

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

**GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO BÁSICO E  
JUSTIÇA AMBIENTAL: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS  
ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO SERRANA  
DO MUNICÍPIO DE MACAÉ**

**PATRICIA DA SILVA TOLEDO CARVALHO GOLVEA**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ**

**2012**

Dissertação intitulada "Gestão de recursos hídricos, saneamento básico e justiça ambiental: avaliação da qualidade da água de abastecimento público na região serrana do município de Macaé, elaborada por Patricia da Silva Toledo Carvalho Gosvda, 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 e Avaliação Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em 04/12/2012

Banca Examinadora:



Maria Inês Paes Ferreira, Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros/IMA – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense



Aricelio Maia Lima Verde Filho - Doutor em Ciências - Área de Concentração Química Analítica- PUC-Rio, Brasil (2003). Professor adjunto UFRJ campus Macaé



Jader Lugon Junior, Doutorado em Modelagem Computacional pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (2005). Professor do Instituto Federal Fluminense, Brasil.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar por ter me dado à vida e por ter me dado

forças para seguir em frente nesta minha caminhada;

Ao meu marido Marlone, por estar sempre ao meu lado, muito obrigada pela

paciência, compreensão nas horas boas e ruins, muito obrigada pelo apoio de sempre,

tenho grande amor por você;

Ao meu filho Mário pela compreensão por em alguns momentos ter ficado ausente ou por não ter dado a atenção merecida.

Ao meu filho Theo, que nasceu maravilhosamente bem e calminho, possibilitando minha jornada.

A minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Maria Inês por me apoiar em meu trabalho, pela orientação e pela dedicação, fica aqui minha gratidão e respeito;

Ao Prof. Marcos que sempre esteve à disposição quando o problema era a matemática;

Aos professores Jader, José Augusto, Pinedo, Dalila, dentre outros, pelos ensinamentos;

Aos meus colegas de turma que em momentos de desânimo se uniam e fortaleciam e pelas brincadeiras que acabavam por fazer nossa rotina melhor.

A ESANE, na pessoa do Marcus Túlio pela liberação para que eu pudesse realizar este curso.

A amiga Mônica pela ajuda prestada na hora da formatação.

*“Entre as imagens que mais profundamente marcaram minha mente, nenhuma excede a grandeza das florestas primitivas, poupadas da mutilação pela mão do homem. Ninguém pode passar por essas solidões intocado, sem sentir que existe mais dentro do homem do que a mera respiração do seu corpo”.*

**Charles Darwin**

## RESUMO

Água, substância essencial à vida na terra, vem sendo submetida a vários tipos de agressões que podem ser caracterizadas como poluição, e que acabam por promover alterações na sua quantidade e qualidade. Desta forma, os rios em geral necessitam ser monitorados, e o monitoramento constitui-se como uma ferramenta importante, principalmente nos mananciais utilizados para o abastecimento público. Este trabalho visa demonstrar a qualidade da água dos mananciais utilizados para abastecimento público da região serrana de Macaé através do Índice da Qualidade da Água – IQA, averiguar a eficiência nos processos de tratamento empregados e verificar se ocorre injustiça ambiental, para isso, foram feitas análises mensais da água de cada localidade estudada, a saber: Óleo, Bicuda Grande e Frade, durante um semestre e também coletado dados de rendimentos financeiros da população local; Os dados obtidos foram tratados através de análises do componente principal – PCA, e do cálculo IQA, e apresentados por meio de gráficos e tabelas; Após analisar os dados, foi percebido que, embora a água dos mananciais dessas localidades apresente boa qualidade, a água distribuída à população ainda constitui um problema a ser resolvido, e que uma parcela expressiva da população vive com menos de dois salários mínimos, fato que, combinado aos riscos à saúde associados a problemas de saneamento ambiental, configura a ocorrência de injustiça ambiental na região em estudo.

Palavras – chave: monitoramento de qualidade de água, IQA, sistemas de tratamento de água, região serrana macaense, injustiça ambiental.

## *ABSTRACT*

Water, a substance essential to life on Earth, has been submitted to various types of aggressions that can be characterized as pollution, and ultimately promote changes in its quantity and quality. Thus, the rivers in general need to be monitored, and monitoring constitutes itself as an important tool, especially for springs used for public supply. This paper studies the water quality of water sources used for public supply in the mountain region of Macaé, Rio de Janeiro, Brazil, applying the Water Quality Index - WQI, to determine the efficiency of treatment processes employed and to verify the occurrence of environmental injustice (association of health risks and poverty). For achieving this purpose, water analysis was performed monthly in Simplified Water Treatment Units located in three Macaé Municipality rural districts, namely Óleo, Bicuda Grande and Frade, during a semester. Data about financial income of the local population were also collected. Water quality data were treated by principal component analysis – PCA, and the calculated WQI is presented through graphs and tables; After analyzing the data, it is noticed that although the local water sources are of good quality, quality of distribution water is still a problem to be solved, and that an expressive parcel of the population lives on less than two minimum Brazilian national salaries, a fact that combined to health risks associated with environmental sanitation problems configures the occurrence of environmental injustice in the studies locations.

Keywords: water quality monitoring, water quality index - WQI, water treatment systems, Macaé's mountain region, environmental injustice.

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1	
Percentual total de água no Planeta Terra .....	15
FIGURA 2	
Localidades estudadas.....	23
FIGURA 3	
Relação entre água, manejo inadequado e o risco de doenças de veiculação.....	24
FIGURA 4 a	
Mapa do estudo “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009” .....	25
FIGURA 4b	
Situação dos corpos hídricos no Brasil em 2008. Índice da qualidade da água (IQA) .....	25
FIGURA 5	
Representação do tratamento simplificado da água.....	28
FIGURA 6	
Demonstrativo de pontos de coleta da rede de monitoramento da ANA. ....	31
FIGURA 7 a	
Bacia do Atlântico Sul, Trecho Leste. ....	32
FIGURA 7b	
Pontos de monitoramento no município de Macaé .....	32
FIGURA 8	
Integração das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano.....	33
FIGURA 9	
Interação entre meio ambiente e tecnologias de tratamento .....	34
FIGURA 10	
Pontos de coleta de Bicuda Grande.....	53
FIGURA 11	
Pontos de coleta do Frade.....	54
FIGURA 12	
Pontos de coletas no Óleo.....	55

**LISTA DE FOTOS**

FOTO 1 a	
Barragem Bicuda Grande .....	26
FOTO 1 b	
Reservatório de cloração e distribuição.....	26
FOTO 2	
Reservatório de cloração e distribuição da localidade Óleo.....	27
FOTO 3 a	
Manancial do Frade.....	28
FOTO 3 b	
Barragem do Frade.....	28
FOTO 3c	
Reservatório de cloração e distribuição do Frade.....	28

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	
Análise da água bruta mês de novembro – 2011 .....	59
TABELA 2	
Análise da água bruta mês de dezembro – 2011 .....	59
TABELA 3	
Análise da água bruta mês de janeiro 2012 .....	59
TABELA 4	
Análise da água bruta mês fevereiro – 2012. ....	60
TABELA 5	
Análise da água bruta mês março – 2012. ....	60
TABELA 6	
Análise da água bruta mês abril – 2012. ....	60
TABELA 7	
Percentual da população com ganhos entre 1 e 2 salários mínimos. ....	68

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	
Classificação dos recursos hídricos e seu uso para o consumo humano.....	29
QUADRO 2	
Análises bacteriológicas da unidade de tratamento Bicuda Grande .....	37
QUADRO 3	
Análises bacteriológicas da unidade de tratamento Óleo .....	38
QUADRO 4	
Análises bacteriológicas da unidade de tratamento Frade .....	39
QUADRO 5	
Empresas que utilizam a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.....	50
QUADRO 6	
Faixas de classificação do IQA .....	58
QUADRO 7	
Déficit em abastecimento de água de famílias com renda de até 2 salários mínimos .....	66
QUADRO 8	
Dados de renda mensal dos trabalhadores da região serrana de Macaé – 2006 a 2007.....	67
QUADRO 9	
Distribuição dos agravos de doenças de veiculação hídrica em residentes das localidades Bicuda Grande, Frade e Óleo.....	70

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1a	
Análise físico-químico em novembro e dezembro de 2011 em Bicuda Grande .....	36
GRÁFICO 1b	
Análise físico-químico em janeiro e fevereiro de 2012 em Bicuda Grande.....	36
GRÁFICO 1c	
Análise físico-químico em março e a abril 2012 em Bicuda Grande.....	36
GRÁFICO 2a	
Análise físico-químico em novembro e dezembro de 2011 no Óleo.....	37
GRÁFICO 2b	
Análise físico-químico em janeiro e fevereiro de 2012 no Óleo .....	37
GRÁFICO 2c	
Análise físico-químico em março e a abril 2012 no Óleo.....	37
GRÁFICO 3a	
Análise físico-químico em novembro e dezembro de 2011 no Frade .....	38
GRÁFICO 3b	
Análise físico-químico em janeiro e fevereiro de 2012 no Frade.....	38
GRÁFICO 3c	
Análise físico-químico em março e a abril 2012 no Frade.....	38
GRÁFICO 4	
Presença de Coliformes na água tratada bicuda grande.....	61
GRÁFICO 5	
Presença de Coliformes na água tratada Oléo.....	61
GRÁFICO 6	
Presença de Coliformes na água tratada Frade.....	62
GRÁFICO 7	
Análise do Componente Principal (PCA) Frade.....	62
GRÁFICOS 8	
Representação vetorial - PCA Frade.....	62
GRÁFICO 9	
Análise do Componente Principal (PCA) Óleo .....	63

GRÁFICO 10	
Representação vetorial - PCA Óleo.....	63
GRÁFICO 11	
Número de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas segundo a proporção da população com acesso a esgoto.....	69

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURA.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FOTOS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 ARTIGO CIENTÍFICO 1.....</b>	<b>18</b>
<b>AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS UNIDADES DE TRATAMENTO SIMPLIFICADO DE ÁGUA NA REGIÃO SERRANA DO MUNICÍPIO DE MACAÉ</b>	
2.1 Resumo.....	18
2.2 Abstract .....	19
2.3 Introdução.....	19
2.4 Materiais e métodos.....	22
2.5 Resultados e discussão.....	23
2.6 Conclusão.....	40
Referências.....	42
<b>3 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....</b>	<b>47</b>
<b>GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E JUSTIÇA AMBIENTAL: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO SERRANA DO MUNICÍPIO DE MACAÉ</b>	
3.1 Resumo.....	49
3.2 Abstract.....	49
3.3 Introdução.....	50
3.4 Materiais e Métodos.....	51
3.5 Resultados e Discussão.....	56
3.5.1 A qualidade da água e suas variações.....	56
3.5.2 Injustiça ambiental e saneamento básico.....	64
3.5.3 O abastecimento de água e sua importância na saúde pública.....	68

3.5.4. Responsabilidades/informação do monitoramento e controle de qualidade	71
3.6 Conclusões.....	72
Referências.....	75

## 1 APRESENTAÇÃO

Apesar da a água ser uma substância química fundamental para a evolução e a manutenção da vida e da diversidade biológica que conhecemos (CRESPO, 1998), o ciclo hidrológico, vem sofrendo, ao longo dos séculos, uma série de graves alterações causadas pelas atividades e necessidades de uma crescente população humana e pelo seu principal subproduto, a poluição. Dentre os fatores que levam à contaminação, destacam-se o desenvolvimento industrial, bem como o crescimento demográfico e a ocupação do solo de forma intensa e acelerada, os quais vem provocando o comprometimento dos recursos hídricos disponíveis (AMARAL, 2004).

A percepção, pelo senso comum, do nosso planeta como “Planeta Água”, nos faz acreditar erroneamente que há abundância desse recurso natural. Porém, a maior parte dessa água se encontra nos oceanos (Figura 1), sendo, portanto imprópria para uso humano direto, muito embora, já haja países, que, por conta da escassez, aproveitam água salina, com o emprego de processos de dessalinização, que possuem custo elevado (TAGUCHI, 2006).

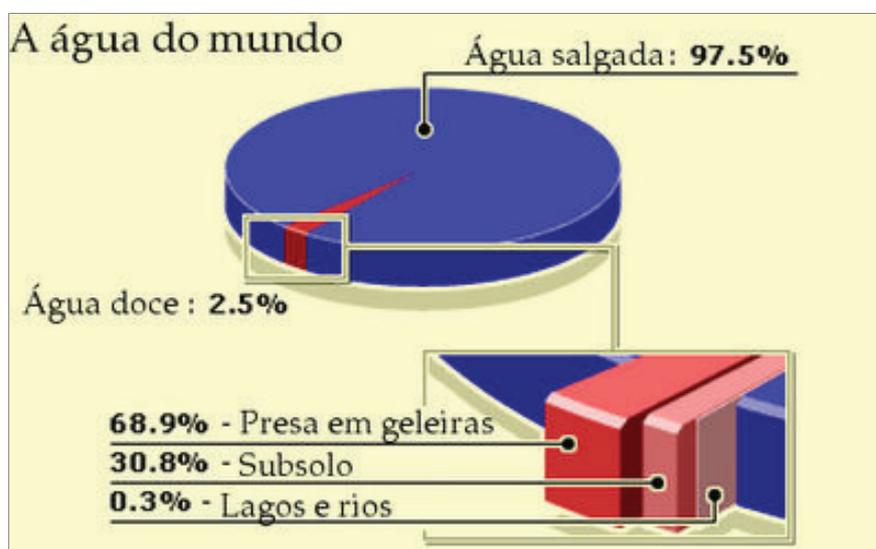


Figura 1 – Percentual total de água no Planeta Terra.  
Fonte: United Nations Environment Program - UNEP (2009).

Dos 2,5% de água doce disponível no planeta, as águas dos lençóis freáticos e as dos mananciais superficiais são passíveis de aproveitamento para abastecimento público, e muitas cidades do Brasil já utilizam a água de mananciais subterrâneos. Lanna destaca, contudo que os conflitos oriundos dos usos múltiplos das águas ocorrem

principalmente nos corpos hídricos superficiais que acabam concorrendo com outras utilizações (LANNA, 2000).

De acordo com Crespo (1998), apenas 8% da água doce é utilizada para abastecimento domiciliar, os restantes de 92% vão, respectivamente, para a agricultura – 69%, e para a indústria 23%. A atividade agrícola é a grande consumidora de água do planeta, gerando um enorme desperdício e outro grave problema associado é o uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes químicos que acabam contaminando os mananciais da água. Somado a estes fatores, temos ainda que grande parte do processo de urbanização das cidades se deu nas proximidades dos rios, o que, por conseguinte acaba contribuindo para a má qualidade da água. Segundo Campos & Studart (2003), muitos estudiosos passaram a alertar que o modelo praticado na administração do recurso água era insustentável. O aumento da demanda, acompanhado pelo declínio na qualidade das águas, poderia assim levar a uma nova guerra mundial (TAGUCHI, 2006).

Entre os usos prioritários da água, estão aqueles que objetivam o abastecimento humano. Em situações de escassez hídrica, apesar do princípio do uso múltiplo das águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH prioriza, em seus fundamentos, o consumo humano e a dessedentação de animais (BRASIL, 1997). Graves problemas de saúde para humanidade têm sido causados pelo crescimento populacional, agregado ao modelo de desenvolvimento que estimula o consumo compulsivo, a uma distribuição irregular das fontes de água, e também à deterioração de sua qualidade devido a ocupação as margens dos rios.

A falta de água potável e de esgoto tratado facilita a transmissão de doenças, quatro, entre cinco doenças comuns nos países em desenvolvimento são causadas por água poluída ou por falta de saneamento (CRESPO, 1998). Adicionalmente, a falta de saneamento básico, além de prejudicar a saúde da população, eleva os gastos da saúde com o tratamento às vítimas de doenças causadas pela falta de abastecimento de água adequado, de sistemas de tratamento de esgoto e de coleta de lixo (FUNASA, 2006).

Segundo estudo da Coordenação de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 68% das internações nos hospitais públicos é decorrente de doenças provocadas por água contaminada (MIRANDA, 2007). Com relação aos estudos realizados a nível regional, no ano de 2008, foi registrado que, dentre os moradores do bairro Piteiras, no município de Conceição de Macabu, 10% das

121 famílias entrevistadas apresentaram casos de contaminação de doenças de veiculação hídrica (DOMINGOS, 2008).

Crespo (1998) afirma que “a carência de água ou sua má qualidade trazem graves problemas de saúde à humanidade”. Este é um dos motivos, para a necessidade de serem adotados, medidas e procedimentos associados à caracterização, o monitoramento e a avaliação da água, que posteriormente podem ser contemplados em um Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Quando se buscam informações sobre o diagnóstico e o planejamento da oferta de água para o abastecimento urbano, bem como, sobre a proteção dos mananciais no mapa de abastecimento urbano, da Agência Nacional de Água (ANA, 2009), o município de Macaé aparece como não contemplado. Assim, este trabalho tem o potencial de contribuir com a base de dados do Município de Macaé no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, e simultaneamente diagnosticar o processo de gestão dos recursos hídricos na região serrana do município de Macaé, tendo como objeto de estudo os mananciais que são utilizados para abastecimento de água potável à população das localidades Bicuda Grande, Óleo e Frade. Para tanto, foi considerada não só a qualidade da água dos mananciais servíveis, mas também a ocupação dessas regiões e seus possíveis impactos na disponibilidade hídrica, a fim de estabelecer melhorias nas estratégias de tratamento para prevenção de doenças de veiculação hídrica. Pretendeu-se também verificar a hipótese de ocorrência de injustiça ambiental na região serrana do município, associando – se dados de qualidade de água de abastecimento a características socioeconômicas da população residente. Destaca-se que a ocorrência de injustiça ambiental na zona urbana de Macaé foi verificada por ALMEIDA (2010).

Como objetivo específico do trabalho podem-se destacar: (i) obter dados relativos à qualidade da água nas sub-bacias onde estão localizados os mananciais para abastecimento da população das localidades citadas acima, (ii) aplicar o índice de Qualidade da Água para fins de Abastecimento Público, aos parâmetros analisados; (iii) levantar dados sobre a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e sobre o histórico das características de suas águas, enfocando a qualidade da água produzida e distribuída; (iv) avaliar comparativamente as características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água utilizadas pela empresa pública municipal de saneamento; (v) avaliar o perfil socioeconômico das populações alvo de

risco ambiental; e (vi) compilar os dados adquiridos para elaboração dos artigos e da dissertação.

Esta dissertação apresenta-se num formato de dois artigos científicos, cada qual dividido em resumo, introdução, materiais e métodos, resultados e conclusão, abordando a relação entre qualidade da água e injustiça ambiental.

## 2 - ARTIGO CIENTÍFICO 1

### **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DAS UNIDADES DE TRATAMENTO SIMPLIFICADO DA ÁGUA NA REGIÃO SERRANA DO MUNICÍPIO DE MACAÉ**

#### 2.1 RESUMO

O crescimento gradativo da demanda por da água, paralelo ao aumento da poluição dos corpos hídricos coloca em situação de risco à saúde os usuários da água. Segundo a Organização Mundial de saúde (OMS), 80% de todas as doenças que se alastram nos países, principalmente de terceiro mundo, são provenientes de água contaminada. Relatos verbais de moradores da região serrana do município de Macaé, atestam a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, destacando-se um surto de hepatite, ocorrido em 2002. Por este motivo faz-se necessário um olhar especial para as técnicas de tratamentos da água empregadas, bem como a qualidade da água captada e oferecida a essa região. Partindo deste ponto de vista, este trabalho pretende avaliar a qualidade da água para abastecimento público das regiões Bicuda Grande, Óleo e Frade que possuem unidade de tratamento simplificado (UTs). A avaliação tem como foco as técnicas de tratamento empregadas pela Empresa Municipal de Saneamento, bem como a qualidade da água dos mananciais utilizados para captação, com vistas à proposição de alternativas de otimização dos sistemas, de forma a minimizar os riscos à saúde da população.

## 2.2 ABSTRACT

The gradual growth in demand for water, parallel to the increasing pollution of water bodies puts at risk the health of water users. According to the World Health Organization – WHO, 80% of all diseases spreading in the world, specially in developing countries, are caused by contaminated water. Macaé mountain region's inhabitants usually report the occurrence of water-related diseases, with special note to an outbreak of hepatitis in 2008. Therefore it is necessary a better study of the employed water treatment techniques as well as the quality of the water to be captated and distributed to the mentioned area. Taking it in consideration, the main point of this work is to evaluate the water quality distributed to the areas of Bicuda Grande, Óleo e Frade, which have Simplified Treatment Units. The evaluation will focus on the techniques used by the City Sanitation Department, having the quality of the water source as a start point, targeting alternatives methods in order to optimize the systems and minimizing risks to the population health.

## 2.3 INTRODUÇÃO

Por muitos anos considerou-se a água como um recurso natural renovável, e consequentemente percebido como infinito, fato que dificulta a sua conservação. Além do mais, o crescimento da população, não leva em conta critérios relacionado com a disponibilidade de água e com a sua qualidade. Portanto, regiões com escassez hídrica passaram a contar com contingentes populacionais expressivos, reduzindo a disponibilidade *per capita*. Em 1970, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apontou que o Brasil tinha 55,9% da sua população vivendo em cidades. Em 2000, o mesmo órgão indicou que esse percentual subira para 81,1%. O que se verifica atualmente em muitas cidades brasileiras são problemas graves relacionados a contaminações de água superficial, subterrânea e à escassez de água (LORENTZ, 2008).

Em condições de crescimento populacional lento, há tempo para a criação e a aplicação de instrumentos de gestão ambiental público, notadamente os Planos de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e os Planos Municipais de Saneamento (BRASIL, 2007), importantes para garantir a disponibilidade hídrica e a saúde das populações humanas, foco principal deste trabalho. Por outro lado, quando ocorre um *boon* de crescimento, impulsionado pelo desenvolvimento econômico, a ocupação dos territórios pode ocorrer à revelia da lei, implicando em degradação ambiental (AMARAL, 2004). Drew (2002) afirma que o desenvolvimento das cidades, sem adequado planejamento ambiental, resulta em acréscimo da poluição e contaminação da água, criando condições ambientais inadequadas e propiciando a disseminação de doenças de veiculação hídrica, em maior intensidade nos grandes centros urbanos dessa forma, o planejamento visa compatibilizar crescimento urbano e utilização racional dos recursos hídricos (MACHADO, 2003). Dentre os impactos negativos associados ao desenvolvimento, este estudo aborda o aspecto de alteração da qualidade da água. Em Macaé, o crescimento acelerado, associado à economia do petróleo, além de propiciar a degradação dos ecossistemas estuarinos e costeiros de sua zona urbana, cria vetores de crescimento em direção à região serrana do município (RESIGUIER, 2011), onde estão localizadas diversas nascentes.

A água é denominada "solvente universal" pela sua grande capacidade de dissolver um número elevado de substâncias (MORTIMER, 1996). No entanto, algumas pessoas a consomem sem tratamento algum, acreditando ser pura. Quimicamente, sabe-se que mesmo sem impurezas, a água é uma mistura de várias substâncias distintas (RICHTER *apud* MORGADO, 1999). A qualidade de uma água é definida por sua composição química, física e bacteriológica. As características desejáveis de uma água dependem de sua utilização. Para o consumo humano há a necessidade de uma água com menor quantitativo de impureza, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, gosto e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades e de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais (MORGADO, 1999) e dão origem a alterações na qualidade da água, cujos efeitos dependem da sua composição e concentração e de reações químicas com outras substâncias (BETTEGA, 2006).

As impurezas mais comuns contidas na água podem ser: (i) impurezas em suspensão (algas e protozoários; areia, silte e argila; resíduos industriais e domésticos);

(ii) impurezas no estado coloidal: bactérias e vírus (muitos são patogênicos; algumas bactérias podem causar prejuízos às instalações como corrosão, por exemplo); (iii) substâncias dissolvidas de origem mineral (principalmente sais de cálcio e de magnésio); (iii) compostos orgânicos e gases.

A poluição hídrica pode ser gerada por diferentes fontes (MOTTA, 2004), as quais podem ser pontuais ou difusas (BRAGA, 2006). As fontes pontuais são aquelas onde os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada, e que ocorrem de forma controlada, podendo-se identificar um padrão médio de lançamento (MIERZWA, 2001). Exemplos típicos de fontes pontuais de poluição são as indústrias e estações de tratamento de esgotos. A poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição. Por esse motivo o seu controle é bastante difícil em comparação com a poluição pontual (MIERZWA, 2001). As fontes de poluição citadas determinam certo grau de poluição no corpo hídrico atingido, promovendo alterações nas características físicas, químicas e biológicas, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas (físicos, químicos e biológicos) (PEREIRA, 2004). O aporte de sedimentos nos corpos hídricos devido aos processos erosivos pode funcionar como fonte de poluição (DANIEL, 2005). A Bacia Hidrográfica do Macaé apresenta aproximadamente 75 subacias, 59,06% destas apresentam um desnivelamento maior que 400 m, o que revela uma elevada tendência de geração de fluxos intensos de seus cursos d'água, favorecendo processos erosivos característicos das classes de maiores desnivelamentos (ALPINO, 2009), contribuindo para a alteração na qualidade da água, pelo carreamento de partículas.

Os corpos hídricos poluídos transportam uma grande variedade de patógenos, dentre eles bactérias, vírus e protozoários (SILVEIRA, 2006). Todos esses organismos se desenvolvem na água em função de descarga de água residuárias (esgotos), por contribuição de pessoas e animais infectados. As doenças de veiculação hídrica aumentam de intensidade e distribuição em regiões com alta concentração populacional (TUNDISI, 2005)

Segundo Tucci (2001), a ocupação da bacia pela população gera duas preocupações distintas: o impacto do meio na população devido às enchentes, e o impacto do homem sobre a bacia relacionando à poluição, a contaminação e a perda dos

serviços ambientais. Os riscos à saúde podem ser diretos ou indiretos, e estar relacionados com problemas nos sistemas de abastecimentos como o caso de obstruções de canalizações, rede de distribuição e perturbações dos processos de filtração da água (SILVA, 2006). O objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação comparativa entre três, das nove unidades de tratamento simplificadas que estão em operação na região serrana de Macaé, levando em conta a ocupação das subbacias e a eficiência dos sistemas de tratamentos.

O abastecimento público na região serrana de Macaé deu início a partir da ação de alguns moradores, que construíram unidades de tratamento simplificadas, posteriormente passadas para autarquias municipais. Dentre elas a EMHUSA (Empresa Municipal de Habitação, Urbanismo e Saneamento) e atualmente a ESANE (Empresa Municipal de Saneamento), que assumiu essa responsabilidade através da lei 113/09, publicada em 13 de março do mesmo ano. A água tratada e distribuída, não é cobrada aos usuários, ficando as despesas oriundas do tratamento, por conta da prefeitura. Foram procurados dados anteriormente a 2009, porém, nem no setor de patrimônio histórico e nem na câmara municipal de vereadores, foram encontrados dados a respeito desse assunto. A empresa hoje atuante vem buscando junto aos órgãos competentes a outorga para utilização desses mananciais, que por assim dizer, não estão representados em nenhum documento, nem da prefeitura e nem na carta de recursos hídricos do IBGE.

## **2.4 MATERIAL E MÉTODO**

O método utilizado foi o hipotético – dedutivo. A hipótese levantada é sobre a prevalência de microrganismos do tipo Coliformes na água tratada e sua relação com a técnica de tratamento. A escolha dos mananciais foi pautada nos corpos hídricos atualmente utilizados pela ESANE – Empresa pública municipal de Saneamento. Para avaliar a qualidade da água nos mananciais das localidades Bicuda Grande, Óleo e Frade, localizada nos distritos de Cachoeiro de Macaé, Glicério e Frade, respectivamente, como demonstrado na figura 2 , foram realizadas 06 campanhas de

coletas da água bruta nos 03 mananciais à montante da captação e 42 coletas da água após tratamento, sendo 07 amostras por mês de cada localidade. Os parâmetros analisados para água bruta foram cor, turbidez e pH, realizados respectivamente em colorímetro portátil *Star Orion*, turbidímetro *Chemetrics I*, e colimetria realizado pelo método quantitativo feito com cartela. Na água tratada, foram realizados os mesmos parâmetros, sendo que a colimetria por método enzimático de presença e ausência.

Os resultados físico-químicos e bacteriológicos encontrados foram formatados em gráficos e tabelas respectivamente. Os dados de qualidade de água tratada apresentados correspondem às médias mensais de cada parâmetro.

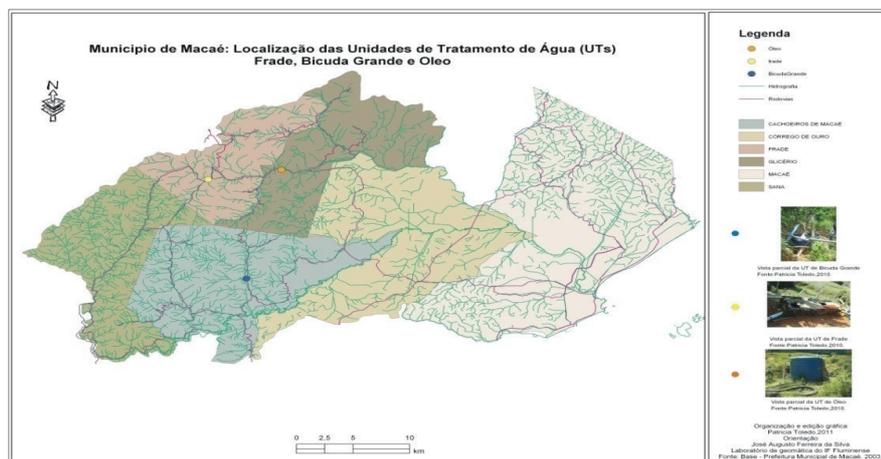


Figura 2: Localidades estudadas.

Fonte: elaboração própria.

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A contaminação da água tem causado prejuízos ao abastecimento público, ao lazer, à navegação e ao ambiente em geral (GRASSI, 1994). Em relação ao abastecimento público, além de correr o risco de não conseguir eliminar todos os patógenos elevam-se consideravelmente os custos de tratamento. A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (SALOMÃO, 2005), estima que, para cada 1.000 metros cúbicos de água tratada, se gasta entre R\$ 2,00 para o tratamento de água de

baixíssima contaminação e de R\$ 8,00 para igual quantidade de água bastante contaminada (PEREIRA *et al.*, 2004). Bastian (2003) *apud* JUSTO (2004), estimou a diferença no custo do tratamento de água em diversas estações de tratamento, considerando rios classificados de acordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) como classe 2 (menos poluídos) *versus* rios classe 3 (mais poluídos), confirmando que, quanto mais poluído é o rio de onde se capta a água, mais elevado é o custo do seu tratamento.

Aliado ao fato de a água ser um recurso natural com muitas funções e as necessidades e dependência do homem para com ela, impactos associados ao seu manejo inadequado, acabam por refletir na sociedade, passando muitas vezes despercebidos por resultarem em problemas de saúde assintomáticos (PECORA, 2009), resultando assim, em respostas complexas e cíclicas de ingestão de água contaminada, contaminação e doença, levando a uma perda na qualidade de vida, interligando os fatores de impactos nos recursos hídricos as questões de saúde pública. Esta relação esta representada na figura 3.

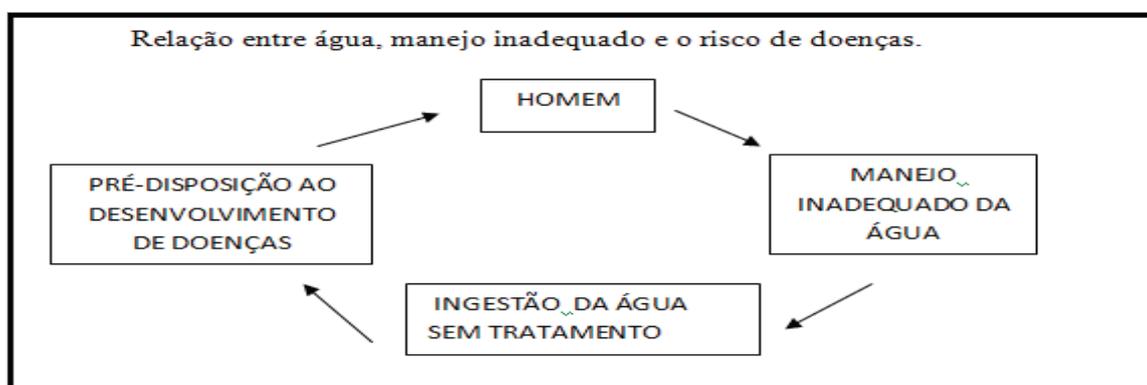


Figura 3. Relação entre água, manejo inadequado e o risco de doenças de veiculação hídrica.  
Fonte: elaboração própria.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), calcula-se que 80% das doenças que afetam, principalmente, os países em desenvolvimento, causando mais de 33% das mortes e uma perda média de 10% do tempo de trabalho de cada pessoa, estão relacionados ao consumo de água contaminada (CRESPO, 1998). De acordo com os dados constantes do Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos (UNESCO, 2003), discutido durante o “Terceiro Fórum Mundial sobre a Água”, que ocorreu no ano de 2003 em Kioto, Japão, “mais de um bilhão de pessoas em todo o

mundo não têm acesso à água potável. Mais de o dobro desse número não conta com saneamento adequado. As doenças transmitidas pela água matam pelo menos seis mil crianças diariamente nos países em desenvolvimento. Cerca de dois bilhões de toneladas de lixo são jogados em rios e lagos todos os dias. Um litro de água residual polui em média oito litros de água doce (SILVA, *et al.*2006).

Dados da Agência Nacional de Águas (ANA) demonstram que no estado do Rio de Janeiro, baseado no índice de Qualidade da água (IQA), os corpos hídricos se encontram dentro condições péssimas de qualidade. (Figuras 4a e 4b).



Figura 4 a - Mapa do estudo "Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009".  
Fonte: ANA (2010).



Figura 4b – Situação dos corpos hídricos no Brasil em 2008. Índice da qualidade da água (IQA).  
Fonte: ANA (2010).

Na região serrana de Macaé, são captados águas de dez mananciais superficiais, e as técnicas empregadas são tratamento completo nas duas E.T.As (estação de tratamento de água) e tratamento simplificado nas oito unidades de tratamento, dentre essas, três utilizam filtros de cascalho e pedra as demais apenas desinfecção. O monitoramento da qualidade da água tratada é feito diariamente e os parâmetros analisados são: cor, turbidez, ph, cloro e colimetria do tipo presença/ausência e bactérias heterotróficas; Os relatórios desse controle são enviados mensalmente para secretaria de saúde do estado e do município.

A localidade de Bicuda Grande com população de 405 pessoas em 2006 (MACAÉ CIDADÃO, 2007) e em 2010, segundo dados da AMPLA, 2010, esta localidade apresentou-se com cerca de 785 habitantes; Em se tratando de abastecimento, a água é captada de manancial superficial, este manancial surge da junção de dois rios menores que é o rio Duas Barras e o córrego da Serra escura, sendo sua foz no Córrego Danta, são retirados do manancial 6 litros por segundo que abastece 55 economias. Nesta localidade nem todas as residências, tem ligação com a rede de distribuição de água tratada, uma vez que rejeitam a utilização do cloro como agente desinfetante. O sistema de tratamento presente nesta localidade é do tipo unidade de tratamento simplificado, sendo feito uma barragem de nível, para garantir um nível mínimo de água, dotado de descarga de fundo para remoção de sólido naturalmente decantado, após esta barragem a água é levada através de adutora de PVC até uma caixa de 500l, onde recebe cloro e desta caixa, vai direto para a rede de distribuição. As fotos 1 a e b, demonstram respectivamente, a barragem de nível, o clorador e a caixa de distribuição.



Foto 1a: barragem – Bic. Grande.  
Fonte: Patrícia Toledo 2011



Foto 1b: Reservatório de Cloração e distribuição  
Fonte: Patrícia Toledo 2011

A localidade Óleo, situada no distrito de Glicério, apresenta uma população de 482 famílias (AMPLA, 2010). A captação é feita de um manancial superficial chamado Córrego do Buião, a vazão de retirada deste manancial é de 6 l/s e abastece 438 economias. Este manancial se encontra com áreas bem preservadas de mata ciliar e sem pastagem aparente próxima a captação. Possui unidade simplificada de tratamento, sem barragens. A água é captada diretamente do córrego e levada para a caixa de 5.000l, onde recebe cloro, como visualizada na foto 2.



Foto 2: Reservatório de cloração e distribuição.  
Fonte: Patrícia Toledo, 2010.

Na localidade Frade o córrego de captação chama-se Buracada que é um subafluente na margem direita do Rio São Pedro, este manancial apresenta em um lado de sua margem atividade de pecuária, onde o mesmo manancial utilizado para abastecimento público, também é utilizado para dessedentação de animais o que acaba por trazer problemas na qualidade da água servida e segundo a CONAMA 357/05 em seu artigo 38 inciso 6º, os corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, as atividades a montante, preservarão obrigatoriamente as condições de consumo. A vazão de retirada desse manancial é de 10 l/s e abastece 851 economias, dentre residenciais, comércio e outros. O sistema de tratamento também é simplificado, apresentando barragem de nível, para garantir um nível mínimo de água, dotado de descarga de fundo para remoção de sólido naturalmente decantado, após esta barragem a água é conduzida a 100m por uma adutora de PVC até a caixa de 5000l, onde recebe cloro e é distribuída à comunidade. Nas fotos 3a, 3b e 3c, podem ser visualizado o manancial de captação, a barragem de nível e o reservatório de distribuição.



Foto3a: Manancial de captação  
Fonte: Patrícia Toledo, 2010



Foto 3.b: Barragem  
Fonte: Patrícia Toledo, 2010.



Foto 3.c: Reservatório de cloração e distribuição  
Fonte: Patrícia Toledo, 2010.

As três unidades de tratamento avaliadas, apresentam o mesmo processo de purificação da água, que é efetuado em 3 etapas: captação; desinfecção e distribuição, conforme pode ser observado no figura 5:

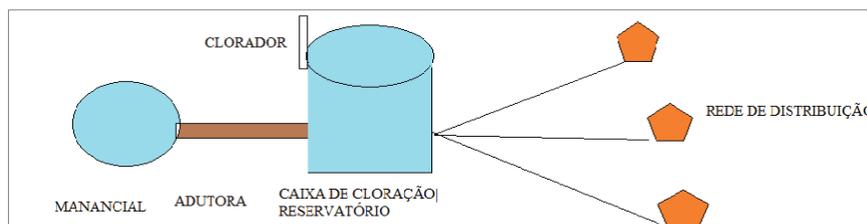


Figura 5: Representação do tratamento simplificado da água.  
Fonte: elaboração própria.

A classificação dos recursos hídricos quanto aos usos preponderantes e qualidade da água era regulada pela Resolução nº 20/86, a qual foi revogada pela Resolução nº 357/05 do CONAMA, que trouxe como destaques, as inovações referentes à inclusão de novos parâmetros para a classificação da qualidade dos corpos de água. As

águas doces, conforme o Art. 4º da Resolução nº 357/05, se dividem em 4 classes (BRASIL, 2005). No quadro 1, serão consideradas aquelas para consumo humano, bem como técnicas de tratamento sugeridas.

Quadro 1 - Classificação dos recursos hídricos e seu uso para o consumo humano.

CLASSES	USOS A QUE SE DESTINAM
Classe especial	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção
Classe 1	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado
Classe 2	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional
Classe 3	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado
Classe 4	Não recomendada para consumo humano

\*A condição de classificação das águas são feitas mediante padrões de qualidade estabelecidos para cada uma das classes.

Fonte: construção própria a partir do CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Segundo (GRAZIERA, 2001) essa classificação possui um sentido de proteção, não da água propriamente, mas da saúde pública, pois denota preocupação em estabelecer mecanismos de tratamento de acordo com o corpo hídrico.

De uma forma geral, para a caracterização da classe a que uma água pertence, o número de coliformes termotolerantes presentes, é um fator determinante, quando comparam-se os valores máximos permitidos para os parâmetros, já que os valores do físico químico variam pouco de uma classe para outra.

As bactérias do grupo coliformes são utilizadas como indicadores para o monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano por se apresentarem normalmente no intestino do homem e de animais homeotérmicos, são eliminados em grandes quantidades nas fezes e por serem detectados por métodos laboratoriais simples (GASPAR, 2010). No entanto, apresentam-se alguns gêneros desse grupo que não são de origem exclusivamente fecal, podendo ser encontrada nos solo e vegetais, como por exemplo: *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. (ABES, 2005), esse seria um ponto negativo desse indicador.

A presença de *Escherichia coli* ou coliforme termotolerante no manancial, indica poluição recente, embora não defina fonte animal ou humana.

O monitoramento é um dos pilares de qualquer processo de gerenciamento, assegurando o acompanhamento das pressões antrópicas, do estado da água e ambientes

aquáticos (MAGALHÃES Jr., 2010). A necessidade de dados para tomadas de decisões é de fundamental importância, visto que a má gestão das águas pode causar situações críticas quanto ao abastecimento e a qualidade da água, podendo resultar até mesmo em escassez. Os especialistas consideram como escassez o fornecimento de menos de 1.000 metros cúbicos de água por habitante a cada ano (CRESPO, 1998). Assim, o monitoramento está associado à operacionalização de todos os instrumentos da PNRH, a saber: (i) Plano de recursos hídricos; (ii) enquadramento dos corpos de água em classes, segundo uso preponderante da água; (iii) outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; (iv) cobrança pelo uso do recurso hídrico; (v) a compensação ao município e (vi) sistema de informação sobre recurso hídrico (BRASIL, 1997). Um bom conhecimento das necessidades dos usuários e da capacidade de oferta e renovação de suas fontes naturais é fundamental para a definição dos marcos regulatório principal e da capacidade de suporte de cada bacia (FREITAS e SANTOS, 1999 *apud* MAGALHÃES Jr., 2010).

O sistema de monitoramento da ANA é constituído por uma rede básica de qualidade da água, que, em todo o país conta com 2.167 pontos de monitoramento ativos, denominados estações de monitoramento. Atualmente 17 dos 27 estados, realizam o monitoramento (ANA, 2012). Considerando todo território nacional, isto representa uma densidade de 0,25 pontos para cada 1.000 km<sup>2</sup>. Outros países apresentam densidades maiores, como o Canadá, que apresenta densidade de 0,8/1.000.

São realizadas análises de 4 parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura), cujos resultados obtidos automaticamente por meio de sondas multiparamétricas, colocadas em contato com os corpos d'água, não necessitando de coleta, transporte e análise das amostras em laboratórios (MAZZOLA, 2009). Essas sondas multiparamétricas são instrumentos aplicados em situações específicas, como o monitoramento de longo prazo, objetivando identificar alterações cíclicas (diurnas ou sazonais) de parâmetros de qualidade, associadas a processos que ocorrem no próprio corpo d'água e que facilitam a gestão e a tomada de decisão imediatamente a alteração dos parâmetros analisados. (VIEIRA, 2010).

O monitoramento realizado pela ANA é feito em intervalos regulares de tempo, de modo a gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições presentes de qualidade da água. Todavia, somente esses 4 parâmetros não permitem que se avalie adequadamente a evolução da qualidade das águas brasileiras, sendo

necessários outros parâmetros que requerem coletas de amostras e análises laboratoriais, o que leva a custos mais elevados e uma logística maior. Por estes motivos são necessário que os Estados passem a participar do Programa de Monitoramento da ANA, para que eles auxiliem no monitoramento e utilizem seus resultados. No entanto, nem todos os Estados brasileiros tem condições de monitorar a qualidade de suas águas, o que resulta em verdadeiros vazios no monitoramento, como pode ser observado na Figura 6 (ANA, 2010), revela que poucas regiões brasileiras apresentam mais de 1 ponto de coleta. Assim, é perceptível a necessidade de uma relação mais próxima entre os órgãos federais, estaduais e municipais, para estabelecer uma frequência maior das campanhas, padronização nos procedimentos de coletas e preservação das amostras, caso contrário, será difícil tornar as informações de qualidade da água comparáveis em âmbitos nacionais (MAGALHÃES Jr., 2000).

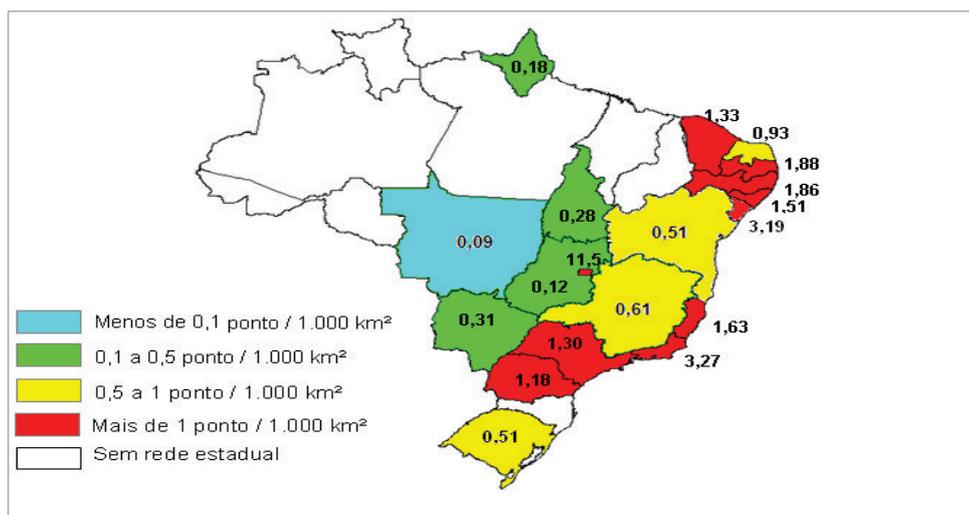


Figura 6: Demonstrativo de pontos de coleta da rede de monitoramento da ANA.  
Fonte: ANA, 2010.

Ao longo do litoral, o Brasil possui três conjuntos de bacias secundárias denominadas bacias do Atlântico Sul, divididas em três trechos: Atlântico Norte-Nordeste, Atlântico Leste e Atlântico Sudeste. As bacias hidrográficas que os compõem não possuem ligação entre si, elas foram agrupadas pela sua localização geográfica ao longo do litoral. O rio principal de cada uma delas tem sua própria vertente, delimitando, portanto, uma bacia hidrográfica (MENEZES, 2003). No Atlas de monitoramento da ANA (2010), a bacia do rio Macaé encontra-se localizado na Bacia 5,

Bacia do Atlântico Sul, trecho leste, subbacia 59, que compreende a área de drenagem entre a foz do rio Paraíba do Sul e a divisa entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo demonstrado na figura 7 a e 7 b.

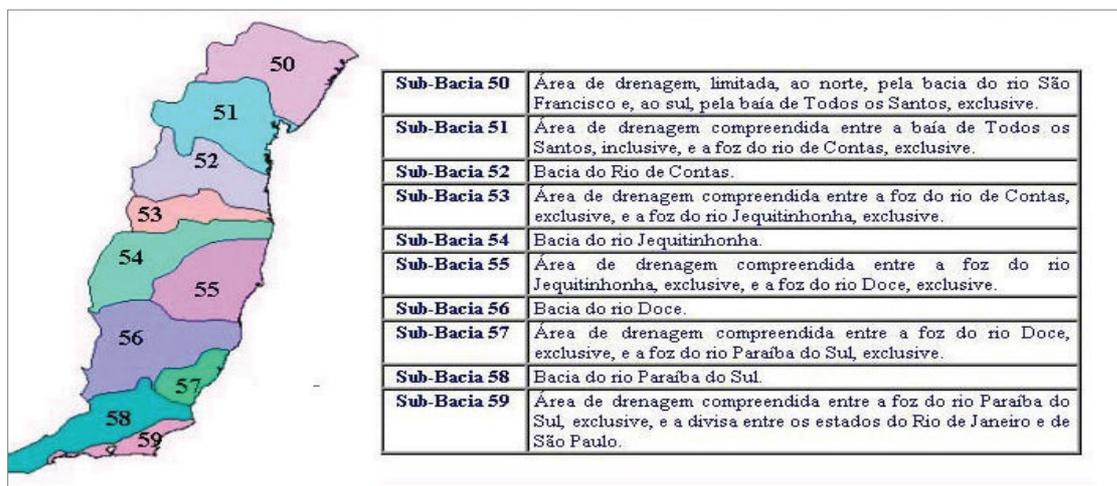


Figura 7a. Bacia do Atlântico Sul, Trecho Leste.  
Fonte: ANA, 2010.

O Estado do Rio de Janeiro possui 120 pontos de monitoramento (ANA, 2012) sendo 11 desses na bacia hidrografia do rio Macaé, conforme figuras 7b.

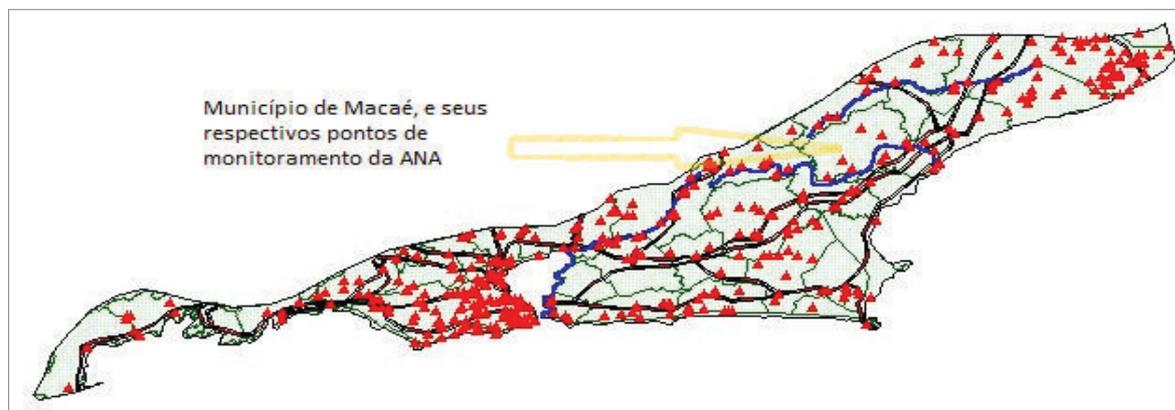


Figura 7b. Pontos de monitoramento no município de Macaé.  
Fonte: ANA, 2010.

Uma proposta para monitoramento de qualidade da água da calha principal do Rio Macaé, no índice de qualidade da água - IQA foi elaborada por Pinheiro (2008), mas ainda não está implementada. Especificamente no Município de Macaé, existem onze pontos de monitoramento: Macaé, Macaé 83749 ( número dado ao ponto de coleta) , Ibiriri, Glicério, Cachoeiro de Macaé, Sumidoro RV, Ponte do Baião, Fazendas Oratório, Belo Monte, Severina e Pau Ferro. Desta forma, em um cenário geral, Macaé está com um quantitativo bem representativo de pontos de coletas e análise junto ao órgão federal, embora no mapa de abastecimento urbano da ANA de 2009, o município de Macaé aparece como não contemplado.

Os dados do monitoramento devem ser levados em conta em um processo de integração/ação, (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007) que vise melhoria contínua da qualidade de água, e conseqüentemente da saúde humana. A figura 8 apresenta uma sistematização das informações de modo a culminar em medidas corretivas.

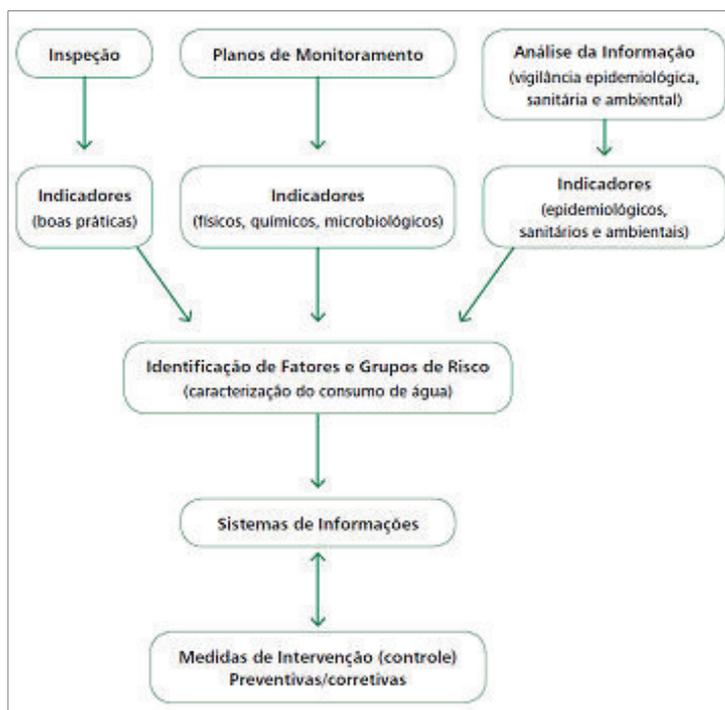


Figura 8. Integração das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano. Fonte: Ministério da Saúde, 2007.

Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser teoricamente, transformada em água potável, porém, os custos envolvidos e a confiabilidade na operação e a manutenção podem inviabilizar totalmente o uso de

determinado curso d'água como fonte de abastecimento (BERNARDO, 2005). A figura 9 ilustra a interação entre meio ambiente e tecnologias de tratamento.

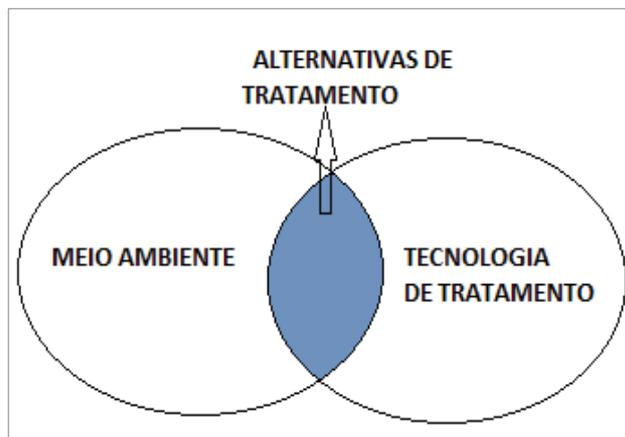


Figura 9: Interação entre meio ambiente e tecnologias de tratamento  
Fonte: Bernardo (2005).

Os mananciais em estudo, embora na mesma bacia hidrográfica, apresentam características distintas quanto ao aspecto paisagístico, sendo o de Bicuda Grande localizado dentro de uma área bem preservada, com mata ciliar em toda sua margem entremeadado por vegetação tropical adensada, local o qual existe a intenção da prefeitura tornar uma APA; Na localidade Óleo, o manancial apresenta mata ciliar espaçadamente preservada à montante da captação; a jusante há uma área de pastagem. O manancial do Frade apresenta usos conflitivos dos recursos hídricos, pois à montante da captação há uma área de pecuária, que utiliza a mesma água que será tratada para dessedentação de animais deixando assim de cumprir uma sugestão apresentada no CONAMA 357, onde preconiza que os corpos de água utilizados pela população para abastecimento, as atividades à montante, preservarão obrigatoriamente as condições de consumo.

Analisando os resultados de qualidade da água antes e pós-tratamento, observa-se que as análises físico químicas, apresentam parâmetros fora dos valores de referência e no aspecto bacteriológico, mesmo mantendo níveis de cloro residual, algumas localidades ainda apresentam resultado positivo para os parâmetros “Coliforme”, inclusive para os termotolerante. Os resultados das análises físico-químicos encontrados podem ser visualizados nos gráficos e quadros abaixo para as UTs Bicuda Grande

(Gráficos 1a a 1c, e Quadro 2); Óleo (Gráficos 2a a 2c, e Quadro 3) e Frade (Gráficos 3a a 3c, e Quadro 4).

- Análises físico-químicas da Unidade de Tratamento Bicuda Grande

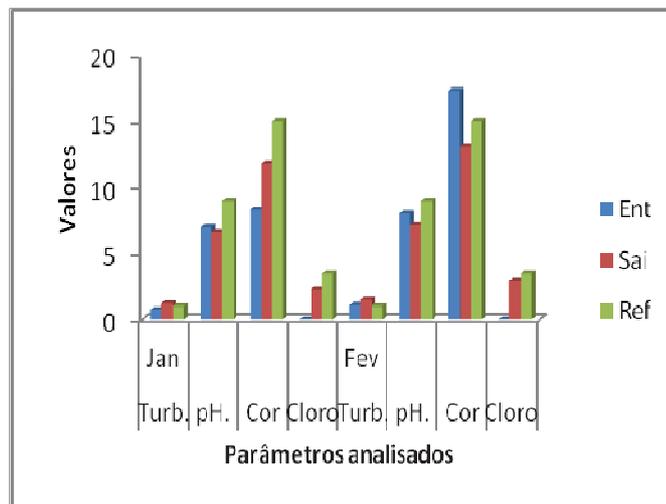
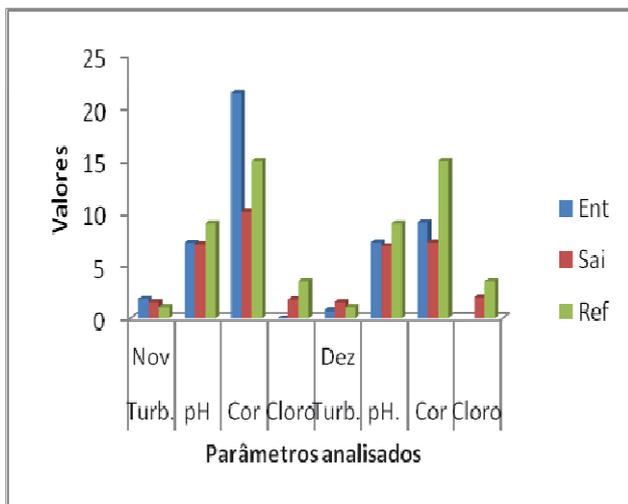


Gráfico 1a: Análise em novembro e dezembro de 2011  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Gráfico 1b: Análise janeiro e fevereiro de 2012  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

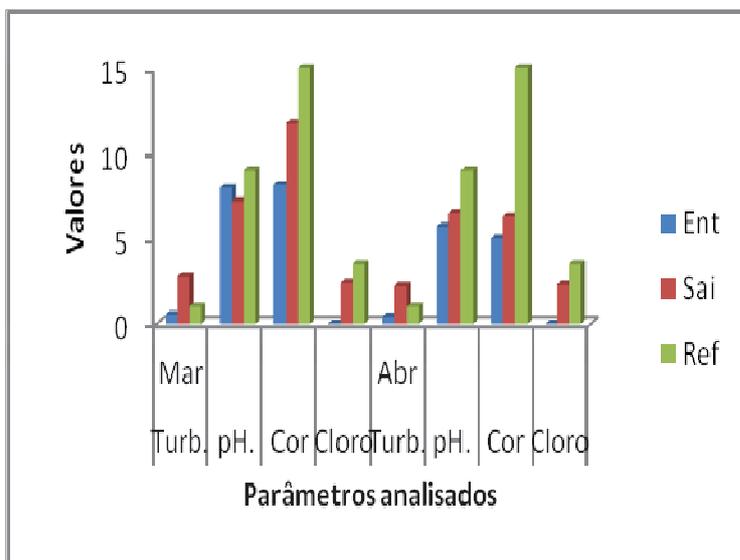


Gráfico 1c: Análise março e abril de 2012  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Quadro 2: Análises bacteriológicas da unidade de tratamento Bicuda Grande

Mês	Parâmetro	Água Bruta (VMP)	Água Tratada
Novembro	Coli total	>2419,14	7
	Coli term	34,5	1
Dezembro	Coli total	>2419,14	4
	Coli term	191,8	0
Janeiro	Coli total	>2419,14	6
	Coli term	4,1	0
Fevereiro	Coli total	17,8	5
	Coli term	88,4	0
Março	Coli total	691,0	6
	Coli term	2,0	0
Abril	Coli total	>2419,0	7
	Coli term	6,2	1

#### ▲ Análises físico-químicas da Unidade de Tratamento do Óleo

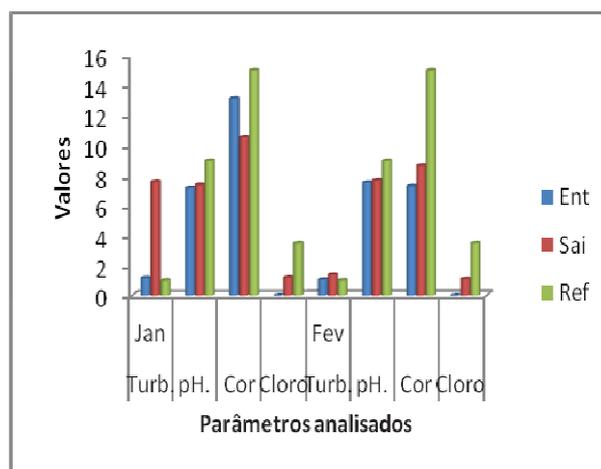
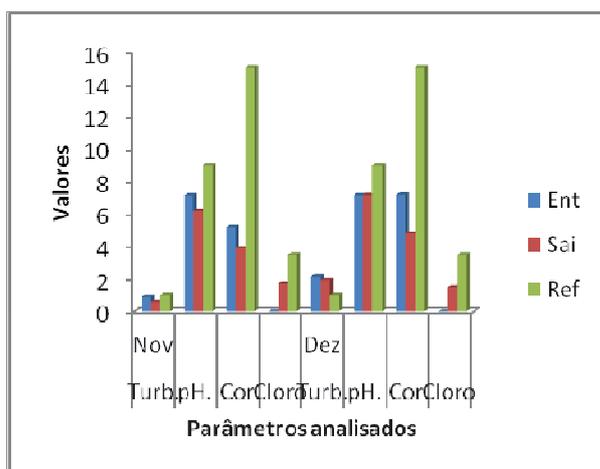


Gráfico 2a: Análise novembro e dezembro de 2011  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Gráfico 2b: Análise janeiro e fevereiro de 2012  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

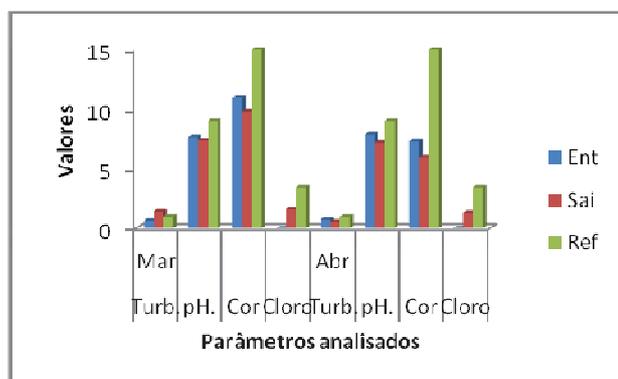
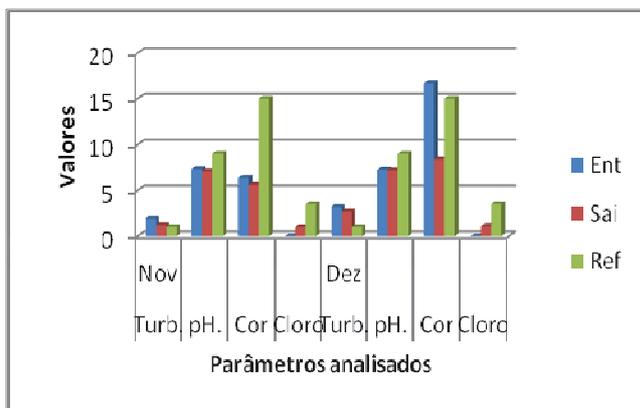
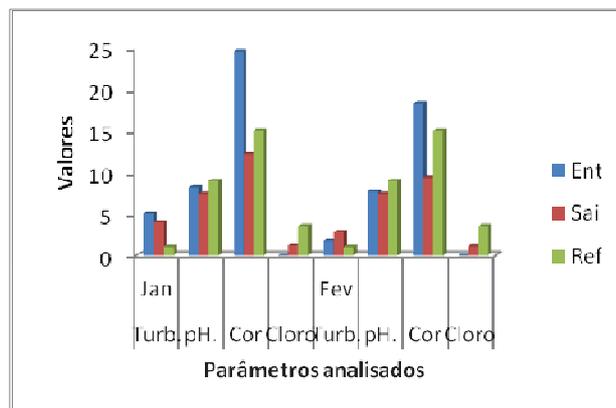
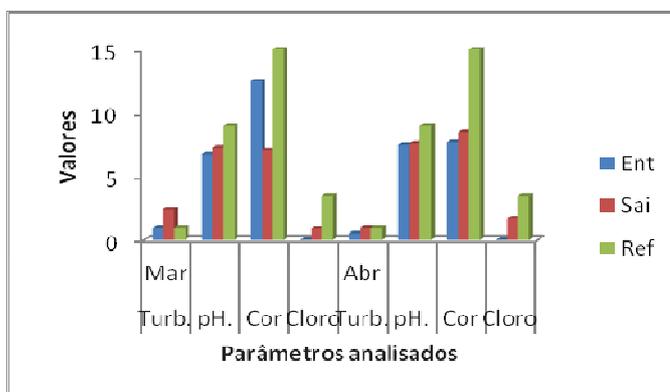


Gráfico 2c: Análise março e abril de 2012  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Quadro 3: Análises bacteriológicas da Unidade de Tratamento Óleo

Mês	Parâmetro	Água Bruta(VMP)	Água Tratada
Novembro	Coli total	>2419,0	6
	Coli term	16,1	0
Dezembro	Coli total	>2419,0	5
	Coli term	27,5	0
Janeiro	Coli total	>2419,0	6
	Coli term	95,8	1
Fevereiro	Coli total	>2419,0	5
	Coli term	248,1	1
Março	Coli total	>2419,0	5
	coli term	35,0	1
Abril	coli total	>2419,0	4
	coli term	410,6	0

- Análises físico-químicas da Unidade de Tratamento Frade

Gráfico 3a: Análise novembro e dezembro de 2011  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.Gráfico 3b: Análise janeiro e fevereiro de 2012  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.Gráfico 3c: Análise março e abril de 2012  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Quadro 4: Análises bacteriológicas da Unidade de Tratamento Frade

Mês	Parâmetro	Água Bruta(VMP)	Água Tratada
Novembro	Coli total	>2419,0	4
	Coli term	104,3	0
Dezembro	Coli total	>2419,0	3
	Coli term	178,2	0
Janeiro	Coli total	>2419,0	5
	Coli term	1299,7	0
Fevereiro	Coli total	>2419,0	3
	Coli term	186	1
Março	Coli total	>2419,0	7
	coli term	116,0	0
Abril	coli.total	579,4	3
	coli term	35	0

Os mananciais estudados ainda não foram enquadrados em classes. No entanto, o parâmetro analisado neste ensaio, a saber: cor, pH, turbidez, cloro e coliformes, apontam para valores dos parâmetros dentro do esperado para águas classe1. Nas análises bacteriológicas para coliformes termotolerantes, o Valor Máximo Permitido (VMP), esteve menor do que o estabelecido pelo CONAMA 357/05 em 100% das amostras analisada na localidade de Bicuda Grande, 80% na localidade do Frade e na localidade Óleo, apenas 70% das amostras estiveram dentro do preconizado para caracterização de água Classe I (cujos limites são de 200 coliformes por 100 ml).

Ressalta-se que tais resultados são preliminares, pois a metodologia para classificação envolve no mínimo seis amostras, coletadas por um período de um ano, com frequência bimestral, e pelo menos 80% das amostras não podem exceder o valor preconizado e parâmetros como oxigênio dissolvido, DBO, fósforo, nitrogênio, dentre outros, também devem ser analisados para compor a classificação. Percebe-se assim a necessidade de implementação de um sistema de monitoramento que atenda aos requisitos legais para proceder a uma proposta consistente para o enquadramento das subacias da região serrana de Macaé.

Ao analisarmos as saídas de tratamento nos gráfico das localidades estudadas, observa-se que exceto a turbidez, os demais parâmetros físico-químicos, em todas as amostras analisadas encontram-se dentro dos padrões de potabilidade recomendados pela Portaria 2914/11, esses parâmetros quando comparados às análises de água bruta,

observa-se que na maioria das vezes ocorre uma melhora na qualidade da água para os padrões organolépticos (cor e turbidez). Quanto ao parâmetro bacteriológico, nas três localidades, mesmo com valores de cloro recomendado, houve presença de coliformes totais. Na localidade Bicuda Grande, em 83,3% das amostras analisadas houve presença de coliformes totais e 4,8% de Coliformes termotolerantes; Na localidade do Óleo, em 73,8% das amostras analisadas, houve presença de coliformes totais e 4,8% de Coliformes termotolerantes e na localidade do Frade foi encontrado em 59,5% das amostras analisadas presença de coliformes totais e em 2,4 % de Coliformes termotolerantes. Quando comparamos esses valores com as respectivas análises das águas brutas, podemos perceber que embora o manancial do Frade apresente maiores quantidades de coliformes termotolerantes, quando tratada, a água apresenta menores valores para esse parâmetro, todavia o preconizado é que não se tenha presença nem de coliformes totais tampouco de Coliformes termotolerantes nas águas servidas.

Quanto ao entorno de cada manancial estudado, embora a localidade de Bicuda Grande seja localizada em área com maior quantidade de vegetação, os valores de coliformes termotolerantes encontrados na saída do tratamento, foram tantos quanto à localidade do Óleo e maior do que a localidade do Frade, muito embora a média de cloro residual desta localidade fora a maior de todas (2,3, 1,4 e 1,2 mg/l) respectivamente o que sugere que o sistema implantado ou a operação estejam ainda mais ineficiente do que os demais localidades ou em termos bacteriológicos podem estar ocorrendo a presença de biofilmes que são associações de microrganismos e de seus produtos extracelulares (Carneiro *et al.*, 2007) , os quais se encontram aderidos a superfícies de tubulações, representando sistemas biológicos altamente organizados , onde as bactérias estabelecem comunidades funcionais estruturadas e coordenadas, resistentes à ação do cloro.

## 2.6 CONCLUSÃO

Ao buscar por informações referentes aos mananciais estudados, tanto junto aos órgãos federais, estaduais e municipais, encontram-se lacunas relativas aos córregos,

nos quais estão localizados mananciais importantes para o abastecimento público dessa região. O estudo revelou que até o ano de 2002, Macaé não se diferenciava das demais regiões do país com relação ao saneamento nas zonas rurais, nas quais, serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto são negligenciados (AVALIAÇÃO, 2001). A baixa densidade populacional, associada ao pequeno retorno de capital com investimentos em saneamento pode explicar o desinteresse de investimentos nestes locais. Em Macaé, a iniciativa dos moradores de implementar sistemas simplificados de tratamento foi posteriormente assumida e melhorada pelo poder público. Atualmente, dos 5 distritos da região serrana de Macaé, quatro apresenta tratamento de água e rede de distribuição. Todavia, os processos em curso ainda são insuficientes para eliminar os riscos à saúde, o fato é que, mesmo passando pelo processo de desinfecção pelo agente químico cloro, não tem sido garantia máxima para qualidade da água, visto que as técnicas empregadas na maioria dos sistemas de tratamento, não utilizam filtros e segundo a portaria 106/04 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), toda água de mananciais superficiais deve incluir em seu processo de tratamento a filtração, tendo em vista que alguns microrganismos são resistentes à ação do cloro como oocistos de *cryptosporidium* e os cistos de *Giardia*. Outro fator relevante é quanto ao tempo de contato necessário entre a água e o cloro que é de no mínimo 30 minutos e nas localidades estudada as caixas utilizadas para cloração/ reservação não estão atendendo esta premissa, já que quando fazemos o cálculo de tempo de residência para as localidades de Bicuda Grande, Óleo e Frade encontramos respectivamente o tempo de residência de 13,9 ; 16,7 e 10 minutos, sendo assim, mesmo tendo cloro na água tratada, o tempo de ação deste agente químico não esta sendo respeitado, o que pode justificar a quantidade de achados de Coliformes Totais nas amostras analisadas.

Os corpos hídricos nos quais são feitas as captações, ainda não possuem enquadramento, dificultando saber qual técnica melhor se adéqua ao tratamento da água de cada manancial, pois o ideal é que a instalação seja dotada de tecnologia compatível com a qualidade da água bruta, de modo a produzir água de qualidade desejada para o abastecimento. O enquadramento dos mananciais utilizados para abastecimento se torna muito importante, pois por meio dele será possível fazer o ajuste das técnicas mais adequadas, visando minimizar os riscos à saúde humana.

Para melhor caracterização da água bruta das localidades em estudo, propõe-se ainda a utilização de índices da qualidade da água – IQA, bem como fontes de

informação sobre índices de doenças de veiculação hídrica e dados socioeconômicos das populações abastecidas pelos mananciais em estudo, de forma a verificar se a contaminação dos corpos hídricos está ou não associada à ocorrência de injustiça ambiental (ALMEIDA, 2010).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA. *Programa da qualidade das águas superficiais no Brasil, 2005. Superintendência de Planejamento de recursos hídricos. 2005.* Brasília

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.* Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.* Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília, 2012.

ALMEIDA, P.G.A.. *Investigando a injustiça ambiental no Brasil: conflitos Ambientais e riscos à saúde nos bairros nova holanda e Nova esperança no município de Macaé-Rj* 2010. Dissertação Mestrado em Engenharia Ambiental – Instituto Federal Fluminense, Macaé.

AMARAL, K. *Estuário do Rio Macaé: modelagem computacional como ferramenta para o gerenciamento integrado de recursos hídricos.* Dissertação (Mestrado), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.

AMPLA. *Cadastro de residências e estabelecimentos na região serrana de Macaé,* 2010. Prefeitura municipal de Macaé. ESANE.

APLINO, Oliveira Suelen. *Compartimentação Topográfica do Alto Curso da Bacia do Rio Macaé: Subsídio ao entendimento da Relação Relevo – Recursos Hídricos*, Universidade Estadual de Viçosa, 2008.

AVALIAÇÃO 2001. *Informe Regional sobre a Avaliação 2000 na Região das Américas: Água Potável e Saneamento, Estado Atual e Perspectivas*.2001.Disponível em: < [www.Cepis.ops-oms.org](http://www.Cepis.ops-oms.org)>.Acesso em: 12 de jul 2001.

BERNARDO. L.D. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Parte 2 – Tecnologia de Tratamento. 2ª Ed. Editora RIMA. 2005

BOTTEGA, J.M.P.R; SILVA,M. E. *Métodos analíticos no controle biológico da água para consumo humano*. Revista ciência agrotec,vol 30,nº05.2006.Disponível em:< [www.editora.ufla.br/site/adm](http://www.editora.ufla.br/site/adm)>.Acesso em: 17 de mai 2011.

BRAGA, B. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2 ed.Revisada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. *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*.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 357, de 17 de março de 2005:*Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento*.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 2914 de 12 dezembro 2011. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades Referente ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano*.

CAMPOS, J. N. B e STUDART, T.M.C . *Hidrologia de reservatório:A construção de uma teoria*. Ed: expressão gráfica. Fortaleza, 2003

CARNEIRO, C.L.; QUEIROGA, Irene. Ocorrência de coliformes totais na presença de cloro residual mínimo no sistema de distribuição público de água potável da cidade de Abadia, GO. 2002. Disponível em :< [www.newlab.com.br](http://www.newlab.com.br)>. Acesso em: 28 de abr 2011.

CETESB- Companhia de tecnologia de saneamento ambiental/Estado de São Paulo. *Índice de qualidade da água*. 2004. Disponível em:< [www.cetesb.sp.gov.br/indices-de-qualidade](http://www.cetesb.sp.gov.br/indices-de-qualidade)>. Acesso em :10 de fev 2011.

CRESPO, T. *Planeta Água: Um guia de educação ambiental para conservação de recursos hídricos*. Rio de Janeiro, 1998.

DANIEL. L. *Métodos Alternativos de desinfecção da água*. PROSAB, 2005

DOMINGOS, E.Q. *Gerenciamento de Resíduos Associado à Gestão de Recursos Hídricos: Levantamento de Indicadores de Saneamento Ambiental para um Bairro no Município de Conceição de Macabú – RJ*. 2008. Dissertação Mestrado em Engenharia Ambiental – Instituto Federal Fluminense, Macaé.

DREW. D. *Processos Interativos Homem-Meio Ambiente*. 4ªed. Rio de Janeiro: Editor: Bertrand Brasil, 2002.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). *Manual de Saneamento*. 3 ed. revisada. Brasília: Funasa, 2006.

GASPAR, Josiane Aparecida. *Isolamento e identificação de micobactéria e microorganismo de contaminação em águas tratadas provenientes do sistema de abastecimento público de Araraquara.SP*. 2010. Disponível em: <[www.posgraduação.fcfar.unesp.br](http://www.posgraduação.fcfar.unesp.br)>. Acesso em: 26 de dez 2011.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. *Direito de Águas: disciplina jurídica das águas doces*. São Paulo: Atlas, 2001.

GRASSI. L.A.T *Direito à água*. Porto Alegre, 1994. Seção Câmara Técnica de Recursos Hídricos. Disponível em <[www.abes-rs.org.br/rechid/direito-a-agua.htm](http://www.abes-rs.org.br/rechid/direito-a-agua.htm)>. Acesso em: 17 de jun 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia>>. Acesso em: 18 de mai 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. *Pesquisa Nacional de saneamento básico*. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). acesso 11 abr 2011>.

JUSTO. M.C.D.M. *Financiamento do saneamento básico no Brasil- uma análise comparativa da gestão pública e privada*. Dissertação de mestrado em desenvolvimento econômico ambiental, 2004. UNICAMP.Sp.

LANNA, Antônio Eduardo Leão. *Gerenciamento de bacia hidrográfica; Aspectos conceituais e metodológicos*. Brasília. 2000.

LORENTZ, J.F; MENDES, P.A.B. *A água e sua distribuição espacial*, 2008. Revista das águas, ano 3, nº8, mar 2008. Disponível em: <<http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/edicoes-da-revista/edicao-atual/m>>. Acesso em: 15 de jun 2011.

MACHADO. C.J.S. *Recursos Hídricos e cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios*. Ambiente e Sociedade, vol VI nº2. 2003.

MAGALHÃES Jr.A.P. *A situação do monitoramento da água no Brasil – Instituições e iniciativas*. RBRH-Revista brasileira de recursos hídricos, vol 5, nº 3. 2010. Disponível em: < [www. Abrh.orgbr](http://www.Abrh.orgbr)>. Acesso em: 21 de mar 2011.

MAZZOLA. M.. *Situação do monitoramento de qualidade da água no Brasil*. ANA, 2009. Disponível em: < [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>. Acesso em 02 de mar 2011.

MENEZES, F.E. *Bacias secundárias*, 2003. Disponível em: <[www.frigollete.com.br](http://www.frigollete.com.br)>. Acesso em 21 de jun de 2011.

MIERZWA.F.A *poluição das águas*. 2001. Disponível em: <[www.phd.poli.usp.br](http://www.phd.poli.usp.br)>. Acesso em 02 de abr 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Integração de ações de vigilância*. 2007. 1ª edição

MORGADO, A .F. *Águas naturais*,1999. Disponível em: <<http://lema.enq.ufsc.br>>. Acesso 13 mai de 2011.

MORTIMER.E. F. *O significado das fórmulas químicas*. Nova na escola Água .Nº 3, MAIO 1996. Disponível em:<<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc03/conceito.pdf>>. Acesso em: 21 de mai 2011.

MOTTA.R.S. *Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica na indústrias*. 2004. Disponível em:<[www.rg.br](http://www.rg.br)>. Acesso em 10 jun 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. *Igualdade de saúde através de ação sobre seus determinantes sociais*, 2010. Disponível em:<[www.oms.org](http://www.oms.org)>. Acesso 12 jun 2011.

PECORA.I.L. *Doenças de veiculação hídrica*,2009. Disponível em : <<http://www.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 de jan 2011.

PEREIRA,R.S *Poluição hídrica: causas e consequências*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS,2004.

PINHEIRO.M.R.C. *Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e aplicação do índice de qualidade de água*. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ – Programa Macaé Cidadão. *Pesquisa domiciliar 2006 e 2007*.

RESSIGUIER. J.H. B. *Atividade petrolífera e impactos no espaço urbano do município de macaé/RJ*. 2001. Dissertação(mestrado em engenharia ambiental)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé.

SALOMÃO.L.A. *Ensaio bacteriológicos de águas de abastecimento público*. ABES- Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental. 2005.

SILVA.G.S;JARDIM.W.F. *Um novo índice de qualidade da água para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia*.Campinas.2006.Revista Química Nova,vol.29,nº04.

SILVEIRA,E.L.C;C.L.B.*Determinação de contaminantes de óleos em esgoto*. Revista Química Nova, vol 29,nº05.2006.Disponível em < <http://quimicanova.sbq.org.br>>Acesso em :13 abr 2011.

TAGUCHI,Clarissa. *A guerra da água*, 2006.Disponível em: < [www.terrazul.com.br](http://www.terrazul.com.br)>.Acesso em 06 de jul 2011.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. *Hidrologia, ciência e aplicação*.2ª edição,ABRH,2001.

TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. 2005. São Carlos, SP.

UNESCO - *Relatório Mundial sobre a Água*, 2003. Disponível em:< [www.unesco.pt/cgi-bin/ciencia/temas/cie\\_tema.ph](http://www.unesco.pt/cgi-bin/ciencia/temas/cie_tema.ph)>. Data de acesso em: 21 de mar 2011.

VIEIRA.R.M. *A importância do uso de sondas multiparamétricas*, 2010. Disponível em: <[www.agsolve.com.br](http://www.agsolve.com.br)>. Acesso em 01 de jul 2011.

## ARTIGO CIENTÍFICO 2

### **GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E JUSTIÇA AMBIENTAL: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO SERRANA DO MUNICÍPIO DE MACAÉ**

#### 3.1 RESUMO

A água doce é elemento essencial ao abastecimento para consumo humano e ao desenvolvimento de atividades socioeconômicas, porém pode apresentar características de qualidade muito variadas. Essas variações ocorrem devido ao ambiente onde se originam, por onde circulam, percolam ou ficam armazenadas, considerando ainda as interferências antrópicas que vem ocorrendo e que acabam por alterar suas características. O presente artigo realiza um levantamento da qualidade da água dos mananciais utilizados para captação, tratamento e distribuição nas localidades de Óleo, Frade e Bicuda Grande, aplicando o Índice de Qualidade da Água – IQA a estes mananciais, de forma a averiguar se o tratamento aplicado é eficiente para tornar potável a água distribuída. Busca-se também investigar a relação entre saneamento básico e (in)justiça ambiental, propondo ações mitigatórias associadas à intervenções nas captações dos mananciais e nas estruturas de tratamento de água a ser distribuída.

#### 3.2 ABSTRACT

Freshwater is essential to supply not only human consumption but also the development of socio-economic activities, however, it may have very different quality characteristics. These variations occur because of the environment where they originate, through which, percolate or are stored, still considering anthropogenic interference with what has been happening that end up changing their characteristics. This article provides a research of water quality of fountainheads used for catchment, treatment and distribution in the localities of Óleo, Frade and Bicuda Grande, applying the Water Quality Index – WQI to water sources in order to ascertain whether the applied treatment is efficient to make potable distribution water. The study also aims to

investigate the relationship between sanitation and environmental injustice, proposing mitigation actions associated with interventions in the sources for water catchment as well as in structures for water treatment and distribution.

### 3.3 INTRODUÇÃO

Dentre as bacias hidrográficas contidas unicamente dentro do Estado do Rio de Janeiro, a Bacia do Rio Macaé é a de maior extensão (ALPINO, 2009), abrangendo seis municípios. O município de Macaé comporta 82% do limite territorial da bacia, com cerca de 1450 km<sup>2</sup>, sendo o restante distribuído pelos municípios de Nova Friburgo (142 km<sup>2</sup>), onde o rio nasce na serra de Macaé de Cima, a 1.560m de altitude; Casimiro de Abreu (83 km<sup>2</sup>); Rio das Ostras (11 km<sup>2</sup>); Conceição de Macabu (70 km<sup>2</sup>) e Carapebus (11 km<sup>2</sup>). A bacia drena uma área de 1.765 km<sup>2</sup>, sendo que sua calha principal desenvolve-se no sentido oeste-leste, percorrendo cerca de 136 km até desaguar no Oceano Atlântico (PINHEIRO, 2008).

A água do Rio Macaé é amplamente utilizada, seja para o abastecimento público, fornecimento de energia, irrigação e pecuária. As principais empresas que fazem utilização da bacia estão representadas no quadro 5.

<b>Empresas</b>	<b>Manancial utilizado</b>
Petrobras	Rio Macaé
UTE Norte Fluminense	Rio Macaé
CERJ/UHE Glicério	Rio São Pedro
CERJ	Rio São Pedro
Companhia Estadual de Águas e Esgoto – CEDAE	Rio Macaé

Quadro 5. Empresas que utilizam a Bacia Hidrográfica do Rio Macaé.

Fonte: elaboração própria a partir do relatório preliminar da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2010).

A escolha dos mananciais avaliados neste artigo, a saber, Bicuda Grande, Óleo e Frade, foram pautados nos corpos hídricos atualmente utilizados para abastecimento

público pela ESANE – Empresa Pública Municipal de Saneamento, que são sub afluentes do Rio Macaé.

Foi analisada a água bruta desses mananciais à jusante e a montante da captação, conforme demonstrado nas figuras 10,11 e 12. Os resultados encontrados foram tabulados para formação do IQA. As análises para coliformes das saídas do tratamento foram solicitadas à ESANE, que efetua sete amostras ao longo de cada mês, conforme padrão preconizado pela portaria MS 2914/11 (BRASIL, 2011) para aglomerados habitacionais com até cinco mil economias.

Por hipótese considerou-se que houvesse problemas de poluição nos mananciais utilizados para captação, ou que as unidades de tratamento instaladas não estavam sendo eficientes no processo de tratamento. Outra hipótese levantada foi a de que as deficiências no saneamento básico na região em estudo estão assimetricamente distribuídas nas comunidades residentes, cabendo os maiores riscos à saúde à população economicamente frágil, caracterizando assim, a ocorrência de injustiça ambiental.

### **3.4 MATERIAL E MÉTODO**

As coletas das amostras foram realizadas entre novembro de 2011 e abril de 2012, sendo feito duas coletas de água bruta mensal por localidade, sendo uma à montante e ajuante da captação. A sistemática de coleta, preservação das amostras e os parâmetros analisados, seguiram a metodologia proposta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, citado pela CETESB (CETESB, 2010). As amostras bacteriológicas foram coletadas em frascos autoclavados e as de análise físico-química em frascos simples de coletas, sendo coletadas mensalmente para análise físico-química em frascos de 2l e bacteriológico em frascos de 200ml.

As análises de coliformes foram realizadas através do método substrato enzimáticas, usando-se o meio Colilert. Para o desenvolvimento deste método foi utilizado frasco de vidro autoclavado, cartela quanti tray, luz UV e estufa. O procedimento de verificação da presença de coliformes ocorre pela análise da alteração da cor, porém a quantificação para coliformes totais faz-se contando o número de cavidades que apresentam coloração amarela (cavidade maior + cavidade menor) e

cruzam-se os resultados na tabela de NMP. Para a quantificação e confirmação de coliformes termotolerantes, põe a cartela na luz UV e conta as que apresentarem fluorescência e novamente utiliza-se a tabela de NMP.

As análises de DBO, fósforo, resíduos totais e oxigênio dissolvido foram realizados em laboratório terceirizado, empregando-se os métodos APHA-AWWA-21<sup>a</sup>.ed, ácido ascórbico, método Grávimético, APHA- AWWA-2<sup>a</sup>.ed, respectivamente.

O pH foi medido utilizando-se PHmetro (potenciômetro) da marca policontrol calibrado. Para averiguação da turbidez usou-se Turbidímetro da hexix.

Para elaboração do mapa temático foi utilizado GPS, modelo GARMIN e Trex Vista, máquina fotográfica, utilização de planilha eletrônica, Imagem de satélite *Ikonos*; software *ArcGis* 9.3 ,ESRI, licença disponível no laboratório de geomática do IFF e carta topográfica do IBGE e GEOMACAÉ na escala de 1:50.000.

Em estudos ambientais com muitas amostras e variáveis sejam elas físicas e/ou biológicas, uma das formas de avaliar mutuamente o conjunto de dados gerados é através da análise estatística multivariada (LANDIM, 1997). O propósito desta análise é produzir uma ordenação das variáveis, em um número pequeno que dê ênfase aos principais padrões de variação, com um novo sistema de eixos denominados de componentes principais ou autovetores o que indica as variáveis de maior importância (LANDIM, 1997). Os componentes principais são combinações lineares particulares de  $n$  variáveis aleatórias, sendo assim, a primeira transformação linear, ou primeiro componente principal, sintetiza a máxima variabilidade possível no conjunto de dados originais (PIMENTEL, 2003).

Neste estudo, foi aplicado esta técnica as amostras que apresentaram faixa de IQA razoável, o número de componentes extraídos seguiu os preceitos apresentados por NORUSIS (1990) *apud* MARTINS (2009), afirmando que se devem considerar somente os componentes com variância maior ou igual a um.

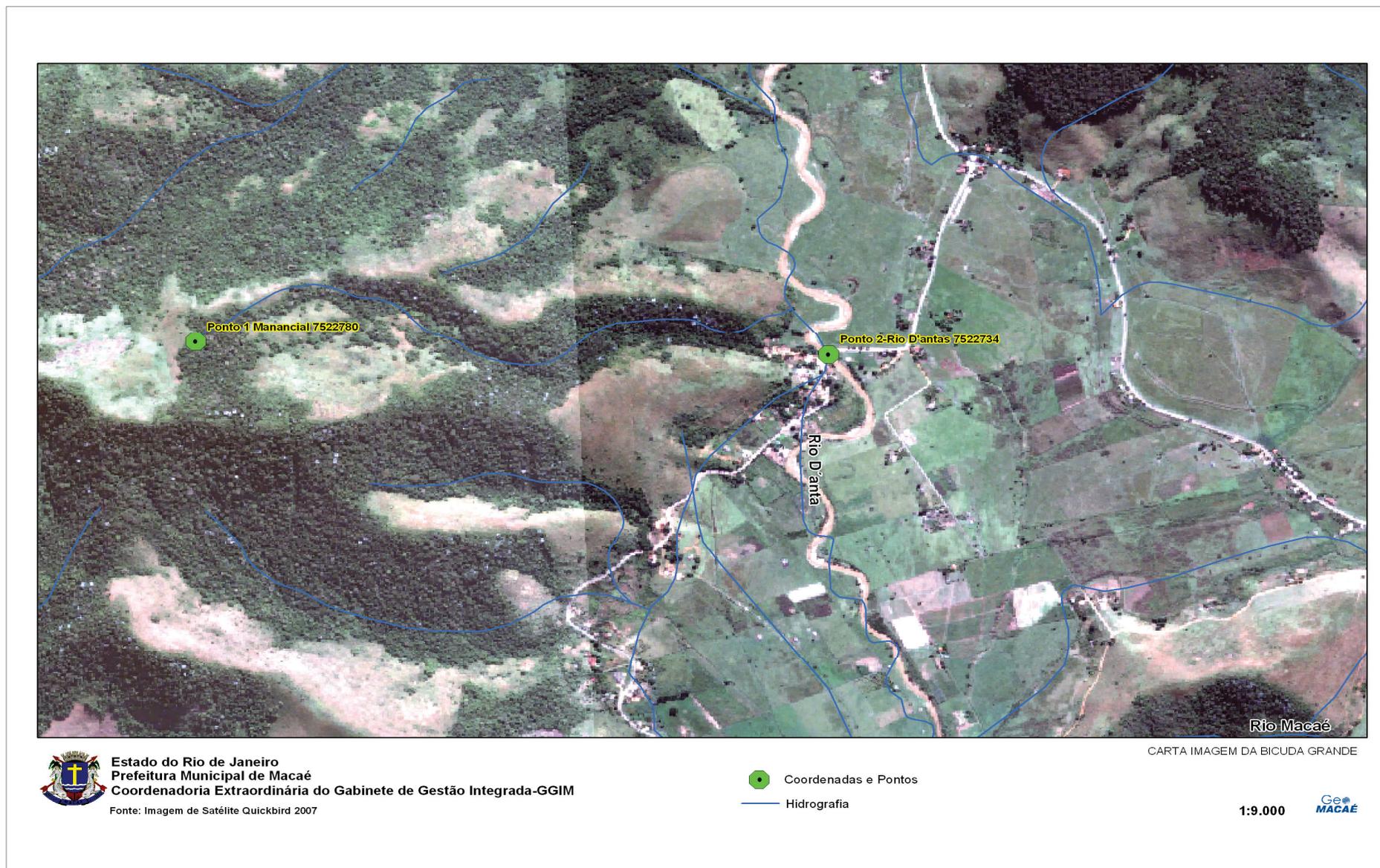


Figura 10: Pontos de coleta de Bicuda Grande

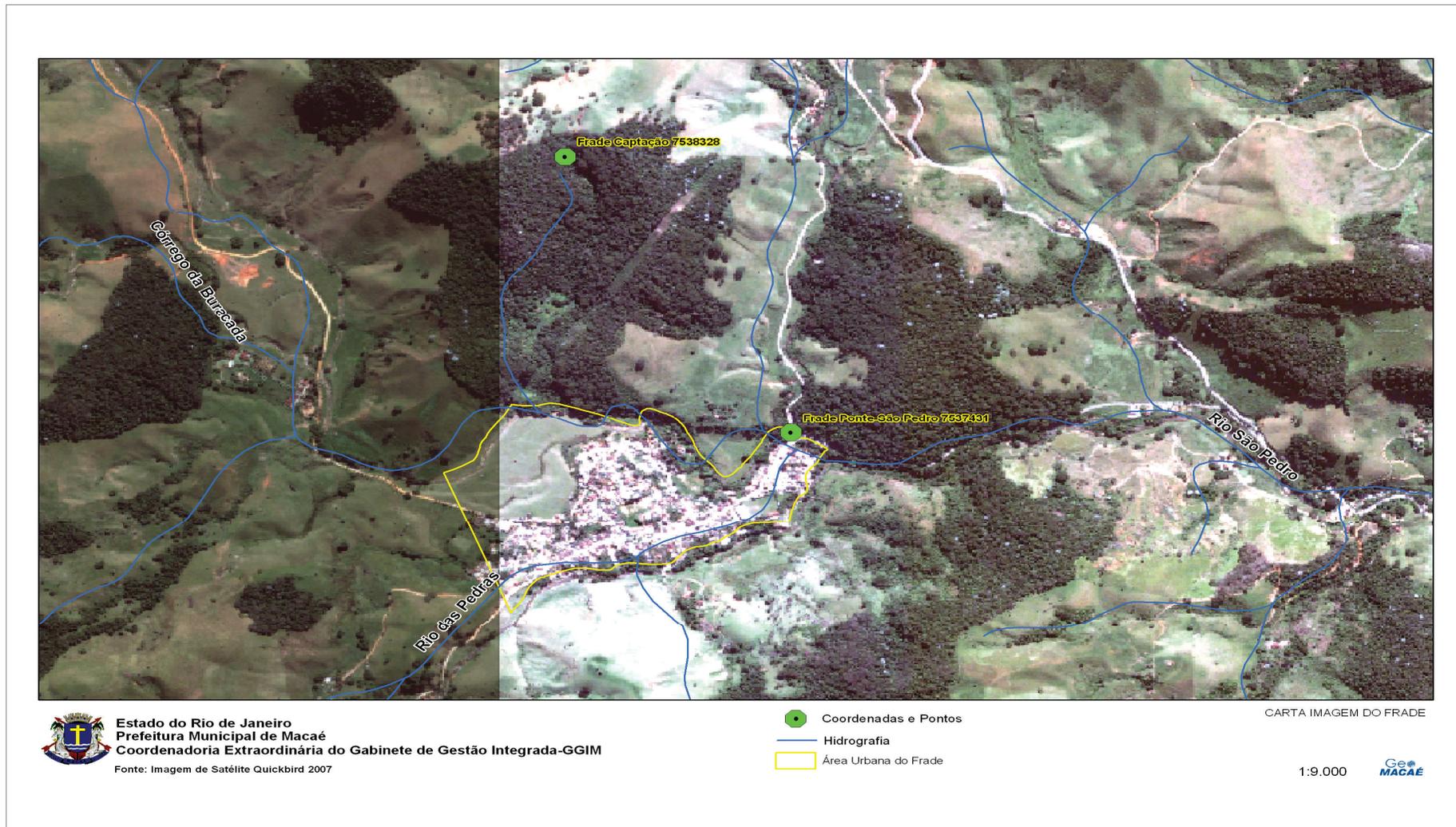


Figura 11: Pontos de coleta do Frade

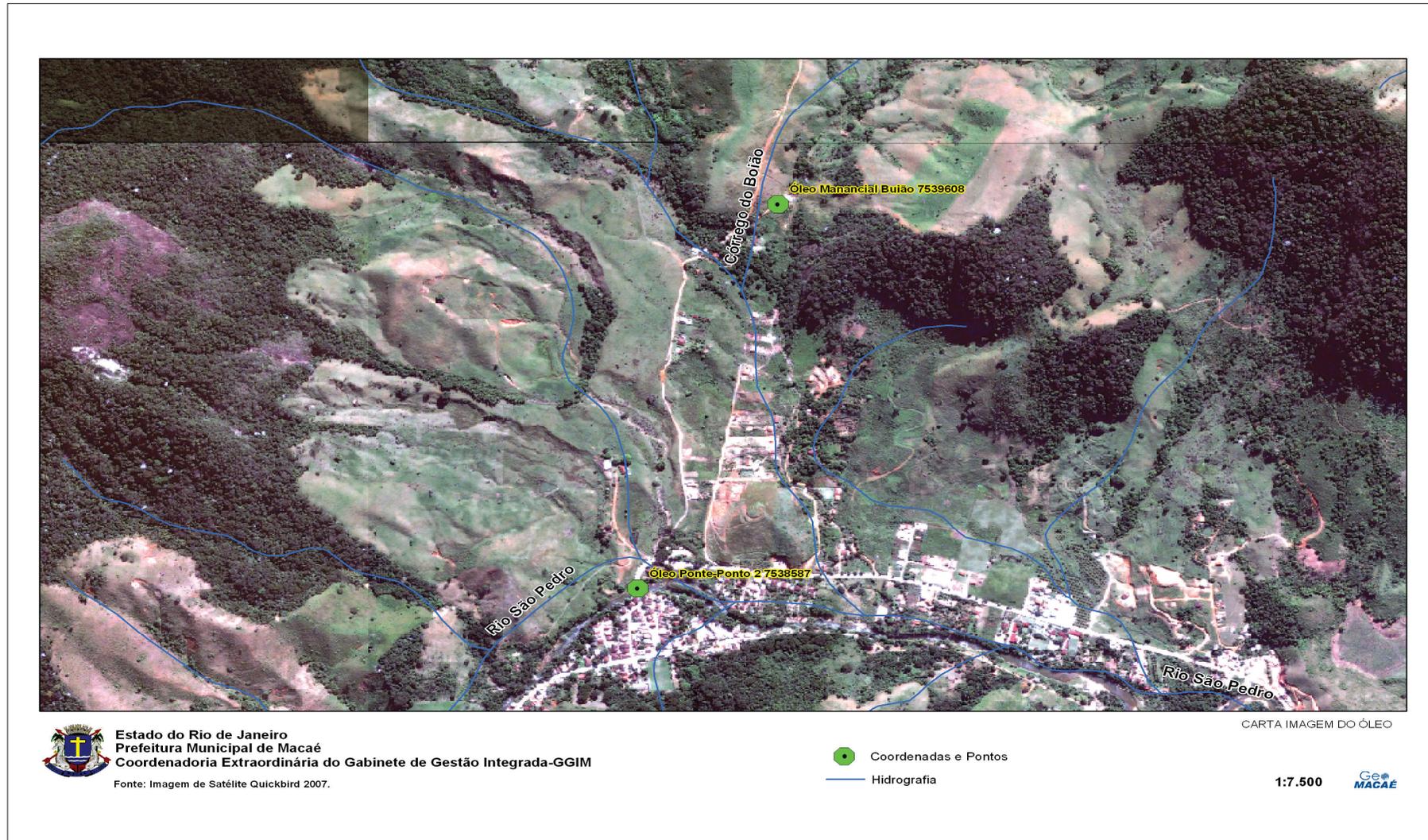


Figura 12: Pontos de coleta na localidade Óleo.

O método utilizado foi o hipotético-dedutivo. A hipótese levantada é sobre a prevalência de microorganismos do tipo Coliforme Total na água tratada e sua relação com a água bruta e com a técnica de tratamento empregada. Será analisado o entorno desses mananciais, para averiguar se a ocupação e a ação antrópica, estão contribuindo para a alteração da qualidade da água.

Os dados obtidos foram comparados com os parâmetros padronizados para potabilidade descritos na Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os valores dos parâmetros obtidos após análise foram reunidos para a composição do Índice de Qualidade da Água (IQA). A tabulação dos dados e o cálculo do IQA foram realizados com auxílio de planilhas eletrônicas e os resultados tratados estatisticamente pela análise do componente principal – PCA

### **3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.5.1 A qualidade da água e suas variações**

Um manancial pode ter seus constituintes químicos influenciados por vários fatores (Freitas *et all* 2002) ,dentre eles: A capacidade de transporte e de dissolução, sendo assim, a água tem capacidade de dissolver uma ampla variedade de substâncias, as quais conferem a ela suas características peculiares, além disso as substâncias dissolvidas e as partículas presentes são transportadas pelos cursos d'água estabelecendo um caráter dinâmico para a questão da qualidade da água (MINISTÉRIO DA SAÚDE , 2006). E como já dizia o filósofo grego Heráclito: “*Nunca se cruza o mesmo rio duas vezes*”, visto a dinâmica que o rio sofre.

De acordo com Chorley e Kennedy (1971) *apud* PINHO, 2005 os três mais importantes sistemas periféricos externos, que respondem pelo fornecimento de matéria e energia ao sistema hídrico superficial, são: Abiótico representado principalmente pelo substrato geológico e pelo clima; Biótico representado pelas comunidades vegetais e animais; Antrópico representado pela ação humana que responde, pelo equilíbrio ou não entre os sistemas, gerando modificações nos processos e nas formas.

Verifica-se assim, que o sistema aquático não é formado unicamente pelo rio ou lago, mas inclui a bacia de contribuição, exatamente onde ocorrem os fenômenos que

irão conferir a água suas características de qualidade, desta forma, sistemas periféricos controlam a qualidade e quantidade de matéria e energia liberada a fluir pelo sistema fluvial gerando variações nas condições hidrometeorológicas do rio, produzindo flutuações nas características das águas (PEIXINHO, 1996).

De acordo com o uso da água (abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação) há diferentes exigências quanto aos padrões de qualidades (BRASIL, 1997). A partir do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de qualidade da água, os corpos hídricos são enquadrados nas classes correlatas conforme CONAMA 357. A qualidade da água pode limitar o seu uso.

As análises da água para acompanhamento da qualidade possibilitam obter informações que contribuam para o seu gerenciamento, desde que se tenha a percepção das conexões entre os sistemas.

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que podem ser analisados individualmente ou agrupada formando índices. Não há um indicador de qualidade de água único e padronizável para qualquer sistema hídrico. Uma forma de avaliar objetivamente essas variações é a combinação de parâmetros de diferentes dimensões, em índices que os reflitam conjuntamente em uma distribuição amostral no espaço e no tempo (TOLEDO e NICOLELLA, 2002). Usualmente, os índices são baseados em poucas variáveis (GERGEL *apud* BONNET, 2008), mas que devem refletir as alterações potenciais ou efetivas, naturais ou antrópicas que eles sofrem (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Os principais índices de qualidade da água utilizados pelas Unidades da Federação são: (i) Índice de Qualidade das Águas (IQA); (ii) Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público (IAP); (iii) Índice de Estado Trófico (IET); (iv) Índice de Contaminação por Tóxicos; (v) Índice de Balneabilidade (IB); e (vi) Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática (IVA). Dentre esses índices, o que será utilizado nesse estudo é o IQA, índice que foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público.

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os parâmetros que compõe o IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgoto doméstico e é calculado por meio de uma média harmônica ponderada (produtório) de um conjunto de indicadores específicos (BRAGA, 2005 *apud* DOMINGOS, 2008), Cada parâmetro apresenta um peso associado, dentre eles, os de maiores pesos são o oxigênio dissolvido e coliforme termotolerante, devido sua alteração estar estritamente associados à poluição. Os valores do IQA são classificados em faixas entre ótima e péssima, conforme pode ser observado no quadro 6.

Quadro 6 : Faixas de classificação do IQA

Faixa de IQA utilizadas no Rj	Avaliação da qualidade da água
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: ANA, 2011

Nas tabelas abaixo seguem os valores de cada parâmetro encontrado nas análises dos pontos em estudo, com seu respectivo IQA.

TABELA 1 - Análise da água bruta mês de novembro – 2011

<b>Parâmetros</b>	<b>Frade P1</b>	<b>Frade P2</b>	<b>Óleo P1</b>	<b>Óleo P2</b>	<b>Bic.Grande P1</b>	<b>Bic Grande P2</b>
Coli. Fecal	104,3	93,3	866,4	16,1	34,5	248,1
Ph	6,83	7,02	7,1	7,17	7,16	6,84
DBO	2	8,6	4,1	4,1	7	3,7
Nitrogênio	1,8	1	0,9	1,2	1	1
Fosfato total	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,9198	0,6132
Turbidez	1,6	2,06	1,25	1,83	1,85	10,3
Res.Totais	26,2	27,2	23,1	20,4	160	134
Oxig.dissolvido	8,8	8,8	8,6	8,8	7,8	8,4
Tempertura	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C
IQA	80	81	54,2	84	77	71

Fonte: Patricia Toledo, 2012

TABELA 2 – Análise da água bruta mês de dezembro – 2011.

<b>Parâmetros</b>	<b>Frade P1</b>	<b>Frade P2</b>	<b>Óleo P1</b>	<b>Óleo P2</b>	<b>Bic.Grande P1</b>	<b>Bic Grande P2</b>
Coli. Fecal	178,2	191,8	27,5	101,2	6,3	8,1
pH	7,26	7,24	7,16	7,18	8,2	7,18
DBO	7,9	5	5	5,3	5	5
Nitrogênio	1	1,3	1	0,8	1	1,2
Fosfato total	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066
Turbidez	3,19	4,16	2,18	1,82	0,73	0,7
Res.Totais	66	70	148	5,3	52	132
Oxig.dissolvido	7,6	7,4	9,0	7,0	8,6	8,0
Tempertura	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C	22° C
IQA	78	75	81	79	85	84

Fonte: Patricia Toledo, 2012.

TABELA 3 – Análise da água bruta mês de janeiro 2012

<b>.Parâmetros</b>	<b>Frade P1</b>	<b>Frade P2</b>	<b>Óleo P1</b>	<b>Óleo P2</b>	<b>Bic.Grande P1</b>	<b>Bic Grande P2</b>
Coli. Fecal	1299,7	648,8	95,8	31,1	4,1	18,5
pH	8,24	8,03	7,19	7,93	7,03	7,25
DBO	5,2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Nitrogênio	1,2	2,3	0,7	1,0	1,1	1,5
Fosfato total	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066
Turbidez	5,0	5,7	1,17	5,73	0,74	0,81
Res.Totais	58	95	87	182	125,9	154
Oxig.dissolvido	7,4	7,0	7,8	7,2	8,0	7,2
Tempertura	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C
IQA	51	69	78	78	86	81

Fonte: Patricia Toledo, 2012.

TABELA 4 – Análise da água bruta mês fevereiro – 2012.

<b>Parâmetros</b>	<b>Frade P1</b>	<b>Frade P2</b>	<b>Óleo P1</b>	<b>Óleo P2</b>	<b>Bic.Grande P1</b>	<b>Bic Grande P2</b>
Coli. Fecal	2419,6	65,3	248,1	1046,2	88,4	68,9
pH	7,73	7,54	7,55	7,8	8,04	7,97
DBO	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Nitrogênio	1,0	1,6	1,1	1,0	1,0	1,3
Fosfato total	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066
Turbidez	1,82	2,03	1,05	1,74	1,08	0,87
Res.Totais	242	140	900	100	164	198
Oxig.dissolvido	7,4	8,0	8,0	7,4	7,0	7,8
Tempertura	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C
IQA	66	78	71	69	76	77

Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

TABELA 5 – Análise da água bruta mês março – 2012.

<b>Parâmetros</b>	<b>Frade P1</b>	<b>Frade P2</b>	<b>Óleo P1</b>	<b>Óleo P2</b>	<b>Bic.Grande P1</b>	<b>Bic Grande P2</b>
Coli. Fecal	116	101	35	1986,3	2,0	12
pH	6,76	7,01	7,7	7,55	8,02	7,58
DBO	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Nitrogênio	1,3	2,2	1,0	1,5	1,1	1,3
Fosfato total	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066	0,03066
Turbidez	0,98	1,04	0,61	1,66	0,56	0,41
Res.Totais	44	28	32	82	98	56
Oxig.dissolvido	7,4	8,0	8,4	7,8	7,8	8,0
Tempertura	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C
IQA	76	77	81	68	87	83

Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

TABELA 6 – Análise da água bruta mês abril – 2012.

<b>Parâmetros</b>	<b>Frade P1</b>	<b>Frade P2</b>	<b>Óleo P1</b>	<b>Óleo P2</b>	<b>Bic.Grande P1</b>	<b>Bic Grande P2</b>
Coli. Fecal	35	32,7	410,6	290,9	6,2	4,1
Ph	7,49	7,93	7,86	7,8	5,73	5,78
DBO	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Nitrogênio	1,1	1,4	0,8	1,2	1,0	1,5
Fosfato total	1,8396	0,03066	0,0366	0,03066	0,03066	0,03066
Turbidez	0,53	0,47	0,74	0,66	0,43	0,49
Res.Totais	32	30	18	74	24	62
Oxig.dissolvido	7,2	7,6	8,2	8,0	7,8	7,4
Tempertura	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C	22°C
IQA	71	80	73	74	79	79

Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Ao analisarmos os resultados encontrados, observa-se que a localidade de Bicuda Grande apresentou avaliação da qualidade da água, segundo a faixa de classificação do IQA como boa, em todos os meses de análise da água bruta. Já as localidades Óleo e Frade apresentaram variações entre razoável e boa, com maiores alterações no período chuvoso. Ao observarmos os parâmetros separadamente, podemos perceber que a localidade Frade, no geral apresenta maiores alterações nas características químicas e bacteriológicas com forte indício de poluição.

As análises feitas nas saídas de tratamento demonstram presença de coliformes totais em todas as localidades estudadas, conforme observado nos gráficos abaixo, a saber: No Óleo em 74% das amostras; no Frade em 59,5% e em Bicuda Grande em 83,3%, quando relacionamos esses dados a presença de cloro residual com média de 1,4, 1,2 e 2,3 mg/l respectivamente, observamos que por se tratarem de Unidades Simplificadas de Tratamento que não possuem filtros, apenas captação, desinfecção e distribuição, os valores de cloro encontrados não estão sendo capaz de eliminar a presença desses microrganismos na água servida, seja pela quantidade ou pelo tempo de contato.

Quando comparados os valores do IQA e sua classificação com os resultados das análises das saídas de tratamento, percebe-se que todas as localidades apresentam pelo menos 1 vez presença de coliformes termotolerantes, fato característico de poluição por esgoto doméstico. Os pontos 1 (P1), do Óleo e Frade, apresentaram em novembro (Óleo), janeiro e fevereiro (Frade), valores elevados para esse parâmetro, o que propiciou avaliação e classificação da água, em termos de IQA, como razoável, já que este parâmetro apresenta um dos maiores pesos (0,15) para o cálculo deste índice.

Ocorrência de coliformes na água tratada das localidades em estudo.

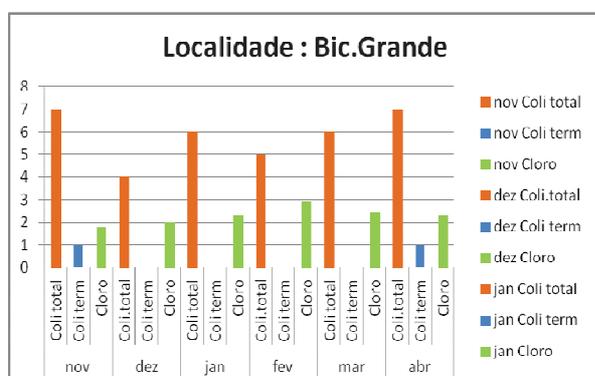


Gráfico 4: presença de coliformes na água tratada  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

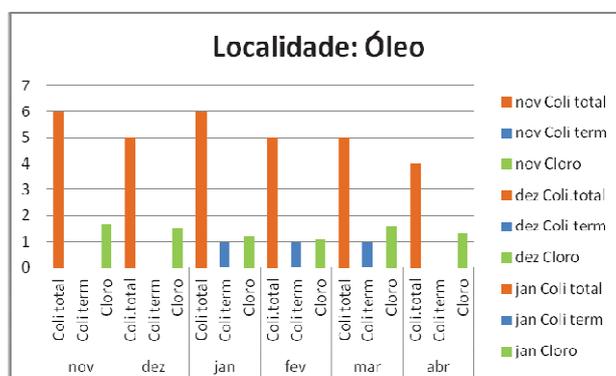


Gráfico 5: Presença de coliformes na água tratada  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

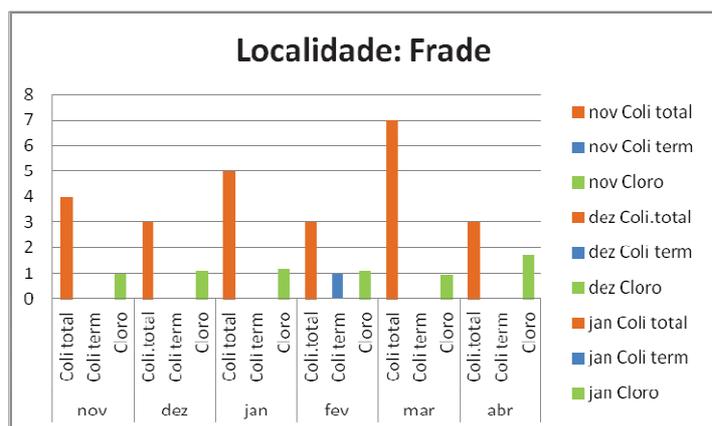


Gráfico 6: Presença de coliformes na água tratada  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

Aplicando a Análise do Componente Principal (principal component analysis - PCA) às duas localidades com faixa de qualidade da água razoável (Frade e Óleo), podemos observar nos gráficos 7 e 8 para a localidade do Frade e nos gráficos 9 e 10 para a localidade do Óleo que os parâmetros analisados são fortemente influenciado pelos valores do pH e Coliformes (PC1), turbidez e nitrogênio (PC2) e DBO e nitrogênio (PC3). A análise dos componentes principais em geral para todas as variáveis explicou 83% da variância acumulada para esses três componentes principais. Na localidade Óleo, a influência é causada pelos parâmetros nitrogênio e Coliformes (PC1), Turbidez e oxigênio dissolvido (PC2) e Coliforme e resíduos totais (PC3) e a variância acumulada para os três PCs é de 77%.

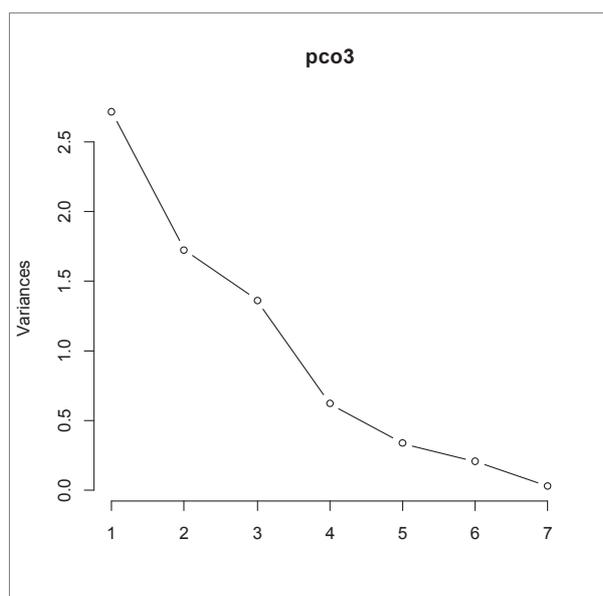
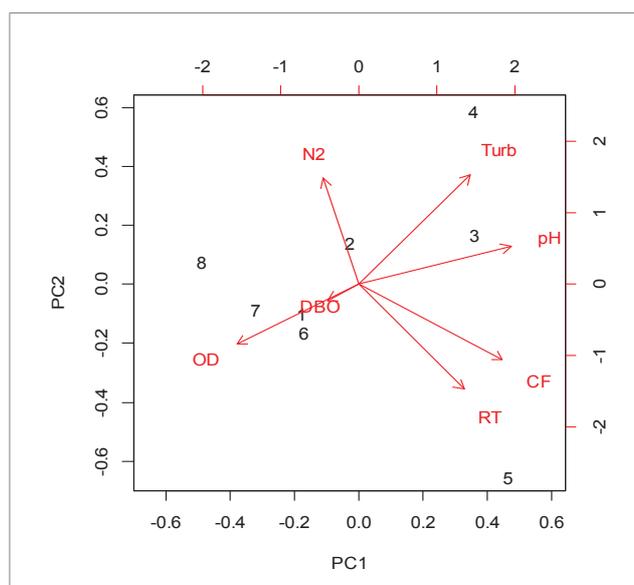


Gráfico 7: Análise do Componente Principal (PCA) Frade  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.



Gráficos 8: representação vetorial - PCA Frade  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

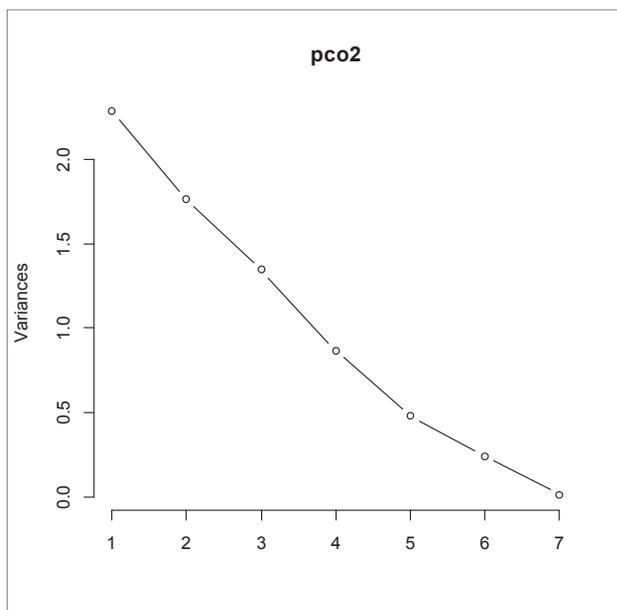
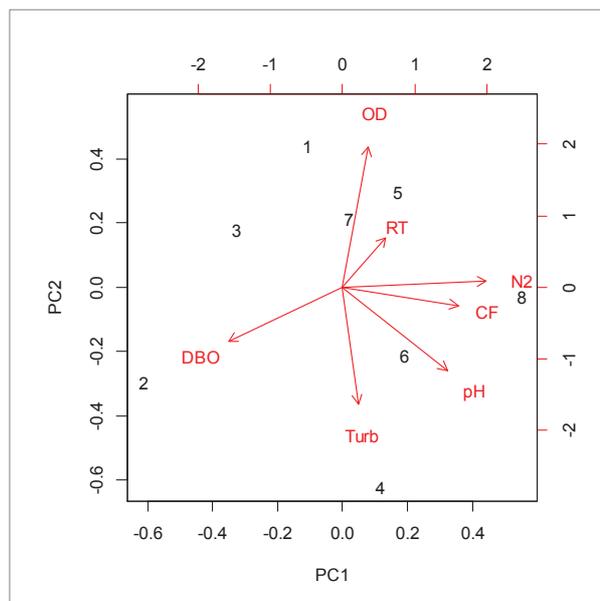


Gráfico 9: Análise do Componente Principal (PCA) Óleo  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.



Gráficos 10: representação vetorial - PCA Óleo  
Fonte: Patrícia Toledo, 2012.

A poluição hídrica pode ser relacionada com o aumento populacional, o manejo inadequado dos recursos hídricos e seu mau uso. Segundo Rigolin e Almeida, 2003, *apud* STRUJAK e VIDAL, 2007), pode-se considerar o aumento da população, o desperdício, a poluição e a crescente urbanização sem planejamento, como os principais responsáveis pelo problema que vem atingindo o mundo em escala global: “a escassez de água”, sobretudo, de boa qualidade. Apesar dos países desenvolvidos, terem resolvido o problema do acesso a água, no que diz respeito ao consumo, a poluição e a degradação das fontes de água doce, ainda constitui uma barreira a ser vencida (JUSTO, 2004).

Com a poluição e/ou a destruição de mananciais, tornam-se cada vez mais elevados os custos do tratamento da água e, em alguns casos mais críticos, pode haver uma diminuição do volume de água disponível, tornando o tratamento economicamente inviável. O tratamento dos esgotos poderia evitar o aumento de custos provenientes de uma piora na qualidade das águas dos rios, ou diminuir os custos do tratamento de uma água muito poluída, em tais proporções, que geraria recursos capazes de amortizar, em pouco tempo, o investimento feito no tratamento de esgotos. (STRUJAK *et al.*, 2007).

O contato e a necessidade do homem com a água, justifica e explica a facilidade com que ele esta de aquisição de parasitas que o atingem e nele se desenvolvem, desta maneira o controle para a minimização desses riscos, exige o uso de água potável

(TOMINAGA, *et al.*,1999) que se dá através de processos de tratamento, já que a água em sua condição natural é uma grande mistura de substâncias.

De acordo com isso, Luiz Antonio Timm Grassi,1994 :

“O acesso universal à água potabilizada e distribuída em todos os domicílios deve fazer parte, prioritariamente, da pauta de todas as políticas públicas, seja de saúde, ambiental, de bem estar social e de desenvolvimento urbano e regional. O uso da água para o abastecimento humano, sob a forma de sistemas de distribuição urbanos é o mais importante e o mais nobre entre os usos da água e de suas fontes naturais”.

Desde 1991, depois do ressurgimento da cólera na Região das Américas, na maioria dos países aumentou-se o monitoramento da qualidade da água potável e o seu controle. Além disso, foram feitos esforços para introduzir na América Latina a desinfecção da água em nível domiciliar, onde não havia sistemas de abastecimento coletivos. (OPAS, 2001). Pela sua importância para a saúde pública, a qualidade da água merece especial atenção (SILVA, 2005)

A contaminação da água pode ocorrer na fonte, durante a distribuição ou nos reservatórios e as doenças de veiculação hídrica são transmitidas principalmente pela ingestão da água contaminada por microrganismos patogênicos, eliminados nas fezes do homem ou de animais. A ingestão pode ser: Direta, através da água para beber, indireta, por alimentos ou bebidas preparados com água contaminada ou acidental, durante atividades recreacionais (GERMANO, 2004).

### 3.5.2 A injustiça ambiental e saneamento básico

O serviço de saneamento básico é essencial ao desenvolvimento, à saúde e à economia, sendo fatores interligados e, constitui responsabilidade do poder público, podendo ser executado por agentes públicos ou privados. Em certas situações, os aspectos de esgotamento sanitário e água tratada são negligenciados gerando conflitos ambientais. O abastecimento de água é uma questão essencial para as populações, e fundamental na minimização de riscos que sua ausência ou seu fornecimento inadequado podem causar à saúde pública (OLIVEIRA, 2005). Dentro do escopo dos espaços desiguais nas metrópoles dos países em desenvolvimento, destacam-se três fatores que se consideram importantes indicadores para a avaliação das vulnerabilidades

socioambientais nas cidades: habitação, saneamento e doenças de veiculação hídrica, sendo este último um produto dos dois anteriores. (PASCOALINO *et al.*, 2009).

Desde 1970, que a temática “conflito ambiental” é tratada nos EUA. Inicialmente o foco foi à luta contra o racismo ambiental, a partir da presença de populações negras em regiões altamente poluídas levantando em conta sempre a questão da saúde (WING & WOLF, 2000). No Brasil, foi criada em setembro de 2001, a Rede Brasileira de Justiça Ambiental - RBJA, e as discussões centraram no fato do modelo de desenvolvimento dominante no Brasil destinar as maiores cargas de danos ambientais às populações socialmente mais vulneráveis. (PORTO *et al.*, 2009). No Fórum Social Mundial de Porto Alegre, em 2002, foi lançada uma declaração de princípios, dentre os quais o conceito de injustiça ambiental foi definido como “o mecanismo pelo qual sociedades desiguais, do ponto de vista econômico e social, destinam a maior carga dos danos ambientais do desenvolvimento às populações de baixa renda, aos grupos sociais discriminados, aos povos étnicos tradicionais, aos bairros operários, às populações marginalizadas e vulneráveis”. Já o conceito de justiça ambiental é entendido por um conjunto de princípios e práticas que asseguram que nenhum grupo social, seja ele étnico, de classe ou gênero, “suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, decisões de políticas e de programas federais, estaduais, locais, assim como da ausência ou omissão de tais políticas” (RBJA, 2012). Esses movimentos impulsionaram uma reflexão geral sobre as relações entre risco ambiental, pobreza e etnicidade (ACSELRAD, 2008).

Em relação a saneamento básico, os índices de atendimento dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil, estão ainda distantes da universalização. Persiste uma demanda não atendida, especialmente nos extratos sociais de mais baixa renda, nos menores municípios, nas pequenas localidades e na área rural. Pena *et al.* (1999) reforça esta hipótese quando em seu estudo constata que na distribuição de redes de esgoto e água tratada, apresentam sinais de iniquidade social, com os déficits de atendimento concentrados nos segmentos populacionais de mais baixa renda. Dos 9,4 milhões de domicílios com renda familiar mensal de até 2 salários-mínimos, apenas 5,4 milhões estão ligados às redes públicas de abastecimento de água, ou seja, 42,5% dos domicílios nesse segmento de renda não são atendidos. Esses domicílios não atendidos, representam 45% do total dos domicílios brasileiros não ligados às redes públicas de abastecimento de água. Nas áreas consideradas rurais, a disparidade é ainda maior, pois apenas 14,9% dos 3,5 milhões de domicílios com renda mensal até 2 salários-mínimos são atendidos, o que representa um déficit, nesse

segmento de renda, de cerca de 3,0 milhões de famílias (PENA *et al.*, 1999), conforme pode ser observado no quadro 7.

Quadro 7 : Déficit em abastecimento de água de famílias com renda de até 2 salários mínimos

	Total	Urbano	Rural
Nº domicílios	4,0 milhões	1,0 milhão	3,0 milhões
% s/ déficit	42,5	17,4	85,1

Fonte: PNAD/IBGE 1996 *apud* PENA 99

O estudo feito por Oliveira (2005), sobre análise do mapa de conflitos ambientais no estado do Rio de Janeiro, mostra que foram encontradas 60 casos de contaminação de corpos d'água em 28 municípios, caracterizados como conflitos ambientais, sendo Nova Iguaçu o município que registrou maior número de casos, e quanto ao acesso à água potável de qualidade foram relatados 11 casos em 09 municípios da serventia de água de má qualidade com riscos para saúde. De acordo com a OMS 2007, pelo menos 24% de todas as doenças e 23% das mortes prematuras em escala global, ocorrem em razão de fatores de risco ambiental que são modificáveis. Estes números, em nosso país, estão estimados em torno de 18%.

O déficit em saneamento caracteriza-se pelo baixo atendimento à população de mais baixa renda, principalmente nas regiões menos desenvolvidas, menores municípios e pelos baixos níveis de cobertura pelos serviços de esgotamento sanitário. Entretanto, a superação desse desafio é tarefa complexa, dado o nível de renda da população no qual se concentra a maior parte do déficit. No Brasil, em cerca de 9,4 milhões de famílias 23,6% do total, têm renda mensal inferior a 2 salários-mínimos, nas áreas urbanas cai para 18,2%, com cerca de 5,9 milhões de famílias com esse nível de rendimento, nas áreas rurais chega a 46,6%, ou seja, aproximadamente 3,5 milhões de famílias (PASCOALINO *et al.*, 2009), a universalização dos serviços de saneamento passa, necessariamente, pelo atendimento prioritário dessas demandas sociais que geram desigualdades ambientais e de saúde.

Outros dados caracterizam a injustiça ambiental em relação aos serviços de saneamento: foi identificado que os trabalhadores com acesso à coleta de esgoto, ganham salários, em média, 13,3% superiores aos daqueles que moram em locais sem coleta de esgoto. Essa diferença considera o efeito parcial do esgoto sobre a produtividade, já que o mesmo fica mais suscetível a riscos de contaminação (ALVES, 2007). Se for dado acesso à coleta de esgoto a um trabalhador sem esse serviço, espera-

se que a melhora geral de sua qualidade de vida possibilite uma produtividade 13,3% superior, possibilitando o crescimento de sua renda em igual proporção (FGV, 2010).

A ausência de serviços de água e esgoto apresenta ainda impacto na saúde da população, fortemente interrelacionada a injustiça ambiental. Entender os processos de adoecimento e o próprio sentido de saúde no contexto de conflitos permite resgatar o sentido da saúde coletiva no campo da saúde ambiental, no enfrentamento das desigualdades sociais e do papel histórico da saúde pública na construção de sociedades justas e democráticas (PORTO *et al.*, 2009). Morin (1987) *apud* Abrasco (2009) aponta que o ser humano é 100% natureza e 100% cultura. Esta formulação é de suma importância para a compreensão da relação da saúde com o contexto e as circunstâncias da vida humana. Conforme salienta o Ministério da Saúde (2006), apenas a percepção da severidade dos riscos inerentes às doenças de veiculação hídrica é que seria capaz de dimensionar a significância da emergência de determinadas ações em saneamento, mostrando que na realidade existe uma alocação imprópria de recursos, corroborando com a necessidade de maiores investimentos na criação de infraestruturas dos serviços de saúde aptas a atender a demanda, isso requer a participação de comunidades mais carentes e afastadas do poder municipal na gestão da cidade, a fim de buscar equidade das estruturas de saneamento.

Relativamente às localidades estudadas, o Quadro 8 e a Tabela 7 mostram que no Frade 54,1 % da população, no Óleo 52,0% e em Bicuda Grande 67,0 % ganham até dois salários mínimos, e os que ganham acima desse valor são parcelas pouco significativas da população rural residente, o que sugere que, em Macaé, na região serrana do município, existe relação entre deficiências no saneamento e injustiça ambiental.

Quadro 8 : Dados de renda mensal dos trabalhadores da região serrana de Macaé – 2006 a 2007.

Salário mínimo									
Localidades	Total	Até 1	De 1 a 2	De 2 a 3	De 3 a 4	De 4 a 5	De 5 a 10	De 10 a 20	S/ declaração
Bic.Grande	151	73	28	3	0	1	0	1	45
Frade	741	225	176	63	16	5	7	0	249
Óleo	511	109	157	26	24	18	5	5	167

Fonte: Pesquisa Domiciliar do Programa Macaé cidadão 2006 – 2007.

TABELA 7: Percentual da população com ganhos entre 1 e 2 salários.

Localidades	% da população com até 1 salário mínimo	% da população com até 2 salários mínimos
Bic. Grande	48,3	67,0
Frade	30,4	54,1
Óleo	21,3	52,0

Fonte: Patricia Toledo, 2012.

### 3.5.3 O abastecimento de água e sua importância na saúde pública

Os sistemas de abastecimento de água (SAA) são obras de engenharia que além de proporcionar conforto às populações visam prioritariamente minimizar os riscos à saúde, contudo, apenas seu funcionamento pode não ser suficiente para garantir a proteção à saúde, visto que, concomitantemente devem estar atrelados a eles sistemas de operação, controle e vigilância que permitem identificar possíveis ocorrências negativas e assim impedi-las. As enfermidades que podem ser transmitidas pela água pertencem ao grupo das doenças infecciosas e parasitárias – DIP, conforme classificação internacional de doenças – CID estabelecida pela OMS.

Os sistemas de abastecimento adequadamente montado e operado, tem um reflexo imediato na redução por serviços de saúde, conforme demonstrado por Martins (*et al.*, 2001) que avaliaram a redução orçamentária pela diminuição de gastos médicos, acrescidos das estimativas dos dias de trabalho e aula perdidos e perceberam que há redução de até US\$3,50 para cada dólar gasto com água e esgoto, o mesmo foi observado por PHELPS, 1944 *apud* BRAGA *et al.*, 2010) que o decréscimo das mortes ocasionadas por febre tifoide, em diferentes cidades dos Estados Unidos se deu após as instalações de tratamento de água de abastecimento. No Brasil, conforme dados do Anuário Estatístico de Saúde do Brasil (2011), considerando-se as causas de internação, o conjunto das doenças infecciosas e parasitárias registrou um total de 908.900 internações – sendo inferior apenas às internações referentes às enfermidades do aparelho respiratório e circulatório – o que desembolsou gastos de 230.341.074 milhões de reais equivalentes a 4,9% do valor total dos gastos pagos em hospitalizações pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

No gráfico 11 observa-se uma forte correlação negativa, entre o quantitativo de saneamento básico e a proporção de doenças gastrointestinais, como foi comprovado em estudo (FGV, 2010) onde identificou que nos municípios com maior acesso ao saneamento, é significativamente menor a incidência de infecções gastrintestinais, em especial entre as crianças e jovens até 14 anos. Infere-se, portanto, que se for dado acesso universal ao saneamento, deve haver uma melhora geral na qualidade de vida das pessoas.

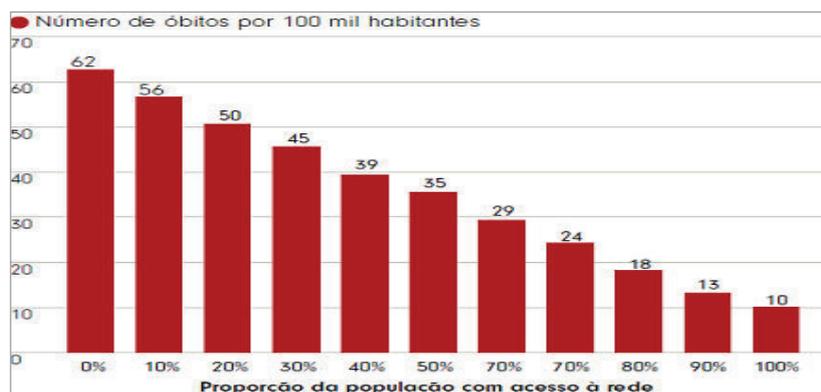


Gráfico 11: Número de óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas segundo a proporção da população com acesso a esgoto.

Fonte: FGV, 2010

No Brasil, ainda são verificados elevados índices de internações hospitalares decorrentes de doenças de veiculação hídrica. Embora 81,1% da população urbana e rural sejam atendidas pelos serviços de abastecimento de água, persistem problemas importantes a resolver (SNIS, 2010) o que de alguma forma caracteriza que só a existência do serviço de abastecimento não é suficiente, mas concomitante a ele são necessários a vigilância e o monitoramento da qualidade da água.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS mostra que houve um avanço do investimento nos últimos cinco anos em saneamento básico o que melhorou os índices de atendimento da população nos serviços de água e esgoto, outro fator importante foi que, a partir de 2007, o Brasil passou finalmente a dispor de um marco regulatório para o setor, com a lei 11.445/07, ou Lei do Saneamento (BRASIL, 2007). A relevância e a importância desse novo instrumento merecem destaque no que diz respeito ao estabelecimento de regras claras, relacionadas principalmente aos aspectos: planejamento, regulação, fiscalização, controle social e prestação regionalizada (gestão associada) (JUNIOR *et al.*, 2007). Com esse novo instrumento, muitas dificuldades para os investimentos no setor foram superadas, mas o déficit ainda é bastante elevado e a distância para a universalização dos serviços se deu de forma desigual entre as regiões do país, (FGV, 2010). O estudo feito pelo IPEA (2010)

demonstra que, de acordo com os dados oficiais, metade da população brasileira está, ainda hoje, submetida ao impacto do saneamento básico inadequado e de doenças a ele relacionadas.

Em maio do ano corrente, o município de Mangaratiba no estado do Rio de Janeiro, declarou estado de emergência no primeiro distrito do município, após constatar um surto epidêmico de hepatite A. Segundo o então Secretário Municipal de Saúde, 120 casos da doença foram notificados, sendo que 40 deram resultados positivos para hepatite. A localidade recebe água tratada por uma companhia de abastecimento, que informou que técnicos foram ao local e constataram que a água fornecida encontrava-se dentro dos parâmetros de cloração e potabilidade estabelecidos pelas normas brasileiras. Destacamos que o fato da empresa produtora da água potável, também ser fiscalizador de seus atos, pode implicar em ausência ou em inadequação dos serviços de saneamento, constituindo riscos à saúde pública.

Nas localidades em estudo, segundo demonstra o Quadro 9, elaborado pela Secretaria Municipal de Saúde (Divisão de Informação e Análises de Dados), observa-se que, a partir de 2010 houve uma diminuição nos agravos relacionados a doenças de veiculação hídrica na região serrana do município, fato que coincide com a atuação diária do monitoramento e controle de qualidade da água na região serrana, implantado no mesmo ano pela ESANE.

Quadro 9 : Distribuição dos agravos de doenças de veiculação hídrica em residentes das localidades Bicuda Grande, Frade e Óleo

		ANOS					
Localidades	Agravo	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Bic.Grande	Diarréia	1	3	6	2	0	12
Frade	Diarréia	35	26	90	20	0	171
	Hepatite A	0	6	1	0	0	7
Óleo	Diarréia	1	6	4	0	0	11

Fonte: SINAN/ Divisão de informação e análise de dados Macaé, 2012.

Ao buscar por informações sobre o controle de qualidade da água na região serrana anteriormente a 2010, foram encontrados resultados de análise de algumas amostra feitas em laboratórios tercerizados, com periodicidade mensal. A partir de 2010, a gestão municipal criou o Setor de Controle de Qualidade, que passou a coleta e a análise de água para dias alternados, favorecendo assim práticas consistentes de monitoramento, que possibilitam avaliar a qualidade da água servida e promover as intervenções, quando necessário. Como exemplo podem ser citadas as solicitações

imediatas de procedimentos de manutenção, bem como otimização da operação e implantação de medidas corretivas, quando os parâmetros analisados se encontravam fora dos valores de referência. Outro fator que pode ter contribuído para melhora, foi a efetivação da colocação das pastilhas de cloro ( produto químico utilizado para a desinfecção) bem como sua medição três vezes ao dia evitando valores muito alterados ou reduzidos.

### 3.5.4 Responsabilidade / informação do monitoramento e controle de qualidade

O abastecimento público de água apresenta-se como instrumento importante no que tange aos aspectos sanitário, sociais e econômicos (BARROS, 1995).

A vigilância sanitária da água é atribuição inalienável dos ministérios de saúde ou por delegação das secretarias estaduais de saúde, porém o controle não feito adequadamente acarreta uma elevada insegurança com relação a sua potabilidade, já que cabe ao próprio produtor de água potável a competência legal, para que ele exerça a vigilância sanitária da água que produz (BERNARDO, 2005). Porém pesquisas realizadas utilizando dados provenientes de informações das próprias concessionárias dos serviços podem conduzir a inconsistências (HELLER *et al.*, 1997). Outro fator de insegurança é a utilização rotineira dos indicadores para avaliação microbiológica da água como as bactérias do grupo coliformes, cuja ausência não garante que a água esteja livre de microorganismo patogênicos, já que os vírus e cistos de protozoários são mais resistentes que os próprios organismos indicadores (MS, 2006). Justifica-se assim, a necessidade de se ter um olhar contínuo e permanente para água servida.

No ano de 1997, foi criado o sistema de informação de vigilância da qualidade da água para consumo humano (SISAGUA), que foi estruturado visando sistematizar informações sobre o fornecimento e a qualidade da água para consumo humano, em âmbito nacional, dando suporte às ações de vigilância da qualidade da água (MS, 2007). Qualquer empresa que preste serviço de fornecimento de água potável, deve se responsabilizar pelo seu processo desde a captação, tratamento, distribuição e monitoramento, bem como, seguir as orientações propostas por lei para manterem as autoridades e os contribuintes informados a respeito da qualidade da água servida.

Da legislação pertinente, podem se destacar a Portaria MS 2914/11 (que regula o tipo e frequência dos relatórios a serem encaminhados aos órgãos de controle) e o Decreto nº5.440/05 que estabelece as regras de veiculação das informações ao

consumidor, de forma a possibilitar um maior controle social sobre a qualidade dos serviços prestados à população (BRASIL, 2011; BRASIL, 2005).

Atualmente na cidade de Macaé, existem duas empresas que cuidam da gestão do fornecimento da água potável (excetuando-se as de distribuição alternativas não mencionadas): uma no âmbito estadual, a Companhia Estadual de Água e Esgoto - CEDAE, que gerencia o abastecimento e o controle de qualidade da água fornecida na sede do município; e a outra a âmbito municipal, a ESANE, que gerencia e monitora a distribuição da água na região serrana do município. Ambas seguem os princípios norteadores desses dois instrumentos de lei.

O monitoramento das saídas e das redes de distribuição é realizado em consonância com o plano amostral, de acordo com o tamanho da população abastecida, e seguindo o preconizado para o envio dos relatórios mensais para a Secretária de Saúde do Estado e do Município. Uma vez que na região serrana o tratamento e o fornecimento de água não são tarifados, as informações necessárias estão sendo compiladas e serão publicadas em jornal de grande circulação.

O controle da qualidade da água juntamente com o sistema de informação pode contribuir para a minimização da injustiça ambiental, uma vez que, a partir das análises feitas podem ser traçados metas para diminuição dos riscos à saúde e a publicação das análises, alertam a população e órgãos competentes a respeito das condições dos sistemas instaurados de forma que motive políticas públicas a promoverem mudança quando estas forem necessárias.

### **3.6 CONCLUSÃO**

As análises demonstraram que no geral a águas dos mananciais utilizados para abastecimento das localidades em estudo, são de boa qualidade, contudo, ainda são encontradas alterações importantes na água servida. A contaminação da água pode ocorrer em função da poluição à montante das captações, visto que em Bicuda e Frade, em algumas amostras foram encontrados valores elevados de DBO que são provocados

por despejos de origem predominante orgânica, e no Óleo também encontrado elevado valor para o parâmetro resíduo total, cuja fonte se dá pela descarga de efluentes ricos em matéria orgânica. Outro fator associado é que nem sempre são utilizados procedimentos necessários de tratamento para se atingir os padrões de potabilidade exigidos.

Nas saídas do tratamento observamos que o cloro se manteve dentro dos padrões recomendado pela portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, todavia não foi suficiente para inibir a presença de coliformes o que deve ser interpretado como um grave problema e sua causa devem ser investigados. Todavia, conforme dados da Secretaria de Saúde, houve uma melhora nos índices de doenças de veiculação hídrica, posteriormente à implantação do sistema de vigilância e monitoramento da qualidade da água, supondo assim, que anteriormente, pela falta de acompanhamento das análises, as medidas corretivas que buscam a melhoria da qualidade da água não eram tomadas, favorecendo o aparecimento de doenças, ratificando a importância do monitoramento.

Ao analisar o entorno dos mananciais, observa-se que a localidade Bicuda Grande apresenta aglomerado urbano menor do que as demais localidades, e que o manancial no ponto onde ocorre a captação encontra-se com mata ciliar em bom estado de conservação. Já os corpos hídricos das localidades de Óleo e Frade, além de mata ciliar espaçada, ainda apresentam pastagens em suas margens, o que favorece alteração da qualidade da água por contaminação difusa. Desta forma torna-se necessário e urgente o planejamento territorial da bacia hidrográfica como um todo, uma vez que o volume e a qualidade da água dependem de seus tributários.

A despeito da relação entre saneamento básico e injustiça ambiental, esse artigo demonstrou que cerca de 50 a 60% dos moradores da região serrana de Macaé ganham até dois salários mínimos, evidenciando também que existe uma ineficiência no tratamento da água servida. Contudo, este ensaio não é suficiente para afirmar as causas da ocorrência de injustiça ambiental nessas localidades, já que foi apresentada apenas uma situação-problema, a qual pode estar relacionada à omissão, descaso ou inépcia do poder público.

O fato da utilização da água nas localidades estudadas não ser tarifada, aliado ao fato de que grande parte da população estudada possui alta vulnerabilidade ambiental, não deve incorrer em sinônimo de sistemas de tratamento ineficientes, pois a distinção entre os valores mercantis e os valores de uso da água enquanto substância necessária à vida (FRACALANZA, 2005) deve ser levada em conta. Fazem-se, portanto necessárias políticas públicas de vigilância ambiental e continuidade no monitoramento, de forma a garantir uma água de boa qualidade.

Para atingir uma boa qualidade da água servida é necessário um monitoramento não apenas das saídas de tratamento e das redes de distribuição, mas também do manancial utilizado, de forma a identificar os principais níveis de degradação (ausência de matas ciliares, poluição pontual ou difusa, etc.). O monitoramento é essencial para qualquer planejamento sobre qualidade da água dos recursos hídricos, visto que a partir dele é que será definido seu tipo de uso, e também ações necessárias para sua preservação, todavia, observa-se que a coleta de dados está concentrada em entidades federais com atribuições que envolvem um território muito extenso e assim focam na maioria das vezes apenas nas calhas principais das bacias hidrográficas e seus afluentes principais.

Ao buscar dados sobre os mananciais estudados, tanto nível Federal, Estadual e Municipal nada foi encontrado, mesmo sendo estes de suma importância para as comunidades locais, o que demonstra que as bacias de pequeno porte, essenciais para o gerenciamento de demandas como abastecimento de água, irrigação, conservação ambiental, etc., praticamente não são conhecidas, por vezes desaparecendo sem ao mesmo serem contempladas.

Pode-se concluir que a maioria das variáveis estudadas estão dentro das condições de normalidade estabelecidas pela resolução do CONAMA 357/05, para águas Classe 2; Observa-se então, que o tipo de tratamento empregado nas localidades em estudo ( apenas desinfecção) não estão de acordo com o preconizado para esta classe que segundo CONAMA deveria ser tratamento convencional. Também não foi observado nenhum local eutrofizado, ou seja, com níveis de nutrientes muito elevados.

Este estudo aponta para a necessidade de classificação dos corpos hídricos utilizados para abastecimento público na região serrana de Macaé, seguindo a metodologia proposta pela CONAMA 357 de forma a recomendar estratégias de adequação dos sistemas de tratamento hoje implementados contribuindo para o tratamento e distribuição de uma água com melhor qualidade e sem riscos à saúde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, Henri. *Ambientalização das lutas sociais – o caso do movimento por justiça ambiental*, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 14 de mar de 2012.

ALVES, H.P.F. “Desigualdade ambiental no município de São Paulo: análise da exposição diferenciada de grupos sociais a situações de risco ambiental através do uso de metodologias de geoprocessamento. 2007. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, São Paulo, v. 24, n.2.jul./dez. 2007.

APLINO, Oliveira Suelen. *Compartimentação Topográfica do Alto Curso da Bacia do Rio Macaé: Subsídio ao entendimento da Relação Relevo – Recursos Hídricos*, Universidade Estadual de Viçosa, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SAÚDE COLETIVA – ABRASCO. Caderno de texto da 1ª Conferência Nacional de Saúde e Ambiente, 2009. Disponível em: [www.saude.mt.gov.br](http://www.saude.mt.gov.br). Acesso 18 de abr 2012.

BANCO DE DADOS DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS), 2010. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 18 de mar 2012.

BARROS, Wellington Pacheco. *A água na visão do direito*. Porto Alegre : Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, Departamento de Artes Gráficas, 2005. Disponível em: [www.tribunaldejustisars.org.br](http://www.tribunaldejustisars.org.br). Acesso em :19 de jun 2011.

BERNARDO. Luiz Di. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Parte 2 – Tecnologia de Tratamento. 2ª Ed. RIMA. 2005.

BONNET, Barbara Rocha Pinto; FERREIRA, Laerte Guimarães; LOBO, Fabio Carneiro. *Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica*. Rev. *Árvore* vol.32 no. 2 Viçosa Mar./Apr. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/>, acesso em: 13 de jan 2012.

BRAGA, Benedito; LANNA, Antônio Eduardo. *A reforma institucional do Setor de Recursos Hídricos no Brasil*. Águas doces do Brasil. 2ª Ed. São Paulo.2010.

BRASIL. Decreto n.º 5.440, de 4 de maio de 2005. *Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano*. Diário Oficial da União, Brasília, 5 maio 2005.

BRASIL. Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007. *Dispõe sobre diretrizes nacionais para saneamento básico*. Publicada: DOU 08/01/2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Brasília, 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de vigilância em saúde. *Boas Práticas no abastecimento de água: Procedimentos para minimização de riscos à saúde*, 2006. Série normas e manuais técnicos. Disponível em:  
<http://portal.saude.gov.br>. Acesso em: 25 de junho 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de vigilância em saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*, 2006. Disponível em:  
<http://portal.saude.gov.br>. Acesso em: 25 de junho 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de vigilância em saúde. *Boas Práticas no abastecimento de água: Procedimentos para minimização de riscos à saúde*, 2006. Série normas e manuais técnicos. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br>. Acesso em: 25 de junho 2012

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 357 de 17 de março de 2005: *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento*.

CETESB – Companhia ambiental do estado de São Paulo. *Relatório da qualidade das águas superficiais de São Paulo*. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em 17 de Nov 2010.

DOMINGOS, Elida Quitete. *Gerenciamento de Resíduos Associado à Gestão de Recursos Hídricos: Levantamento de Indicadores de Saneamento Ambiental para um Bairro no Município de Conceição de Macabú* – RJ. 2008. Dissertação Mestrado em Engenharia Ambiental – Instituto Federal Fluminense, Macaé.

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 2010.

FRACALANZA, Ana Paula. *Vulnerabilidade social e injustiça ambiental no saneamento ambiental na região metropolitana de São Paulo*. 2005. Disponível em: <http://www.ica.usp.br>. Acesso em: 21 de maio de 2012.

FREITAS, V. P. S. et al. *Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas*. Rev. Inst. Adolfo Lutz, v. 61, 2002.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). *Estudo Trata Brasil: Esgotamento sanitário inadequado e impactos na saúde da população*, 2010. Disponível em: [www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br). Acesso em 26 de out 2012.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). *Estudo Trata Brasil: Desafios do saneamento na Região metropolitana do Rio de Janeiro, 2011*. Disponível em: [www.tratabrasil.org.br](http://www.tratabrasil.org.br). Acesso em 26 de out 2012.

GERMANO, P.M.L. *Água um problema de segurança nacional*. 2001. Revista Bahia de saúde pública, vol33, nº02. Disponível em: <[www.saude.ba.gov.br/rbsp/](http://www.saude.ba.gov.br/rbsp/)>. Acesso em: 04 de jun 2011

GRASSI, Luiz Antonio Timm. *Direito à água*. Porto Alegre, 1994. Seção Câmara Técnica de Recursos Hídricos. Disponível em [www.abes-rs.org.br/rechid/direito-a-agua.htm](http://www.abes-rs.org.br/rechid/direito-a-agua.htm). Acesso em: 17 de jun 2011.

HELLER, Leo. ARAÚJO, Silvia Fernandes. *Estatísticas sobre cobertura populacional por Serviços de saneamento no Brasil: uma leitura Crítica*, 1997. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org>. Acesso em 23 de Nov de 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Brasil em Desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas*, 2010. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br). Acesso em 27 de fev de 2012.

INSTITUTO RASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISTICA – IBGE. Anuário estatístico do Brasil 2011. Disponível em: [biblioteca.ibge.gov.br](http://biblioteca.ibge.gov.br). Acesso 16 set 2012.

JUNIOR, Alceu de Castro; BERTOCCO, Karla; CORNELLI, Paulo Ruy; LIMA, Carlos Henrique. *Lei Nacional de Saneamento*. Revista Saneas. Ano IX,nº 26, julho 2007. Disponível em: <http://www.aesabesp.org.br>. Acesso em 23 de janeiro 2012.

JUSTO. Manoel Carlos Duarte de Mello. *Financiamento do saneamento básico no Brasil- uma análise comparativa da gestão pública e privada*. Dissertação de mestrado em desenvolvimento econômico ambiental, 2004.UNICAMP.Sp

LANDIM, P. M. B. *Análises estatísticas de dados geológicos multivariados*. Laboratório de Geomática IGCE/UNESP, Rio Claro, Publicação Didática Nº 5, 1997

MARTINS, A, S. *Avaliação das águas superficiais sob uso e ocupação na sub - bacia do rio candeias/ro-Amazônia ocidental*. 2009. Tese mestrado da Universidade Federal de Rondônia. Disponível em : <http://www.rioterra.org.br>. Acesso em 23 de outubro 2012.

MARTINS, E. *Contabilidade de custos*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2001.Disponível em: <http://bibliotecanet.sociesc.org.br>. Acesso em 03 de fev 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. *Plano Nacional de Recursos Hídricos(PNRH), panorama e estado dos recursos hídricos no Brasil*.2006. Vol 3 Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília:, 2006

OLIVEIRA, Sonia. *Conflitos ambientais e saneamento básico no estado do Rio de Janeiro*, 2005. Disponível em: <http://www.forumrio.uerj.br>. Acesso em: 19 de mar 2012.

ORGANIZAÇÃO PAN – AMERICANA DE SAÚDE – OPAS . *Informe regional sobre a avaliação 2000 na Região das Américas: Água potável e saneamento*, 2001. Disponível em : <http://www.bvsde.ops-oms.org>. Acesso em: 29 de fev 2012.

- PASCOALINO, Aline; ALMEIDA, Lutiane Queiroz; MORAES, Felipe Silveira. *Vulnerabilidade socioambiental e mortalidade por doenças de veiculação hídrica nas metrópoles brasileiras, 2009*. Disponível em: [egal2009.easypanners.info-area07-7550](http://egal2009.easypanners.info-area07-7550). Acesso em: 18 de abr 2012.
- PEIXINHO, F.C. & LEAL, M.S. *A Atuação no Campo dos Recursos Hídricos perante a Agenda 21*. A Água em Revista, Minas Gerais, Suplemento das águas, Agenda 21 - Capítulo 18, p 3-13, maio. 1996.
- PENA, Dilma Seli; ABICALIL Marcos Thadeu. *Saneamento: Os Desafios do Setor e a Política Nacional de Saneamento*, 1999. Disponível em: [www.ipea.gov.br](http://www.ipea.gov.br). Acesso em 21 de abr 2012.
- PIMENTEL, M. F. *Análise Estatística de Dados do Monitoramento da Qualidade das Águas do Rio Ipojuca e do Reservatório Tapacurá*. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II. Recife, julho de 2003. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/estatistica.pdf>. Acessado em: Outubro, 2012.
- PINHEIRO, M.R.C. *Avaliação da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé e aplicação do índice de qualidade de água*. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Macaé, 2008.
- PINHO, Acácia Gomes. *Estudo da qualidade das águas do Rio Cachoeira-região sul da Bahia*, 2001. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2001.
- PORTO, Marcelo Firpo; PACHECO, Tânia. *Conflitos e injustiça ambiental em saúde no Brasil*, 2009. Disponível em [racismoambiental.net.br](http://racismoambiental.net.br). Acesso em 11 de mar 2012.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ – Programa Macaé Cidadão. *Pesquisa domiciliar 2006 e 2007*.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ. SINAN/ Divisão de informação e análise de dados, 2012.

REDE BRASILEIRA DE JUSTIÇA AMBIENTAL- RBJA. *Histórico da justiça ambiental*, 2002. Disponível em: < [www.justicaambiental.org.br](http://www.justicaambiental.org.br)>. Acesso em 28 de set 2012.

SILVA, L. M. et al. *Monitoramento sistemático de cloro residual livre na rede de abastecimento de água do município de Vitória-ES: sistema de vigilância para prevenção de danos à saúde*. In: *Sigas*. Santo Amaro: São Paulo, 2005.

STRUJAK, Danieli; VIDAL, Carlos Magno de Souza. *Poluição das águas - revisão da literatura*. Revista Eletrônica Lato Sensu – Ano 2, nº1, julho de 2007. Disponível em <: <http://www.unicentro.br>>. Engenharia. Acesso em 08 de mar 2011.

TOLEDO, Luís Gonzaga ; NICOLELLA, Gilberto. *Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano*. Scientia Agricola, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002. Disponível em <<http://www.scielo.br/>>, acesso em: 1º nov 2011.

TOMINAGA, M. Y. & MIDIO, A., 1999. *Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada*. Revista de Saúde Pública, vol.33 n.4 São Paulo Aug. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 24 de fev de 2012.

TOMINAGA, Maria; MIDIO, Antônio. *Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada*. Revista de saúde pública, vol 33 nº4. São Paulo 1999. Disponível em: <[www.scielo.com.br](http://www.scielo.com.br)>. Acesso em 18 de mar 2011.

## ANEXOS

<b>Tabela de análises Bicuda Grande</b>			
Parâmetros	Meses	Entrada	Saída
Turb.	Nov	1,85	1,5
pH		7,16	7,0
Cor		21,4	10,1
Cloro		-----	1,8
Coli total		>2419,14	07
Coli Term		34,5	01
Turb.	Dez	0,73	1,5
pH.		7,20	6,8
Cor		9,10	7,2
Cloro		-----	02
Coli total		>2419,14	04
Coli Term		191,8	00
Turb.	Jan	0,74	1,23
pH.		7,03	6,6
Cor		8,3	11,8
Cloro		-----	2,3
Coli total		>2419,14	06
Coli Term		4,1	00
Turb.	Fev	1,08	1,5
pH.		8,04	7,2
Cor		17,3	13,1
Cloro		-----	2,9
Coli total		17,8	05
Coli Term		88,4	00
Turb.	Mar	0,56	2,8
pH.		8,0	7,2
Cor		8,2	11,8
Cloro		-----	2,4
Coli total		691,0	06
Coli Term		2,0	00
Turb.	Abr	0,4	2,2
pH.		5,7	6,5
Cor		5,0	6,3
Cloro		0,0	2,3
Coli total		>2419,0	07
Coli Term		6,2	01

Tabela de análises Óleo			
Parâmetros	Meses	Entrada	Saída
Turb.	Nov	0,89	0,6
pH		7,2	6,2
Cor		5,2	3,9
Cloro		-----	1,7
Coli total		>2419,0	06
Coli Term		16,1	00
Turb.	Dez	2,2	1,9
pH.		7,2	7,2
Cor		7,2	4,8
Cloro		-----	1,5
Coli total		>2419,0	05
Coli Term		27,5	00
Turb.	Jan	1,17	7,6
pH.		7,2	7,4
Cor		13,1	10,6
Cloro		-----	1,2
Coli total		>2419,0	06
Coli Term		95,8	01
Turb.	Fev	1,1	1,4
pH.		7,6	7,7
Cor		7,3	8,7
Cloro		-----	1,1
Coli total		>2419,0	05
Coli Term		248,1	01
Turb.	Mar	0,61	1,4
pH.		7,7	7,4
Cor		11	9,8
Cloro		-----	1,6
Coli total		>2419,0	05
Coli Term		35,0	01
Turb.	Abr	0,7	0,5
pH.		7,9	7,2
Cor		7,3	6,0
Cloro		-----	1,3
Coli total		>2419,0	04
Coli Term		410,6	00

<b>Tabela de análises Frade</b>			
Parâmetros	Meses	Entrada	Saída
Turb.	Nov	1,94	1,2
pH		7,3	7,1
Cor		6,4	5,6
Cloro		-----	1,0
Coli total		>2419,0	04
Coli Term		104,3	00
Turb.	Dez	3,2	2,7
pH.		7,3	7,2
Cor		16,7	8,4
Cloro		-----	1,1
Coli total		>2419,0	03
Coli Term		178,2	00
Turb.	Jan	5,0	4,0
pH.		8,2	7,4
Cor		24,6	12,2
Cloro		-----	1,2
Coli total		>2419,0	05
Coli Term		1299,7	00
Turb.	Fev	1,8	2,8
pH.		7,7	7,4
Cor		18,3	9,4
Cloro		0,0	1,1
Coli total		>2419,0	03
Coli Term		186	01
Turb.	Mar	0,98	2,4
pH.		6,8	7,3
Cor		12,5	7,1
Cloro		-----	0,9
Coli total		>2419,0	07
Coli Term		116,0	00
Turb.	Abr	0,5	1,0
pH.		7,5	7,6
Cor		7,7	8,5
Cloro		-----	1,7
Coli total		579,4	03
Coli Term		35	00

