



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v13n12019p43-67

Submetido em: 12 jun. 2018

Aceito em: 22 fev. 2019

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea

Mestranda em Engenharia Ambiental no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus Macaé/RJ* – Brasil. E-mail: patitoledo@gmail.com.

Maria Inês Paes Ferreira  <https://orcid.org/0000-0002-6865-0929>

Doutorado em Ciência e Tecnologia de Polímeros pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Pós-doutorado em Gestão Integrada dos Recursos Naturais pelo Instituto de Pesquisa da Reserva da Biosfera Mount Arrowsmith da Vancouver Island University. Docente no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus Macaé/RJ* – Brasil. E-mail: ines_paes@yahoo.com.br.

Associada ao aumento da poluição dos corpos hídricos, a crescente demanda por água coloca em risco a saúde de seus usuários. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 80% das doenças provêm de água contaminada. Na região serrana do município de Macaé, em 2002, houve ocorrência de doenças de veiculação hídrica (hepatite). Assim, neste trabalho são avaliadas as técnicas de tratamentos da água empregadas e a qualidade da água captada e distribuída para abastecimento público das regiões Bicuda Grande, Óleo e Frade, que possuem sistemas de tratamento simplificado, com vistas a propor alternativas que minimizem os riscos à saúde da população.

Palavras-chave: Poluição hídrica. Doenças de veiculação hídrica. Abastecimento de água.

Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.



Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

.....

Evaluation of the Efficiency of Simplified Water Treatment Units in the Mountainous Region of the Municipality of Macaé

Associated with the increase of pollution on water bodies, the rising demand for water put the users' health at risk. According to the World Health Organization, 80% of the diseases come from contaminate water. In the mountainous region of municipality of Macaé, in 2002, there were incident of waterborne diseases (hepatitis). Therefore, this paper evaluates the methods applied for water treatment and the quality of collected and distributed water for public supply in the regions of Bicuda Grande, Óleo and Frade, which possesses simplified treatment systems, aiming to propose alternatives that minimize the risks to the population's health.

Keywords: Water pollution. Waterborne diseases. Water supply.

Evaluación de la Eficiencia de las Unidades de Tratamiento Simplificado de Agua en la región montañosa del municipio de Macaé

Asociada al aumento de la contaminación en los cuerpos de agua, la creciente demanda de agua pone en riesgo la salud de los usuarios. Según la Organización Mundial de la Salud, el 80% de las enfermedades provienen de aguas contaminadas. En la región montañosa del municipio de Macaé, en 2002, hubo un incidente de enfermedades transmitidas por el agua (hepatitis). Por lo tanto, este documento evalúa los métodos aplicados para el tratamiento del agua y la calidad del agua recolectada y distribuida para el suministro público en las regiones de Bicuda Grande, Óleo y Frade, que poseen sistemas de tratamiento simplificado, con el objetivo de proponer alternativas que minimicen los riesgos para la salud de la población.

Palabras clave: Contaminación del agua. Enfermedades de transmisión por agua. Suministro de agua.



1 Introdução

Por muitos anos considerou-se a água como um recurso natural renovável, sendo conseqüentemente percebido como infinito, fato que dificulta a sua conservação. Além do mais, o crescimento da população não leva em conta critérios relacionados com a disponibilidade de água e com a sua qualidade. Desse modo, 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 o 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 públicos, 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 uma explosão 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.

Por sua grande capacidade de dissolver um número elevado de substâncias, a água é denominada "solvente universal" (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 da água é definida por sua composição química, física e bacteriológica, e suas características desejáveis dependem de sua utilização. Para o consumo humano, é necessário que a água apresente um menor quantitativo de impureza, isto é, esteja 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) dando 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

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

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, as emissões 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 sub-bacias, 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, entre 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 relacionado à poluição, à contaminação e à 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 filtragem da água (SILVA, 2006). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação comparativa entre três das nove unidades de tratamento simplificadas que se encontram em operação na região serrana de Macaé, levando em conta a ocupação das sub-bacias e a eficiência dos sistemas de tratamentos.

O abastecimento público na região serrana de Macaé teve início a partir da ação de alguns moradores, que construíram unidades de tratamento simplificadas, posteriormente passadas para autarquias municipais, entre elas a EMHUSA (Empresa Municipal de Habitação, Urbanismo e Saneamento) e, atualmente, a SEMASA (Secretaria Adjunta de Saneamento), que assumiu essa responsabilidade imposta pela 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



Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patricia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

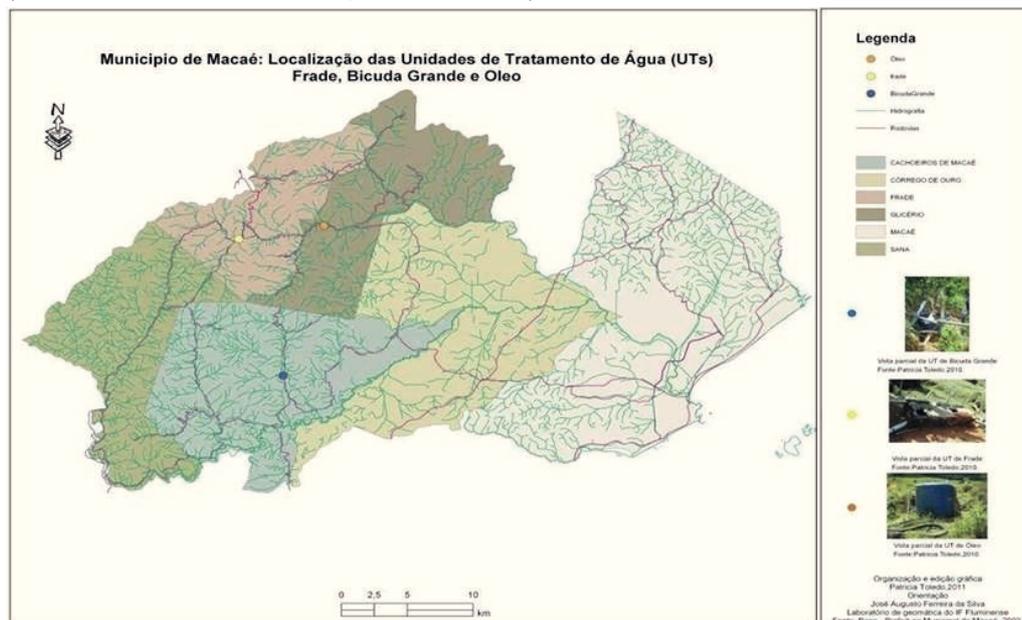
de patrimônio histórico e nem na câmara municipal de vereadores, foram encontrados dados a respeito desse assunto. A empresa hoje atuante vem buscando, junto aos órgãos competentes, a outorga para utilização desses mananciais, que, por assim dizer, não estão representados em nenhum documento, nem da prefeitura e nem na carta de recursos hídricos do IBGE.

2 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 SEMASA – Secretaria Adjunta de Saneamento. Para avaliar a qualidade da água nos mananciais das localidades Bicuda Grande, Óleo e Frade, localizadas nos distritos de Cachoeiro de Macaé, Glicério e Frade, respectivamente (Figura 1), foram realizadas seis campanhas de coletas da água bruta nos três mananciais a montante da captação, e 42 coletas da água após tratamento, sendo sete 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 realizada 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 1. Localidades estudadas da Estação de Tratamento da Bicuda Grande, Óleo e Frade (distritos de Cachoeiro de Macaé, Glicério e Frade)



Fonte: elaboração própria

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

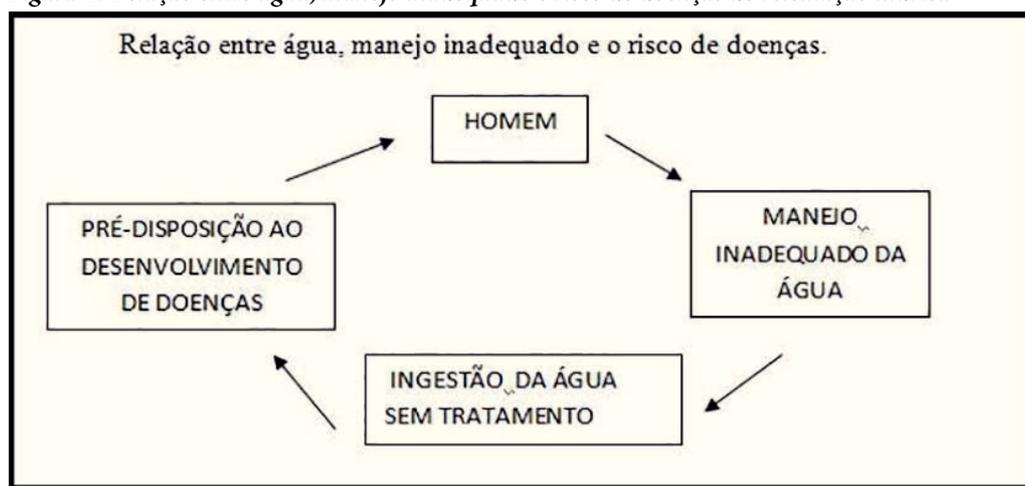
Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

3 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 do risco de não se 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, gasta-se entre R\$ 2,00 para o tratamento de água de baixíssima contaminação e 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 nº 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 às necessidades e dependência do homem para com ela, impactos associados ao seu manejo inadequado acabam-se refletindo 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 às questões de saúde pública. Tal relação está representada na Figura 2.

Figura 2. Relação entre água, manejo inadequado e 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 relacionadas 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

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

o “Terceiro Fórum Mundial sobre a Água” (ocorrido no ano de 2003 em Kioto, Japão), “mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo não têm acesso à água potável”. Mais que 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 de condições péssimas de qualidade (Figuras 3a e 3b).

Figura 3a. Mapa do estudo “Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2009”



Fonte: ANA (2010)

Figura 3b. Situação dos corpos hídricos no Brasil em 2008. Índice da qualidade da água (IQA).



Fonte: ANA (2010)

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Na região serrana de Macaé, são captadas águas de dez mananciais superficiais, e as técnicas empregadas são tratamento completo nas duas ETAs (estação de tratamento de água) e tratamento simplificado nas oito unidades de tratamento, entre as quais três utilizam filtros de cascalho e pedra, e 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 a secretaria de saúde do estado e do município.

A localidade de Bicuda Grande, com população de 405 pessoas em 2006 (MACAÉ CIDADÃO, 2007), apresentou cerca de 785 habitantes em 2010, segundo dados da AMPLA do mesmo ano. Em se tratando de abastecimento, a água é captada de manancial superficial, o qual surge da junção de dois rios menores, o rio Duas Barras e o córrego da Serra Escura, sendo sua foz no Córrego Danta. Do manancial são retirados seis litros por segundo, quantidade que abastece 55 economias. Nessa localidade, nem todas as residências possuem ligação com a rede de distribuição de água tratada, uma vez que rejeitam a utilização do cloro como agente desinfectante. O sistema de tratamento utilizado é do tipo unidade de tratamento simplificado, sendo feita uma barragem de nível para garantir um nível mínimo de água, dotada de descarga de fundo para remoção de sólido naturalmente decantado. Após a barragem, a água é levada através de adutora de PVC até uma caixa de 500 L, onde recebe cloro, e, dessa caixa, vai direto para a rede de distribuição. As Fotos 1a e 1b demonstram, respectivamente, a barragem de nível, o clorador e a caixa de distribuição.

Foto 1a. Barragem - Bicuda 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 (MACAÉ, 2010). A captação é feita de um manancial superficial chamado Córrego do Buião, cuja vazão de retirada é de 6 L/s e abastece 438 economias. O manancial se encontra com áreas bem preservadas de mata ciliar e sem pastagem aparente próxima à captação. Possui unidade simplificada de tratamento, sem barragens. A água é captada diretamente do córrego e levada para a caixa de 5.000 L, onde recebe cloro (Foto 2).

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Foto 2. Reservatório de cloração e distribuição



Fonte: Patrícia Toledo (2010)

Na localidade Frade, o córrego de captação chama-se Buracada. Subafluente na margem direita do Rio São Pedro, esse 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. Segundo a CONAMA 357/05 em seu artigo 38 inciso 6º, os corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento e as atividades a montante preservarão obrigatoriamente as condições de consumo. A vazão de retirada desse manancial é de 10 L/s e abastece, entre residenciais, comércios e outros, 851 economias. O sistema de tratamento também é simplificado, apresentando barragem de nível para garantir um nível mínimo de água, e dotado de descarga de fundo para remoção de sólido naturalmente decantado. Após a barragem, a água é conduzida a 100m por uma adutora de PVC até a caixa de 5000L, onde recebe cloro e é distribuída para a comunidade. Nas fotos 3a, 3b e 3c, podem ser visualizados o manancial de captação, a barragem de nível e o reservatório de distribuição.

Foto 3a. Manancial de captação



Fonte: Patrícia Toledo (2010)

Foto 3b. Barragem



Fonte: Patrícia Toledo (2010)

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

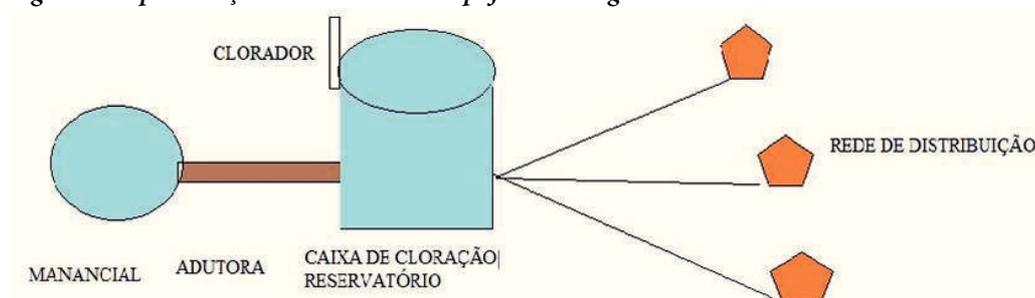
Foto 3c. Reservatório de cloração e distribuição



Fonte: Patrícia Toledo (2010)

As três unidades de tratamento avaliadas apresentam o mesmo processo de purificação da água, o qual é efetuado em três etapas: captação; desinfecção e distribuição (Figura 4).

Figura 4. Representação do tratamento simplificado da água



Fonte: elaboração própria

A classificação dos recursos hídricos quanto aos usos preponderantes e à 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, dividem-se em quatro classes (BRASIL, 2005). No Quadro 1, serão consideradas aquelas para consumo humano, bem como as 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, pós tratamento convencional ou avançado
Classe 4	Não recomendado para consumo humano

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

Nota: A condição de classificação das águas é feita mediante a comparação com padrões de qualidade estabelecidos para cada uma das classes.

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

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 comparado com os valores máximos permitidos para os parâmetros, já que os valores dos parâmetros físico-químicos 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, serem eliminados em grandes quantidades nas fezes e por serem detectados por métodos laboratoriais simples (GASPAR, 2010). No entanto, podem também ser encontrados nos solos e vegetais alguns gêneros desse grupo de origem não exclusivamente fecal, como por exemplo: *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (ABES, 2005), o que seria um ponto negativo desse indicador.

A presença de *Escherichia coli* ou coliforme termotolerante no manancial indica poluição recente, embora não defina se a fonte é 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 à qualidade da água, e resultar até mesmo em escassez, considerada pelos especialistas como 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 o 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 do marco regulatório principal e da capacidade de suporte de cada bacia (FREITAS; 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 o território nacional, isso representa uma densidade de 0,25 pontos para cada 1.000 km². Outros países apresentam densidades maiores, como o Canadá, que apresenta densidade de 0,8/1.000.

São realizadas análises de quatro parâmetros básicos (pH, oxigênio dissolvido, condutividade e temperatura), cujos resultados são 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

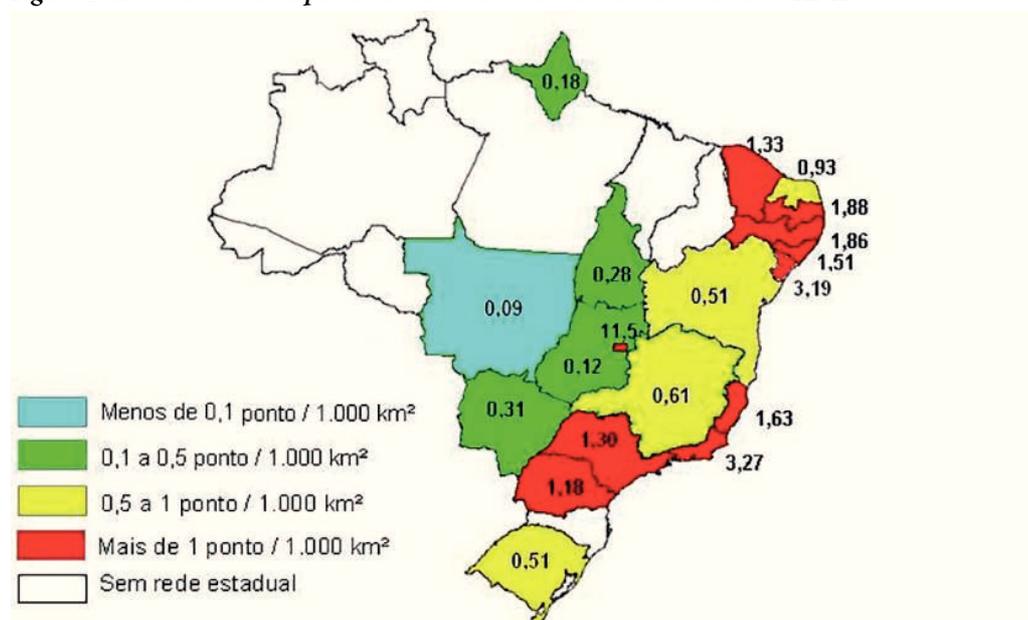
Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

de longo prazo, objetivando identificar alterações cíclicas (diuturnas 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 após 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. Somente os quatro parâmetros, todavia, 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 a uma logística maior. Por tais motivos, é necessário que os estados passem a participar do Programa de Monitoramento da ANA, auxiliando no monitoramento e utilizando seus resultados. No entanto, nem todos os estados brasileiros possuem condições de monitorar a qualidade de suas águas, o que resulta em verdadeiros vazios no monitoramento, como pode ser observado na Figura 5 (ANA, 2010), que revela que poucas regiões brasileiras apresentam mais de um ponto de coleta. Assim, é perceptível a necessidade de uma relação mais próxima entre os órgãos federais, estaduais e municipais, a fim de que se estabeleça maior frequência 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 5. Demonstrativo de pontos de coleta da rede de monitoramento da ANA



Fonte: ANA (2010)

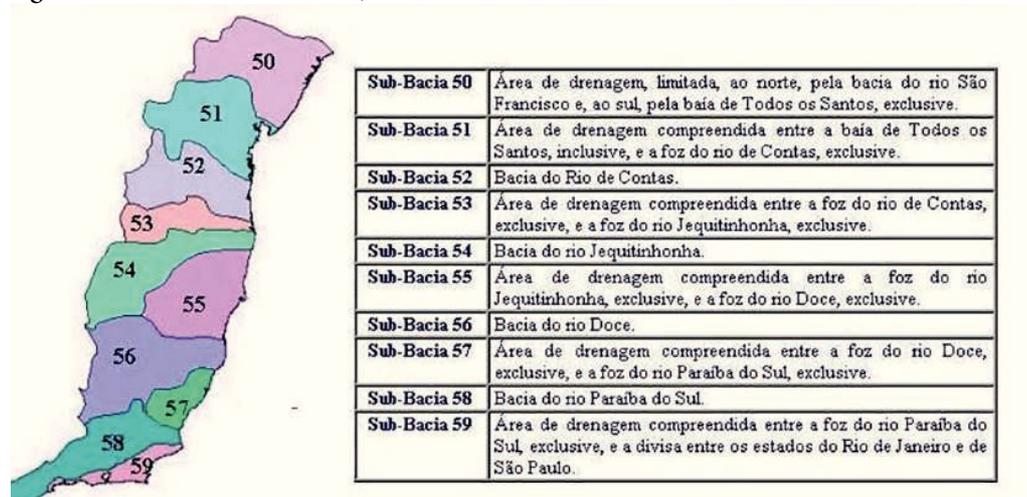
Ao longo do litoral, o Brasil possui três conjuntos de bacias secundárias denominadas bacias do Atlântico Sul, divididas em três trechos: Atlântico Norte-Nordeste, Atlântico Leste e

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

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 localizada na Bacia 5, Bacia do Atlântico Sul, trecho leste, sub-bacia 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 (Figura 6a e 6b).

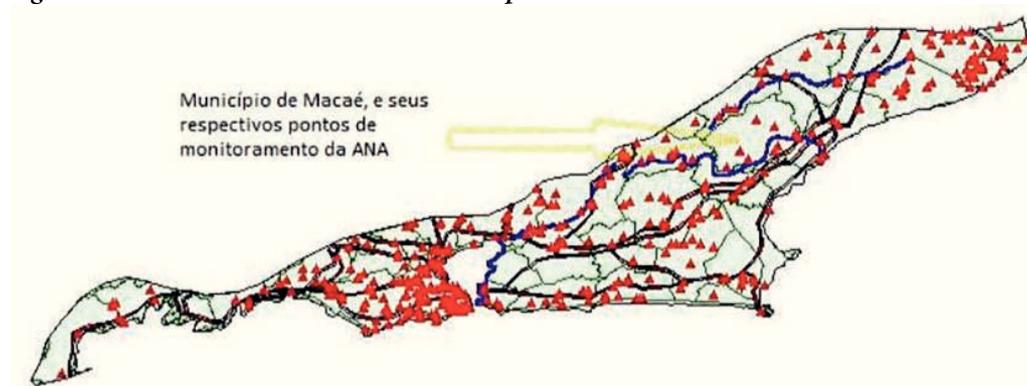
Figura 6a. Bacia do Atlântico Sul, Trecho Leste



Fonte: ANA (2010)

O estado do Rio de Janeiro possui 120 pontos de monitoramento (ANA, 2012), 11 desses na bacia hidrografia do rio Macaé (Figuras 6b).

Figura 6b. 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

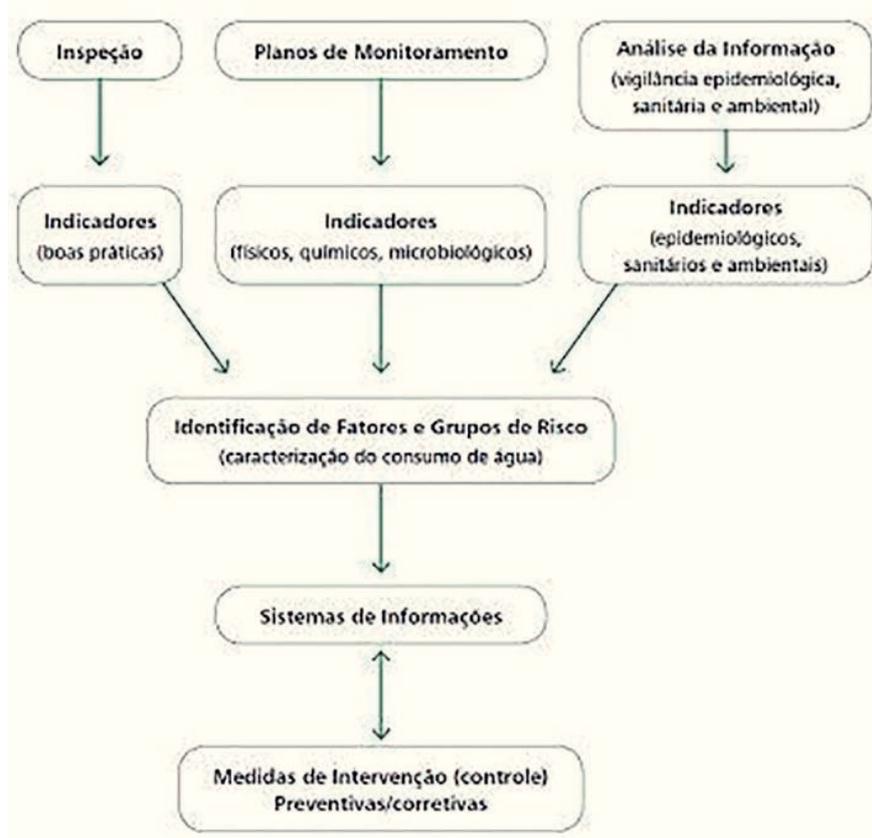
Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

monitoramento: Macaé, Macaé 83749 (número dado ao ponto de coleta), Ibiriri, Glicério, Cachoeiro de Macaé, Sumidouro RV, Ponte do Baião, Fazendas Oratório, Belo Monte, Severina e Pau Ferro. Dessa 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 apareça como não contemplado.

Os dados do monitoramento devem ser levados em conta em um processo de integração/ação (BRASIL, 2007) que vise à melhoria contínua da qualidade de água, e consequentemente da saúde humana. A Figura 7 apresenta uma sistematização das informações de modo a culminar em medidas corretivas.

Figura 7. Integração das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano



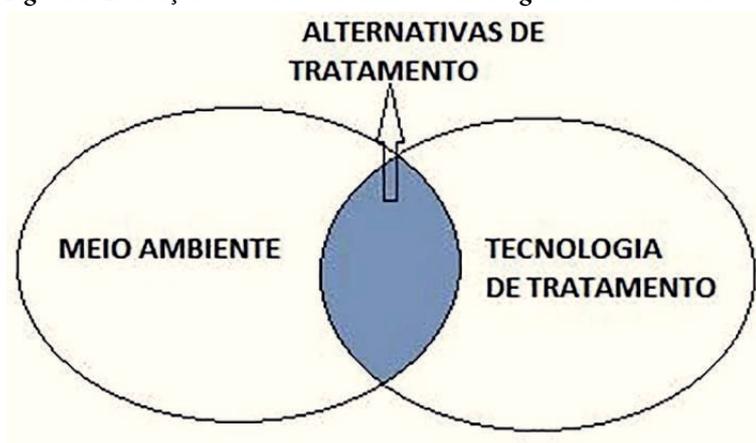
Fonte: BRASIL (2007)

Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer qualidade pode ser, teoricamente, transformada em água potável; porém, os custos envolvidos, 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 8 ilustra a interação entre meio ambiente e tecnologias de tratamento.

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Figura 8. 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, entremeado por vegetação tropical adensada, local cuja prefeitura demonstra a intenção de tornar uma APA. Na localidade Óleo, o manancial apresenta mata ciliar espaçadamente preservada a montante da captação; e, a jusante, uma área de pastagem. O manancial do Frade apresenta usos conflitivos dos recursos hídricos, pois, a 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 n° 357, que preconiza que os corpos de água utilizados pela população para abastecimento preservarão obrigatoriamente as condições de consumo.

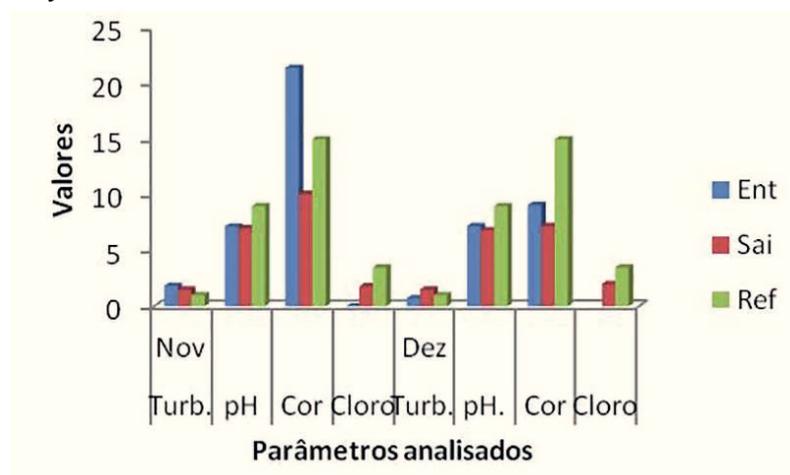
Analisando os resultados da qualidade da água antes e pós-tratamento, observa-se que as análises dos parâmetros físico-químicos apresentam resposta fora dos valores de referência e em relação ao aspecto bacteriológico; mesmo mantendo níveis de cloro residual, algumas localidades ainda apresentam resultado positivo para os parâmetros “coliforme”, inclusive para os termotolerantes. Os resultados das análises físico-químicas 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

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

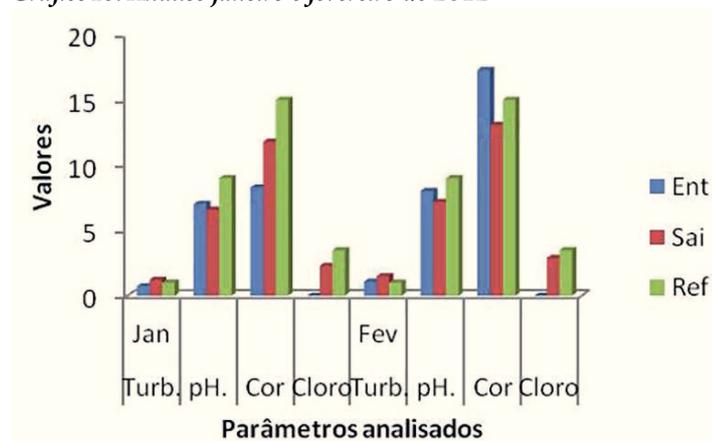
Patricia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Gráfico 1a. Análise em novembro e dezembro de 2011



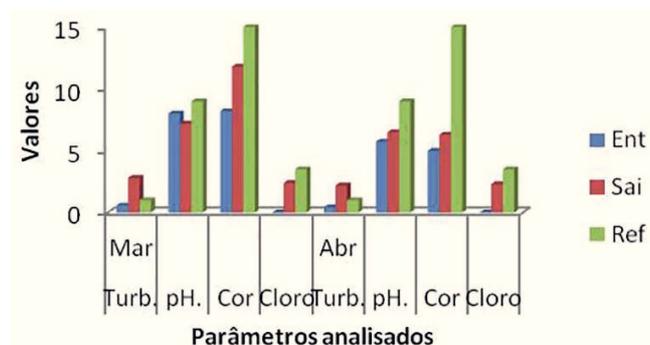
Fonte: Patricia Toledo (2012)

Gráfico 1b. Análise janeiro e fevereiro de 2012



Fonte: Patricia Toledo (2012)

Gráfico 1c. Análise março e abril de 2012



Fonte: Patricia Toledo (2012)



Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

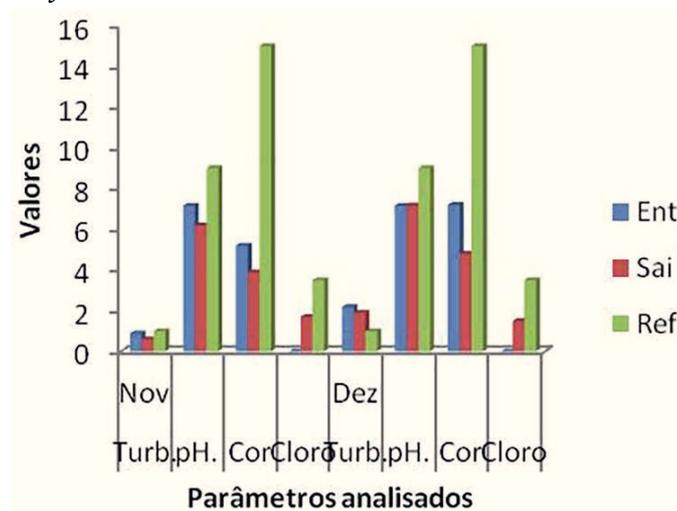
Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Quadro 2. Análises bacteriológicas da Unidade de Tratamento Bicuda Grande

Mês	Parâmetro	Água Bruta (VMP)	Água Tratada
Novembro	Coli total	>2419,1	7
	Coli term	34,5	1
Dezembro	Coli total	>2419,1	4
	Coli term	191,8	0
Janeiro	Coli total	>2419,1	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	>2419,1	7
	Coli term	6,2	1

- Análises físico-químicas da Unidade de Tratamento do Óleo

Gráfico 2a. Análise novembro e dezembro de 2011

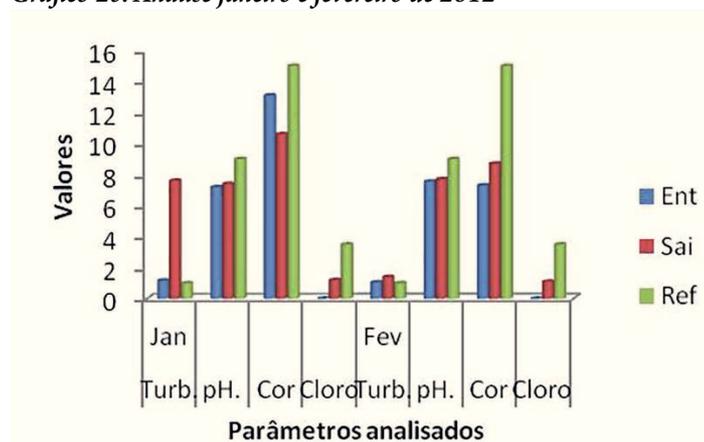


Fonte: Patrícia Toledo (2012)

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

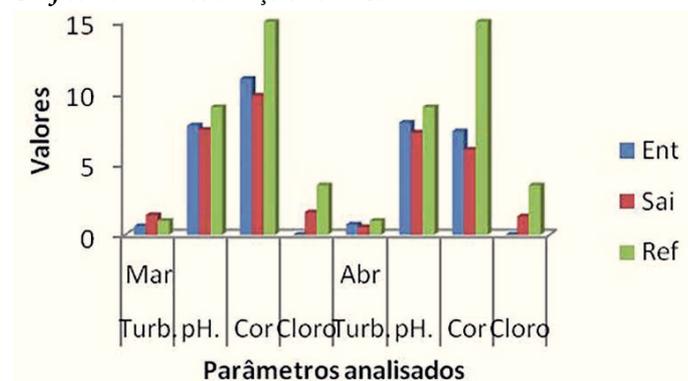
Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

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	>2419,1	6
	Coli term	16,1	0
Dezembro	Coli total	>2419,1	5
	Coli term	27,5	0
Janeiro	Coli total	>2419,1	6
	Coli term	95,8	1
Fevereiro	Coli total	>2419,1	5
	Coli term	248,1	1
Março	Coli total	>2419,1	5
	Coli term	35,0	1
Abril	Coli total	>2419,1	4
	Coli term	410,6	0

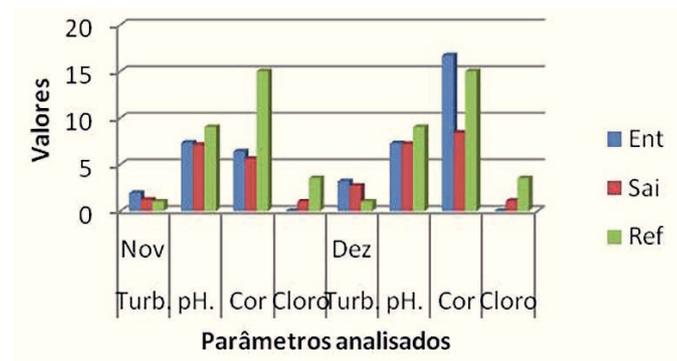


Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

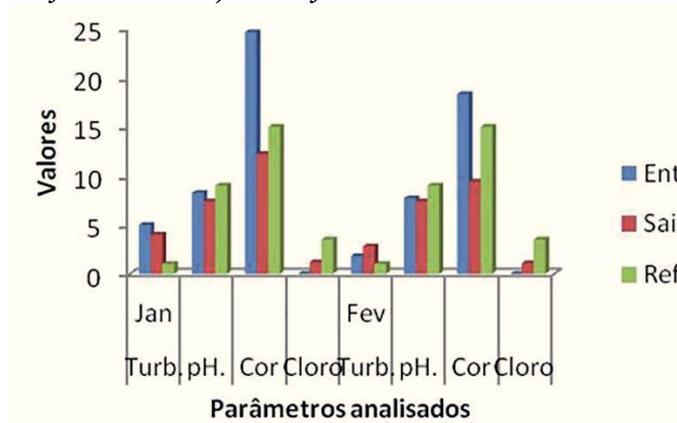
- Análises físico-químicas da Unidade de Tratamento Frade

Gráfico 3a. Análise novembro e dezembro de 2011



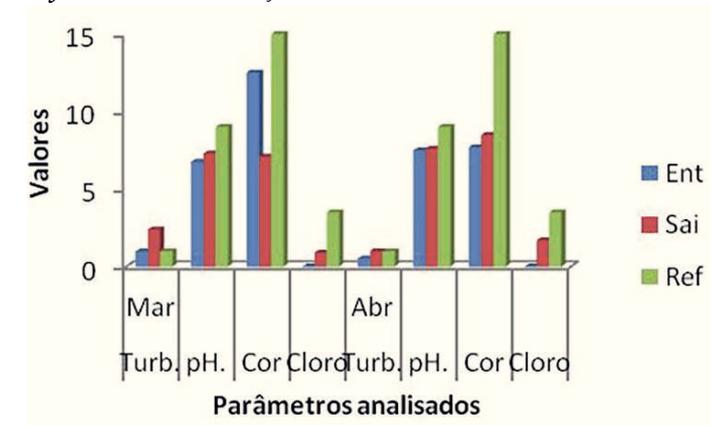
Fonte: Patrícia Toledo (2012)

Gráfico 3b. Análise janeiro e fevereiro de 2012



Fonte: Patrícia Toledo (2012)

Gráfico 3c. Análise março e abril de 2012



Fonte: Patrícia Toledo (2012)

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Quadro 4. Análises bacteriológicas da Unidade de Tratamento Frade

Mês	Parâmetro	Água Bruta (VMP)	Água Tratada
Novembro	Coli total	>2419,1	4
	Coli term	104,3	0
Dezembro	Coli total	>2419,1	3
	Coli term	178,2	0
Janeiro	Coli total	>2419,1	5
	Coli term	1299,7	0
Fevereiro	Coli total	>2419,1	3
	Coli term	186,0	1
Março	Coli total	>2419,1	7
	Coli term	116,0	0
Abril	Coli total	579,4	3
	Coli term	35,0	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 classe I. Nas análises bacteriológicas para coliformes termotolerantes, o Valor Máximo Permitido (VMP) esteve menor do que o estabelecido pelo CONAMA n° 357/05 em 100% das amostras analisadas 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. Pelo menos 80% das amostras não podem exceder o valor preconizado. Além disso, parâmetros como oxigênio dissolvido, DBO, fósforo e nitrogênio, entre 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 sub-bacias da região serrana de Macaé.

Ao analisarmos as saídas de tratamento nos gráficos 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 n° 2914/11. Em relação a esses parâmetros, quando comparados às análises de água bruta, observa-se ocorrer, na maioria das vezes, 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

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patricia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

4,8% de coliformes termotolerantes, enquanto na localidade do Frade foi encontrado, em 59,5% das amostras analisadas, presença de coliformes totais e 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. O preconizado, todavia, é que não se tenha presença nem de coliformes totais tampouco de coliformes termotolerantes nas águas servidas.

Acerca do 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 na localidade do Óleo e maior do que na localidade do Frade, muito embora a média de cloro residual desta localidade tenha sido 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 ineficientes do que nas demais localidades, ou que, em termos bacteriológicos, possa 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, nos quais as bactérias estabelecem comunidades funcionais estruturadas e coordenadas, resistentes à ação do cloro.

4 Conclusão

Ao buscar por informações referentes aos mananciais estudados tanto junto aos órgãos federais quanto aos estaduais e municipais, foram encontradas lacunas relativas aos córregos nos quais estão localizados importantes mananciais 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 nesses locais. Em Macaé, a iniciativa dos moradores de implementar sistemas simplificados de tratamento foi posteriormente assumida e melhorada pelo poder público. Dos cinco distritos da região serrana de Macaé, quatro apresentaram 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 com o emprego do agente químico cloro, a qualidade de água não tem sido garantida visto que as técnicas empregadas na maioria dos sistemas de tratamento avaliados não envolvem o uso de filtros, apesar da Portaria 106/04 do Ministério da Saúde. A determinação estabelece que 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 os 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; nas localidades estudadas, as caixas utilizadas para

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patricia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

.....
cloração/reservação não atendem a essa premissa. Ao realizar o cálculo de tempo de residência para as localidades de Bicuda Grande, Óleo e Frade, encontramos respectivamente 13,9; 16,7 e 10 minutos, o que significa que, ainda que a água tratada contenha cloro, o tempo de ação desse agente químico não tem sido 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 a técnica que melhor se adequa ao tratamento da água de cada manancial. O ideal é que a instalação seja dotada de tecnologia compatível com a qualidade da água bruta de modo a produzir água com a 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 uma 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

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

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

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

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

APLINO, O. S. *Compartimentação Topográfica do Alto Curso da Bacia do Rio Macaé: Subsídio ao entendimento da Relação Relevô, Recursos Hídricos*.

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. Acesso em: 12 jul. 2001.

BERNARDO, L. D. Tecnologia de Tratamento. In: BERNARDO, L.D. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 2. ed. São Paulo: Editora RIMA, 2005. Parte 2.

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouveia, Maria Inês Paes Ferreira

BOTTEGA, J. M. P. R.; SILVA, M. E. Métodos analíticos no controle biológico da água para consumo humano. *Revista ciência agrotec.*, v. 30, n. 05. 2006. Disponível em: www.editora.ufla.br/site/adm. Acesso em: 17 maio 2011.

BRAGA, B. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª. ed. rev. 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 nº 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. *Integração de ações de vigilância*. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria nº 291, de 12 dezembro 2011*. Estabelece os procedimentos e responsabilidades referentes ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

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

CARNEIRO, C. L.; QUEIROGA, I. *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. Acesso em: 28 abr. 2011.

CETESB. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental de São Paulo. *Índice de qualidade da água*. 2004. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br/indices-de-qualidade. Acesso em: 10 fev. 2011.

CRESPO, T. *Planeta Água: Um guia de educação ambiental para conservação de recursos hídricos*. Rio de Janeiro: Papel Virtual, 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 Macabu-RJ*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal Fluminense, Macaé, 2008.

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

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

GASPAR, J. A. *Isolamento e identificação de micobactéria e microorganismo de contaminação em águas tratadas provenientes do sistema de abastecimento público de Araraquara, SP*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista. UNESP, 2010. Disponível em: www.posgraduação.fcfa.unesp.br. Acesso em: 26 dez. 2011.

GRANZIERA, M. L. M. *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.

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

Disponível em: www.abes-rs.org.br/rechid/direito-a-agua.htm. Acesso em: 17 jun. 2011.

IBGE. Presidência. *Notícias*. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia>. Acesso em: 18 maio 2011.

IBGE. *Pesquisa Nacional de saneamento básico*: Rio de Janeiro. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 11 abr. 2011.

JUSTO, M. C. D. M. *Financiamento do saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa da gestão pública e privada*. 2004. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico Ambiental) – UNICAMP, 2004.

LANNA, A. E. L. *Gerenciamento de bacia hidrográfica: Aspectos conceituais e metodológicos*. Brasília. 2000.

LORENTZ, J. F; MENDES, P. A. B. A água e sua distribuição espacial. *Revista das águas*, ano 3, n. 8, mar 2008. Disponível em: <http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/edicoes-da-revista/edicao-atual/ml>. Acesso em: 15 jun. 2011.

MACAÉ. Prefeitura Municipal de Macaé. *Programa Macaé Cidadão*: Pesquisa domiciliar 2006 e 2007.

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

MACHADO, C. J. S. Recursos Hídricos e cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. *Ambiente e Sociedade*, v. 7, n. 2, 2003.

MAGALHÃES JR., A. P. A situação do monitoramento da água no Brasil: instituições e iniciativas. *RBRH-Revista brasileira de recursos hídricos*, v. 5, n. 3, 2010. Disponível em: www.abrh.org.br. Acesso em: 21 mar. 2011.

MAZZOLA, M. *Situação do monitoramento de qualidade da água no Brasil*. ANA, 2009. Disponível em: www.ana.gov.br. Acesso em 02 de mar 2011.

MENEZES, F. E. *Bacias secundárias*. 2003. Disponível em: www.frigolletto.com.br. Acesso em: 21 jun. 2011.

MIERZWA, F. *A poluição das águas*. 2001. Disponível em: www.phd.poli.usp.br. Acesso em: 02 abr. 2011.

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

MORTIMER, E. F. O significado das fórmulas químicas. *Química Nova na Escola*, n. 3, maio 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/conceito.pdf>. Acesso em: 21 maio 2011.

MOTTA, R. S. *Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica nas indústrias*. 2004. Disponível em: www.rg.br. Acesso em: 10 jun. 2011.

OMS. *Igualdade de saúde através de ação sobre seus determinantes sociais*, 2010. Disponível em: www.oms.org. Acesso em: 12 jun. 2011.

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

Avaliação da Eficiência das Unidades de Tratamento Simplificado da Água na Região Serrana do Município de Macaé

Patrícia Silva Toledo Carvalho Gouvea, Maria Inês Paes Ferreira

br. Acesso em: 10 jan. 2011.

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

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, 2001.

SALOMÃO, L. A. *Ensaio bacteriológicos de águas de abastecimento público*. São Paulo: ABES, 2005.

SILVA, G. S; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade da água para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia. *Revista Química Nova*, v. 29, n. 04, 2006.

SILVEIRA, E. L. C. *et al.* Determinação de contaminantes de óleos em esgoto. *Revista Química Nova*, v. 29, n. 05, 2006. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br>. Acesso em: 13 abr. 2011.

TAGUCHI, C. *A guerra da água*. 2006. Disponível em: www.terrazul.com.br. Acesso em: 06 jul. 2011.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia, ciência e aplicação*. 2. ed. São Paulo: ABRH, 2001.

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

UNESCO. *Relatório Mundial sobre a Água*. 2003. Disponível em: www.unesco.pt/cgi-bin/ciencia/temas/cie_tema.ph. Data de acesso em: 21 mar. 2011.

VIEIRA, R. M. *A importância do uso de sondas multiparamétricas*. 2010. Disponível em: www.agsolve.com.br. Acesso em: 1 jul. 2011.

