



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAMPOS

Universidade da Tecnologia e do Trabalho



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

AVALIAÇÃO DE USOS PREPONDERANTES E QUALIDADE DA ÁGUA
COMO SUBSÍDIOS PARA OS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS APLICADA À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MACAÉ

MARIANA RODRIGUES DE CARVALHAES PINHEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2008

MARIANA RODRIGUES DE CARVALHAES PINHEIRO

**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 apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos 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).

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2008

PINHEIRO, MARIANA RODRIGUES DE CARVALHAES

Avaliação de usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos aplicada à bacia hidrográfica do Rio Macaé [Campos dos Goytacazes] 2008.
151f.

Dissertação de Mestrado – Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos,
Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Gestão de Recursos Hídricos | 2. Qualidade da água |
| 3. Gestão Participativa | 4. Bacia hidrográfica do rio Macaé |
| 5. Enquadramento dos corpos hídricos | |

Dissertação intitulada *Avaliação de usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos aplicada à bacia hidrográfica do Rio Macaé*, elaborada por Mariana Rodrigues de Carvalhaes Pinheiro 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 Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos.

Aprovada em

Banca Examinadora:

.....
Maria Inês Paes Ferreira, Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros/ IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos - CEFET Campos

.....
Vicente de Paulo dos Santos Oliveira, Doutor em Engenharia Agrícola/ Universidade Federal de Viçosa/ Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos - CEFET Campos

.....
Luiz Firmino Pereira, Doutor em Geografia/ Universidade Federal Fluminense/ Presidente da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas – SERLA/RJ

Em memória ao meu avô, biólogo e professor.
Aos meus pais.

Agradecimentos

A todos que me apoiaram e contribuíram de alguma forma na construção do conhecimento necessário para escrever esta dissertação.

Em especial, aos meus pais e irmão que compartilharam meu cotidiano e deram todo suporte necessário durante todos os meus anos de estudo. À minha avó, conselheira e incentivadora.

À minha orientadora pelos ensinamentos, dedicação e confiança. Por ter respeitado e principalmente compartilhado meus objetivos.

À direção do CEFET Campos e a Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação pelo incentivo e apoio para o projeto. Aos professores do programa, em especial aos professores Paulo Rogério e Rogério Atem.

À Andrea pelos ensinamentos em geoprocessamento e pela orientação metodológica.

À Profa. Mônica Marçal e toda equipe do Lagesolos/UFRJ, sempre dispostos à contribuir com dados e idéias, em especial ao Guilherme Hissa.

Ao Prof. Jorge Xavier da Silva, ao Osvaldo Abdo e ao Tiago Marino do Laboratório de Geoprocessamento LAGEOP/ UFRJ pelos ensinamentos em geoprocessamento e cessão de dados.

Ao Prof. Elmo Amador, pela inspiração de trabalhar incansavelmente em prol da qualidade da água no Estado do Rio de Janeiro.

À FAPERJ pelo recurso concedido ao projeto dentro das demandas do programa Prioridade Rio.

À FENORTE/TECNORTE pela bolsa de pesquisa concedida.

À Secretaria de Municipal de Meio Ambiente de Macaé pelo suporte logístico no transporte.

À CEDAE, em especial à Cristina e ao colega Márcio pelas orientações nas análises laboratoriais.

À SERLA, em especial ao dedicado técnico Alessandro Vianello, pela cessão dos dados do CNARH.

Às representações do CBH Macaé pelas contribuições da Plenária e pela oportunidade de vivenciar o processo participativo da gestão da água.

À comunidade da bacia, pela presteza em colaborar com as informações e possibilitar a coleta de água em diversos pontos, especialmente à Dona Zeni em Macaé de Cima, ao Sr. Jorge da Marinha em Águas Claras de Galdinópolis, ao Sr. Amauri Jardim em Cachoeiros de Macaé e ao Sr. Odair e Dona Aurélia na Barra do Sana.

Aos alunos de iniciação científica: Felipe Eliaquim, Samara Mello, Felipe Sevenini e Gabriel Costa por terem embarcado no projeto. À equipe do Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais (NUPERN), os incansáveis: Gisele e David!

Aos funcionários do CEFET Campos José Roberto, Ronald e Genuir, notadamente a este pela sua colaboração inestimável na interpretação ambiental durante os trabalhos de campo.

À fiel companheira de pesquisa, Tathiana Chaves. Aos meus colegas de mestrado pelas experiências e bons momentos, em especial à Adiane, Marcos Cesar, Hudson, Janaína, Élide e Guilherme.

Às queridas amigas Talita e Juliana pelos bons momentos de descontração e reflexão durante esses anos de amizade.

Ao André pela constante companhia e por ter compartilhado meus sucessos e incertezas durante meus anos de estudo.

*“Sentei na sombra do mato, deixei molhar meu pé
numa água cristalina do nosso Rio Macaé.
Fui recordando o passado
quando nosso rio não era assoreado.
Sem lodo e sem mancha,
da serra descia a prancha trazendo a mercadoria (...)
Será que todos estão cegos ou estão surdos,
que não vê o absurdo e não percebem se quer
a morte levando a vida do nosso Rio Macaé? (...)”*

Tio Jorge (Colônia de Pescadores Z3)
em “A Flor do Mangue”

RESUMO

PINHEIRO, M.R.C. **Avaliação de usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos aplicada à bacia hidrográfica do Rio Macaé**. 2008. 151f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Campos dos Goytacazes, 2008.

Palavras-chave: gestão participativa, gestão de recursos hídricos, qualidade da água, enquadramento dos corpos hídricos e bacia hidrográfica do rio Macaé.

Os indicadores de qualidade das águas são úteis quando existe a necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, servindo de orientação às ações de gestão da qualidade da água. O objetivo do presente trabalho é diagnosticar a bacia hidrográfica do rio Macaé quanto à situação da qualidade de seus recursos hídricos, e adaptar estas informações à linguagem dos decisores, por meio da utilização de um índice de qualidade das águas (IQA) e pela espacialização das informações relativas não só a qualidade e ao uso da água, mas também ao uso e ocupação do solo. Para a caracterização da qualidade da água na bacia do rio Macaé, foram avaliados seguintes parâmetros: temperatura, turbidez, resíduo sólido total, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, DBO, cloro livre e cloro total, fósforo total, nitrogênio (nitrato, nitrito e amoniacal), coliformes totais e *Escherichia coli*. Os valores de IQA calculados mostram que a qualidade das águas do rio Macaé pode ser considerada boa, de forma geral, e que *E. coli* é o parâmetro crítico na bacia. A partir da avaliação da condição atual de qualidade e dos usos preponderantes em cada trecho, sugere-se o enquadramento preliminar do curso principal da bacia segundo a Resolução CONAMA n. 357/05, sendo (i) o trecho do seu alto curso enquadrado como classe especial, (ii) o trecho seguinte como classe 1 e (iii) o último trecho como classe 2. Foram indicadas algumas ações necessárias para adequação da qualidade da água aos usos pretendidos e apresentadas recomendações para continuidade do monitoramento e do processo de enquadramento. Os resultados ora apresentados são considerados marco zero para o diagnóstico necessário ao enquadramento da bacia em estudo, atingindo assim o objetivo de contribuir para a implantação dos instrumentos de gestão na Região Hidrográfica VIII do Estado do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

Water quality indicators are useful when synthesizing information about physical-chemical parameters is necessary to facilitate decision-making processes required for managing hydric resources. The objective of the present work is to diagnose water quality of Rio Macaé hydrographic basin, as also to evaluate the use and occupation of land characteristics, presenting results in terms of one of the many possible water quality indexes, named hereafter as WQI (IQA), and in cartograms which exhibit spacialized information of the studied items. The following water quality parameters were determined: temperature, turbidity, total solid residues, pH, conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, free and total chlorine, total phosphorous content, nitrogen (nitrate, nitrite and amoniacal), total number of coliphorm bacteria and *E. coli*. The calculated WQI values showed that Rio Macaé water quality can be considered good, in general terms, and that *E. coli* is the hydrographic basin critical parameter. From the presented water quality and usages avaliations it was concluded that Macaé Basin can be classified as especial class (excellent) according to Brazilian legislation (CONAMA Resolution 357/05) for the higher portion of the basin, as class 1 (very good) the middle portion and as class 2 (good) the final portion. Some actions are suggested in order to improve water quality for intended uses. The continuous water quality monitoring and water courses classification are recomended. The results now presented can be considered as the start point in synthesizing necessary information for Water Quality Objectives (WQOs) in the studied basin, thus contributing to the management instruments of VIII Hydrographic Region of Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A evolução do instrumento de enquadramento dos corpos de água no contexto da gestão das águas.	25
Figura 2 - Ilustração das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro	34
Figura 3 – Ilustração da das Regiões de Gerenciamento Hidrográfico do Estado do Rio de Janeiro.....	35
Figura 5 - Mapa de localização da bacia do rio Macaé (RJ).	37
Figura 6 - Exemplos de interrelação do uso e ocupação do solo com as fontes que alteram os parâmetros de qualidade da água.....	45
Figura 7 - Delimitação das zonas de autodepuração com perfil esquemático das concentrações de matéria orgânica, bactérias e oxigênio dissolvido.	51
Figura 8 - Esquema dos indicadores de contaminação fecal.....	52
Figura 9- Pirâmide de informação.	54
Figura 10 - Curvas médias de variação de qualidade das águas.....	59
Figura 11 - Esquema da metodologia utilizada no trabalho.	62
Figura 12- Bacia hidrográfica do rio Macaé: rede de drenagem e pontos amostrais.	65
Figura 14 - <i>Boxplot</i> dos valores de temperatura nas 3 campanhas ao longo do rio Macaé	69
Figura 15 - Variação da temperatura ao longo do rio Macaé.....	70
Figura 16 - <i>Boxplot</i> dos valores de pH nas 3 campanhas ao longo do Rio Macaé.....	70
Figura 17 - Variação do pH ao longo do rio Macaé	71
Figura 18 - Variação da cor aparente ao longo do rio Macaé	71
Figura 19 - <i>Boxplot</i> dos valores de turbidez nas 3 campanhas ao longo do Rio Macaé	72
Figura 20 - Variação da turbidez ao longo do rio Macaé.....	73
Figura 21 – Chuva acumulada mensal em Macaé e realização das campanhas.....	73
Figura 22 - <i>Boxplot</i> dos valores de condutividade nas 3 campanhas ao longo do Rio Macaé.	74
Figura 23 - <i>Boxplot</i> dos valores dos sólidos totais ao longo do Rio Macaé.....	74
Figura 24 - Variação dos sólidos totais ao longo do rio Macaé	75
Figura 25 - Variação de nitrogênio amoniacal ao longo do rio Macaé.....	76
Figura 26 - <i>Boxplot</i> dos valores de nitrogênio amoniacal ao longo do Rio Macaé.....	76
Figura 27 – Formação de lodo nas margens do rio Macaé no ponto MAC03, localidade de Lumiar.....	77
Figura 28 - Variação de fósforo total ao longo do rio Macaé	77
Figura 29 - Variação de oxigênio dissolvido ao longo do rio Macaé	78
Figura 30 - Variação de coliformes totais ao longo do rio Macaé	80
Figura 31 - Variação de <i>E. coli</i> ao longo do rio Macaé	81

Figura 32 - percentual de violação dos padrões da classe 1 para cada parâmetro não-conforme	84
Figura 33 - Variação de <i>E. coli</i> nos pontos de coleta e os limites máximos relacionados pelas Resoluções CONAMA n. 357/05 e 274/00.....	85
Figura 34 – Cartograma dos resultados do IQA na bacia do rio Macaé	87
Figura 35 - Importância relativa de cada parâmetro no valor do IQA (em %). A) campanha 1; B) campanha 2.....	88
Figura 36 – Ilustração dos três níveis de contribuição do uso e ocupação do solo para qualidade da água, exemplo ponto MAC01.....	89
Figura 37 - Pontos de coleta em Macaé de Cima (MAC01) e em Galdinópolis (MAC02).....	90
Figura 38 – Ilustração dos três níveis de contribuição do uso e ocupação do solo para qualidade da água, exemplo ponto MAC01.....	92
Figura 39 – Sub-bacia do ponto MAC02, em Águas Claras de Galdinópolis: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.....	93
Figura 40 – Ponto de coleta MAC03 no centro de Lumiar, Nova Friburgo.	94
Figura 41 – Sub-bacia do ponto MAC03, em Lumiar: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.....	95
Figura 42 – Ponto de coleta MAC04, no Encontro dos Rios em Lumiar, Nova Friburgo.....	96
Figura 43 – Sub-bacia do ponto MAC04, no Encontro dos Rio em Lumiar: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.....	97
Figura 44 – Ponto de coleta MAC05 na localidade de Cascata.	98
Figura 45 – Sub-bacia do ponto MAC05, na localidade de Cascata: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.	99
Figura 46 – Ponto de coleta MAC06 na localidade Barra do Sana.	100
Figura 47 – Ponto de coleta MAC07 na “ponte de arame” localizada na Fazenda Santo Antônio, próximo à Figueira Branca.	100
Figura 48 – Sub-bacia do ponto MAC06, na localidade de Barra do Sana. Distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.....	102
Figura 49 – Sub-bacia do ponto MAC07, na fazenda Santo Antônio: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.	103
Figura 50 – Ponto de coleta MAC08 a jusante do encontro com rio do Salto.	104
Figura 51 – Ponto de coleta MAC09 no rio Macaé após a contribuição do rio D’anta.....	104
Figura 52 – Sub-bacia do ponto MAC08, a jusante da confluência do rio do Salto (sub-bacia do rio Ouriço): distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.....	105
Figura 53 – Sub-bacia do ponto MAC09, a jusante da confluência com o rio D’anta: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.....	106

Figura 54 – a) encontro do rio D’anta (abaixo a direita) com rio Macaé; b) último meandro do rio Macaé antes da retificação (erosão hídrica); c) uso das margens para agricultura e pecuária.	108
Figura 55 – Ponto de coleta MAC10 sob a ponte na rodovia RJ-168.	109
Figura 56 – Ponto de coleta MAC11 sob a ponte na rodovia BR-101.	109
Figura 57 – Ponto de coleta MAC13 a jusante da confluência com o rio São Pedro.	110
Figura 58 – Sub-bacia do ponto MAC10, localizado sob a ponte RJ-168: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.	111
Figura 59 – Sub-bacia do ponto MAC11, localizado sob a ponte BR-101. Distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.	112
Figura 60 – Sub-bacia do ponto MAC13, localizado no Imbuuro próximo ao centro urbano, após a confluência do rio São Pedro. Distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.	113
Figura 61 – Registro de área agrícola próximo ao ponto MAC10, plantio de feijão.	114
Figura 62 – Canalização das águas da bacia do rio Macabu e sua chegada no córrego do Sertão, afluente do rio São Pedro.	115
Figura 63 – Represa da Sodrelândia, Tapera, Trajano de Moraes.	115
Figura 65 – Sub-bacia do ponto MAC12, localizado na foz do rio, no centro urbano da cidade de Macaé: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.	117
Figura 66 – Cartograma das captações para abastecimento público.	118
Figura 67 – Cartograma das captações para abastecimento industrial e geração de energia e extração de areia.	123
Figura 68 – Cartograma dos lançamentos de efluentes com e sem tratamento.	124
Figura 69 – Cartograma dos usos de contato primário.	125
Figura 70 - Cartograma dos usos relacionados à proteção dos ambientes aquáticos.	126
Figura 71 - Demanda de água por setor na bacia hidrográfica do rio Macaé.	127
Figura 72 - Cartograma da qualidade atual do Rio Macaé baseado na conformidade dos parâmetros analisados com a Resolução CONAMA n. 357/2005.	129
Figura 73 - Cartograma da proposta preliminar de enquadramento do Rio Macaé baseado na avaliação da qualidade e dos usos da água.	130
Figura 74 - Cartograma sintético do plano de ação preliminar proposto.	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo do gestão tradicional e da gestão integrada.	16
Quadro 2 - Classes de uso preponderantes para águas doces definidas pela Resolução CONAMA n° 357/2005.	26
Quadro 3 - Tipos de conflitos de uso da água.	29
Quadro 4 - Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado do Rio de Janeiro.....	33
Quadro 5 - Categoria dos maiores poluentes por principais fontes.	42
Quadro 6 - Padrões de qualidade e balneabilidade para corpos d'água doce (Resolução CONAMA 357/05 e CONANA 274/00).	53
Quadro 7- Índices de qualidade de água com aplicação, parâmetros necessários e recomendação de utilização.	57
Quadro 8 - Parâmetros que compõem o IQA e seus pesos respectivos..	58
Quadro 9- Níveis de qualidade segundo interpretações do IGAM e CETESB.....	60
Quadro 10- Código, localização, coordenadas geográficas e altitude dos pontos coletados. ..	64
Quadro 11 - Não-conformidade dos parâmetros analisados em relação aos padrões estabelecidos para Classe 1, 2 e 3 de Águas Doces (Resolução CONAMA n. 357/05).....	82
Quadro 12 – Indicador de conformidade: percentuais de pontos e amostras conformes por parâmetro.	83
Quadro 13 – Indicador de conformidade: percentual de amostras não conforme por campanha	83
Quadro 14 - Resultado do IQA e sua classificação ao longo do rio de montante a jusante.....	86
Quadro 15 - Principais usuários da água para consumo humano.	120
Quadro 16 – Usuário da água para dessedentação de animais.	121
Quadro 17 – Principais usuários da água para abastecimento industrial.	122
Quadro 18 - Qualidade da água correspondente às classes: cenários atual e proposto.....	128
Quadro 19 – Quadro resumo dos principais indicadores de degradação da qualidade, sua fonte potencial e ações de intervenção.	131

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE QUADROS.....	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 A gestão das Águas	16
2.2 Instrumentos de gestão: enquadramento dos corpos hídricos.....	24
2.2.1 O instrumento	24
2.2.2 Conflitos.....	28
2.3 A gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro.....	29
2.4 A gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Macaé.....	34
2.5 Qualidade da água e índices de qualidade	41
2.5.1 Índices como ferramentas de gestão	54
2.5.2 O Índice de Qualidade de Água – IQA.....	55
3 METODOLOGIA	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 Qualidade da água do curso principal do rio Macaé	69
4.1.1 Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas	69
4.1.2 Indicadores de conformidade	81
4.1.3 Índice de Qualidade da Água (IQA).....	86
4.2 Uso e ocupação do solo e qualidade da água.....	89
4.3 Uso da água na bacia hidrográfica do rio Macaé	118
4.3.1 Caracterização dos usos da água	118
4.3.2 Conflitos pelo uso da água	127
4.4 Proposta preliminar de enquadramento da bacia hidrográfica do rio Macaé.....	128
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	133
REFERÊNCIAS	136
APÊNDICE A	144

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água é um dos pilares do gerenciamento das águas, assegurando o acompanhamento das pressões antrópicas, do estado da água e ambientes aquáticos e das respostas dos sistemas de gestão no que diz respeito às decisões efetivadas no controle e na proteção dos recursos hídricos. O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA através da Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 instituiu uma série de padrões que visam o controle da poluição, o monitoramento da qualidade ambiental e a adequação da qualidade aos usos da água (BRASIL, 2005).

Um dos principais instrumentos de planejamento destinado a assegurar a disponibilidade qualitativa de água numa bacia hidrográfica é o enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo seus usos preponderantes. A bacia hidrográfica do Rio Macaé, pertencente à Região Hidrográfica (RH) VIII do Estado do Rio de Janeiro possui, desde 2003, seu organismo de Bacia, o qual, porém não deliberou ainda sobre o enquadramento dos corpos hídricos sob sua área de jurisdição, fato recorrente em todo o território fluminense. A bacia também não possui Plano Diretor de Recursos Hídricos, e carece de dados acerca de disponibilidades quantitativas e qualitativas dos seus recursos hídricos.

A participação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos (CEFET Campos) no Diretório Colegiado do Comitê de Bacia dos rios Macaé e das Ostras (CBH Macaé e das Ostras) desde 2006, coordenando ainda a Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão, evidenciou a necessidade da produção de dados que possam colaborar para a atuação qualificada e para as deliberações das representações sociais que compõem o CBH Macaé e das Ostras. Assim, o objetivo do presente trabalho é diagnosticar a bacia hidrográfica do rio Macaé quanto à situação da qualidade de seus recursos hídricos, e adaptar estas informações à linguagem dos decisores, por meio da utilização de um índice de qualidade das águas, o Índice de Qualidade de Água - IQA e pela espacialização das informações relativas não só a qualidade e ao uso da água, mas também ao uso e ocupação do solo.

A dissertação está estruturada em cinco capítulos principais. O primeiro capítulo, a Introdução, situa a importância e a justificativa da escolha do tema para concretizar as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos no âmbito local. O segundo capítulo traz o referencial teórico abordando temas relativos à gestão das águas, aos instrumentos de gestão, aos indicadores e índices de qualidade da água e seus parâmetros físico-químicos e biológicos e sua relação com o uso do solo.

O terceiro capítulo traz a metodologia utilizada no trabalho, a qual consistiu de: i) levantamento bibliográfico sobre a gestão das águas e seus instrumentos assim como ferramentas para sistematização das informações; ii) levantamento de dados primários sobre qualidade da água, dados sobre usuários da água e uso e ocupação do solo e iii) análise e cruzamento dos dados e apresentação das informações obtidas.

O quarto capítulo apresenta os resultados da avaliação da qualidade da água na bacia utilizando indicadores de conformidade e o IQA. Na sequência é avaliado o uso e cobertura do solo e, caracterizado o uso da água na bacia discutindo-se a correlação entre os parâmetros de qualidade observados com as potenciais fontes de degradação da qualidade da água. Os resultados do IQA indicam a boa condição do corpo hídrico principal da bacia, o rio Macaé, ao longo dos doze pontos amostrados. A execução se faz nos pontos próximo as localidades de Lumiar, próximo a contribuição do rio Sana e na região da foz do rio que é onde se concentra a zona urbana. Foi observado que o período de coleta interferiu nos dados de qualidade, sendo as melhores condições de qualidade encontradas durante a campanha no período seco, sugerindo que a poluição difusa pode ser a maior responsável pela degradação da qualidade do corpo hídrico. Foi possível traçar a relação entre os parâmetros indicadores de qualidade e a ocupação e uso do solo na maioria dos pontos coletados. Também foram identificados usos preponderantes na bacia, destacando-se dentre os usos consuntivos o abastecimento humano, representando 60% da demanda de água. A partir desses resultados foi possível propor um enquadramento preliminar, com o fim de iniciar o debate no âmbito do CBH Macaé e das Ostras. A proposta preliminar de enquadramento inclui três trechos homogêneos: (i) trecho do alto curso até Galdinópolis como classe especial, devido a presença de Unidades de Conservação, ao grau de proteção e a ausência de fontes de poluição; (ii) trecho seguinte até Santo Antônio como classe 1, devido ao uso preponderante de recreação de contato primário; e (iii) trecho seguinte até a foz, devido ao uso preponderante para abastecimento humano e industrial. A partir do proposto e em conjunto com os demais resultados foram delineadas algumas ações necessárias para melhoria da qualidade da água em que cada trecho.

Finalizando o trabalho, o capítulo cinco traz as principais conclusões e recomendações que apontam para a continuidade do monitoramento da qualidade da água na bacia e a expansão do monitoramento quali e quantitativo para a bacia, inclusive sub-bacias. Sugere-se a validação dos indicadores e índices utilizados e a continuidade do processo de enquadramento, considerando os aspectos participativos e as recomendações apresentadas.

Os resultados completos do estudo, apresentados no Apêndice A (resultados de qualidade da água) e no Anexo A (base digital de informações espacializadas) podem ser

considerados como marco zero para a síntese de informações necessárias ao enquadramento da bacia em estudo, em especial para a etapa de diagnóstico, atingindo assim o objetivo de contribuir para a implantação dos instrumentos de gestão na RH VIII.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A gestão das Águas

A água é reconhecida constitucionalmente como bem público, bem de uso comum do povo e está relacionada à sua importância para a sociedade (MACHADO, P.A.L., 2006). Os recursos hídricos possuem relevância estratégica para a manutenção da dignidade da vida humana e para a economia, a qual converge para o desafio da gestão integrada das águas a fim de compatibilizar os seus modos de apropriação.

Lanna (1995) esclarece que a gestão da água pode ser compreendida como uma "atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e doutrinas, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos". Dado o seu caráter integrado, cabe à capacidade dos gestores associar o gerenciamento hídrico às demais políticas públicas, coordenar as informações de maneira sistêmica, conjugar os instrumentos gerando planos de ação e verificação, e balancear os interesses conflitantes do equilíbrio natural e do crescimento econômico, todos no âmbito da bacia hidrográfica (LANNA, 1995; BELONDI, 2003; MAGALHÃES Jr, 2007). A natureza inovadora da gestão integrada se diferencia da gestão tradicional em diversos aspectos, conforme apresenta o Quadro 1. A gestão integrada pressupõe as peculiaridades sociais, culturais, econômicas e ambientais de cada unidade de planejamento, permitindo a descentralização das decisões e ações, a participação social no processo decisório, a multidisciplinaridade e a construção contínua de um melhor modelo de gestão.

Gestão Tradicional	Gestão Integrada
Tomada de decisão <i>top down</i>	Participação em diferentes níveis
Centralizada, linear	Descentralizada, retroalimentação
Aversa a riscos	Admite riscos
Decisões finalistas	Aceita revisar/ visitar e admite erros
Visão impositiva	Visões compartilhadas
Limites administrativos	Além dos limites administrativos
Ator individual	Parcerias; pactos para gestão

Quadro 1 - Comparativo do gestão tradicional e da gestão integrada. Fonte: HOLLING (*apud* MAGALHÃES Jr., 2008).

Os recursos ambientais, em especial os recursos hídricos, estão atualmente numa posição vulnerável de degradação e escassez (TUCCI, 2001; TUNDISI, 2003). Viegas (2008) defende que os principais fatores da crise da água são a poluição ambiental e o aumento desenfreado da população mundial, sem que as políticas de ordenamento territorial e de meio ambiente atendam adequadamente as novas demandas.

A escassez e a degradação da qualidade da água são, para Tucci (2001), reflexos do atual padrão de consumo. Rebouças (2003 *apud* VIEGAS, 2008) acrescenta que a partir da Revolução Industrial, a preocupação com produção, sem considerar as externalidades, resultou na degradação e no desperdício dos recursos hídricos. Nesse cenário de crise, inúmeros prejuízos podem ser elencados, como, perda do equilíbrio ecológico, perda da diversidade biológica, desequilíbrio climático e alterações profundas no ciclo da água, que afetam a sociedade, uma vez que os bens e serviços ambientais são reduzidos ou esgotados (TUNDISI, 2003).

Observa-se que vários autores relacionam o elemento antrópico diretamente às origens da crise hídrica, e ainda, que as soluções dos problemas ambientais passam igualmente pela ação humana (VIEGAS, 2008), evidenciando uma tendência antropocêntrica ainda marcante. O homem intervém no meio ambiente e o trata como elemento externo, procura aumentar a capacidade de suporte do meio ao invés de rever seu padrão de consumo e sua geração de resíduos (QUINTAS *et al.*, 2005). Feldmann (2003) relata que a ação da humanidade ameaça pela primeira vez sua condição de sobrevivência, sendo aquela obrigada a reconhecer seus próprios limites diante da complexa realidade. O autor complementa que essa situação deve ser vista como uma oportunidade de revisão profunda de valores, práticas e questionamentos da nossa imagem sobre nós mesmos, podendo a Agenda 21 ter dado um pequeno passo nessa direção.

As transformações no território brasileiro não foram diferentes das observadas na Europa e América do Norte a partir da Revolução Industrial, repentindo-se os erros do crescimento desordenado, da demanda localizada de água, dos grandes desperdícios e da degradação dos níveis de qualidade nas cidades, na indústria e na agricultura (REBOUÇAS 2003, *apud* VIEGAS, 2008). Lanna (2004) corrobora afirmando que no Brasil se estabeleceu uma situação de desequilíbrio entre o padrão espacial da disponibilidade de água e o padrão espacial da demanda pelos centros de consumo. A sociedade moderna ampliou a diversidade dos usos da água assim como intensificou a exploração do recurso, originando diversos conflitos. Em algumas regiões brasileiras estes conflitos são claros, conforme exemplifica Tucci (2004).

No passado, a pequena demanda hídrica correspondia ao uso doméstico, ao uso agrícola e a dessedentação de animais. A partir do século XVIII, ampliou-se a variedade dos usos para atender novas demandas energéticas e hídricas para a indústria, garantindo o pleno desenvolvimento econômico. No Brasil, isso pôde ser evidenciado pelas políticas públicas adotadas na década de 30. Machado, C.J.S. (2003) expõe que o gerenciamento de recursos hídricos foi dominado pela supremacia da geração de energia, que visava impulsionar o desenvolvimento e a industrialização. Tal objetivo era expresso até mesmo na denominação do órgão nacional dedicado a disciplinar o uso da água, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE.

A retirada das águas da titularidade privada para sua inclusão integral como bem público, aliada à admissão da crise da água no mundo, aos crescentes casos de escassez e poluição hídrica e aos conflitos de usos da água, levaram a uma reestruturação da política e, a ampliação da regulamentação dos usos múltiplos e da proteção das águas. Embasada na Constituição (BRASIL, 1988a) a legislação que trouxe novas diretrizes ao gerenciamento das águas foi a Lei n. 9.433, conhecida como Lei das Águas (BRASIL, 1997) que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e que substituiu em grande parte o Código de Águas (BRASIL, 1934).

A PNRH foi inspirada nas discussões travadas nos fóruns internacionais - Conferência de Dublin, ECO-92 e Agenda 21 -, no cenário de gestão das águas em estados como São Paulo, e pautada na Constituição Federal. A nova lei veio afirmar a importância da água, reconhecendo-a como um bem dotado de valor econômico, e a estabelecer a necessidade da gestão integrada e da participação social (MMA, 2006). Aliada à PNRH, a Agenda 21 estabeleceu como prioridade o uso múltiplo dos recursos hídricos, um objetivo distante diante da realidade do uso da água, que tem sido, em muitas regiões, essencialmente setorial, e de forma marginal para usos suplementares (MCT, 2002). O caráter moderno e associado aos princípios do desenvolvimento sustentável está claro nos objetivos da PNRH em “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e em “permitir a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável”.

Dentre os princípios fundantes da PNRH estão: i) a água como bem de domínio público; ii) como um recurso limitado; iii) e dotado de valor econômico; iv) na escassez os usos prioritários são consumo humano e dessedentação de animais; v) a gestão deve proporcionar o uso múltiplo das águas; vi) adotar a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento; e vii) a gestão deve ser descentralizada e participativa (BRASIL, 1997). Acerca

desse último princípio, alguns autores (VIEGAS, 2008; MAGALHÃES, 2007; VIEIRA, 2005) dissertam sobre as inovações no sistema de gerenciamento, adaptada dos modelos em países onde também houve a publicização das águas; sobre as rupturas da gestão fragmentada e centralizada; e sobre as vantagens do instrumento de descentralização participativa. Esse importante princípio que originou o modelo do Sistema Nacional de Recursos Hídricos - SINGREH será retomado juntamente com a abordagem sobre organismos de bacia.

Outro importante componente inovador da nova legislação de águas foi a priorização dos usos múltiplos, em detrimento dos usos setorizados. Os usos múltiplos são aqueles que atendem as diversas demandas sem prejudicar a disponibilidade quantitativa e qualitativa de água para outros usos no mesmo trecho ou corpo hídrico. Dentre os usos múltiplos dos recursos hídricos destacam-se: i) o abastecimento público; ii) o consumo industrial; iii) a irrigação; iv) a recreação; v) a dessedentação de animais; vi) a geração de energia elétrica; vii) o transporte e diluição de despejos e viii) a preservação da flora e fauna. Cada uso da água requer uma qualidade própria. Portanto, o CONAMA - responsável por estabelecer normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida (Portaria MMA n. 168/05) – classificou as águas de acordo com a com seu destino de uso, conforme Resolução CONAMA n. 357/05 (BRASIL, 2005).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2002), a gestão integrada dos recursos hídricos deve seguir um modelo que reconheça a necessidade de descentralizar o processo decisório, para contemplar adequadamente as diversidades e peculiaridades físicas, sociais, econômicas, culturais e políticas, tanto regionais, como estaduais e municipais.

Nesse contexto de gestão das águas cabem algumas considerações sobre o espaço onde se dará o planejamento das políticas e onde se viabilize a gestão integrada. Considera-se no âmbito dos recursos hídricos, as bacias hidrográficas em suas diversas escalas, como unidades físico-territoriais para o planejamento e a gestão das águas, que pode ou não se diferenciar da gestão do meio ambiente, a qual é mais ampla, e permite também a divisão por unidades de paisagens ou ecossistemas, ou aquíferos ou ainda por aspectos da dinâmica sócio-econômica (ODUM, 1985). Para Magalhães Jr. (2007) a impotência da gestão sistêmica da bacia hidrográfica decorre do sinergismo inerente ao funcionamento das bacias, onde há complexa interação entre as partes e o todo. A adoção da bacia hidrográfica como delimitação do sistema a ser gerenciado apresenta vantagens e desvantagens. A vantagem está na rede de drenagem de uma bacia consistir em um caminho preferencial na maior parte das relações causa-efeito, em especial se tratando do meio hídrico. As desvantagens são que quase sempre os limites municipais e estaduais não respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a

dimensão espacial de algumas relações de causa-efeito de caráter econômico e político. Além disso, em certos casos, a delimitação de uma bacia hidrográfica poderá estabelecer uma unidade de intervenção muito grande para que ocorram as negociações sociais (LANNA, 1995).

A fim de viabilizar o novo modelo de gerenciamento, o poder público lançou mão de uma série de instrumentos legais e financeiros que garantiriam a gestão integrada e a racionalização da água. No âmbito legal, o marco foi a Lei das Águas (BRASIL, 1997) que além dos princípios modernos já abordados, trouxe avanços institucionais, já que a lei instituiu o SINGREH, cujos objetivos visam coordenar a gestão integrada, implementar a PNRH, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos, entre outros. O sistema foi formado originalmente pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, pela Secretaria Executiva do CNRH, pelos conselhos estaduais e do Distrito Federal de Recursos Hídricos, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos e pelas agências de águas. Em 2000, a composição foi modificada pela Lei n. 9.984 (BRASIL, 2000a), que criou Agência Nacional de Águas – ANA e a incluiu no sistema com função de implementar a PNRH e coordenar o SINGREH, entre outros.

No âmbito da legislação ambiental, os recursos hídricos se inserem em momentos e contextos variados. A Política Nacional de Meio Ambiente instituída pela Lei n. 6.938 (BRASIL, 1981) tem como finalidade “a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico”, estando previstas sanções penais e administrativas aos responsáveis por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, sendo aplicável integralmente às águas, que estão incluídas entre os recursos ambientais (Artigo 2, inciso II). O Código Florestal - Lei n. 4.771 (BRASIL, 1965), alterado por vários dispositivos complementares, determinou como área de preservação permanente a vegetação próxima dos rios, ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios e nas nascentes, visando preservar os recursos hídricos. A lei de Crimes Ambientais - Lei n. 9.605 (BRASIL, 1998) introduziu crimes e infrações administrativas, que incluem a proteção das águas. A Lei 9.985 (BRASIL, 2000b) instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, que inclui a preservação e manejo sustentável de mananciais e ambientes naturais produtores de água. A Lei 9.795/99, que instituiu a Política Nacional de Educação Ambiental, visa desenvolver os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para

a conservação do meio ambiente, na qual a água é um tema recorrente (BRASIL, 1999). Tal como mencionado nas diretrizes gerais de ação da PNRH, a Lei 7.661/88, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, a gestão da zona costeira e sistemas estuarinos devem ser integrada com a gestão das bacias hidrográficas (BRASIL, 1988b; BRASIL, 1997).

A Lei n. 11.445 (BRASIL, 2007) estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e, no que tange à água, tem como princípios fundamentais a proteção ambiental e a gestão eficiente dos recursos hídricos. A carência no setor de saneamento é responsável pelos elevados índices de internações e mortes por doenças de veiculação hídrica, pela poluição na maioria dos rios e pela eutrofização artificial de ambientes lânticos, como reservatórios e lagoas (MACHADO, C.J.S., 2004). Demais regulamentações, produzidas no âmbito do CONAMA (BRASIL, 1981) e CONEMA (RIO DE JANEIRO, 2007), assim como nos órgãos estaduais de meio ambiente, como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) e a Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) no Estado do Rio de Janeiro, visam controlar a poluição e a complementar os instrumentos de planejamento (FEEMA, 2008). Vinculadas especificamente à gestão dos recursos hídricos estão as normas produzidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e pelos conselhos estaduais quando instituídos, como o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI) no Estado do Rio de Janeiro (BRASIL, 1997; RIO DE JANEIRO, 1999).

Os instrumentos econômicos e de planejamento foram instituídos na PNRH (BRASIL, 1997), dentre os quais destacam-se: i) o Plano de Recursos Hídricos; ii) o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; iii) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; iv) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos; e v) a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

O Plano de Recursos Hídricos ou Plano de Bacia, no contexto da bacia hidrográfica, visa o gerenciamento dos recursos hídricos através da elaboração de diagnósticos, metas, diretrizes, prioridades e propostas. O enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes dos mesmos, visa o planejamento estratégico, a fim de diminuir custos na gestão desses recursos e de garantir à água qualidade correspondente aos seus usos atuais da água e os futuros. A outorga de uso da água visa assegurar os direitos de acesso à água e o controle quantitativo e qualitativo dos seus usos. A outorga está condicionada às prioridades de uso estabelecidas no Plano de Recursos Hídricos, e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, além de preservar o uso múltiplo dos recursos hídricos. O Sistema de Informações sobre recursos hídricos tem a função de coletar, tratar, armazenar e recuperar as informações, e segue princípios básicos como a descentralização da obtenção e

produção de dados e informações e a garantia do acesso aos dados e às informações a toda a sociedade. A cobrança pelo uso da água visa a racionalização do uso da água e a obtenção de recursos financeiros para intervenções na bacia, conforme orientado pelo plano de recursos hídricos (BRASIL, 1997). O Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2006) traz um panorama do estágio de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, e destaca que muitos estados não construíram seus planos estaduais. No entanto, a ausência desse planejamento estratégico não está impedindo a implementação dos demais instrumentos de gestão. A exceção se faz ao estado de São Paulo, que já realizou quatro revisões do seu Plano Estadual.

Segundo Oliveira (2006, *apud* VIEGAS, 2008), “a descentralização participativa permite ao Estado manter o domínio sobre as águas e ao mesmo tempo descentralizar a gestão, permitindo a participação da sociedade e dos usuários da água através de entidades especialmente implementadas”. A gestão descentralizada foi garantida pela criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), porém o viés participativo coube ao estabelecimento dos CBHs como membros integrantes do sistema. Os CBHs são órgão colegiados com atribuições normativas, deliberativas e consultivas. Na sua composição estão os representantes do poder público, os usuários e as entidades civis de recursos hídricos, devendo-se limitar a representação estatal à metade do total de membros e garantir que nenhum setor tenha a maioria dos membros (BRASIL, 1997). O colegiado está no primeiro nível da administração dos recursos hídricos e possui o desafio de discutir, negociar e arbitrar conflitos e problemas relativos à bacia de sua jurisdição. Dentre as vantagens da articulação em ambiente colegiado destacam-se a transparência e a permeabilidade nas relações entre atores reguladores e regulados, conectando empresários, Organizações Não-Governamentais (ONGs), instituições públicas e poder público (VIEIRA, 2005).

No entanto, valendo-se de exemplos de funcionamento do SINGREH, Viegas (2008) constata que

o problema é que de todas as decisões dos comitês cabem recurso ao Conselho Estadual ou Federal de Recursos Hídricos, conforme a bacia seja de rio estadual ou federal. E os conselhos podem ser compostos, e de fato são, por maioria de integrantes originários do poder público (art. 34, parágrafo único da Lei das Águas). Desse modo há apenas uma aparente descentralização e gestão democrática. Quando o assunto interessa ao governo, aprova ou desaprova o que bem entender, pois domina o órgão de deliberação última das questões hídricas (VIEGAS, 2008).

Diante dessa afirmativa, o autor defende que os Conselhos Estaduais e Nacional possuem relevantes competências normativas e decisórias, porém a estrutura legal de sua formação necessita alterações, sob pena de comprometer os fins da Lei das Águas, “dentre os quais se destaca a adoção da tendência mundial de possibilitar que o gerenciamento da água se dê próximo às bases, não de forma centralizada e com falsa democracia” (VIEGAS, 2008). Concordar com o estabelecimento de uma concepção na qual o Estado é o titular do domínio da água, porém descentraliza a gestão, é comum a diversos estudiosos no assunto. Nesse contexto, Vieira (2005) destaca a idéia equivocada da descentralização estar associada com o enfraquecimento da regulação exercida no nível nacional (ou estadual). Pelo contrário, o planejamento permanece indispensável, discutindo-se apenas a necessidade da sua transformação qualitativa, inserindo princípios de co-responsabilidade no tripé ideal democrático de participação: estado, setor econômico e sociedade civil. Sobre a mesma idéia, Kishi (2007 *apud* VIEGAS, 2008) ressalta que não se deve confundir a descentralização das águas com o exercício da autonomia política, ou com a dominialidade desses recursos pelos entes federados, embora estejam relacionados. Afinal, as águas são de titularidade comum de todos os membros da sociedade pelo fato delas pertencerem à União ou estados, ou seja a água deixou de ser de titularidade privada para a pertencer a todos.

Portanto, é imprescindível garantir a participação efetiva e democrática na primeira instância de gestão, os CBHs. Para exercer suas competências, os CBHs contam com as agências de águas que funcionam como secretaria executiva, havendo em alguns estados forte tendência de que essas agências sejam constituídas por consórcios intermunicipais e associações de usuários (MORENO Jr, 2006). Para a administração é indispensável que os CBHs disponham de informações adequadas, porém Viegas (2008) ressalta que apenas a informação não basta, pois muitas vezes podem ser repassadas com excessivo tecnicismo, impedindo ao gestor sua integral compreensão e contextualização. Este mesmo autor afirma que um dos grandes problemas percebidos empiricamente nos órgãos colegiados que contam com a participação cidadã é a falta de informações e de conhecimentos na área de deliberação, exemplificando que muitos dos seus integrantes não têm como contestar tecnicamente os dados ofertados, e chancelam o que é proposto reduzindo, portanto o caráter democrático da decisão. Nesse contexto, cabe às agências de bacias interpretar e traduzir os dados técnicos para os CBHs, mantendo-se imparciais no processo decisório. Magalhães Jr. (2007) corrobora com tal posicionamento, vinculando a viabilidade dos CBHs com a disponibilidade de dados ambientais em escala, linguagem e apresentação compatíveis com a realidade dos decisores. Sobre a operacionalização da gestão participativa de bacias hidrográficas, Magalhães Jr.

(2007) levanta dois questionamentos orientadores para reflexão: (i) a disponibilidade de informações e a comunicação do conhecimento; (ii) e o nível de capacitação dos comitês para exercerem suas funções.

2.2 Instrumentos de gestão: enquadramento dos corpos hídricos

2.2.1 O instrumento

Instrumentos são mecanismos indutores dos objetivos ambientais desejados e podem ser classificados como repressivos ou corretivos - via políticas de “comando e controle” e de mercado -, preventivos ou de promoção, incentivo e fomento (MALHEIROS, 2002). A PNRH trouxe novos instrumentos de gestão e buscou a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, conforme explicito em seus princípios (BRASIL, 1997). Um dos principais instrumentos de planejamento relacionados a assegurar a disponibilidade qualitativa de água numa bacia hidrográfica é o enquadramento dos corpos hídricos em classes segundo seus usos preponderantes.

De acordo com a Resolução CONAMA n. 357/05, 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. O enquadramento dos corpos de água não se baseia necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que um corpo de água deveria possuir para atender às necessidades (usos da água) definidas pela sociedade. Segundo Leeuwestein (2000), trata-se de um instrumento de proteção dos níveis de qualidade dos recursos hídricos, que considera que a saúde e o bem-estar humano, assim como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas.

O Código das Águas (BRASIL, 1934) foi a primeira legislação específica para recursos hídricos, e apesar de estabelecer uma política bastante avançada para época, as decisões eram centralizadas. O Estado de São Paulo foi o primeiro a criar um sistema de classificação de corpos de água e enquadrou alguns rios estaduais. Em 1976, no âmbito federal, o Ministério do Interior instituiu uma portaria que enquadrou as águas doces em classes conforme os usos preponderantes - Portaria MINTER 013/76. Esta Portaria foi substituída pela Resolução CONAMA n. 20/1986 e esta última foi substituída em 2005 pela Resolução CONAMA n. 357/2005. Em 1978 criou-se o Comitê de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas, que enquadrou alguns rios da união (Parapanema e Paraíba do Sul). Em 1989 foi enquadrado pelo IBAMA o rio São Francisco, enquanto outros estados também realizaram

enquadramentos (ANA, 2007). A constituição Federal de 1988 compromete instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, que foi em 1997 regulamentada pela Lei 9.433. Antes da instituição da Política Nacional o estado de São Paulo institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. Em 1998 e 2000 foram regulamentadas a criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e a Agência Nacional de Águas (ANA) respectivamente. Em 2000, o CNRH forneceu os procedimentos para enquadramento dos corpos hídricos por meio da Resolução CNRH nº 12 (BRASIL, 2000). A Figura 1 resume cronologicamente a instituição dos marcos legais e o avanço na legislação de recursos hídricos.

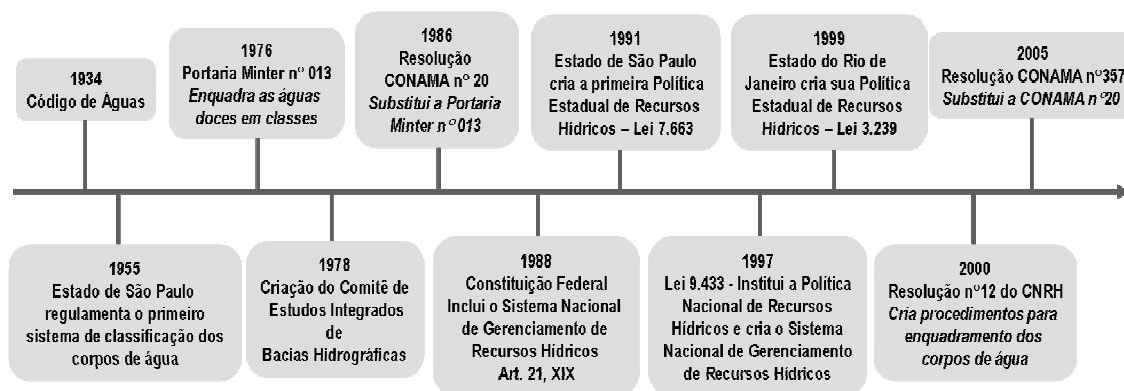


Figura 1 - A evolução do instrumento de enquadramento dos corpos de água no contexto da gestão das águas. Elaboração própria a partir de ANA (2005).

A Resolução CONAMA n. 357/05 adota nove classes para águas doces, salobras e salinas do território nacional. Para cada classe são estabelecidos limites e/ou condições de qualidade a serem respeitados, de modo a assegurar seus usos preponderantes, sendo mais restritivos quanto mais nobre for o uso pretendido. Enquanto não aprovados os 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 (BRASIL, 2005). No Quadro 2 são apresentadas as classes de água doce e seus respectivos usos preponderantes.

Classe	Usos
Água doce	
Especial	a) abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) preservação dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação 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 2 - Classes de uso preponderantes para águas doces definidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Adaptado de BRASIL (2005).

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH n. 12/2000, estabeleceu os procedimentos para o instrumento de enquadramento, os quais devem ser efetuados no âmbito da bacia hidrográfica onde o respectivo CBH é responsável pela aprovação do enquadramento (BRASIL, 2000). As propostas de enquadramento envolvem o diagnóstico da qualidade das águas e diagnósticos e prognósticos de uso da água, que deverão ser elaborados de maneira participativa e descentralizada, estabelecendo ao final, metas de qualidade para os segmentos dos corpos hídricos da bacia. A implantação desse instrumento é um pacto firmado entre os usuários de água, e seus objetivos somente poderão ser alcançados se houver a compreensão da importância do enquadramento para o planejamento integrado da bacia, bem como de suas conseqüências socioeconômicas e ambientais (SRH/MMA, 2000). Leeuwestein (2000) esclarece que apesar do Brasil ter uma experiência de pelo menos 45 anos com o enquadramento, observa-se que a implementação e a aplicação do instrumento são tecnocráticas, pouco participativas e não consideram os aspectos econômicos. O autor especula que as principais razões para a falta de operacionalização são: o desconhecimento

sobre esse instrumento de planejamento, as dificuldades enfrentadas na aplicação, a falta de diretrizes e metodologia, a prioridade para se aplicarem outros instrumentos de gestão e a não-regulamentação da Lei n. 9.433/97.

O Estado do Rio de Janeiro, na sua Política Estadual de Recursos Hídricos instituída pela Lei n. 3.239/99, também inclui o enquadramento como instrumento de gestão (RIO DE JANEIRO, 1999). Além disso, a Lei n. 4.247/03, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro, vincula ambos os instrumentos, uma vez que a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado um corpo d'água deverá ser observada no lançamento para diluição, transporte e assimilação de efluentes; nas derivações, captações e extrações de água; e nos aproveitamentos hidrelétricos (RIO DE JANEIRO, 2003). Os enquadramentos dos corpos de água, nas respectivas classes de uso, serão feitos, na forma da lei, pelos CBHs e homologados pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), após avaliação técnica pelo órgão competente do Poder Executivo. De acordo com o diagnóstico realizado no âmbito do Plano Nacional de Recursos Hídricos (MMA, 2006), o órgão estadual gestor, no caso a Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA) (RIO DE JANEIRO, 1990), relatou que ainda não iniciou as discussões sobre o tema enquadramento dos corpos de água segundo seus usos preponderantes.

Pode-se observar alguns avanços na metodologia de aplicação e efetivação do instrumentos de enquadramento. Os procedimentos técnicos para o enquadramento de corpos de água podem ser consultados no documento orientativo elaborado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH/MMA, 2000), no livro Zoneamento das Águas (MACIEL, 2000) e em algumas experiências participativas como, por exemplo, “O rio que queremos” do COMITESINOS (2008) e da bacia do rio São Francisco (ANA, 2004).

Segundo a Resolução CNRH n. 12/2000 (BRASIL, 2000) e o documento orientativo (SRH/MMA, 2000), os procedimentos para enquadramento deverão ser desenvolvidos em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia e, no caso, com o Plano de Recursos Hídricos Estadual e, se não existirem ou forem insuficientes, com base em estudos específicos propostos e aprovados pelas respectivas instituições competentes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos. Deverão ser observadas as seguintes etapas: (i) diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; (ii) prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; (iii) elaboração da proposta de enquadramento; (iv) aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos. A revisão da Resolução CNRH n. 12/2000 (BRASIL, 2000) foi

aprovada pela Resolução CNRH n. 91 em 05 de novembro de 2008, que dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos, mas ainda não está publicada.

Vale ressaltar que no estabelecimento das metas para o enquadramento, devem ser considerados custos e benefícios não somente sob o ponto de vista econômico, que devem ser comparados para justificar o enquadramento em uma ou outra classe. Também devem ser consideradas restrições de ordem física, tecnológica e financeira (SILVA e RIBEIRO, 2006).

Leeuwestein (2000) sugere a elaboração de proposições para o processo decisório participativo de enquadramento, que inclui metodologias de mobilização social que garantam a participação de usuários de água e da sociedade civil no processo de enquadramento e nos mecanismos de escolha de classes. Utiliza-se a construção de três cenários representativos das condições do rio a ser enquadrado: (i) cenário da condição atual, “o rio que temos”, (ii) cenário desejado, “o rio que queremos” e (iii) cenário após análise das limitações técnicas e econômicas, “o rio que podemos ter” (COSTA, 2008). Para se estabelecer uma classe de uso no processo de enquadramento, pode-se pensar no emprego de métodos de auxílio à decisão. Neste trabalho, apresentamos os indicadores e a espacialização dos resultados como ferramentas de apoio à decisão dos gestores e das representações de bacias hidrográficas, com caso aplicado na bacia hidrográfica do rio Macaé, inserida na Região Hidrográfica VIII do Estado do Rio de Janeiro.

2.2.2 Conflitos

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico culminaram na disputa da água em quantidades e qualidades compatíveis às atividades econômicas que foram se intensificando, assim como o consumo pelos centros urbanos que se consolidavam. Por exemplo, a introdução de atividades que exploram e degradam o recurso hídrico desencadeia conflitos com os usuários que demandam por condições qualitativas melhores, ou seja, usos mais restritivos. Os conflitos, segundo Lanna (2004), podem derivar da disponibilidade quantitativa, da qualidade e das destinações de uso da água, conforme detalhado no Quadro 3.

Tipos	Aplicação	Exemplos
<i>Conflitos de destinação de uso</i>	Situação que ocorre quando a água utilizada possui outros destinos que não correspondem aos estabelecidos por decisões políticas, independente dos anseios sociais, que estariam relacionados ao atendimento de demandas sociais, ambientais e econômicas.	Retirada de água de uma Unidade de Conservação para a irrigação; disputa entre setores turismo/ lazer e o setor elétrico.

Tipos	Aplicação	Exemplos
<i>Conflitos de disponibilidade quantitativa</i>	Situação decorrente do esgotamento da disponibilidade quantitativa (superficial ou subterrânea) devido ao uso intensivo.	Uso intensivo da água para irrigação impedindo a captação para abastecimento humano; ou operação de hidrelétrica estabelecendo flutuações nos níveis da água inviabilizando a navegação.
<i>Conflitos de disponibilidade qualitativa</i>	Situação recorrente em rios poluídos. Usos que contaminam o manancial, amplificados pelo consumo excessivo reduzem a vazão dos rios deteriorando a qualidade da água já comprometida anteriormente pelo lançamento de poluentes.	Despejo de esgotos não tratados à montante da captação para consumo humano.

Quadro 3 - Tipos de conflitos de uso da água. Adaptado de Lanna (2004).

O gerenciamento dos recursos hídricos caminha na direção de amenizar os conflitos de usos múltiplos, de modo a atender diferentes interesses e a compatibilizar atividades econômicas, promoção do bem estar social e a proteção do meio ambiente. A gestão do uso múltiplo integrado deve considerar as variações sazonais e diárias do sistema hídrico, por exemplo, em períodos com baixa demanda para irrigação pode-se buscar usos alternativos (LANNA, 2004). Um importante desafio a ser superado para conseguir a integração dos usos múltiplos é o compartilhamento dos recursos. Essa missão é delegada ao poder público, em função da necessidade de múltiplos interesses e da multilateralidade dos atores envolvidos, devendo assim obedecer à gestão descentralizada e participativa (MACHADO, C.J.S. 2003; QUINTAS, 2005; ANA, 2007).

No entanto, Getirana (2005) ressalta que o comprometimento de um determinado uso do recurso hídrico por um outro uso distinto não implica, necessariamente, em conflito entre usuários, ou seja, nem sempre há disputa explícita entre os beneficiários. Estes são definidos como potenciais e existem em grande número nas bacias em decorrência do uso desordenado dos recursos hídricos. Principalmente devido à estrutura social existente entre os atores, muitos dos conflitos potenciais não alcançarão situações de conflito real.

2.3 A gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro

Quanto à gestão dos recursos hídricos no estado Rio de Janeiro, a Constituição Estadual no seu artigo n. 261, parágrafo 1º, inciso VII dá os princípios para o Poder Público promover o gerenciamento integrado dos recursos hídricos: a) adoção das áreas das bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de planejamento e execução de planos, programas e projetos; b)

unidade na administração da quantidade e da qualidade das águas; c) compatibilização entre os usos múltiplos, efetivos e potenciais; d) participação dos usuários no gerenciamento e obrigatoriedade de contribuição para recuperação e manutenção da qualidade em função do tipo e da intensidade do uso; e) ênfase no desenvolvimento e no emprego de método e critérios biológicos de avaliação da qualidade das águas; f) proibição do despejo nas águas de caldas ou vinhotos, bem como de resíduos ou dejetos capazes de torná-las impróprias, ainda que temporariamente, para o consumo e a utilização normais ou para a sobrevivência das espécies (RIO DE JANEIRO, 1989).

A Política Estadual de Recursos Hídricos foi instituída em 1999 pela Lei n. 3.239 (RIO DE JANEIRO, 1999) e seguiu os mesmos fundamentos e diretrizes de descentralização e participação dos usuários, poder público e sociedade descritas na Política Nacional (BRASIL, 1997). O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos é composto pelo CERHI, Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI), os CBHs, as Agências de Água e os órgãos do Poder Público Federal, Estadual e Municipal, cujas competências se relacionam com os recursos hídricos. O Decreto n. 15.159/90 estabelece a SERLA como órgão técnico e executor da Política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 1990).

Quanto aos instrumentos de gestão, a Política Estadual incluiu, além dos instrumentos abordados pela Política Nacional, o Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO). Esse instrumento tem como objetivo proporcionar a revitalização, quando necessária, e a conservação, onde possível, dos recursos hídricos como um todo, sob a ótica do ciclo hidrológico e através do manejo dos elementos dos meios físico e biótico, tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e trabalho.

Quanto a implantação dos instrumentos de gestão, o Estado regulamentou a outorga pelo uso da água em 2000 pela Portaria SERLA n. 273/2000, que foi alterada pela Portaria SERLA n. 567/2007, na qual são estabelecidos os procedimentos técnicos e administrativos para emissão de outorga pela SERLA (RIO DE JANEIRO, 2007). O Estado regulamentou também o instrumento de cobrança pelo uso da água por meio da Lei n. 4.247/2003 (RIO DE JANEIRO, 2003), posteriormente alterada pela Lei 5. 234/2008 (RIO DE JANEIRO, 2008). Os recursos financeiros arrecadados em rios de domínio estadual são recolhidos ao FUNDRHI dos quais 90% são aplicados na bacia hidrográfica arrecadadora e 10% são aplicados no órgão gestor, a SERLA (RIO DE JANEIRO, 2008).

A implantação do instrumento de cobrança iniciado em 2004 pelo órgão gestor estadual foi contestada por diversos CBHs, uma vez que modificava as destinações dos recursos da

cobrança alocados no FUNDRHI, visando o financiamento da implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e dos programas governamentais de recursos hídricos, entre outros, contrariando o disposto nas Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, que afirma que os recursos da cobrança devem ser aplicados na região ou na bacia hidrográfica em que foram gerados (RIO DE JANEIRO, 1999; RIO DE JANEIRO, 2003).

Sobre os desafios que a gestão estadual das águas naquele momento, Portela e Braga (2007) estudaram os reflexos dos conflitos federativos na gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro e concluíram que os grandes problemas enfrentados pelo estado foram o atravessamento de competências do governo estadual em relação aos princípios e as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos, como por exemplo, a aprovação da Lei n. 4.247/2003, e a morosidade por ele imposta ao funcionamento do modelo de gestão, como por exemplo o retardo da implantação do Conselho Estadual. De acordo com os autores, a inversão do processo de implantação da Política Estadual foi consubstanciada:

- a) no enfraquecimento do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacias no processo de tomada de decisão;
- b) no afastamento dos usuários do processo de tomada de decisão;
- c) na implantação de um modelo de gestão centralizado em uma única instituição, a SERLA, em lugar de uma gestão descentralizada como determina a legislação nacional (decisões relativas a gestão dos recursos hídricos que eram de competência dos órgãos colegiados foram transferidas para a SERLA e para o Poder Executivo),
- d) no desrespeito aos critérios de aplicação dos recursos financeiros oriundos da cobrança pelo uso da água determinados pela lei federal, portanto não passíveis de nova regulamentação (o Estado do Rio de Janeiro violou esses critérios e transformou a cobrança pelo uso da água num instrumento de arrecadação – e não de gestão, como determina a lei nacional) [...] (PORTELA E BRAGA, 2007)

Segundo Moreno Jr. (2006), a SERLA é o elemento central que atua de forma endógena e exógena, junto ao Governo Estadual, à iniciativa privada e à sociedade (através dos CBHs) desenvolvendo ações, projetos e programas para evitar o crescimento explosivo da degradação ambiental, reduzir seus efeitos e proporcionar avanços legais para a melhoria da qualidade de vida da população fluminense. O autor aponta que as Agências Regionais fariam as interfaces rotineiras e diárias junto aos CBHs e à sociedade local propiciando demandas e apoios no sentido da melhoria ambiental. No modelo de gestão proposto por Moreno Jr. (2006), por meio desse arranjo institucional descentralizado, o poder público terá que quebrar a inércia burocrática, arcaica e ultrapassada e a sociedade se capacitar tecnicamente e administrativamente, a fim de construir um modelo de gestão que funcione.

De acordo com Young (2003) a descontinuidade das políticas públicas em âmbito estadual, dificulta a implementação da Política Estadual, pois a continuidade do processo não é assegurada, além do enfraquecimento institucional proveniente dos diversos interesses conflitantes, nos processos eleitorais. O autor complementa ainda que “os representantes do poder público, muitas vezes, não possuem a capacitação técnica necessária para atuarem, deixando lacunas nos processos decisórios, ou até mesmo adotando iniciativas opostas aos preceitos estabelecidos pela nova lei”. Portanto, questiona-se a participação dos representantes do estado, diante do novo modelo proposto que, que deve ser superior aos interesses políticos, uma vez que possui conduta regulamentada, no caso, pela Lei 3.239/99 (RIO DE JANEIRO, 1999).

A alteração da Lei 4.247/2003 pela Lei 5.234 em 2008 determinou que 90% da aplicação dos recursos financeiros retorne a bacia hidrográfica onde foram arrecadados. Atualmente, estuda-se a melhor forma do repasse dos recursos do FUNDRHI para a agência de bacia ou braços executivos dos CBHs. A SERLA (2008a) esclarece que a regulamentação da cobrança em águas de domínio estadual trata-se de uma metodologia transitória, que pode ser modificada pelos CBHs, em suas respectivas áreas de atuação.

Após redefinir o arranjo hidrográfico para gestão, instituído pela Resolução 18 (RIO DE JANEIRO, 2006), atualmente o Estado trabalha no sentido de alavancar iniciativas para formação de outros CBHs. No Estado do Rio de Janeiro já foram implantados sete CBHs, sendo o primeiro deles instituído em 2002, conforme apresenta o Quadro 4.

CBH	Constituição	Decreto de criação
Comitê Guandu	Bacia hidrográfica do rio Guandu, Guandu-Mirim e Guarda, nascentes do Riberião das Lages, águas desviadas do Paraíba do Sul e Piraí, afluentes ao Ribeirão das Lages, Guandu, canal de São Francisco até desembocadura na baía de Sepetiba.	Decreto n. 3831.178 em 2002
Comitê Macaé (e das Ostras*)	Bacia hidrográfica do rio Macaé, do rio Jurubatiba e do rio e lagoa Imboacica. Bacia hidrográfica do rio das Ostras*.	Decreto n. 34.243 em 2003; * Modificado pela Resolução n. 18 em 2006
Comitê Lagos São João	Bacias hidrográficas das lagoas de Araruama, Saquarema e dos rios São João.	Decreto n. 36.733 em 2004
Comitê Piabanha	Bacia hidrográfica do rio Piabanha e sub-bacias hidrográficas dos rios Paquequer e Preto	Decreto n. 38.235 em 2005
Comitê da Baía de Guanabara	Bacia hidrográfica da baía de Guanabara e dos sistemas lagunares de Maricá e Jacarepaguá	Decreto n. 38.260 em 2005

CBH	Constituição	Decreto de criação
Comitê Dois Rios	Região Hidrográfica do Rio Dois Rios. A área de atuação do Comitê de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Dois Rios será a região hidrográfica constituída pelas Bacias dos Rios Negro e Dois Rios, do Córrego do Tanque e Adjacentes, bem ainda da bacia da margem direita do Médio Inferior do rio Paraíba do Sul	Decreto n. 41.472 em 2008
Comitê Médio Paraíba do Sul	Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul. Bacias do Rio Preto e Bacias do Curso Médio Superior do Rio Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro.	Decreto n. 41.475 em 2008

Quadro 4 - Comitês de Bacia Hidrográfica no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: SERLA, 2008b.

Para embasar o processo decisório no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos é imprescindível a aquisição de dados primários a fim de produzir informações relevantes para as representações opinarem sobre as formas e prioridades de intervenção. Em relação ao levantamento dos usos múltiplos, a SERLA iniciou o processo de cadastramento de usuários da água no estado integrado ao cadastro nacional de usuários (ANA), que está sendo continuamente alimentado por meio dos núcleos de apoio da SERLA. Em relação a rede de monitoramento, esta ainda precisa de avanços, especialmente quanto à disponibilização de informações. Em relação à qualidade da água do estado do Rio de Janeiro, Machado C.J.S. (2004) ressalta a necessidade de produção de dados, tornando-se indispensável:

- 1) organizar as ações de controle da qualidade já exercida por diversos órgãos;
- 2) manter atualizado o cadastro da rede de abastecimento das concessionárias de abastecimento público de água, bem como os relatórios de inspeção e os planos de recuperação e investimento;
- 3) construir indicadores de qualidade da água que permitam tornar objetivo seu estado biofísico-químico integrado às condições ambientais ao longo do tempo (Calow e Petts, 1994; Chandler, 1970), e estabelecer ligações com as causas da poluição de um corpo de água e possíveis políticas de restabelecimento da qualidade ambiental das águas de uma bacia hidrográfica;
- 4) criar bancos de dados georeferenciados com tratamento estatístico das informações por corpos d'água e bacias hidrográficas e, sobretudo;
- 5) democratizar o acesso às informações sobre a qualidade natural e alteração da água, para todo e qualquer cidadão fluminense, através de formas eficientes de comunicação que facilite a compreensão das mesmas por não-especialistas em qualidade das águas. (MACHADO, C.J.S., 2004).

A rede hidrometeorológica da SERLA opera hoje com 54 estações. Destas, a bacia hidrográfica do rio Macaé conta com cinco estações automáticas com medição de parâmetros pluviométricos e medição de descarga (SERLA, 2008b). No entanto, os dados relativos à qualidade da água são precários e se concentram no baixo curso da bacia, onde há usuários da indústria ou de abastecimento público que necessitam monitorar seus afluentes, efluentes e o corpo hídrico receptor a fim de cumprir as exigências legais.

2.4 A gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Macaé

A bacia hidrográfica do rio Macaé pertence à Região Hidrográfica VIII do Estado do Rio de Janeiro, de acordo com a Resolução n. 18 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de 2006. A partir dessa resolução o estado do Rio de Janeiro passou a ser dividido em dez regiões hidrográficas, a saber: (i) baía de Ilha Grande; (ii) Guandu; (iii) Médio Paraíba do Sul; (iv) Piabanha; (v) Baía de Guanabara; (vi) Lagos e rio São João; (vii) rios Dois Rios; (viii) Macaé e das Ostras; (ix) Baixo Paraíba do Sul; e (x) Itabapoana (RIO DE JANEIRO, 2006), conforme ilustrado na Figura 2.

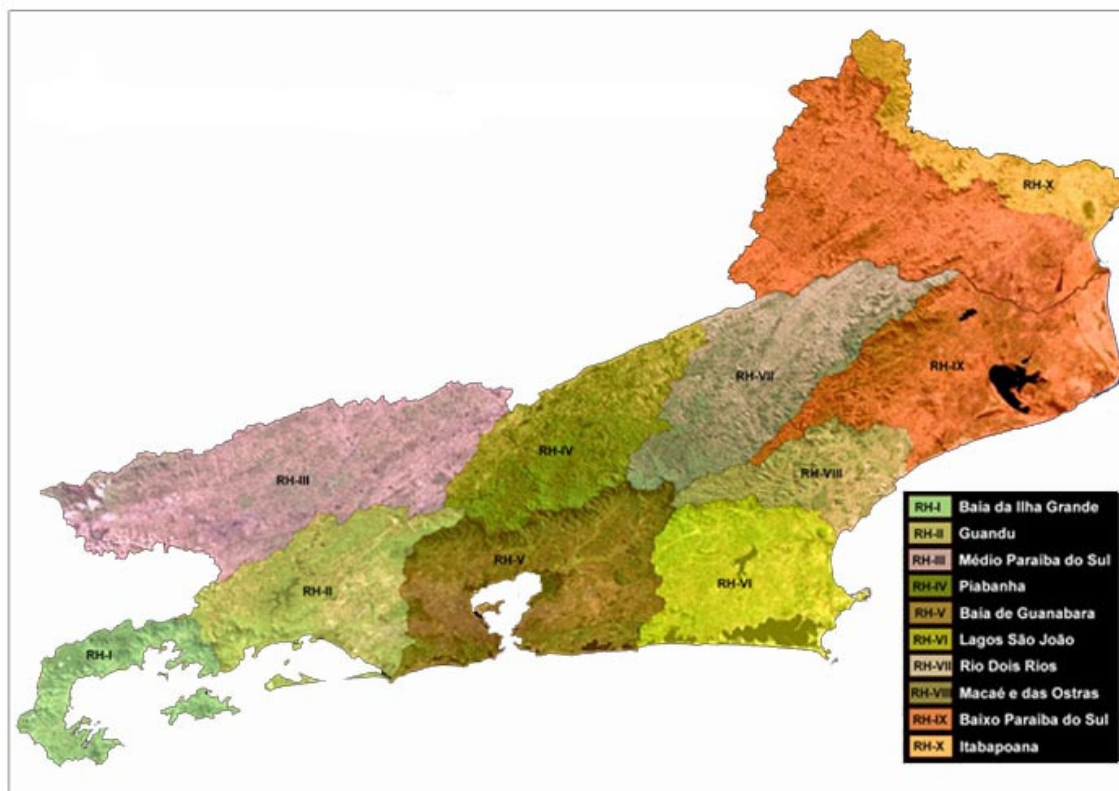


Figura 2 - Ilustração das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro – Resolução CERHI n. 18/06. Fonte: SERLA (2008b)

A referida resolução substituiu o Decreto n. 32.225/02 que visava regulamentar o artigo 10 da Lei Estadual n. 3239/99, definindo que para efeito de gestão o estado deveria ser dividido em regiões de gerenciamento hidrográfico (Figura 3). Sobre a alteração do Decreto 32.225/2002, Teixeira e colaboradores (1992) suportam que “havia necessidade de uma nova configuração da gestão para colocar em prática de forma mais eficaz a cobrança, garantindo o cumprimento do retorno dos recursos para a bacia de origem”. Então, em 2008, no âmbito da Câmara Técnica Institucional Legal do CERHI, discutiu-se amplamente uma proposta de um novo desenho do Estado em Regiões Hidrográficas (RHs) estabelecendo critérios, quais sejam:

em algumas áreas específicas não seriam respeitadas as delimitações por divisores e sim por unidades administrativas devido à inviabilidade gerencial; os comitês deveriam assumir toda extensão da RH em que estivesse inserida, passando a ser área de sua atuação; nomes próprios foram definidos de forma sucinta e representativa da respectiva região; a numeração também foi definida em reunião de câmara técnica; e em casos de muitos conflitos de interesse sobre a delimitação, seriam realizadas reuniões com ampla discussão diretamente com os atores locais (TEIXEIRA *et al*, 2008).

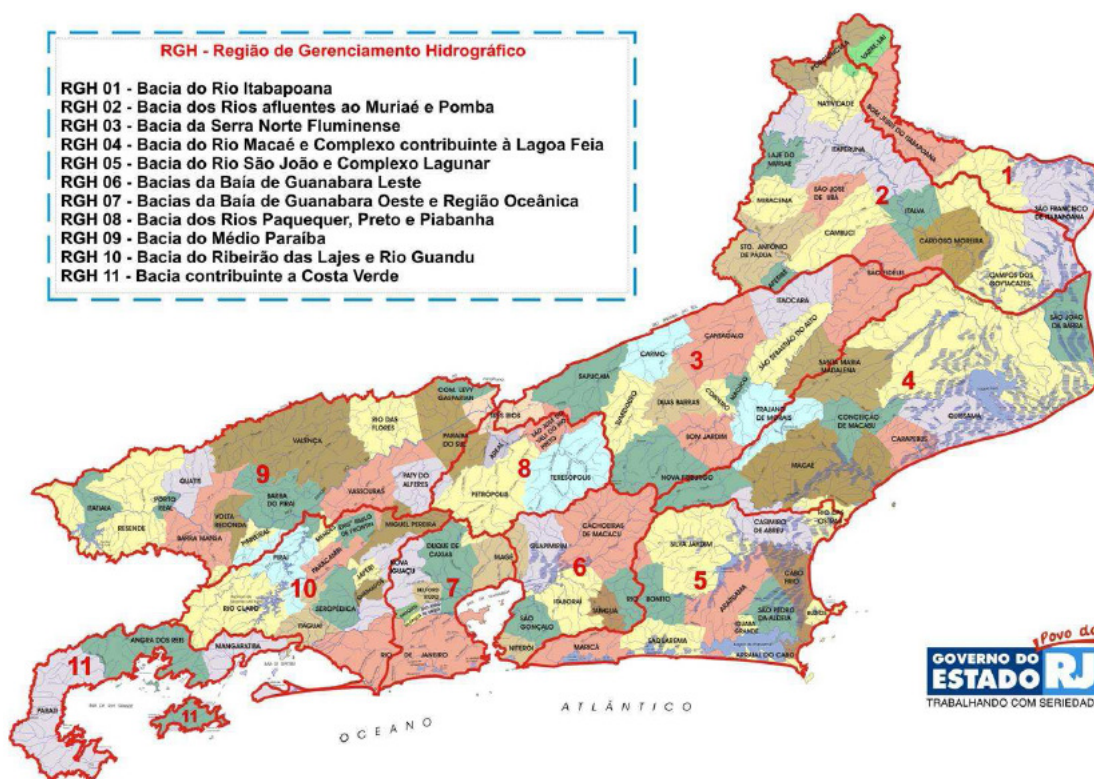


Figura 3 – Ilustração da das Regiões de Gerenciamento Hidrográfico do Estado do Rio de Janeiro - Decreto Estadual 32.225/02. Fonte: Teixeira et al, 2008

Antes do Decreto 32.225/2002 o Estado era dividido em sete Macrorregiões Ambientais, por meio do Decreto Estadual n. 26.058/00 (Figura 4). Essa divisão delimitava os espaços territoriais de planejamento e gestão ambiental, e embora demarque a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, considera a gestão dos recursos ambientais continentais e da zona costeira, e não apenas os recursos hídricos.

Nesse contexto, a bacia hidrográfica do Rio Macaé, a partir de 2000, foi gerida no âmbito da Macrorregião Ambiental 5 (MRA-5), da qual também faziam parte as bacias hidrográficas da Lagoa Imboacica, da Lagoa Feia e microbacias das pequenas e médias lagoas. A partir de 2002, integrou a Região de Gerenciamento Hidrográfico 4. Até que em 2006, assumindo a conformação atual das RHs, integra a RH-VIII juntamente com as bacias hidrográficas do rio das Ostras e Lagoa Imboacica, ficando o complexo contribuinte da Lagoa Feia e o baixo Paraíba do Sul na RH-IX.



Figura 4 - Ilustração das Macrorregiões Ambientais do Estado do Rio de Janeiro.
Fonte: SEMADS, 2001

A bacia hidrográfica do rio Macaé é limitada ao norte, em parte, pela bacia do rio Macabu, ao sul pela bacia do rio São João e Imboassica, a oeste pela bacia do rio Macacu e a leste pelo Oceano Atlântico. A bacia do rio Macaé possui uma área de drenagem de 1.765 Km² e compreende seis municípios. 82% da área da bacia estão no município de Macaé, 8%

no município de Nova Friburgo, onde estão localizadas as principais nascentes, 4,7% no município de Casimiro de Abreu, 4% no município de Conceição de Macabu, 0,65% no município de Rio das Ostras e 0,65% no município de Carapebus. O rio Macaé nasce à 1.560m de altitude na Área de Proteção Ambiental Macaé de Cima em Nova Friburgo, fluindo na direção leste-sudeste e percorrendo cerca de 136 km até sua foz no centro urbano de Macaé (FEEMA, 1989). Os seus principais afluentes são os rios Boa Esperança, Bonito, Sana, Ouriço, D'Anta, Purgatório e São Pedro (FGV, 2002). Existe ainda a contribuição da bacia do rio Macabu para a bacia do rio Macaé (sub-bacia do rio São Pedro), através da transposição das águas pela Usina Hidrelétrica Macabu, localizada em Trajano de Moraes (FERREIRA; MELLO, 2003). A Figura 5 traz a localização da bacia hidrográfica.

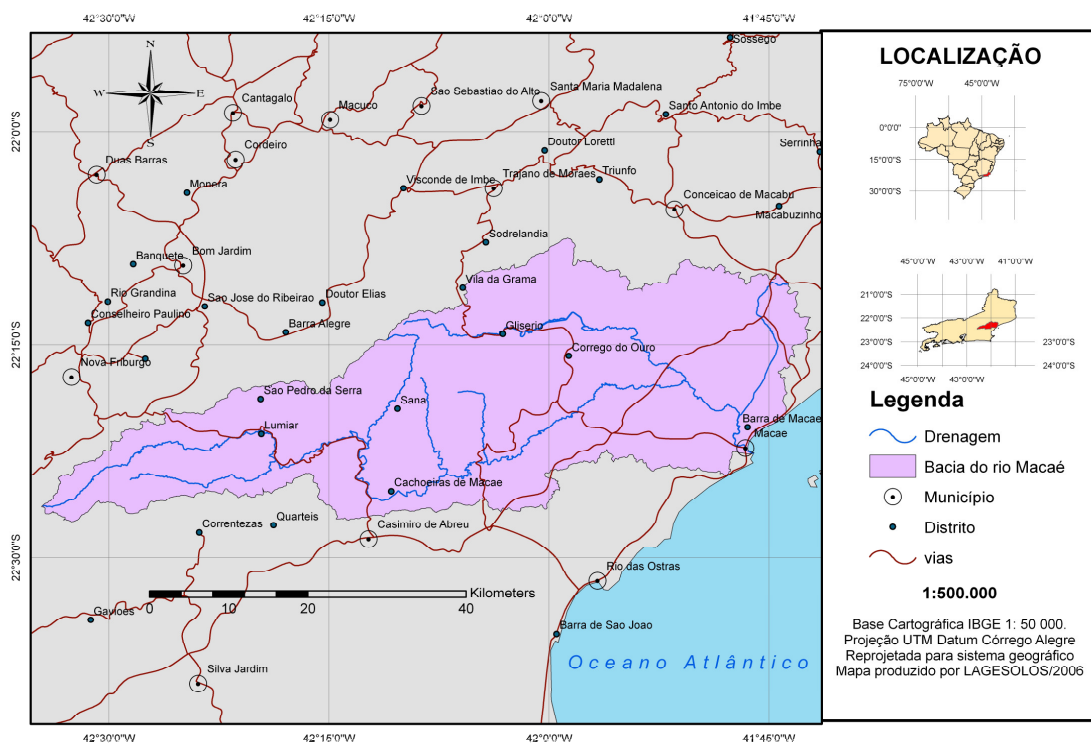


Figura 5 - Mapa de localização da bacia do rio Macaé (RJ). Fonte: Lagesolos/UFRJ, 2006.

A bacia hidrográfica do rio Macaé teve sua vocação modificada a partir da instalação da base da PETROBRAS na década de 70, que desencadeou um acentuado crescimento econômico. As descobertas de novos poços petrolíferos na Bacia de Campos, atualmente responsável por 85% da produção de petróleo do Brasil (ANP, 2007), atraíram novos investimentos levando ao aumento exponencial da indústria de serviços. Os reflexos do aumento populacional são observados na ocupação desordenada nas periferias urbanas do município, em municípios vizinhos, e especialmente sobre os recursos ambientais, particularmente sobre os recursos hídricos da bacia. O lançamento de esgotos domésticos sem

tratamento e a ocupação das margens e das áreas inundáveis são alguns dos fatores responsáveis pelo aumento da poluição hídrica na bacia e pelo agravamento das cheias (FGV, 2002).

Além da atividade industrial vinculada ao setor petrolífero, destacam-se algumas atividades econômicas secundárias no município de Macaé como pecuária e geração de energia. A bacia apresenta dois aproveitamentos hidrelétricos, na sub-bacia do rio São Pedro, a UHE Macabu e UHE Glicério, esta última atualmente desativada. No baixo curso do rio Macaé estão instaladas duas usinas termelétricas, a UTE Mário Lago e a UTE Norte Fluminense. A região serrana da bacia é uma zona de interesse turístico e também vem experimentando crescimento. Particularmente os distritos de Lumiar e São Pedro da Serra, em Nova Friburgo, e do Sana, em Macaé vêm atraindo atividades econômicas ligadas principalmente ao setor de ecoturismo e sofrendo adensamento populacional (FGV, 2002). O distrito de Lumiar não possui sistema de tratamento de esgoto e no distrito do Sana a estação de tratamento de esgotos foi implantada recentemente e a rede coletora de esgotos está em implantação, ou seja, a estação ainda não recebe toda carga de esgotos produzida.

De acordo com a FEEMA (FGV, 2002) o rio Macaé pode ser considerado Classe 2, ou seja, águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. Dentre os usos citados na legislação (BRASIL, 2005) os principais hoje verificados no rio Macaé são: abastecimento de água, recreação de contato primário, diluição de despejos domésticos, industriais e agrícolas, irrigação e geração de energia elétrica (FGV, 2002).

Na bacia hidrográfica do rio Macaé, os primeiros esforços para implantação de um organismo colegiado para discutir e gerir os recursos hídricos se deram no âmbito da Macrorregião Ambiental 5 do Estado do Rio de Janeiro, oficializada em 2000. Neste mesmo ano, foi criado o Consórcio Intermunicipal da MRA-5 (Consórcio MRA-5) com a participação de sete dos onze municípios da região, constituído de forma paritária com dois representantes titulares e dois representantes suplentes de cada um dos setores que o constiuem, a saber: Poder Público, Sociedade Civil e Usuários dos recursos hídricos (FERREIRA *et al.*, 2006).

Sobre os objetivos do Consórcio MRA-5, Ferreira e colaboradores (2006) destacaram:

- Planejar, adotar e executar planos, programas e projetos destinados a promover e acelerar o desenvolvimento sustentável e a conservação ambiental;

- Promover programas e ou medidas destinadas à recuperação, conservação e preservação do meio ambiente, com especial atenção para os solos; as serras; as planícies, a Lagoa Feia, de Cima, Imboassica, Carapebus e demais lagunas e lagoas de menor porte; as bacias hidrográficas dos rios Imboassica, Macaé, Macabu e Imbé, a represa de Macabu a Mata Atlântica, a restinga, as savanas estépicas, as microbacias, praias, costões rochosos, ilhas, enseadas e zona costeira;
- Consolidar os “Cordões de Mata”, como estratégia de manutenção da integridade dos ecossistemas da Mata Atlântica na região, visando associar tal estratégia à perspectiva de ampliação e fortalecimento do Sistema Regional de Unidades de Conservação. Apontou ainda, dentre as ações prioritárias desta estratégia, a promoção de ações do reflorestamento de matas ciliares e nascentes nos alto e médio curso das bacias do Rio Macaé, e das sub-bacias dos Rios Macabu e Ururai/Imbé (principais contribuintes da bacia da Lagoa Feia), bem como estímulo à criação de RPPN’s na região;
- Fortalecer o estabelecimento das Reservas Legais, das Áreas de Preservação Permanente (APP) e das Faixas Marginais de Proteção (FMP) das nascentes, córregos e rios como parte da estratégia nacional de proteção aos ecossistemas da Mata Atlântica e da estratégia regional de proteção à Bacia do Rio Macaé e da Lagoa Feia (MRA-5, 2003 *apud* FERREIRA *et al*, 2006).

Pode-se observar que os instrumentos e as intervenções no território são mais amplas que a gestão dos recursos hídricos somente. No entanto, em 2001, o Consórcio MRA-5, a fim de integrar as ações de gestão dos recursos hídricos na sua área de abrangência, escolheu sob recomendação da SERLA as bacias hidrográficas do Rio Macaé e da Lagoa Feia para constituírem seus respectivos comitês de bacias (MRA-5, 2001 *apud* FERREIRA *et al*, 2006). Apesar da articulação entre instituições integrantes do Consórcio MRA-5 e da formação dos Pró-Comitê da Bacia do Macaé e do Pró-Comitê das Bacias do Macabu/Ururai-Imbé/Lagoa Feia, apenas o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé foi reconhecido e qualificado pelo Decreto Estadual n. 34.243/03, de 04 de Novembro de 2003 (SERLA, 2008a). Segundo Portela e Braga (2007)

[...] essa oficialização está relacionada não só a situações estratégicas da Bacia como, por exemplo, à necessidade de água de qualidade para sustentação das atividades econômicas petrolíferas; ao dinamismo urbano que pressiona a foz do Rio Macaé e à contaminação da Lagoa de Imboassica com efluentes domésticos e industriais, com também à organização política das instituições ambientalistas marcadamente presentes ao longo do processo de formação do Consórcio da Macrorregião Ambiental-5, do Pró-Comitê e do Comitê da Bacia do Rio Macaé (PORTELA; BRAGA, 2007)”.

Desde a criação do CBH Macaé, o Consórcio MRA-5 é a sua entidade delegatária, cumprindo assim o papel da Agência de Águas ou braço executivo. Diferentemente do processo usual de implantação da gestão dos recursos hídricos que se inicia pela implantação dos CBHs, na bacia do Macaé o processo adotado, segundo a diretriz estadual, foi iniciado pela criação do Consórcio Intermunicipal, estratégia considerada controversa em função das diferentes visões de planejamento que podem vigorar nos dois tipos de fórum participativo (PORTELA; BRAGA, 2007). Os conflitos dessa estratégia puderam ser percebidos quando, em 2006, foi institucionalizada uma divisão regional para gestão dos recursos hídricos, diferente da divisão das Macrorregiões Ambientais, e portanto, incompatível com o território político que integrava o Consórcio MRA-5 (PINHEIRO, *et al.*, 2007).

Portanto, em 2006, a bacia do Rio das Ostras foi incorporada, configurando atualmente o CBH Macaé e das Ostras. Antes da Resolução CERHI n. 18/06, a bacia do rio das Ostras integrava o Comitê Lagos São João.

O CBH Macaé e das Ostras funciona com estrutura paritária dos setores de usuários de água, da sociedade civil organizada e poder público (estadual e municipal). O Projeto Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego¹ acompanha as reuniões do CBH desde o final de 2006 e tem relatado os principais assuntos discutidos e as principais deliberações. Nesse período o CBH Macaé e das Ostras elegeu e empossou os representantes do Biênio 2006-2008 e discutiu em suas diferentes instâncias o plano de investimentos na bacia que foi consolidada pela Resolução CBH-Macaé e das Ostras n. 04/2008 (CBH MACAÉ E DAS OSTRAS, 2008b) fonte de recursos para atender o plano de investimento da bacia corresponde principalmente a arrecadação da cobrança da água realizada desde 2003 pelo órgão gestor e que está alocada em uma sub-conta do CBH no FUNDRHI. Estuda-se atualmente como se dará o repasse desses recursos para execução do plano de investimentos.

O CBH iniciou também o processo de implantação do principal instrumento de gestão realizando a “Oficina de Construção Coletiva do Termo de Referência para o Plano Diretor de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Macaé e das Ostras”. Participaram da oficina as representações do comitê que trabalharam durante três dias na produção do termo de referência à luz das diretrizes da Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e das propostas elaborados pela Comissão Pró-Comitê em 2000 (OBSERVATÓRIO AMBIENTAL

¹ O Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego é um projeto do CEFET Campos e tem como objetivo levantar e disponibilizar informações a cerca da temática ambiental na área de abrangência da instituição garantindo a compreensão do público por meio da sistematização e transposição de linguagem. www.cefetcampos.br/observatorioambiental

ALBERTO RIBEIRO LAMEGO, 2008). O termo de referência produzido reflete a preocupação do CBH em garantir o processo participativo da construção do Plano de Bacia.

O CBH Macaé e das Ostras é constituído pelas seguintes instâncias: a Plenária com 27 membros titulares e 27 suplentes com direito a voto, o Diretório Colegiado, o Diretor Geral, o Secretário Geral e as Câmaras Técnicas. O CBH possui cinco Câmaras Técnicas a saber: (i) Assuntos Institucionais e Legais, (ii) Sistemas e Instrumentos de Gestão, (iii) Análise de Projetos e Ciência e Tecnologia, (iv) Lagoas e Zona Costeira e (v) Educação Ambiental, alteradas por meio da Resolução CBH-Macaé e das Ostras n. 02/2008 (CBH MACAÉ E DAS OSTRAS, 2008a), que instituiu a nova Câmara Técnica de Educação Ambiental e alterou a denominação das existentes. Atualmente, o CBH está em processo eleitoral para o Biênio 2009-2011.

2.5 Qualidade da água e índices de qualidade

A qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. A qualidade das águas depende das condições geológicas e geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos e das ações do homem (TUCCI, 2001). As ações antrópicas que mais podem influenciar a qualidade da água são o lançamento de cargas nos sistemas hídricos, a alteração do uso do solo rural e urbano e as modificações no sistema fluvial. Os conceitos de qualidade e poluição estão comumente interligados. A poluição decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causada pelo homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (LIMA, 2001). O crescimento da demanda mundial por água de boa qualidade, a uma taxa superior à da renovabilidade do ciclo hidrológico, é uma das vertentes que caracterizam a crise da água.

O controle da qualidade da água pode se dar em diversas esferas. Evidenciam-se as regulamentações relativas à saúde, que visam garantir o consumo humano e às relativas ao meio ambiente, que visam o controle da poluição hídrica, a compatibilidade com os usos recreativos e o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Em relação aos padrões e condições da qualidade da água destacam-se para diferentes finalidades: (i) o padrão de potabilidade: Portaria Ministério da Saúde n. 518/04 (BRASIL, 2004); (ii) o padrão de corpos d'água: Resolução CONAMA n. 357/05 (BRASIL, 2005); (iii) o padrão de balneabilidade: Resolução CONAMA 274/00 (BRASIL, 2000); (iv) o padrão de lançamento: Resolução

CONAMA n. 357/05; e (v) as regulamentações estaduais como Diretrizes CECA 209 e 215 (RIO DE JANEIRO, 1987; RIO DE JANEIRO, 2007).

Os impactos na qualidade das águas, tanto as superficiais e quanto as subterrâneas, comprometem os usos múltiplos e desencadeiam conflitos regionais e locais. Os impactos sobre os recursos hídricos são relatados por diversos autores (TUNDISI, 2003; TUCCI 2001; LANNA, 2004). Porém, buscou-se tratar aqui apenas os impactos diretos sobre a qualidade da água. Von Sperling (2007) classifica as fontes de poluição entre pontuais ou difusas. As fontes pontuais, como efluentes da indústria e esgoto sanitário, se restringem a um simples ponto de lançamento, o que, no ambiente urbano, facilita o sistema de coleta através de rede ou canais, e posterior tratamento. Já as fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e agrícolas ao longo da bacia hidrográfica, podendo ser intensificadas nos períodos de chuva. O Quadro 5 apresenta as fontes pontuais e difusas relacionando-as com seus maiores poluentes, segundo Davis (1998 *apud* LIMA, 2001).

Categoria dos Poluentes	Fontes Pontuais			Fontes Difusas	
	Esgoto doméstico	Esgoto industrial	Criação de animais confinados	Escoamento agrícola	Escoamento urbano
<i>Material orgânico</i>	X	X	X	X	X
<i>Nutrientes</i>	X	X	X	X	X
<i>Patógenos</i>	X	X	X	X	X
<i>Sólidos suspensos/ Sedimentos</i>	X	X	X	X	X
<i>Sais</i>		X		X	X
<i>Metais Tóxicos</i>		X			X
<i>Materiais Orgânicos Tóxicos</i>		X		X	
<i>Temperatura</i>		X			

Quadro 5 - Categoria dos maiores poluentes por principais fontes.

Fonte: Adaptado de DAVIS *et al.* (1998) *apud* LIMA (2001); MERTEN e MINELLA (2002).

A degradação da qualidade dos recursos hídricos, proveniente dos esgotos domésticos, dos despejos industriais, da criação de animais em confinamento, do escoamento superficial agrícola e urbano, ocorre principalmente, pela grande carga de material orgânico, que na sua oxidação leva à deficiência de oxigênio nos corpos hídricos e também pelo aporte de nutrientes limitantes, nitrogênio e fósforo, que levam ao aumento da produtividade primária das plantas e algas, ocasionando a eutrofização dos corpos hídricos e podendo levar à morte alguns organismos aquáticos pela baixa disponibilidade de oxigênio. Além do dano ao ecossistema, o abastecimento doméstico também pode ser afetado, pois sabor e odor podem

sofrer alterações, ou o manacial pode apresentar toxinas resultantes da floração de algas (VON SPERLING, 2007).

Os impactos que mais ganham destaques estão relacionados ao crescimento urbano, pois este conjuga a concentração demográfica no ambiente e seu padrão de consumo, consequência do modelo de desenvolvimento. Tucci (2001) discute que a consequência da deterioração observada nos centros urbanos brasileiros decorrem do lançamento de esgoto *in natura*, pois a maioria não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos. Já os esgotos industriais são mais controlados, uma vez que as entidades de controle ambiental possuem instrumentos para pressionarem as empresas, além da internalização dos custos pelas empresas ser direta. Os poluentes relacionados aos esgotos industriais vão variar de acordo com o tipo de indústria, ou seja, com sua matéria prima, com seu processo, com seu reúso e com seu tipo de resíduo e efluentes finais.

Quanto aos impactos relacionados ao uso e cobertura do solo, Merten e Minella (2002) destacam os impactos da agricultura na qualidade da água. Nesse caso, as fontes de poluição difusa serão aquelas causadas principalmente pelo deflúvio superficial, a lixiviação e o fluxo de macroporos que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo, como a infiltração e a porosidade. A contaminação está relacionada ao grau de escoamento superficial e subsuperficial e conseqüentemente ao tipo de cobertura vegetal e ao tipo de plantio e manejo do solo. Normalmente a capacidade de infiltração de solos com floresta é alta (PRITCHETT, 1979 *apud* TUCCI, 2002), o que produz pequena quantidade de escoamento superficial, e portando menor aporte de sedimentos e nutrientes no sistema hídrico. Solos expostos sofrem a ação de compactação e a capacidade de infiltração pode diminuir dramaticamente, resultando em maior escoamento superficial. A exploração indevida do solo pode ocasionar processos de erosão hídrica, carreando sedimentos para os rios, e a perda da produtividade do solo pode levar ao incremento com agroquímicos que são transportados através das redes de drenagem em direção ao rio.

As fontes difusas embora sejam difíceis de monitorar são passíveis de controle. As intervenções são basicamente de preservação e de inclusão de práticas conservacionistas de uso do solo. Para Merten e Minella (2002) as áreas ecologicamente frágeis, como áreas declivosas, as nascentes e as margens dos rios, e as áreas de recarga dos aquíferos são bacias vertentes do complexo sistema formador da drenagem dos rios, e portanto, deveriam ser preservadas, ou então exploradas por sistemas agroflorestais com baixo impacto ambiental, que prezassem a matéria orgânica do solo e a manutenção da água no sistema, através da

infiltração da chuva. Os controles se fazem através da educação ambiental e respeito ao Código Florestal - Lei n. 4.771 (BRASIL, 1965).

Quanto à fonte difusa urbana, Tucci (2002) se refere à rede pluvial, que pode ou não estar ligada à rede de esgotos. A qualidade das águas pluviais depende de fatores como frequência da limpeza urbana, intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, época do ano e tipo de uso da área urbana. O autor afirma ainda que a qualidade da água pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário de esgoto cloacal e que a quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto cloacal *in natura*. Os principais poluentes além dos orgânicos são os sais e os metais.

Em sistemas agropecuários, as fontes pontuais se referem à criação de animais em sistemas de confinamento, como a suinocultura, a pecuária de leite e a avicultura, onde grandes quantidades de dejetos são produzidos e lançados diretamente no ambiente ou aplicados nas lavouras (MERTEN; MINELLA, 2002). Entre as atividades de pecuária, a que representa maior risco à contaminação das águas é a suinocultura, devido à grande produção de efluentes altamente poluentes, que são lançados ao solo e nos cursos de água sem tratamento prévio (EMBRAPA, 1998). O material produzido por sistemas de criação de suínos é rico em nitrogênio, fósforo, potássio e material orgânico. A utilização de dejetos de suínos como fertilizantes orgânicos também pode contribuir para a contaminação dos recursos hídricos, caso a quantidade aplicada seja superior à capacidade do solo e das plantas de absorverem os nutrientes presentes nesses resíduos. Dessa forma, poderá haver contaminação das águas superficiais pelo deflúvio quando a capacidade de infiltração da água no solo for baixa, e contaminação das águas subterrâneas quando a infiltração da água no solo for elevada (POTE *et al.*, 2001 *apud* MERTEN; MINELLA, 2002). A Figura 6 ilustra a interrelação entre uso e ocupação do solo e as alterações da qualidade da água apontando as fontes pontuais e difusas, integrando os assuntos abordados.

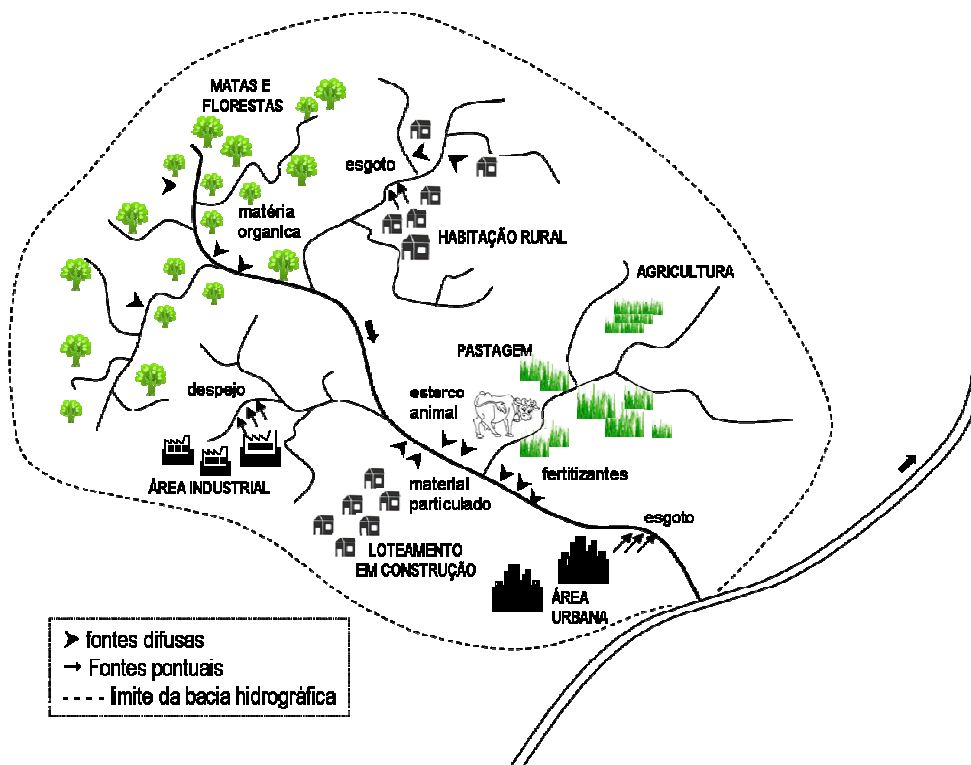


Figura 6 - Exemplos de interrelação do uso e ocupação do solo com as fontes que alteram os parâmetros de qualidade da água. Adaptado de Pinheiro, *et al* (2008) e Von Sperling (2007).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem suas principais características físicas, químicas e biológicas. A seguir será feita a caracterização dos principais parâmetros analisados nesse estudo, separando sempre que possível seus aspectos naturais da influência antrópica.

A **temperatura** da água influi na velocidade das reações químicas, na atividade biológica e na solubilidade de sólidos e gases (VON SPERLING, 2007). Em sistemas de águas naturais há transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). O aumento da temperatura pode ser influenciado pelos sistemas de resfriamento da indústria que descartam a água aquecida no corpo receptor, ou também pela remoção das coberturas vegetais de grandes áreas e a drenagem das águas de irrigação (BARBOSA, 2004). A elevação de temperatura resulta no aumento da taxa de transferência de gases, podendo gerar odores desagradáveis (VON SPERLING, 2007). Favorece ainda as reações de dissolução de sólidos, e altera as propriedades da água como viscosidade e densidade (BARBOSA, 2004). Barbosa (2004) destaca ainda que o aumento da temperatura da água eleva a taxa de crescimento de algas, que podem liberar seus produtos em maiores quantidades alterando a cor e o odor da água. Sobre o efeito na comunidade biológica, a

temperatura elevada influencia o metabolismo de outros microorganismos e decresce a concentração de oxigênio dissolvido na água, afetando os animais superiores, como os peixes.

O **potencial hidrogeniônico** (pH) dá indicação sobre a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade da água. Segundo Esteves (1998), o pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Sperling (2007) destacou dentre as influências naturais a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, e dentre as influências antropogênicas os despejos domésticos (pela oxidação da matéria orgânica) e os despejos industriais (por exemplo, lavagem ácida de tanques). O pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8. Ecossistemas que apresentam valores baixos de pH têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone (ESTEVES, 1998). A variação do pH altera o equilíbrio dos compostos químicos, e valores afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática (VON SPERLING, 2007).

A **cor** da água é resultante da presença de substâncias orgânicas dissolvidas normalmente originárias da decomposição de matéria vegetal como taninos e ácidos húmicos, podendo também estar associada à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês (LIMA, 2001; BARBOSA, 2004). Lima (2001) ressalta que a cor pode ocorrer devido ao material em suspensão presente na água, oriundo, na grande maioria, da lavagem do solo. Denomina-se cor aparente a cor parcialmente resultante da matéria em suspensão, e cor verdadeira a cor sem turdidez, adquirida após filtração (APHA, 1998). A coloração das águas naturais pode variar em função das características e das substâncias presentes, por exemplo, taninos produzem a cor marrom transparente, as algas, cor verde e a suspensão de argilas, cor amarelo-avermelhada. Como fontes antropogênicas de alteração de cor, Barbosa (2004) destaca os efluentes industriais de operações têxteis, tingimento, produção de papel e celulose, alimentos, mineração, produtos químicos, matadouros, ou de outros processos que utilizem corantes. Para consumo humano a cor é removida por razões estéticas e de saúde, pois a matéria orgânica dissolvida é potencial formadora de compostos organoclorados, quando se faz a desinfecção com cloro em águas de abastecimento (APHA, 1998). Sobre este parâmetro a Resolução CONAMA n. 357/05 destaca para classe 1 de águas doces que corantes provenientes de fontes antrópicas devem ser virtualmente ausentes e a cor verdadeira deve ser o nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L. Para águas doces classes 2 e 3 adota-se a cor verdadeira até 75 mg Pt/L (BRASIL, 2005).

A **turbidez** se deve à presença de partículas suspensas na água, variando desde partículas sedimentáveis até partículas coloidais (não-sedimentáveis). Segundo Barbosa (2004), nas águas superficiais o material em suspensão pode ser originário de rochas, argilas, silte e óxidos metálicos resultantes da erosão de solos, além de fibras vegetais, lodo e microorganismos. O mesmo autor atribui como fontes antrópicas os esgotos domésticos e os efluentes industriais, que podem conter ampla variedade de materiais orgânicos e inorgânicos, formadores de colóides estáveis, que também resultam em turbidez. Além da degradação estética, a turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio (LIMA, 2001).

A **condutividade elétrica** é a capacidade que tem uma solução de conduzir a corrente elétrica, dada em função da concentração dos íons presentes. Esteves (1998) ressalta a importância desta variável, que fornece tanto informações sobre o metabolismo do ecossistema aquático como sobre fenômenos que ocorram na bacia de drenagem. Em geral, os valores de condutividade podem estar relacionados ao estado trófico, às características geoquímicas da região e às condições climáticas. Esteves (1998) salienta ainda que a condutividade elétrica pode ajudar a detectar fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos e as diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes. Os esgotos domésticos e industriais apresentam maior condutividade que as águas de abastecimento (BARBOSA, 2004).

Os **sólidos totais** ou resíduo total são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica. Analiticamente são considerados como sólidos dissolvidos aquelas substâncias ou partículas com diâmetros inferiores a 1,2 μm e como sólidos em suspensão as que possuem diâmetros superiores (comunicação pessoal). Os sólidos voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos, ao passo que os sólidos fixos caracterizam a presença de matéria inorgânica ou mineral (LIMA, 2001). Barbosa (2004) destaca que as águas naturais frequentemente contêm sólidos inorgânicos como areia, silte e argila, assim como materiais orgânicos diversos como fibras vegetais, algas, bactérias, entre outros. Materiais em suspensão também podem ser resultantes de esgotos domésticos e industriais, os quais além das partículas sólidas em abundância apresentam líquidos imiscíveis, tais como óleos e graxas. Já nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida, e consiste principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos. Dentre os impactos causados pela presença de sólidos na água, Barbosa (2004) destaca a aparência desagradável e o aumento da

adsorção de agentes químicos ou biológicos. O limite estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/05 é de 500mg/l para os sólidos dissolvidos totais.

O **nitrogênio** é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, principalmente por participar na formação das proteínas, um dos componentes básicos da biomassa (ESTEVES, 1998). Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação, podendo ser encontrado no meio aquático sob a forma de nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), nitrogênio molecular (N_2 , escapando para atmosfera), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (VON SPERLING, 2007). Segundo Esteves (1998) as principais fontes naturais de nitrogênio podem ser a chuva, o material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do meio aquático. As principais fontes antropogênicas são, de acordo com von Sperlin (2007), despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes. Nos corpos hídricos, durante a decomposição, as proteínas são degradadas liberando amônia (NH_3). Se houver oxigênio disponível, a amônia é oxidada a nitrito (NO_2^-), e este a nitrato (NO_3^-), sendo o nitrato a forma assimilável pelas plantas, e portanto importante fonte para os produtores primários (BARBOSA, 2004). Vale ressaltar que o nitrogênio é naturalmente um nutriente limitante, e quando presente em altas concentrações nos corpos d'água leva ao processo denominado eutrofização. Sobre as formas de nitrogênio, von Sperling (2007) esclarece que o nitrato em elevadas concentrações está associado a doenças como metemoglobinemia, e que a amônia livre é altamente tóxica aos peixes. O mesmo autor ressalta ainda que, em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que na forma de nitrato à poluição mais remota.

O **fósforo** encontra-se nas águas naturais na forma de fosfato, originário de fontes naturais e artificiais. As rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato, que pela ação do intemperismo é liberado da rocha, e carregado pelas águas do escoamento superficial sob a forma solúvel (menos provável) e adsorvido às argilas (ESTEVES, 1998). Outras fontes naturais são dissolução de compostos do solo e a decomposição de organismos de origem alóctone e de material orgânico (ESTEVES, 1998; VON SPERLING, 2007). No entanto, em regiões industrializadas e com população adensada, as fontes artificiais são mais representativas do que as naturais. Esteves (1998) destaca dentre as fontes artificiais, os despejos domésticos e industriais e o material particulado de origem industrial, sendo o detergente um dos maiores responsáveis pelo aporte de fosfato. Em bacias rurais, fertilizantes

representam as fontes difusas, e a criação de animais em confinamento, com o aporte elevado de excremento de animais, as fontes pontuais. Barbosa (2004) constata que o fósforo é um nutriente limitante, e que o aumento do aporte em águas superficiais, leva a eutrofização artificial, ou seja, o crescimento exagerado de algas podendo conduzir a efeitos adversos para a saúde humana e para o equilíbrio do ecossistema.

Conhecer a composição iônica dos corpos hídricos pode esclarecer algumas aspectos sobre a bacia de drenagem, uma vez que os cátions e ânions podem se originar de fontes naturais ou antrópicas. Destaca-se aqui a presença do **cloro** em corpos hídricos interiores, que sofrem ou não influência marinha, no sentido de investigar esse componente, que foi introduzido recentemente como fonte antrópica, e que ainda não tem contabilizadas suas consequências ao meio ambiente. Dentre as fontes antrópicas de cloro, destaca-se a cloração da água para desinfecção, e os pesticidas e herbicidas a base de cloro. Baird (2002) destaca que a cloração com ácido hipocloroso mata microorganismos passando facilmente através da sua membrana plasmática. Além de barato, o ácido hipocloroso fornece um poder residual de desinfecção para armazenamento e fornecimento. O autor chama atenção para o risco da cloração da água, uma vez que há produção concomitante de substâncias orgânicas cloradas, como os trihalometanos, algumas das quais são tóxicas, como por exemplo, o clorofórmio. Os riscos da utilização dos organoclorados residem nas propriedades desses compostos, como a estabilidade contra degradação e decomposição ambiental, a alta toxicidade para insetos e a bioacumulação em sistemas biológicos (BAIRD, 2002).

O **oxigênio dissolvido** (OD) é essencial para os organismos aeróbicos afetando profundamente a dinâmica dos ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio são a atmosfera e a fotossíntese, e as perdas são o consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração dos organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como ferro e manganês (ESTEVEZ, 1998). Como fontes antrópicas de OD, von Sperling (2007) elenca a aeração artificial e a produção pelos organismos fotossintéticos em corpos de água eutrofizados. O OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. O OD varia de acordo com a temperatura e com a altitude, sendo sua concentração de saturação igual a 9,2mg/L, ao nível do mar, na temperatura de 20°C. Segundo von Sperlin (2007) valores superiores à saturação são indicativos da presença de algas e valores bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica (provavelmente esgotos). 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 (LIMA, 2001).

A **demanda bioquímica de oxigênio (DBO)** é uma medida indireta do teor de matéria orgânica no corpo d'água e um parâmetro de maior importância na caracterização do grau de poluição das águas (VON SPERLING, 2007). A DBO representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos (LIMA, 2001). DBO₅ é convencionalmente usada, pois considera a medida a 5 dias, incubada a 20°C, associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. Von Sperling (2007) cita que a matéria orgânica tem como origem natural os microorganismos e a matéria orgânica animal e vegetal, e como origem antropogênica os despejos domésticos e industriais. A Resolução CONAMA n. 357/05 fixa valores máximos de DBO para classes 1, 2 e 3 de água doce, sendo eles 3mg/L, 5mg/L e 10mg/L, respectivamente.

Os parâmetros DBO e OD estão correlacionados, uma vez que a introdução de matéria orgânica em um corpo hídrico resulta, indiretamente, no consumo de oxigênio dissolvido, que se deve à estabilização da matéria orgânica feita pelas bactérias decompositoras, que utilizam o oxigênio do meio para sua respiração. Para compreender a poluição por matéria orgânica e sua influência nos processos ecológicos cabe um maior detalhamento dos processos de consumo de oxigênio e como o corpo hídrico se recupera por meio de mecanismos naturais (autodepuração).

A autodepuração é definida como o processo pelo qual as águas poluídas restauram suas primitivas condições de pureza, através da ação de agentes naturais que tendem a tornar estáveis e inócuas as substâncias estranhas presentes. O mecanismo básico da depuração aeróbica apóia-se na atividade de bactérias, alimentando-se de matéria orgânica dos próprios resíduos e de oxigênio para a sua respiração (VON SPERLING, 2007).

Von Sperling (2007) também trata dos aspectos ecológicos do lançamento de despejos em corpos d'água. Pode-se intuir que um ecossistema antes do lançamento encontra-se em equilíbrio dinâmico, e que as alterações produzidas pela fonte de poluição modificam também as comunidades do ecossistema, resultando a princípio numa desorganização seguida pelo retorno ao estado de equilíbrio inicial. O tempo de retorno de uma comunidade ao seu estado inicial se denomina resiliência e a capacidade da comunidade de manter o equilíbrio se denomina resistência. Cada ecossistema hídrico tem sua própria dinâmica, sua resiliência e resistência para cada grau, duração e frequência de impacto, neste caso, lançamento de cargas orgânicas.

De forma geral, von Sperling (2007) relaciona a diversidade biológica com a presença ou ausência de poluição. Em ecossistemas sob condições naturais, tem-se elevada diversidade

de espécies e sob condições perturbadas baixa diversidade de espécies. A diversidade considera dois aspectos: a riqueza, ou seja, número de espécies, e a equitabilidade, ou seja, número de indivíduos para cada espécie. De maneira geral, pode-se assumir que a poluição é seletiva e apenas as espécies mais resistentes àquele novo ambiente se mantêm, ao mesmo tempo, que essas espécies dominantes se proliferam, alterando a cadeia trófica da comunidade, e reduzindo o índice de diversidade. Considerando um despejo com carga predominantemente orgânica e biodegradável, podem ser caracterizadas (quanto à qualidade e ao equilíbrio ecológico) as zonas de autodepuração: (i) zona de degradação, (ii) zona de decomposição ativa, (iii) zona de recuperação e (iv) zona de águas limpas, conforme ilustrado na Figura 7.

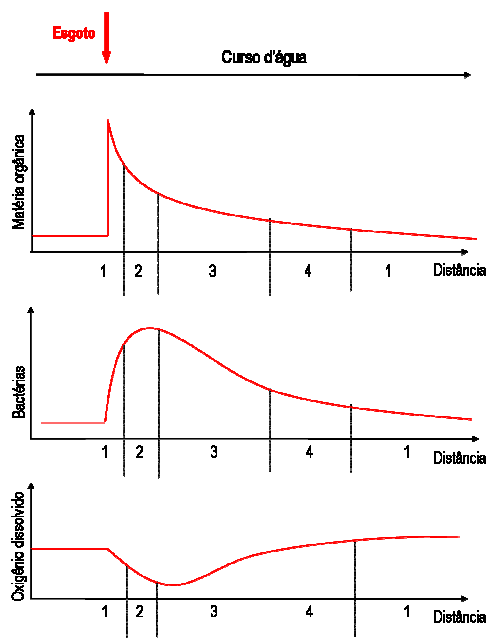


Figura 7 - Delimitação das zonas de autodepuração com perfil esquemático das concentrações de matéria orgânica, bactérias e oxigênio dissolvido. Adaptado de von Sperlin (2007).

Notas: 1) águas limpas, 2) degradação, 3) decomposição ativa e 4) recuperação.

Dentre os parâmetros bacteriológicos, destaca-se a quantificação das bactérias do grupo **coliformes**, um importante indicador de contaminação fecal para caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral. Os microorganismos presentes nos corpos hídricos possuem funções importantes nos ciclos biogeoquímicos, na depuração dos esgotos e na manutenção da vida aquática. Esses organismos estão relacionados à qualidade da água, uma vez que carregam a possibilidade de transmissão de doenças. A presença dos organismos patogênicos associados a fezes na água está relacionada diretamente à saúde da população e às condições de saneamento básico em casa região. Von Sperling (2007) expõe as razões da utilização das bactérias do grupo coliformes como organismos indicadores de contaminação fecal, ou seja,

mesmo não sendo patogênicos, carregam a informação de contaminação por fezes e, portanto a potencialidade de transmitir doenças. Os indicadores mais comumente utilizados são: coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, sendo o último o único que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, embora não exclusivamente humana. A Figura 8 sintetiza os três grupos de indicadores e ilustra a distribuição relativa de cada um deles.

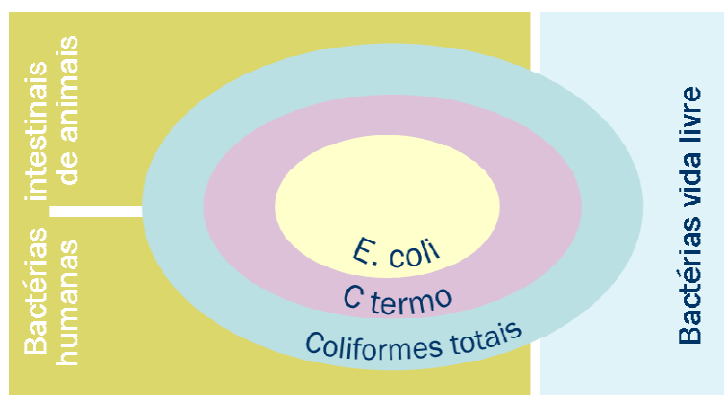


Figura 8 - Esquema dos indicadores de contaminação fecal.

Fonte: Adaptado de von Sperling (2007)

Entre outros microorganismos a *E. Coli* foi recomendada como indicador fecal por várias organizações como *American Public Health Association* - APHA e *World Health Organization* - WHO (GARCIA-ARMISEN; SERVAIS, 2007) e que permeia a legislação brasileira no âmbito ambiental e da saúde, servindo de parâmetro de controle e de planejamento. Esse indicador de contaminação fecal representa o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças e suas altas taxas no ambiente são naturalmente associadas à inoperancia dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento. Leser e colaboradores (1985 *apud* FREITAS *et al*, 2001) destacam que nos países em desenvolvimento, em virtude das precárias condições de saneamento e da má qualidade das águas, as doenças de veiculação hídrica, como febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomielite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase, têm sido responsáveis por vários surtos epidêmicos e pelas elevadas taxas de mortalidade infantil, relacionadas à água de consumo humano.

Garcia-Armisen e Servais (2007) ressaltam que a poluição fecal pode ser de origem animal ou humana, assim como podem-se diferenciar as fontes pontuais e difusas da contaminação microbiológica. Em geral, as fontes pontuais de contaminação em áreas urbanas são estações de tratamento de esgoto ineficientes ou rejeitos não tratados de efluentes

domésticos e industriais lançados diretamente nos corpos d'água. Como fontes não-pontuais de poluição fecal em rios destacam-se o escoamento superficial e lixiviação do solo, originários de animais silvestres, da pecuária e também do esterco utilizado para fertilização de áreas cultiváveis.

Grande parte dos parâmetros de qualidade da água que foram avaliados nesse trabalho possui um padrão regulamentado que determina se a qualidade da água está ou não compatível com o uso existente. O Quadro 6 apresenta os parâmetros abordados pelo presente estudo, e seus limites, conforme estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357/05 e CONAMA n. 274/00 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2000).

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
Fósforo 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 6 - Padrões de qualidade e balneabilidade para corpos d'água doce (Resolução CONAMA 357/05 e CONAMA 274/00).

Nota: o quadro apresenta apenas os parâmetros abordados no estudo. Recomenda-se consultar as resoluções para lista completa e indicações metodológicas. ND – não determinado; NA – não se aplica.

2.5.1 Índices como ferramentas de gestão

O índice é uma integração de certos indicadores com o propósito de comparar a situação atual de um sistema com a situação desejada ou indicada para este sistema (UNESCO, 1984). Segundo Ott (1978 *apud* MAGALHÃES Jr, 2007), o índice é um instrumento para reduzir uma grande quantidade de dados a uma forma mais simples, retendo o seu significado essencial. Para Magalhães Jr. (2007), os indicadores são informações quantitativas de monitoramento de uma situação pontual ou evolutiva, seja ela de caráter político, econômico, social ou ambiental. Os índices exigem a ponderação dos indicadores ou parâmetros, e se inserem no topo de uma pirâmide de informações, cuja base são os dados primários, cada faixa com seu respectivo poder de simplificação, síntese e integração, conforme ilustra a Figura 9.

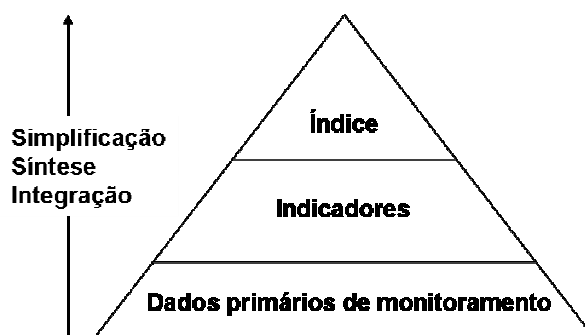


Figura 9- Pirâmide de informação.
Fonte: Magalhães Jr (2007) adaptado de Hammond *et al.*

Como instrumento de gestão ambiental, Magalhães Jr (2007) coloca que os indicadores auxiliam a democratização do conhecimento e a avaliação do desenvolvimento das ações de gestão. Como ferramenta de suporte à decisão, o autor continua, explicando que os indicadores são modelos simplificados da realidade, facilitando a compreensão de fenômenos, aumentando a capacidade de comunicação de dados brutos e, principalmente, de adaptar as informações à linguagem e aos interesses locais dos decisores. Carli e colaboradores (2004) defendem que os indicadores serviriam para aumentar a base de informações necessária para construção de procedimentos participativos, e como consequência, tornar possível o processo de aprendizagem sobre a questão dos recursos hídricos. Estes mesmos autores expõem que os indicadores são mais que uma ferramenta de suporte à decisão: eles deveriam ajudar os atores na definição de objetivos em termos de funções ambientais relevantes, investimentos necessários e custos acessíveis, uma vez que os objetivos das políticas públicas deveriam emergir da interação entre as representações sociais.

Nesse contexto, para alimentar o processo decisório participativo no âmbito das bacias hidrográficas deve-se reconhecer a necessidade de aprimorar e otimizar a capacidade de gerar, transmitir e utilizar as informações. O tratamento diferenciado de certos dados podem gerar informações mais acessíveis e objetivas aos seus usuários, facilitando o elo entre o técnico-científico e a sociedade e os órgãos públicos. Além da utilização de indicadores, existem outras alternativas promissoras de tratamento diferenciado de informações, como a espacialização, que inclusive pode ser utilizada simultaneamente com os indicadores. Teixeira *et al.* (1992) defende a utilização do Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), uma vez que estes permitem a integração de grande quantidade de dados e inúmeras análises, possibilitando ao usuário diversas opções para a visualização final do resultado. Como informação geográfica, o SIG é qualquer conjunto de procedimentos manuais ou computacionais utilizados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados.

Dentre as diversas classes de indicadores ambientais se destacam os indicadores socioeconômicos e de qualidade de vida, os indicadores de estrutura política/legal/institucional, os indicadores ecológicos, ambientais, hidrológicos e de desenvolvimento demográfico. Dentre as metodologias de análise destaca-se a PER (pressão-estado-resposta), desenvolvida pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2003), que classifica indicadores em termos de pressões, estado e respostas, ou seja, indicadores de pressões ambientais, indicadores de condições ambientais e indicadores de respostas sociais/políticas, seguindo uma cadeia causal. Observa-se ainda uma tendência na utilização de indicadores biológicos e ecológicos, tendo em vista que, os organismos, sua população e comunidade se comportam de acordo com as condições ambientais, refletindo as informações sobre os efeitos acumulativos da poluição, assim como seus efeitos sistêmicos. Os organismos característicos de cada ecossistema são chamados bioindicadores (BAPTISTA *et al.*, 2007).

2.5.2 O Índice de Qualidade de Água – IQA

A seguir serão apresentados simplificadaamente os diversos índices, existentes na literatura para avaliação e monitoramento da qualidade da água, assim como os critérios que levaram a escolha do índice empregado neste trabalho. No Quadro 4 os índices estão listados considerando os respectivos tipos de uso, aplicação, parâmetros necessários e possibilidade de utilização, a partir da CPRH/PE (2003) e Magalhães Jr (2007).

Riley (*apud* NIEMEIJER; GROOT, 2008) sugeriu que indicadores ideais deveriam ser universais (aplicabilidade em diversas áreas, situações e escalas), replicáveis, sensíveis a mudanças, de fácil operação, baixo custo, que já tenham sido utilizados (com um histórico de dados comparativos) e que sejam bem difundidos (inclusive internacionalmente). Hamilton (1996 *apud* Magalhães Jr., 2007) acrescenta que os indicadores devem ser simples, flexíveis, objetivos, relevantes, mensuráveis (dados facilmente disponíveis, escalas temporais e custos aceitáveis), comparáveis, além de possuir um nível de acessibilidade social. Os principais critérios de exclusão utilizados para a escolha do índice foram a disponibilidade de dados, a aplicação ao ecossistema de interesse e o custo do monitoramento, conforme sintetizado no Quadro 7. Buscou-se ainda o índice mais amplamente utilizado, principalmente por instituições governamentais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Agência Nacional de Águas (ANA).

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	UTILIZAÇÃO
PRATI	LÓTICO Índice Implícito de poluição	Rio Taquari/ Antas-UFRS Bacia do Paraíba do Sul COPPE/UFRJ	OD, pH, DBO5, DQO, permanganato, sólidos suspensos, amônia, nitratos, cloretos, ferro, manganês, Alquil Benzeno Sulfonato, Carbono Cloriforme Extraído (CCE)	Não, em função dos parâmetros requeridos.
DINIUS	LÓTICO - Índice de Contabilidade Social	Bacia do Paraíba do Sul - COPPE/UFRJ	condutividade elétrica, cor, pH, temperatura, alcalinidade, cloretos, DBO, dureza, OD, coliforme fecal, coliforme total	Recomendado, porém pouco difundido.
McDUFFIE	LÓTICO Índice da Poluição dos Rios (RPI)	Bacia do Paraíba do Sul-COPPE/UFRJ	OD, DBO, DQO, sólidos suspensos, coliforme fecais, nitrogênio total, fosfato total, temperatura. Podem incluir ou excluir parâmetros.	Recomendado.
STONER	LÓTICO Índice de abastecimento e Irrigação		Para abastecimento público: cor, pH, ABS (Alquil benzeno sulfonato), cloretos, cobre, fenóis, ferro, fluoreto, amônia, nitrito, sulfato, zinco, coliforme fecais. para irrigação: condutividade elétrica, alumínio, arsênio, bário, cádmio, cobalto, cobre, cromo, fluoreto, manganês, níquel, sódio, vanádio, zinco, coliforme fecais.	Não, em função dos parâmetros requeridos.
HORTON	LÓTICO Índice geral de qualidade da água	UFMS- Rio Miranda – MS; Rio Taquari/ Antas-UFRS	Condutividade específica, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, temperatura, CCE, cloretos, tratamento de esgoto (% de população atendida), alcalinidade.	Não, em função dos parâmetros requeridos.
O'CONNOR	LÓTICO Índice p/ sustentação da vida selvagem – e Índice para abastecimento público, após tratamento		Para sustentação da vida selvagem e peixes (FAWL): OD, sólidos dissolvidos, turbidez, fenóis, fosfato, níquel, N amoniacal, pH, temperatura. para abastecimento público (PWS): cor, pH, turbidez, alcalinidade, cloretos, dureza, fenóis, fluoretos, nitrato, OD, sólidos suspensos, coliformes fecais, sulfatos.	Não, em função dos parâmetros requeridos.
DEININGER E LADWEHR	LÓTICO Índice para abastecimento público.		OD, DBO, cor, pH, temperatura, turbidez, dureza, fenóis, ferro, fluoreto, nitrato, sólidos dissolvidos, coliformes fecais	Não, específico para abastecimento
WALSKI E PARKER	LÓTICO Índice para recreação.		Cor, pH, temperatura, turbidez, BDO, dureza, fenóis, fluoreto, nitrato, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, coliformes fecais.	Não em função dos parâmetros requeridos.
NUMEROW E SUMIMOTO	LÓTICO Contato humano indireto; remoto: navegação, refrigeração industrial, recreação	Vários pontos da cidade de Nova Iorque	Composto de três índices para usos específico: OD, pH, temperatura, turbidez, dureza, sulfatos, metais (ferro e manganês), cor, cloretos, nitrogênio total, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, alcalinidade, coliformes fecais.	Não em função dos parâmetros requeridos e ser específico para recreação.
IQAD	LÓTICO Índice de Qualidade de água distribuída	SANEPAR (Cia. Saneam. do PR), COPASA (Cia. Saneam. de MG) e CAESB (Cia. Saneam. do DF)	Cloro residual, cor aparente, ferro, fluor, pH, turbidez, coliformes totais.	Não, em função dos parâmetros requeridos e ser específico para água de distribuição.
IGQA	LÓTICO	SABESP (Cia. De	De potabilidade:bacteriológico: coliformes totais; que	Não, em função

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS	UTILIZAÇÃO
	Índice de Qualidade de água distribuída	Saneam Básico do Estado de S P)	podem afetar a saúde da população: cádmio, chumbo, cloro residual livre, cromo total, trihalometano, fluor que podem interferir na qualidade organoléptica da água: alumínio, cor aparente, ferro total, pH, turbidez.	dos parâmetros requeridos e por ser específico para água de distribuição.
IQAR	LÊNATICOS Reservatórios do Estado do Paraná	Instituto Ambiental do Paraná – IAP	Déficit de oxigênio, fósforo total, nitrogênio inorgânico total, clorofila “a”, disco de secchi, dco, tempo de residência, profundidade média, fitoplancton (diversidade), fitoplancton (floração).	Não, em função dos parâmetros requeridos e ser específico para ambientes lênticos.
IQA	LÓTICOS E LÊNATICOS Índice de Qualidade das águas brutas	CETESB – UFMS-Rio Miranda (MS); Rio .Bauru-SP; Rio Taquari /Antas- UFRS -Bacia do Rio Paraíba do Sul- COPPE/UFRJ - Bacia do Prata- ANA, ANEEL, IBAMA- FEAM- MG	pH, turbidez, coliformes fecais, DBO5, nitrogênio total/nitrato, fósforo total/fosfato, temperatura, resíduo total, OD	Recomendado. Simplicidade de aplicação. Aceito por diversas instituições.
IPMCA	LÓTICO E LÊNÁTICO Índice para a preservação da vida aquática	CETESB	Grupo de substâncias tóxicas: cobre, zinco, chumbo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis. Grupo essenciais: OD, pH e toxicidade	Não, em função dos parâmetros requeridos.
IETM	LÊNATICOS Índice para avaliação do Estado Trófico de Lagos, Estuários e Reservatórios.	CETESB, UFRN (Depto de Eng. Química)	Fósforo total, nitrogênio total, transparência, clorofila, ortofosfato solúvel.	Não, apesar de simples é específico para ambientes lênticos.
DIST. PROB. DE ESTADO TRÓFICO	LÊNÁTICO Índice para avaliação do Estado Trófico	UFES	Fósforo total	Não, em função de ser específico para ambientes lênticos.
Modelo Simplificado para avaliação do estado trófico	LÊNÁTICO Índice para avaliação do Estado Trófico	UFPE-Depto Eng Civil e Compesa; Brasília, Rio de Janeiro, São Paulo	Fósforo total	Não, em função de ser específico para ambientes lênticos.
IVA Índice de proteção a vida aquática	LÓTICO E LÊNÁTICO	CETESB	IVA = (IPMCA X 1,2) + IETM Todos do IET + Todos do IPMCA	Não, em função dos parâmetros requeridos.
IT Índice de Toxidez	LÓTICO E LÊNÁTICO Índice de Toxidez	CETESB	Cádmio, chumbo, cobre, cromo total, mercúrio, níquel e zinco.	Recomendado para utilização em estudos específicos e não no monitoramento sistemático.
AVALIAÇÃO DE TOXIDADE AGUDA	LÓTICO	Instituto Ambiental do Paraná-IAP e CPRH	Fator de diluição para <i>daphnia magna</i>	Sim, pela simplicidade. Recomendado para estudo específico.
IAP	LÓTICO E LÊNÁTICO Abastecimento público	CETESB	1. IQA:temperatura d'água, pH, OD, DBO5, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez; 2. parâmetros que avaliam a presença de substâncias tóxicas: teste de mutagenicidade 3. parâmetros que afetam a qualidade organoléptica: fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco	Não recomendado em função dos parâmetros requeridos e por ser específico para abastecimento.

Quadro 7- Índices de qualidade de água com aplicação, parâmetros necessários e recomendação de utilização. Adaptado de CPRH/PE (2003).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi desenvolvido em 1970 pelo *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, por meio de uma pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, na qual cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles,

um peso relativo na série de parâmetros. O IQA foi adaptado em 1975 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de São Paulo, que substituiu o parâmetro nitrato por nitrogênio total e fosfato por fósforo total mantendo-se os pesos e as curvas dos parâmetros. Nos anos seguintes outros estados adotaram esse índice totalizando atualmente dez estados (ANA, 2005).

Uma das vantagens da utilização desse índice é que, além de representar uma média de diversas variáveis em um único número, favorece a sistematização e espacialização da informação. Por outro lado, a principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre elas (CETESB, 2003). Além disso, o IQA é refletido as condições da água principalmente quanto à poluição orgânica, excluindo demais parâmetros indicativos de outros tipos de atividades, como a industrial, extração mineral, dentre outras.

Nove parâmetros compõem o Índice de Qualidade de Água (IQA) que classifica a amostra em 5 categorias de qualidade (ANA, 2005), considerando as curvas médias para cada parâmetro, apresentadas na Figura 10, bem como seu peso relativo correspondente, apresentado no Quadro 8. Pode-se observar que os maiores pesos são dos principais parâmetros indicativos da poluição por matéria orgânica, em especial por esgoto.

Parâmetro	Peso W_i
Oxigênio Dissolvido (%OD)	0,17
Coliformes fecais (NPM/100ml)	0,15
pH	0,12
DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO_3)	0,10
Fosfatos (mg/L PO_4)	0,10
Temperatura ($^{\circ}C$)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

Quadro 8 - Parâmetros que compõem o IQA e seus pesos respectivos. Fonte: ANA (2005).

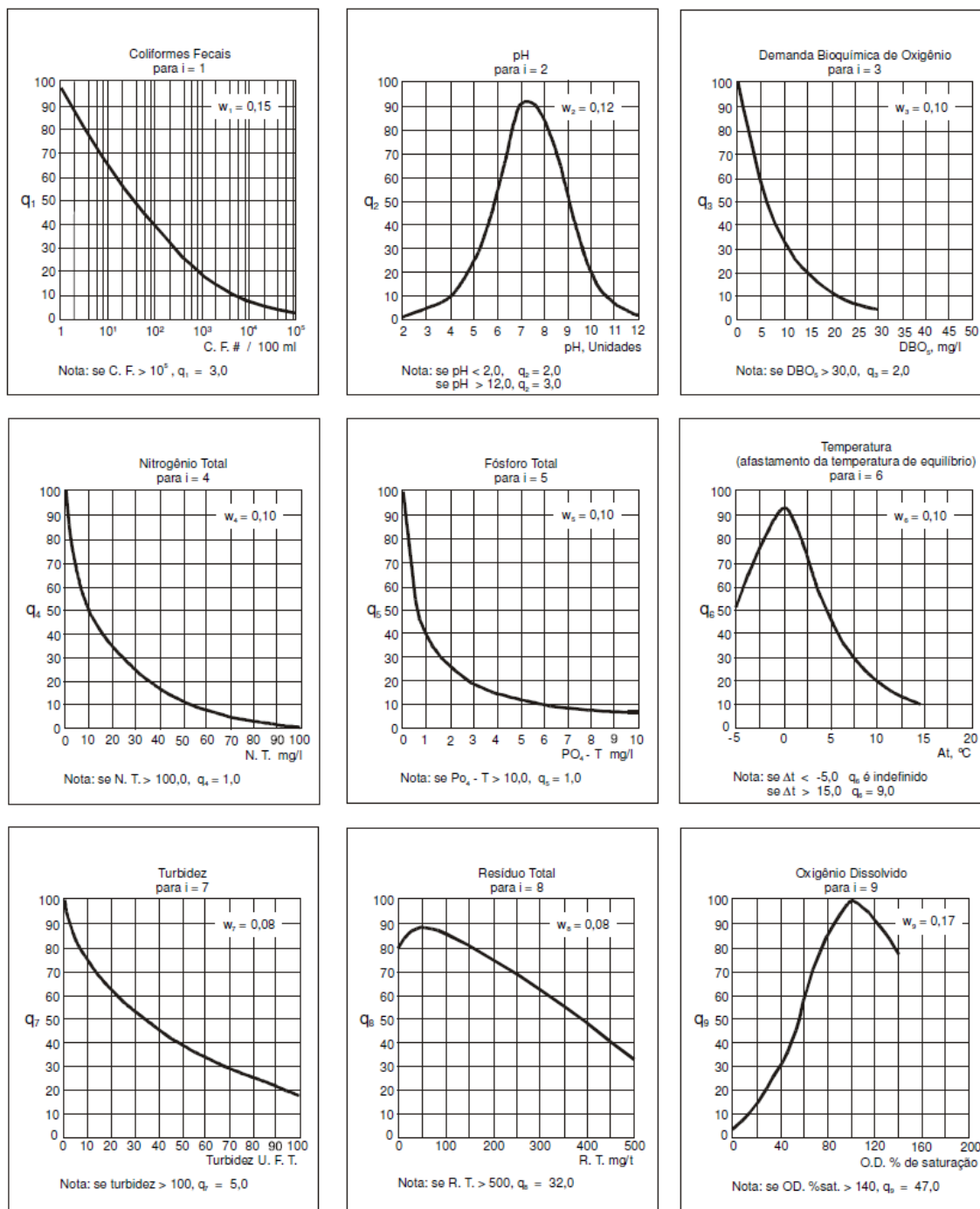


Figura 10 - Curvas médias de variação de qualidade das águas.

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

O IQA é calculado pelo produtório ponderado dos valores de qualidade para cada parâmetro (q_i) considerando os pesos (w_i), de acordo com a equação 1.

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad \text{eq. 1}$$

Onde:

IQA – índice de qualidade da água, 0 a 100

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

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores finais do IQA são expressos em categorias de qualidade e podem ser representados por cores, facilitando a assimilação dos resultados. O Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM manteve a classificação sugerida pelo NFS, e a CETESB utiliza uma outra classificação, conforme apresenta o Quadro 9.

Nível de Qualidade	Valor IQA IGAM	Nível de Qualidade	Valor IQA CETESB
Excelente	$90 < IQA \leq 100$	Ótima	$80 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$	Boa	$52 < IQA \leq 80$
Médio	$50 < IQA \leq 70$	Aceitável	$37 < IQA \leq 52$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	Ruim	$20 < IQA \leq 37$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$	Péssima	$0 < IQA \leq 20$

Quadro 9- Níveis de qualidade segundo interpretações do IGAM e CETESB.

Fonte: CETESB (2006) e SEMAD (2005).

Os parâmetros utilizados para compor o IQA visam principalmente verificar o impacto das fontes de poluição e avaliar se sua qualidade é adequada ao uso atual ou pretendido. Cabe destacar que o IQA é um indicador da contaminação orgânica por esgotos domésticos e industriais, prestando-se para determinação de níveis de qualidade para usos da água pela população humana, não contemplando outros usos como proteção das comunidades aquáticas, da manutenção da biodiversidade e da integridade do corpo hídrico.

Para atender às demandas da qualidade necessária para usos específicos, e visando contemplar a maior complexidade de poluentes gerados e a deficiência do sistema de tratamento de esgotos foram desenvolvidos outros índices. Como, por exemplo, para trechos

destinados à captação de água para o abastecimento humano é indicado utilizar o IAP (índice de qualidade da água bruta para abastecimento público) que congrega o IQA e o ISTO (índice de substâncias tóxicas e organolépticas). Já para trechos com uso predominante de recreação de contato primário é indicado o IB (índice de balneabilidade) (CETESB, 2006). Baptista *et al.* (2007) ressalta que os programas de monitoramento de ecossistemas aquáticos sob responsabilidade das autoridades brasileiras consideram em geral apenas análises químicas da água, as quais são inadequadas para obter aspectos ecológicos dos corpos hídricos. Nesse contexto, para monitoramento da comunidade aquática estão disponíveis o IVA (índice de qualidade de água para proteção da vida aquática) e o IPMCA (índice dos parâmetros mínimos para preservação da vida aquática) e o IET (índice de estado trófico) (CETESB, 2006). O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) elaborou um sistema de avaliação de água para os rios, pois observou que muitas vezes o índice mascarava parâmetros fora dos padrões da regulamentação. Portanto, esse sistema considera além dos parâmetros integrantes do IQA, seu grau de comprometimento com o padrão de qualidade estabelecido (CPRH/PE, 2003).

3 METODOLOGIA

A fim de integrar as informações necessárias para subsidiar o processo decisório no âmbito do CBH, a metodologia deste trabalho se baseou nos procedimentos de enquadramento dos corpos de água, especialmente no conteúdo do relatório técnico, conforme descrito por Leeuwstein (2000) e abordado na Resolução CNRH n. 12/2000 (BRASIL, 2000). Para atender aos princípios destacados por Magalhães Jr. (2007) se buscou compatibilizar a linguagem e a apresentação das informações obtidas aos interesses dos decisores, por meio da integração da informação, pelo índice de qualidade, e da espacialização da informação, via mapas e cartogramas. A Figura 11 apresenta um esquema da metodologia utilizada para este estudo.

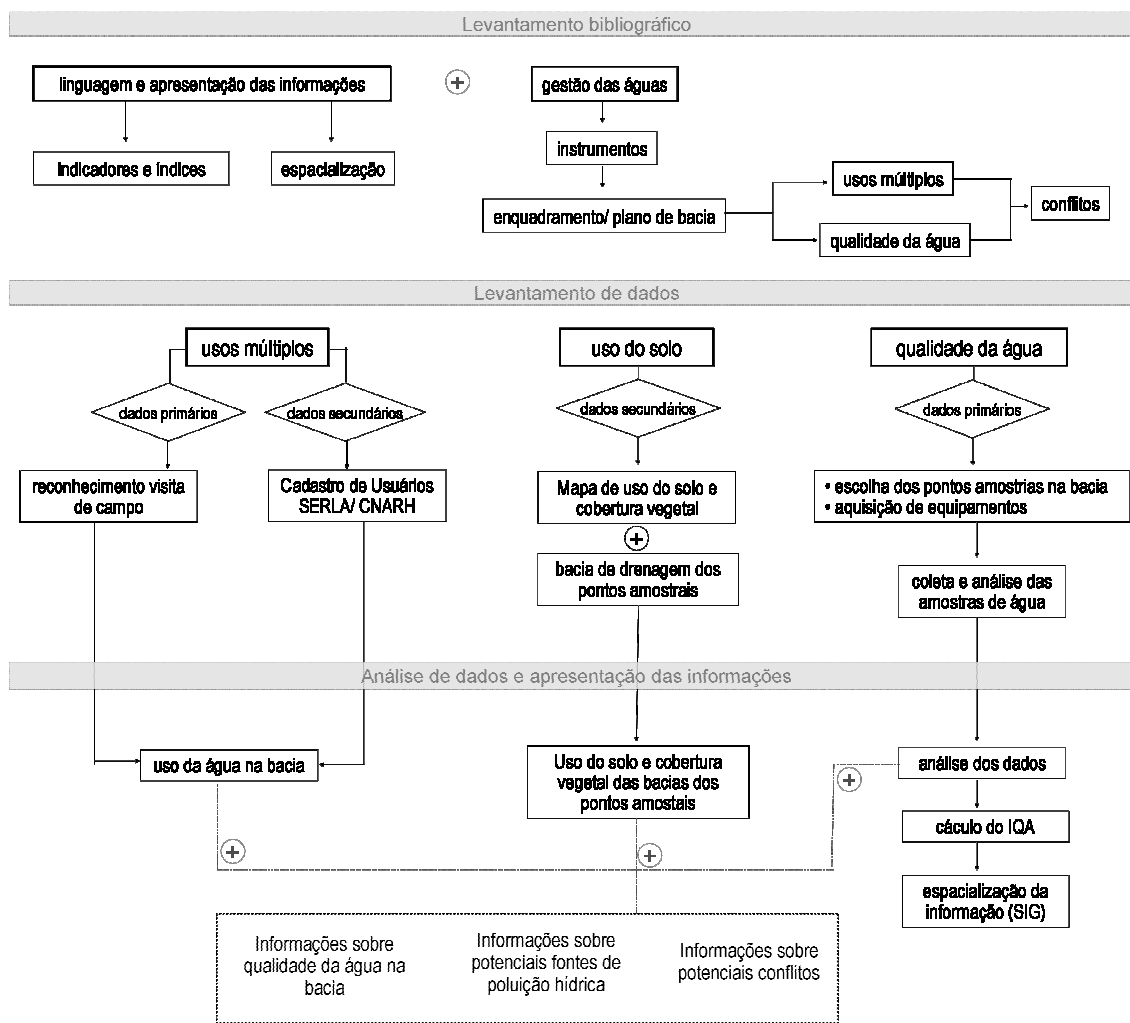


Figura 11 - Esquema da metodologia utilizada no trabalho.

Pela pesquisa bibliográfica, procurou-se compreender o contexto técnico, jurídico e histórico da gestão das águas. Foi levantada a base técnica dos instrumentos de enquadramento dos corpos de água segundo seus usos preponderantes e do plano de recursos hídricos, a fim de identificar as informações relevantes para o processo decisório no âmbito desses instrumentos. Destacaram-se informações importantes atualizadas sobre a qualidade da água na bacia, os usos múltiplos da água e o uso do solo na bacia, a fim de caracterizar a qualidade dos recursos hídricos, as potenciais fontes de poluição pontual e difusa e os conflitos potenciais pelo uso da água e da disponibilidade qualitativa.

As informações disponíveis sobre os usos da água e sua qualidade na bacia hidrográfica do rio Macaé foram obtidas no âmbito de três principais trabalhos: i) “Perfil Ambiental - Municípios de Macaé e Quissamã” (FEEMA, 1989); ii) “Subsídios para Gestão dos Recursos Naturais das Bacias Hidrográficas dos Rios Macabu, São João, Macaé e Macabu” e outros títulos no âmbito do Projeto Planágua (SEMADS/GTZ, 2001); e iii) “Plano Preliminar de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Macaé” elaborado no projeto de pesquisa de “Estudo de Cheias no baixo curso do rio Macaé em especial sobre o núcleo urbano”, sob o convênio SERLA/ SEMADUR/ UTE NORTE-FLUMINENSE (FGV, 2002).

Para análise dos usos múltiplos na bacia foi utilizado o banco de dados do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) disponibilizado pela SERLA. Recentemente a SERLA unificou o cadastro estadual com o cadastro nacional, e está trabalhando no processo de migração dos usuários dos antigos do CEUA (Cadastro Estadual dos Usuários da Água) e GESTIN (Sistema de Gestão Integrada da Bacia do Rio Paraíba do Sul) para o CNARH. Os dados dos usuários cadastrados foram filtrados por municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Macaé. Em seguida, os dados dos usuários pertencentes à bacia foram também filtrados. No total, foram selecionados 38 usuários da água cadastrados na bacia. As informações relevantes, como tipo de uso, vazão de captação e lançamento, corpo hídrico doador e receptor, entre outras, foram dispostas em uma tabela a fim de gerar informações compiladas. Além dos dados secundários foi feito levantamento dos usos da água, especialmente de recreação em visita a campo, por meio de observações registradas (fotografias), entrevistas informais com moradores das localidades e conhecimento prévio da região pela equipe do CEFET Campos/UNED Macaé. Para identificação dos usos de preservação e proteção do ambiente aquático utilizou-se o mapa georreferenciado das Unidades de Conservação da categoria Proteção Integral do estado do Rio de Janeiro, disponibilizadas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF).

Para a caracterização da qualidade da água na bacia do rio Macaé foram realizadas três campanhas entre os períodos de março a agosto ao longo do leito principal da bacia. O rio foi subdividido em quatro trechos: (i) alto; (ii) médio-alto; (iii) médio-baixo; e (iv) baixo curso. Em cada um dos trechos foram selecionados três pontos, totalizando doze pontos de amostragem, conforme ilustrado no Quadro 10 e na Figura 12. Durante a primeira coleta foi constatada a dificuldade de acesso ao ponto MAC08, a jusante da confluência do córrego do Salto, que foi substituído pelo ponto MAC13, a jusante da confluência do rio São Pedro.

Trechos	Código	Localização	Coordenadas Geográficas	Elevação (m)
(i)	MAC01	Rio Macaé a jusante da localidade de Macaé de Cima	S 22°21'49,4" W 42°25'24,8"	812
	MAC02	Rio Macaé a jusante da localidade de Galdinópolis	S 22°22'18,2" W 42°24'05,4"	770
	MAC03	Rio Macaé a jusante da localidade de Lumiar	S 22°20'53,9" W 42°19'27,0"	669
(ii)	MAC04	Rio Macaé a jusante da confluência com o rio Bonito (Encontro dos Rios)	S 22°23'12,0" W 42°18'33,6"	535
	MAC05	Rio Macaé a montante da localidade de Cascata	S 22°22'01,3" W 42°15'27,9"	370
	MAC06	Rio Macaé a jusante da confluência com o rio Sana (Barra do Sana)	S 22°22'18,7" W 42°12'18,7"	203
(iii)	MAC07	Rio Macaé a montante da localidade de Figueira Branca (Ponte de Arame)	S 22°24'42,9" W 42°12'30,3"	67
	MAC08	Rio Macaé a jusante da confluência com o córrego do Salto*	S 22°24'08,9" W 42°07'53,2"	61
	MAC09	Rio Macaé a jusante da confluência com o córrego D'anta	S 22°23'18,0" W 42°03'57,1"	46
(iv)	MAC10	Rio Macaé retificado, sobre a ponte RJ168	S 22°19'37,8" W 41°58'59,1"	17
	MAC11	Rio Macaé retificado a jusante das usinas termelétricas, sobre a ponte na BR101	S 22°17'45,4" W 41°52'49,3"	12
	MAC12	Rio Macaé próximo a sua foz no oceano Atlântico, sobre a ponte da Barra	S 22°22'11,3" W 41°46'37,6"	4
	MAC13	Rio Macaé a jusante da confluência com o rio São Pedro, na localidade Imburo **	S 22°18'04,4" W 41°49'55,1"	9

Quadro 10- Código, localização, coordenadas geográficas e altitude dos pontos coletados.

Nota: O ponto MAC08 foi verificado apenas na primeira coleta, sendo substituído nas demais coletas pelo ponto MAC13.

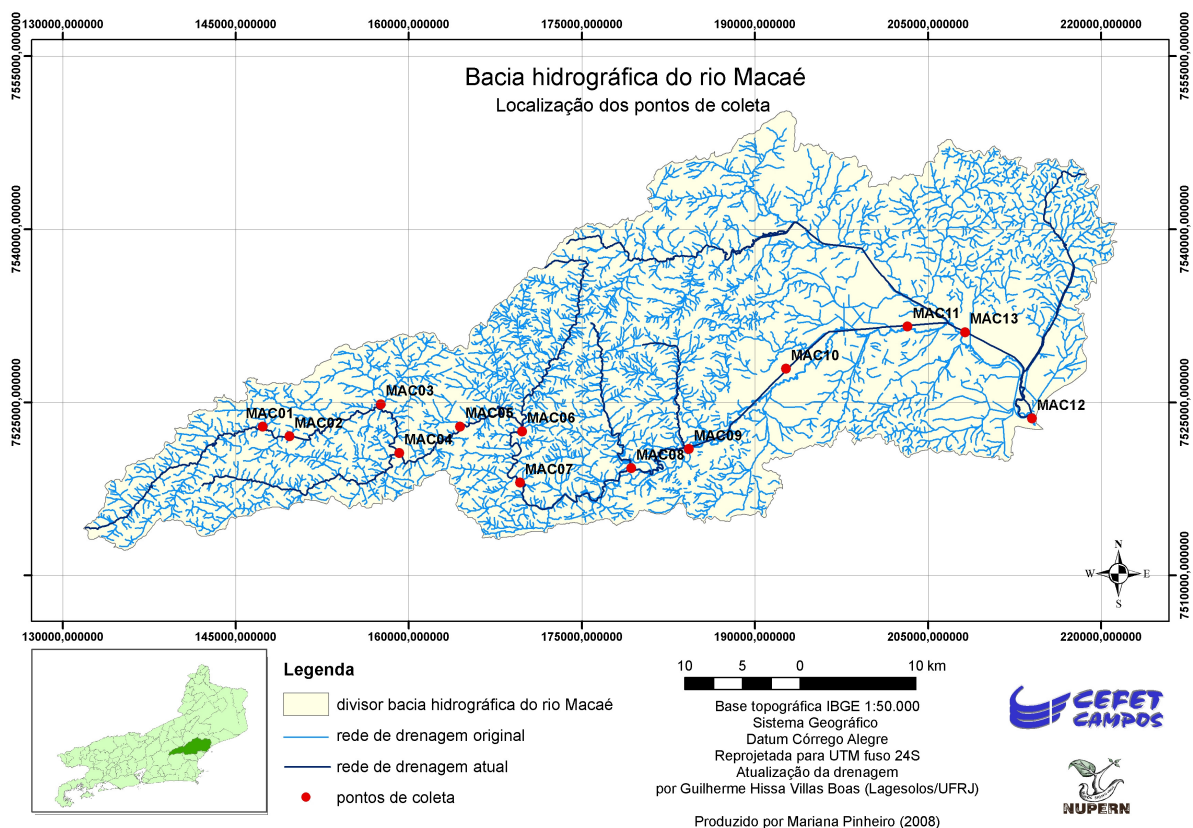


Figura 12- Bacia hidrográfica do rio Macaé: rede de drenagem e pontos amostrais.

Nas amostras coletadas foram analisados os seguintes parâmetros físicos, químicos e biológicos: temperatura, turbidez, resíduo sólido total, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), cloro livre e cloro total, fósforo total, nitrogênio nitrato, nitrito e amoniacal, e coliformes totais e *E. coli*. Foram realizadas medições *in situ* de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade e turbidez, com auxílio do medidor de OD 55 YSI, do condutímetro *Star Orion* e do turbidímetro portátil *Chemetrics I-1300*, respectivamente. No laboratório de química do CEFET Campos/UNED Macaé, o pH foi obtido via medidor portátil *Star Orion*. Os demais parâmetros foram analisados segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA,1998), pelo laboratório de análises ambientais do Centro de Tecnologia Ambiental FIRJAN/SENAI no Rio de Janeiro, a saber: resíduos sólidos totais (sólidos totais secos a 103 – 105°C); cloro livre e total (método colorimétrico DPD), nitrogênio amoniacal (método eletrodo seletivo), nitrito (método colorimétrico), nitrato (método eletrodo íon seletivo), fósforo total (método ácido ascórbico), DBO (teste de DBO em 5 dias) e a

quantificação de coliformes totais e *E. coli* pelo método do substrato cromogênico definido (Colilert®).

Os dados obtidos (Apêndice A) foram interpretados com apoio do pacote Minitab (MINITAB, 2007) que efetuou as análises de variância (ANOVA) a fim de verificar se existem variações significativas entre as médias dos parâmetros físico-químicos e biológicos de acordo com o ponto de coleta. Todas as análises foram realizadas com 95% de confiança (0,05% de significância), permitindo rejeitar ou não a hipótese nula, ou seja, do conjunto de dados serem iguais. Quando os dados apresentavam variações significativas era possível determinar o grau de relação com fator escolhido, no caso, o local dos pontos de coleta. Cabe ressaltar que apenas os parâmetros medidos em campo possuem os dados das 3 campanhas. Os resultados dos demais parâmetros correspondem as campanha 1 e campanha 2.

Os dados de qualidade da água foram comparados aos padrões e condições estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357/2005 (BRASIL, 2005) e Resolução CONAMA n. 274/2000 (BRASIL, 2000). Em seguida foram analisadas as conformidades para cada ponto e para cada parâmetro, a fim de gerar indicadores de conformidade da qualidade de água, conforme apresentado por Magalhães Jr. (2007). No caso, foram utilizados: percentual de pontos conformes por parâmetro e percentual de não conformidade dos parâmetros e percentual de violação para os diversos usos previstos pelas classes 1, 2 e 3 (BRASIL, 2005) e para uso recreativo de contato primário (BRASIL, 2000).

Nove parâmetros (oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez e resíduos totais) foram reunidos a fim de compor o Índice de Qualidade de Água (IQA) que classifica a amostra em 5 categorias de qualidade, considerando suas curvas médias de variação da qualidade da água e atribuindo um peso para cada parâmetro, conforme apresentado no Quadro 8. O valor do IQA foi calculado empregando o procedimento descrito por von Sperlin (2006), em planilha eletrônica, a qual foi alimentada com os parâmetros obtidos na primeira e segunda coleta, após a introdução das equações e intervalos de valores.

A partir da análise do uso do solo foi possível identificar a vocação das áreas, relacionar os usos da água e inferir fontes de degradação difusas e de pressões antrópicas. Para esta análise foi utilizado o mapa temático de uso solo e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Macaé do ano de 2005 (Figura 13), produzido por Moté (2008) a partir de interpretação visual da imagem de satélite *CBER* 2005.

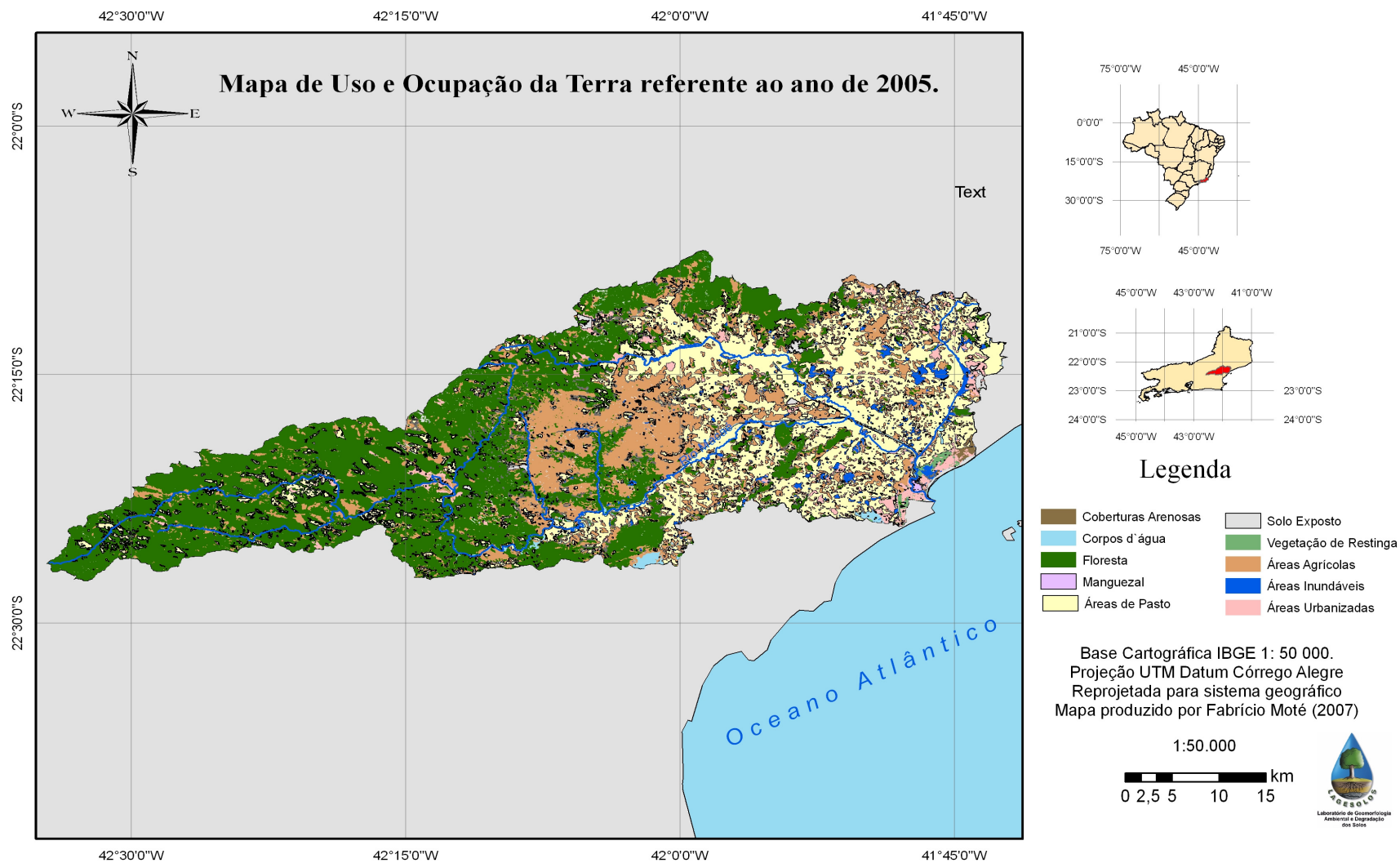


Figura 13 - Mapa temático de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Rio Macaé em 2005 (MOTÉ, 2008).

Para manipulação das informações espacializadas em ambiente SIG, foram utilizados o software *ArcGis* 9.2 – ESRI e a carta topográfica do IBGE na escala de 1:50.000 para avaliação do uso e ocupação da terra, uso da água e áreas protegidas. Por ser do ano 1968, a carta topográfica não contempla a retificação no baixo curso do rio Macaé e do rio São Pedro promovida pelo DNOS, tendo sido atualizada por Lagesolos/UFRJ. Para as análises e elaboração de mapas, as bases topográficas e os mapas temáticos foram reprojctadas para UTM (Universal Transverse Mercator), fuso 24 estendido, para toda bacia hidrográfica. Para verificação da relação entre o uso e ocupação do solo e a qualidade de água foram delimitadas as microbacias de drenagem correspondentes a cada um dos 12 pontos de coleta, ou seja, cada ponto foi considerado um exutório. De acordo com as orientações de Oliveira (em fase de elaboração²), as análises foram feitas a partir do cruzamento das informações do uso e ocupação do solo com as delimitações das microbacias em três níveis: (i) para verificar a contribuição da microbacia como um todo; (ii) para verificar a contribuição dos usos e ocupações marginais ao rio, na qual considerou-se a delimitação do *buffer* de 50m da rede de drenagem; e (iii) para verificar a contribuição local, na qual considerou-se 50m no entorno do ponto e também as observações realizadas em visita, destacando possíveis intervenções. Para espacialização das informações da qualidade de água, do uso da água e para a análise dos conflitos potenciais optou-se pela utilização de cartograma, no qual foram extraídas todas as informações georreferenciadas do mapa temático, e diminuindo o número de referências cartográficas, facilitando assim a visualização das informações relevantes para os decisores. Os resultados preliminares do trabalho foram apresentados para os representantes do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Macaé e das Ostras em dois momentos. Em 10 de julho para a Plenária e em 17 de setembro de 2008 para o Diretório Colegiado e Câmaras Técnicas.

² Tese de doutorado em elaboração por Andrea Franco Oliveira pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade da água do curso principal do rio Macaé

4.1.1 Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas

4.1.1.1 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos foram analisados ao longo do curso principal do rio Macaé nos pontos coletados no sentido montante à jusante, ou seja do ponto MAC01 na cabeceira ao ponto MAC12 na foz. O resultados (Apêndice A) são apresentados para cada campanha e, quando pertinente, a análise estatística de variância (ANOVA) é interpretada.

Temperatura

A análise de variância rejeitou a hipótese de que as médias dos valores da temperatura sejam iguais ($P=0,007$; $P<0,05$), indicando assim que há uma variação nos valores de temperatura e que esta variação pode ser explicada em 60% ($R-Sq=59,48\%$) pela variação longitudinal no rio, ou seja, pela escolha dos pontos de coleta (Figura 14). A temperatura variou entre 15,7°C e 26,7°C com valores mais baixos no alto curso e elevando-se gradativamente até atingir a foz (Figura 15). Além da temperatura do ar que varia com a altitude e das condições climáticas no dia da coleta, a temperatura da água pode sofrer influência da mata ciliar, responsável pelo sombreamento no leito do rio. Em geral, o rio Macaé apresenta mata ciliar nos trechos do alto e médio cursos. No entanto, tal relação poderá ser verificada após a análise do uso e cobertura do solo nas margens do rio Macaé.

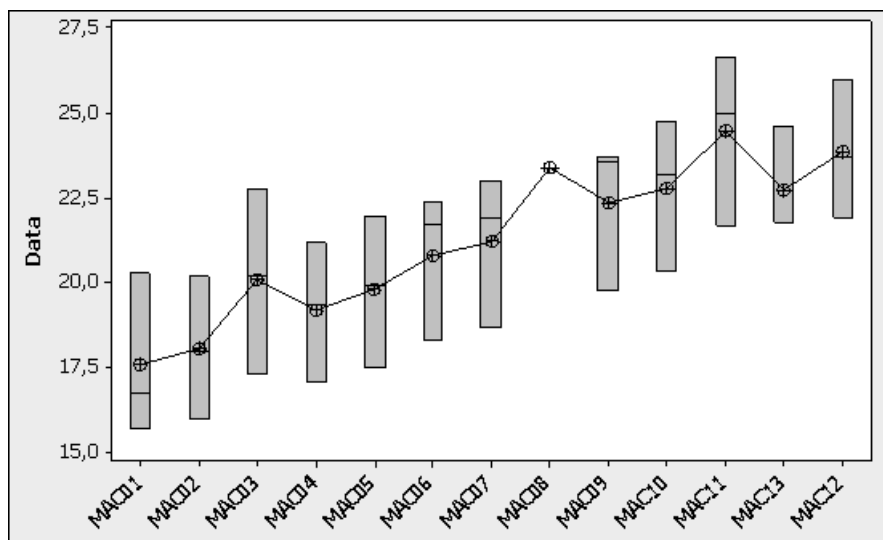


Figura 14 - Boxplot dos valores de temperatura nas 3 campanhas ao longo do rio Macaé

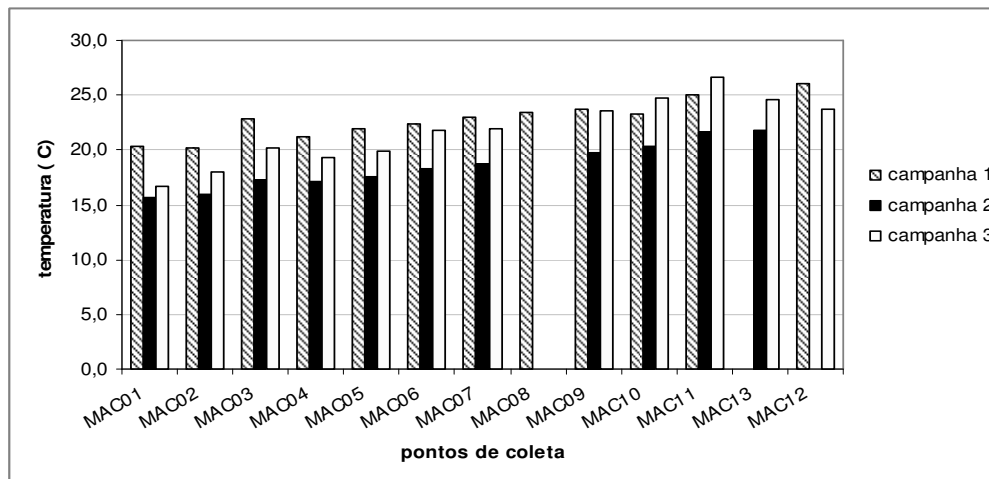


Figura 15 - Variação da temperatura ao longo do rio Macaé

pH

Em geral, o pH não sofreu grandes alterações ao longo do rio, conforme observado pela análise de variância que falhou em rejeitar a hipótese de que as médias dos valores eram iguais ($P=0,196$; $P>0,05$). O pH se manteve próximo à neutralidade nas três campanhas variando de 6,31 a 8,15 (Figura 16). Na Figura 17 observa-se uma leve acidificação nas águas a partir do ponto MAC08. A exceção se deu durante a campanha 3 quando o ponto localizado na foz do rio (MAC12) que teve pH alcalino igual a 8,15.

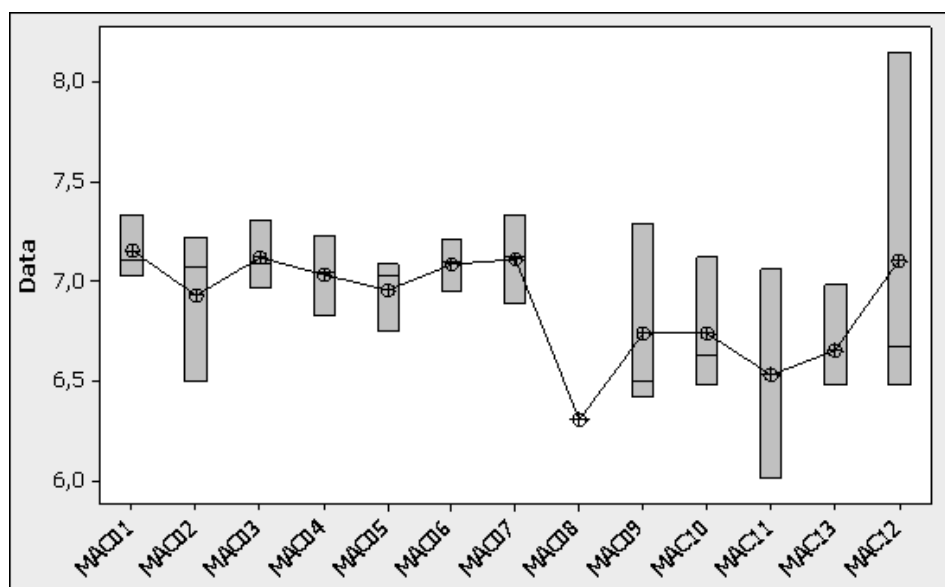


Figura 16 - Boxplot dos valores de pH nas 3 campanhas ao longo do Rio Macaé

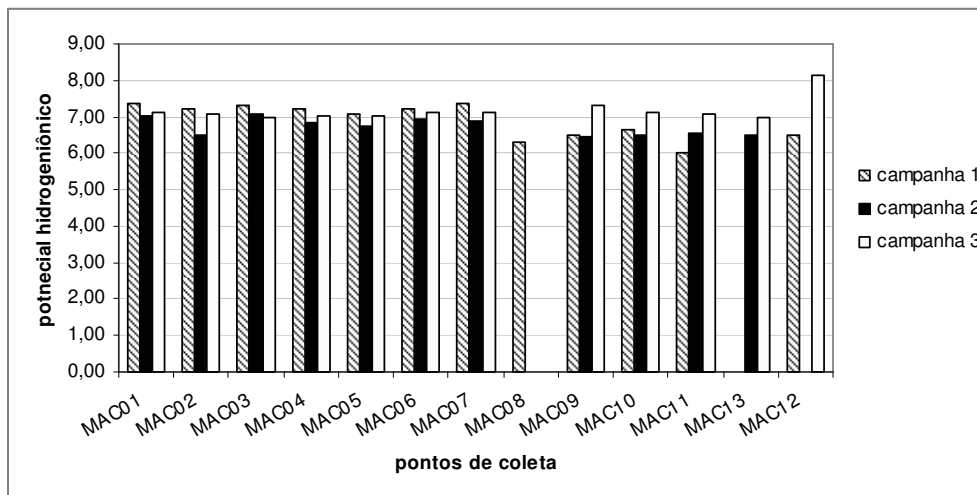


Figura 17 - Variação do pH ao longo do rio Macaé

Cor

A cor aparente foi medida na campanha 2 e sofreu pequenas variações ao longo do rio, com exceção dos pontos MAC11 e MAC13 onde a cor apresentou valores pelo menos duas vezes maior que os demais (Figura 18). No entanto, sabe-se que a cor aparente sofre influência da turbidez. Analisando estes dois parâmetros, cor e turbidez, em conjunto observa-se que a turbidez pode ser responsável pelo aumento da cor nos pontos MAC03, MAC06, MAC07, MAC09, MAC10, MAC11, MAC13 e MAC12 conforme mostram as Figuras 19 e 20.

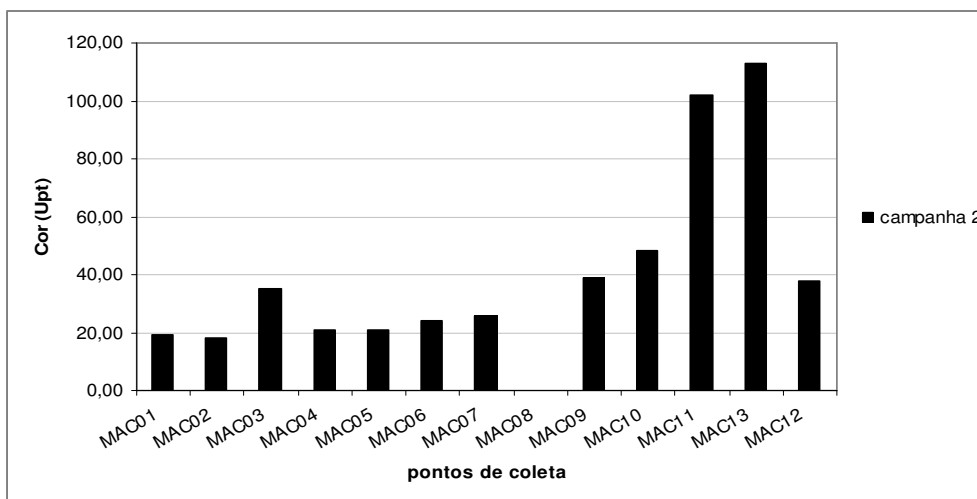


Figura 18 - Variação da cor aparente ao longo do rio Macaé

Turbidez

A turbidez apresentou variações crescentes significativas ao longo do rio ($P=0,001$; $P<0,05$) a qual está 68% relacionada ($R-Sq= 67,55\%$) com sua variação longitudinal (Figura 19). No entanto, os pontos MAC03, MAC08 e MAC11 se destacam, pois são os que mais se afastam da média, possivelmente influenciados por algum efeito local. Sugere-se no ponto MAC03 a influência do material orgânico particulado originário dos lançamentos de esgoto in natura. O ponto MAC08 pode estar sofrendo influência da contribuição da sub-bacia do rio Salto, pois é a primeira sub-bacia (da cabeceira em direção a foz) que é caracteristicamente rural. No ponto MAC11 sugere-se investigação posterior.

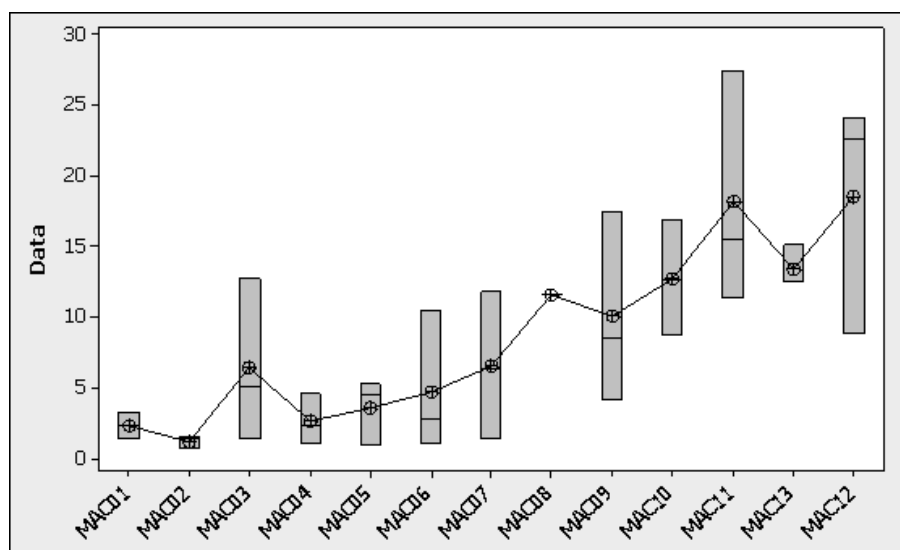


Figura 19 - *Boxplot* dos valores de turbidez nas 3 campanhas ao longo do Rio Macaé

Conforme mostra a Figura 20, a campanha 1 apresentou os maiores valores de turbidez, seguido da campanha 2 com valores médios e a campanha 3 com valores em geral baixos. Essa variação entre campanhas pode estar relacionada com o aporte de sólidos dissolvidos e suspensos que são arrastados pelo escoamento superficial em épocas de chuva, caracterizando a influência das fontes de poluição difusa. Esta relação pode ser evidenciada na Figura 21, que apresenta a chuva acumulada mensal no ano de 2008 e as campanhas 1, 2 e 3 realizadas em época de chuva, época de transição e época de estiagem, respectivamente. No entanto, algumas variações dentro de uma mesma campanha são evidentes e suas causas merecem investigação: na campanha 1, observa-se o aumento brusco da turbidez no ponto MAC03, MAC11 e MAC12 e aumentos gradativos a partir do ponto MAC04; na campanha 2, observa-se aumento brusco em MAC03 e MAC11 e variações menores entre os demais pontos; na campanha 3, observa-se um alto valor no ponto MAC01, incomum naquela localidade,

seguindo a jusante com valores baixos de turbidez até alcançar o ponto MAC10, onde a partir dele elevam-se os valores gradativamente, atingindo o valor máximo de 24,2 UNT na foz do rio. Nota-se que os altos valores em MAC03 e MAC11 são recorrentes e merecem investigação em conjunto com outros parâmetros, tais como usuários da água e uso do solo, a fim de identificar as potenciais fontes de degradação.

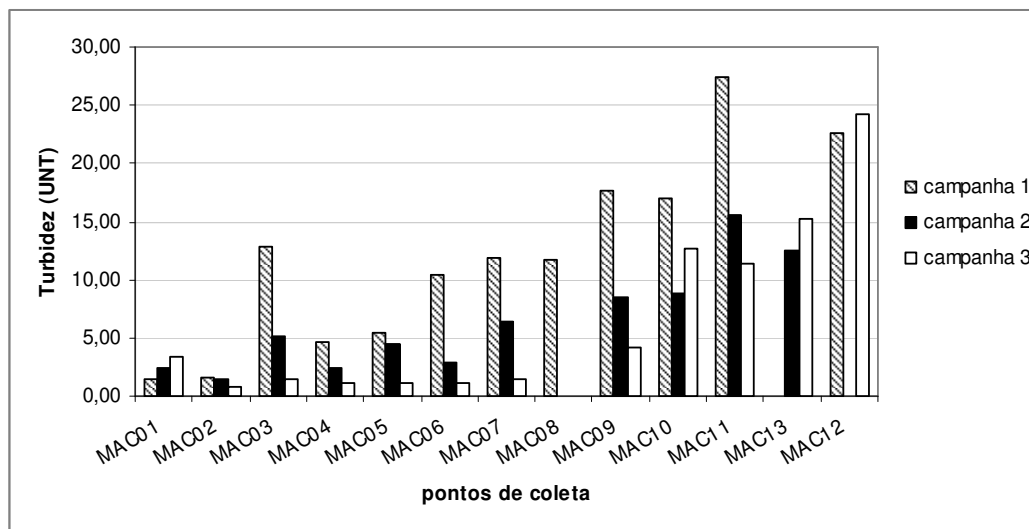


Figura 20 - Variação da turbidez ao longo do rio Macaé

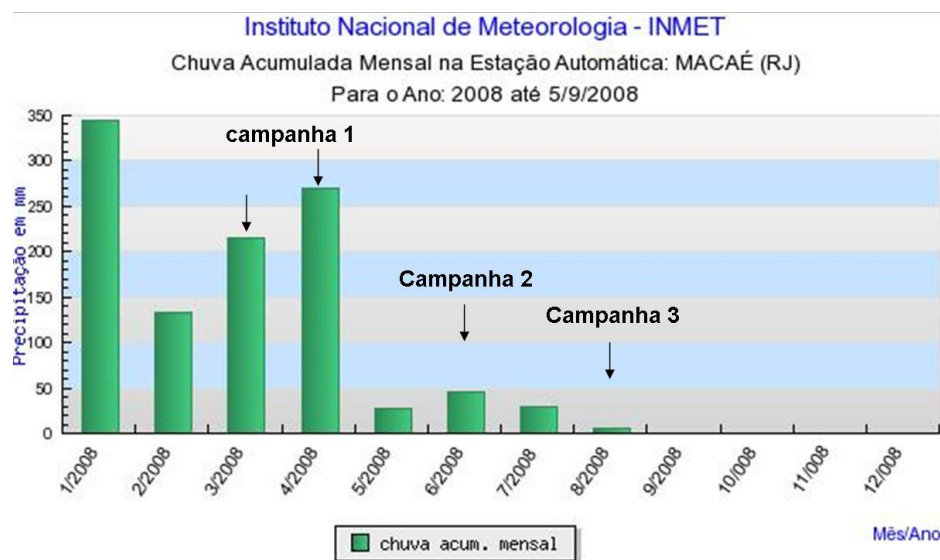


Figura 21 – Chuva acumulada mensal em Macaé e realização das campanhas.
Fonte: INMET, 2008

Condutividade

A condutividade apresentou variações significativas nos pontos de coleta ($P=0,000$; $P<0,05$) a qual está 90% relacionada ($R-Sq= 90,35\%$) com o fator longitudinal do rio. Na

Figura 22 observa-se que a condutividade nos pontos MAC03 e MAC11 foi significativamente elevada. O dado de condutividade do ponto MAC12, correspondente a foz do rio, deve ser ignorado graficamente, pois está em outra ordem de grandeza devido à mistura com a água do mar. Por não existir grandes variações entre as campanhas, a Figura 19 atende satisfatoriamente a análise.

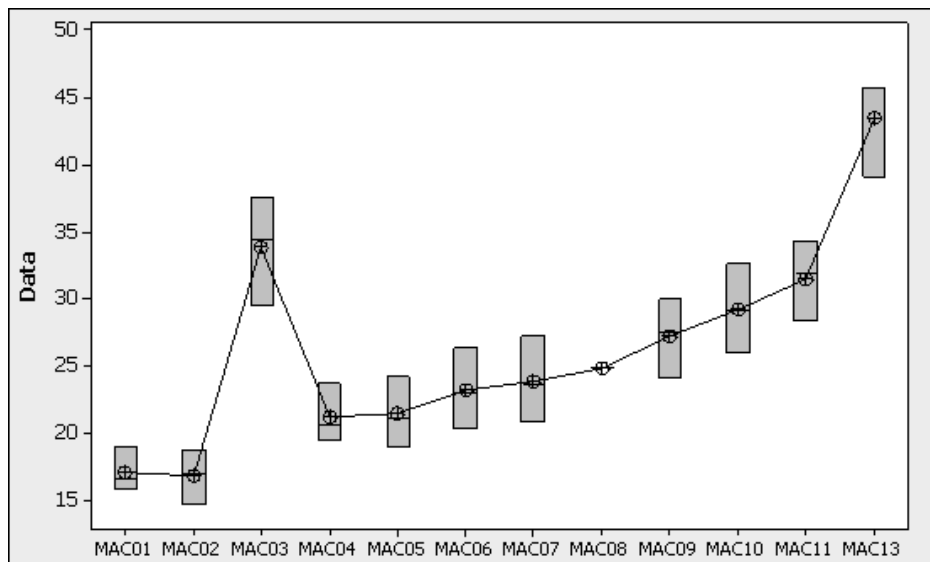


Figura 22 - *Boxplot* dos valores de condutividade nas 3 campanhas ao longo do Rio Macaé

Sólidos totais

Os valores de sólidos totais apresentaram variações significativas entre as médias de cada ponto ao longo do rio ($P=0,006$; $P<0,05$) e as variações estão 81% relacionadas ($R-Sq=80,63\%$) com esses pontos. Conforme mostrado na Figura 23 a quantidade de sólidos totais aumenta a partir do ponto MAC08.

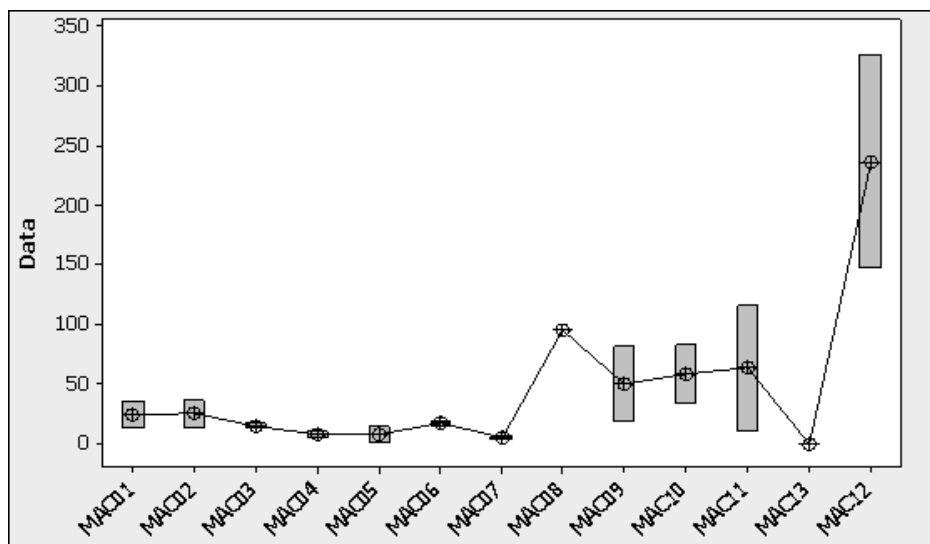


Figura 23 - *Boxplot* dos valores dos sólidos totais ao longo do Rio Macaé

Os sólidos totais foram analisados na campanha 1 e 2, as quais mostraram grande variação entre si (Figura 24). Na campanha 1 o menor valor é de 2mg/L e o maior 148mg/L enquanto na campanha 2 os valores variaram de 1mg/L a 34mg/L, demonstrando mais uma vez a possível relação entre o período chuvoso (Figura 21) e os altos valores de sólidos totais. No entanto, além dessa evidência deve-se buscar outras influências que contribuam para os valores elevados em MAC01 e MAC02, e principalmente para o aumento abrupto dos valores a partir do ponto MAC08 observados durante a campanha 1.

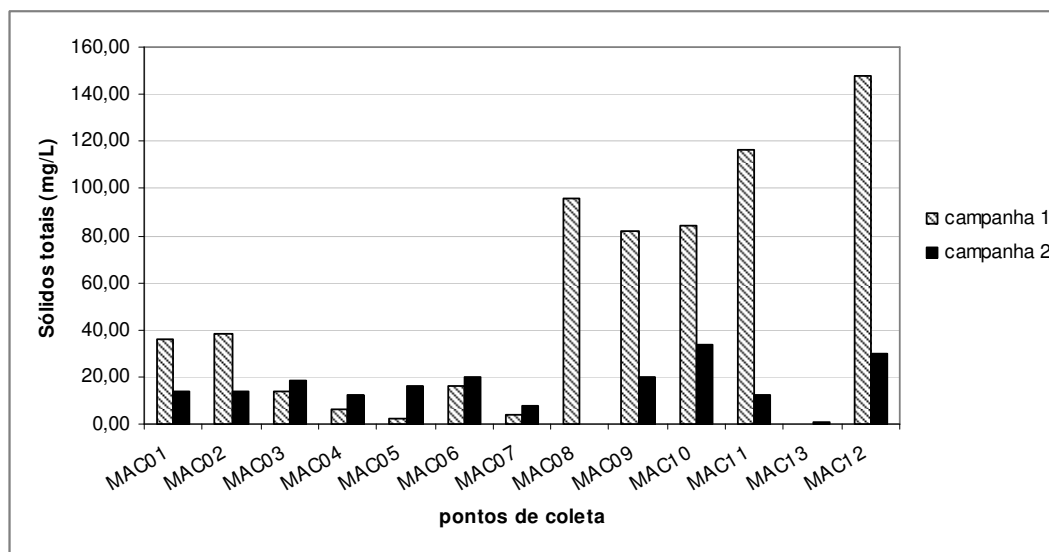


Figura 24 - Variação dos sólidos totais ao longo do rio Macaé

Compostos de nitrogênio

Os valores de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato não apresentaram médias significativamente diferentes e, portanto não foi possível propor relações. Possivelmente essa variável está relacionada com influências locais, pois as formas de nitrogênio se alteram ao longo do rio a partir do ponto de lançamento. Segundo Von Sperling (2007), a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio, na forma de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato à poluição mais remota. Os resultados apontam que nitrogênio amoniacal foi a forma de nitrogênio predominante. Observa-se que na campanha 2 todos os valores de N amoniacal, nitrato e nitrito ficaram abaixo dos limites de detecção dos métodos, com exceção do ponto MAC12 que apresentou nitrato igual a 7,2 mg/L.

Conforme mostra a Figura 25 e 26, os altos valores de N amoniacal na campanha 1 se referem aos pontos MAC03, MAC06 e MAC12, que são influenciados provavelmente pelo

lançamento de esgoto sem tratamento na localidade de Lumiar, na sub-bacia do rio Sana e pela área urbana do município de Macaé, respectivamente.

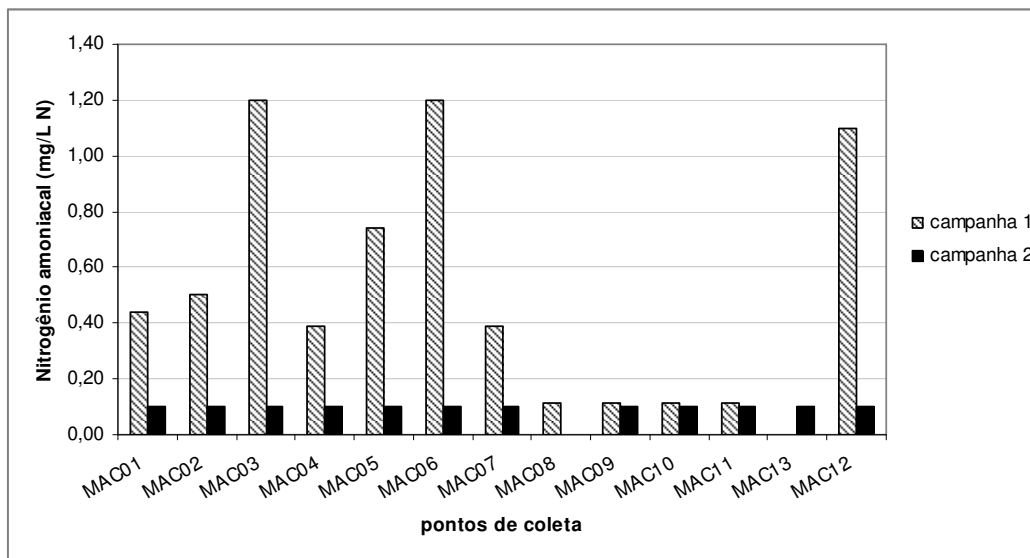


Figura 25 - Variação de nitrogênio amoniacal ao longo do rio Macaé

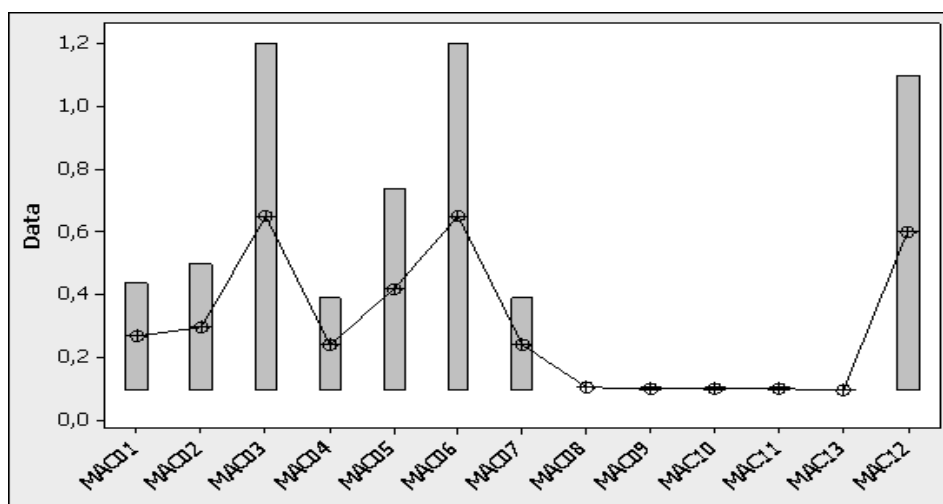


Figura 26 - Boxplot dos valores de nitrogênio amoniacal ao longo do Rio Macaé

Na campanha 2, os valores dos compostos de nitrogênio ficaram abaixo do limite de detecção. Seus 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. Essa segunda hipótese foi originada da observação em campo do acúmulo de lodo no fundo devido a baixa vazão do rio na época de estiagem (Figura 27).



Figura 27 – Formação de lodo nas margens do rio Macaé no ponto MAC03, localidade de Lumiar.
Fonte: Visita de Campo em setembro de 2008.

Fósforo total

As amostras de fósforo total não apresentaram variações significativas entre si. A média dos valores ficou em 0,06mg/L, com exceções do ponto MAC06 que apresenta um valor levemente elevado (0,22 mg/L) e o ponto MAC09 com um valor 15 vezes maior (3,3mg/L) (Figura 28).

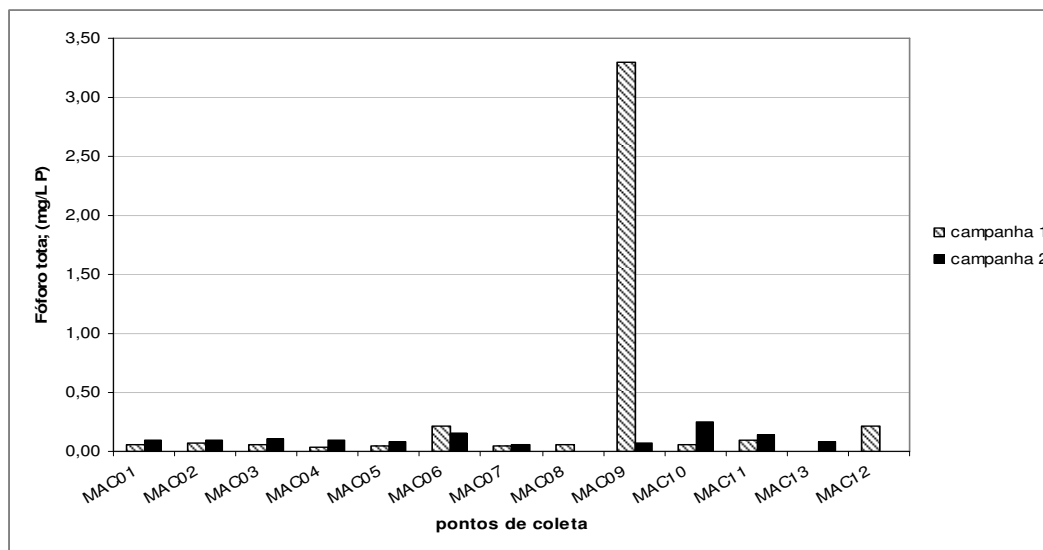


Figura 28 - Variação de fósforo total ao longo do rio Macaé

Segundo Feitosa e Filho (*apud* Lima, 2001), devido à ação dos microrganismos, a concentração de fósforo pode ser baixa (< 0,5 mg/L) em águas naturais; e valores acima de 1,0 mg/L são geralmente indicativo de águas poluídas. Cabe, nesse caso, investigar as possíveis fontes de poluição no trecho contribuinte do ponto MAC09. Comparando aos da

campanha 1, os valores de fósforo na campanha 2 foram menores, destacando-se novamente o ponto MAC06 com 0,15mg/L, o ponto MAC10 com 0,25mg/L e o ponto MAC11 com 14mg/L.

Demanda bioquímica de oxigênio

Os resultados da análise de DBO ficaram na maioria das vezes abaixo do limite de detecção do método (< 2). Destacam-se apenas os pontos MAC07 e MAC12 com valores iguais a 3 mg/L na campanha 1.

Oxigênio dissolvido (OD)

O parâmetro oxigênio dissolvido não apresentou variações significativas das suas médias ao longo do rio ($P=0,098$; $P>0,05$). O menor valor de OD obtido foi de 5 mg/L em MAC12 e o maior de 14 mg/L em MAC01 (Figura 29).

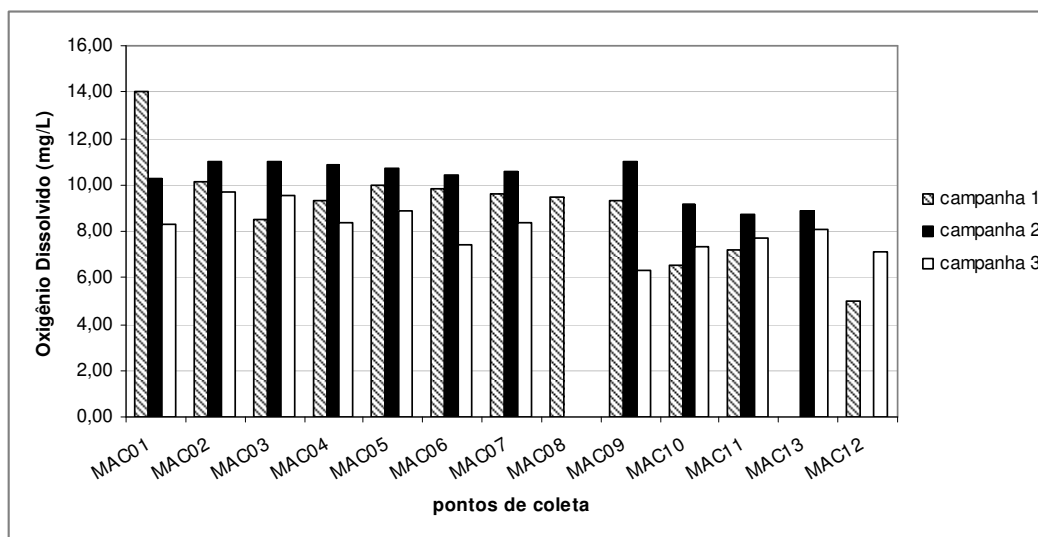


Figura 29 - Variação de oxigênio dissolvido ao longo do rio Macaé

A média dos valores nas três campanhas foi de 9,07 mg/L indicando boa oxigenação e principalmente alta capacidade de autodepuração do corpo hídrico. Possivelmente as zonas de degradação, decomposição ativa e recuperação são curtas, devido aos processos intensos de degradação aliados à alta capacidade de reaeração do corpo hídricos evidenciada pelos altos níveis de OD. A geomorfologia da bacia do rio Macaé é provavelmente o principal fator responsável pela capacidade de autodepuração, pois tanto no alto quanto no médio curso o rio apresenta-se sinuoso, com leito pedregoso, e percorre terrenos rochosos e acidentados até atingir as planícies aluvionares no último terço da bacia.

Cloro

Rodrigues e colaboradores (2007) investigaram o cloro na altura do lançamento dos efluentes da Usina Termelétrica (UTE) Mário Lago, que se localiza a montante e próxima ao ponto MAC11. O estudo apontou o cloro como um parâmetro frequentemente violado segundo o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/05 e sua dispersão foi modelada matematicamente (RODRIGUES *et al*, 2007). Avaliando os dados obtidos pela UTE desde 2004 até 2008, o cloro residual total atingiu valores médios de 0,1 mg/L e máximos de 0,9 mg/L. Os resultados deste trabalho mostram que devido ao limite de detecção do método ser de 0,1mg/L, a maioria dos pontos ficou abaixo do limite de detecção. As exceções se deram nos pontos MAC01 e MAC07, onde o valor de cloro livre foi de 0,1mg/L, e nos pontos MAC02 e MAC03 onde os valores de cloro combinado foi de 0,1mg/L; conseqüentemente esses pontos tiveram o valor do cloro residual total de 0,1mg/L. Buscando-se as fontes para estes altos valores de cloro, não esperados principalmente no alto curso do rio Macaé, foi realizada na campanha 2 a análise de compostos organoclorados nos pontos MAC01, MAC02, MAC03 e MAC07.

Os compostos analisados foram: cloreto de vinila; diclorodifluormetano; 1,1-dicloroetano; diclorometano; trans-1,2-dicloroetano; 1,1-dicloroetano; cis-1,2-dicloroetano; bromoclorometano; triclorometano; 1,1,1-tricloroetano; tetracloreto de carbono; 1,1-dicloropropeno; benzeno; 1,2-dicloroetano; tricloroetano; 1,2-dicloropropano; dibromometano; bromodiclorometano; cis-1,3-dicloropropeno; tolueno; trans-1,3-dicloropropeno; 1,1,2-tricloroetano; tetracloroetano; 1,3-dicloropropano; dibromoclorometano; 1,2-dibromoetano; clorobenzeno; 1,1,1,2-tetracloroetano; etilbenzeno; m,p-xilenos; o-xileno; estireno; tribromometano; isopropilbenzeno; bromobenzeno; 1,1,2,2-tetracloroetano; propilbenzeno; 2-clorotolueno; 4-clorotolueno; 1,3,5-trimetilbenzeno; tert-butilbenzeno; pentacloroetano; 1,2,4-trimetilbenzeno; sec-butilbenzeno; 1,3-diclorobenzeno; p-isopropiltolueno; 1,4-diclorobenzeno; 1,2-diclorobenzeno; n-butilbenzeno; hexacloroetano; 1,2,4-triclorobenzeno; 1,1,2,3,4,4-hexacloro-1,3-butadieno; 1,2,3,-triclorobenzeno; 1,2-dibromo-3-cloropropano; tricloromonofluormetano; idometano; dissulfeto de carbono; metil isobutil cetona; etil metacrilato; trans-1,4-dicloro-2-butenos; 1,2,3-trimetilbenzeno.

Os resultados das análises dos compostos listados apresentam valores abaixo do limite de detecção, assim como abaixo dos limites máximos permitidos pela Resolução CONAMA n. 357/05. Na campanha 3 investigou-se nessas localidades possíveis fontes de cloro. Por meio de entrevistas abertas, alguns informantes-chave relataram a existência de piscinas e canis nos sítios a montante de Macaé de Cima e piscinas para criação de trutas. A manutenção

das piscinas e a desinfecção de canis nessas propriedades parece ser a principal fonte de cloro na região, visto que não há relatos de cloração da água captadas de nascentes para consumo doméstico. Após a apresentação desses resultados para o Diretório Colegiado e Câmaras Técnicas do CBH Macaé e das Ostras, algumas representações sugeriram melhor investigação, pois não houve consenso quanto a possível fonte de contaminação.

4.1.1.2 Parâmetros bacteriológicos

Coliforme total

Analisando os dados do grupo coliforme não foi possível traçar uma tendência dos resultados ao longo dos pontos. Provavelmente esses resultados estão relacionados a fontes locais de matéria orgânica viva ou morta, que por sua vez apresentam elevadas quantidades de bactérias coliformes. Comparando as campanhas 1, 2 e 3 (Figura 30) verifica-se que a campanha 1 apresenta os maiores valores de coliformes, fato que pode estar relacionado ao aporte de substâncias alóctones carregadas pela escoamento superficial na época de chuvas.

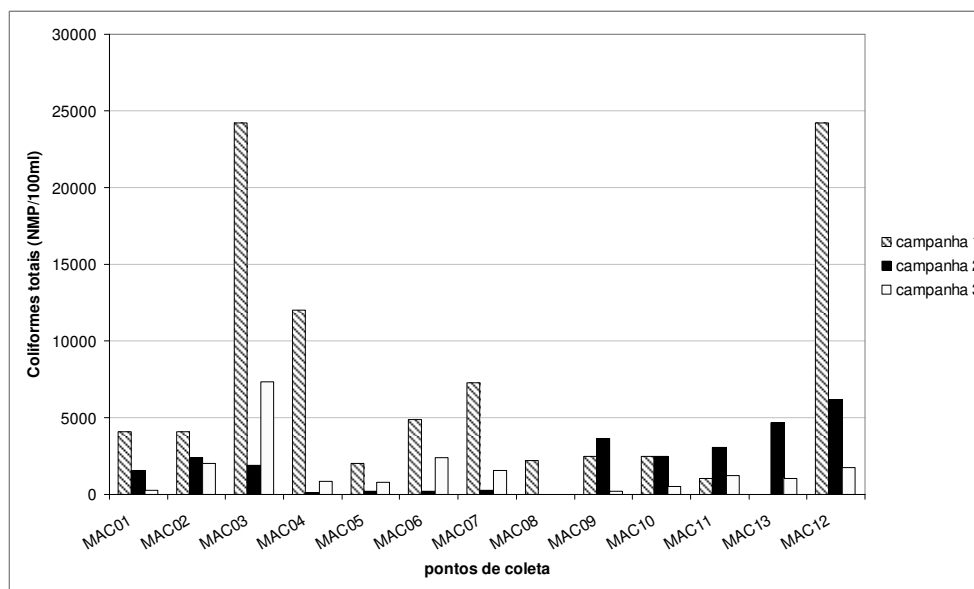


Figura 30 - Variação de coliformes totais ao longo do rio Macaé

Escherichia coli

A Resolução CONAMA n. 357/05 regulamenta padrões permitidos para coliformes termotolerantes, tendo como seu principal representante a *E. coli*, conforme ilustrado na Figura 6. Portanto os resultados apresentados no presente trabalho são considerados

conservativos quanto aos padrões para classes de água doce. Conseqüentemente a qualidade da água ora inferida pode estar pior do que os valores apresentados neste estudo.

Os resultados de *E. coli*, indicador de contaminação exclusivamente fecal, apresentam os pontos MAC03 e MAC12 como críticos nas 3 campanhas. Os altos valores de MAC12 foram omitidos no gráfico por prejudicar a visualização dos demais resultados. Este parâmetro variou bastante entre as campanhas, sendo a campanha 3 responsável pelos valores mais baixos, semelhante ao observado para a turbidez e para os coliformes totais. Analisando a campanha 1 (Figura 31), os pontos MAC02, MAC03, MAC04, MAC06, MAC07 e MAC12 apresentaram os valores mais elevados. Na campanha 2, os pontos MAC03, MAC04, MAC12 e MAC13 apresentam os maiores valores. Na campanha 3, apenas os pontos MAC03 e MAC12 apresentaram altos valores.

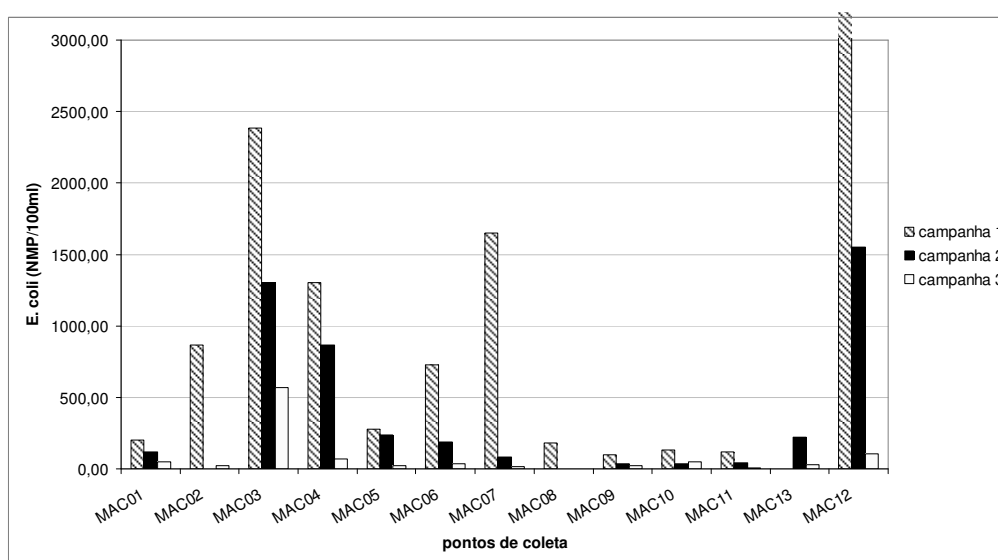


Figura 31 - Variação de *E. coli* ao longo do rio Macaé

4.1.2 Indicadores de conformidade

A fim de verificar a qualidade do corpo hídrico estudado de acordo padrões elecandos na Resolução CONAMA n. 357/05, os parâmetros foram avaliados em relação às classes 1, 2 e 3 de águas doces e então foram determinados os não-conformes (Quadro 11).

Ponto	Parâmetros não-conformes Classe 1	Parâmetros não-conformes Classe 2	Parâmetros não-conformes Classe 3
MAC01	Cloro residual total	Cloro residual total	Cloro residual total
MAC02	Cloro residual total e <i>E. coli</i>	Cloro residual total	Cloro residual total
MAC03	Cloro residual total, fósforo total e <i>E. coli</i>	Cloro residual total e <i>E. coli</i>	Cloro residual total
MAC04	<i>E. coli</i>	<i>E. coli</i>	-
MAC05	<i>E. coli</i>	-	-
MAC06	Fósforo total e <i>E. coli</i>	Fósforo total	Fósforo total
MAC07	Cloro residual total e <i>E. coli</i>	cloro residual total e <i>E. coli</i>	Cloro residual total
MAC08	-	-	-
MAC09	Fósforo total	Fósforo total	Fósforo total
MAC10	Fósforo total	Fósforo total	Fósforo total
MAC11	Fósforo total	Fósforo total	Fósforo total
MAC12	Fósforo total, oxigênio dissolvido, nitrito e <i>E. coli</i>	Fósforo total, nitrito e <i>E. coli</i>	Fósforo total, nitrito e <i>E. coli</i>
MAC13	<i>E. coli</i>	-	-

Quadro 11 - Não-conformidade dos parâmetros analisados em relação aos padrões estabelecidos para Classe 1, 2 e 3 de Águas Doces (Resolução CONAMA n. 357/05)

De acordo com o Quadro 11, observa-se que os parâmetros *E. coli*, cloro residual total e fósforo total foram os que mais ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação, desatacando-se o ponto MAC12, na foz do rio, localizada na área urbana do município de Macaé, com o maior número de parâmetros violados (fósforo total, OD, nitrito e *E. coli*).

Avaliando um segundo cenário, onde os parâmetros foram verificados segundo os padrões para classes 2 e 3 de águas doces, fósforo total, nitrato e cloro residual total seriam mantidos como não-conformes. Quanto ao parâmetro *E. coli*, três pontos deixariam de estar não-conformes em relação à classe 1, e estariam dentro dos valores máximos permitidos para classe 2. Comparando com os limites da classe 3, o ponto MAC12 foi o único que teve *E. coli* acima do permitido pela classe.

Conforme apontado por Magalhães Jr. (2007) os indicadores de conformidade são amplamente utilizados a fim de verificar a tendência da qualidade da água em relação a uma meta desejada ou a um padrão sugerido. As metas de qualidade se estabelecem a partir da

implantação do instrumento de enquadramento. Como o CBH Macaé e das Ostras ainda não implantou os instrumentos de gestão foi utilizado o padrão classe 1 de águas doces estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/05 para medição dos indicadores. O indicadores de conformidade selecionados para este estudo foram: i) % de pontos conformes por parâmetro; ii) % de não-conformidade por campanha; e iii) % de violação da classe 1.

O primeiro indicador é apresentado no Quadro 12 e mostra que em geral as não-conformidades foram poucas e nunca ultrapassaram a metade dos pontos e das amostras. Indica também que dos dez parâmetros avaliados seis ficaram integralmente abaixo do limite máximo da classe 1, ou seja, são indicativos de boa qualidade da água. Tal constatação sugere que os parâmetros não-conformes podem fornecer alguma indicação sobre a fonte de poluição específica e, podem, portanto, ser remediados ou eliminados a partir de ações locais, visto que as não-conformidade não são generalizadas para toda a bacia.

Parâmetro	% de amostras conformes	% de pontos conformes
pH	100%	100%
Turbidez	100%	100%
Cor*	92%	83%
Sólidos totais	100%	100%
Cloro residual total	83%	66%
Fósforo total	71%	50%
N amoniacal	100%	100%
Nitrato	100%	100%
Nitrito	96%	92%
Oxigênio dissolvido	100%	100%
<i>E. coli</i>	50%	67%

Quadro 12 – Indicador de conformidade: percentuais de pontos e amostras conformes por parâmetro. Nota: o parâmetro cor aparente foi considerado conforme, pois o padrão considera cor verdadeira, e há indícios seu valor ter sofrido influência da turbidez.

O segundo indicador sintetiza os resultados das campanhas a partir do número de amostras e pontos não-conformes (Quadro 13).

Campanhas	% não conformes	
	Amostras	Pontos
Campanha 1	11,6%	75%
Campanha 2	8,3%	67%

Quadro 13 – Indicador de conformidade: percentual de amostras não conforme por campanha

De acordo com este indicador, nove dos doze dos pontos de coleta (75%) apresentaram algum parâmetro fora do padrão na campanha 1, o que se repetiu na campanha 2 (67%). No entanto, um percentual reduzido de amostras (11,6% e 8,3%) violou o limite estabelecido para classe 1, sugerindo boas condições de qualidade, atribuídas principalmente aos 6 parâmetros conformes (Quadro 11).

O número reduzido de violações dos limites na amostragem carece de uma observação criteriosa e para isso calculou-se o grau de violação dos quatro parâmetros não-conformes, ou seja, em quantos por cento o valor do parâmetro ultrapassava o limite estabelecido (Figura 32).

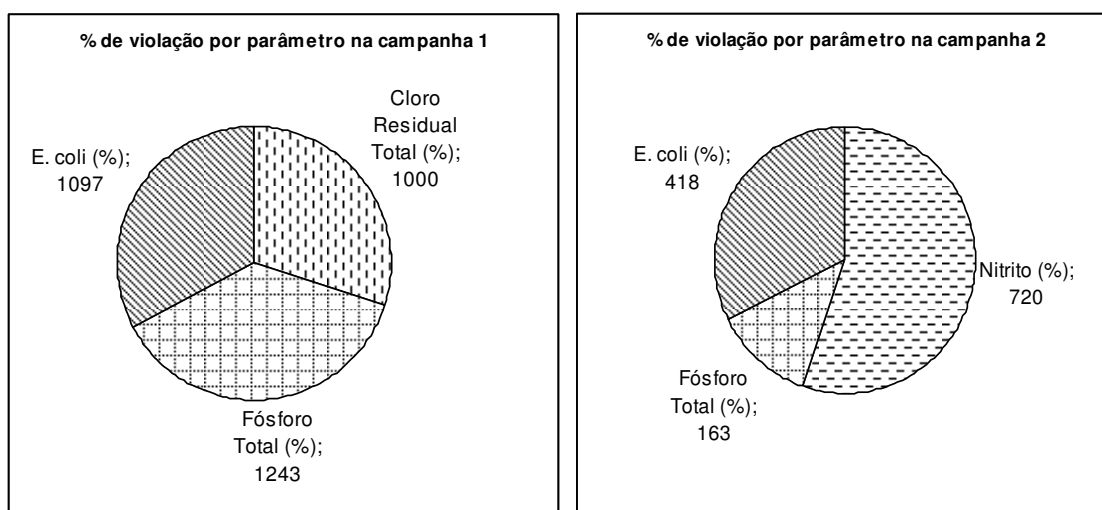


Figura 32 - percentual de violação dos padrões da classe 1 para cada parâmetro não-conforme

Nota-se que as percentagens de violação ultrapassam em até 12 vezes (3,3mg/L de fósforo total na campanha 1) o valor máximo estabelecido. No entanto, conforme pode ser verificado no Apêndice A, os valores abruptos de fósforo total e nitrato não são recorrentes, ao contrário do parâmetro *E. coli* que apresenta altas taxas de violações (em média 10 vezes maior que o estabelecido) ao longo dos pontos nas duas campanhas. Cabe ressaltar que as análises foram feitas a partir do padrão para classe 1, mais restritivo.

O parâmetro *E. coli* se destacou pela frequência e grau de violação dos limites para classe 1, conforme demonstrado nos quadros 11 e 12, e pode ser considerado o mais crítico. A importância desse parâmetro mereceu maior investigação, pois além de sugerir fontes de esgoto sem tratamento, representa risco potencial à saúde da população da bacia hidrográfica. Para avaliação desse parâmetro foram utilizados os dados das três campanhas. No caso específico desse parâmetro, existem valores máximos diferenciados para certos tipos de uso da água e uma regulamentação especial para uso recreativo de contato primário (Quadro 6).

Os resultados mostram que de forma geral os valores se concentraram abaixo do limite estipulado para classe 1, como por exemplo, os pontos MAC09, MAC10 e MAC11 que durante as 3 campanhas não ultrapassaram tal limite. Comparando as três campanhas (Figura 33), verifica-se que a campanha 1 foi a que mais sofreu violações nesse parâmetro. Na campanha 2, os valores foram menores, sendo possível classificar todos os pontos na classe 2, com exceção dos pontos MAC03 e MAC12 que seriam classificados na classe 3. Na campanha 3 apenas o ponto MAC03 apresentou valores correspondentes a classe 2, sendo que todos os demais 11 pontos apresentaram valores correspondente a classe 1.

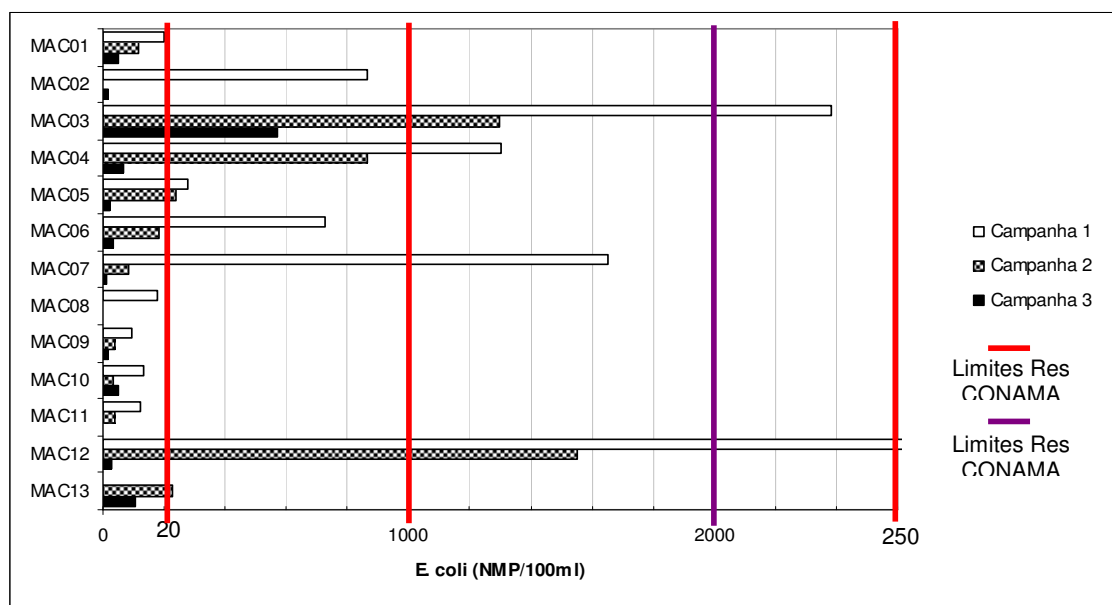


Figura 33 - Variação de *E. coli* nos pontos de coleta e os limites máximos relacionados pelas Resoluções CONAMA n. 357/05 e 274/00

Vale ressaltar que embora sejam feitas análises de compatibilidade entre os valores encontrados com os padrões estabelecidos nas Resoluções CONAMA n. 357/05 e n. 274/00 estas apresentam metodologias diferenciadas. O monitoramento para verificação da balneabilidade deve ser semanal e os resultados que validam a água como própria devem corresponder ao conjunto de análise das 5 semanas anteriores, dentre outros critérios. Como o presente trabalho utilizou um plano de amostragem simples, considerou-se a água como imprópria quando foi constatada a seguinte ocorrência “valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros” (BRASIL, 2000).

Com base nesse critério e nos resultados de *E. coli* obtidos em cada ponto, conclui-se que apenas o ponto MAC03, na localidade de Lumiar, e o MAC12, na foz do rio Macaé (que não está representado graficamente) apresentaram valores acima de 2000 *E. coli*/100mL, o

que implicaria em águas impróprias à recreação de contato primário. Considerando as diferenças metodológicas, a classe 2 de águas doces da Resolução CONAMA n. 357/05 se mostrou mais restritiva que a Resolução CONAMA n. 274/00 quanto ao parâmetro *E. coli*.

4.1.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O cálculo do IQA considerou as duas campanhas e seus resultados estão dispostos por ponto coletado, e classificados de acordo com seu nível de qualidade conforme mostra o Quadro 14. Para melhor visualização dos resultados, os IQA calculados foram espacializados conforme apresenta a Figura 34.

Ponto	IQA			
	1 campanha		2 campanha	
MAC01	70	bom	78	bom
MAC02	72	bom	83	bom
MAC03	66	médio	70	bom
MAC04	71	bom	71	bom
MAC05	75	bom	76	bom
MAC06	68	médio	76	bom
MAC07	68	médio	79	bom
MAC08	75	bom	*	*
MAC09	58	médio	79	bom
MAC10	74	bom	77	bom
MAC11	71	bom	78	bom
MAC12	47	ruim	60	médio
MAC13	*	*	74	bom

Quadro 14 - Resultado do IQA e sua classificação ao longo do rio de montante a jusante.
Nota: * dados não coletados

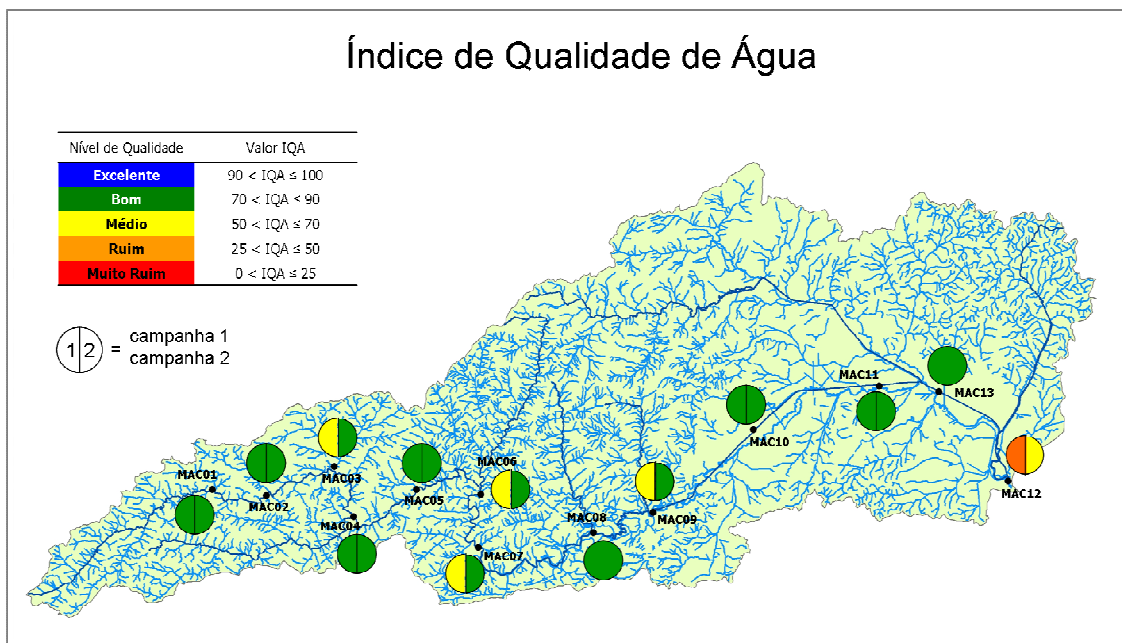


Figura 34 – Cartograma dos resultados do IQA na bacia do rio Macaé

Os resultados do índice de qualidade da água foram melhores na campanha 2 do que na campanha 1, permitindo inferir, junto com os parâmetros analisados individualmente, a influência da época de coleta em período chuvoso e de estiagem nos resultados de qualidade. Tal constatação contraria o esperado, ou seja, que no período seco, devido a menor vazão os poluentes ficariam mais concentrados e os valores do IQA seriam piores.

No período chuvoso, sete dos doze pontos analisados tiveram o valor do IQA acima de 70 sendo classificados como “bom”. Os cinco restantes podem ser considerados mais críticos, sendo que quatro receberam notas abaixo de 70. A foz do rio (MAC12) ficou com o pior resultado, apresentando um valor abaixo de 50. Na segunda campanha, novamente o ponto MAC12 apresentou a nota mais baixa, classificado como “médio”, enquanto todos os demais foram receberem nota acima de 70, classificando-se como “bom”. Nenhum dos pontos amostrados apresentou valores acima de 90, ou seja, não podem ser classificados como “excelente”.

Os resultados do IQA refletem o desempenho dos parâmetros ora analisados. A fim de investigar qual o parâmetro que estaria influenciando negativamente o valor do IQA buscou-se a importância relativa de cada parâmetro que compõe o índice. Utilizando valores das médias de cada parâmetro, concluiu-se que *E. coli* é o parâmetro que mais contribui para os valores baixos do IQA encontrados nas duas campanhas (Figura 35), seguido do fósforo total.

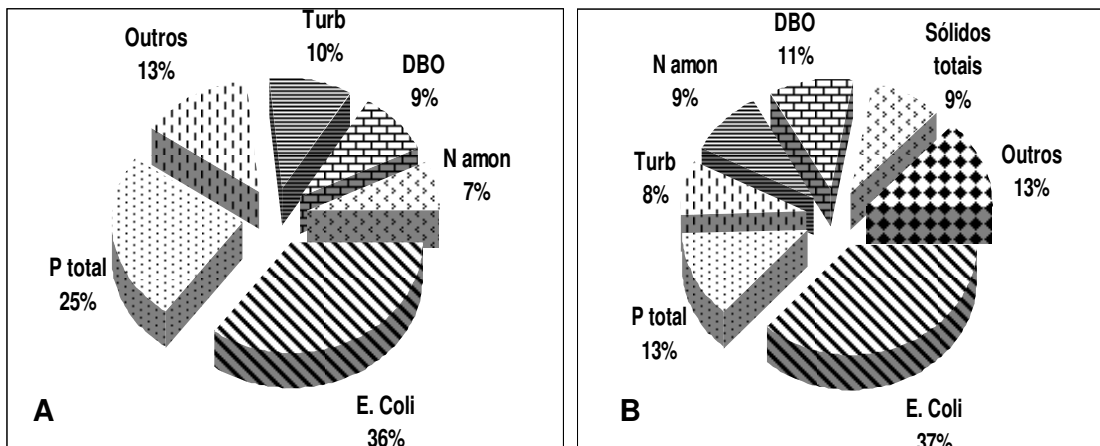


Figura 35 - Importância relativa de cada parâmetro no valor do IQA (em %). A) campanha 1; B) campanha 2

A utilização do IQA na bacia do rio Macaé teve como ponto positivo refletir as fontes de poluição por esgoto doméstico, o principal tipo de poluição na bacia. Com isso, foi possível ter uma visão integrada de toda a bacia utilizando os mesmos critérios e abordagem. No entanto, sabe-se que outras fontes de poluição, especialmente as difusas, contribuem para degradação do corpo hídrico, e portanto, podem ter sido mascaradas, uma vez que os parâmetros de qualidade não contemplam esses tipos de fontes poluidoras. Pode-se concluir a partir da análise dos indicadores de conformidade e do resultado do IQA que o grau de criticidade são diferentes. Isso ocorre porque o IQA utiliza ponderações e os padrões estabelecidos na legislação para os parâmetros de qualidade são mais restritivos. Por esse motivo, aparentemente, os resultados dos indicadores parecem piores, ou seja, os resultados ultrapassam em quantidade e frequência os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. No entanto, os valores do IQA são satisfatórios, uma vez que este considera o conjunto de dados, ou seja, mesmo um parâmetro seja crítico, outros em boas condições acabam mascarando o parâmetro crítico. Isso é notável quando analisado a importância relativa de cada parâmetro, que a *E. coli* se destaca como o parâmetro mais crítico, ou seja, mesmo que o corpo hídrico apresente grandes concentrações de *E. coli*, demonstrando poluição por esgoto doméstico, outros parâmetros, como OD e DBO demonstram o contrário. As altas concentrações de OD e as baixas DBO ocorrem em todos os pontos, notadamente nos pontos do alto e médio cursos onde tal situação pode ser atribuída a grande capacidade de reaeração e autodepuração do corpo hídrico. Diante do exposto optou-se em dar continuidade as avaliações individuais dos parâmetros de qualidade, com base nos parâmetros críticos apresentados pelos indicadores de conformidade. Considerando tal abordagem e considerando

ainda a influência predominante das fontes difusas na bacia, optou-se em dar prosseguimento a avaliação os parâmetros de qualidade relacionando-os com o uso e cobertura do solo.

4.2 Uso e ocupação do solo e qualidade da água

Para confrontar os resultados da qualidade da água com o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica foram traçados os limites das sub-bacias de cada ponto amostral, totalizando doze sub-bacias. A análise do uso e cobertura na sub-bacia de cada ponto amostral se reflete nos resultados de qualidade do respectivo ponto. No entanto, nem sempre a qualidade encontrada no ponto reflete a contribuição de toda sua bacia de drenagem. Muitas vezes há maior contribuição nas áreas que margeiam o curso d'água ou, próximas ao ponto de coleta (contribuição local). Para proceder essa avaliação seguiu-se procedimento: a fim de estimar as contribuições potenciais foi traçado um *buffer* de 50m, que indica a contribuição marginal do curso principal, assim como um *buffer* circular ao ponto de coleta, também com 50m. A Figura 36 ilustra esses três níveis de contribuição. Para a apresentação, optou-se por sistematizar os dados em gráficos do uso e ocupação do solo para cada ponto amostral, embora todos os mapas produzidos estejam disponíveis em meio digital (formato *.shape*), cujo CD encontra-se anexado ao presente trabalho.

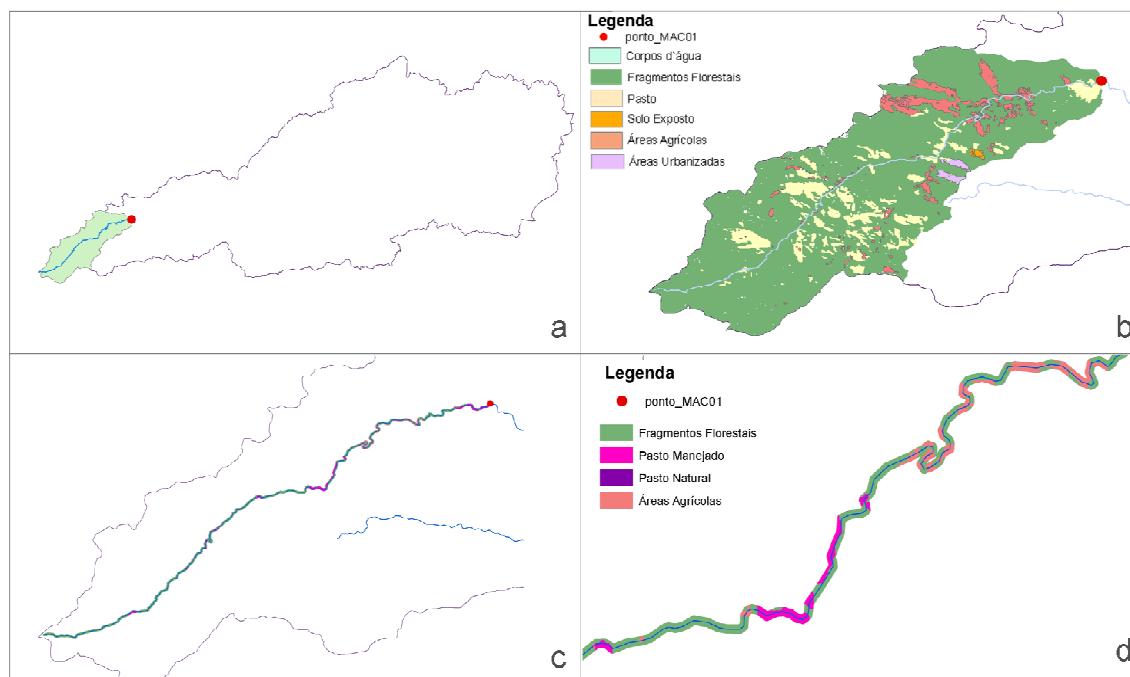


Figura 36 – Ilustração dos três níveis de contribuição do uso e ocupação do solo para qualidade da água, exemplo ponto MAC01.

Nota: a) localização da sub-bacia do ponto; b) uso e ocupação do solo na sub-bacia; c) contribuição das margens do rio principal na sub-bacia; e d) detalhe do uso e ocupação nas margens do rio principal sub-bacia.

A abordagem para avaliação do uso do solo *versus* qualidade da água considerou os resultados do IQA e sempre que possível foram feitas avaliações conjuntas de pontos com qualidade semelhantes.

MAC01 e MAC02

Os pontos MAC01 e MA02 (Figura 37) se localizam a aproximadamente 800 m de altitude e suas águas são consideradas de boa qualidade (Figura 38).



Figura 37 - Pontos de coleta em Macaé de Cima (MAC01) e em Galdinópolis (MAC02).

Em geral, os resultados das análises dos parâmetros de qualidade não indicaram contaminações por fontes antrópicas, o que pode ser corroborado pelos dados de uso e ocupação do solo nas duas sub-bacias, as quais são ocupadas quase integralmente por fragmentos florestais (Figuras 38 e 39). Cabe ressaltar que parte da sub-bacia MAC01 integra o Parque Estadual dos Três Picos e a APA Macaé de Cima (ver Figura 70), possuindo portanto a vocação do uso da água para preservação do ambiente aquático.

As visitas a campo e entrevistas abertas com informantes-chave demonstram que as captações de água para abastecimento nessas localidades são por meio de soluções individuais e a que a todas as habitações fazem suas captações das nascentes. É perceptível a modificação do uso da terra na região uma vez que os relatos descrevem abandono de terras, diminuição da produção agrícola, principalmente inhame, e aquisição de sítios por moradores de outras regiões do estado. A agricultura de subsistência se caracteriza pelo cultivo de inhame, banana entre outros como mandioca, feijão e milho, dos quais seus excedentes são comercializados em quitandas e hortifuti.

Apesar da boa qualidade da água, alguns parâmetros merecem detalhamento. O cloro residual total nos pontos MAC01 e MAC02 apresentou na campanha 1 valores 10 vezes superior ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/05, o que significa uma ameaça às comunidades aquáticas. Foi investigada na campanha 2 a presença de organoclorados, porém nem o cloro residual total, nem os organoclorados foram detectados. Na campanha 1 também foi medido em MAC02 o valor de *E. coli* 4 vezes maior (866 NMP/100ml) que o permitido para classe 1. Entretanto, o local de coleta foi muito próximo a um galpão que executa atividades de avicultura para subsistência, situado na margem do rio, o que explica esse elevado valor. Nas coletas seguintes o local foi alterado a fim de não mascarar os resultados. Foi relatado pelos informantes-chave dessas localidades o uso de criolina para limpeza dos canis nos sítios, assim como lavagem de currais e estrebariais, limpeza de piscinas de criação de trutas, limpeza de piscinas cloradas e saunas à beira do rio. Sobre o lançamento de esgoto doméstico os informantes relataram que o descarte é feito em fossas e que se desconhece qualquer situação onde o esgoto seja lançado no rio.

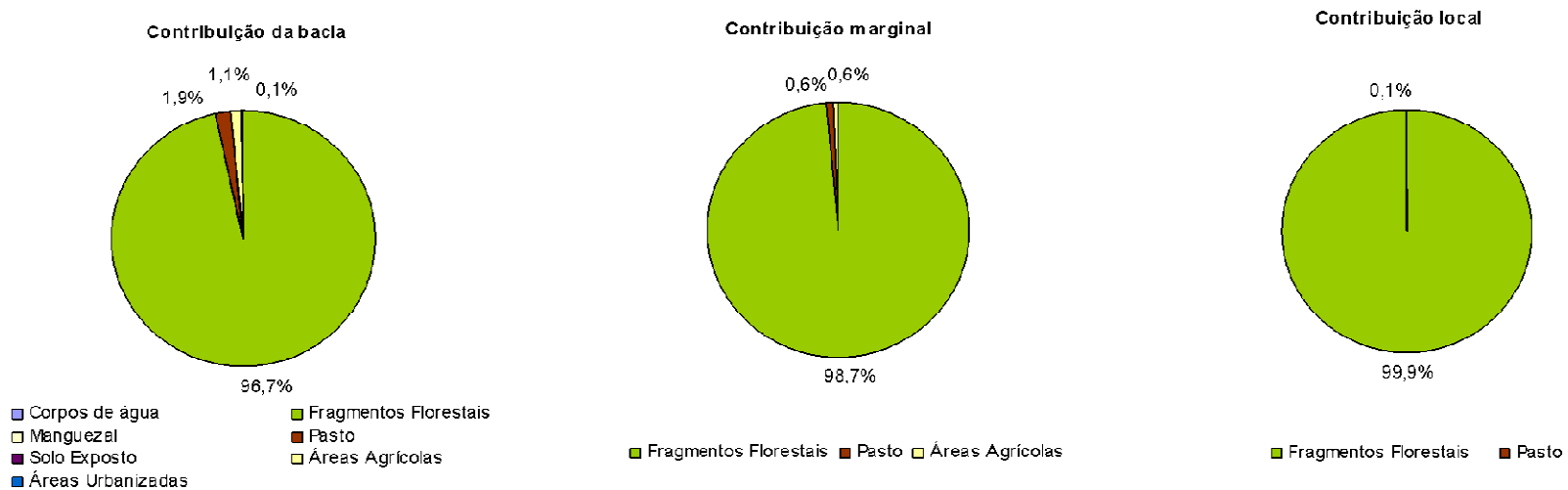
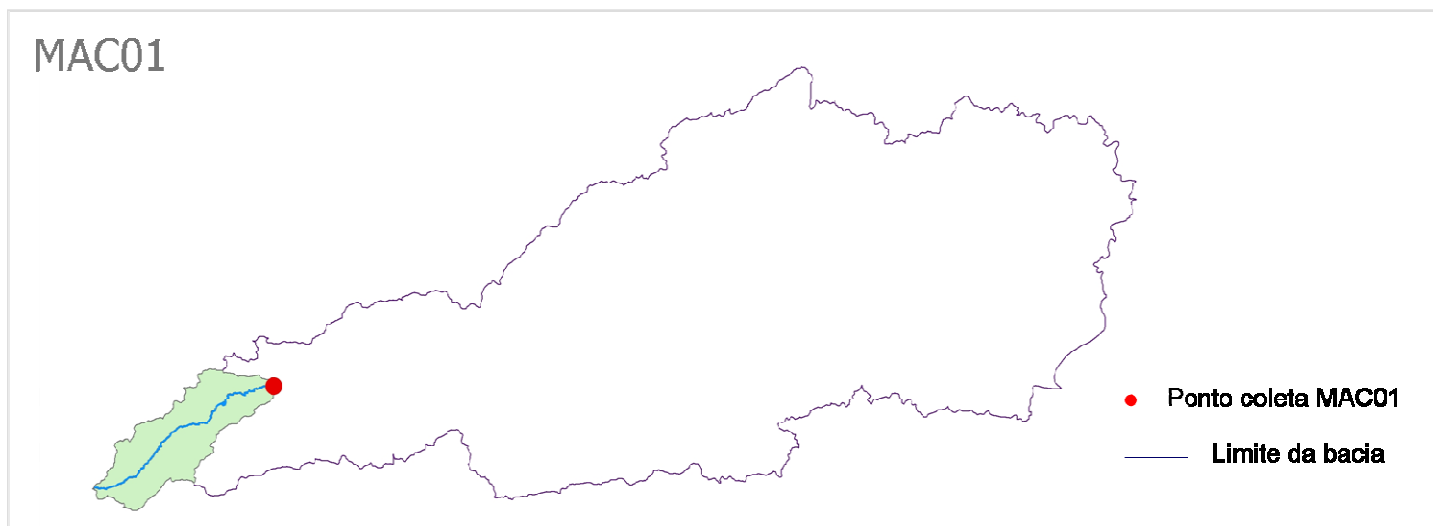


Figura 38 – Ilustração dos três níveis de contribuição do uso e ocupação do solo para qualidade da água, exemplo ponto MAC01.

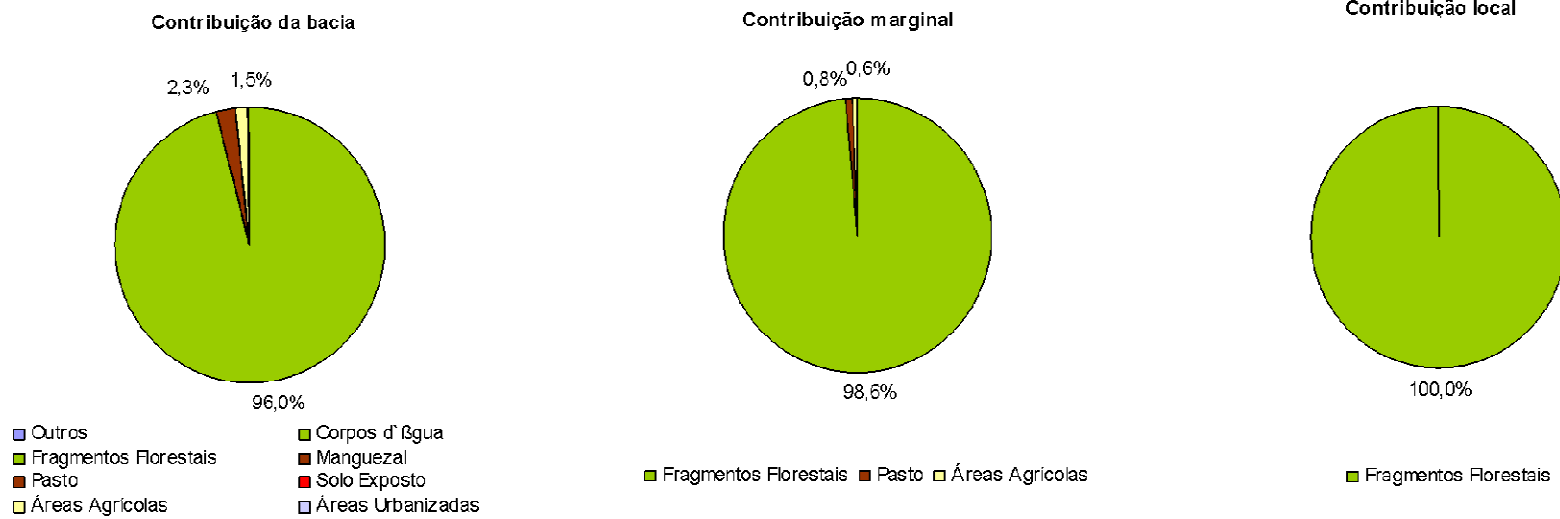
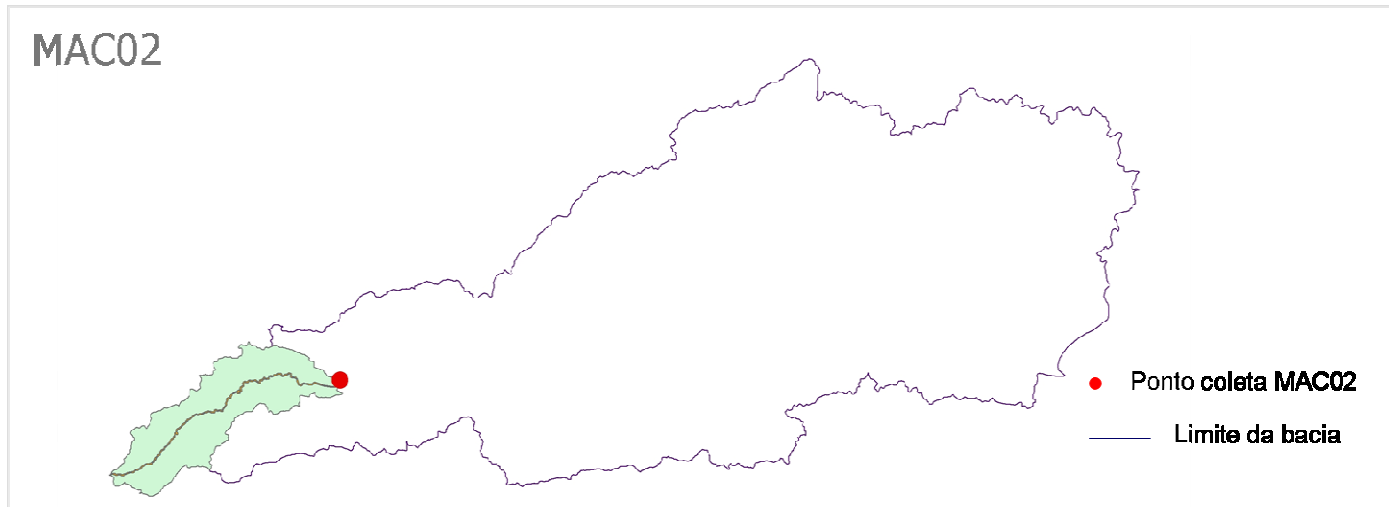


Figura 39 – Sub-bacia do ponto MAC02, em Águas Claras de Galdinópolis: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

MAC03

O ponto MAC03 está localizado a 700 metros de altitude na área urbana do distrito de Lumiar (Figura 40).



Figura 40 – Ponto de coleta MAC03 no centro de Lumiar, Nova Friburgo.

O IQA neste ponto foi classificado entre médio e bom. A avaliação dos parâmetros de qualidade mostra ser tal ponto crítico quanto à frequência e grau de violação dos padrões. Os parâmetros turbidez, nitrato, nitrogênio amoniacal e *E. coli* com valores elevados são indicativo de poluição por despejo de esgoto. Associados a estes parâmetros estão o OD, que apresentou o valor mais baixo ao longo de todo o alto e o médio curso da bacia, evidenciando o consumo de OD para estabilização da matéria orgânica. Os valores de *E. coli* ultrapassaram em até 6 vezes o valor estabelecido para classe 1 e também ultrapassa os limites para classe 3. A Figura 41 apresenta o uso e ocupação do solo a nível local, evidenciando o adensamento urbano como a principal contribuição na degradação da qualidade nessa sub-bacia.

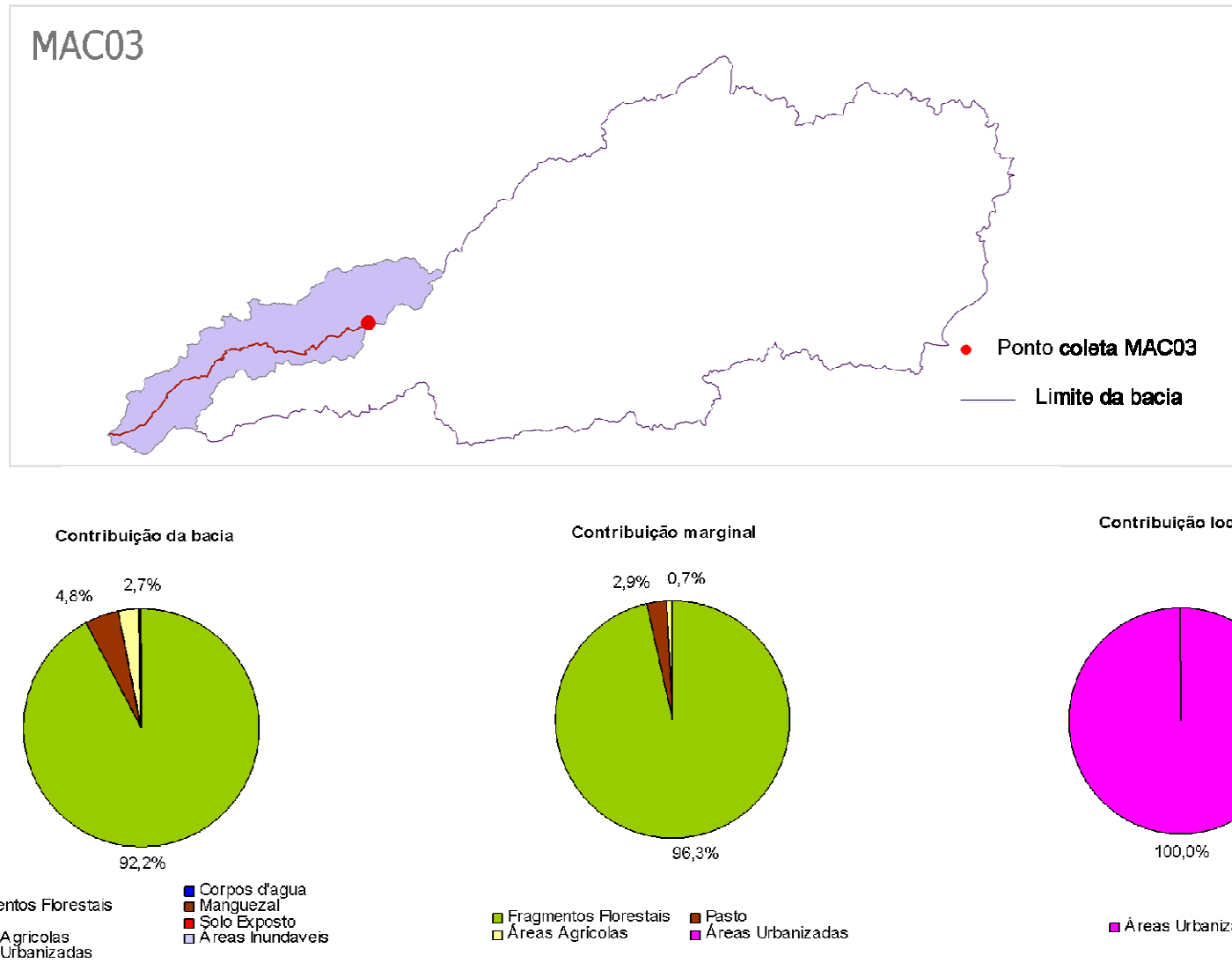


Figura 41 – Sub-bacia do ponto MAC03, em Lumiar: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

MAC04

O ponto MAC04, denominado Encontro dos Rios, está localizado próximo ao ponto MAC03 no distrito de Lumiar. No entanto, este ponto possui importância estratégica, pois além de receber uma grande contribuição da sub-bacia do rio Bonito (Figura 42), possui um uso da água expressivo para fins de recreação de contato primário e secundário. Cabe ressaltar que algumas alterações nos parâmetros de *E. coli* ainda são observadas, sugerindo que a contribuição da degradação da qualidade sofrida no ponto MAC03 se faz ainda sentir no ponto MAC04. No entanto, observou-se em geral uma melhoria dos parâmetros, como por exemplo, o aumento do valor de OD. Tal melhoria está provavelmente associada ao aumento da vazão ocasionado pela contribuição do afluente rio Bonito, uma sub-bacia ocupada predominantemente por fragmentos florestais, conforme apresentado na Figura 38. A predominância de fragmentos florestais no local (Figura 43) corrobora com os bons resultados de qualidade da água encontrados.



Figura 42 – Ponto de coleta MAC04, no Encontro dos Rios em Lumiar, Nova Friburgo.
Nota: Rio Bonito à esquerda e rio Macaé à direita. Foto: Nicholas Dacal.

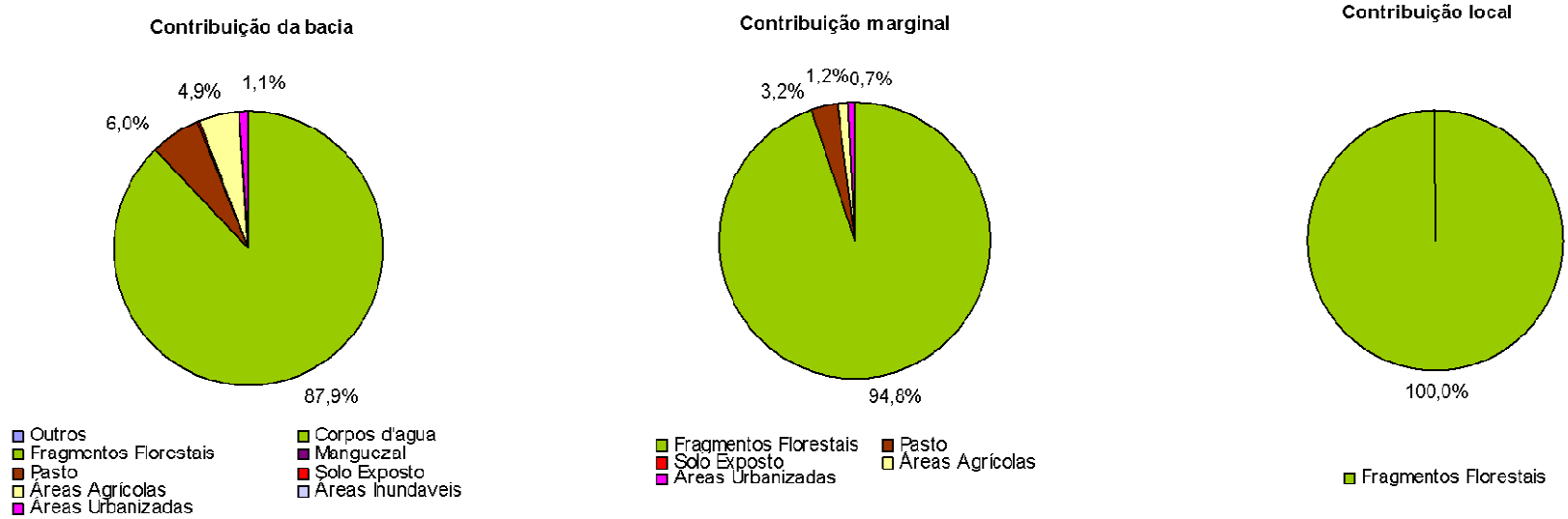
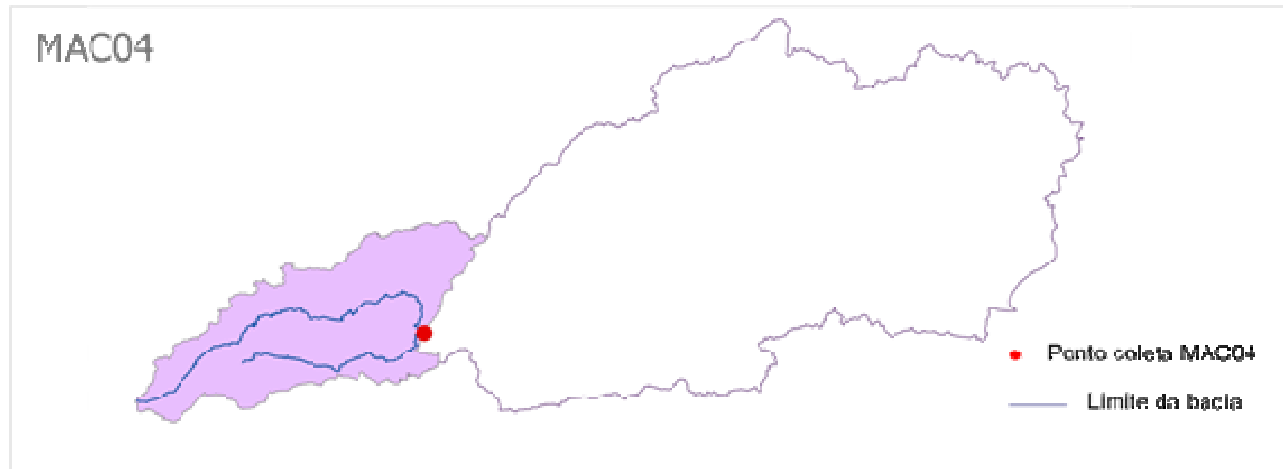


Figura 43 – Sub-bacia do ponto MAC04, no Encontro dos Rio em Lumiar: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

MAC05

O ponto MAC05 se localiza a 400m de altitude, na localidade de Cascata (Figura 44), a montante da queda d'água (Cachoeira da Fumaça), onde se destaca o uso recreativo de contato primário. O IQA avaliado mostrou-se bom nas duas campanhas, refletindo os bons parâmetros de qualidade analisados. Avaliando o uso e ocupação do solo nessa sub-bacia percebe-se que os fragmentos florestais são aos poucos substituídos por pastagens. No entanto a faixa marginal permanece 74% coberta por vegetação natural e o percentual de fragmentos florestais é elevado (Figura 45), contribuindo para a qualidade observada. Apesar da qualidade da água não estar alterada, mesmo com a presença de casas e pousadas, observa-se a ocupação irregular nas faixas marginais de proteção e a apropriação dos espaços públicos para lazer particular, o que prejudica o uso recreativo. Também foi observado o lançamento de efluentes de cozinha e suspeita-se de lançamento de esgoto *in natura*.



Figura 44 – Ponto de coleta MAC05 na localidade de Cascata.

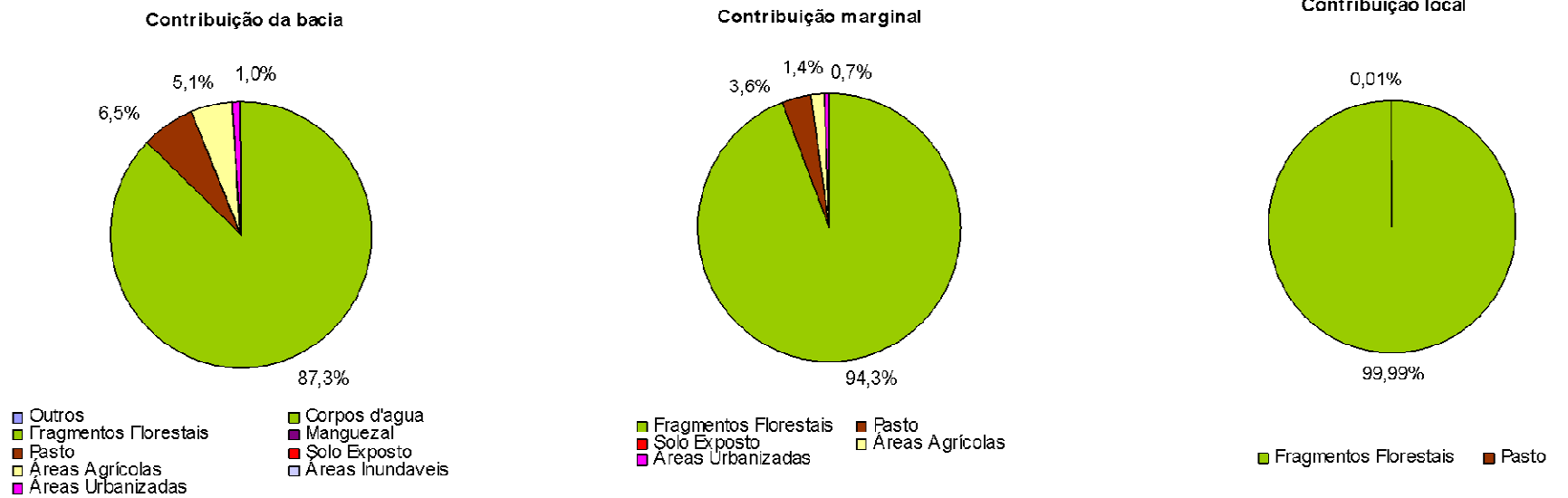
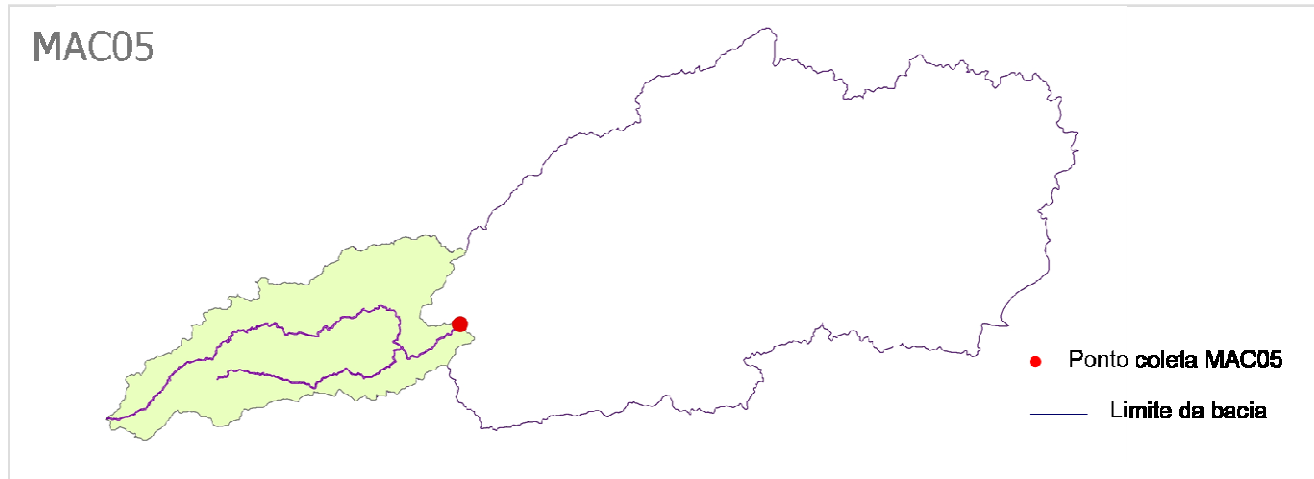


Figura 45 – Sub-bacia do ponto MAC05, na localidade de Cascata: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

MAC06 e MAC07

Os pontos MAC06 e MAC07 se localizam a 200m de altitude, e ambos apresentaram valores do IQA entre médio e bom. O ponto MAC06 está situado em Barra do Sana, a jusante da confluência do rio Sana (Figura 46), e o ponto MAC07 se localiza na fazenda Santo Antônio, próximo à localidade de Figueira Branca (Figura 47).



Figura 46 – Ponto de coleta MAC06 na localidade Barra do Sana.



Figura 47 – Ponto de coleta MAC07 na “ponte de arame” localizada na Fazenda Santo Antônio, próximo à Figueira Branca.

Observa-se que nas sub-bacias dos pontos MAC06 e MAC07 a área ocupada por pastagem e agricultura representa aproximadamente 14% das áreas totais (Figura 48 e 49). No entanto, no caso do ponto MAC06, sugere-se a contribuição da sub-bacia do rio Sana como origem de degradação da qualidade da água. Na sub-bacia do rio Sana apesar da existência de áreas protegidas na cabeceira, o Arraial e a Barra do Sana vêm sofrendo adensamento urbano, e a estação de tratamento de esgoto não funciona adequadamente. Conforme relatado pelo usuário responsável pelo saneamento no distrito, a estação está funcionando abaixo da sua capacidade, e por isso alguns processos ficam prejudicados. Além disso, foi também relatada a presença de altos teores de fósforo no efluente de entrada da estação, cuja origem ainda é desconhecida. O ponto MAC06 apresentou valor elevado de fósforo total nas duas campanhas e pode, portanto, ser atribuído à sub-bacia do rio Sana, porém, esse parâmetro isolado não dá certeza da fonte poluidora. Os demais parâmetros violados foram *E. coli* e nitrogênio amoniacal sugerindo o despejo de esgotos domésticos como o principal responsável pela diminuição do nível da qualidade. Também foi relatada a expansão da criação de peixes utilizando espécies exóticas na sub-bacia do rio Sana.

Quanto à qualidade no ponto MAC07 os parâmetros fósforo total, *E. coli* e nitrogênio amoniacal também foram elevados, no entanto, mais baixos que os apresentados no MAC06. O ponto MAC07, também conhecido como “ponte de arame” possui o uso característico de recreação, e representa para a população de Casimiro de Abreu uma opção consagrada de lazer e banho.

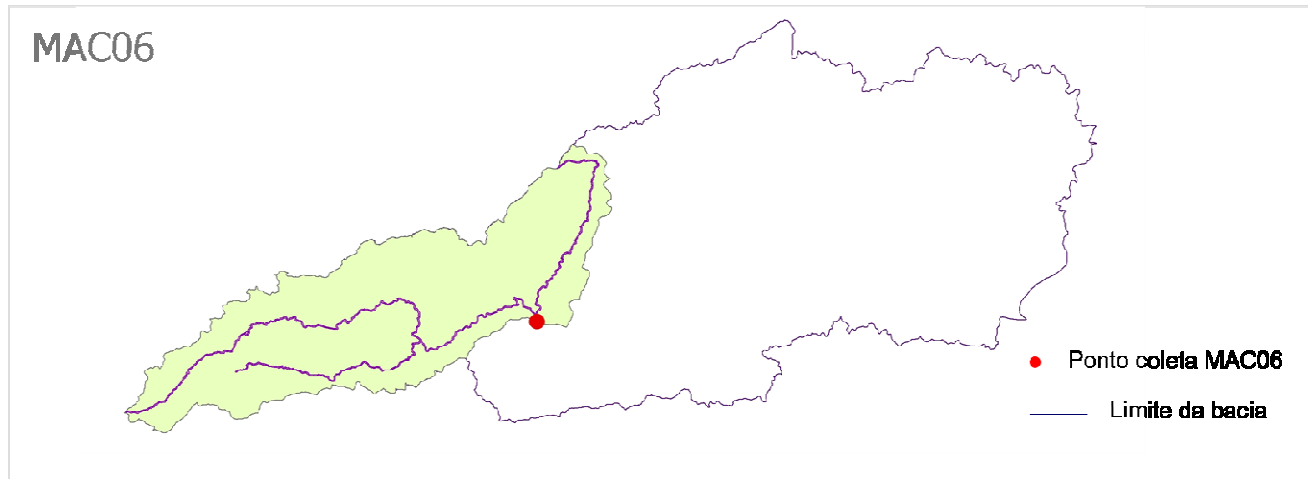


Figura 48 – Sub-bacia do ponto MAC06, na localidade de Barra do Sana. Distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

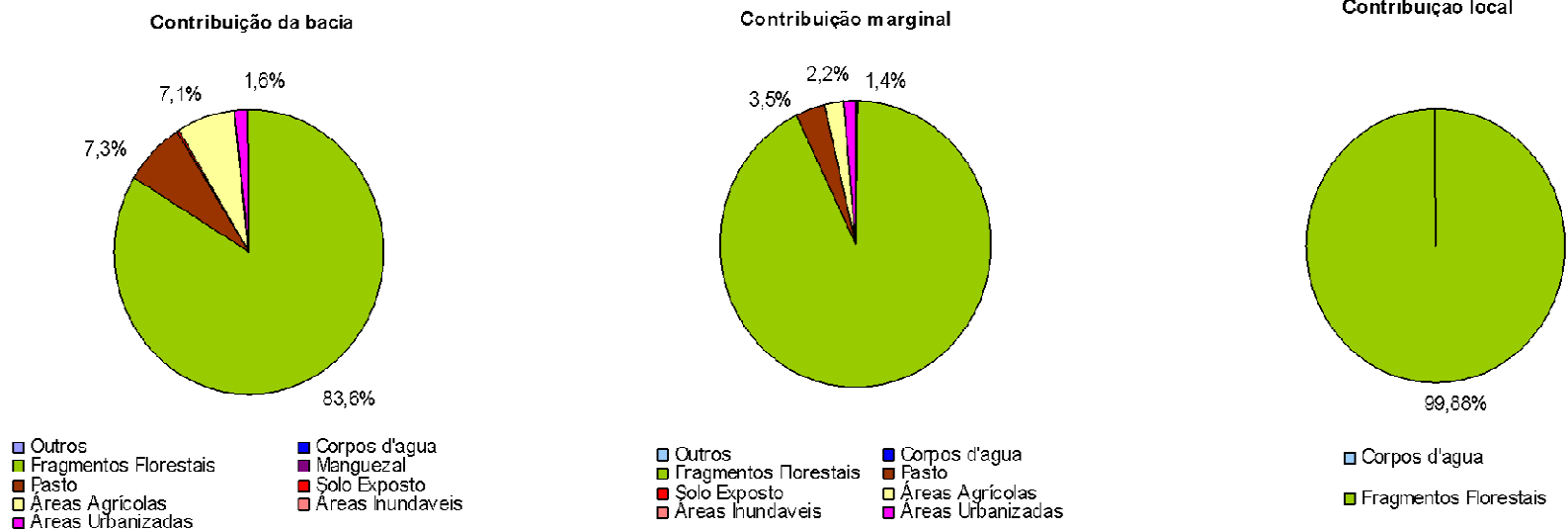
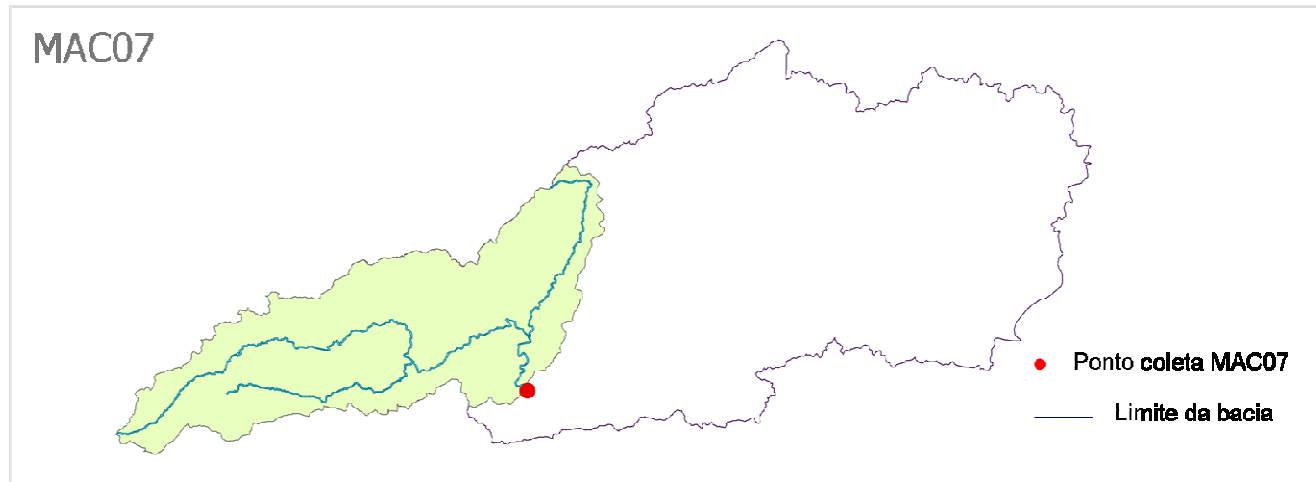


Figura 49 – Sub-bacia do ponto MAC07, na fazenda Santo Antônio: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

MAC08 e MAC09

Os pontos MAC08 e MAC09 se localizam abaixo de 100m de altitude, e são característicos de médio curso, com margens espraçadas, leito arenoso, menor velocidade e formação de meandros (Figuras 50 e 51). Nota-se que o uso e a ocupação do solo (Figuras 52 e 53) sofreram grandes modificações quando comparados aos pontos à montante. Consequentemente a origem da degradação também foi modificada.



Figura 50 – Ponto de coleta MAC08 a jusante do encontro com rio do Salto.
Na foto, rio do Salto abaixo e rio Macaé ao fundo.



Figura 51 – Ponto de coleta MAC09 no rio Macaé após a contribuição do rio D'anta.

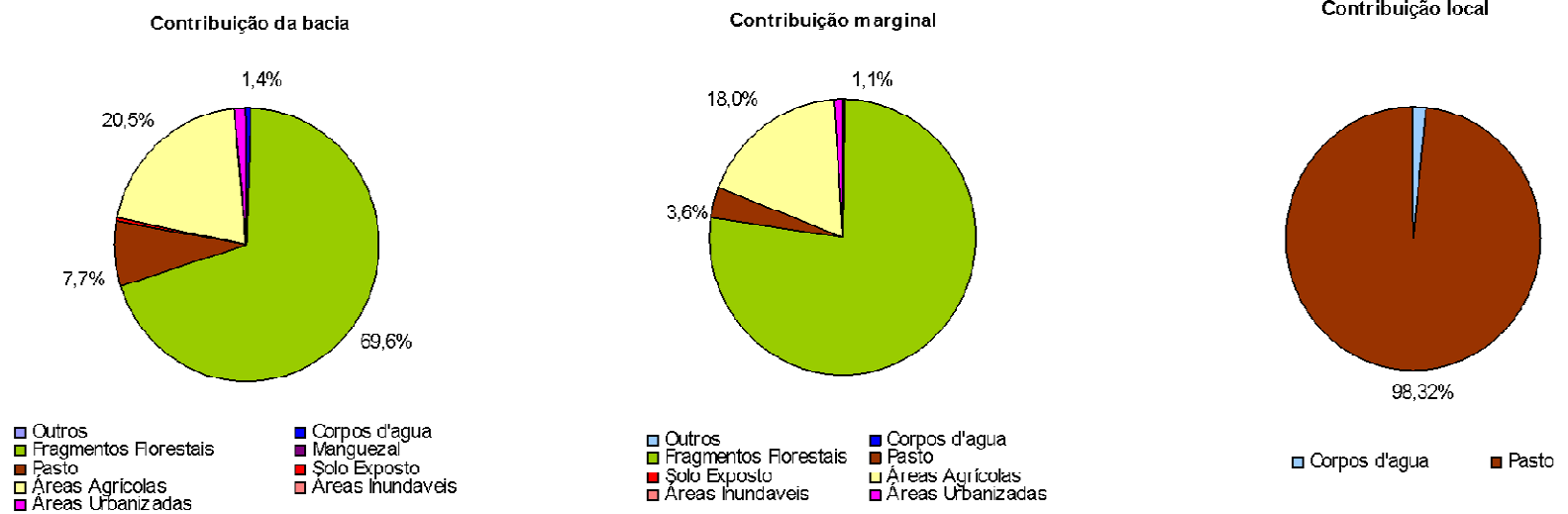
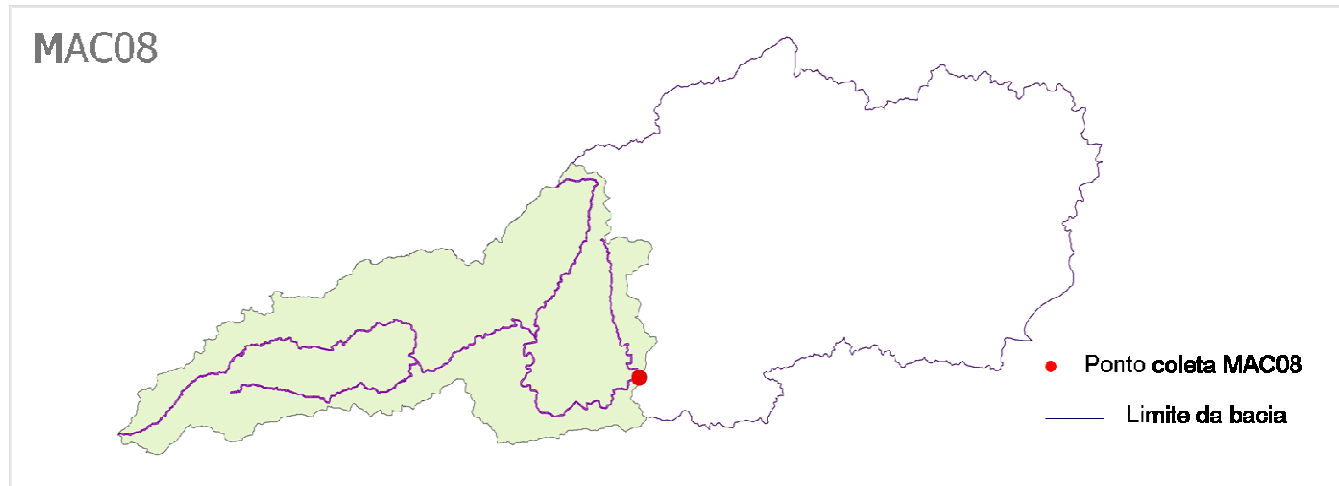


Figura 52 – Sub-bacia do ponto MAC08, a jusante da confluência do rio do Salto (sub-bacia do rio Ouriço): distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

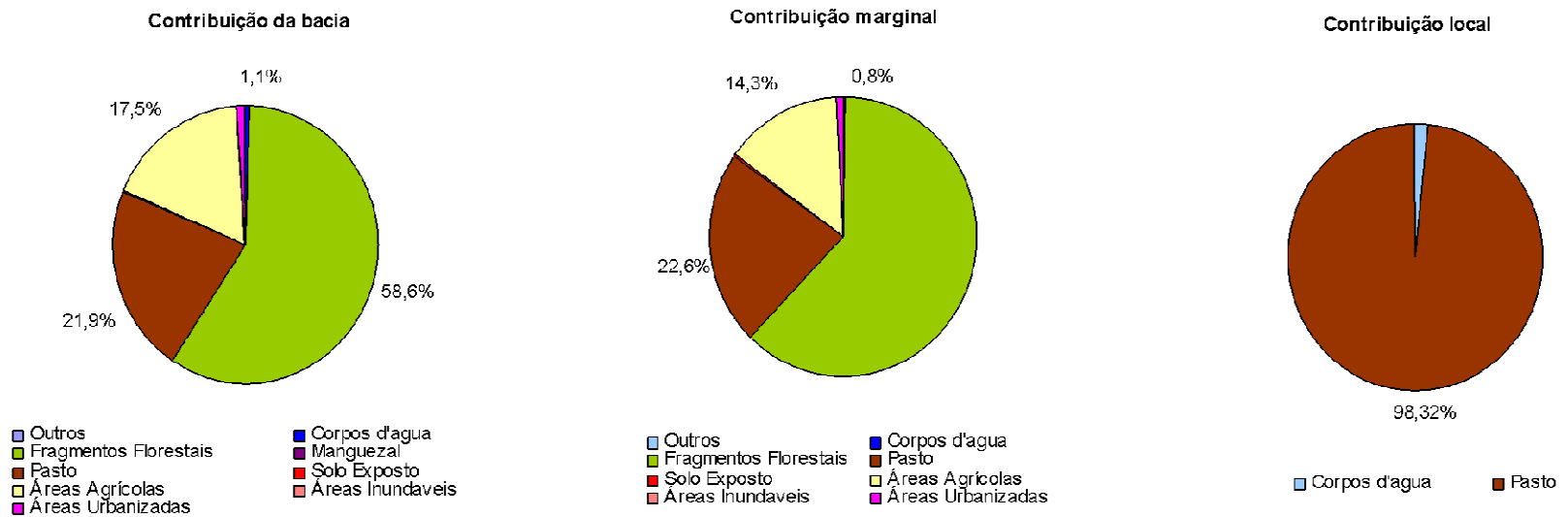
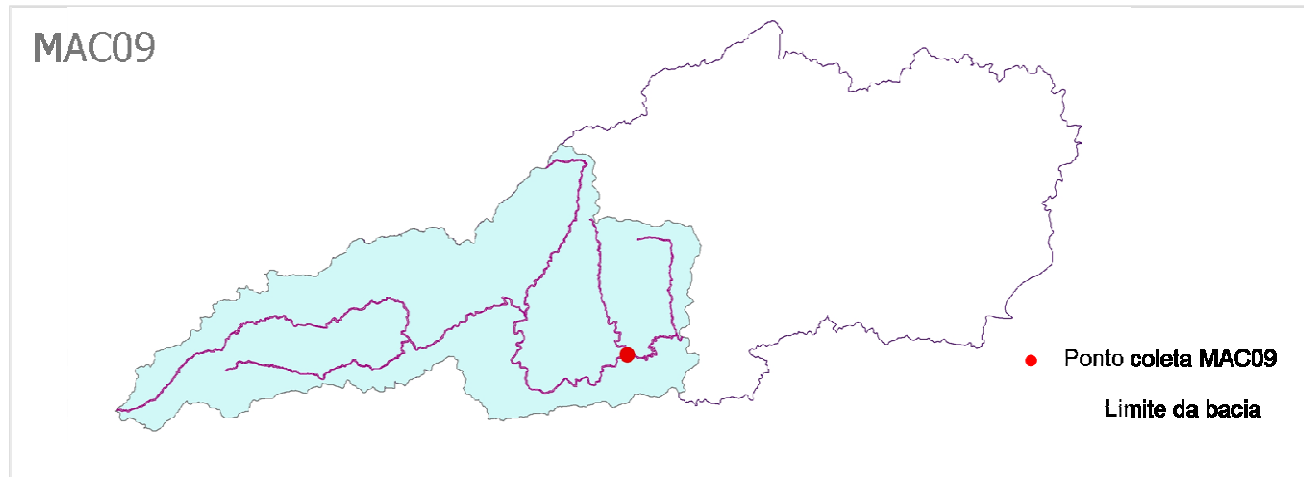


Figura 53 – Sub-bacia do ponto MAC09, a jusante da confluência com o rio D’anta: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

O ponto MAC08 apresentou na única campanha o IQA bom. O ponto MAC09 obteve a segunda pior nota do IQA (58) na campanha 1, atribuído principalmente ao altíssimo valor de fósforo total (3,30 mg/L). Na campanha 2, assim como os demais pontos, obteve melhora considerável do IQA e o fósforo detectado esteve abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05.

A avaliação dos parâmetros de qualidade mostram que a partir do ponto MAC08 há um aumento considerável de sólidos totais. Nota-se que na campanha 1 o valor ficou entre 2mg/L e 148mg/L enquanto na campanha 2 os valores variaram de 1mg/L a 34mg/L. Foi levantada a hipótese dessa variação de sólidos totais entre as campanhas ter correlação com os períodos de coleta em estação chuvosa e de seca (Figura 21). A avaliação do uso e ocupação do solo na sub-bacia do ponto MAC09 mostra que os fragmentos florestais perderam lugar para as pastagens e áreas agrícolas. As pastagens agora ocupam cerca de 21% e as áreas agrícolas em torno de 17% da área total da sub-bacia (Figura 53). Essa mudança no uso e cobertura do solo sugere a relação dos altos valores de sólidos totais nos meses chuvosos, uma vez que há o aumento do escoamento superficial em áreas ocupadas com pastagens e agricultura e que são responsáveis por carrear partículas do solo, material vegetal e nutrientes pelas redes de drenagem até atingir o corpo hídrico. Esse indício também explica os altos valores de fósforo total, nutriente presente em adubos e que quando utilizados indiscriminadamente podem alcançar o corpo d'água, fato agravado em épocas de chuva. Outra observação agravante é o tipo de ocupação nas margens do rio. Como pode ser observado também nas Figuras 53 e 54, as margens são ocupadas pela pecuária e agricultura com poucas áreas com mata ciliar. A presença da mata ciliar funciona como uma barreira impedindo o aporte excessivo de nutrientes e sólidos em suspensão, o que preservaria a qualidade da água nesse trecho. Outra função das matas ciliares é diminuir o assoreamento, impedindo a ação da erosão hídrica nas margens. A Figura 54 ilustra as consequências da erosão hídrica neste ponto. Devido à alteração do uso do solo, as sub-bacias do ponto MAC08 e MAC09 não sofrem influência direta de povoados, como pode ser evidenciado pelos baixos valores de *E. coli* nas duas campanhas.

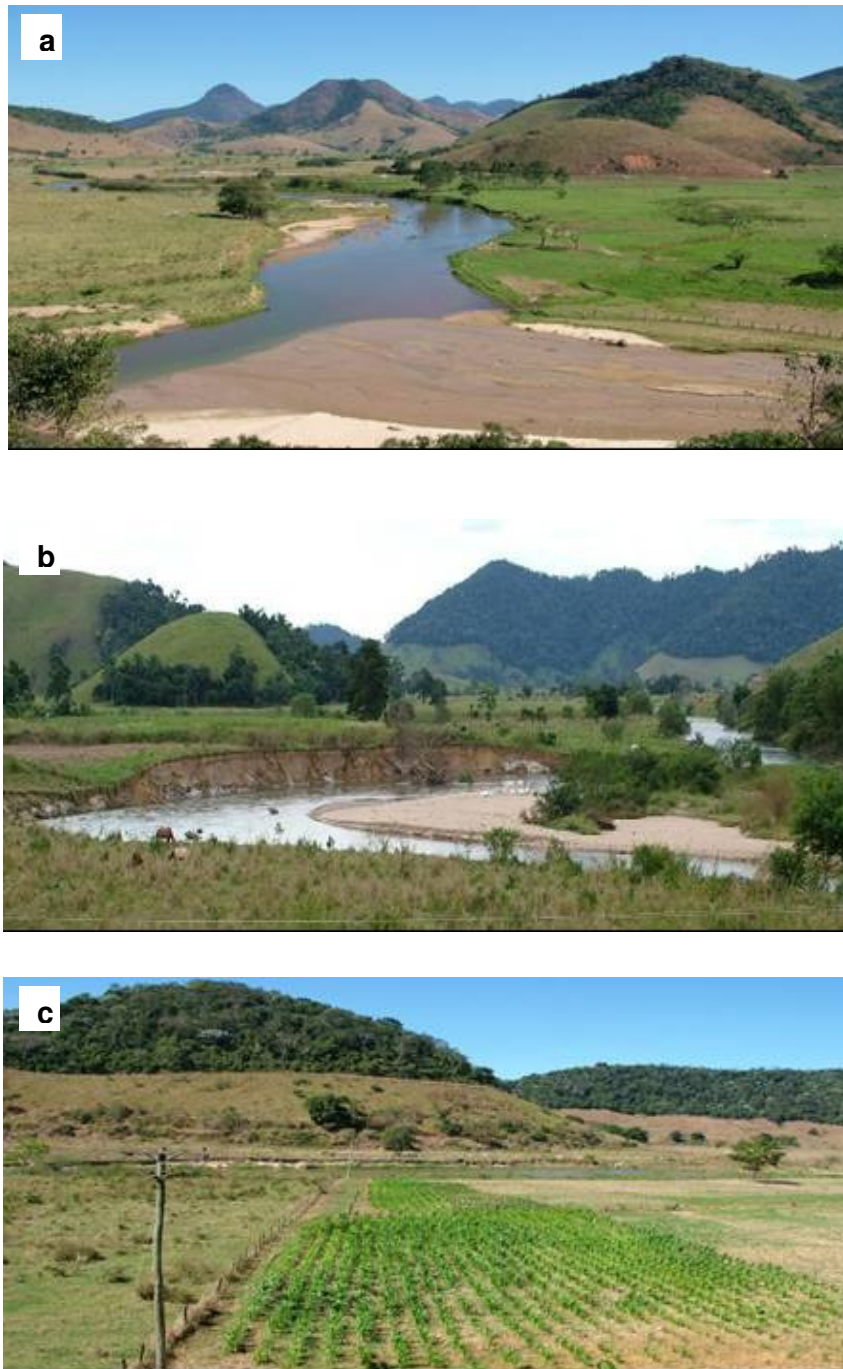


Figura 54 – a) encontro do rio D’anta (abaixo a direita) com rio Macaé; b) último meandro do rio Macaé antes da retificação (erosão hídrica); c) uso das margens para agricultura e pecuária.

MAC10, MAC11 e MAC13

Os pontos MAC10, MAC11 e MAC13 estão localizados abaixo de 40m de altitude e o curso principal das suas sub-bacias foram retificados na década de 70 (Figuras 55 e 56). O ponto MAC13, localizado numa área de inundação próxima ao centro urbano da sede de Macaé, recebe a contribuição da sub-bacia do rio São Pedro (Figura 57).



Figura 55 – Ponto de coleta MAC10 sob a ponte na rodovia RJ-168.



Figura 56 – Ponto de coleta MAC11 sob a ponte na rodovia BR-101.



Figura 57 – Ponto de coleta MAC13 a jusante da confluência com o rio São Pedro.

A avaliação do uso e cobertura do solo nas sub-bacias dos pontos MAC10, MAC 11 e MAC13 indicam que as atividades de pecuária extensiva e agricultura são intensificadas nessas áreas de baixadas. A análise do uso dessas atividades nas áreas marginais se mostrou que intenso, uma vez que há preferência em ocupar o solo fértil das áreas inundáveis. (Figuras 58, 59 e 60).

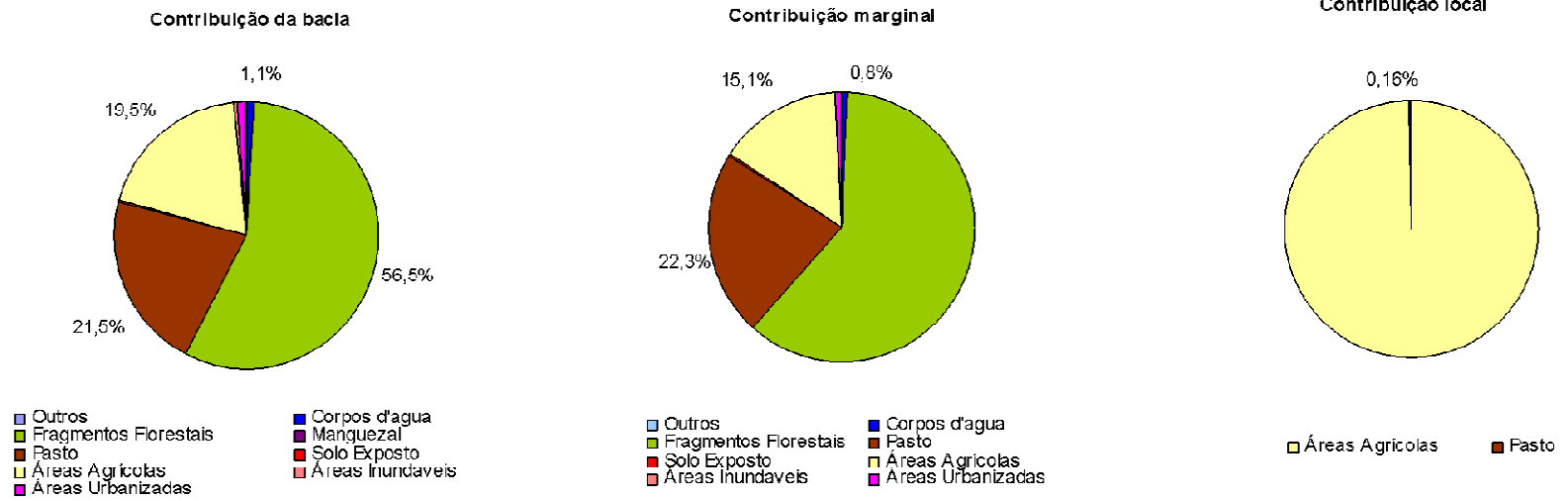
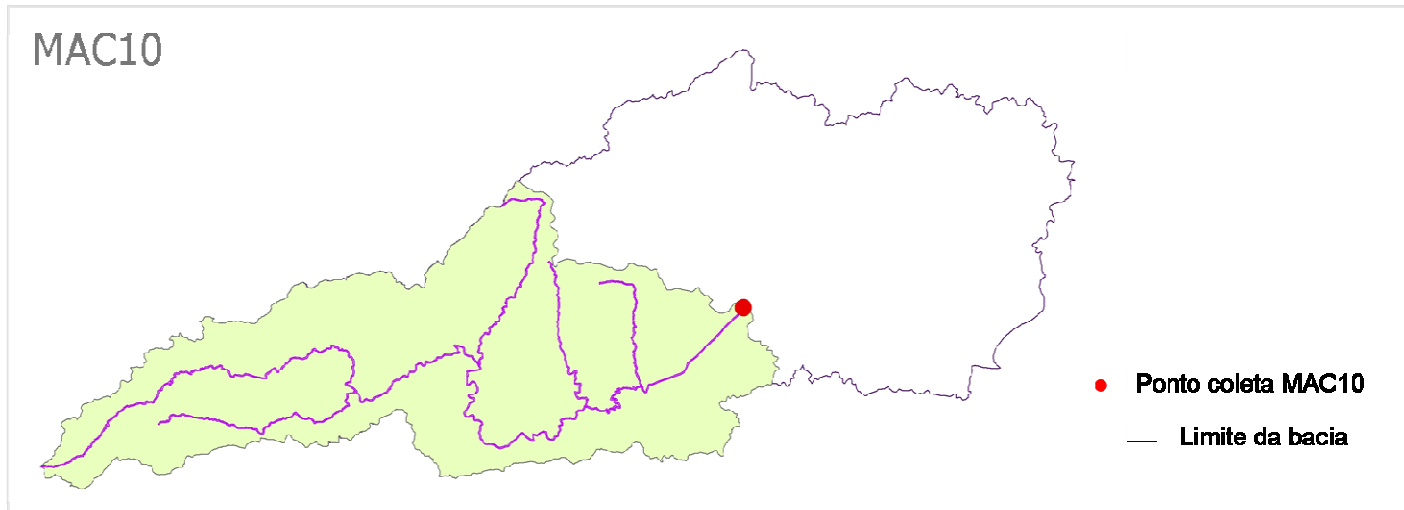
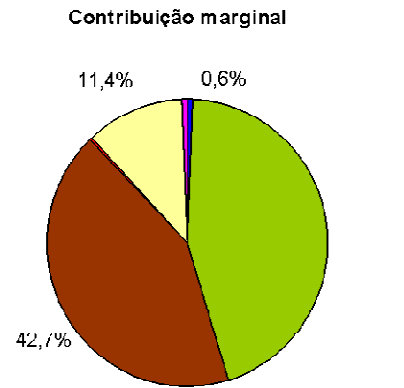
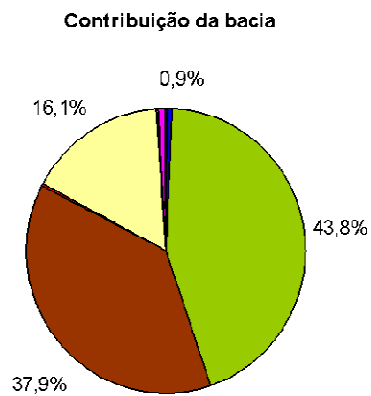
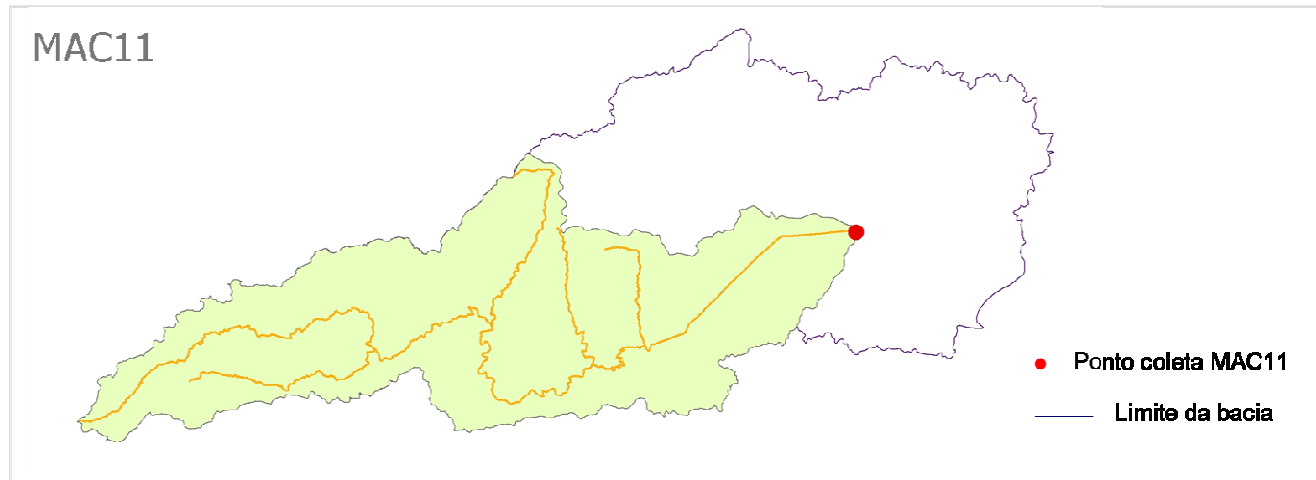


Figura 58 – Sub-bacia do ponto MAC10, localizado sob a ponte RJ-168: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.



- Outros
- Fragmentos Florestais
- Pasto
- Áreas Agrícolas
- Áreas Urbanizadas
- Manguezal
- Solo Exposto
- Áreas Inundáveis

- Outros
- Fragmentos Florestais
- Solo Exposto
- Áreas Inundáveis
- Corpos d'agua
- Pasto
- Áreas Agrícolas
- Áreas Urbanizadas

- Outros
- Pasto
- Áreas Urbanizadas
- Corpos d'agua
- Solo Exposto

Figura 59 – Sub-bacia do ponto MAC11, localizado sob a ponte BR-101. Distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

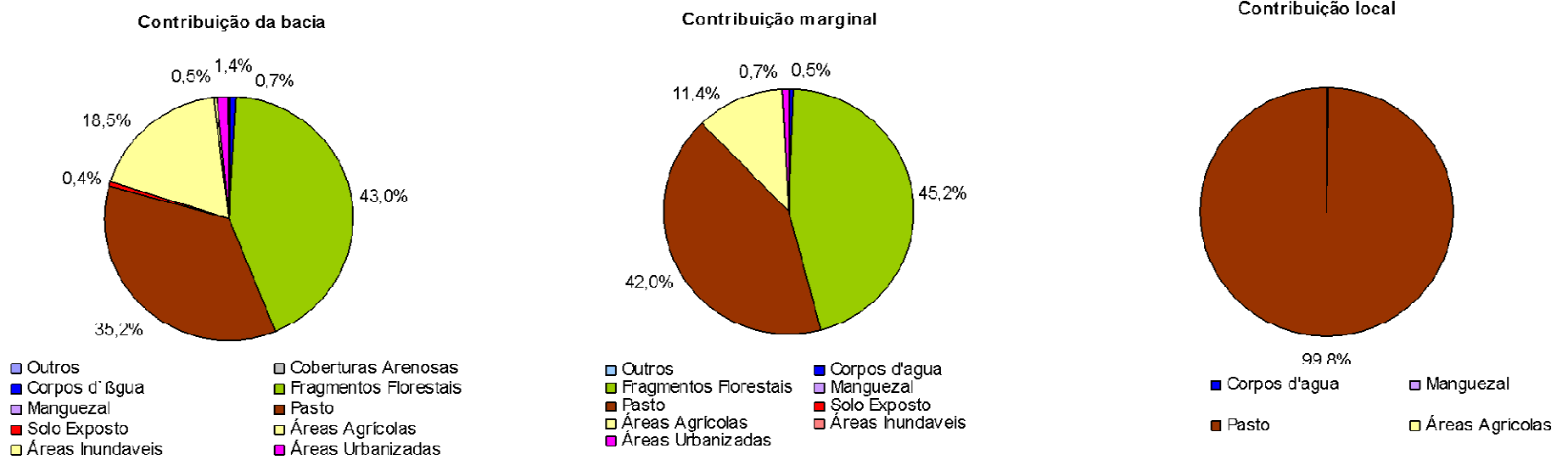
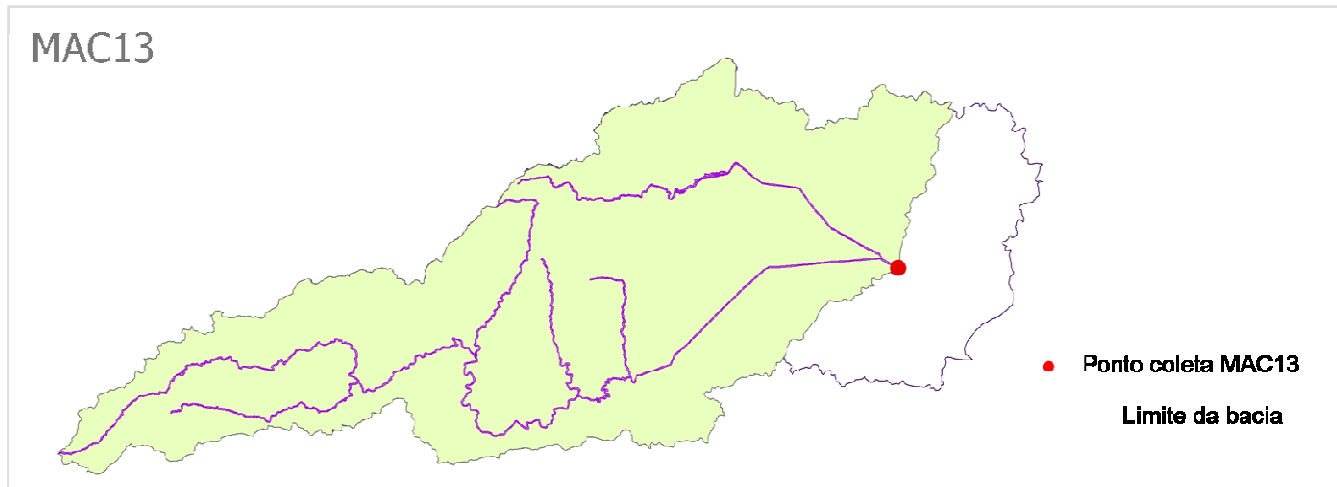


Figura 60 – Sub-bacia do ponto MAC13, localizado no Imbuuro próximo ao centro urbano, após a confluência do rio São Pedro. Distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

A qualidade da água nestes três pontos foi avaliada como boa em ambas as campanhas. Nota-se que a ocupação urbana nessas sub-bacias é baixa e, portanto não é evidente a degradação por despejos de esgotos. A presença de *E. coli* abaixo do limite para classe 1 é um bom indicativo para o uso intenso de abastecimento doméstico e industrial existente entre o trecho MAC10 e MAC11. A sub-bacia do ponto MAC11 tem suas águas captadas para abastecimento da população urbana da cidade de Macaé e para abastecimento de duas usinas termelétricas e de bases e plataformas da Petrobras. Deve-se considerar a importância prioritária do consumo humano e preservar a qualidade da água protegendo a população da bacia contra risco de doenças de veiculação hídrica e outros compostos tóxicos.

Apesar dos baixos valores de *E. coli*, o fósforo total se mostrou elevado nos pontos MAC10 e MAC11, ultrapassando os limites regulamentados pela Resolução CONAMA n. 357/05. Pode-se atribuir esse aumento ao uso e ocupação do solo a nível local, que mostrou-se 100% ocupado por áreas agrícolas. Tal uso pode ser constatado em visitas a campo, conforme mostra a Figura 61, quando observou-se uma extensa área de plantio de feijão próximo às margens do rio na altura do ponto MAC10.



Figura 61 – Registro de área agrícola próximo ao ponto MAC10, plantio de feijão.

O ponto MAC13 não apresentou nenhuma violação nos parâmetros em relação aos padrões de qualidade para classe 1. Cabe ressaltar que o uso e a ocupação da sub-bacia são semelhantes aos das sub-bacias à montante. No entanto a qualidade se refere apenas a campanha 2 referente à época de estiagem e por isso não foi possível notar a contribuição efetiva dessas atividades para a sub-bacia. A sub-bacia MAC13 recebe a importante

contribuição da sub-bacia do rio São Pedro. A sub-bacia do rio São Pedro possui dois aproveitamentos hidrelétricos: (i) a Usina Hidroelétrica (UHE) Glicério, que possui um repressamento, mas encontra-se desativada; (ii) e a UHE Macabu, que recebe as águas da bacia hidrográfica do rio Macabu. Essa transposição foi possível a partir da construção de represamentos próximos às nascentes do Rio Macabu e de um reservatório no município de Trajano de Moraes. A construção dessa barragem de Sodrelândia (Figura 63) permitiu que as águas fossem canalizadas e transpostas para a bacia hidrográfica do rio Macaé (Figura 62) em virtude da construção da UHE Glicério.



Figura 62 – Canalização das águas da bacia do rio Macabu e sua chegada no córrego do Sertão, afluente do rio São Pedro.



Figura 63 – Represa da Sodrelândia, Tapera, Trajano de Moraes.

MAC12

O ponto MAC12 se localiza na foz do rio Macaé, no centro urbano da cidade de Macaé (Figura 64). O crescimento econômico e ocupação do espaço urbano se deu de forma acelerada na sede do município e o planejamento não acompanhou as demandas desse crescimento. A degradação da qualidade nesse ponto é aparente, o que é afirmado pelo nível ruim e médio do IQA. Os principais parâmetros que se encontraram elevados foram: i) sólidos totais que ultrapassou 10 vezes os valores obtidos nos pontos a montante; ii) E. coli que

ultrapassou os limites para classe, prestando-se a princípio apenas para usos previstos na classe 4; iii) fósforo total; iv) nitrogênio amoniacal; e v) OD que teve o valor limite tolerado para classe 3 (5,0 mg/L). Esses parâmetros indicam o despejo de efluentes domésticos como a principal fonte de degradação. A avaliação do uso e ocupação do solo a nível local corroboram essa indicação (Figura 65). É notável que mesmo a área urbanizada não tenha ocupação expressiva na bacia. O intenso adensamento urbano e a substituição das áreas de pasto em áreas urbanas periféricas não sofreu adequação quanto à rede de esgoto sanitário, e por isso dados tão alarmantes da qualidade da água foram obtidos.



Figura 64 – Ponto de coleta MAC12 na foz do rio Macaé, sobre a ponte da Barra de Macaé na no área urbana.

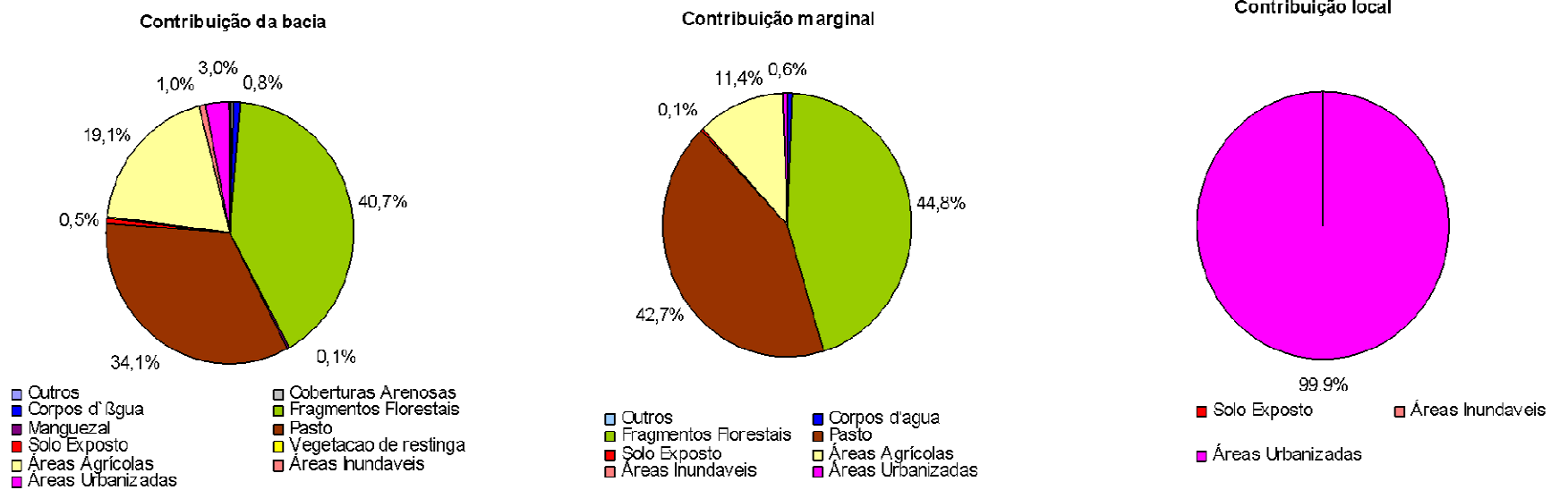
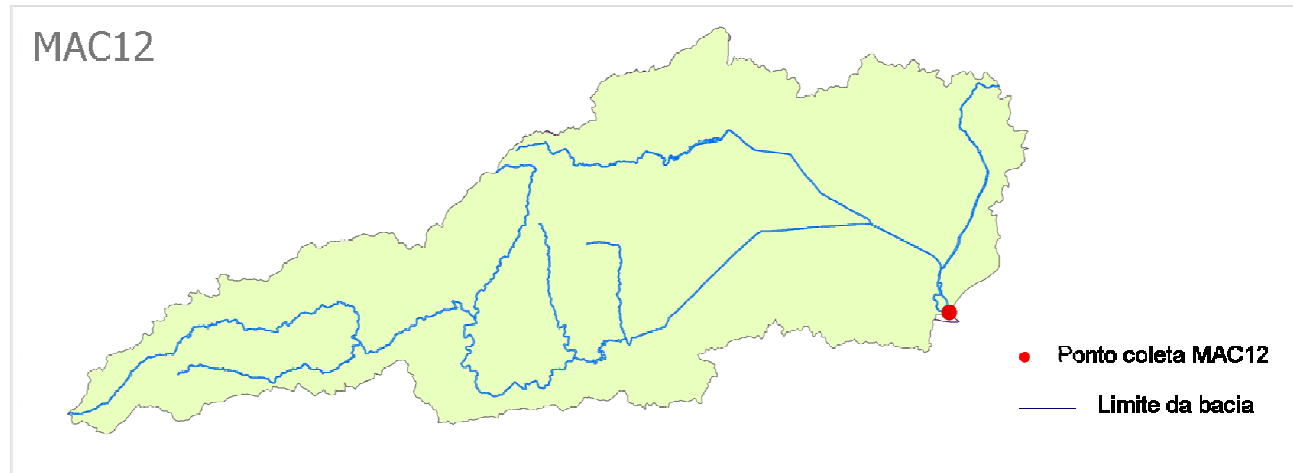


Figura 65 – Sub-bacia do ponto MAC12, localizado na foz do rio, no centro urbano da cidade de Macaé: distribuição dos usos e ocupação no âmbito da sub-bacia, das margens da sub-bacia e local.

4.3 Uso da água na bacia hidrográfica do rio Macaé

A caracterização dos usos da água na bacia hidrográfica do rio Macaé foi possível a partir da compilação das pesquisas bibliográficas em conjunto com a atualização das informações obtidas do levantamento e tratamento dos dados do cadastro de usuários dos recursos hídricos (CNARH/SERLA). Serão apresentados os usos consuntivos seguidos dos não-consuntivos e posteriormente a caracterização geral dos usos na bacia.

4.3.1 Caracterização dos usos da água

Abastecimento humano

A Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) é responsável pela operação e pela manutenção do sistema do distrito sede de Macaé; a Empresa Pública Municipal de Habitação, Urbanização, Saneamento e Águas (EMHUSA) está encarregada pela operação dos sistemas dos distritos do município de Macaé; a Companhia de Água e Esgoto de Nova Friburgo (CAENF) é responsável pelos sistemas do município de Nova Friburgo e o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Casimiro de Abreu (SAAE Casimiro de Abreu) para abastecimento do município (Figura 66). As habitações que se localizam dentro da bacia porém em outros municípios, notadamente habitações rurais, utilizam soluções individuais para captação da água.

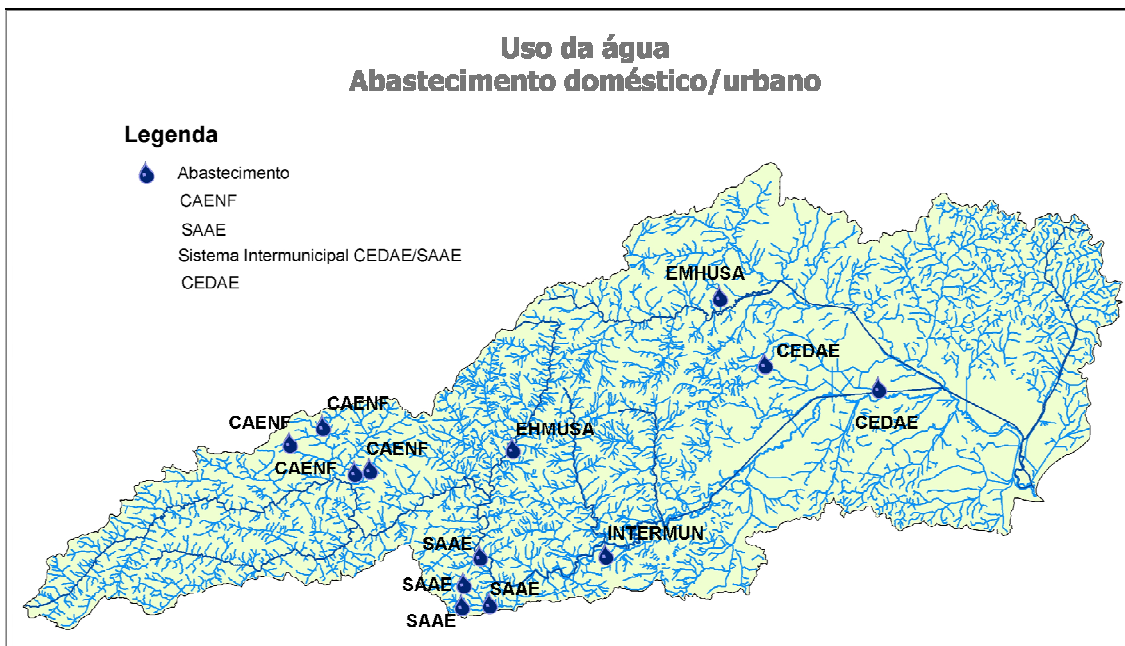


Figura 66 – Cartograma das captações para abastecimento público.

O abastecimento público na sede do município de Macaé atende a 112.098 pessoas na área urbana, a partir da captação na margem esquerda do rio Macaé na localidade Severina, que tem como destino a Estação de Tratamento de Água (ETA) da CEDAE, localizada na sede municipal, no Morro de Santana. Na área rural, 138 pessoas são atendidas pela captação na nascente do córrego Atalaia, no interior do Parque Municipal do Atalaia. O abastecimento no distrito Córrego do Ouro atende 5.000 pessoas e a captação é feita no rio do Ouro com destino a ETA operada pela EMHUSA. No distrito de Glicério, a ETA Trapiche abastece 2.000 pessoas. Os demais distritos macaenses Sana, Frade e Cachoeiros também possuem captações, no entanto, ainda não estão cadastradas. O distrito do Sana tem como fontes o córrego Plamital e córrego Glória, que alimentam os dois sistemas.

Em Nova Friburgo, no distrito de Lumiar as duas ETAs atendem a 1.273 pessoas e em São Pedro da Serra, também com duas ETAs, abastecem 1.077 pessoas. O córrego Bananal é a fonte que alimenta a ETA Lumiar I – Boa Esperança e o córrego Santa Margarida alimenta a ETA Lumiar II- Santa Margarida. Em São Pedro da Serra, o córrego Sibéria e o rio Tapera alimentam respectivamente a ETA São Pedro Bocaina e ETA São Pedro Tapera.

Em Casimiro de Abreu, o SAAE possui captações na bacia do rio Macaé para alimentar a sede do município, a saber, Ribeirão da Luz e Córrego Pai João. Há ainda uma captação no Rio Macaé realizada pelo Sistema Intermunicipal Casimiro de Abreu/ Rio das Ostras (SAAE/CEDAE) para abastecimento do distrito de Barra de São João em Casimiro de Abreu e do município de Rio das Ostras. A água captada é levada até a ETA Rio Dourado e é então distribuída. O Quadro 15 apresenta os principais usuários da água para abastecimento urbano e doméstico na bacia.

Operadora	Latitude/Longitude	Município/ Distrito	Fonte	Vazão Média (m³/h)	Vazão Total Anual	População atendida
CEDAE - Macaé	22° 17' 32,000 " S 41° 53' 47,000 " O	Macaé/ Sede	Rio Macaé	3.074,40	27.005.529,60	112.098
CEDAE - Macaé	22° 19' 53,195 " S 42° 11' 12,191 " O	Macaé/ Sede	Córrego Atalaia	3,60	31.622,40	138
EMHUSA	22° 16' 21,860 " S 41° 59' 9,230 " O	Macaé/ Córrego do Ouro	Rio do Ouro	792,00	6.956.928,00	5.000
EMHUSA	22° 13' 22,000 " S 42° 1' 14,000 " O	Macaé/ Glicério	Córrego Roncador	200,00	1.756.800,00	2.000
CAENF	22° 18' 43,473 " S 42° 20' 9,372 " O	Nova Friburgo/ São Pedro da Serra	Rio Tapera	24,55	215.647,20	1.273
CAENF	22° 19' 25,790 " S 42° 21' 45,044 " O	Nova Friburgo/ São Pedro da Serra	Córrego Sibéria	7,44	65.352,96	

CAENF	22° 20' 47,716 " S 42° 33' 29,241 " O	Nova Friburgo/ Lumiar	Córrego Santa Margarida	26,64	234.005,76	1.077
CAENF	22° 20' 40,341 " S 42° 17' 58,349 " O	Nova Friburgo/ Lumiar	Córrego Bananal	3,24	28.460,16	
SAAE	22° 24' 35,000 " S 42° 12' 51,200 " O	Casimiro de Abreu	Córrego Tenal	180	51,840	16.000
SAAE	22° 26' 42,200 " S 42° 12' 27,300 " O	Casimiro de Abreu/ Sede	Córrego Pai João	36,00	15.552,00	
SAAE	22° 25' 47,000 " S 42° 13' 39,000 " O	Casimiro de Abreu/ Sede	Ribeirão da Luz	46,80	411.091,20	
SAAE	22° 26' 45,100 " S 42° 13' 45,600 " O	Casimiro de Abreu/ Sede	Córrego Matumbo	115,20	1.011.916,80	
Sistema Intermunicipal Casimiro/ Rio das Ostras	22°24'39,61" S 42°06'53,43" O	Casimiro de Abreu (Barra de São João)/ Rio das Ostras	Rio Macaé	1.080,00	9.486.720,00	22.897
Individuais	4 usuários	Macaé/ Sede	Poço raso/ poço profundo	1,7	5.068,00	60
Individuais	2 usuários	Nova Friburgo/ Lumiar e Sta.Luzia	Poço raso	4,5	419,07	40
Total de captação para abastecimento urbano e doméstico				5.596	47.225.165	160.583

Quadro 15 - Principais usuários da água para consumo humano. Fonte: Adaptado de SERLA, 2008.

Grande parte da população é atendida pela rede de abastecimento ou por soluções individuais, principalmente pela captação de nascentes (IBGE, 2000). A pequena parte da população que não tem acesso à água diretamente está localizada nas áreas da baixada, onde nem sempre a água subterrânea é potável, e onde a rede de distribuição não chega. Os padrões de abastecimento rural e urbano seguem os mesmos do Estado do Rio de Janeiro, ou seja, a população urbana apresenta as maiores taxas enquanto a população rural as menores (IBGE, 2008).

Irrigação

A agricultura é uma atividade que apresenta pequeno crescimento na bacia (MOTÉ, 2008). De acordo com o Censo Agropecuário Preliminar de 2006 (IBGE, 2008) as principais culturas permanentes na área pertencente ao município de Macaé são banana, coco-da-bahia, goiaba e maracujá, totalizando 832 ha. As culturas temporárias são arroz, batata doce, cana de açúcar, feijão, mandioca e milho, e totalizam 1749 ha. Nos distritos de Nova Friburgo são observados o plantio de banana, mandioca e inhame, entre outras lavouras para subsistência. As áreas agrícolas apresentam como principais problemas ambientais o desmatamento,

principalmente, da mata ciliar, o empobrecimento do solo e a modificação da dinâmica dos rios para obras de canalização (MOTÉ, 2008). Vale ressaltar que a agricultura é responsável por grande parte da poluição difusa nos corpos hídricos, pois fertilizantes e defensivos agrícolas quando utilizados em excesso não são absorvidos integralmente pela planta, e acabam drenando para o corpo d'água. Em grande parte da bacia são utilizados fertilizantes e defensivos agrícolas de forma indiscriminada (SEMADS/GTZ, 2001). Também foi observado pela equipe do CEFET Campos, durante a visita de campo, o uso de herbicidas que margeiam estradas, canais e caminhos até as margens dos rios. Não existem usuários cadastrados para fins de irrigação. No entanto, o Projeto Planágua (SEMADS/GTZ, 2001) estimou uma área total irrigada de 1.105 ha correspondente a uma demanda total de água de 31.150 m³/dia. Avaliando o uso e ocupação do solo na bacia do rio Macaé as áreas agrícolas correspondem a 20% total da bacia (Figura 65).

Criação de animais

Além do uso da água destinado a dessedentação, uma fonte pontencial de poluição hídrica pontual, no caso de criação em confinamento, e difusa, no caso da pecuária extensiva (Quadro 5). O Censo Agropecuário Preliminar de 2006 (IBGE, 2008) informa 40.370 ha de área de pastagens naturais. Moté (2008) chega a uma área aproximada de 46.446 ha de pastagens naturais e 7.350 ha de pastagens manejadas. A criação de bovinos é maioria, com 58.268 cabeças, seguida da criação de aves, suínos e caprinos. Na área pertencente aos distritos de Nova Friburgo, durante o reconhecimento dos usos em visita, não foram evidenciadas criações de animais, com excessão daquelas para subsistência. O Quadro 16 apresenta o usuário cadastrado para a destinação de criação de animais.

Usuário	Latitude/Longitude	Município	Fonte	Vazão Média (m ³ /h)	Vazão Total Anual
Primus Ipanema Agropecuária Ltda.	22° 16' 33,009 " S 41° 56' 14,385 " O	Macaé	Córrego do Ouro	54	77.760
	22° 16' 53,749 " S 41° 55' 23,496 " O		Córrego do Ouro	54	77.760
	22° 16' 59,400 " S 41° 54' 4,010 " O		Córrego do Ouro	54	77.760
	22° 16' 46,800 " S 41° 52' 55,000 " O		Rio São Pedro	54	77.760
	22° 15' 5,647 " S 41° 54' 41,806 " O		Rio São Pedro	54	77.760
Total				270	388.800

Quadro 16 – Usuário da água para dessedentação de animais.

Fonte: Adaptado de SERLA, 2008.

Abastecimento industrial

O uso da água na indústria é quase integralmente localizado na sede do município de Macaé, devido às atividades do setor petrolífero e às relacionadas a ele, notadamente montagem, manutenção e logística de equipamentos. A maioria das empresas de bens e serviços na região se encontram ligadas à rede de abastecimento público (FGV, 2002). Com a expansão das zonas industriais a rede de abastecimento não suportou a demanda imediata por água, por isso podem ser verificadas nas periferias do município usuárias de águas subterrâneas. No Quadro 17 estão listados os principais usuários da água para abastecimento industrial, incluindo a atividade de geração de energia elétrica, nas quais são incluídas as termelétricas que se caracterizam pelo uso consuntivo da água. As hidrelétricas não foram computadas mas estão espacializadas no cartograma (Figura 67). A extração de areia é uma atividade localizada no curso retificado do rio Macaé, concentrados próximo à foz onde há grandes depósitos de areia, consequências do assoreamento a montante.

Usuário	Latitude/Longitude		Município/ Distrito	Fonte/ Lançamento	Vazão Média (m ³ /h)		Finalidade
	Captação	Lançamento			Captação	Lançamento	
UTE Mário Lago	22° 17' 41,00 " S 41° 52' 52,00 " O	22° 17' 41,00 " S 41° 52' 55,00 " O	Macaé/ Sede	Rio Macaé/ Rio Macaé	309,60	43,20	Termelétrica
UTE Norte Fluminense	22° 17' 45,00 " S 41° 52' 46,00 " O	22° 17' 43,00 " S 41° 52' 47,00 " O	Macaé/ Sede	Rio Macaé/ Rio Macaé	1.080,00	216,00	Termelétrica
Petróleo Brasileiro SA	22° 18' 39,35" S 41° 55' 12,24" O	22° 22' 44,51" S 41° 46' 2,86" O	Macaé/ Sede	Rio Macaé/ Mar	792,00	15,00	Indústria
Total					2.181,60	274,20	
10 usuários			Macaé/ Sede	Poço raso/ profundo	29,17	-	Indústria

Quadro 17 – Principais usuários da água para abastecimento industrial.

Fonte: Adaptado de SERLA, 2008.

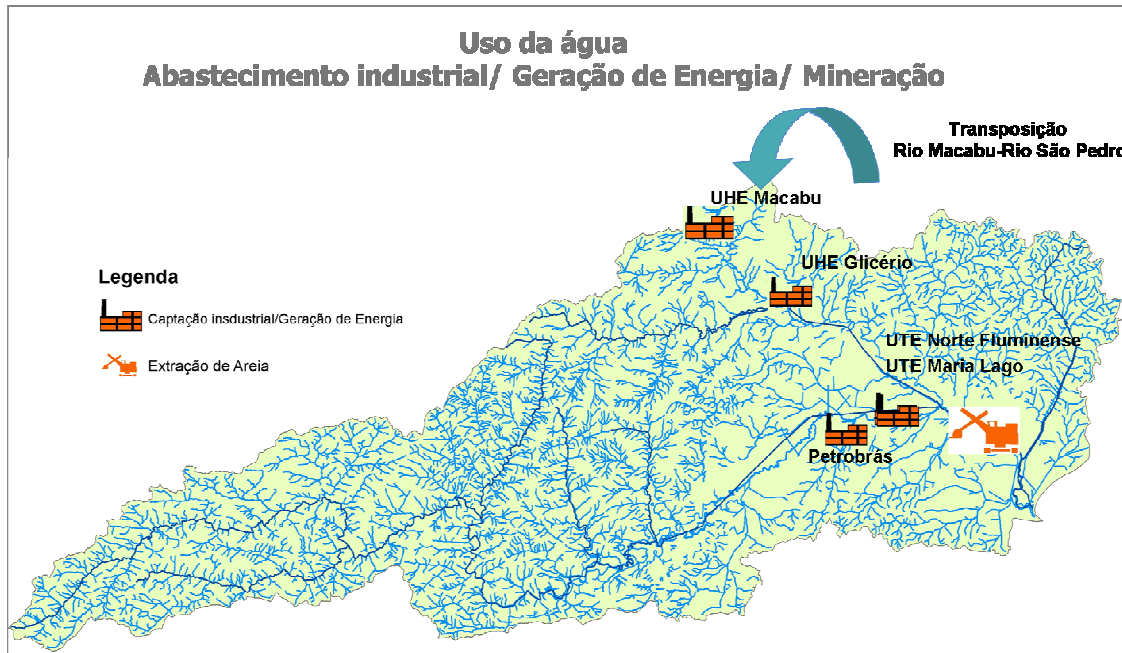


Figura 67 – Cartograma das captações para abastecimento industrial e geração de energia e extração de areia.

Transporte e diluição de despejos

A avaliação da qualidade da água e do uso e ocupação do solo na bacia sugerem que o despejo de esgoto doméstico é a principal fonte de degradação em alguns trechos do rio. A Figura 68 ilustra a presença de fontes pontuais de lançamento, com e sem tratamento de esgoto, mostrando que a região serrana de Macaé é bem atendida, o que não ocorre no município de Nova Friburgo, onde todos os efluentes são lançados no solo via fossa e/ou sumidouro ou no rio. Apesar dos elevados índices tratamento de esgotos na bacia, cabe ressaltar que o nível de eficiência do tratamento é baixo, resultando em grandes quantidades de cargas remanescentes de DBO (FGV, 2002) e de coliformes fecais. Em relação ao esgotamento sanitário na área urbana da bacia verifica-se a existência de redes coletoras. No entanto, apenas metade contam com tratamento (FGV, 2002).

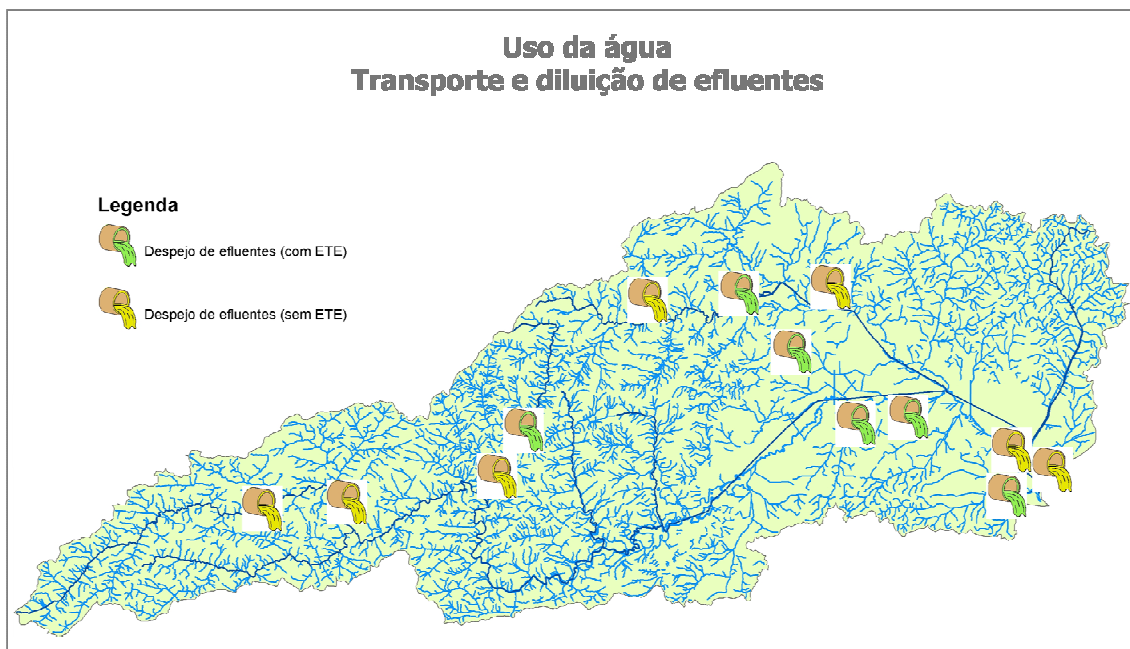


Figura 68 – Cartograma dos lançamentos de efluentes com e sem tratamento.

Recreação

O uso recreativo se concentra na região serrana da bacia (Figura 69), atraindo públicos diversos como moradores locais, sítiantes e turistas. Nas redondezas de Lumiar há diversos atrativos como o Poço Feio, a Cachoeira das Andorinhas, o Poço Quadrado, o Poço Verde, o Poço Indiana Jones e Encontro dos Rios, e oferece um suporte para turistas como pousadas, restaurantes e *rafting*. Cascata também atrai visitantes, e se destaca pela bela paisagem da Cachoeira da Fumaça. Na sub-bacia do rio Sana o uso recreativo se dá principalmente no conjunto de quedas d'águas, e há algum suporte para turismo, especialmente *campings*. Nos arredores de Figueria Branca nota-se o uso para banho pelos moradores de Casimiro de Abreu, em especial na local conhecido como Ponte de Arame. Na sub-bacia do rio São Pedro há atrativos como circuitos de canoagem em Glicério, e corredeiras na Bicuda Grande e na Bicuda Pequena. Há também a cachoeira do Salto e outras na sub-bacia do rio Ouriço, porém com acesso restrito, por estarem localizadas em propriedades particulares.

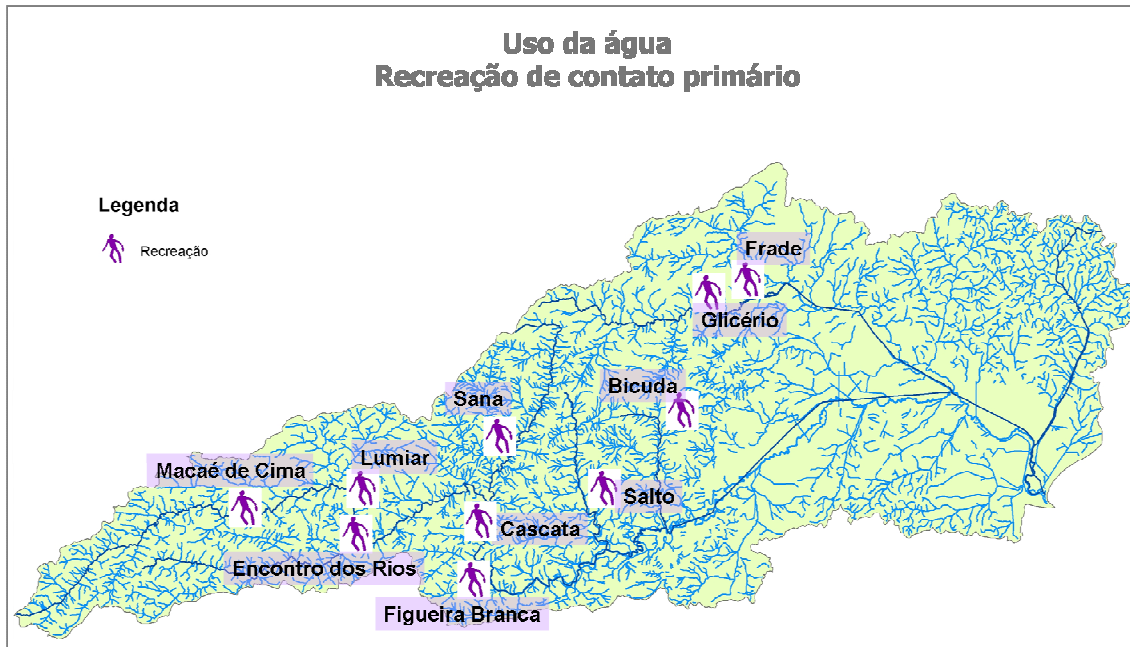


Figura 69 – Cartograma dos usos de contato primário.

Proteção dos ambientes aquáticos

A preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral é prevista como um tipo de uso preponderante em águas doces de classe especial. Portanto, para avaliar o uso potencial na bacia foram delimitadas e/ou identificadas as UCs (Figura 70). Destaca-se a existência de apenas duas UCs da categoria de proteção integral: parte do Parque Estadual dos Três Picos e o Parque Natural Municipal do Atalaia em Macaé. Um levantamento preliminar destacou as principais UCs da categoria de uso sustentável: a Área de Proteção Ambiental (APA) Macaé de Cima, a APA do Sana, a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Shangrilah e RPPN Fazenda Barra do Sana, sendo estas três últimas localizadas na sub-bacia do rio Sana.

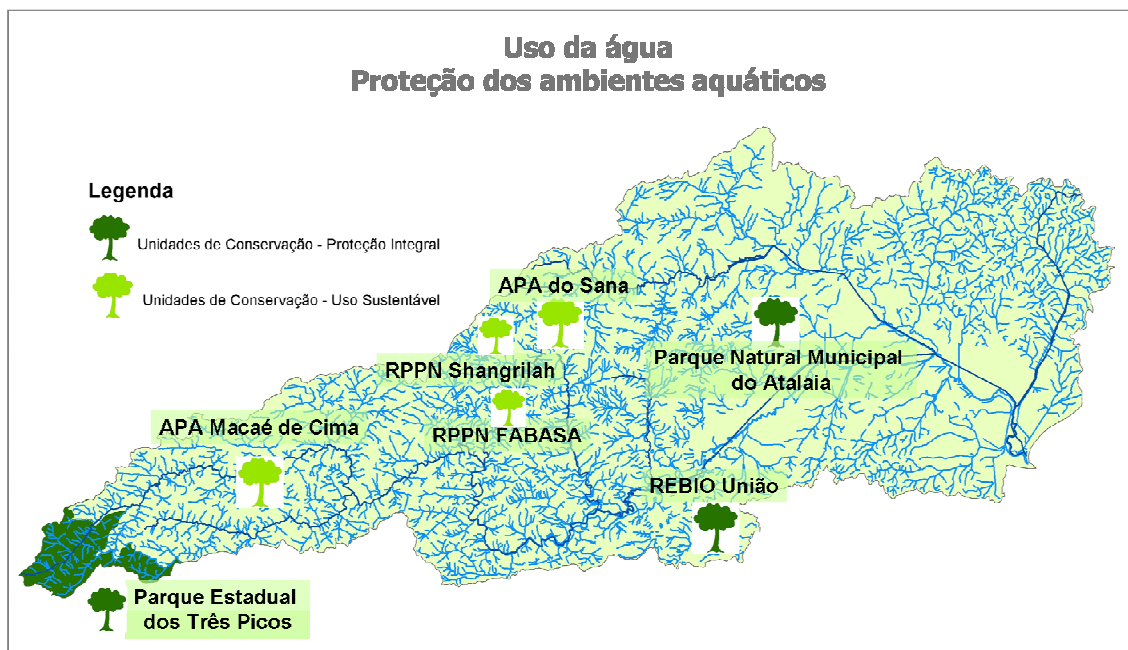


Figura 70 - Cartograma dos usos relacionados à proteção dos ambientes aquáticos.

Outros usos

Alguns usos da água não foram detectados neste estudo. Para garantir a representatividade dessas informações é necessário adotar outra metodologia que amplie o levantamento dos dados, uma vez que os dados extraídos do CNARH podem estar incompletos ou ainda não foram cadastrados. A pesca foi um dos usos identificado empiricamente no trecho próximo à foz do rio. A aquicultura foi relatada por informantes-chave na sub-bacia do rio Sana e em Macaé de Cima. Na sub-bacia do rio Sana foi relatado a utilização de espécies exóticas como tambaqui (*Colossoma macropomum*), tilápia (*Oreochromis niloticus*) e pintado (*Pimelodus sp.*). Para o distrito de Macaé de Cima foi relatado o cultivo de truta (*Oncorhynchus mykiss*).

Usos consuntivos

A partir dos resultados apresentados foi possível calcular a demanda de água por setor na bacia hidrográfica do rio Macaé. Para isso foram utilizadas as vazões médias dos usos consuntivos para abastecimento humano, dessedentação de animais e indústria; a vazão média para irrigação foi estimada pelo Projeto Planáguia (SEMADS/GTZ, 2001). A Figura 71 indica que o abastecimento público é responsável pelo consumo de 60% da água na bacia, seguido da indústria e da irrigação somada a dessedentação de animais. Desse ponto de vista, pode-se

afirmar que o abastecimento público é o uso preponderante da bacia hidrográfica do rio Macaé.

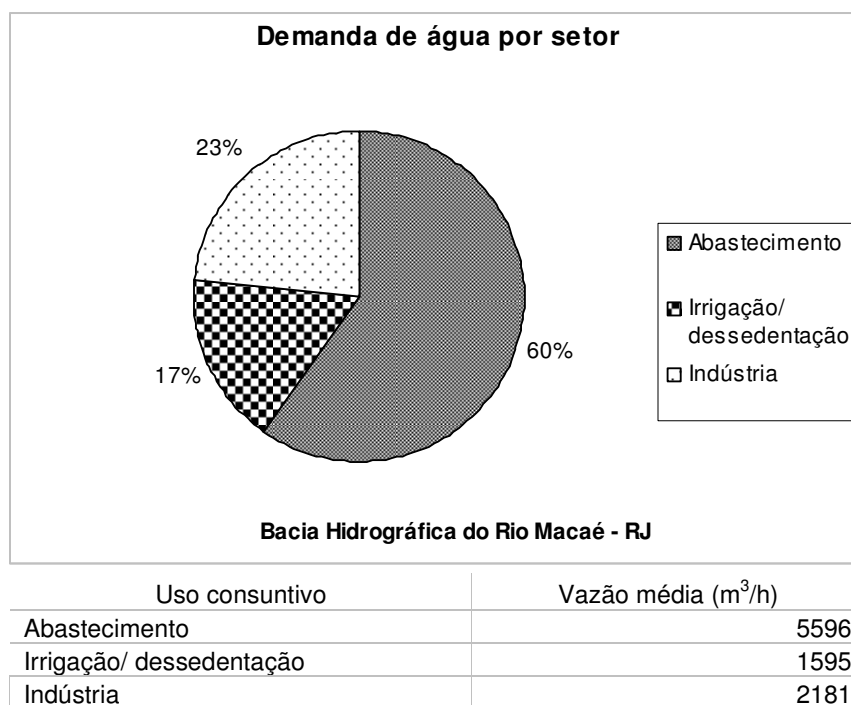


Figura 71 - Demanda de água por setor na bacia hidrográfica do rio Macaé. Fonte: SEMADS/GTZ, 2001 e CNARH, 2008.

4.3.2 Conflitos pelo uso da água

A avaliação dos tipos de uso da água permitiu identificar alguns conflitos potenciais na bacia. Lanna (2004) classificou os conflitos três em categorias: (i) de destinação de uso; (ii) de disponibilidade quantitativa; e (iii) de disponibilidade qualitativa, conforme explicado no Quadro 3. Quanto aos conflitos potenciais de disponibilidade quantitativa destaca-se o uso para abastecimento humano e industrial no mesmo trecho, especificamente na localidade da Severina, onde são feitas as captações da PETROBRAS e da CEDAE para abastecimento público. Quanto aos conflitos potenciais de disponibilidade qualitativa podem-se citar todas as captações para consumo humano que possivelmente estão sofrendo influência do lançamento do esgoto *in natura*, colocando a saúde da população da bacia em risco. Nota-se no entanto que grande parte das captações na bacia são feitas geralmente próximas às nascentes ou aos afluentes dos rios principais, e por isso necessitam de posterior investigação quanto ao comprometimento da qualidade da água.

4.4 Proposta preliminar de enquadramento da bacia hidrográfica do rio Macaé

Diante dos resultados de qualidade da água e do levantamento dos principais usos da água no rio Macaé sugere-se um enquadramento preliminar do corpo hídrico principal da bacia, com a finalidade de iniciar o debate sobre a implantação desse instrumento na bacia hidrográfica em questão. A primeira abordagem considerou a classificação atual correspondente do rio Macaé a partir dos limites estabelecidos na Resolução CONAMA n. 357/05 para parâmetros avaliados nesse estudo (Quadro 18). A abordagem seguinte consistiu na proposição preliminar, do enquadramento do corpo hídrico principal, o rio Macaé (Quadro 18). Cabe ressaltar que o caráter preliminar da proposta deve ser entendido como resultante desse estudo e dessa metodologia, sendo necessário para o enquadramento efetivo a participação da sociedade e a garantia da representatividade dos dados. Os resultados do presente estudo subsidiam a etapa de diagnóstico prevista no enquadramento. Ressalta-se, no entanto, a relevância das demais etapas de prognóstico, proposição e especialmente a da etapa de consultas públicas.

Trechos Rio Macaé	Comprimento (km)	Classe Correspondente Cenário Atual	Proposta Preliminar de Enquadramento
Trecho 1	22,29527346	classe 1	classe especial
Trecho 2	6,042970522	classe 2	classe especial
Trecho 3	7,342622188	classe 3	classe 1
Trecho 4	6,207215742	classe 3	classe 1
Trecho 5	7,923495068	classe 2	classe 1
Trecho 6	8,791249468	classe 4	classe 1
Trecho 7	8,459715449	classe 3	classe 1
Trecho 8	16,05697613	classe 1	classe 2
Trecho 9	10,76980373	classe 4	classe 2
Trecho 10	11,31732162	classe 4	classe 2
Trecho 11	11,68366521	classe 4	classe 2
Trecho 12	5,235887458	classe 2	classe 2
Trecho 13	10,68078714	classe 4	classe 2
Total	133		

Quadro 18 - Qualidade da água correspondente às classes: cenários atual e proposto.

A Figura 72 apresenta o cenário atual da qualidade de água ao longo do rio Macaé. Os trechos correspondentes a cada ponto coletado foram classificados a partir da análise de conformidade dos parâmetros de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação. O cartograma evidencia a boa qualidade nas cabeceiras do rio, seguidas de trechos afetados pelo lançamento de esgoto sem tratamento, e intercalados com trechos de melhor qualidade. Nos trechos do médio e do baixo cursos observa-se que as concentrações de fósforo acima do

pertido para classe 3 são responsáveis pelas suas classificações como classe 4. Ressalta-se que para validar tal proposta se faz necessário estabelecer uma vazão de referência (COSTA, 2008) para o parâmetro fósforo, assim como para os demais. Sugere-se estabelecer uma relação da concentração do fósforo para determinada vazão associada a permanência de 95% ($Q_{95\%}$), bem como para cada parâmetro crítico individualmente. Portanto, é imprescindível a continuidade do monitoramento da qualidade da água no rio Macaé.

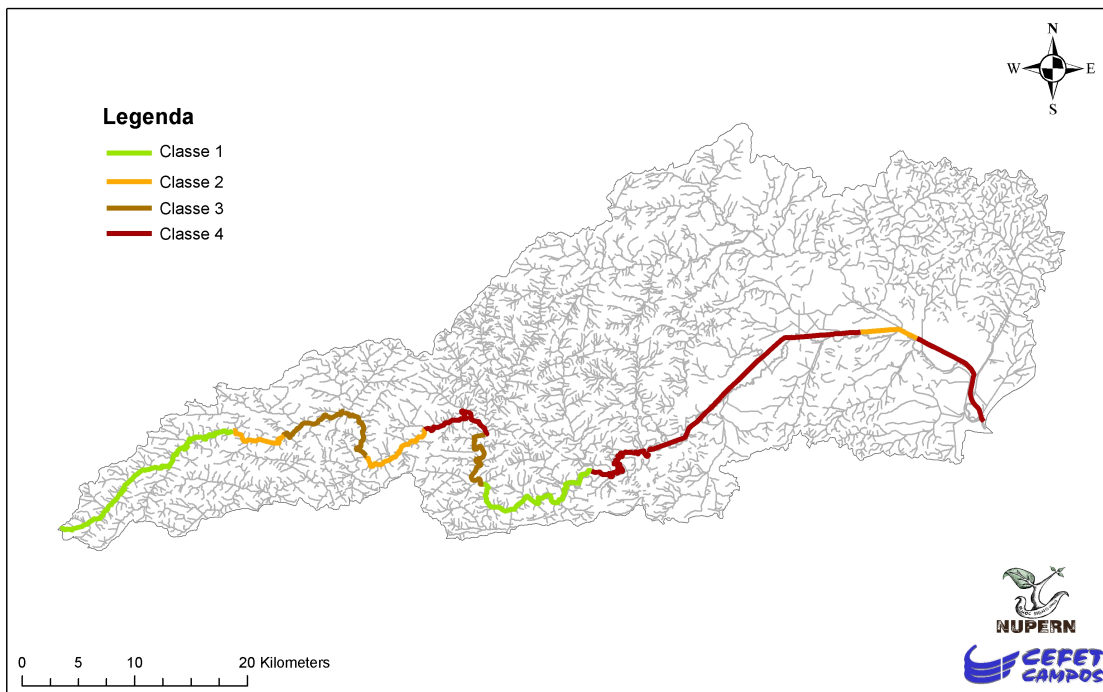


Figura 72 - Cartograma da qualidade atual do Rio Macaé baseado na conformidade dos parâmetros analisados com a Resolução CONAMA n. 357/2005

O enquadramento foi sugerido a partir da análise dos usos preponderantes em cada trecho, que está, conseqüentemente, associada às suas classes correspondentes. O rio Macaé foi então dividido em três trechos homogêneos: (i) trecho da cabeceira até Galdinópolis (MAC01 e MAC02), (ii) de Galdinópolis até localidade de Santo Antônio (MAC03 à MAC07) e (iii) de Santo Antônio até a foz (MAC08 à MAC12). A Figura 73 espacializa a proposta preliminar de enquadramento.

No primeiro trecho sugere-se classe especial devido: (i) à presença de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (Parque Estadual dos Três Picos); (ii) ao grau de preservação das sub-bacias; e (iii) ao fato de não possuir fontes de poluição. A exceção se faz quanto o parâmetro cloro, que foi detectado em apenas uma campanha, e que merece investigação quanto à reincidência, à concentração e a possíveis fontes de contaminação. Sugere-se enquadrar esse trecho como classe 1, pois suas águas são destinadas,

preponderantemente, ao uso recreativo de contato primário. Os demais usos verificados, como abastecimento humano e aquíicultura são iguais, ou menos restritivos. No terceiro trecho sugere-se o enquadramento na classe 2, visando atender aos seus usos preponderantes que são: (i) abastecimento humano das cidades de Macaé, Rio das Ostras e do distrito de Casmiro de Abreu; e (ii) abastecimento industrial das usinas termelétricas e da base da PETROBRAS em Macaé (que por sua vez abastece as plataformas petrolíferas da Bacia de Campos). Optou-se por manter a classe 2 no trecho próximo à foz, mesmo que este se encontre em condição ruim, devido a prática da pesca no trecho.

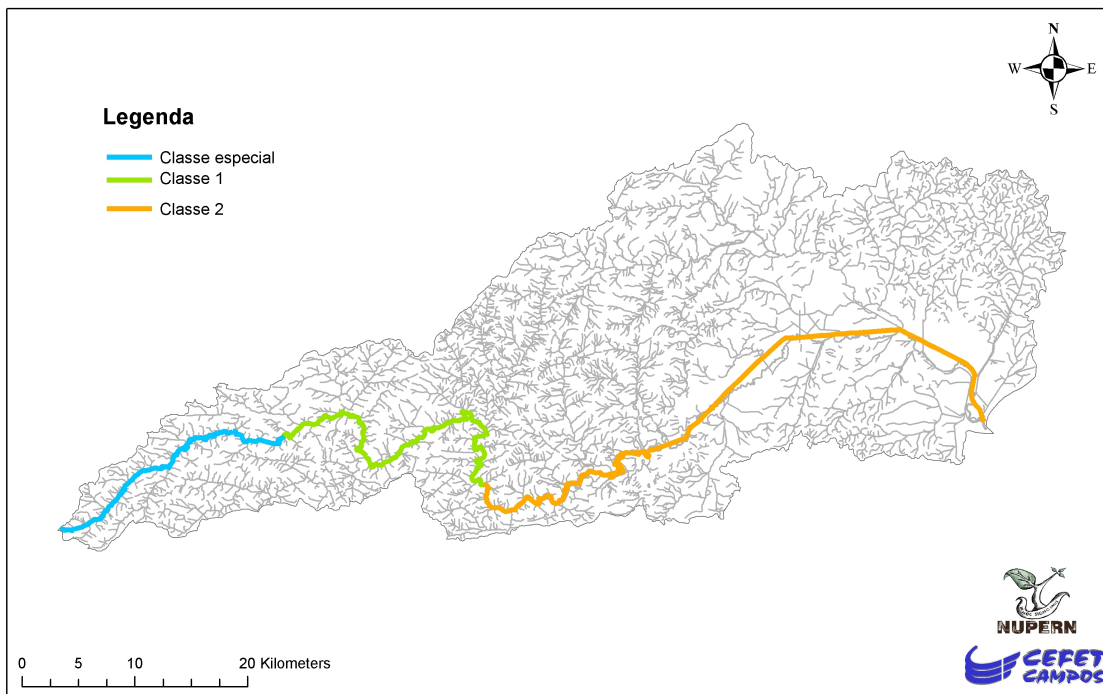


Figura 73 - Cartograma da proposta preliminar de enquadramento do Rio Macaé baseado na avaliação da qualidade e dos usos da água.

Durante o enquadramento efetivo deve-se analisar essa proposta quanto a sua viabilidade técnica e econômica, e principalmente avaliar se o investimento a ser realizado para adequar a qualidade da água aos usos almejados pela sociedade trará benefícios significativos que compensem os gastos efetuados.

As avaliações apresentadas nesse estudo possibilitaram sugerir algumas intervenções prioritárias na bacia a fim de promover a melhoria ou manutenção da qualidade de cada trecho. O Quadro 19 sintetiza as avaliações na forma de indicadores, traz as fontes potenciais identificadas pelo perfil da qualidade amostrada em cada ponto, e sugere ações necessárias para eliminar as fontes de poluição e adequar o trecho à classe proposta.

Pontos	Indicadores	Possíveis fontes	Ações
MAC01	Cloro residual total	Manutenção de piscinas, limpeza de canis, tanques de truta	Investigar e sensibilizar os moradores e sitiantes
MAC02	Cloro residual total	Manutenção de piscinas, limpeza de canis, tanques de truta	Investigar e sensibilizar os moradores e sitiantes
MAC03	IQA, <i>E. coli</i> . OD, Turbidez, N amoniacal, nitrato, cloro residual total	Lançamento de esgoto <i>in natura</i>	Implantar de rede coletora e Estação de Tratamento de Esgoto
MAC04	<i>E. coli</i>	Influência dos lançamentos do ponto MAC03	Investigar outras fontes
MAC05	Ocupação desordenada observada em visita	-	Controlar ocupação e demarcar FMP
MAC06	Fósforo total (não-conforme), N amoniacal e <i>E. coli</i> elevados	Baixa eficiência da ETE do Sana e lançamento em esgoto <i>in natura</i>	Finalizar a implantação da rede coletora e garantir eficiência no tratamento de esgoto
MAC07	Fósforo total, N amoniacal e <i>E. coli</i> elevados	Fonte não identificada	Investigar causas de contaminação
MAC08	Sólidos totais e % ocupação de pastagens	Pastagens degradadas/ pastagens	Executar práticas de conservação da água e solo junto aos produtores por sub-bacia/ microbacia; Dermarcar a FMP; Executar projetos de recomposição de mata ciliar.
MAC09	Sólidos totais, fósforo total, turbidez, % ocupação por pastagens e ocupação local para agricultura	Pastagens degradadas e uso de fertilizantes próximo ao corpo hídrico. Ausência de mata ciliar e erosão hídrica.	Executar ações de conservação da água e solo junto aos produtores por sub-bacia/ microbacia; Dermarcar a FMP; Executar projetos de recomposição de mata ciliar.
MAC10	Sólidos totais, turbidez e % ocupação de pastagens	-	Dermarcar a FMP; Executar projetos de recomposição de mata ciliar.
MAC11	Sólidos totais, turbidez e % ocupação de pastagens	-	Dermarcar a FMP; Executar projetos de recomposição de mata ciliar.
MAC13	Turbidez e % ocupação de pastagens	-	Dermarcar a FMP; Executar projetos de recomposição de mata ciliar.
MAC12	IQA, <i>E. coli</i> . OD, Turbidez, N amoniacal e fósforo total	Lançamento de esgoto <i>in natura</i> e elevadíssimo adensamento populacional.	Implantar rede coletora e Estação de Tratamento de Esgoto, especialmente ao longo dos canais urbanos que drenam para a foz

Quadro 19 – Quadro resumo dos principais indicadores de degradação da qualidade, sua fonte potencial e ações de intervenção.

A partir da análise do Quadro 19, a Figura 74 sistematiza de forma preliminar as ações prioritárias na bacia do rio Macaé.

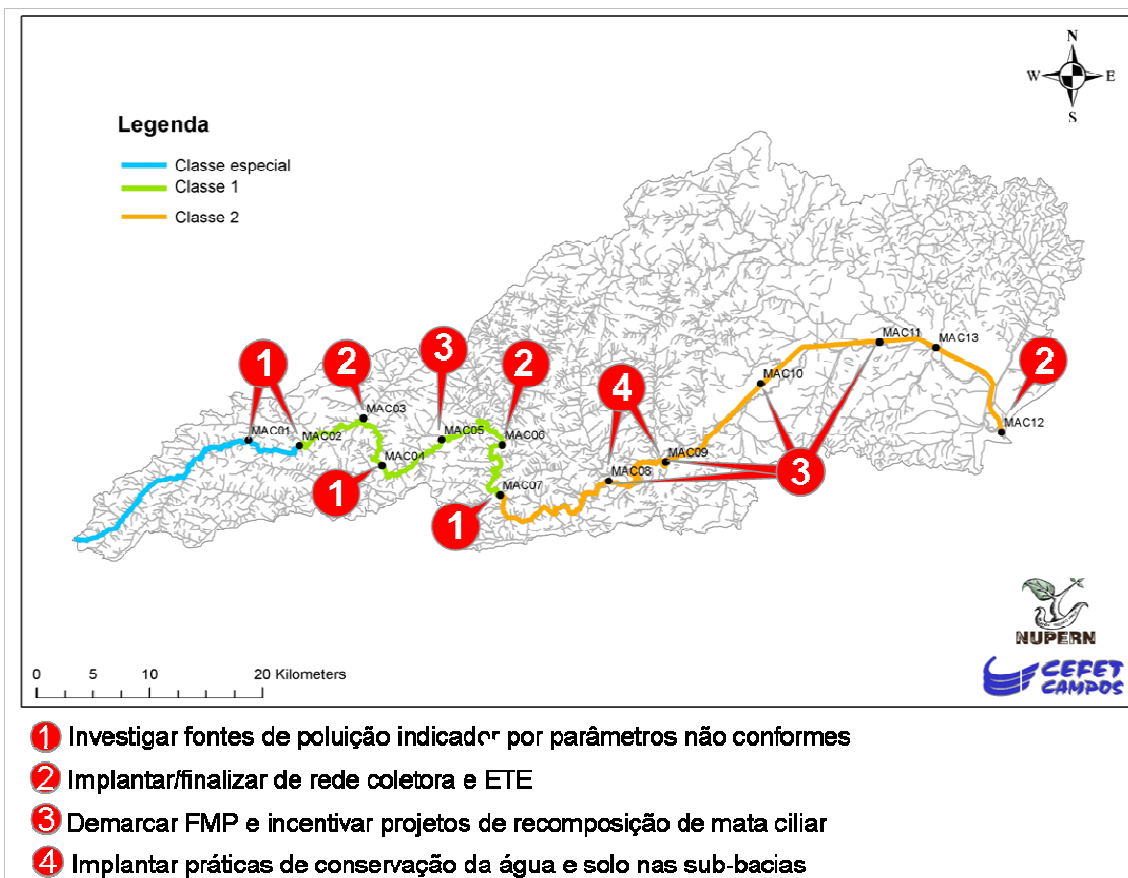


Figura 74 - Cartograma sintético do plano de ação preliminar proposto.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A qualidade das águas do rio Macaé, segundo os valores do IQA, é considerada boa, de uma forma geral. Os trechos que apresentaram boa qualidade foram: (i) Macaé de Cima; (ii) Galdinópolis; (iii) Encontro dos Rios; (iv) Cascata; (v) Córrego do Salto; (vi) ponte na Rodovia RJ-168; e (vii) ponte na Rodovia BR-101. O ponto do rio São Pedro também apresentou qualidade boa, porém foi avaliado numa única campanha, realizada em período favorável (de baixa pluviosidade), merecendo portanto investigação posterior.

Foi observado que a qualidade da água em períodos chuvosos apresenta condições piores e, que durante a estiagem, o IQA e os parâmetros melhoram consideravelmente, sugerindo que a qualidade é principalmente influenciada pelo escoamento superficial das bacias de drenagem e suas fontes difusas de poluição.

Os trechos que apresentaram qualidade média/boa estão situados próximos às localidades de: (i) Lumiar; (ii) Barra do Sana; (iii) Figueira Branca; e (iv) estrada da Bicuda Pequena (próximo ao rio D'anta). Apenas a foz do rio Macaé foi classificada com qualidade ruim. Recomenda-se dar continuidade ao monitoramento com a finalidade de aumentar a confiabilidade das informações apresentadas. O monitoramento também é fundamental para compor uma série de dados representativos da realidade e da evolução da qualidade da água da bacia, além de fornecer subsídios para o enquadramento do corpo hídrico.

A avaliação da qualidade das águas indica que a contaminação por esgoto doméstico é a principal fonte de poluição na bacia, impedindo diversos usos múltiplos. O trabalho identificou *E. coli* como parâmetro crítico na bacia. Esse indicador de contaminação fecal representa o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças, e suas altas taxas no ambiente são naturalmente associadas à inoperância e/ou ineficiência dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento. Recomenda-se o monitoramento da *E. coli*, a fim de informar à população sobre a condição das águas para fins de balneabilidade. Recomenda-se ainda nas localidades de Lumiar e do Sana (Arraial e Barra) a implantação de rede coletora e de sistemas de tratamento de efluentes domésticos eficientes, de modo a adequar o corpo hídrico ao uso recreativo atual, notadamente nos pontos turísticos tradicionalmente frequentados na região serrana. Os parâmetros cloro e fósforo total, que apresentaram não-conformidades em alguns pontos, merecem investigação posterior. As demais não-conformidades da qualidade da água identificadas estão relacionadas à fontes de poluição difusa e por isso, a execução de ações por sub-bacias ou microbacias seria mais adequada.

A foz do rio Macaé foi o ponto que mais apresentou não-conformidades, e obteve altos valores nos parâmetros indicativos de contaminação por esgoto. Sugere-se a realização de um levantamento detalhado dos usos da água em cada trecho, a fim de identificar fontes poluidoras significativas. Ressalta-se que a realização de qualquer intervenção como por exemplo obras civis, dragagem ou represamentos no médio e baixo cursos do rio é complexa, tendo em vista a dinâmica de crescimento do Município de Macaé, e seus conflitos inerentes. Para os pontos que apresentam qualidade média/ruim ou ruim recomenda-se a avaliação do Índice de Toxidez (IT) e do Índice de Substâncias Tóxicas Organolépticas (ISTO).

É recomendada ainda a expansão da rede de monitoramento para sub-bacias e a substituição do IQA pelo IB (índice de balneabilidade) nos pontos onde há recreação de contato primário, otimizando os recursos necessários à realização de um programa de monitoramento. A adoção de índices biológicos, notadamente para o alto curso da bacia, aonde se observou melhor qualidade da água, parece interessante, principalmente se envolver as comunidades locais na coleta e interpretação dos dados. Assim, haveria um incremento no processo de mobilização das representações da região serrana para participação nas atividades desenvolvidas pelo CBH Macaé e das Ostras.

Quanto à expansão da rede de monitoramento. Sugere-se a inclusão de um ponto de coleta entre os pontos MAC07 e MAC09 (cuja distância é de cerca de 26Km), pois o difícil acesso ao ponto MAC08 inviabilizou a amostragem.

A avaliação do uso e ocupação do solo em conjunto com a avaliação da qualidade da água permitiu inferir as fontes de poluição da bacia e então propor ações para melhoria de tal qualidade. O levantamento dos usos da água forneceu subsídios para a proposta preliminar de enquadramento.

A proposta preliminar de enquadramento do rio Macaé foi fundamentada na avaliação das condições atuais de qualidade da água e na análise dos usos preponderantes. Sugere-se nos trechos do alto curso, até a localidade de Galdinópolis, o enquadramento em classe especial, indicado prioritariamente devido à presença de uma UC de Proteção Integral na região em questão. No trecho seguinte, até o ponto MAC07, é sugerido o enquadramento em classe 1, devido a uso preponderante de recreação de contato primário; e no trecho final até a foz no ponto MAC12, o enquadramento na classe 2, devido aos usos preponderantes para abastecimento humano, para a indústria e para pesca.

Os produtos desta dissertação subsidiam a primeira etapa do enquadramento, o diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Cabe ressaltar que os dados de qualidade da água devem ser consolidados e relacionados aos dados

de vazão do corpo hídrico. A proposta preliminar de enquadramento representa a primeira abordagem desse instrumento, a qual deverá ter prosseguimento no âmbito do CBH Macaé e das Ostras, com a participação de toda a comunidade da bacia.

Sugere-se que uma parte dos recursos da cobrança arrecadados na bacia sejam destinados à continuidade do estudo de enquadramento, focando especialmente a continuidade do monitoramento da qualidade da água, dos aspectos de quantitativos associados à disponibilidade hídrica e dos usos da água praticados.

Para validar os indicadores e propor adequações à realidade da bacia, recomenda-se a realização de oficinas de trabalho com os índices de qualidade apurados ao final de um monitoramento, e com cada segmento: cientistas, comunidade, instituições privadas e órgãos públicos. Alternativamente podem-se realizar oficinas por trechos homogêneos ou por sub-bacias. Propõe-se a utilização dos cenários atual, desejado e viável, permitindo que toda comunidade da bacia hidrográfica se apodere do instrumento de gestão e dialogue com cada cenário: "o rio que temos", "o rio que queremos" e "o rio que podemos ter". É importante salientar que o enquadramento efetivo é apenas o início do processo da gestão, ou seja, trata-se de uma metodologia participativa para se chegar a um cenário, do qual originará o plano de ação para a melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

Por fim, ressalta-se a importância das informações produzidas nesse estudo como subsídio para tomadas de decisão pela primeira instância de gestão por meio dos instrumentos de gestão institucionalizados pela Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, notadamente o enquadramento dos corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil/ The Evolution of Water Resources in Brazil**. Brasília: ANA, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Estudo técnico de enquadramento**. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS -ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: ANA/SPR, 2005. 179 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS -ANA. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília : ANA, 2007. 124 p. (Caderno de Recursos Hídricos, 5).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Edition. Washington, DC: APHA, 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2006**. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2006.asp. Acesso em: 04 de novembro de 2007.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. Trad. RECIO, Maria Angeles Lobo e CARRERA, Carlos Marques. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.

BARBOSA, Olavo. **Águas e águas residuárias**. Introdução à qualidade das águas. Rio de Janeiro: DESMA/UERJ, 2004.

BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; EGLER, M.; GIOVANELLI, A.; SILVEIRA, M.P.; NESSIMIAN, J. **A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil**. Hydrobiologia (2007) 575:83–94.

BELONDI, Hecio Valter. **Enquadramento dos corpos d'água em classes de susos como instrumento de gestão ambiental e de recursos hídricos**: estudo aplicado na bacia do Rio Corumbataí-SP. 121 f. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

BRASIL. Decreto n. 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro. DOU 20.07.1934.

BRASIL. Lei n. 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Brasília. DOU 16.09.1965.

BRASIL. Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília. DOU 02.09.1981.

BRASIL. Constituição 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, Senado, 1988a.

BRASIL, LEI Nº 7.661 de 16 de maio de 1988. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília. D.O.U. de 18.5.1988. 1988b.

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 nº7.990 de 28 de dezembro de 1989. Brasília. DOU 09.01.1997.

BRASIL. Lei n. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília. DOU 13.02.1998.

BRASIL. Lei 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília. D.O.U. de 28.4.1999.

BRASIL. Lei n. 9.984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Brasília. DOU 18.07.2000.

BRASIL. Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília. DOU 19.07.2000.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução n. 12, de 19 de julho de 2000. Dispõe sobre os procedimentos para enquadramento dos corpos de água segundos seus usos preponderantes. Brasília. DOU 20.07.2000

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Resolução nº274, de de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a condição necessária das águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário).

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Portaria n. 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília. DOU 26.03.2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Resolução n. 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. DOU 18.03.2005; ret 09.05.2005.

BRASIL. Lei n. 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília. DOU 088.01.2007 e ret 11.01.2007.

CARLI, A., MASSARUTTO, A., PACCAHNAN, V. **Water sustainability indicators as a tool for participatory procedures**. Workshop on Modeling and Control for Participatory Planning and Managing Water Systems, Venice, 2004.

CBH MACAÉ E DAS OSTRAS. Resolução n. 02 de 04 de março 2008. Institui Nova Câmara Técnica e altera a denominação das existentes no âmbito do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e das Ostras. Rio das Ostras, 2008a.

CBH MACAÉ E DAS OSTRAS. Resolução n. 04 de 04 de março 2008. Aprova Plano de Investimentos e realização de Convenio com Órgão Gestor de Recursos Hídricos do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Rio das Ostras, 2008b.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002..** Série Relatórios. São Paulo-SP: CETESB, 2003.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/Estado 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.

COMITESINOS. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Disponível em: <http://www.comitesinos.com.br/site/> Acesso em: 15 de abril de 2008.

COSTA, Marcelo Pires. **Instrumentos de gestão: enquadramento dos corpos d'água**. Minicurso realizado durante o X Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas e ministrado pelo gerente de Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos Agência Nacional de Águas (ANA). Rio de Janeiro, RH em 11, 12 e 13 de novembro de 2008.

CPRH/PE – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Seleção de índices e indicadores**. Programa Nacional de Meio Ambiente II, Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. Pernambuco, 2003.

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

EMBRAPA. **Manejo de dejetos de suínos**. Centro Nacional de Pesquisa em Aves e Suínos. (Boletim Informativo de Pesquisa, 11). EMBRAPA: Concórdia, 1998. 31p.

FEEMA. **Perfil ambiental: municípios Macaé/Quissamã**. Fundação de Estadual de Engenharia do Meio Ambiente/ SEMA. Rio de Janeiro-RJ, 1989. 82 p.

FEEMA. Institucional: A FEMMA. Em: <<http://www.feema.rj.gov.br/a-feema.asp?cat=5>> acesso em 03 agosto de 2008.

FELDMANN, Fábio. **Consumismo**. In: TRIGUEIRO, André (Coord). Meio ambiente no século 21. São Paulo: Sextante, 2003. 368 p.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. **Plano Preliminar de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Macaé: diagnóstico da situação dos recursos hídricos**. SEMADUR/SERLA/UTE Norte-Fluminense, Rio de Janeiro-RJ, 2002. 251 p.

FERREIRA, Maria Inês Paes; MELLO, Dalila Silva. **A educação ambiental no processo de formação profissional**. Perspectivas, impasses e desafios. Vértices. Ano 5, n. 2, maio/ago 2003. Campos dos Goytacazes, RJ, 2003.

FERREIRA, M.I.P., MELLO, D.S., SILVA, Y., DANTAS, R., MARINHO, P.A. In: II Congresso Acadêmico sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CADMA). **Avaliação dos processos de criação e implantação dos Comitês de Bacia Hidrográfica de corpos hídricos de domínio estadual na MRA-5 (Macrorregião Ambiental 5 do Estado do Rio de Janeiro)**. Rio de Janeiro: UFF, 2006.

FREITAS, Marcelo Bessa; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, Liz Maria. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro. 17(3):651-660, mai/jun, 2001.

GARCIA-ARMISEN, T.; SERVAIS, P. **Respective contributions of point and non-point sources of E. coli and enterococci in a large urbanized watershed (the Seine river, France)**. Journal of Environmental Management, v. 82, 2007. 512–518 p.

GETIRANA, Augusto César Vieira. **Análise de soluções de conflitos pelo uso da água no setor agrícola através de técnicas de programação linear**. 140 p. Tese (doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário Preliminar 2006 – Cidades@. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?>>. Acesso em: 09 de julho de 2008.

LANNA, Antonio Eduardo Leão. **Gerenciamento de bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995. 171 p.

LANNA, Antonio Eduardo Leão. Gestão dos Recursos Hídricos. In: TUCCI, C.E.M. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 3. ed. UFRGS/ABRH, 2004. 944 p.

LEEUWESTEIN, Jörgen Michel. **Proposição de suporte metodológico para enquadramento de cursos de água**. 201 p. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2000.

LIMA, Eliana Beatriz Nunes Rondon. **Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184 p. Tese (doutorado) – COOPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MACHADO, Carlos José Saldanha. **Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios**. Ambiente e Sociedade, vol VI nº 2, jul/dez 2003.

MACHADO, Carlos José Saldanha. **Água e Saúde no Estado do Rio de Janeiro: uma leitura crítica do arcabouço institucional-legal**. Rega Revista de Gestión Del Agua de America Latina, Santiago, Chile, v. 1, n. 2, p. 51-63, 2004.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 14. ed. ver. atual. ampl. São Paulo: Malheiros Editores, 2006. 1093p.

MAGALHÃES Jr, Antônio Pereira. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos**. Realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 688p.

MACIEL, Paulo Jr. **Zoneamento das Águas**. 1. ed. Belo Horizonte, MG: IGAM, 2000.

MALHEIROS, T. M. M. **O controle ambiental federal das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural no novo cenário de flexibilização do Monopólio Estatal no Brasil**. Capítulo 2. Tese (doutorado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.

MERTEN, Gustavo H., MINELLA, Jean P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Diretrizes Estratégicas para o Fundo de Recursos Hídricos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**. Brasília: MCT, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil: Volume 1**. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 4 v.

MINITAB. **Meet Minitab 15 for Windows**. Jan, 2007.

MORENO Jr., Ícaro. **Uma experiência de gestão de recursos hídricos: A implantação de uma proposta para o estado do Rio de Janeiro**. 215p. Dissertação (mestrado). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

MOTÉ, Fabrício de Oliveira. **Classificação de Unidades de Paisagem na bacia do rio Macaé (RJ) como proposta metodológica ao planejamento ambiental**. Dissertação (mestrado). Instituto de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.

NIEMEIJER, D.; GROOT, R.S., **A conceptual framework for selection environmental indicator sets**. Ecological Indicators 8, 2008. 1 4-15 p.

OBSERVATÓRIO AMBIENTAL ALBERTO RIBEIRO LAMEGO. Macaé, CEFET Campos. Contêm informações da área de abrangência do Cefet Campos relacionadas à gestão

ambiental. Disponível em: <www.cefetcampos.br/observatorioambiental> Acesso em 19 de set. 2008.

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

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. **Environmental Indicators: development, measure and use**. Paris: OECD, 2003. 37 p.

PINHEIRO, Mariana Rodrigues Carvalhaes et al. **Desafios da integração entre os usos múltiplos e a qualidade da água para a bacia hidrográfica do Rio Macaé**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes: Essentia Ed. v. 1, n. 2., 2007. 197 p.

PORTELA, Nilza Fraco; BRAGA, Tania Moreira. **Conflitos federativos em gestão de recursos hídricos no Brasil: reflexões a partir do caso da bacia do rio Macaé (RJ)**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes: Essentia Ed. v. 1, n. 2., 2007. 197 p.

QUINTAS, J.S., Gomes, P.M. e Uema, E.E. **Pensando e Praticando, a Educação no Processo de Gestão Ambiental: Uma concepção pedagógica e metodológica para a prática da educação ambiental no licenciamento**. Brasília: Ibama, 2005.

RIO DE JANEIRO. Constituição do Estado do Rio de Janeiro de 5 de outubro de 1989. Rio de Janeiro, Assembléia Legislativa, 1989.

RIO DE JANEIRO. Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA). Deliberação n. 1.079 de 25 de julho de 1997. Aprova diretriz de controle de efluentes líquidos industriais. Rio de Janeiro. DOERJ 22.07.1987.

RIO DE JANEIRO. Decreto n. 15.159, de 24 de julho de 1990. Transforma, mediante autorização do Poder Legislativo, a Superintendência Estadual de Rios e Lagoas - SERLA, entidade autárquica, na Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas -SERLA, aprova os seus estatutos e da outras providências.

RIO DE JANEIRO. Lei n. 3.239, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulam a Constituição Estadual em seu artigo 261, 1º parágrafo, inciso VII; e de outras providências.

RIO DE JANEIRO. Lei n. 4.247, 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. 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.

RIO DE JANEIRO. Fundação Superintendência de Rios, Lagos e Lagoas (SERLA). Portaria SERLA n. 567, de 07 de maio de 2007. 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. Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONEMA). Decreto n. 40.744, de 25 de abril de 2007. Dispõe sobre a organização, competência e funcionamento do CONEMA.

RIO DE JANEIRO. Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA). Deliberação n. 4.886, de 25 de setembro de 2007. Aprova diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária. Rio de Janeiro. DOERJ 08.11.2007.

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.

RODRIGUES, Pedro Paulo Watts; LUGON Jr, Jader; TAVARES, Margarete Castro. **Importância de modelos matemáticos em estudos ambientais**. Estudo de caso: o Rio Macaé. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Campos dos Goytacazes: Essentia Ed. v. 1, n. 2., 2007. 197 p.

SERLA – Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. Em: <<http://www.serla.rj.gov.br/index/index.asp>> Acesso em 20 de julho de 2008.

SERLA - Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. Cartilha sobre Cobrança de uso da água. Distribuído em outubro de 2008.

SEMAD. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA): estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. Programa Nacional de Meio Ambiente-PNMAII. Belo Horizonte, MG, 2005. 19 p.

SEMADS/GTZ. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUASEMADS/GTZ. **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses**. Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 73p.

SILVA, Selma Cristina; RIBEIRO, Márcia Maria Rios. **Enquadramento dos corpos d'água e cobrança pelo uso da água na bacia do rio Pirapama- PE**. ABES. Vol. 2, n. 4. 2006. 22 p.

SRH/MMA – Secretaria de Recursos Hídricos – Ministério do Meio Ambiente. **Procedimentos técnicos para enquadramento de corpos de água**: documento orientativo. Brasília, DF: MMA, 2000.

TEIXEIRA, A. L. A.; MORETTI, E.; CHRISTOFOLETTI, A. **Introdução sistemas de informação geográfica**. Rio Claro/SP: UNESP, 1992.

TEIXEIRA, A.S.; BARROS, S.C.M.; FERNANDES, V.F. **Regiões Hidrográficas: conformação da gestão de recursos hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. In: II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul Sudeste. Caderno de Resumos, ABRH: Rio de Janeiro, 2008.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Some scientific challenges in the development of South America's water resources**. Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 46(6), 2002.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Brasil**. Global Water Partnership South America. UFRGS/Comité Técnico Asesor Sud América, 2004.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Mudanças climáticas e impactos sobre os recursos hídricos no Brasil**. Ciência & Ambiente. Santa Maria, RS, v. 34, jan/jul 2007.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos, SP: Editora RiMa/IIIE, 2003. 248p.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Hydro-environmental indices: a review and evaluation of their use in the assessment of the environmental impacts of water projects**. Paris: UNESCO, 1984.

VIEGAS, Eduardo Coral. **Gestão da água e princípios ambientais**. Caxias do Sul, RS: EducS, 2008. 176p.

VIEIRA, Paulo Freire. Gestão de recursos comuns para o ecodesenvolvimento. In: _____. **Gestão integrada e participativa de recursos naturais**. Conceitos, métodos e experiências. Florianópolis: Secco/APED, 2005. 333-374p.

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

YOUNG, Marcia Cristina Frickmann. **A cobrança pelo uso da água no Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (mestrado). Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2003.

APÊNDICE A



Bacia do Rio Macaé Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas



Variável	Padrão			Unidade	MAC01	MAC02	MAC03	MAC04	MAC05	MAC06
	Classe 1	Classe 2	Classe 3							
Classe										
Data					4/4/2008	4/3/2008	4/3/2008	4/3/2008	4/3/2008	4/3/2008
Hora					12:50	13:40	15:00	11:20	10:30	10:15
Tempo					Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Altitude (m)					812,0	770,0	669,0	535,0	370,0	203,0
Temperatura da Água				° C	20,3	20,2	22,0	21,2	22,0	22,40
pH laboratório	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,34	7,23	7,31	7,24	7,09	7,22
Condutividade Elétrica				µmho/cm	15,97	14,83	29,60	19,60	19,13	20,44
Turbidez	40	100	100	NTU	1,46	1,66	12,82	4,71	5,38	10,44
Cor aparente*	natural	75	75	UPt	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
Sólidos Totais**	500	500	500	mg / L	36,00	38,00	14,00	6,00	2,00	16,00
Cloro Livre				mg / L Cl	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cloro Combinado				mg / L Cl	< 0,10	0,10	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cloro Residual Total	0,01	0,01	0,01	mg / L Cl	0,10	0,10	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fóforo Total	0,1	0,1	0,1	mg / L P	0,06	0,07	0,06	0,03	0,05	0,22
Nitrogênio Amoniacal	3,7	3,7	13,3	mg / L N	0,44	0,50	1,20	0,39	0,74	1,20
Nitrato	10	10	10	mg / L N	< 2,00	< 2,00	2,10	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Nitrito	1	1	1	mg / L N	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	14,0	10,2	8,5	9,3	10,0	9,8
DBO	3	5	10	mg / L	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Coliformes Totais				NMP / 100 ml	4.106	4.106	> 24.196	12.033	1.989	4.884
E. coli ***	200	1000	4000	NMP / 100 ml	198	866	2.382	1.300	275	727
E. coli (recrea cont sec)	200	1000	2500	NMP / 100 ml	198	866	2.382	1.300	275	727
E. coli (dessed animais)	200	1000	1000	NMP / 100 ml	198	866	2.382	1.300	275	727
IQA					70,0	72,0	66,0	71,0	75,0	68,0

* a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para cor verdadeira

** a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para sólidos dissolvidos totais

*** a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para coliformes termotolerantes

MAC07	MAC08	MAC09	MAC10	MAC11	MAC12
4/3/2008	2/4/2008	2/4/2008	2/4/2008	2/4/2008	2/4/2008
9:10	11:30	12:40	10:20	15:00	16:00
Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
67,0	61,0	46,0	17,0	20,0	4,0
23,0	23,4	23,7	23,2	25,0	26,0
7,34	6,31	6,50	6,63	6,02	6,49
20,97	24,92	24,24	26,09	28,47	277,20
11,87	11,64	17,58	17,01	27,50	22,70
ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia
4,00	96,00	82,00	84,00	116,00	148,00
0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
0,05	0,06	3,30	0,06	0,10	0,21
0,39	0,11	0,11	0,11	0,11	1,10
2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
0,010	< 0,005	0,010	0,010	0,010	0,010
9,6	9,5	9,3	6,5	7,2	5,0
3	< 2	< 2	< 2	< 2	3
7.270	2.198	2.500	2.436	1.011	> 24.196
1.650	177	97	132	120	8.164
1.650	177	97	132	120	8.164
1.650	177	97	132	120	8.164
68,0	75,0	58,0	74,0	71,0	47,0

IQA	
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito Ruim	0 < IQA ≤ 25



Bacia do Rio Macaé
Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas



Variável	Padrão			Unidade	MAC01	MAC02	MAC03	MAC04	MAC05	MAC06
	Classe 1	Classe 2	Classe 3							
Classe										
Data					2/6/2008	2/6/2008	2/6/2008	2/6/2008	2/6/2008	2/6/2008
Hora					13:35	14:30	15:35	15:58	16:38	17:04
Tempo					Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Altitude (m)					812,0	770,0	669,0	535,0	370,0	203,0
Temperatura da Água				° C	16,0	16,0	17,3	17,1	17,5	18,50
pH laboratório	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,03	6,50	7,09	6,83	6,75	6,95
Condutividade Elétrica				µmho/cm	16,69	17,05	34,50	20,73	21,15	23,13
Turbidez	40	100	100	NTU	2,39	1,47	5,16	2,37	4,54	2,85
Cor aparente*	natural	75	75	UPt	19,00	18,00	35,00	21,00	21,00	24,00
Sólidos Totais**	500	500	500	mg / L	14,00	14,00	18,00	12,00	16,00	20,00
Cloro Livre				mg / L Cl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cloro Combinado				mg / L Cl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cloro Residual Total	0,01	0,01	0,01	mg / L Cl	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fóforo Total	0,1	0,1	0,1	mg / L P	0,10	0,10	0,11	0,10	0,08	0,15
Nitrogênio Amoniacal	3,7	3,7	13,3	mg / L N	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Nitrato	10	10	10	mg / L N	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Nitrito	1	1	1	mg / L N	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	10,3	11,0	11,0	10,8	10,7	10,4
DBO	3	5	10	mg / L	2	2	1	2	1	2
Coliformes Totais				NMP / 100 ml	1.553	2.419	1.899	150	197	172
E. coli ***	200	1000	4000	NMP / 100 ml	115	1	1.299	866	235	185
E. coli (recrea cont sec)	200	1000	2500	NMP / 100 ml	115	1	1.299	866	235	185
E. coli (dressed animais)	200	1000	1000	NMP / 100 ml	115	1	1.299	866	235	185
IQA					78,0	83,0	70,0	71,0	76,0	76,0

* a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para cor verdadeira

** a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para sólidos dissolvidos totais

*** a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para coliformes termotolerantes

MAC07	MAC08	MAC09	MAC10	MAC11	MAC12	MAC13
2/6/2008		4/6/2008	4/6/2008	4/6/2008	4/6/2008	4/6/2008
17:40		10:45	11:45	13:57	16:09	15:05
Bom		Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
67,0		46,0	17,0	20,0	4,0	9,0
18,7		19,7	20,3	21,5	21,7	21,7
6,89		6,43	6,49	6,54	6,68	6,49
23,65		27,56	29,23	31,90	5,29	45,80
6,43		8,55	8,80	15,64	8,89	12,56
26,00		39,00	48,00	102,00	38,00	113,00
8,00		20,00	34,00	12,00	3.026,00	< 1,00
< 0,10		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
< 0,10		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
< 0,10		< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
0,06		0,07	0,25	0,14	0,07	0,08
< 0,10		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10
< 0,10		< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10
< 2,00		< 2,00	< 2,00	< 2,00	7,20	< 2,00
10,6		11,0	9,2	8,7	8,2	8,9
2		2	2	2	2	2
285		3.631	2.460	3.082	4.660	6.141
84		36	34	40	1.553	224
84		36	34	40	1.553	224
84		36	34	40	1.553	224
79,0		79,0	77,0	78,0	60,0	74,0

IQA	
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito Ruim	0 < IQA ≤ 25



Bacia do Rio Macaé
Resultados das Análises Físico-químicas e Bacteriológicas



Variável	Padrão			Unidade	MAC01	MAC02	MAC03	MAC04	MAC05	MAC06
	Classe 1	Classe 2	Classe 3							
Classe										
Data					20/8/2008	20/8/2008	20/8/2008	20/8/2008	20/8/2008	20/8/2008
Hora					11:50	13:20	14:39	15:20	15:50	16:40
Tempo					Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Altitude (m)					812,0	770,0	669,0	535,0	370,0	203,0
Temperatura da Água				° C	16,8	18,0	20,2	19,4	19,9	21,75
pH laboratório	6 a 9	6 a 9	6 a 9		7,11	7,07	6,97	7,05	7,03	7,10
Condutividade Elétrica				µmho/cm	19,09	18,89	37,70	23,77	24,26	26,41
Turbidez	40	100	100	NTU	3,35	0,82	1,50	1,16	1,09	1,13
Cor aparente*	natural	75	75	UPt						
Sólidos Totais**	500	500	500	mg / L						
Cloro Livre				mg / L Cl						
Cloro Combinado				mg / L Cl						
Cloro Residual Total	0,01	0,01	0,01	mg / L Cl						
Fóforo Total	0,1	0,1	0,1	mg / L P						
Nitrogênio Amoniacal	3,7	3,7	13,3	mg / L N						
Nitrato	10	10	10	mg / L N						
Nitrito	1	1	1	mg / L N						
OD	> 6	> 5	> 4	mg / L	8,30	9,66	9,55	8,38	8,90	7,40
DBO	3	5	10	mg / L						
Coliformes Totais				NMP / 100 ml	241	1.986	7.326	816	751	2.419
E. coli ***	200	1000	4000	NMP / 100 ml	51	17	569	66	19	35
E. coli (recrea cont sec)	200	1000	2500	NMP / 100 ml	51	17	569	66	19	35
E. coli (dessed animais)	200	1000	1000	NMP / 100 ml	51	17	569	66	19	35
IQA										

* a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para cor verdadeira

** a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para sólidos dissolvidos totais

*** a Resolução CONAMA n. 357/05 determina limites para coliformes termotolerantes

