráulicas do DNOS, tendo sido retilinizado em seu terço final, à montante da Lagoa Imboacica.

As diferentes classes de uso foram definidas e aferidas em campo com o Sistema de Posicionamento Global (GPS), ETrex Vista, marca Garmin e anotações em caderneta de campo.

Para construção dos mapas, as imagens QuickBird foram agrupadas e ajustadas com as bases cartográficas planialtimétricas. Seguiu-se a manipulação dos dados no Software ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006), definindo as *shapes* para cada classe. Para cada *shape* foi produzida uma tabela com objetivo de produzir planilhas e tabelar os dados no programa Excel. A editoração e a apresentação das tabelas e mapas foram realizadas nos programas Corel DRAW 12.0 e InDesigner CS2.

Os mapas finais estão na escala 1:5.000.

3.2 Elaboração do Índice de Circularidade dos fragmentos florestais da BH

Com as classes de uso definidas e suas respectivas tabelas no ArcGis, os dados foram copiados para o Excel. Relativamente às classes de florestas secundárias, de todos os estágios sucessionais, somou-se 265 fragmentos. Os dados de perímetro e área foram tabulados e organizados de forma crescente na tabela, divididos em sete grupos, para os quais foram calculados número de ocorrências, porcentagens relativas e médias. Após a aplicação da fórmula do Índice de Circularidade (equação 1), foram agrupados em tabela e divididos em seis grupos, com índices de 04 a 09.

Com estes dados e a localização dos maiores fragmentos, foi feita proposta de corredores ecológicos.

3.3 Levantamento de qualidade das águas da BH

O Termo de Referência para o Plano de Recursos Hídricos do CBH Macaé e das Ostras, item A.1. - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas das BHs, estabelece objetivos e indicações metodológicas com objetivo de inventariar e estudar os recursos hídricos superficiais com vistas à avaliação qualitativa da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas, de forma a subsidiar o gerenciamento dos recursos hídricos, em especial o enquadramento dos corpos d'água (CBH MACAÉ E DAS OSTRAS, 2008). No que tange ao enquadramento, as informações contidas neste trabalho subsidiaram a proposta preliminar para a BH da Lagoa Imboacica, aplicando o que determina a Resolução CONAMA nº 357/05 sobre os corpos hídricos enquanto não enquadrados pelos respectivos Comitês (artigo 42. Água doce – Classe II) (BRASIL, 2005).

A análise do arcabouço jurídico (Resolução CNRH nº 91/08) possibilitou a identificação dos procedimentos para a proposta preliminar do enquadramento dos corpos hídricos em Classes, a partir dos usos preponderantes (Resolução CONAMA nº 357/2005).

Foram realizadas duas campanhas para coleta de água em seis pontos na BH. Os dados da primeira campanha apresentaram incongruências entre os parâmetros, visto que as análises de cada parâmetro foram feitas em laboratórios diferentes. A coleta da segunda campanha foi encaminhada para o laboratório de análises ambientais do Centro de Tecnologia Ambiental FIRJAN/SENAI no Rio de Janeiro, com

capacidade de analisar todos os parâmetros. Neste trabalho, foram discutidos os dados da segunda campanha, realizada em 13 de outubro de 2009, entre 13h e 30min e 17h.

Foram definidos 06 pontos de coleta com base na elaboração do mapa de uso e ocupação da terra, de acordo com sua significância. Como o relevo da BH é praticamente homogêneo, de baixada litorânea, entremeado por colinas suaves, o Rio Imboacica não pode ser dividido em alto, médio e baixo cursos. Este cenário implica numa drenagem sem turbilhonamento, apresentando-se em vários trechos como ambiente praticamente lântico, o que interfere no resultado dos parâmetros (ESTEVES, 1998b). O Quadro 10 e a Figura 9 apresentam os pontos de coleta, as coordenadas UTM, a descrição de cada ponto e sua breve caracterização.

Nas visitas de campo, ao longo de todo curso do Rio Imboacica, não foram identificados pontos de captação de água superficial. Contudo, há empresas no entorno da lagoa que possuem outorga para captação de água subterrânea, não considerada neste trabalho.

As visitas de campo serviram para identificação dos usos e ocupações da terra com objetivo de aferir a interpretação das imagens satélite, principalmente à montante da Lagoa Imboacica. Esta identificação colabora para interpretação dos resultados das análises de qualidade das águas.

| PONTOS | COORDENADAS | | DESCRIÇÃO | CARACTERÍSTICAS |
|--------|-------------|---------|------------------------------------|--|
| | Long. | Lat. | | |
| p.01 | 197560 | 7522396 | Nascente do Rio Imboacica | Ponto mais alto e distante do Rio Imboacica. Volume d'água pequeno. Afloramento dentro da mata, em pequena depressão. Mata secundária em estágio médio, com culturas exóticas como bananeiras. Presença de serrapilheira e subosque. Trânsito de bovinos (pisoteio e fezes) e humano (armadilhas para caça). |
| p.02 | 199379 | 7520496 | Pontilhão da linha férrea | Ponto em que o rio se avoluma, recebendo contribuição de vários afluentes. Velocidade de escoamento praticamente ausente. Mata paludosa no entorno e principalmente à jusante. À montante, pastagem e esparsa vegetação ciliar. |
| p.03 | 203733 | 7517903 | Passagem sobre RJ Cantagalo | Água corrente, de área brejosa. Não há moradia à montante. Pastagens, matas secundárias em estágios inicial e médio. |
| p.04 | 205456 | 7518042 | Ponte RJ 106 | "Foz" do Rio Imboacica – encontro com a Lagoa Imboacica. Sessão mais caudalosa. Presença de mata ciliar com espécies nativas e exóticas. Área empresarial (ZEN, Parque de Tubos Petrobras, Loteamento Empresarial Parque de Tubos e outras empresas) no entorno. |
| p.05 | 205648 | 7518698 | Manilha RJ 106 Bairro Imboacica | Escoamento constante e contribuições de empresa à montante e pequeno bairro residencial (Bairro Imboacica). |
| p.06 | 208578 | 7517674 | Canal da Peleja / canal extravasor | Curso hídrico que drena diretamente para Lagoa Imboacica, vindo do morro da Peleja (Lot. residencial AlphaVille). Ponto à montante do canal extravasor. Canal extravasor fechado. Praticamente sem correnteza. |

Quadro 10: Pontos de coleta de água na BH da Lagoa Imboacica, coordenadas UTM, descrição e caracterização. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

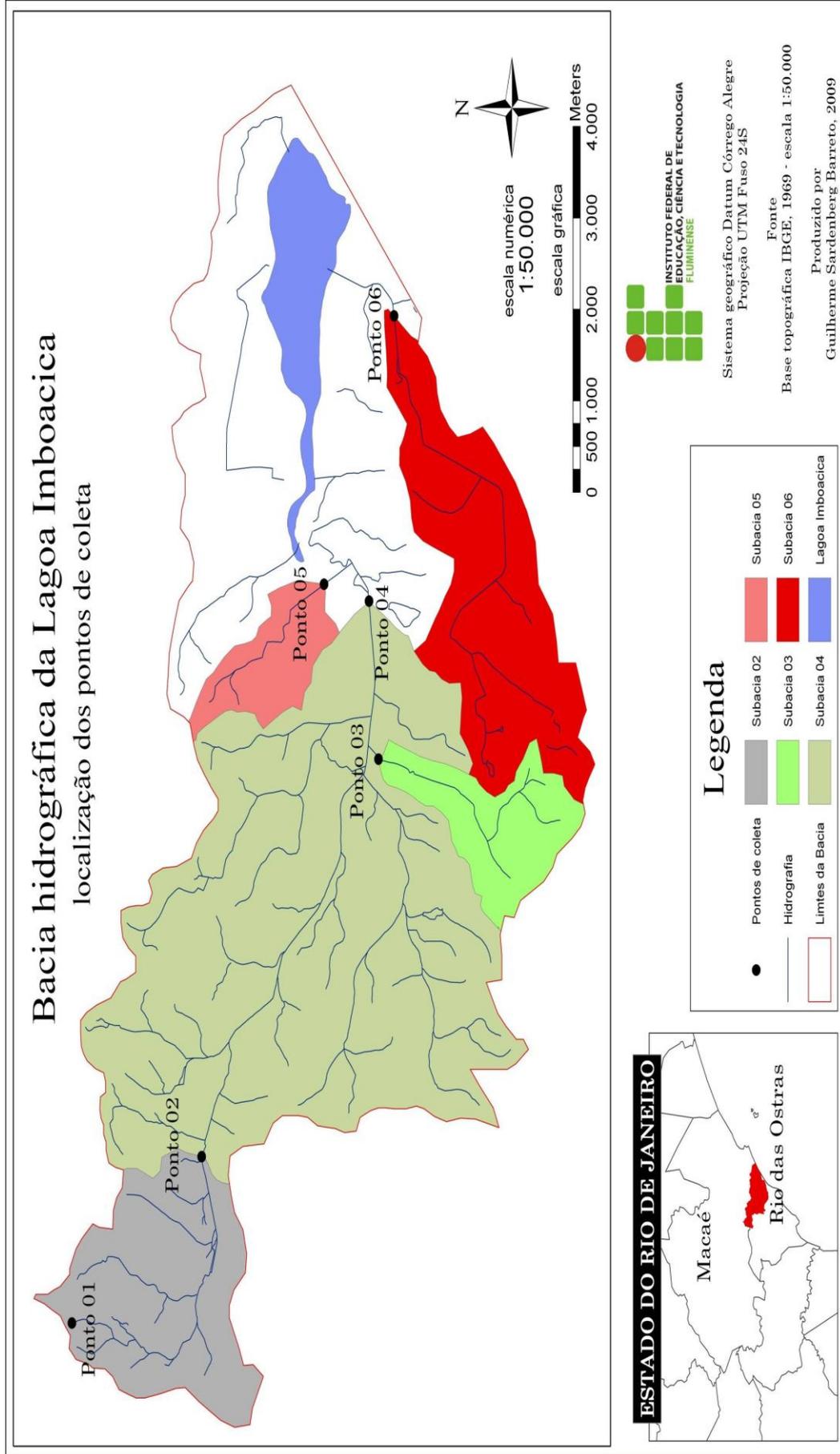


Figura 9: Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica com a rede de drenagem atualizada, os pontos de coleta de água e suas respectivas subacias contribuintes. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Foram realizadas análises dos seguintes parâmetros físicos, químicos e biológicos: (i) demanda bioquímica de oxigênio (DBO); (ii) pH; (iii) sólidos suspensos totais, dissolvidos totais e sólidos totais; (iv) fosfato total e fósforo total; (v) nitrogênios amoniacal, nitrito e nitrato; (vi) coliformes totais e fecal – *Escherichia coli*; (vii) demanda química de oxigênio (DQO); (viii) cor verdadeira; (ix) cloro livre, combinado e cloro residual total; (x) oxigênio dissolvido (OD); (xi) turbidez; (xii) temperatura; e (xiii) condutividade.

As análises dos parâmetros de (i) a (ix) foram realizadas no laboratório de análises ambientais do Centro de Tecnologia Ambiental FIRJAN/SENAI no Rio de Janeiro, segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os parâmetros de (x) a (xiii) foram medidos *in situ* com auxílio do Medidor de Oxigênio Dissolvido D 55 YSI, do Condutivímetro *Star Orion* e do Turbidímetro portátil *Chemetrics I-1300*, respectivamente, aparelhos pertencentes ao IFF que auxiliaram nas pesquisas de PINHEIRO (2008) sobre a qualidade das águas da BH do Rio Macaé.

A coleta foi realizada utilizando a metodologia da instrução técnica 221 (IT-221) do Centro de Tecnologia Ambiental do Sistema FIRJAN (FIRJAN, 2007). Os frascos (fornecidos pelo laboratório), logo após a coleta, foram acondicionados em isopor com gelo até o fim da campanha, e depois em geladeira para manutenção à temperatura constante menor que 4°C.

O IQA foi estabelecido com base na avaliação dos nove parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez e resíduos totais) descritos no Quadro 7, considerando suas curvas médias de variação da qualidade das águas, atribuindo um peso para cada parâmetro, conforme apresentado na Figura 8. O valor do IQA foi calculado empregando o procedimento descrito por Von Sperlin (2007) e aplicado na BH do Rio Macaé por Pinheiro (2008), em planilha eletrônica, alimentada com os parâmetros obtidos na coleta, após a introdução das equações e intervalos de valores. A aplicação deste procedimento tem como objetivo tornar possível o referencial para o CBH Macaé e das Ostras, uma vez que Pinheiro (2008) realizou pesquisa semelhante na BH do Rio Macaé, contígua à BH foco do presente estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O uso e a ocupação da terra na BH – construção do mapa

Com a interpretação das imagens satélite e calibração em campo, foram definidas as diferentes classes de uso e ocupação da terra.

Não foi registrado nenhum caso de vegetação florestal primária, como define o artigo 1º da Resolução nº 06/94 do CONAMA. Há fragmentos com potencial para este enquadramento no que tange à condição de sua flora, como porte alto, dossel fechado e uniforme, presença de serrapilheira e troncos com DAP maior que 20cm. No entanto, tais fragmentos apresentam inúmeras trilhas demarcadas em seu interior, o que evidencia a presença constante do homem. Este fato implica em redução ou modificação da diversidade biológica e pode afetar significativamente as características originais de estrutura e de espécies. Somente estudo específico poderá subsidiar propostas de recuperação e conservação para futuro enquadramento na classe de mata primária. No Estado do Rio de Janeiro este tipo de vegetação ocorre somente em locais de difícil acesso ou em áreas protegidas, mas, no caso do relevo suave da BH da Lagoa Imboacica, não se apresenta empecilho para o acesso humano em qualquer de suas áreas. Portanto, os fragmentos com as características apresentadas foram classificados como mata secundária em estágio avançado. Os fragmentos de mata secundária em estágios inicial e médio foram agrupados no mapa visando torná-lo menos poluído e registrar as áreas que possuem alguma cobertura florestal.

A classe restinga apresenta variações na cobertura vegetal: há partes com vegetação fechada e densa (ARIE Itapebussus), com ilhas de vegetação (Praia do Pecado) e abertas.

As classes pastagem/pasto sujo foram agrupadas para facilitar a visualização do mapa. O pasto sujo é característico de solo em descanso para uso futuro. É a segunda fase de transição, culminando na formação da capoeirinha (VELOSO, RANGEL-FILHO E LIMA, 1991). Sendo assim, embasado na perspectiva de que o uso da área é ainda para pecuária, optou-se pela junção no mapa. Entretanto, na interpretação dos resultados dos parâmetros de qualidade das águas, o pasto sujo foi considerado, justamente por admitir que a ausência de gado diminua os impactos da lixiviação da matéria orgânica.

A lixiviação decorre do escoamento superficial provocado por chuva ou inundações. A lixiviação de nutrientes disponíveis na superfície da terra é um dos fatores que colaboram para o empobrecimento do solo, enriquecendo os leitos dos corpos d'água, colaborando para estados de eutrofização (ESTEVES, 1998b; IBGE, 2004). O tipo de solo influencia diretamente na lixiviação dos nutrientes, onde “solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de nitrogênio, principalmente na forma de NH_4^+ , do que solos arenosos” (SANGOI *et al*, 2003). As características da BH da Lagoa Imboacica indicam que a lixiviação é responsável pelo escoamento de nutrientes provenientes dos dejetos da pecuária. Por não haver grandes lavouras, não há risco iminente de escoamento de defensivos agrícolas para os corpos d'água.

Na Figura 10 é apresentado o mapa de uso e ocupação da terra da BH da Lagoa Imboacica e na Figura 11 os percentuais de cada classe em relação à área total da BH. Já na Tabela 1, o percentual de todas as classes de uso e suas respectivas dimensões em hectare (ha) e na Tabela 2 os agrupamentos utilizados na legenda.

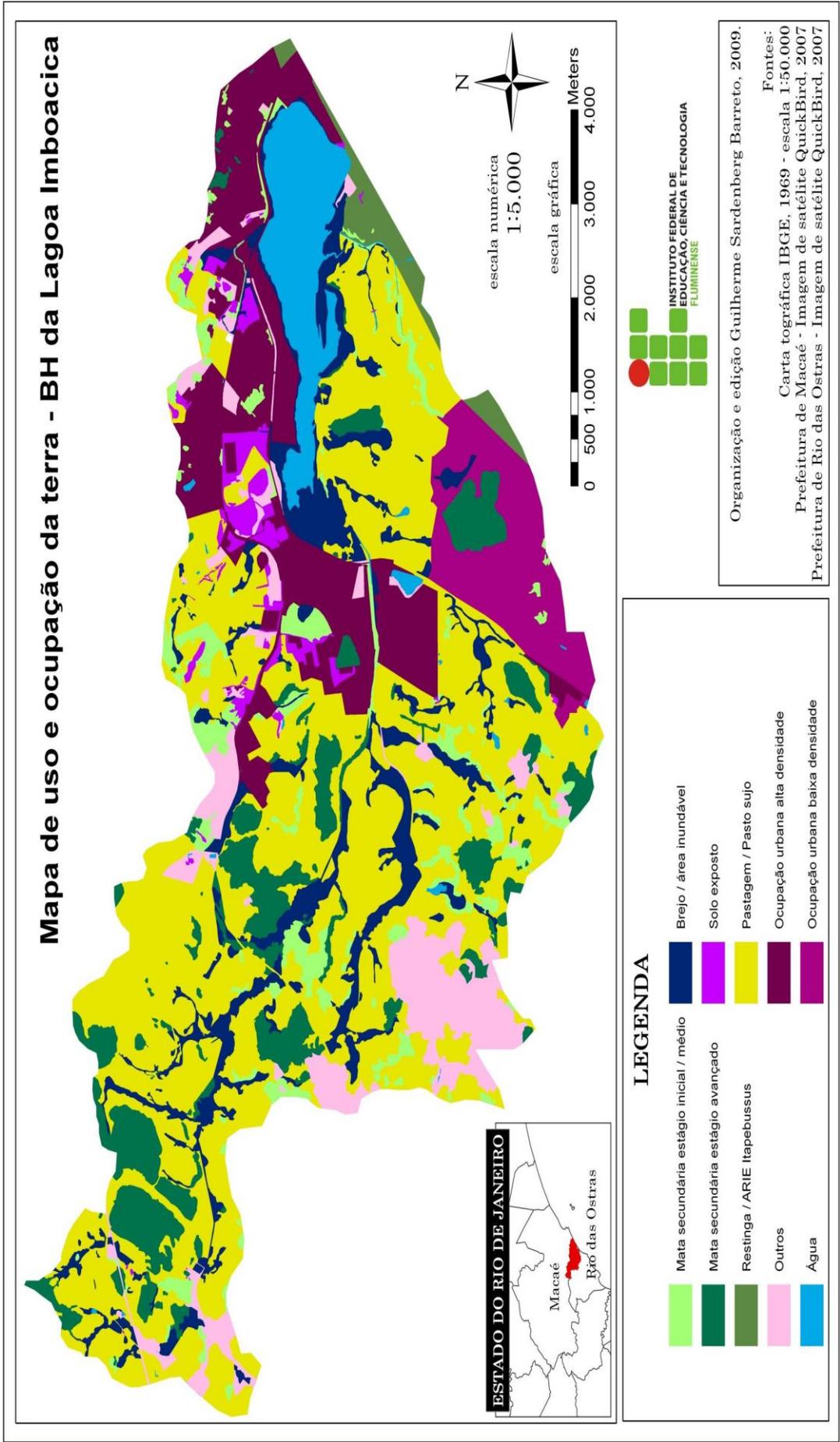


Figura 10: Mapa de uso e ocupação da BH da Lagoa Imboacica. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

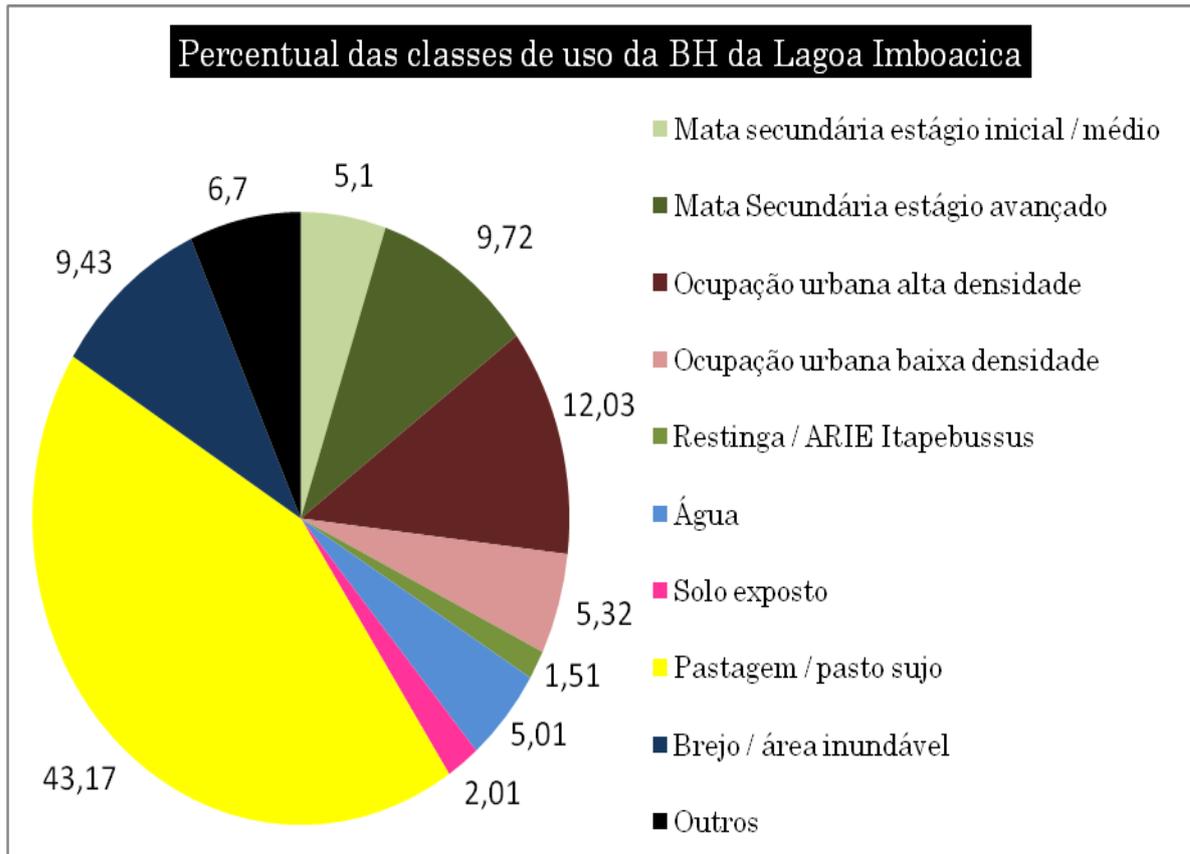


Figura 11 Percentuais das Classes de uso e ocupação do BH da Lagoa Imboacica.
Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Classes de uso da BH da Lagoa Imboacica com respectivas dimensões e percentuais

| CLASSE | ÁREA (HECTARE) | PERCENTUAL |
|---------------------------------------|-------------------|-------------|
| Mata secundária estágio inicial | 191,92 | 3,31 |
| Mata secundária estágio médio | 103,66 | 1,79 |
| Mata secundária estágio avançado | 563,87 | 9,72 |
| Restinga aberta | 18,11 | 0,31 |
| ARIE Itapebussus | 63,20 | 1,09 |
| Restinga e areia praia | 6,24 | 0,11 |
| Água | 290,55 | 5,01 |
| Brejo área inundável | 547,19 | 9,43 |
| Solo exposto | 116,73 | 2,01 |
| Pastagem | 2.095,98 | 36,13 |
| Pasto sujo | 408,41 | 7,04 |
| Ocupação urbana alta densidade | 697,89 | 12,03 |
| Ocupação urbana baixa densidade | 308,69 | 5,32 |
| Sombra | 41,01 | 0,71 |
| Nuvem | 178,65 | 3,08 |
| ETE Mutum | 0,25 | 0,00 |
| Afloramento Rochoso | 34,57 | 0,60 |
| Campo Antrópico | 123,42 | 2,13 |
| Área agrícola | 6,67 | 0,11 |
| Tubulação Petrobras | 4,19 | 0,07 |
| TOTAL da BH da Lagoa Imboacica | 5.801,20 | 100% |

Tabela 1: Todas as classes de uso, com as respectivas dimensões em hectare, da BH da Lagoa Imboacica. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Agrupamento das classes de uso da BH da Lagoa Imboacica

| CLASSE | ÁREA (HECTARE) | PERCENTUAL |
|--|-------------------|---------------|
| Mata secundária estágios inicial / médio | 295,58 | 5,10 |
| Mata Secundária estágio avançado | 563,87 | 9,72 |
| Restinga / ARIE Itapebussus | 87,55 | 1,51 |
| Água | 290,55 | 5,01 |
| Brejo / área inundável | 547,19 | 9,43 |
| Solo exposto | 116,73 | 2,01 |
| Pastagem / pasto sujo | 2.504,39 | 43,17 |
| Ocupação urbana alta densidade | 697,89 | 12,03 |
| Ocupação urbana baixa densidade | 308,69 | 5,32 |
| Outros | 388,76 | 6,70 |
| TOTAL da BH da Lagoa Imboacica | 5.801,20 | 100,00 |

Tabela 2. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Poucos foram os casos em que a interpretação da imagem satélite mostrou-se equivocada. O mais gritante foi o de “linhas de bambu”, plantadas nos limites de propriedades rurais e no alto das colinas, com objetivo de delimitação e de anteparo físico à influência dos ventos, que foram agrupados na classe “outros”. Pela interpretação visual da imagem, essa se assemelha à mata secundária em estágio médio. A Figura 12 mostra um exemplo.

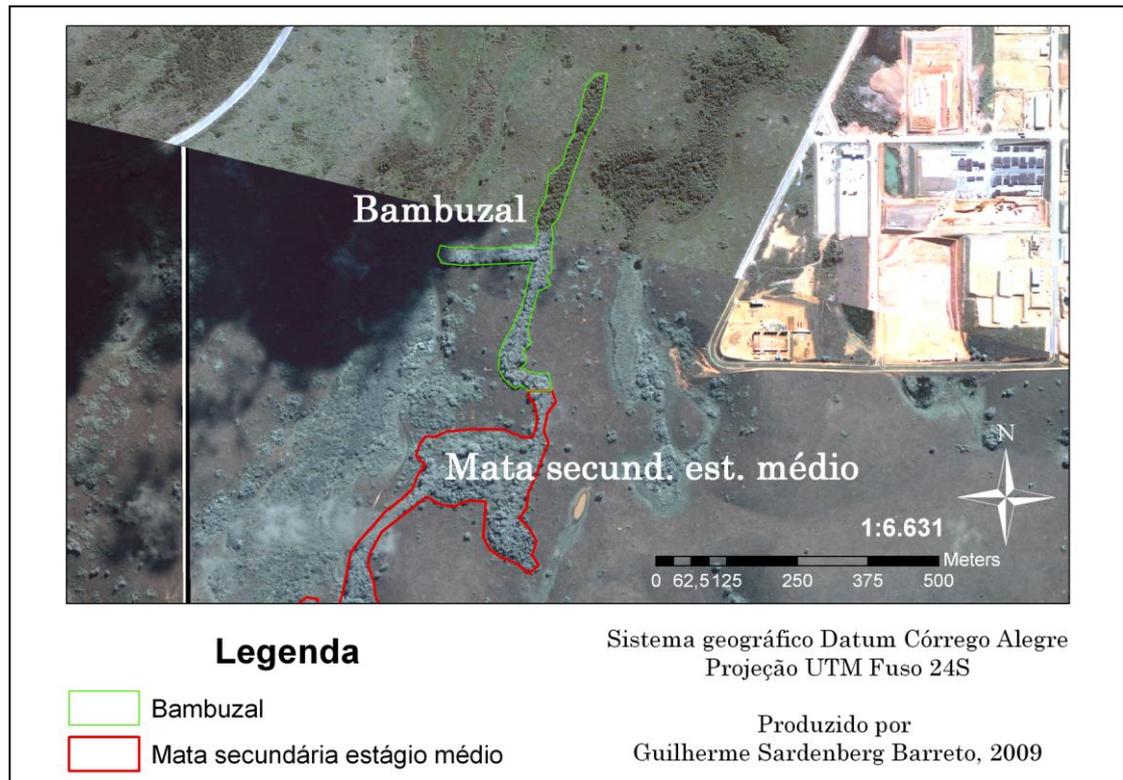


Figura 12: Exemplo de interpretação de imagem sujeita a equívoco.

As pequenas áreas agrícolas foram registradas na proximidade da linha férrea, limite entre os municípios de Macaé e Rio das Ostras (RO). As condições das propriedades são semelhantes as do Assentamento Rural Cantagalo, em RO, caracterizadas por pequenas lavouras de subsistência, que precisaram ser reconhecidas em visita de campo.

O resultado do mapeamento evidencia a degradação florestal sofrida, cuja vegetação original cedeu lugar principalmente às pastagens, que somadas aos brejos/área inundáveis perfazem 53,6% da área total da BH, que é de 58km². Este cômputo pode ser levado em consideração já que o gado tem livre acesso a estas áreas. A grande área de pastagem e a quase ausência de mata ciliar tornam possível a contaminação das águas do rio e dos seus afluentes por meio da lixiviação dos dejetos, lançados no solo. Já o fato de, em alguns trechos, haver pouca correnteza e volume d'água, implica risco de grande acúmulo de matéria orgânica, criando ambiente favorável à eutrofização. No entanto, a pequena intensidade da correnteza diminui a possibilidade de contaminação à jusante.

A evolução da mancha urbana é evidente nas últimas décadas (DIAS, 2005). Como reflexo da ocupação no Brasil (IBGE, 2000), está mais concentrada na faixa litorânea, no entorno da Lagoa Imboacica. Há apenas 12,03% da ocupação de alta

densidade em toda BH (praticamente 700ha) mas seus efeitos são sentidos com muita expressividade. Os dois municípios onde se situa a BH estabeleceram suas áreas de expansão industrial (comercial/empresarial) no entorno da lagoa. O reflexo é percebido na diminuição da qualidade das águas deste corpo hídrico e as medidas atenuadoras (mitigadoras) sugerem necessidade de aumento nos investimentos para intervenção como redes de coleta e estações de tratamento. No entorno da lagoa, há a obrigatoriedade de instalação de sistemas terciários para tratamento de esgoto sanitário, devido à necessidade de remoção de nitrogênio e fósforo (conforme Diretriz FEEMA/INEA 215 revisão 4). Os sistemas terciários têm custos de instalação e manutenção/operação mais elevados. Outra possibilidade para remoção de nutrientes dos efluentes são as ETE Verdes (fitorremediação), que utilizam processo biológico de depuração por meio de macrófitas como espécies de taboa (*Typha sp*) e aguapés (*Eichornia crassipes*). Seus custos de projeto e manutenção são relativamente baixos (OLIVEIRA *et al*, 2005), comparados a estações com sistema terciário de tratamento de esgoto, e agregam, ainda, estética paisagística e aumento do habitat para a vida selvagem. Próximo ao canal do bairro Novo Cavaleiros, onde há espaço público desocupado, torna-se viável a execução de uma ETE Verde. Pesquisa realizada por Lopes-Ferreira na Lagoa Imboacica, na região após desembocadura deste canal, evidenciou remoção significativa de nutrientes na coluna d'água como nitrogênio total (diminuição de 93,8%), fosfato total (diminuição de 97,1%), nitrogênio amoniacal e ortofosfato (diminuição de mais de 99%) (LOPES-FERREIRA, 1998), provando a eficácia deste tipo de tratamento, mesmo sem manejo, em condições naturais.

As regiões colonizadas por macrófitas funcionam como remediadoras dos impactos resultantes do lançamento de efluentes e da lixiviação. Torna-se, portanto, fundamental para o equilíbrio do ecossistema da lagoa a permanência dos brejos perilagunares, assim como os brejos à montante, às margens do Rio Imboacica e seus afluentes. Por outro lado, como o corpo receptor da BH é um ambiente fechado, que estabelece conexão com o mar esporadicamente (abertura da barra de areia), qualquer sedimento que esteja disponível para escoamento superficial pelas chuvas acumula-se no fundo, diminuindo a profundidade do corpo hídrico e propiciando processos de colmatação e ampliação das áreas cobertas por macrófitas, principalmente as taboas (*Typha dominguensis*). A diminuição do espelho d'água acentua a degradação da lagoa e acelera seu processo natural de transformação em brejo (ESTEVEZ, 1998b). Embora o percentual de solo exposto represente apenas 2,01% da BH, em números absolutos

são mais de 116ha concentrados nas proximidades da lagoa. Fica evidente a necessidade de controle e manejo das macrófitas no ecossistema lagunar.

A grande quantidade de brejo é característica do relevo de baixada. Seu percentual é expressivo e devem ser discutidas propostas de proteção, com fim de manter o potencial do lençol freático na BH.

14,82% da BH são florestas, em diferentes estágios. Florestas em estágio avançado perfazem quase 10% da BH. Pelo princípio estabelecido no Código Florestal em vigência, as áreas de Reserva Legal devem somar 20% das propriedades rurais, excluídas deste cômputo as APPs. Este número é uma referência que induz o vislumbre de uma meta prioritária: promover reflorestamentos que, somadas às áreas já existentes, cubram 20% da BH, sem contar, é claro, as APPs. Os benefícios ambientais que as florestas trazem foram discutidos e, refletir-se-iam na qualidade das águas da BH.

4.2 Índice de Circularidade e proposta de criação de CEs

Reunindo os dados de área e perímetro dos fragmentos de mata, e utilizando a fórmula específica, foi possível estabelecer o Índice de Circularidade. Na Tabela 3 são apresentados os cálculos dos fragmentos florestais reunidos em sete grupos conforme suas áreas, e na Tabela 4 conforme seus perímetros. Apresentam os percentuais do número de fragmentos e também a área média dos fragmentos que compõem cada grupo.

| CÁLCULO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS (SEM DISTINÇÃO DOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS) | | | | | |
|--|----------------------|------------|-------------------------------|------------|-------------|
| Dimensão das áreas (ha) | Número de fragmentos | | Soma das áreas dos fragmentos | | |
| | Quantidade | % | Ha | % | Média (ha) |
| Até 1 | 134 | 50,57 | 58,42 | 6,89 | 0,43 |
| 1 a 3 | 73 | 27,55 | 128,13 | 15,1 | 1,75 |
| 3 a 5 | 24 | 9,06 | 92,5 | 10,90 | 3,85 |
| 5 a 10 | 17 | 6,41 | 109,89 | 12,95 | 6,47 |
| 10 a 20 | 10 | 3,77 | 150,9 | 17,79 | 15,1 |
| 20 a 40 | 3 | 1,13 | 88,41 | 10,42 | 29,47 |
| > 40 | 4 | 1,51 | 219,84 | 25,92 | 54,96 |
| TOTAL | 265 | 100 | 848,09 | 100 | 3,20 |

Tabela 3: Número de fragmentos florestais, e seu percentual, agrupados em diferentes áreas em hectares e a média obtida da soma dessas áreas dentro de cada grupo dimensionado.
Produzido por BARRETO, G.S., 2009

| CÁLCULO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS (SEM DISTINÇÃO DOS ESTÁGIOS SUCESSIONAIS) | | | | | |
|--|----------------------|------------|------------------------------------|------------|-------------|
| Perímetro (comprimento em metros) | Número de fragmentos | | Soma dos perímetros dos fragmentos | | |
| | Quantidade | % | perímetro | % | média |
| Até 300 | 66 | 24,91 | 13705,18 | 6,34 | 0,43 |
| 300 a 600 | 76 | 28,68 | 32655,18 | 15,09 | 1,75 |
| 600 a 1000 | 56 | 21,13 | 42585,3 | 19,68 | 3,85 |
| 1000 a 1500 | 29 | 10,95 | 36986,89 | 17,10 | 6,47 |
| 1500 a 2000 | 21 | 7,92 | 35368,27 | 16,35 | 15,1 |
| 2000 a 4000 | 13 | 4,90 | 35170 | 16,25 | 29,47 |
| > 4000 | 4 | 1,51 | 19863,33 | 9,18 | 54,96 |
| TOTAL | 265 | 100 | 216334,2 | 100 | 3,20 |

Tabela 4: Número de fragmentos florestais, e seu percentual, agrupados em diferentes perímetros (m) e a média obtida da soma desses perímetros para cada grupo dimensionado.
Produzido por BARRETO, G.S., 2009

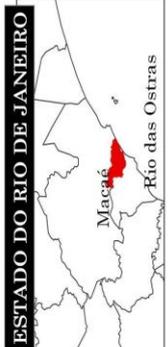
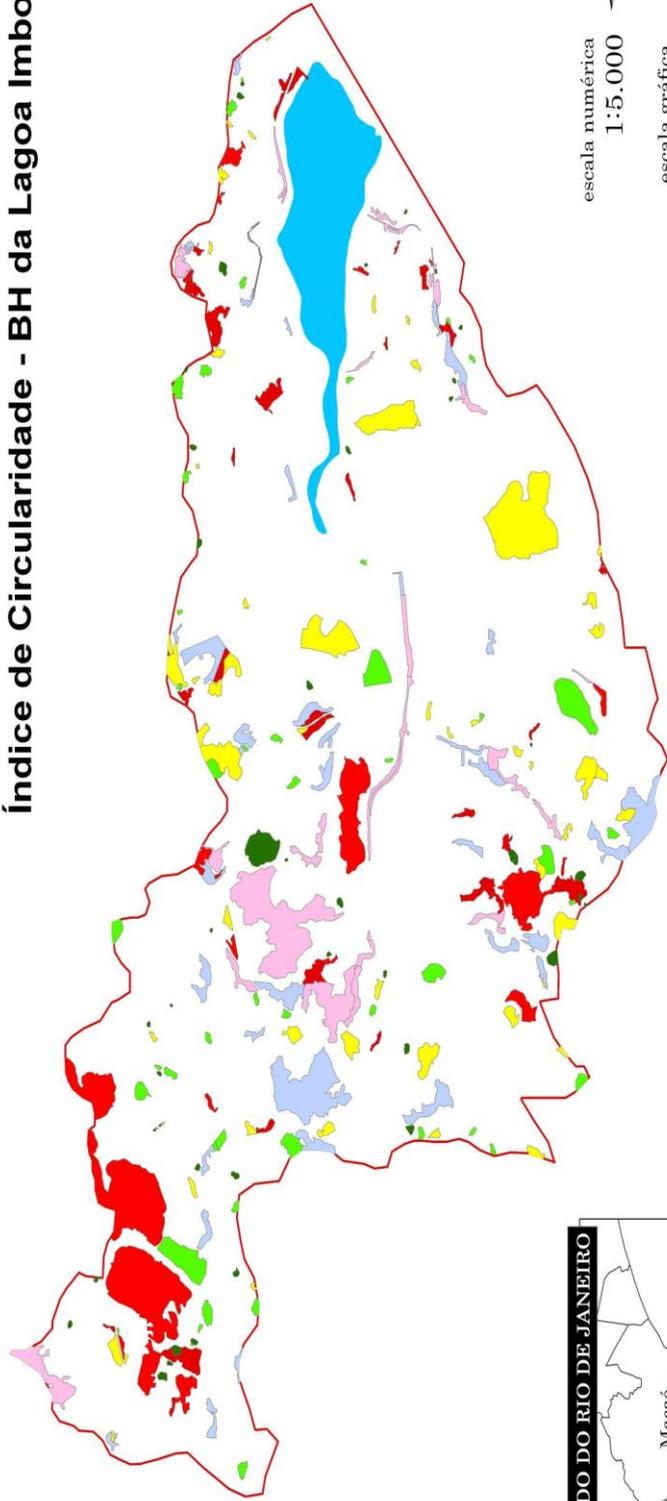
Na Tabela 5 são apresentados os Índices de Circularidade dos fragmentos divididos em seis grupos. Estes cálculos seguiram a metodologia apresentada por Nascimento (2004). Há predominância de fragmentos com IC 0,6 (27,92%) e 0,7 (29,05%) o que pode ser um indicativo para propostas de criação de CEs entre os mesmos, desde que a localização favoreça. É o que ocorre na área onde há grandes fragmentos florestais com IC igual a 0,6.

| Índice de Circularidade | Fragmentos florestais | |
|-------------------------|-----------------------|----------------|
| | Número de ocorrência | Percentual (%) |
| Menor que 0,4 | 1 | 0,38 |
| 0,4 e 0,5 | 56 | 21,13 |
| 0,6 | 74 | 27,92 |
| 0,7 | 77 | 29,05 |
| 0,8 | 47 | 17,74 |
| 0,9 | 10 | 3,78 |
| TOTAL | 265 | 100 |

Tabela 5: Índices de Circularidade, número de ocorrência de fragmentos florestais e seu respectivo percentual. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

O mapa com a identificação do IC de cada fragmento e sua espacialização na BH serve para dar suporte à proposta de criação de CEs (Figura 13).

Índice de Circularidade - BH da Lagoa Imboacica



LEGENDA

- BH Lagoa Imboacica
- IC 09
- IC 06
- Lagoa Imboacica
- IC 08
- IC 05
- IC 07
- IC 04



Organização e edição: Guilherme Sardenberg Barreto, 2009.
 Fontes:
 Carta topográfica IBGE, 1969 - escala 1:50.000
 Prefeitura de Macaé - Imagem de satélite QuickBird, 2007
 Prefeitura de Rio das Ostras - Imagem de satélite QuickBird, 2007

Figura 13: Espacialização dos fragmentos conforme seus Índice de Circularidade. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

A criação de CEs entre fragmentos florestais deve fazer parte de um programa bem estruturado, com prazo mínimo de três anos para sua manutenção. O mapa de uso e ocupação identificou uma região na área rural da BH com o maior agrupamento de matas secundárias em estágio avançado de regeneração. Nas áreas desnudas entre os fragmentos, há presença de pequenos riachos, APPs que devem ter suas margens preservadas ou recuperadas (BRASIL, 1965). Com base nestes dados, a proposta preliminar busca recuperar uma expressiva área de floresta, que, somada as já existentes, resultaria em aproximadamente 277 hectares, 4,76% do total da BH.

Na figura 14, representados em verde os fragmentos existentes, somando um total de 174,17ha. Entre eles seriam criados CEs, que somariam 74,19ha. A área total (linha vermelha) estabeleceria uma área contínua abarcando ainda parte do fragmento pertencente à outra BH (a BH da Lagoa Imboacica está representada pela linha azul), visível na imagem. Esta parte do fragmento de outra BH possui 29ha.

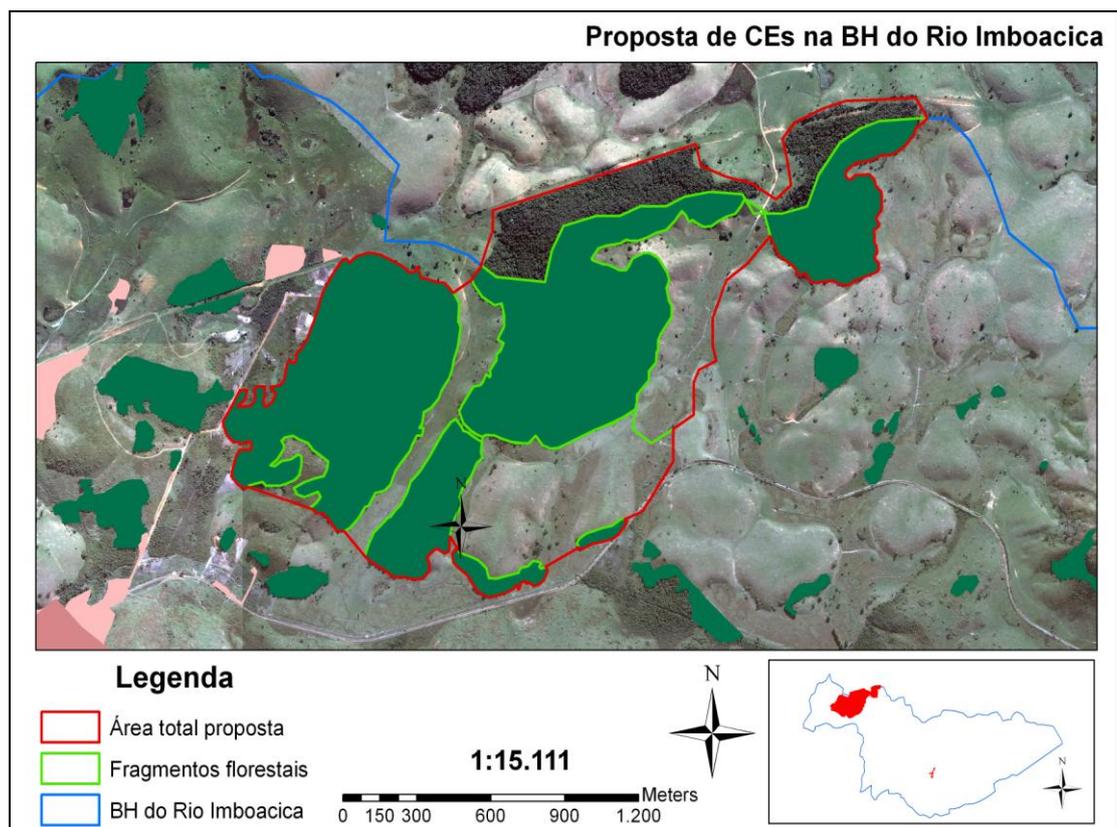


Figura 14: Carta imagem com a proposta preliminar de criação de Corredores Ecológicos na região da BH da Lagoa Imboacica onde ocorre a maior concentração de mata secundária em estágio avançado. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

O programa de reflorestamento deve prever várias etapas obrigatórias. Como informado neste trabalho, o levantamento da biota é imprescindível. Ele vai indicar

quais as melhores espécies a colonizar as áreas desnudas, com atenção à riqueza dentro dos fragmentos e funções ecológicas como atradoras de avifauna etc. O levantamento as condições do solo podem fornecem informações sobre a necessidade de calagem. Outras etapas de execução importantes são: o cercamento total da área (gado representa um dos maiores risco para o sucesso de um reflorestamento.), a formação dos berços (covas), a preparação do aceiro, o preparo da terra e o plantio, respeitando os estágios sucessionais: (i) pioneiras; (ii) secundárias iniciais e tardias; e (iii) climáceas. Por fim, é necessária a manutenção por prazo mínimo de três anos prevendo rega (no início, até as mudas desenvolverem), combate às formigas e coroamento das mudas em crescimento, até o fechamento do dossel.

4.3 A qualidade e os usos da água na BH

A partir dos dados levantados nos seis pontos de coleta, foi possível estabelecer o IQA da BH. Os dados dos parâmetros são aqui discutidos a partir do uso e ocupação da terra à montante do ponto de coleta, tido como exutório. O IQA foi considerado um importante instrumento para o CBH Macaé e das Ostras, principalmente levando-se em conta a pesquisa realizada na BH do Rio Macaé e o estabelecimento de seu IQA por trechos da calha principal do rio. Embora sejam BHs diferentes, a aplicação de um mesmo índice tende a facilitar a comparação e a compreensão da sua importância por parte das representações do CBH Macaé e das Ostras. Pesa sobre isto o fato da BH da Lagoa Imboacica ser de baixada, sem grandes acidentes geográficos, e de suas águas não formarem correntes contínuas e fortes. Percebe-se um padrão de água de ambiente lântico, com diferentes tempos de retenção, o que implicaria escolher um índice mais específico, já que o IQA foi desenvolvido para ambientes lóticos (PINHEIRO, 2008). Faz-se necessário, portanto, maiores estudos sobre a hidráulica da BH. A seguir, as fotos e figuras apresentam os seis pontos de coleta com as subacias respectivas à montante, sua rede de drenagem e os percentuais de classes de usos.



Foto 1: Visão panorâmica da floresta onde localiza-se a nascente do Rio Imboacica. A construção de pequeno dique formou açude para dessedentação (primeiro plano). 24/06/09.



Foto 2: Vista do ponto de coleta 01 (PC 01). Nascente. Afloramento na floresta. 24/06/09.



Foto 3: Vista do gado pastando próximo ao açude, à jusante da nascente. 28/06/09.



Foto 4: Vista do ponto de coleta 02 (PC 02). Pontilhão da linha férrea. 18/07/09.

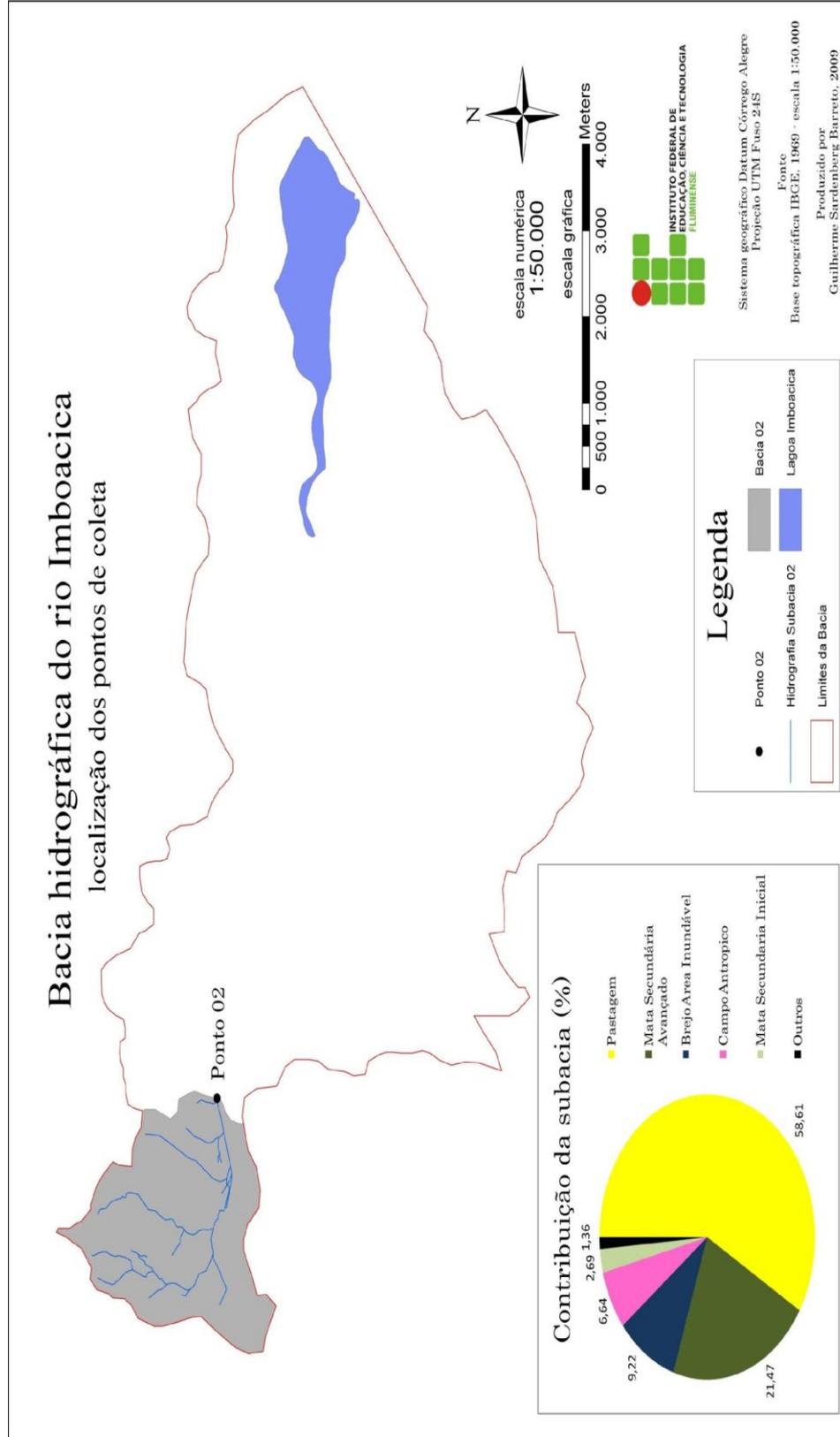


Figura 15: Recorte da BH da Lagoa Imboacica - ponto de coleta 02, com sua rede de drenagem e respectivo percentual de uso à montante. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.



Foto 5: Vista do ponto de coleta 3 (PC 03). Travessia sob o asfalto. 24/06/09.



Foto 6: PC 03: Vista à montante do ponto de coleta 3. Não há ocupação humana. 24/06/09.

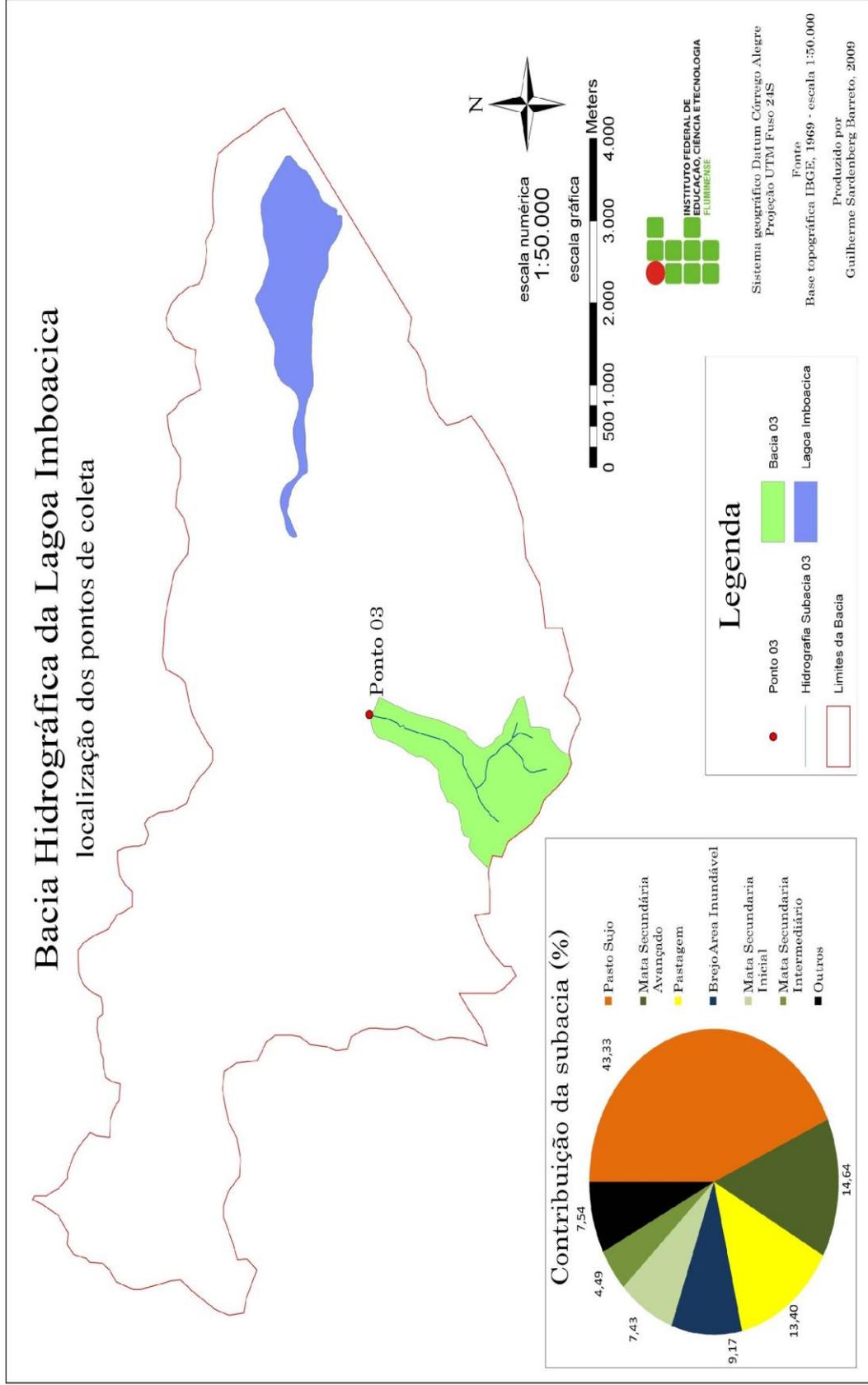


Figura 16: Recorte da BH da Lagoa Imboacica - ponto de coleta 03, com sua rede de drenagem e respectivo percentual de uso à montante. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.



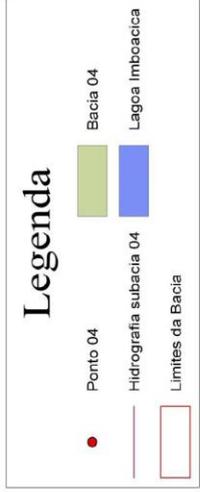
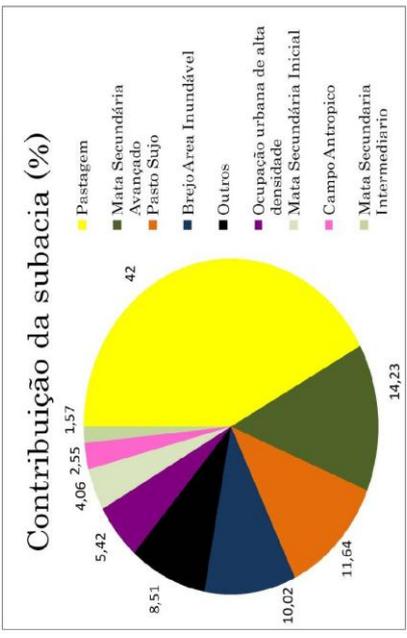
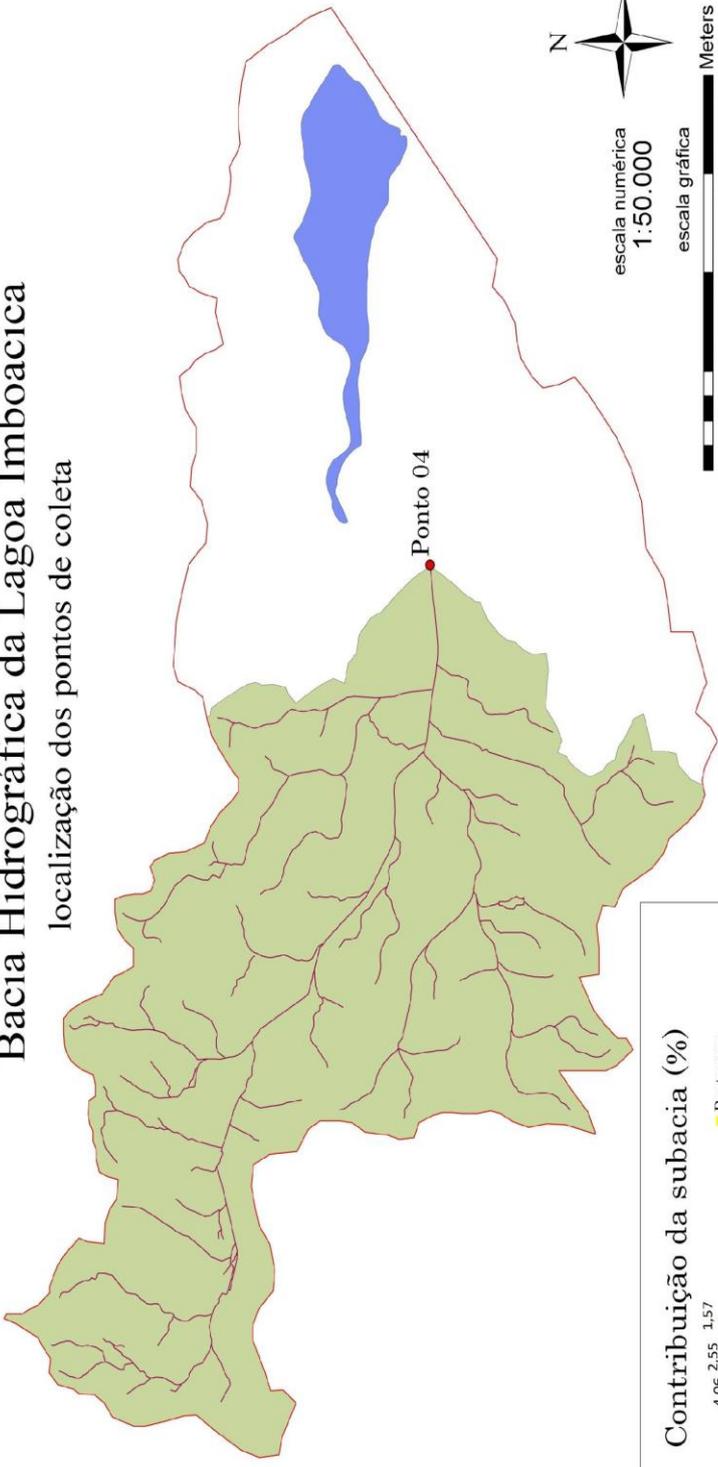
Foto 7: Vista do ponto de coleta 4 (PC 04).
“Foz” do Rio Imboacica, sobre a ponte da RJ 106. 13/10/09



Foto 8: Vista do ponto de coleta 5 (PC 05). Saída da manilha. 13/10/09

Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica

localização dos pontos de coleta



escala numérica
1:50.000

escala gráfica



Sistema escográfico Datum Córrego Alegre
Projeção UTM Fuso 24S

Fonte
Base topográfica IBGE, 1969 - escala 1:50.000

Produzido por
Guilherme Sardenberg Barreto, 2009

Figura 17: Recorte da BH da Lagoa Imboacica - ponto de coleta 04, com sua rede de drenagem e respectivo percentual de uso à montante. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Bacia Hidrográfica da Lagoa Imboacica localização dos pontos de coleta

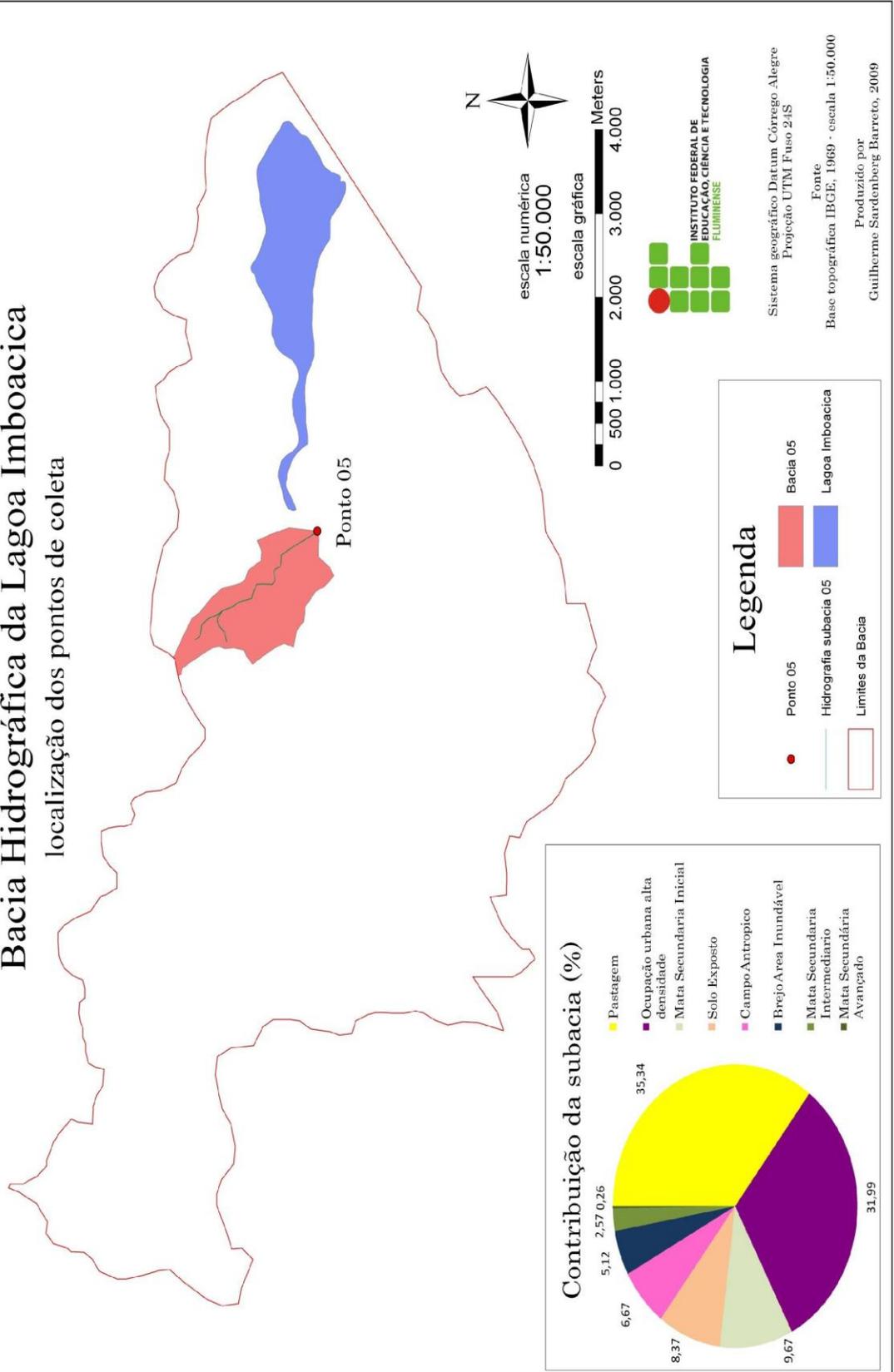


Figura 18: Recorte da BH da Lagoa Imboacica - ponto de coleta 05, com sua rede de drenagem e respectivo percentual de uso à montante. Produzido por BARRETO, G.S., 2009



Foto 9: Vista à jusante do ponto de coleta 6 (PC 06). Esquerda, canal extravasor; frente, canal da Peleja - a coleta foi realizada 50m acima. Arquivo pessoal 12/01/06.

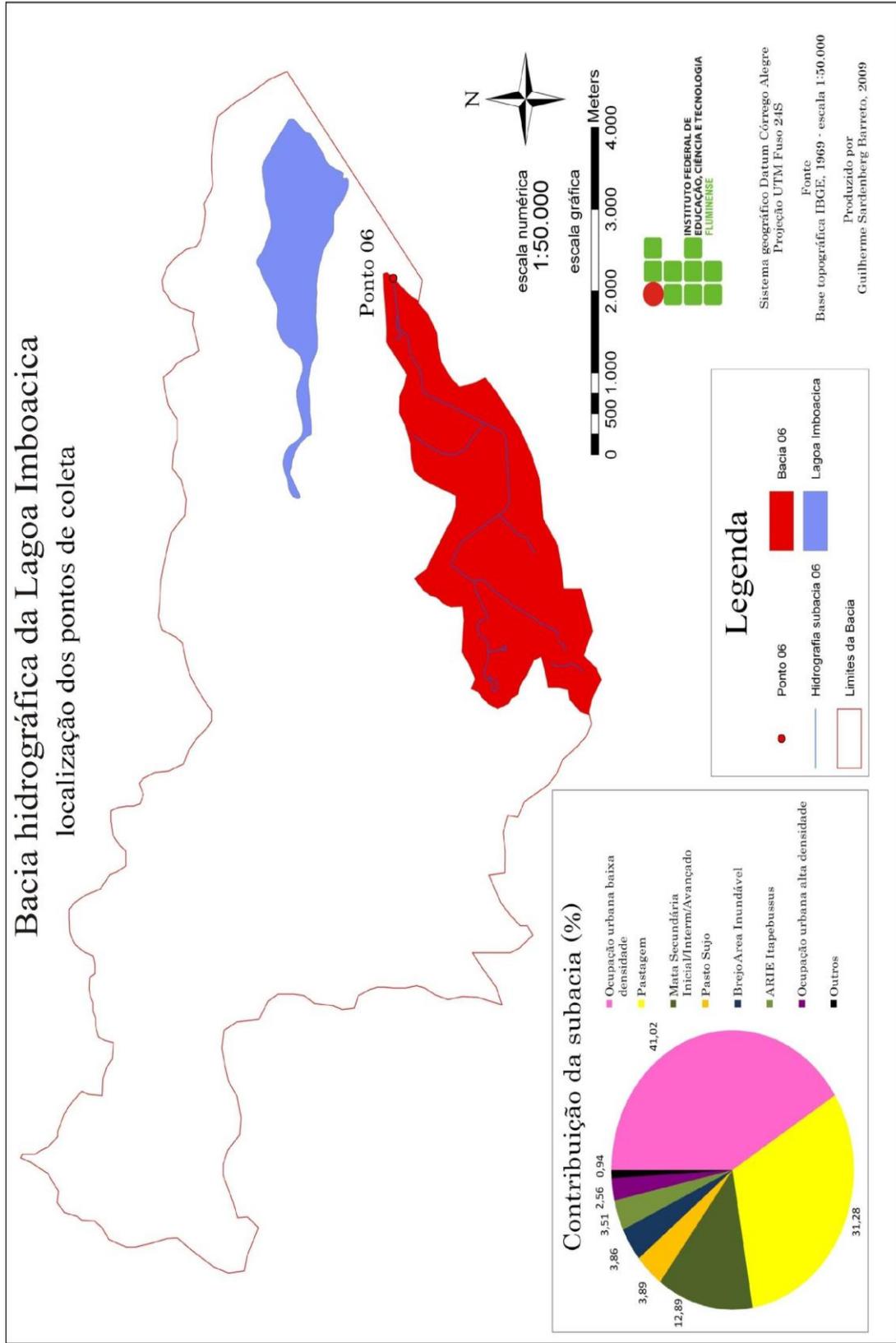


Figura 19: Recorte da BH da Lagoa Imboacica - ponto de coleta 06, com sua rede de drenagem e respectivo percentual de uso à montante. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

O levantamento de dados para cálculo do IQA da BH foi realizado no Rio Imboacica, em um de seus afluentes (PC 3), e dois afluentes diretos da Lagoa Imboacica (PC 5 e PC 6). Não foram coletados dados da Lagoa Imboacica visto que o projeto ECOlagoas, desenvolvido pelo NUPEM/UFRJ desde 1992, possui sua série histórica, melhor fonte para estabelecimento do IQA da mesma.

4.3.1 Análise dos resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da BH

Com base nos resultados das amostras coletadas, foram analisados os parâmetros físicos, químicos e biológicos, utilizando como referencial o mapa de uso e ocupação da terra, produzido pelo autor. A análise pesou sobre as cinco subacias dos pontos 02, 03, 04, 05 e 06 (para a nascente foi considerado o ambiente do entorno imediato.) e indicam a necessidade de pesquisas de longa duração, gerando série histórica. Destacam-se os pontos 04 e 05 como aqueles mais impactados e com maior potencial para causar degradação na Lagoa Imboacica, já que o primeiro é a “foz” do rio homônimo, e o segundo é um afluente direto. A seguir, cada parâmetro é analisado com base nos resultados das coletas, apresentados nas Figuras 20 a 31.

4.3.1.1 Temperatura (°C)

A temperatura apresentou variação entre 23,8°C e 27,1°C da nascente do Rio Imboacica (ponto 01) em direção ao litoral (ponto 06), com quebra dessa linha crescente no ponto 05 (Figura 20). A temperatura mais baixa registrada na nascente justifica-se pela cobertura florestal existente, o que altera o microclima tornando-o mais ameno. Os seis pontos foram coletados entre 13h e 30min e 17h o que poderia interferir na diminuição da temperatura, já que a seqüência de coleta respeitou o sentido nascente-litoral (do ponto 01 ao ponto 06 - canal da Peleja). No ponto 05, onde antes corria pequeno afluente da lagoa a céu aberto, a água está manilhada (sem contato direto com a atmosfera), e na desembocadura, onde se realizou a coleta, há alguns espécimes arbóreos que mantêm o sombreamento. Este conjunto de características pode explicar a menor temperatura deste ponto em relação aos pontos 03, 04 e 06. Variações na temperatura podem alterar as taxas de OD.

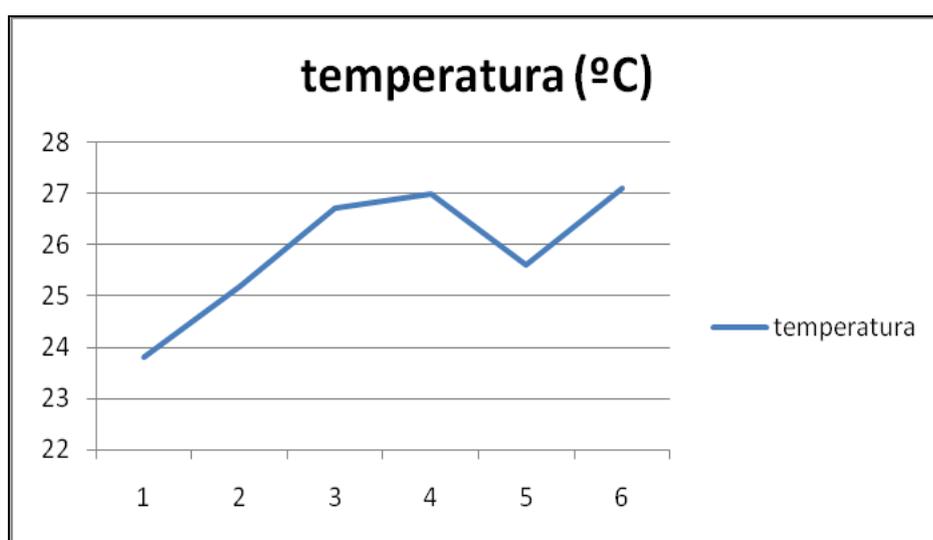


Figura 20: Variação da temperatura ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O parâmetro pH apresentou pequena variação, permanecendo em todos os pontos (exceto o ponto 01- neutro) levemente ácido (entre 6,5 - ponto 05; e 6,9 – ponto 06) (Figura 21). O ponto 05 drena as águas do bairro residencial Imboacica e os efluentes de dezenas de empresas ali localizadas, o que, por hipótese, pode estar contribuindo para a leve acidez da água. Das subacias analisadas, esta apresenta indícios de maior

contribuição de efluentes domésticos, tendo em vista que o bairro não possui sistema de tratamento de esgoto. Quanto às empresas, não foram levantados os sistemas de tratamento assim como as taxas de eficiência apresentadas. A oxidação da matéria orgânica proveniente do descarte de efluentes domésticos pode contribuir para acidificação (CETESB, 2009).

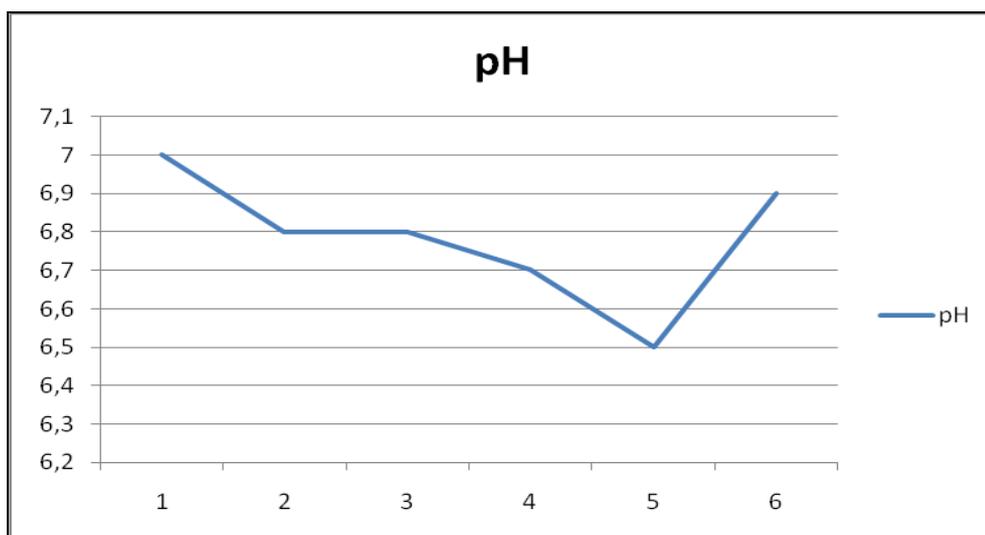


Figura 21: Variação do potencial hidrogeniônico (pH) ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.3 Cor verdadeira

Este parâmetro indica a redução de intensidade da luz ao penetrar a coluna d'água (CETESB, 2009). Várias podem ser as causas para o aumento da cor, como a presença de sólidos dissolvidos e de colóides, provenientes da decomposição de matéria orgânica de folhas, galhos e outros. Os resultados, apresentados na Figura 22 guardam semelhança com os da Figura 23 (Turbidez), com exceção do ponto 02 (provavelmente pela presença de mata paludosa, principalmente à jusante, e ciliar, à montante).

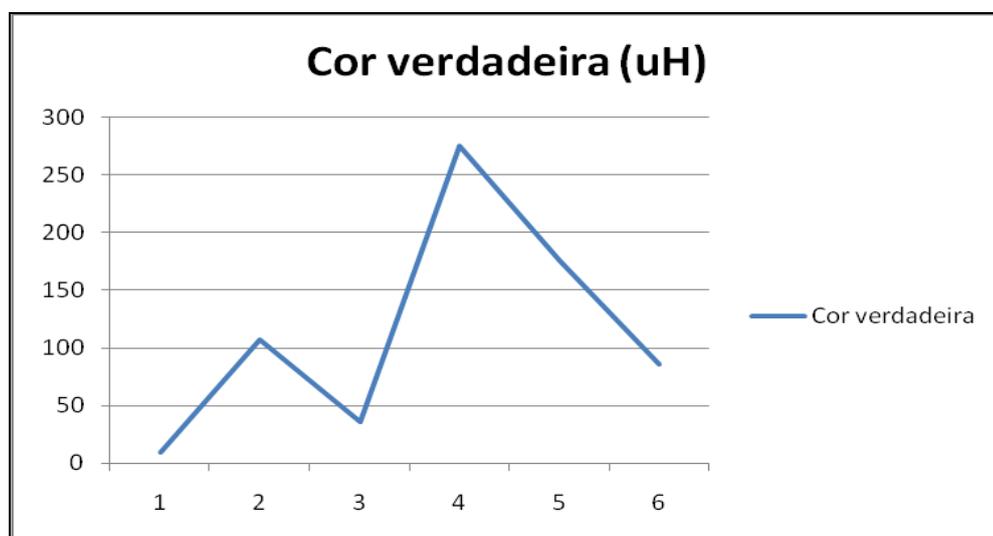


Figura 22: Variação da cor verdadeira ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.4 Turbidez

Os menores resultados dos pontos 02 e 03 evidenciam as características distintas destes em relação aos demais: (i) o ponto 02, em virtude da quase ausência de corrente da água, somado ao fato de haver mata paludosa (à jusante) e ciliar (à montante), cria um ambiente propício à decantação dos sedimentos (Figura 23). Corrobora esta análise o menor valor de sólidos suspensos (7mg/L) encontrado dentre os seis pontos; (ii) o ponto 03, que apresenta a menor unidade nefelométrica (UNT), é o exutório da subacia menos impactada pelo uso à montante, visto apresentar 79% da área com alguma vegetação – 35,73% constituídos de matas secundárias em diferentes estágios sucessionais e brejos com mata paludosa somados a 43,33% de pasto sujo (área sem gado e alguns ponto com vegetação tipo “capoeirinha”). Neste ponto a água é corrente, perpassando por uma manilha sob o asfalto. O ponto 04, que apresenta a maior

unidade de turbidez (51,4 UNT), é a expressão das alterações antrópicas de urbanização. Embora o mapa apresente percentual de apenas 7,97% de ocupação urbana (5,42% de alta densidade), encontra-se às margens do ponto de coleta (“foz” do Rio Imboacica). A área, em franca expansão, apresenta expressiva quantidade de movimentação de terra (Loteamento Parque de Tubos). Há ainda dois lançamentos pontuais de importância para esta análise: (i) efluentes tratados da ETE da ZEN; e (ii) Córrego Jundiaí, afluente que recebe as contribuições do Parque de Tubos (PETROBRAS) e de outras empresas, que podem estar contribuindo com alguma carga de matéria orgânica.

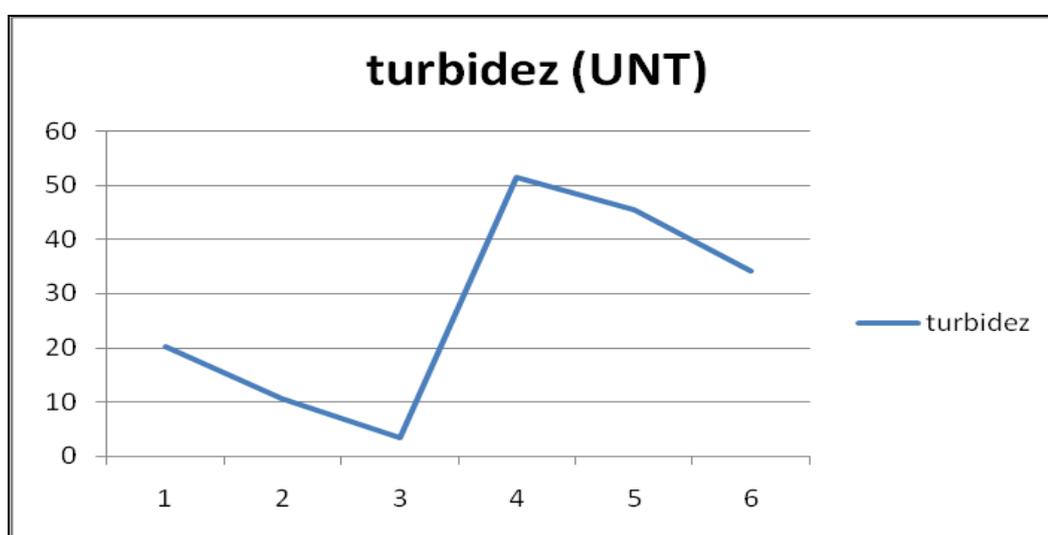


Figura 23: Variação da turbidez ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.5 Condutividade

Ao registrar a presença de sais existentes na coluna d’água, fica evidente o infortúnio do ponto 05, com indícios de concentração de poluentes (Figura 24). O ponto 06, embora apresente o maior valor, tem a probabilidade de sofrer influência dos sais marinhos, tanto pelo contato subterrâneo das águas como pelo *spray* litorâneo (dista aproximadamente 300 metros do oceano em área plana). Segundo a CETESB (2009) níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (cem micro Siemens por centímetro) indicam ambiente impactado. Dos seis pontos, apenas 01 e 02 estão dentro deste limite (98,5 e 96,5 respectivamente). O ponto 03, embora aparentemente apresente as condições de uso da terra menos agressivas ao ambiente natural, pode estar recebendo matéria orgânica da pastagem e do pasto sujo, que

computam 56,73% da área, como também da grande quantidade de vegetais em decomposição no brejo (mata paludosa e escoamento superficial).

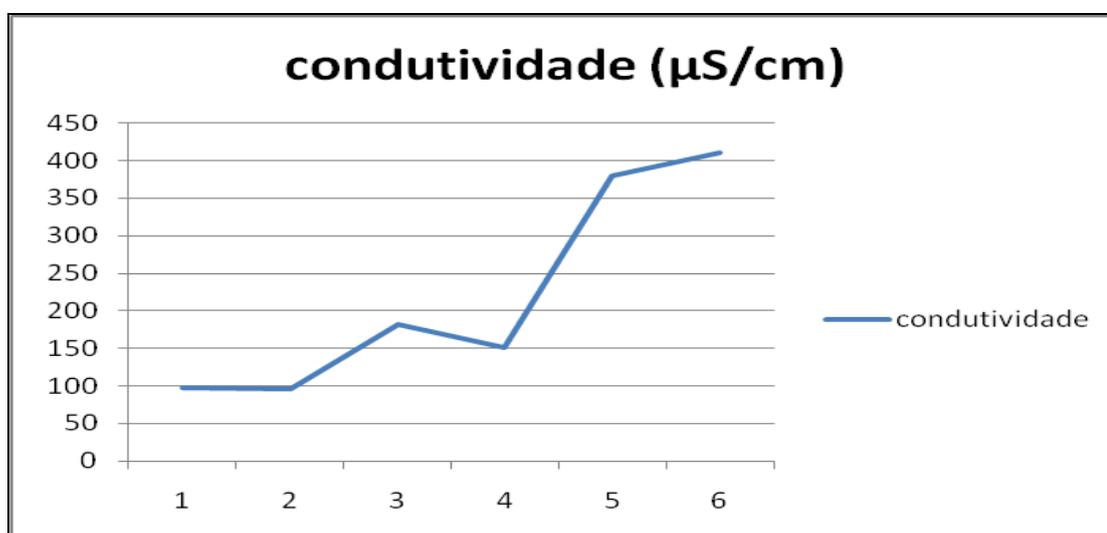


Figura 24: Variação da condutividade ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.6 Sólidos totais

Embora todos os pontos apresentem valores dentro dos padrões para Água Doce - Classe II (até 500 mg/L), o ponto 05 destaca-se, juntamente com o 06 (Figura 25). No ponto 05, a ocupação urbana consolidada e os problemas relacionados a efluentes domésticos e resíduos da indústria (estocagem e lavagem de peças e pátios), indicam provável fonte do problema. Ademais, o intenso tráfego de veículos (inclusive pesados) pela principal rua de acesso ao bairro Imboacica, seguramente colabora com o escoamento de materiais sedimentáveis, por meio das galerias de águas pluviais. Várias ruas não possuem pavimentação e algumas delas são utilizadas circadianamente para escoar material da pedreira local. O ponto 06, evidencia o impacto das obras de instalação de condomínio contíguo a ARIE Itapebussus. Através deste condomínio as águas do canal da Peleja são drenadas em direção à lagoa, onde há muita movimentação de terra. Os outros quatro pontos apresentam valores semelhantes entre si, próximos a 150 mg/L (148, 123, 130 e 152 mg/L respectivamente).

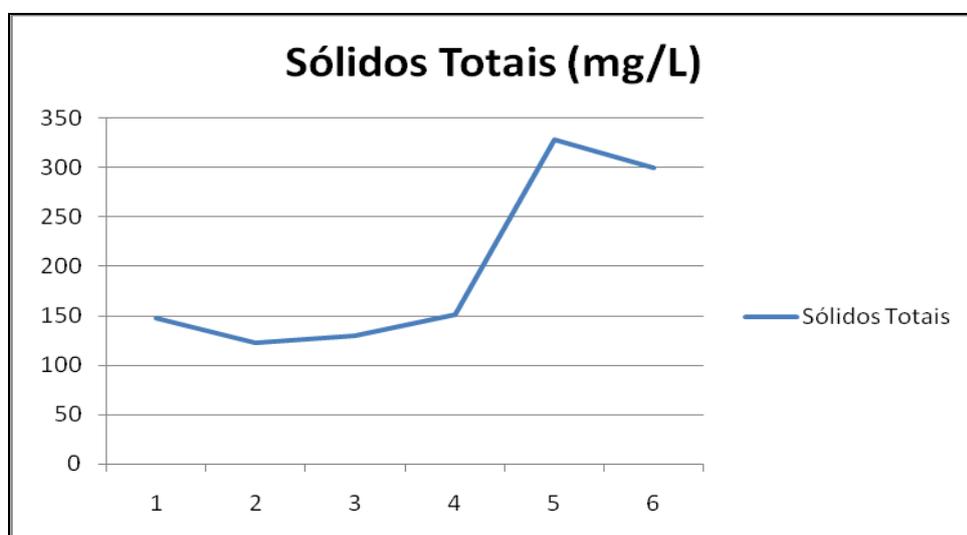


Figura 25: Variação dos sólidos totais ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.7 Nitrogênio Amoniacal Total

A presença deste tipo de composto nitrogenado é indício de contaminação recente, de fonte de matéria orgânica (efluentes domésticos *in natura* ou de fonte difusa, por escoamento superficial dos pastos adjacentes). A Água Doce - Classe II admite níveis

mais elevados do que aqueles apresentados nas coletas, mas para Classe I, onde o contato primário é recomendado, os valores de Nitrogênio amoniacal total estão relacionados aos de pH, que devem ser acima de 7 (águas ligeiramente alcalinas) – Tabela I Classe I (BRASIL, 2005). Como todos os resultados das medições de pH apresentaram estado ácido para as águas, não cabe aqui a consideração.

É gritante o pico apresentado no ponto 05, local que se destaca entre os outros pelo impacto da ocupação humana (Figura 26), apresentando-se, contudo, ainda dentro dos limites exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005). Dentre as formas de nitrogênio analisadas (amoniacal, nitrito e nitrato) o amoniacal apresenta os maiores valores, indicando contaminação recente (VON SPERLING, 2007). Como salienta Pinheiro (2008), “baixos valores podem estar relacionados ao período de estiagem que levaria à redução do aporte de nutrientes de origem difusa ou à redução da capacidade do rio de transportar o efluente de origem pontual (p.76).”

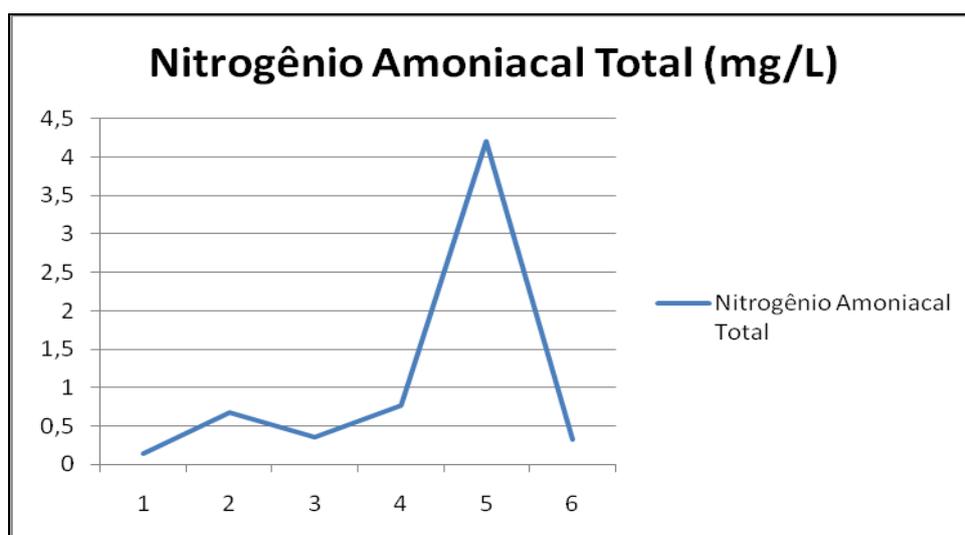


Figura 26: Variação do nitrogênio amoniacal total ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.8 Fósforo total

Limites: Ambiente lântico - até 0,030mg/L. Ambiente lótico – até 0,1 mg/L.

A presença de fósforo total indica fontes de contaminação urbana (efluentes domésticos e principalmente resíduos de detergentes), pecuária (escoamento superficial - lixiviação) ou agrícola (lixiviação de fertilizantes). O fósforo é um nutriente considerado fonte de alimento para vegetais como macrófitas (LOPES-

FERREIRA, 1998), por isso, seus níveis aceitáveis variam de acordo com o ambiente aquático (de lântico a lótico, passando por ambientes com certo tempo de residência) (BRASIL, 2005). Os pontos 01, 02, 03 e 06 apresentam-se dentro dos limites, inclusive para ambientes lânticos (todos abaixo dos níveis de detecção do método analítico), mas para determinações mais precisas, outros estudos devem ser desenvolvidos nestes pontos (Figura 27). No ponto 05 ocorre outro pico, em desconformidade inclusive para ambiente lótico (0,55 mg/L). A presença de empresas com grandes áreas de estocagem para peças, expostas ao tempo, assim como a falta de tratamento de efluentes doméstico do bairro Imboacica podem ser o nexo-causal dos resultados da análise. No ponto 04, as águas estavam completamente paradas no momento da coleta e praticamente toda sua superfície se encontrava coberta por macrófitas aquáticas. Esse ponto apresentou valor de fósforo total acima do permitido para ambiente lântico (0,04 mg/L), indicado também pela presença de macrófitas, que são indicativas de expressiva concentração de macronutrientes na água (ESTEVES, 1998; LOPES-FERREIRA, 1998).

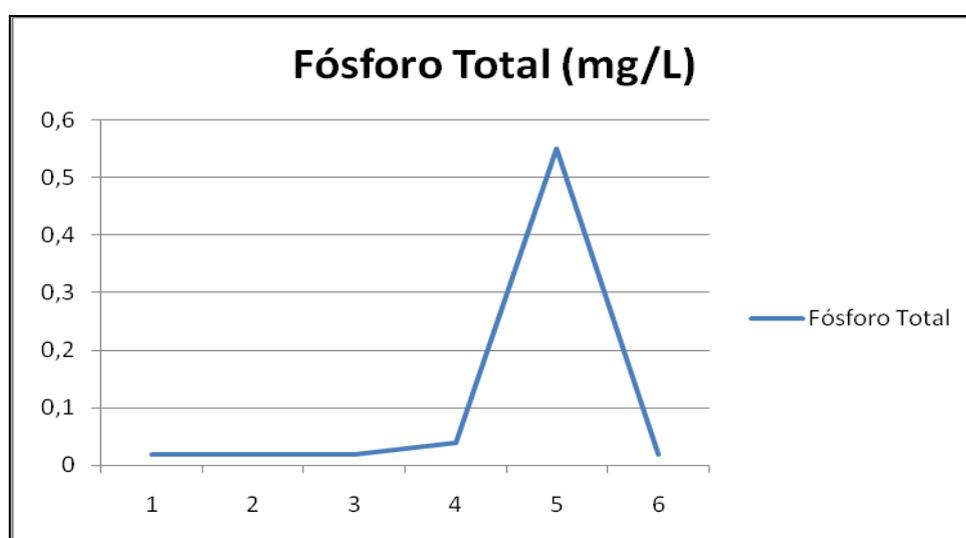


Figura 27: Variação do fósforo total ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.



Foto 10: Vista da “Foz” do Rio Imboacica, à montante da RJ 106. Grande quantidade de macrófitas e mata ciliar com essências nativas e exóticas. BARRETO, G.S. em 13/10/09.

4.3.1.9 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Os resultados dos quatro primeiros pontos não foram detectados pelo método aplicado, estando abaixo de 2 mg/L (Figura 28). O ponto 05 apresenta valores muito superiores aos de todos os outros pontos (115 mg/L) e muito distante do limite aceitável para Água Doce – Classe II. A visita de campo para coleta registrou forte cheiro, semelhante ao de gás sulfídrico, provavelmente fruto da quantidade de reações de oxidação presentes no ambiente. Como já mencionado neste trabalho, este é um dos parâmetros que melhor indica a contaminação da água (VON SPERLING, 2007), não restando dúvida quanto ao comprometimento da qualidade da água que sai da manilha. O ponto 06, embora bem abaixo do ponto 05, também está em desconformidade, com os 5 mg/L máximos permitidos (apresenta 6 mg/L). Como ainda não há moradores no novo condomínio residencial, suspeita-se de excreta e egesta bovina, carregadas por escoamento superficial, embora haja mata ciliar no canal da Peleja. As águas praticamente paradas e a alta temperatura (Figura 20) também podem contribuir ao aumentar a velocidade das reações de oxidação (CETESB, 2009).

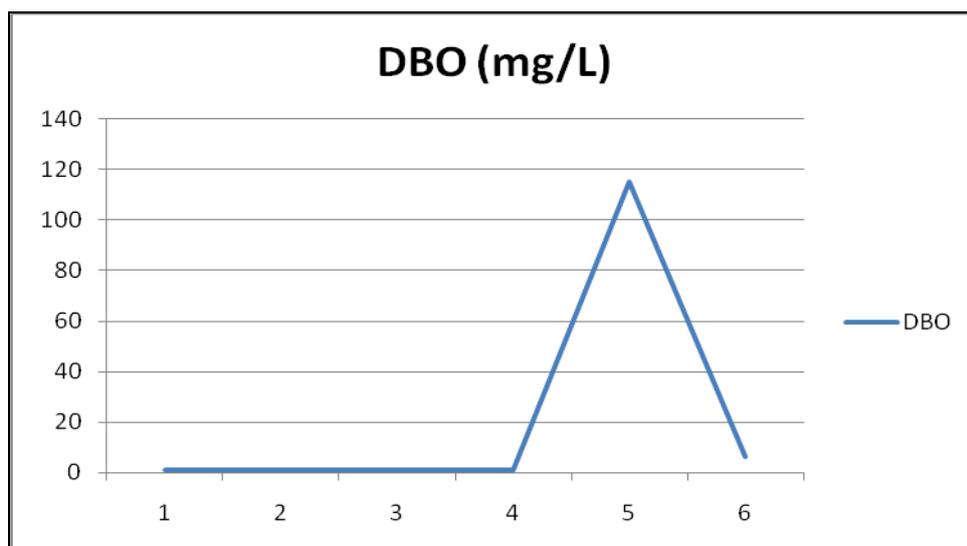


Figura 28: Variação da DBO ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.10 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os resultados apresentados na Figura 29 são alarmantes, porque estão muito abaixo do limite imposto pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Doces – Classe II e próximos à anaerobiose. Como informado no Quadro 6, níveis de OD abaixo de 2mg/L inviabilizam a sobrevivência da ictiofauna. Somente o ponto 03 apresentou valor acima de 2mg/L (2,24mg/L), mesmo assim ainda comprometendo a vida aquática. Alguns fatores podem explicar estes resultados, tendo em vista que as análises devem ser feitas considerando baixa velocidade de vazão do rio, tornando o ambiente praticamente lântico: no ponto 01, a grande presença de matéria orgânica (folhas, galhos e presença de gado) e a pouca quantidade de água, e no ponto 03, a melhor condição ambiental da subacia explicam os resultados observados. Os pontos 04 e 05 praticamente em condição de anaerobiose (0,89 e 0,44mg/L respectivamente), também indicando a presença de grande quantidade de matéria orgânica por lixiviação e descarte de esgoto sem o tratamento adequado. No ponto 06, a análise ficou comprometida já que teores de OD devem ser analisados juntamente com a temperatura, e este foi o ponto que apresentou maior nível dessa variável, o que, por princípio, é inversamente proporcional a quantidade de OD.

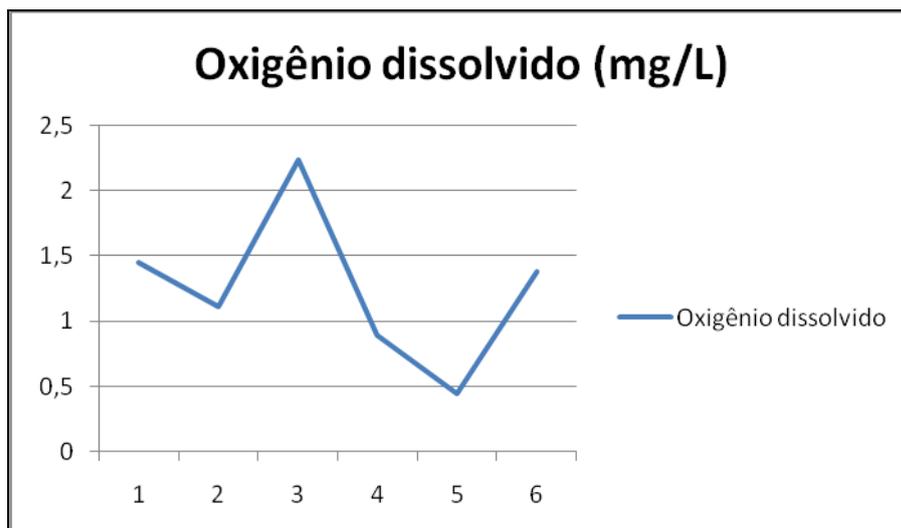


Figura 29: Variação do oxigênio dissolvido ao longo dos 06 pontos de Coleta da BH da Lagoa Imboacica

4.3.1.11 Cloro livre, combinado e residual total

O método de análise não detectou nenhuma das formas de cloro, estando todos abaixo de 0,1mg/L.

4.3.1.12 Coliformes Totais

Uma avaliação preliminar dos resultados indicaria que os pontos 01, 04 e 05 apresentam melhores condições de qualidade da água (Figura 30). No entanto, na análise comparativa aos resultados de *E. coli* (Figura 31), esta constatação não se sustenta visto que os dados registram o inverso, exclusive para o ponto 04. Os coliformes totais são formados por espécies não exclusivamente fecais, ocorrendo no solo, na água e nas plantas naturalmente, por isso, têm valor sanitário limitado (BASTOS *et al*, 2000) além das possíveis incorreções por parte das análises de amostras diluídas.

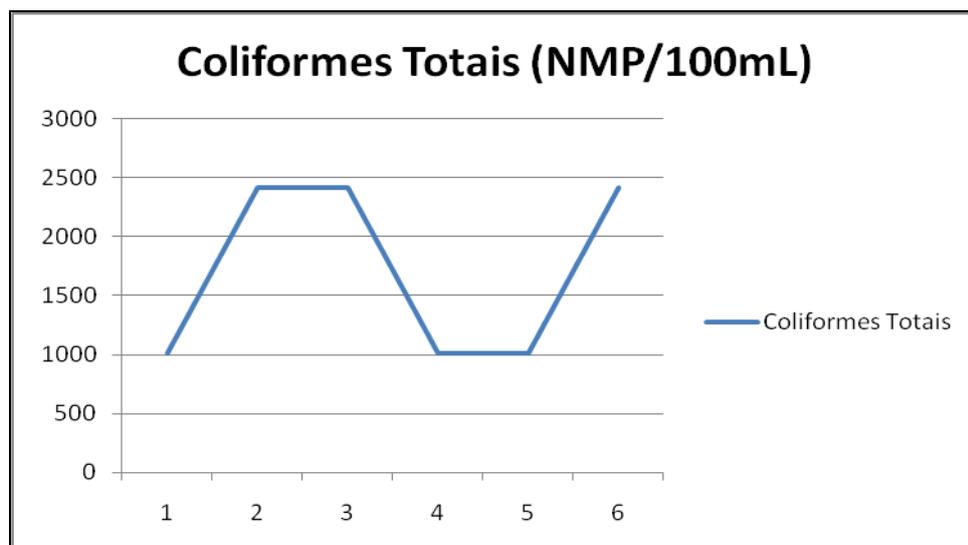


Figura 30: Variação dos coliformes totais ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.3.1.13 Coliformes Fecais – *Escherichia coli*

Os resultados indicam a enquadramento dos pontos 02 (59,4), 03 (29,8), 04 (78) e 06 (78,8) ao limite imposto pela Resolução CONAMA nº 357/05 (até 1000 coliformes em 100ml) para água doce – Classe II. *E. coli*, coliforme termotolerante, é exclusivamente proveniente do intestino de animais de sangue quente, portanto, indicam lançamento de esgoto doméstico (poluição pontual) e/ou escoamento superficial de áreas destinadas à pecuária (poluição difusa). O nível alto encontrado no ponto 01 (829,7) é o indicativo da presença de bovinos, que utilizam trilha marginal à nascente e que corta o curso d'água em alguns pontos. A coleta foi realizada à jusante do trecho onde a trilha corta o curso d'água. A falta de turbilhonamento e o pequeno volume d'água provavelmente não conseguem atenuar os efeitos nocivos dos coliformes. O ponto 05, com valor muito alto (960,6) indica a provável contaminação já exposta anteriormente.

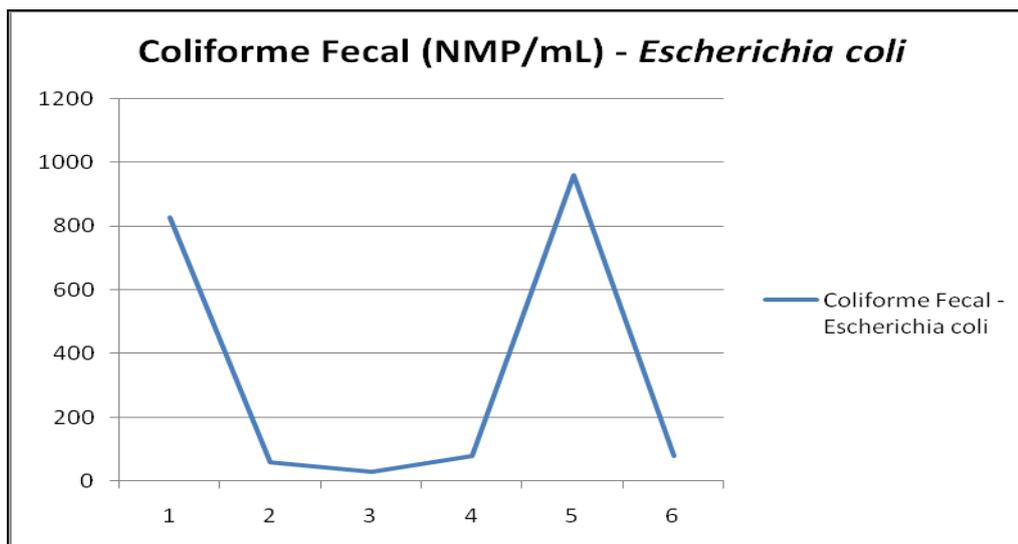


Figura 31: Variação dos coliformes totais ao longo dos 06 pontos de coleta da BH da Lagoa Imboacica.

4.4 Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Os resultados do IQA indicam dois níveis para a qualidade da água da BH da Lagoa Imboacica: (i) regular; e (ii) boa. De forma pedagógica, atribui-se cor a cada nível de qualidade (Quadro 11). A espacialização dos resultados no mapa da BH da Lagoa Imboacica serve para facilitar a identificação dos tomadores de decisão dos municípios de Macaé e Rio das Ostras, como também para os representantes no CBH Macaé e das Ostras (Figura 32). Ressalta-se a necessidade de realizar outras campanhas com objetivo de recalcular o IQA da BH para fins de acompanhamento da qualidade de suas águas.

Cálculo do IQA da BH da Lagoa Imboacica

| PONTO DE COLETA | IQA | PONDERAÇÃO | CATEGORIA |
|-----------------|-----|--------------------|-----------|
| Ponto 01 | 55 | $51 < IQA \leq 79$ | Boa |
| Ponto 02 | 53 | $51 < IQA \leq 79$ | Boa |
| Ponto 03 | 61 | $51 < IQA \leq 79$ | Boa |
| Ponto 04 | 48 | $36 < IQA \leq 51$ | Regular |
| Ponto 05 | 39 | $36 < IQA \leq 51$ | Regular |
| Ponto 06 | 53 | $51 < IQA \leq 79$ | Boa |

Quadro 11: Resultados do IQA da BH da Lagoa Imboacica, com a cor correspondente ao referencial do nível de qualidade.

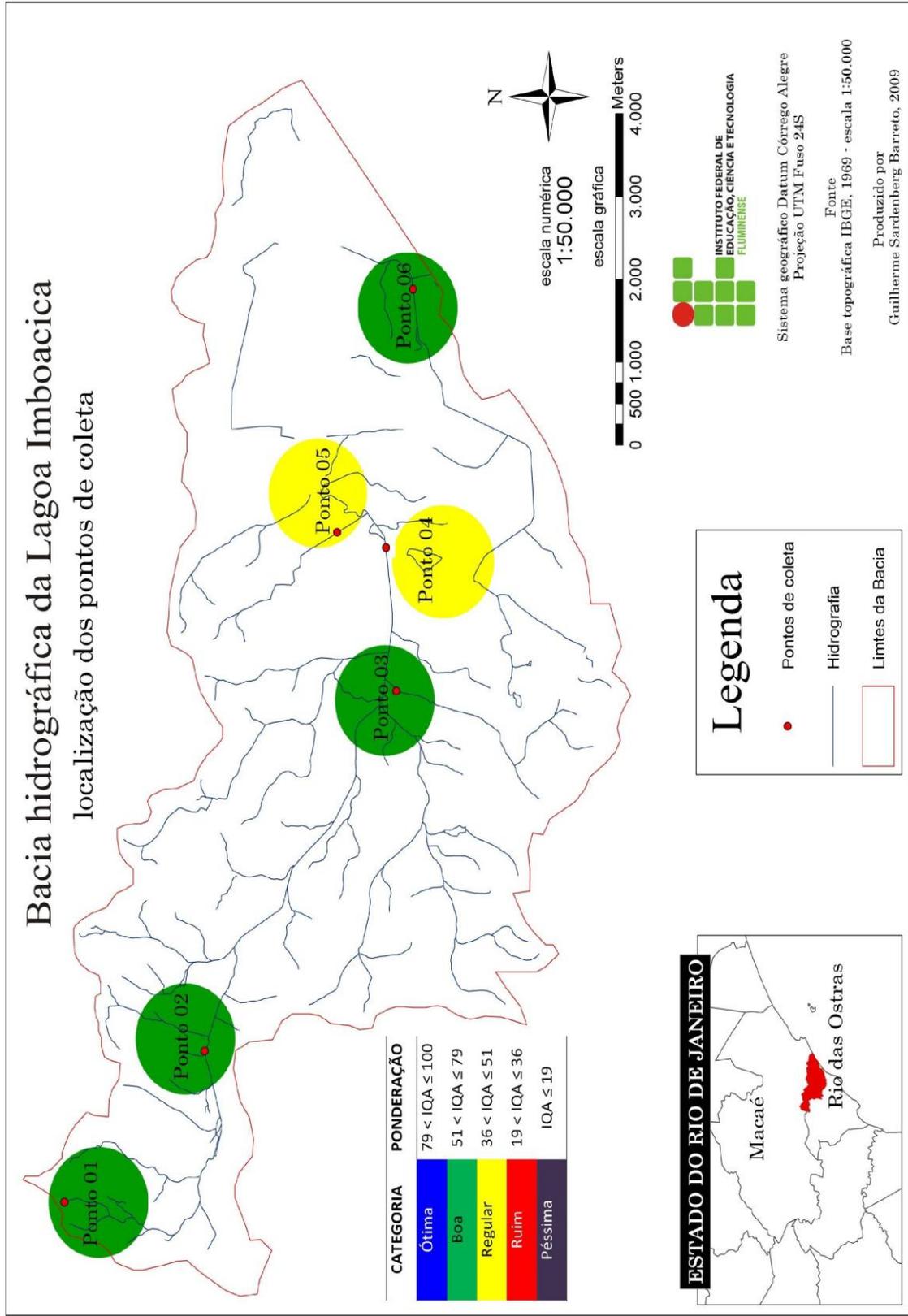


Figura 32: Espacialização dos resultados do IQA na BH da Lagoa Imboacica, utilizando as cores correspondentes ao referencial do nível de qualidade. Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Os resultados mostram que os pontos 04 e 05, que apresentaram qualificação REGULAR, necessitam maior atenção imediata, visto que a análise reflete tão somente uma fotografia deste cenário. É justamente à montante dos dois pontos onde se concentram as atividades humanas de ocupação residencial e comercial (empresas).

A constante movimentação de terra, a expansão acelerada da mancha urbana, as novas instalações empresariais, o crescimento do fluxo de pessoas (por conseguinte, carros, ônibus e caminhões de carga) e as descargas pontuais de efluentes não tratados ou tratados inadequadamente resultam na perda de qualidade das águas do trecho final do Rio Imboacica. É oportuno frisar que estes são os pontos que drenam diretamente para a Lagoa Imboacica, onde há atividades de contato primário como recreação e, também, pesca para subsistência e pequena comercialização (BARCELOS, 2009).

4.5 Análise das conformidades e proposta preliminar de enquadramento

Com base nos resultados dos parâmetros, foram analisadas as conformidades aos valores estabelecidos na Resolução nº 357/05 do CONAMA (Quadro 12).

| Pontos de coleta | Parâmetros não conformes | |
|------------------|---|------------------------|
| | CLASSE I | CLASSE II |
| PONTO 01 | OD, coliformes fecais | OD |
| PONTO 02 | OD | OD |
| PONTO 03 | OD | OD |
| PONTO 04 | OD, fósforo total, turbidez | OD, fósforo total |
| PONTO 05 | OD, coliformes fecais, DBO, fósforo total, turbidez | OD, DBO. Fósforo total |
| PONTO 06 | OD, DBO | OD, DBO |

Quadro 12: Conformidade dos parâmetros a Resolução 357/05 CONAMA.

Os dados do Quadro 12 mostram que todos os pontos apresentaram não conformidade em relação ao oxigênio dissolvido. Quanto aos coliformes fecais, os pontos 01 (nascente) e 05 apresentaram não conformidade. Fósforo total aparece não

conforme nos pontos 04 e 05 para a Classe I. Já a turbidez, somente para a Classe II. Por fim, a DBO está não conforme nos pontos 05 e 06, para as duas classes: 115 mg/L, ou seja, quase 40 vezes acima do permitido para Classe I (3mg/L) e mais de 20 vezes acima do permitido para a Classe II (5mg/L); 6 mg/L, o dobro do permitido para Classe I e bastante próximo do permito para Classe II, respectivamente.

A Resolução nº 91/08 do CNRH atualizou o fluxograma de ações para o enquadramento. As informações exposta neste trabalho ajustam-se a parte da fase de diagnóstico devido às características peculiares da bacia. Não se pretendeu levantar as informações de uso junto ao Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNDARH), uma vez que não foram identificadas captações das águas superficiais para abastecimento humano ou outro uso comercial nem no leito do rio nem em seus afluentes. Na área de ocupação urbana, o fornecimento de água é feito pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto (CEDAE), utilizando o rio Macaé como manancial. Na área rural da BH, onde não há rede de abastecimento, os proprietários usam água de poços artesianos. Sabe-se, no entanto, que há outorgas concedidas para captação de água subterrânea das empresas nas áreas do entorno da lagoa. À montante, o uso preponderante é a dessedentação e pequenas lavouras de subsistência. A importância maior desta BH encontra-se portanto no uso da lagoa – contato primário e pesca amadora.

Ainda quanto aos usos das águas superficiais, não há evidência alguma de uso comercial direto. Em virtude do volume do rio não ser expressivo, inclusive contribuindo para moradores locais das áreas rurais não o identificarem como tal, não há pontos de uso para recreação, contato primário. Os usos são para lavouras pontuais de subsistência ou para criação de aves (patos e gansos) em pequenos lagos artificiais. Não há agricultura comercial, como também não há irrigação. A área à montante do entorno imediato da lagoa, rural, é utilizada, sobretudo, para pecuária (Figura 10).

Sobre os usos na lagoa, a gestão ambiental realizada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Macaé foi conduzida pelo autor deste trabalho, principalmente entre os anos 2004 e 2006, o que deu oportunidade de comunicação com diversos moradores do entorno, pescadores, praticantes de esportes náuticos, banhistas e pesquisadores. As discussões a respeito de abertura da barra de areia que separa a lagoa do mar (abertura artificial que promove a troca das águas doce da lagoa pela salgada do mar) como o controle do nível das águas da mesma por meio do manejo do canal extravasor, foram tratadas na Câmara Técnica Lagoa Imboacica do Comitê das

BHs dos rios Macaé e das Ostras. Representantes das prefeituras de Macaé e Rio das Ostras, da SERLA (atual INEA), do NUPEM/UFRRJ, do CEFET (atual IFF), dos pescadores e outros, discutiram e decidiram inúmeras ações sobre a Lagoa Imboacica (CBH-MACAE E DAS OSTRAS, 2009).

A despeito das discussões, a lagoa continua sofrendo as agressões provenientes de uma expansão urbana desordenada, carente de infraestrutura, principalmente no território pertencente a Macaé. A verticalização da orla lagunar, que interfere ao barrar os ventos, sombrear a orla, aumentar o fluxo de veículos e a quantidade de efluentes domésticos, agrava o problema, sendo incompatível com as perspectivas de melhoria da qualidade do ecossistema. Na tentativa de tornar este espelho d'água balneável, com fomento à prática náutica e contemplação, a taxa de ocupação e a verticalização terão que, necessariamente, ser contidas.

O Quadro 1 apresenta os tipos de uso conforme a Resolução 357/05 do CONAMA. As diferenças das exigências entre as Classes I e II, quando analisadas sobre a ótica dos usos da BH, indicam importância somente para o item “d)” de ambas (BRASIL, 2005).

Classe I - 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 II - 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.

Na medida em que não há abastecimento para consumo humano, todos os outros usos são permitidos em águas enquadradas nas duas Classes, a saber: (i) proteção das comunidades aquáticas; (ii) recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho - conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; e (iii) aquicultura e atividade de pesca.

Considerando: (i) o mapeamento da BH; (ii) os resultados das análises físico, químicas e biológicas; e (iii) os usos aqui descritos, com destaque para o contato primário e a pesca artesanal na Lagoa Imboacica, a proposta preliminar é de enquadramento para TODA BH da Lagoa Imboacica em ÁGUA DOCE - CLASSE I.

Esta proposta será encaminhada à plenária do CBH Macaé e das Ostras, para discussão junto aos membros principalmente ressaltando a necessidade de análises de

qualidade das águas por um período maior, contemplando as diferenças de sazonalidade e um monitoramento sistemático dos pontos 04 (“foz” do Rio Imboacica) e 05 (manilha próxima a RJ 106), com vistas a solicitar proposta de melhoria às prefeituras de Macaé e Rio das Ostras.

4.6 Recomendações metodológicas ao Termo de Referência para o Plano de Bacias Hidrográficas elaborado pelo CBH Macaé e das Ostras

Neste trabalho são apresentadas recomendações ao TR do Plano de BH para os itens relacionados ao uso do solo e cobertura vegetal (florestal) como também aos recursos hídricos.

4.6.1 Uso do solo e cobertura vegetal

Em seu item A.2.2. - Uso do Solo e Cobertura Vegetal, o Termo de Referência para o Plano de Recursos Hídricos do CBH Macaé e das Ostras estabelece objetivos e indicações metodológicas, quais sejam:

“Objetivos: Identificar os tipos de uso e ocupação do solo, a cobertura vegetal, as áreas de preservação permanente e Unidades de Conservação da Natureza, com vistas a subsidiar a análise dos padrões de ocupação do solo predominantes nas bacias, de forma a orientar a análise dos usos múltiplos”.

Foi elaborado o mapa de uso e ocupação da terra, conforme as classes descritas no Manual do IBGE e outras pertinentes à realidade local. Apresentadas tabelas com as porcentagens em relação à área total da BH. No Quadro 13 são descritos os itens exigidos no TR e o que foi atendido com os resultados exposto neste trabalho.

Atendimento aos itens do Termo de Referência do CBH Macaé e das Ostras

| | | |
|------|---|--|
| 1 | <p>Indicações metodológicas: Para o desenvolvimento do mapeamento deverão ser utilizadas imagens digitais recentes, geoprocessadas, obtidas por satélite. A escala de mapeamento deverá ser de 1:10.000, com unidade mínima de mapeamento; a representação cartográfica final deverá ser na escala 1:50000. Na interpretação deverão ser utilizados os elementos básicos de reconhecimento (cor, tonalidade, forma, padrão, densidade, textura, tamanho). Seu resultado deverá ser aferido por checagem de campo de todos os padrões definidos na legenda, que deverá incluir.</p> | <p>O mapa de uso e ocupação da terra é apresentado na escala de 1:5.000. As classes foram reconhecidas nas imagens satélite QuickBird, ano 2007, e aferidas em campo como GPS ETrex Vista, marca Garmin.</p> |
| 1.1 | <p>Formações vegetais nativas identificadas por tipologia, utilizando-se, como base, as definições e propostas contidas em Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991).</p> | <p>As formações vegetais nativas presentes na BH são Florestas Estacionais Semidecíduais das Terras Baixas. Quanto às florestas, foram encontradas as 05 fases previstas pelos autores, sendo compatibilizadas com a Resolução nº 06/1994 do CONAMA e registradas no mapa como Florestas Secundárias em estágios inicial, médio e avançado.</p> |
| 1.2. | <p>Identificação de áreas cultivadas, irrigadas e de sequeiro</p> | <p>Não há áreas cultivadas de expressão na BH. Somente algumas culturas de subsistência por parte de sítiantes recém estabelecidos. Também não há irrigação na BH, ao contrário, há inúmeros canais de drenagem, prática recorrente para propiciar a expansão das áreas próprias à pecuária. Não há sequeiros.</p> |
| 1.3. | <p>Identificação de pastagens naturais e plantadas</p> | <p>Os solos das terras baixas geralmente apresentam condições naturais para o estabelecimento de vegetação propícia à alimentação do gado. As áreas de pastagens são naturais.</p> |
| 1.4. | <p>Identificação de áreas de mineração</p> | <p>Há um lavra de rochas – Pedreira Jundiá, próxima ao bairro Imboacica.</p> |
| 1.5. | <p>Identificação de áreas urbanas, setores municipais, distritais, vilas e povoados e pólos industriais</p> | <p>No mapa de uso e ocupação as áreas urbanas foram divididas em duas categorias: ocupação urbana alta densidade e baixa densidade. A primeira se concentra no território de Macaé, às margens da Lagoa Imboacica. A segunda se concentra em Rio das Ostras, marginal à rodovia Amaral Peixoto (RJ-106). Há dois pólos reconhecidos como industriais (Zona Especial de Negócios-ZEN em Rio</p> |

| | | |
|-------|--|---|
| | | das Ostras e Zona Industrial Sul – ZI-SUL em Macaé), onde na verdade não há nenhuma indústria de transformação. As empresas sediadas nestas localidades, na maioria, prestam serviços de apoio às atividades direta ou indiretamente ligadas à cadeia produtiva de petróleo e gás. |
| 1.6. | Áreas degradadas por qualquer processo. | Os solos expostos, classe mais típica de degradação, foram provocados por processos antrópicos com fins de expansão da área urbana, principalmente no município de Macaé. Neste trabalho não serão consideradas como áreas degradadas as pastagens da BH. |
| 1.7. | Áreas de preservação permanente | A mais expressiva tipologia de APP na bacia é de Faixa Marginal de Proteção dos corpos d'água. De toda drenagem, não há nenhum curso hídrico com largura maior de 10m de largura. Portanto, para todos eles, foi calculada a largura de 30m para cada de lado. Os pequenos açudes também possuem 30m de APP. A Lagoa Imboacica possui 300m de Faixa Marginal de Proteção a partir do limite do PAO. Apresentado mapa com as delimitações. |
| 1.8. | Rede hidrográfica | Apresentada em mapa específico. |
| 1.9. | Dutovias | Tubulação da Petrobras – GASDUC II e III. |
| 1.10. | Redes de transmissão | Não foram mapeadas. |
| 1.11. | Outros usos de interesse | As classes de uso e ocupação são apresentadas no mapa e depois simplificadas em áreas representativas. |
| 1.12. | Símbolos para indicar ocorrências que sem representatividade espacial na escala cartográfica estabelecida, mas que sejam importantes para estudos específicos desse diagnóstico, como por exemplo, presença de veredas e remanescentes de mata ciliar. | Não há veredas na região Sudeste. Classe semelhante é o brejo/área inundável. Cobre 9,4% do total da BH. São apresentados nos mapas. |

Quadro 13: Atendimento aos itens do TR.

“Além do mapeamento, os tipos de uso do solo, a cobertura vegetal, as Unidades de Conservação da Natureza e as áreas de preservação deverão ser quantificados e expressos em

tabelas, indicando a área total de cada ocorrência e respectivos percentuais em relação à área total das bacias, aos municípios e às sub-bacias.”

Como produto deste item deverá ser elaborado:

“Relatório Temático contendo mapeamento e análise da distribuição espacial dos tipos de ocupação do solo na BH da Lagoa Imboacica, das áreas de preservação permanente e dos remanescentes da cobertura vegetal.”

“Essa análise deverá ser realizada a partir da interpretação dos padrões de uso e ocupação do solo, identificados no Mapa de Uso do Solo, Cobertura Vegetal, Unidades de Conservação da Natureza e Áreas de Preservação Permanente a ser produzido em papel e arquivos vetorizados e matriciais, com extensão compatível com o Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos e com aplicativos de uso consagrado como Arcview e Autocad. Os resultados dessa análise deverão subsidiar a proposição de programas de manejo, de conservação da biodiversidade (criação de Unidades de Conservação e/ou corredores ecológicos) e de recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas, a serem detalhados no Plano de Recursos Hídricos das Bacias.”

Os resultados presentes neste trabalho e o mapa de uso e ocupação da terra conforme recomendado visam, também, atender às exigências contidas no Termo de Referência. A Figura 33 apresenta a carta base da BH da Lagoa Imboacica, com os núcleos urbanos: ocupação urbana de alta e baixa densidades.

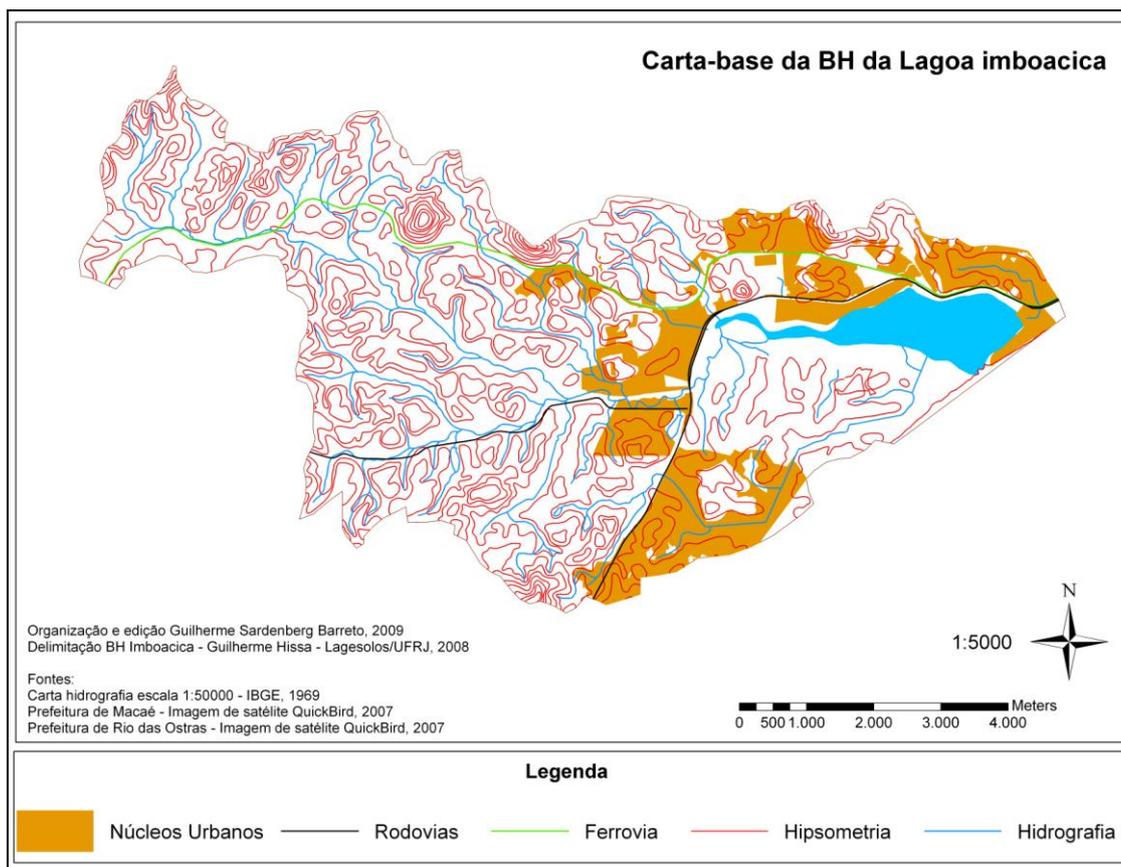


Figura 33: Carta-base da BH da Lagoa Imboacica.
Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

4.6.2 Diagnóstico dos recursos hídricos da BH

Em seu item A.1. - Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas das BHs, o Termo de Referência para o Plano de Recursos Hídricos do CBH Macaé e das Ostras, estabelece objetivos e indicações metodológicas para avaliação qualitativa e quantitativa das águas superficiais e subterrâneas. Buscou-se atender a avaliação qualitativa das águas superficiais.

“Objetivo geral: Inventariar e estudar os recursos hídricos superficiais com vistas à avaliação qualitativa da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas, de forma a subsidiar o gerenciamento dos recursos hídricos, em especial o enquadramento dos corpos d’água.”

Quanto às indicações metodológicas, caberá elaboração de “estudos e análises específicos a serem desenvolvidos, de forma a caracterizar as disponibilidades hídricas das bacias”.

Quanto ao item específico do termo, **A.1.1. - Águas superficiais**, neste trabalho há dados que buscam atender a análise da qualidade das águas superficiais, com vistas à avaliação da disponibilidade hídrica da BH.

Conforme as indicações metodológicas, na avaliação quantitativa foi produzido mapa caracterizando a rede hidrográfica geral da bacia, incluindo uma sobreposição da hidrografia original, antes das obras do DNOS, com a hidrografia atualizada (Figura 34).

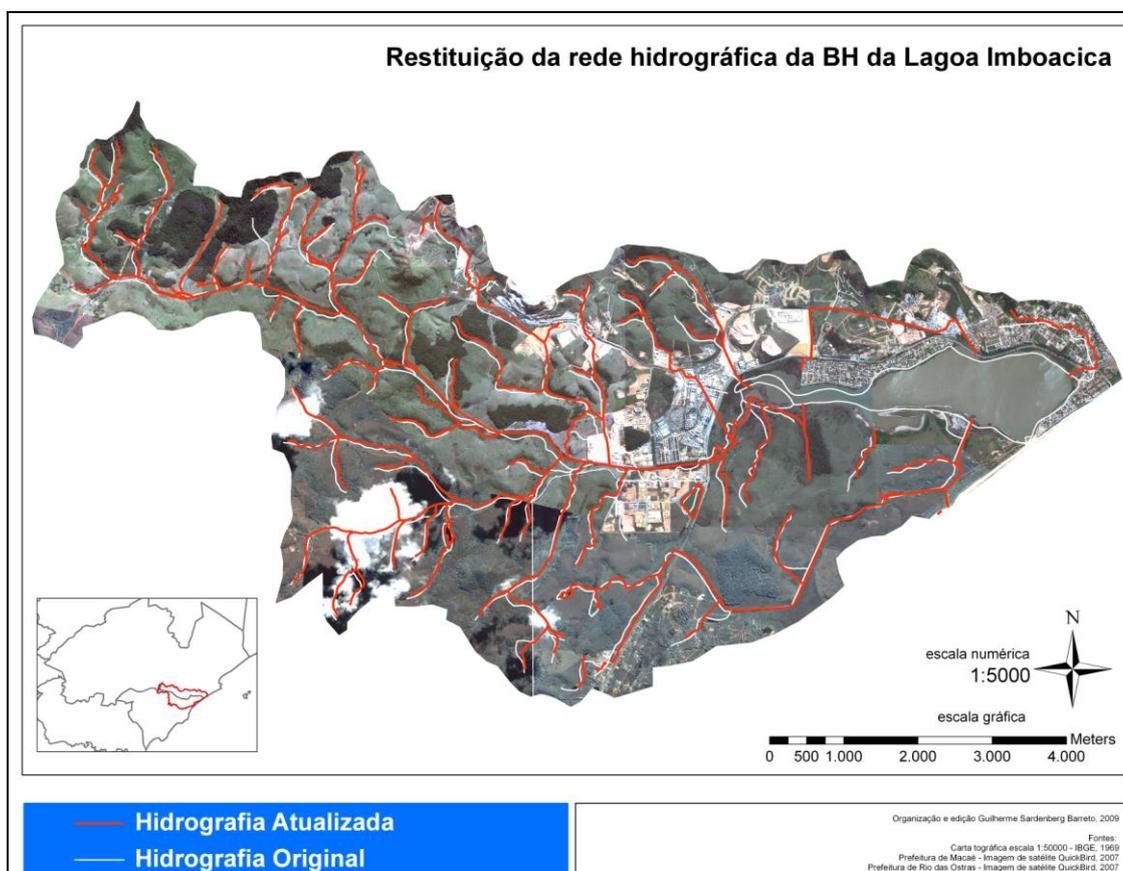


Figura 34: Sobreposição das redes hidrográficas.
Produzido por BARRETO, G.S., 2009.

Foram apresentadas também as principais subacias.

Quanto à avaliação qualitativa das águas, os parâmetros utilizados fornecem informações para mensuração. No entanto, em virtude da grande quantidade de empresas ligadas ao setor de petróleo e gás, é recomendável um programa de monitoramento contemplando, inclusive, análises de metais.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Os dados levantados para a elaboração do presente trabalho indicam que se a dinâmica do crescimento da mancha urbana em direção ao continente continuar no mesmo ritmo, utilizando os mesmos princípios de ocupação e uso da terra, os ecossistemas da BH da Lagoa Imboacica estarão comprometidos no que diz respeito à (i) perda da qualidade de suas águas; (ii) diminuição da biodiversidade devido aos impactos decorrentes da supressão da cobertura florestal; (iii) ocupação de áreas brejosas para viabilizar instalação de aparelhos urbanos, impermeabilizando o solo; (iv) descarte de resíduos sólidos; (v) e lançamento de efluentes sem tratamento adequado.

Há dois ambientes bem distintos: (i) área urbana (17,35%), com expressiva ocupação no entorno da Lagoa Imboacica (no município de Macaé), zonas comerciais ocupadas por empresas ligadas à cadeia produtiva de petróleo e gás (ZEN, Parque de Tubos e imediações do bairro Imboacica); (ii) área rural, com grandes propriedades que exploram atividade de pecuária e pequenos sítios com lavoura de subsistência e criação de animais.

Com os dados físico, químicos e biológicos da qualidade da água, foi possível identificar que os pontos que ultrapassam os níveis legais exigidos, são exatamente os que drenam a área urbana (pontos 04 – “foz” do Rio Imboacica; e 05 – manilha do asfalto da RJ 106). Atenção ao ponto 01 – nascente, que apresentou baixo nível de oxigênio dissolvido e coliformes fecais acima do estabelecido para Classe I de água doce.

Quanto à cobertura florestal ainda existente, é possível investir na conectividade dos fragmentos, por meio das APPs tipo Faixa Marginal de Proteção, ou mesmo utilizando áreas nuas entre eles. Convém admitir que a criação de corredores ecológicos em áreas de pastagem envolve negociação com proprietários, fornecendo incentivos ao reflorestamento, ou mesmo indenizações. Os 859,45 hectares de cobertura florestal, perfazendo um total de 14,82%, podem servir de estímulo para alcançar os 20% de Reserva Legal (BRASIL, 1965), como uma das primeiras metas de recuperação para a área. Praticamente todos os brejos apresentam formações iniciais de vegetação ou matas paludosas. Por oportuno, na análise positiva da condição ambiental, soma-se seu percentual (9,43%) aos da cobertura florestal, perfazendo total de 24,25%.

O retrato da qualidade da água da BH, ao identificar em que níveis se encontram os parâmetros analisados, mostra que para enquadrar a BH às exigências da Classe I os investimentos devem se concentrar, inicialmente, nos pontos 04 e 05. Este enquadramento encontra justificativa no uso intenso da Lagoa Imboacica, exutório da BH, como recreação, esportes náuticos e pesca amadora e artesanal. Os níveis baixos de oxigênio dissolvido em todos os pontos merecem investigação (podem ocorrer em decorrência de algum fator ambiental, provocado pelas características da drenagem em condição lântica e do solo principalmente).

Recomenda-se:

- ✓ Implementar medidas de gestão integrada das águas da BH com as condições de uso e ocupação da terra, em especial aquelas relativas ao controle dos efluentes da área urbana e a conectividade possível dos fragmentos;
- ✓ Realizar levantamento, por parte das prefeituras, principalmente Macaé (município onde se concentram as maiores fontes de poluição para lagoa), da infraestrutura existente, estimativa de contribuintes de carga orgânica, ETEs existentes e em funcionamento, empresas com licença ambiental (averiguação do atendimento das condicionantes) e sistemas de tratamento de efluentes funcionando e outras informações pertinentes à identificação de fontes poluidoras;
- ✓ Criar, cada prefeitura envolvida, com a participação do CBH Macaé e das Ostras, programa de remediação e recuperação, com cronograma definido e metas para curto, médio e longo prazos;
- ✓ Implantar programa de remediação e recuperação;
- ✓ Iniciar um programa de coletas nos pontos 04, 05 e 06. O ponto 06 – canal da Peleja, receberá os efluentes tratados de um novo loteamento residencial.
- ✓ Realizar a identificação de fauna e flora nos fragmentos maiores (em destaque os quatro maiores) e naqueles em que o Índice de Circularidade apresenta valores iguais a 08 e 0,9 (21,52% dos fragmentos);

- ✓ Implantar um programa de recuperação da nascente do Rio Imboacica (exploração do valor simbólico) – cercamento da área; enriquecimentos da flora; monitoramento;
- ✓ Iniciar a discussão entre os municípios e o Estado sob a perspectiva da “Lagoa que queremos”. A verticalização na orla da lagoa no município de Macaé e o já intenso tráfego colaboram expressivamente para a degradação deste corpo hídrico e devem ser contidos e mitigados.
- ✓ Realizar estudos continuados e discussões, por meio do CBH Macaé e das Ostras, com os proprietários de terras e sitiantes, na perspectiva de lhes “apresentar” o Rio Imboacica e sua BH.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AHRENS, S. O “novo” código florestal brasileiro: Conceitos jurídicos fundamentais. Trabalho Voluntário apresentado no VIII Congresso Florestal Brasileiro, 25 a 28-08-2003, São Paulo, SP. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Brasília: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003. 1 CD-ROM.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil / The evolution of water Resources management in Brazil.** Brasília, 2002. 68p.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2005. ANA/SPR. 179p.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama do enquadramento dos corpos d’água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília, 2007. 124p. (Caderno de Recursos Hídricos, 5).
- ANDRADE, J.T. e SILVA, J.A. **Categorias de florestas estabelecidas nos códigos florestais de 1934 e 1965.** Floresta e Ambiente, V. 10, n.2, p.78 - 86, ago./dez. 2003.
- ANTONELI, V. e THOMAZ, E.L. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa.** Vista-Guamiranga, PR. Instituto de Geografia UFU. Programa de Pós-graduação em Geografia. Caminhos de Geografia. Revista on line, 2007. Disponível em <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em 10 de outubro de 2009.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 20th Edition. Washington, DC, 1998.
- AVELINO, P.H.M. **A trajetória da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na pesquisa geográfica.** Revista eletrônica da Associação de Geógrafos Brasileiros, seção Três Lagos, v.1, n° 1, ano 1, 2004. Acesso em 10 de outubro de 2009.
- BARCELOS, J. Comunicação pessoal com o pescador tradicional Jorge Barcelos (Tio Jorge) em contínuas ocasiões, 2009.
- BASTOS, K.X *et al.* **Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações.** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, RS, 2000. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em <http://www.ingenieroambiental.com/2info/coliformes.pdf>. Acesso em 13/10/09.
- BECKER, C.G. *et al.* **Composição vegetal e o acúmulo de serrapilheira em um fragmento de Cerrado.** 2006. Disponível em <http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/ecocampo/ne211/2006/R2-NE211-B.pdf>. Acesso em 28.11.08.

BERTOL, I. *et al.* **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural.** Departamento de Solos e Fitotecnia da UFRGS, 1997. Disponível em <[http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/f6dd6a2f096809e98325665e0070f397/\\$FILE/pab011_96.doc](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/f6dd6a2f096809e98325665e0070f397/$FILE/pab011_96.doc)>. Acesso em 25 de novembro de 2008.

BOERGER, M. R. T. *et al.* **Estrutura foliar de seis espécies do subosque de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista.** *Hoehnea*, 2006. 33 (4): 521-531. Disponível em <<http://www.ibot.sp.gov.br/HOEHNEA/volume33/Hoehnea33n4a07.pdf>> . Acesso em 05 de julho de 2009.

BRAGAGNOLO, N. e PAN, W. **Interfaces da gestão de recursos hídricos – desafios da lei de águas em 1997.** MUÑOZ, H. R., 2000 (org.), 2ª edição, Brasília. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. A experiência de programas de manejo e conservação dos recursos naturais em microbacias hidrográficas: uma contribuição para o gerenciamento dos recursos hídricos. Brasília, 2000. 176-198.

BRASIL. Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro, 1934a.

BRASIL. Decreto nº 23.793 de 23 de janeiro de 1934. Approva o código florestal que com este baixa. Rio de Janeiro, 1934b.

BRASIL. Lei nº 4771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal, Brasília, 1965.

BRASIL. Constituição Federal Brasileira, Brasília, 1988.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 06, de 04 de maio de 1994. Estabelece definições e parâmetros mensuráveis para análise de sucessão ecológica da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. Brasília, 1994a. DOU 30 de maio de 1994.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 30, de 07 de dezembro de 1994. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado do Mato Grosso do Sul. Brasília, 1994b. DOU 30 de dezembro de 1994.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 09, de 24 de outubro de 1996. Define “corredor de vegetação entre remanescentes” como área de trânsito para a fauna. Brasília, 1996. DOU 07 de novembro de 1996.

BRASIL. Lei das Águas – Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e

altera o art. 1º da Lei 8.001, de 12 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. DOU 09 de janeiro de 1997.

BRASIL. Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. DOU 19 de julho de 2000.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a condição necessária das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário). Brasília, 2000a.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução n. 12, de 19 de julho de 2000. Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes. Brasília, 2000b. DOU 20 de julho de 2000.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução n. 30, de 11 de dezembro de 2002. Define metodologia de para codificação de bacias hidrográficas, no âmbito nacional, Brasília, 2002. DOU 19 de março de 2003.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, 2002. DOU 13 de maio de 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 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. Brasília, 2005. DOU 18 de março de 2005; ret 09 de maio de 2005.

BRASIL. Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, 2006a. DOU 26 de dezembro de 2006 Rt. DOU de 9 de janeiro de 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. 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 – APP. Brasília, 2006b. DOU 29 de março de 2006.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução n. 91, de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais e subterrâneos, Brasília, 2008. DOU 06 de fevereiro de 2009.

BUENO, C. Bases **conceituais de corredores ecológicos e proposta metodológica: evoluções na conservação da biodiversidade**. Tese de doutorado. Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.I.], 2005. Disponível em <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em 26 de maio de 2009.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES G.C.; MEDEIROS, C.M.B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Projeto GEOTEC. Rio de Janeiro, 1996. 193p.

CARDOSO, C.A. *et al.* **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. 2005. Disponível em:** <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n2/a11v30n2.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2009.

CARVALHO FILHO, A., LAMBRERAS, J.F., SANTOS, R.D. dos. **Os solos do Estado do Rio de Janeiro**. Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura e do Abastecimento/EMBRAPA. Brasília, 2000. 36p.

CBH-MACAÉ E DAS OSTRAS. Comitê de Bacias Hidrográficas. Resolução n° 07, de 04 de março de 2008. Aprova o Termo de Referência para elaboração do Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Macaé e das Ostras, 2008.

CBH-MACAÉ E DAS OSTRAS. Comitê de Bacias Hidrográficas. ATAs das reuniões da Câmara Técnica Lagoa Imboacica, que passou a se chamar CT Lagoas e Zona Costeiras, 2009.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo: Índices de Qualidade das Águas (Anexo V)**. Série Relatórios. São Paulo-SP: CETESB, 2006.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. **Variáveis de qualidade das águas**. São Paulo, 2009. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis/asp>. Acesso em 08 de outubro de 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Guerra, A.J.T. (orgs.) e Cunha, S.B. (orgs.). Ed. Bertrand Brasil. 6ª Edição. Rio de Janeiro, 2005. pp. 415-440.

CLARK, J. R. **Coastal Ecosystem Management: A Technical Manual for the Conservation of Coastal Zone Resources**. New York: John Wiley & Sons. 1977.

DANTAS, M.E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, MME, Brasília, . 2000.

DIAS, J.E. *et al.* **Aplicação do mapa digital de uso do solo e cobertura vegetal no planejamento ambiental do município de Volta Redonda (RJ)**. Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju/SE, 2002.

DIAS, R. S. **A formação de uma aglomeração industrial em Macaé, RJ: uma caracterização da espacialidade da indústria petrolífera e seus impactos no**

espaço urbano macaense e sua região de entorno. Monografia para Licenciatura em Geografia, CEFET/Campos. Campos dos Goytacazes, 2005. 115p.

ENGELS, F. A origem da família, da propriedade privada e do Estado, 1884.

ENGELS, F. **Sobre o papel do trabalho na transformação do macaco em homem.** Primeira edição em alemão, 1896. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cv000041.pdf>>. Acesso em 28 de outubro de 2008.

ESRI. Environmental Systems Research Institute, INC. ArcGIS para Windows. Versão 9.2. 2006.

ESTEVES, F.A. **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé (RJ).** NUPEM/UFRJ, Editado por Francisco de Assis Esteves, Rio de Janeiro, 1998a. 464p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Interciência. 2 Ed. Rio de Janeiro, 1998b. 601p.

ESTEVES, F.A., LACERDA, L.D. **Ecologia de restingas e lagoas costeiras.** Macaé, RJ. NUPEM/UFRJ, 2000. 446p.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Instrução Técnica nº 221**, de 05/02/2007, do Centro de Tecnologia Ambiental, 2007.

FROTA, L.O.R. e CARAMASCHI, E.P. **Aberturas artificiais da barra da lagoa Imboassica e seus efeitos sobre a fauna de peixes.** Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé (RJ). NUPEM/UFRJ, Editado por Francisco de Assis Esteves, Rio de Janeiro, 1998. 464p.

LEROI-GOURHAN, A. **O gesto e a palavra.** 1- Técnica e linguagem. Perspectivas do homem. Edições 70. Lisboa, Portugal, 1964.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas.** *States of the hotspots.* Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional Centro de Ciências Aplicadas à Biodiversidade. Belo Horizonte, 2005. 472p.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Ed. Bertrand Brasil. 6ª Edição. Rio de Janeiro, 2005. 472p.

GUERRA, A.J.T. e MARÇAL, M.dos S. **Geomorfologia Ambiental.** Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2006. 192p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1968. Carta topográfica, com hidrografia e relevo, em escala 1:50.000. Rio de Janeiro.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa da distribuição da população urbana no Brasil até o ano 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2ª Edição. Diretoria de Geociências, **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2008. 2ª Edição.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.serla.rj.gov.br/recursos/re_hidrograf.asp. Acesso em 08 de novembro de 2008.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/mais/subcontas.asp>. Acesso em 15 de outubro de 2009.

KAGEYAMA, P. e GANDARA, F.B. **Restauração e conservação de ecossistemas tropicais**. Métodos de estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre. Cullen Jr, L.; Rudran, R. e Valladares-Padua, C. (orgs). Ed. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

LAMEGO, A.R. **O homem e a restinga**. Setores da evolução fluminense, v. II. Ed. IBGE, Rio de Janeiro, 1946. 227p.

LEAL, A.C. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema**, São Paulo. Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, São Paulo, 2004.

LIMA, W.P. e ZAKIA, M.J.B. **Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas**. Série Técnica IPEF. Departamento de Ciências florestais da ESALQ. USP. Piracicaba, 1996. v. 10, n. 29.

LOPES-FERREIRA, C. **Redução das concentrações de nitrogênio e fósforo dos efluentes domésticos lançados na Lagoa Imboassica, através de uma região colonizada por macrófitas aquáticas**. Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé (RJ). NUPEM/UFRJ, Editado por Francisco de Assis Esteves, Rio de Janeiro, 1998. 464p.

MACAÉ, Ofício nº 257 de 21 de julho de 1978, do gabinete do prefeito Carlos Emir Mussi ao Coordenador regional do INCRA Sr. Denair Denys Catete, informando da aprovação do projeto de loteamento do Mirante da Lagoa.

MACAÉ, Lei Orgânica do município, de 05 de abril de 1990.

MAROTTA, H. **Dragagem não precedida de planejamento urbano-ambiental (Lagoa Imboassica, Macaé, RJ): quando a tentativa de mitigação causa a degradação.** Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

MARQUES, J. S. **Ciência geomorfológica**, Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Guerra, A.J.T. (orgs.) e Cunha, S.B. (orgs.). Ed. Bertrand Brasil. 6ª Edição. Rio de Janeiro, 2005. pp. 23-50.

MATTOS, S. H. V. L de. e PEREZ FILHO, A. **Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema.** Revista Brasileira de Goemorfologia, 2004. Ano 5, nº 1, 11-18.

MAYERHOFER e TOLEDO. Arquitetura, Planejamento e Consultoria Ltda. **Plano de Manejo – Fase 1 – ARIE de Itapebussus**, Rio das Ostras, RJ, 2004. 91p.

MEIRELLES, M. e INGRASSIA, T. **Perspectivas teóricas a cerca do empoderamento de classe social.** Revista eletrônico “Fórum Paulo Freire”, Ano 2, nº 2, agosto de 2006. Disponível em:
<<http://www.ufpel.edu.br/fae/paulofreire/novo/br/pdf/Mauro%20Meirelles%20e%20Thiago.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2009.

MEIRELLES, M. & INGRASSIA, T. **Perspectivas teóricas acerca do empoderamento de classe social.** Revista Eletrônica “Fórum Paulo Freire”. Ano 2, nº 2, agosto de 2006. Disponível em <
<http://www.ufpel.edu.br/fae/paulofreire/novo/br/pdf/Mauro%20Meirelles%20e%20Thiago.pdf>>. Acesso em 26 de agosto de 2009.

MELO, R.S. *et al.* **Planejamento turístico e zoneamento ambiental: um estudo de caso nos ambientes recifais das praias do Seixas, Penha e Arraial – PB.** Caderno Virtual de Turismo. Vol. 8, nº 2. 2008

MORIN, E. **O método I: a natureza da natureza.** Europa América, 1977. 277p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2006.

NASCIMENTO, M.C. **Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Alegre**, ES. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2004.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Ed. Interamericana: Rio de Janeiro, 1985.

OLIVEIRA, K. R. F. *et al.* **Pós-tratamento de RAFAS por banhados construídos utilizando a macrófita *Typha domingensis*** Pers. 2005. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-123.pdf>.> Acesso em: 28 de maio de 2008.

OLIVEIRA, L.M.T. *et al.* **Utilização de um SIG para diagnóstico ambiental de fragmentos florestais, em nível de paisagem.** Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Santos, São Paulo, 1998. P. 647-660. Disponível em <http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.08.15.15/doc/7_127o.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2009.

PÁDUA, J.A. **Um sopro de destruição: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista, 1786-1888.** Rio de Janeiro, 2002. Ed. Jorge Zahar. 320p.

PASE, H. L. **Capital social e empoderamento.** Anais do II Seminário Nacional Movimentos Sociais, Participação e Democracia, UFSC, Florianópolis, 2007. Disponível em http://www.sociologia.ufsc.br/npms/hemerson_luiz_pase.pdf. Acesso em 25 de agosto de 2009.

PETRUCIO, M.M. **Caracterização das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus a partir da temperatura, salinidade, condutividade, alcalinidade, O₂ dissolvido, pH, transparência e material em suspensão.** Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé (RJ). NUPEM/UFRJ, Editado por Francisco de Assis Esteves, Rio de Janeiro, 1998. 464p.

PINHEIRO, M.R.de C. **Avaliação dos usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos aplicada à Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.** Dissertação de mestrado em engenharia ambiental, CEFET/Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2008.

POA. **Plano operativo anual.** Projeto de proteção à Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro. UCP, Instituto Estadual de Floresta. Rio de Janeiro, 2007.

PORTO, M. F. A. e PORTO, R. La L. **Gestão de Bacias Hidrográficas.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. 2008.

RIO DE JANEIROa. Decreto Estadual nº 9760 de 11 de março de 1987. Regulamentada a Lei nº 1130, de 12/02/87, localiza as Áreas de Interesse Especial do interior do Estado, e define as normas de ocupação a que deverão submeter-se os projetos de loteamento e desmembramento a que se refere o artigo 13 da Lei 6766/79.

RIO DE JANEIROb. Lei nº 1130 de 12 de fevereiro de 1987. Define as áreas de interesse especial do Estado e dispõe sobre os imóveis de área superior a 1.000.000m² (um milhão de metros quadrados) e imóveis localizados em áreas limítrofes de municípios, para efeito do exame e anuência prévia a projeto de parcelamento de solo para fins urbanos, a que se refere o artigo 13 da Lei nº 6766/79.

RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 11556 de 18 de julho de 1988, PAO nº 10. Aprova o Projeto de Alinhamento de Orla (PAO) da Lagoa de Imboassica, nos municípios de Macaé e Casimiro de Abreu e dá outras providências. Rio de Janeiro, 1988.

RIO DE JANEIRO. Constituição do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1989.

RIO DE JANEIRO. Decreto n. 15.159, de 24 de julho de 1990. Transforma a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas - SERLA, entidade autárquica, na Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas -SERLA, aprova os seus estatutos e dá outras providências, Rio de Janeiro, 1990.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 3.239, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regula a Constituição Estadual em seu artigo 261, 1º parágrafo, inciso VII; e dá outras providências, Rio de Janeiro, 1999.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4247 de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2003a.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 34.243, de 04 de novembro de 2003. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé, no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro, 2003b.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 35.724, de 18 de junho de 2004. Institui o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FUNDRHI e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2004.

RIO DE JANEIRO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI). Resolução nº 18, de 08 de novembro de 2006. Aprova a definição das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, 2006.

RIO DE JANEIRO. Portaria nº 567, de 07 de maio de 2007, da SERLA. Estabelece critérios gerais e procedimentos técnicos e administrativos para cadastro, requerimento e emissão de Outorga de Direito de Uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências, Rio de Janeiro, 2007.

RIO DE JANEIRO. Lei n. 5101 de 04 de outubro de 2007. Dispõe sobre a criação do Instituto Estadual do Ambiente – INEA e sobre outras providências para maior eficiência na execução das políticas estaduais de meio ambiente, de recursos hídricos e florestais, 2007.

RIO DE JANEIRO. Lei n. 5.234, de 05 de maio de 2008. Altera a lei nº 4.247, de 16 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2008.

ROCHA, C.F.D., ESTEVES, F.A., SCARANO, F.R. **Pesquisa de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. 1ª ed. Rio de Janeiro, 2004. RIMA Editora. vol. 1. 376p.

RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ediusp, FAPESP. São Paulo, 2004. 320p.

SANGOI, L., ERNANI, P.R., VANDERLEI, A.L. e RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de

aveia em dois solos com texturas contrastantes. *Ciência Rural*, vol. 33 n° 1. Santa Maria. 2003. Acesso em 08 de dezembro de 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782003000100010&script=sci_arttext&tlng=pt>.

SANTOS, A.J. dos. **Estimativa de riqueza em espécies**. Métodos de estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre. Cullen Jr, L.; Rudran, R. e Valladares-Padua, C. (orgs). Ed. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

SAUNDERS, C.A.B. e NASCIMENTO, E.A. **Proposta para renaturalização de Rios da Bacia hidrográfica do Rio São João, RJ**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC, Florianópolis, 2006. Disponível em <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2006/008.pdf>. Acesso em 01 de dezembro de 2008.

SCHUBART, H.O.R. **Interfaces da gestão de recursos hídricos – desafios da lei de águas em 1997**. MUÑOZ, H. R. (org.), 2ª edição, Brasília, 2000. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. O Zoneamento ecológico-econômico e a gestão dos recursos hídricos. 155-175.

SILVA, J.A. **Gestão de recursos hídricos e sistemas de informações geográficas: Contribuições para a organização sócio-espacial do Pontal do Paranapanema**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, São Paulo, 2006.

SILVA, J.B. e BACCARO, C.AP.D. Mecanismos e condicionantes hidrogeomorfológicos da erosão nas vertentes. Implicações na sustentabilidade ambiental no domínio do Cerrado. Instituto de Geografia, UFU, Uberlândia, 2003.

SILVA, D. da. *De Onde vêm as Palavras*, 16a edição revista e atualizada. São Paulo: Novo Século, 2009.

SILVA, L.C. da e CUNHA, H.C.da S. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, CPRM, MME, Brasília, 2001.

SLOVISNKI, N.C., SOUZA, N. da C. e DORNELAS, T. da S. **Uso de produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento como subsídio para análise morfométrica de bacias hidrográficas: um estudo de caso das bacias dos rios Capivari, Bacaxá e Alto São João, RJ**. 2009. P.4409-4416. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.48.55/doc/4409-4416.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2009.

SOFFIATI, Arthur, 2010. Entrevista com o Dr. Arthur Soffiati, professor da Universidade Federal Fluminense, Doutor em história ambiental pela UFRJ, em 18 de fevereiro de 2010.

TIBIRIÇÁ, L.C. *Dicionário Tupi-Português*, 2a. ed. São Paulo: Editora Traço, 1984.

TOLENTINO, M. *et al.* **Composição química do sedimento de doze lagoas do litoral fluminense e sua utilização na tipologia destes ecossistemas**. *Acta Limnológica Brasiliensia*, vol. 1. 1986. P. 431-447.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I. e NETTO, O.M.C. **Gestão da água no Brasil**. UNESCO. Brasília, 2001. 156p.

TUCCI, C.E.M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. Brasília: Estudo preparado como contribuição da ANA – Agência Nacional de Águas para a Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. Brasília, , 2002. 150p.

TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Brasil**. *Global Water Partnership South America*. UFRGS/Comitê Técnico Asesor Sud América, 2004.

VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.R.L. e LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada de um sistema universal**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, IBGE. Rio de Janeiro, 1991. 124p.

VIANA, V.M. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Departamento de Ciências florestais da ESALQ. USP. Série técnica IPEF. São Paulo, 1998.

VIEIRA, A.M.B. **Sistema de classificação de cobertura e uso da terra: uma abordagem em múltiplos níveis**. IGEO/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005. Tese de Doutorado em Geografia.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFMG. Minas Gerai, 1996.

VON SPERLIN, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água em rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitaria e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p. v.7

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2001. D5 Produção Gráfica. V.1. 228p.

XAVIER DA SILVA, J. **Geomorfologia e geoprocessamento**. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Guerra, A.J.T. (orgs.) e Cunha, S.B. (orgs.). Ed. Bertrand Brasil. 6ª Edição. Rio de Janeiro, 2005. pp. 393-414.

APÊNDICE

SUMÁRIO PARA ELABORAÇÃO DO RELATÓRIO TÉCNICO DOS ESTUDOS SOBRE A BH DA LAGOA IMBOACICA

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO

O presente SUMÁRIO é uma proposta para elaboração do Relatório Técnico (RT) do diagnóstico ambiental parcial da Bacia Hidrográfica (BH) do Rio Imboacica, litoral do Estado do Rio de Janeiro, com enfoque especial sobre o Índice de Qualidade das Águas deste rio, a fitofisionomia e espacialização dos fragmentos florestais ainda existentes.

Este SUMÁRIO é o resultado dos estudos e dados apresentados pelo biólogo Guilherme Sardenberg Barreto, para realização de sua dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense de Ciência e Tecnologia, em 2009.

O RT deverá possuir duas versões: (i) uma técnica, para o público especializado; (ii) outra com o tratamento das informações de forma mais resumida e pedagógica. Deve ser destinado ao CBH Macaé e das Ostras como forma de contribuir para a gestão da BH da Lagoa Imboacica, em especial o Plano de Recursos Hídricos.

A BH da Lagoa Imboacica faz parte da Região Hidrográfica VIII do Estado do Rio de Janeiro, pertencente à Região Hidrográfica Atlântico Sul do Brasil. Seus limites geográficos encontram-se nos municípios de Macaé (Região Norte Fluminense) e Rio das Ostras (Região das Baixadas Litorâneas), e seu principal rio, que dá nome à bacia, estabelece um dos limites político-administrativos entre os municípios. A bacia encontra-se delimitada pelas bacias hidrográficas do Rio Macaé (ao Norte), do Rio das Ostras (a Oeste e Sul) e pelo oceano Atlântico (a Leste).

Pode ser considerada como uma BH de pequena dimensão, com 58km². Suas maiores elevações estão a aproximadamente 140m de altitude, o que a caracteriza como uma bacia de planície/baixada, relevo colinoso, com áreas suscetíveis a alagamento e padrão dendrítico de escoamento dos seus cursos d'água. Seus pequenos córregos se somam ao principal rio (Imboacica) que deságua na Lagoa Imboacica, uma lagoa urbana, que, em determinadas épocas, por diferentes razões, estabelece contato com o mar por meio da abertura artificial de sua barra de areia.

O mapa de uso e ocupação da terra evidencia a existência de extensas pastagens, entrecortadas por fragmentos florestais e cursos d'água.

Quanto à ocupação urbana, há uma expressiva densidade nas porções mais litorâneas e poucos aglomerados na área mais à montante do Rio Imboacica, o que leva a dividir a BH em área urbana e rural, respectivamente.

O levantamento de informações relativas à qualidade da água da BH é imprescindível para o enquadramento dos usos pretendidos atuais e futuros. A Lagoa Imboacica, terço final da BH é, ainda, fonte de abastecimento de pescado para algumas famílias de pescadores com objetivo de consumo e comercialização. Há grande potencial para turismo e esportes náuticos na lagoa, mas o comprometimento da qualidade de suas águas reprime esta demanda.

2. DETALHAMENTO DO RELATÓRIO

2.1 Formação de equipe técnica interdisciplinar

2.2 Metodologia e Escopo do Trabalho – Levantamento de dados; visitas de Campo;

3. VERTENTES TEMÁTICAS

3.1. Recursos hídricos – Bacia hidrográfica (unidade territorial); rio e lagoa

3.1.1. Considerações Iniciais - IQA

3.1.2. Cenário geral – mapa com a hidrografia

3.1.2.1. Cenário focal - Rio Imboacica e afluentes

3.1.2.2. Cenário focal - Lagoa Imboacica

3.1.3. Conflitos de interesses

3.1.4. Usos preponderantes e demandas hídricas

3.1.4.1. Adequabilidade entre disponibilidades hídricas

3.1.4.2. Identificação de áreas críticas em relação às águas superficiais

3.1.4.3. Resumo das atividades desenvolvidas na análise de cenários

3.1.5. Termo de referência do CBH Macaé e das Ostras para o Plano de BH

3.1.6. Identificação de Áreas críticas e identificação de focos de conflitos potenciais pelo uso das águas (futuro)

3.2. Cobertura vegetal e fragmentos florestais – fitofisionomia

3.2.1. Considerações Iniciais

A cobertura vegetal sobre a terra propicia diversas condições positivas para a manutenção do equilíbrio ecológico entre as espécies da fauna e da flora. Na sua forma natural, é fonte de alimento para a toda cadeia trófica, que, por ser bastante diversificada em climas tropicais, mantém rica biodiversidade.

Em ambientes de baixada, com poucos acidentes geográficos, originalmente a composição florística diferencia-se entre estratos arbóreos (nas colinas e morros) e vegetação associada a ambientes alagados, dotados de parênquima aerífero – aerênquima.

Os estudos devem contemplar proposta de corredores ecológicos como renaturalização das matas ciliares.

3.2.2. Cenário geral – mapa com a cobertura vegetal

- 3.2.3. Caracterização dos principais fragmentos
- 3.2.4. Conflitos de interesses
- 3.2.5. Usos e demandas da terra
- 3.2.6. Identificação de áreas críticas
- 3.2.7. Termo de referência do CBH Macaé e das Ostras para o Plano de BH
- 3.2.8. Identificação de Áreas críticas e identificação de focos de conflitos potenciais pelo uso da terra (futuro)

3.3. Corredores ecológicos (CEs) – conceitos básicos; viabilidade

- 3.3.1. Considerações Iniciais
- 3.3.2. Base conceitual para proposta – utilização de APPs e melhores alternativas locais;
- 3.3.3. Cenário geral – mapa com a delimitação da cobertura vegetal, hidrografia e delimitação das APPs tipo FMP e topos de morro;
- 3.3.4. Identificação dos fragmentos semelhantes – utilização de mapa
- 3.3.5. Proposta de CEs em APPs tipo FMP
 - 3.3.5.1. Análise físico química do solo para CEs tipo FMP
 - 3.3.5.2. Proposta de correção do solo
- 3.3.6. Proposta de CEs em APPs tipo topos de morro ou declividade acima de 45°
 - 3.3.6.1. Análise físico química do solo para CEs todo de morro e declividade acima de 45°
 - 3.3.6.2. Proposta de correção do solo
- 3.3.7. Proposta de CEs por alternativas locais

4. LEVANTAMENTO DE PROJETOS AMBIENTAIS

- 4.1. Medidas Compensatórias de atividades licenciadas;
- 4.2. Projetos provenientes dos TACs assinados pelos Municípios;
- 4.3. Levantamento de Informações e Estudos Existentes;
- 4.4. Levantamento de projetos com proprietários rurais.

5. LEVANTAMENTO DE ESTUDOS SOBRE A BH

- 5.1. Teses, dissertações e estudos em geral;
- 5.2. Estudos ambientais de órgãos governamentais e institutos
- 5.3. Outros estudos

6. INDICATIVOS PARA APLICAÇÃO DE MEDIDAS ATENUADORAS DOS IMPACTOS DO CRESCIMENTO

- 6.1. Identificação do passivo ambiental
- 6.2. Proposta de planos de resolução do passivo ambiental
- 6.3. Identificação de áreas de interesse para UC
 - 6.3.1. UC Proteção Integral
 - 6.3.2. UC Uso Sustentável
- 6.4. Licenciamento Ambiental
 - 6.4.1. Das formas de mitigar os possíveis impactos
 - 6.4.2. Das formas de compensar as possíveis perdas (danos ambientais)

7. CONCLUSÃO