



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAMPOS

Universidade da Tecnologia e do Trabalho



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

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ASSOCIADO À GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS: LEVANTAMENTO DE INDICADORES DE
SANEAMENTO AMBIENTAL PARA UM BAIRRO NO MUNICÍPIO
CONCEIÇÃO DE MACABU – RJ

ÉLIDA QUITETE DOMINGOS

Campos dos Goytacazes/RJ

2008

ÉLIDA QUITETE DOMINGOS

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ASSOCIADO À GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS: LEVANTAMENTO DE INDICADORES DE
SANEAMENTO AMBIENTAL PARA UM BAIRRO NO MUNICÍPIO
CONCEIÇÃO DE MACABU – RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Promoção da Sustentabilidade Regional.

Orientação: Professor D.Sc Elza Maria Senra de Oliveira (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais – Universidade Estadual do Norte Fluminense).

Campos dos Goytacazes/RJ

2008

Domingos, Élide Quitete.

Gerenciamento de resíduos associado à gestão de recursos hídricos: levantamento de indicadores de saneamento ambiental para um bairro no Município Conceição de Macabu - RJ; orientação Prof. Elza Maria Senra de Oliveira. Campos dos Goytacazes, 2008.

88 p.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, CEFET. Orientador: Elza Maria Senra de Oliveira

1. Tratamento de Efluentes. 2. Gestão Ambiental. 3. Diagnóstico socioambiental

Dissertação intitulada, “Gerenciamento de resíduos associado à gestão de recursos hídricos: levantamento de indicadores de saneamento ambiental para um bairro no Município Conceição de Macabu - RJ”, elaborada por Élide Quitete Domingos 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 Promoção da Sustentabilidade Regional do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos.

Aprovada em: 21/08/08

Banca Examinadora:

Prof.^a Elza Maria Senra de Oliveira, D. Sc. / Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Prof.^a do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos - CEFET-Campos – Orientador (a)

Prof. Fernando Benedicto Mainier, D. Sc. / Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ;
Prof. da Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof.^a Maria Inês Paes Ferreira, D. Sc. / Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ;
Prof.^a do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos – CEFET-Campos

Dedico aos meus pais, que me acompanharam durante toda essa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Ao Marcelo P. Souto, prof. Mestre em Lingüística que muito contribuiu pela revisão do texto;
Às agentes de saúde do bairro Piteira em Conceição de Macabu, Juliana e Arlete pela simpatia e pela disposição constante em contribuir com esse trabalho;

Ao Fiscal de Meio Ambiente do Município Conceição de Macabu, Celso Nolasco, pela contribuição fundamental para elaboração dessa dissertação e pela simpatia.

À Prefeitura do município Conceição de Macabu e principalmente à Secretaria de Saúde do Município;

À Luciana (bolsista desse projeto) pelo auxílio durante todo o trabalho de campo e à Leiziane pela contribuição na aplicação dos questionários;

À minha orientadora, Elza Maria Senra por aceitar o desafio de orientar esse estudo e pela gentileza de nos receber em sua residência mesmo em finais de semana para realizar essa orientação;

Ao CEFET Campos, pelos recursos de logística e financeiros cedidos para execução dos trabalhos de campo e análises laboratoriais;

Ao prof. Jorge Reis do laboratório de Construção Civil do CEFET Campos pela gentileza de realizar as análises de solo;

À prof.^{ra} Maria Inês Paes, coordenadora do curso, pelo estímulo dispensado a meu favor desde o início do curso, pela dedicação ao curso e pelas valiosas contribuições como componente da banca de defesa desta dissertação;

Ao prof. Jefferson Manhães, pelo apoio tão importante desde o início do curso, pelo estímulo para efetivação deste trabalho e pela dedicação ao curso e aos alunos;

Ao prof. Fernando Benedicto Mainier, por ter aceitado gentilmente participar da banca de defesa desta dissertação e pelas contribuições dispensadas para melhoria da versão final;

Ao prof. Vicente de Paulo Santos, pelo incentivo ao estudo do município Conceição de Macabu e pela disposição em ceder informações;

Ao prof. Rogério Atem, pelo tempo dispensado para auxiliar na verificação de métodos de avaliação de dados;

Aos Meus colegas de turma, e principalmente à Mariana, Fernanda, Janaina, Rosana e Eponine pelos momentos de descontração que tornaram as situações difíceis menos penosas e pela amizade sincera estabelecida;

Aos Meus tios Elias e Marilene pela disposição em me ajudar em tudo o que fosse necessário;

À Minha amiga de todos os momentos, Rennata Guarino, que sempre me estimulou a superar os obstáculos e pelo apoio e carinho durante essa jornada;

À Minha amiga Érica Santana, pela constante disposição em me auxiliar em qualquer momento e pela amizade;

Ao Meu noivo, Jhones Carlos pelo companheirismo, paciência, estímulo e carinho fundamentais em mais essa etapa;

Aos meus irmãos, Elanderson pelo apoio e Elinete pelo carinho, tão importantes em fases difíceis;

Ao Meu pai, pela constante motivação, paciência, pelo auxílio com revisões do texto; e à Minha mãe, pela dedicação para aliviar o máximo de sobrecarga existente principalmente na parte final de elaboração desse trabalho e pelo carinho dispensado por ambos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	
a. Gradeamento e b. Gradeamento mecânizado.....	19
Figura 2	
Lagoa Facultativa.....	20
Figura 3	
Tanque de aeração.....	20
Figura 4	
Reator UASB.....	21
Figura 5	
Casa de bombas para captação de água.....	37
Figura 6	
Coleta de amostras na casa de bombas.....	37
Figura 7	
Rio Macabuzinho no trecho de captação de água para abastecimento de água.....	37
Figura 8	
Local de amostragem do esgoto bruto. Ponto de coleta correspondente à entrada da ETE.....	38
Figura 9	
Local de amostragem do efluente.....	38
Figura 10	
Ponto de coleta correspondente à saída da ETE (P 4).....	38
Figura 11	
Pontos de coleta de solo na ETE do bairro Piteira.....	40
Figura 12	
Município Conceição de Macabu no Estado do Rio de Janeiro.....	41
Figura 13	
Distrito-Sede de Conceição de Macabu a 3 Km de altitude.....	42
Figura 14	
Rio Macabuzinho.....	43
Figura 15	
Bairro Piteira a 460 m de altitude.....	44

Figura 16	
Esquema das condições de abastecimento de água expressa pela população e dados de análise da água como indicativo da falta de conhecimento de questões socioambientais.....	48
Figura 17	
Vista do Rio Macabuzinho na porção posterior da ETE, imediatamente após o despejo de efluentes.....	50
Figura 18	
Vista do Rio Macabuzinho no trecho de despejo de efluente da ETE.....	50
Figura 19	
Vista do Rio Macabuzinho no trecho de captação de água.....	52
Figura 20	
Caixas com substâncias utilizadas no tratamento.....	53
Figura 21	
Equipamentos de monitoramento da ETA fora de uso.....	53
Figura 22	
Esquema do sistema de utilização da água.....	55
Figura 23	
Distância entre a ETE as residências.....	58
Figura 24	
Caixa de gradeamento da ETE.....	60
Figura 25. a	
Rede de Interação.....	66
Figura 25. b	
Rede de Interação.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	
Porcentagem de pessoas de acordo com o grau de escolaridade.....	45
Gráfico 2	
Abastecimento de água do bairro Piteira.....	46
Gráfico 3	
Qualidade da água de acordo com a opinião da população.....	47
Gráfico 4	
Condições de eutrofização do rio Macabuzinho de acordo com a opinião da população.....	49
Gráfico 5	
Turbidez (ut) nas amostras de água de captação para abastecimento e na saída da ETA.....	54
Gráfico 6	
Esgotamento sanitário do bairro Piteira.....	56
Gráfico 7	
Conhecimento da população com relação à qualidade do tratamento na ETE.....	57
Gráfico 8	
Quantidades de coliformes totais em amostras da entrada e saída da ETE.....	61
Gráfico 9	
Concentração de nitrogênio total em amostras da entrada e saída da ETE.....	62
Gráfico 10	
Concentração de fósforo total em amostras da entrada e saída da ETE.....	63
Gráfico 11	
Condutividade elétrica em amostras da entrada e saída da ETE.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	
Classificação de águas doces do território nacional, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes	10
Tabela 2	
Padrões de corpos d'água, Resolução CONAMA 357 de 2005, e parâmetros associados ao esgoto doméstico.....	11
Tabela 3	
Recursos naturais e indicadores do estado do meio ambiente.....	29
Tabela 4	
Fatores e indicadores de impacto derivados do estado do meio ambiente.....	31
Tabela 5	
Resultado de Exame Bacteriológico de amostras de água em uma residência e uma escola no bairro Piteira.....	47
Tabela 6	
Resultado de Exame Bacteriológico da água de captação.....	51
Tabela 7	
Resultado de Exame Bacteriológico da água de saída da ETA.....	53
Tabela 8	
Resultado de Cloro Residual e pH na água de saída da ETA.....	54
Tabela 9	
Resultado de teste bacteriológico referente à quantificação de coliformes totais em amostras de afluente e efluente da ETE.....	61
Tabela 10	
Resultado de Carbono Inorgânico (mg/dm^3) e pH em amostras de afluente e efluente da ETE.....	64
Tabela 11	
Resultados da avaliação de equivalente de areia nas amostras de solo, coletadas no local da ETE.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CRFB	Constituição da República Federativa do Brasil
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EA	Educação Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidade de Água
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRODES	Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas
PSF	Programa Saúde da Família
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
TCE	Tribunal de Contas do Estado

RESUMO

DOMINGOS, Élide Q. Gerenciamento de resíduos associado à gestão de recursos hídricos – levantamento de indicadores de saneamento ambiental para um bairro no Município Conceição de Macabu - RJ. [Residues management associated to the water resources management - survey of environmental sanitation indicators for a community in the Conceição de Macabu city (RJ)]. Campos dos Goytacazes, 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos.

Os usos da água geram conflitos em razão de sua multiplicidade, ocasionando aumento de demandas tanto nos aspectos qualitativos quanto nos quantitativos. Na atualidade, o esgotamento sanitário inadequado constitui um dos principais problemas nos sistemas hídricos. Na proposição de soluções às demandas encontradas, diversos aspectos devem ser considerados de forma sistêmica e integrada, incluindo-se a avaliação das diferentes condições ambientais de um local. No presente estudo de caso, avaliou-se o bairro Piteira, no município de Conceição de Macabu-RJ por meio de diagnóstico socioambiental, enfatizando-se as condições sanitárias tais como abastecimento de água e tratamento de esgotos, assim como suas influências diretas e indiretas nas condições do ambiente local. A coleta das informações foi efetuada a partir de junho de 2007, sendo realizadas pesquisas em campo com uma frequência média trimestral até junho de 2008. De acordo com os resultados obtidos, há fortes indicativos de que a água utilizada para consumo dos moradores locais encontra-se fora dos padrões de potabilidade. Observou-se ainda, que embora haja falta de acesso da população às informações da qualidade da água, há uma clara percepção por parte dos moradores quanto aos problemas relativos a esse recurso. Entretanto, o grau de escolaridade observado da população, aliado à ausência de informações corretas quanto aos aspectos de saneamento ambiental mascaram as condições de qualidade da água, que se refletem na saúde pública. Verificou-se também deficiências no sistema de tratamento de esgotos, com despejo de efluentes em condições inadequadas no Rio Macabuzinho. Este trabalho preliminar permite a criação de um ponto de partida para o desenvolvimento de programas de educação ambiental, promovendo-se a democratização das informações de saneamento, de forma a propiciar a participação qualificada dos moradores, sensibilizando-os. Nesse sentido, ressalta-se a importância do incentivo a esta mobilização e à participação, uma vez que poderá possibilitar a busca de alternativas de mitigação dos impactos ambientais apresentados.

Palavras-chave: Tratamento de Efluentes. Gestão. Diagnóstico socioambiental

ABSTRACT

DOMINGOS, Élide Q. Residues management associated to the water resources management - survey of environmental sanitation indicators for a community in the Conceição de Macabu city (RJ). [Gerenciamento de resíduos associado à gestão de recursos hídricos – levantamento de indicadores de saneamento ambiental para um bairro no Município Conceição de Macabu - RJ]. Campos dos Goytacazes, 2008. 88 p. Dissertation (Mastership Professional in Environmental Engineering) – Pos-Graduation Program of the Environmental Engineering, Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos.

The water use generates conflicts because of its multiplicity and distinct purposes, causing increase of demands in qualitative and quantitative aspects. Nowadays, the unsuitable final destination of sewage is one of the main problems of hydric systems. In proposing solutions for the found demands, many aspects must be considered in a systemic and integrated way, including the assessment of the distinct environmental conditions of the place. In this case study, the Piteira community in Conceição de Macabu city (RJ) was evaluated through the social and environmental diagnosis, giving emphasis to the sanitary conditions, like water supply and wastewater treatment, as well as their influence in the local environment conditions. The information gathering started in June 2007, carrying research in field with quarterly medium frequency to June 2008. The obtained results, had show there are indicative that the consumed water for local residents is out of the potability standard. It was observed that although there is lack of information of the population about the water quality, there is an evident perception on the part of residents about problems related to this resource. However, the educational degree of the population observed, and the lack of correct information about the environmental sanitation disguises the water quality conditions, with reflect in the public health. It was also observed, deficiencies in the wastewater treatment system, with effluents release in inadequate conditions in the Macabuzinho river. This preliminary work allows the creation of a starting point to the development of environmental education programs, promoting the democratization of sanitation information, in order to allow the qualified participation of the residents, sensitizing them. In this sense, the importance of the incentive to this mobilization and to the participation is emphasized, once that it can allow the search of mitigation alternatives of the presented environmental impacts.

Key-words: Wastewater treatment, environmental management, environmental evaluation

SUMÁRIO

Lista de Figuras	
Lista de Gráficos	
Lista de Tabelas	
Lista de Abreviaturas e Siglas	
Resumo	
Abstract	
1 Introdução	1
2 Revisão de Literatura	4
2.1. Gestão de recursos hídricos	4
2.2. Gerenciamento de resíduos	8
2.3. Saneamento ambiental	13
2.4. Efluentes domésticos	16
2.4.1. Características de efluentes líquidos	16
2.4.2. Tratamento de efluentes	17
2.4.3. Tratamento alternativo de efluentes	24
2.4.4. Planejamento de implantação de sistema de tratamento de efluentes e reuso	24
2.5. Diagnóstico socioambiental e indicadores de qualidade de água	26
2.6. Participação social e educação ambiental no processo de gestão	31
3 Procedimentos Metodológicos	35
3.1. Aspectos gerais	35
3.2. Questionários e entrevistas	35
3.3. Análises físico-químicas e bacteriológicas	36
3.4. Avaliação do solo	39
3.5. Avaliação dos dados e redes de interação	40
4 Resultados e Discussão	41
4.1. Área de estudo	41
4.2. Grau de escolaridade dos moradores	44
4.3. Atores sociais envolvidos	45
4.4. Abastecimento de água	46
4.5. Aspectos envolvendo a saúde dos moradores	48
4.6. Condições da água no rio Macabuzinho	49

4.7. Sistema de esgotamento sanitário e percepção da população quanto aos sistemas existentes.....	56
4.8. Condições das instalações da estação de tratamento de efluentes.....	59
4.9. Permeabilidade do solo no local da estação de tratamento de efluentes.....	66
4.10. Redes de interação.....	67
5 Conclusões e Sugestões.....	68
Referências Bibliográficas.....	72
Apêndice.....	79
Anexos.....	82

1 Introdução

A água é um recurso natural essencial a todas as formas de vida, geralmente influenciando também no desenvolvimento das mesmas. A necessidade humana da água pode ser observada desde os primórdios, pela instalação e desenvolvimento das comunidades próximo a corpos hídricos. Entretanto, em função do crescimento populacional e o conseqüente aumento da demanda de água doce e da degradação de recursos hídricos, a água potável torna-se um recurso cada vez mais comprometido (NOGUEIRA, 2003). Isso, porque os usos da água geram conflitos em razão de suas multiplicidades e finalidades diversas, as quais demandam quantidades e qualidades diferentes (TUNDISI, 2005).

A escassez de água doce é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Tal fato ocorre mesmo em regiões com recursos hídricos em abundância, mas que possuem elevada demanda em diversos setores como indústria e agricultura, devido à intensificação e diversificação dos usos necessários à promoção de crescimento econômico local e à conseqüente degradação do ambiente. Nesse sentido tem sido reconhecido mundialmente que a proteção da saúde e o bem-estar de populações e das comunidades são diretamente influenciados por fatores relacionados à disponibilidade hídrica, no tocante à qualidade e à quantidade (SANTOS, 2002).

As condições de saúde global também se relacionam à água, uma vez que muitos vetores de doenças se utilizam desse recurso ambiental, para a transmissão e contaminação do homem. Tais doenças relacionam-se em grande parte às condições de esgotamento sanitário e de tratamento de esgotos pouco confiáveis (LIBÂNIO *et al.* 2005).

Nas últimas décadas tem ocorrido um crescente interesse pelos impactos gerados no meio ambiente, que tem gerado uma tendência de aumentar o desenvolvimento de estratégias de manejo ambiental. Além disso, devido à necessidade de reduzir problemas sanitários, doenças e pobreza, é de grande importância que se desenvolvam tecnologias de tratamento de esgoto apropriadas, cujo desempenho seja compatível com a sustentabilidade ambiental, econômica e social (MUGA & MIHELICIC, 2007).

Dessa forma, verifica-se a importância de estudos relacionados ao tratamento de esgotos e à prática de reuso de água como forma de preservação do meio ambiente e de garantia da qualidade de vida da sociedade, tornando ao mesmo tempo possível a obtenção de vantagens econômicas.

Diversos aspectos devem ser considerados de forma integrada, para avaliação de localidades quanto às condições sanitárias, de forma a possibilitar proposições para a solução das demandas encontradas.

O presente trabalho justifica-se pela observação da existência de bairros no município de Conceição de Macabu-RJ, caracterizados por possuírem condições impróprias de saneamento, especificamente com relação ao despejo de esgoto em corpos hídricos adjacentes, fato que pode implicar em consumo de água fora das condições de potabilidade. A escolha do local do estudo procurou assim responder, à demanda apresentada pelo Poder Público municipal quando da realização das reuniões para elaboração de seu Plano Diretor.

Neste trabalho, avaliou-se o bairro Piteira no município de Conceição de Macabu-RJ, com o auxílio de pré-diagnóstico socioambiental, uma vez que essa localidade apresenta condições consideradas inadequadas no que se refere ao esgotamento sanitário. Para tal finalidade foram necessárias:

- coleta de informações referentes às condições de abastecimento de água, esgotamento sanitário e estruturas de tratamento de esgoto existente no bairro;
- avaliação das características sociais e ambientais locais e suas relações com as condições sanitárias; e
- avaliação das potencialidades existentes para uma gestão de resíduos adequada.

A familiarização com as condições reais do município e as observações preliminares na comunidade foram iniciadas em março de 2007; e a coleta das informações foi realizada a partir de junho do mesmo ano. A partir da sistematização dos dados obtidos e das observações realizadas, a dissertação ora apresentada foi estruturada em cinco itens que serão descritos a seguir.

Na introdução é abordada a importância da água e sua influência na qualidade de vida das populações, enfatizando-se a avaliação das demandas associadas ao esgotamento sanitário, cuja carência se constitui uma das principais causas dos problemas existentes nos corpos hídricos brasileiros.

A revisão bibliográfica aborda o conceito de gestão de recursos hídricos e de gerenciamento integrado de resíduos, bem como os instrumentos necessários para a execução desses processos. Aborda ainda o saneamento ambiental e as diferentes e complexas questões a ele relacionadas, apresentando um item especificamente referente aos efluentes domésticos,

subdividido em tópicos que consideram as características de efluentes líquidos, os sistemas de tratamentos de efluentes, os tratamentos alternativos de efluentes e o planejamento associado à implantação de sistemas de tratamento de efluentes, numa visão sistêmica e integrada. Ainda neste capítulo, são abordados alguns indicadores utilizados na realização de diagnósticos como instrumentos para avaliação de unidades de planejamento, considerando a participação social e a educação ambiental como fatores fortemente influenciadores e transformadores dos processos de gestão ambiental.

O item de procedimentos metodológicos compreende a descrição do local de estudo, os aspectos selecionados para avaliação e os métodos utilizados para quantificação.

No item seguinte são apresentados os resultados obtidos pelo diagnóstico e sua interpretação, considerando as prováveis causas e as supostas conseqüências das condições observadas. Os resultados foram discutidos baseando-se nas recomendações nacionais vigentes para valores permitidos dos parâmetros analisados.

Nas conclusões e sugestões são enfatizados os principais resultados abordando recomendações propostas a partir deste diagnóstico, para os sistemas locais em Conceição de Macabu – RJ como a melhoria do controle dos sistemas de abastecimento de água e de esgoto; e também recomendações para futuros trabalhos complementares desta primeira e atual abordagem.

Em seguida, são apresentadas as Referências Bibliográficas, o Apêndice e os Anexos, que consistem no questionário aplicado nesse estudo, na ficha local de cadastramento das famílias utilizadas no Programa Saúde da Família do município e na planta do projeto da Estação de Tratamento de Esgoto do bairro Piteira.

2 Revisão de Literatura

2.1. Gestão de recursos hídricos

De acordo com Branco (1993), não se pode imaginar com os atuais conhecimentos, a vida sem a água no estado líquido. Dentre outras funções dessa substância, conforme o mesmo autor observa-se que: a maior parte da composição das células é constituída de água; para atravessar membranas celulares, substâncias químicas devem se solubilizarem em meio aquoso; a excreção de produtos tóxicos depende de água; o transporte interno dos alimentos, pela seiva ou pelo sangue é feito por via hídrica; e a regulação da temperatura interna, nos animais superiores é realizada pela transpiração, que consiste na eliminação da água. Por tais razões, a vida na Terra surgiu primeiramente na água, e somente após algum tempo com adaptações, transferiu-se para a terra.

Segundo Trigueiro (2005), um primeiro senso comum refere-se ao fato de que “o acesso à água é um direito fundamental e ninguém deveria ser obrigado a pagar por ela”. Isto efetivamente acontece no acesso a um rio, porém quando se trata de uma torneira em uma casa, a questão se transforma – envolve trabalho de engenharia, encontrando-se embutidos os custos, que alguém paga, ou seja, os aspectos econômico-financeiros.

Apesar dos questionamentos no que tange às concepções da palavra água e da expressão recursos hídricos, apresentadas por Granzieira (2003), utiliza-se com frequência os dois termos. O mesmo autor cita como princípios gerais de direito aplicáveis à água aqueles: do meio ambiente como direito humano; do desenvolvimento sustentável; da prevenção; da precaução; da cooperação; do valor econômico das águas; dos princípios poluidor-pagador e usuário-pagador; da bacia hidrográfica como instrumento de planejamento e gestão; e do equilíbrio entre os diversos usos da água. Estes princípios, segundo Reale (1995), “são enunciações normativas de valor genérico, que condicionam e orientam a compreensão do ordenamento jurídico, quer para sua aplicação e integração, quer para elaboração de novas normas”.

Conforme Silva & Pruski (2000), um fator importante para a humanidade é o adequado equilíbrio entre a oferta e a demanda dos recursos ambientais naturais (ar, água, solo, fauna e flora), econômicos ou socioculturais, visando a diminuir seus reflexos na vida do homem, permitindo assim minimizar seus conflitos de usos. Embora a água seja um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, constatou-se no decorrer dos séculos uma

crescente exploração e ampliação no desperdício da água, sem haver contrapartida no planejamento e gerenciamento de seu uso (HUNKA, 2006).

Considerando que os bens comuns fluidos, ar e água são renováveis, enquanto a demanda for inferior ao seu suprimento, os problemas de seu uso são considerados controláveis. Contudo, quando a demanda supera a oferta, começam a surgir os conflitos de uso, havendo necessidade de se estabelecer controle por parte do poder público, o que induz o estabelecimento do processo de gestão (SILVA & PRUSKI, 2000). Ainda conforme esses autores, em épocas passadas o ambiente tinha capacidade de assimilação superior às quantidades de resíduos produzidos pelo homem. Entretanto com o advento da industrialização esta capacidade foi diminuindo e o meio ambiente não pode mais ser usado para o lançamento de resíduos nos mesmos moldes do passado. Tundisi (2005) mostra que os principais problemas da poluição ao longo do tempo em escala crescente são: os esgotos; a poluição térmica; a eutrofização; os materiais tóxicos; a poluição por nitrato; o despejo de resíduos; as grandes represas; a acidificação e a poluição acidental, dentre outros aspectos ocasionados pelo homem.

De acordo com Braga (2005), a gestão do ambiente corresponde a uma série de ações coordenadas de forma sistemática, objetivando encaminhar soluções de conflitos de interesse no acesso e uso do ambiente pela humanidade. De forma semelhante, para Silva & Pruski (2000), o gerenciamento ou gestão de recurso ambiental natural, econômico ou sociocultural consiste na articulação do conjunto de ações dos diferentes agente sociais, econômicos ou socioculturais interativos. Dessa forma, objetiva-se compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental através de uma política estabelecida para o mesmo, de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, o processo de gerenciamento consiste na mediação de interesses e conflitos entre atores sociais que disputam acesso e uso dos recursos ambientais (QUINTAS *et al.*, 2005). Assim, de acordo com Barbieri (2006), as propostas para gestão ambiental devem contemplar minimamente a dimensão espacial (área na qual se espera que tais ações tenham eficácia), a temática (que delimita as questões ambientais às quais as ações se destinam) e a institucional (relativa aos agentes que tomaram as iniciativas de gestão).

Senra (2001) menciona a ampla mobilização e participação de entidades não-governamentais, governamentais e dos diferentes setores envolvidos direta ou indiretamente com a questão que gerou a aprovação a Lei nº 9.433/97, que organiza o setor de planejamento e gestão de recursos hídricos. O conjunto de órgãos e entidades que atuam neste processo no Brasil, consiste segundo Machado (2003), no “Sistema Nacional de Gerenciamento de

Recursos Hídricos” - SNGRH. Esta denominação foi dada pela Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB) (Artigo 21, XIX) e repetida no Título II da Lei 9.433/97.

O mesmo autor, observa ainda que a inserção do tema na CRFB apresenta a imediata consequência da obrigatoriedade da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios se articularem na gestão das águas. Conforme o Artigo 18 da referida constituição, verifica-se que estes são autônomos e, ao mesmo tempo, obrigatoriamente integrados no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Essa estrutura constitucional não permite a cobrança pelos diferentes usos dos recursos hídricos, sem a implementação das Agências de Águas e a instituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

O SNGRH tem como objetivos fixados na Lei das Águas, Artigo 32 (BRASIL, 1997):

- I – coordenar a gestão integrada das águas;
- II – arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- III – implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- IV – planejar, regular e controlar o uso, a preservação e recuperação dos recursos hídricos;
- V – promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

No que se refere à gestão de recursos hídricos, Santos (2002) comenta que a política francesa tem servido de modelo, em todo o mundo, por ter sido a França, um dos países precursores na aplicação da cobrança pelo uso da água, combinada com uma gestão participativa e integrada por bacia hidrográfica. No Brasil, a gestão de recursos hídricos, assim como a gestão ambiental, tem experimentando uma forte evolução nas últimas três décadas.

Segundo o mesmo autor, a gestão de recursos hídricos utiliza instrumentos regulatórios similares àqueles empregados na gestão ambiental, entretanto, enquanto esta tende a ser apenas regulatória, a primeira pode ser também executiva, patrocinando intervenções físicas que resultem em recuperação, preservação e/ou ampliação da oferta hídrica.

Conforme Silva & Pruski (2000), são instrumentos da gestão ambiental:

- a educação ambiental;
- os incentivos e o financiamento;

- a fiscalização;
- o licenciamento;
- as penalidades legais e as multas;
- o monitoramento ambiental;
- a auditoria ambiental;
- a vontade política.

Em função da pressão exercida com relação à poluição das águas e a sua disponibilidade, a Lei 9433 de 1997 institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), que tem como objetivos: assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Dentre os instrumentos constituintes dessa política estão incluídos (BRASIL, 1997):

- os planos de recursos hídricos;
- o enquadramento dos corpos receptores de água em classes, conforme seus usos preponderantes;
- a outorga dos direitos de usos dos recursos hídricos;
- a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Conforme a mesma Lei, esse último instrumento tem como objetivo reconhecer a água como bem econômico, dando ao usuário a real indicação de seu valor; incentivar seu uso racional; e obter recursos para o funcionamento de programas de intervenção contemplados nos planos de recursos hídricos.

Um aspecto importante da Lei 9433 refere-se ao Artigo 1º, item VI, o qual diz que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e participativa, envolvendo todos os segmentos da sociedade, desde o Poder Público, até os usuários e as comunidades.

2.2. Gerenciamento de Resíduos

Segundo Braz (2005 p. 5), “ a história revela que o crescimento das comunidades gerou problemas típicos dos homens e que trazem conseqüências diretas à comunidade. O que fazer então com os resíduos gerados?...”.

Uma política ambiental razoável deve ter como resultado mínimo uma redução da deterioração da qualidade ambiental, seja por meio de regulamentações que estabeleçam padrões de emissão, lançamento, ocupação e uso do solo e uso dos recursos em geral, ou seja por meio de mecanismos econômicos como taxaço das cargas poluidoras (BRAGA, 2005).

Assim, a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei 6938 de 1981, menciona o incentivo ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais. A mesma Lei, no Artigo 3º define poluição como (BRASIL, 1981):

...a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos...

Nesse sentido, torna-se evidente a necessidade de se dar um destino final adequado aos resíduos gerados pelo homem, de modo a não causar prejuízos ambientais. Além disso, os danos causados ao meio ambiente, como poluição de corpos hídricos, contaminação de lençol freático e danos à saúde, devem ser reparados pelos responsáveis (FIRJAN, 2006).

A Lei de Crimes Ambientais 9.605 de 1998, capítulo V - Dos Crimes Contra o Meio Ambiente, no Artigo 54, define que:

Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: ...
§ 2º Se o crime: ...
I - tornar uma área, urbana ou rural imprópria para a ocupação humana;
II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que

momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população;

III - causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade;

IV - dificultar ou impedir o uso público de praias;

V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos:

– Pena - reclusão, de um a cinco anos.

É possível definir resíduos como qualquer rejeito resultante de uma ação ou processo, podendo ser de natureza sólida, líquida ou gasosa (FIRJAN, 2006). O mesmo autor comenta que, na ausência de uma legislação específica, a gestão adequada de resíduos, considerando o uso eficiente de recursos naturais e visando reduzir e prevenir a poluição, deve seguir os preceitos da Política Nacional de Meio Ambiente. Nacionalmente, ainda não se encontra implementada uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, porém encontra-se em tramitação no Congresso e já sancionado pela presidência um projeto de lei que institui tal política.

No que se refere aos efluentes domésticos, o objetivo principal de redes de coleta e sistemas de tratamento de esgotos é proteger a saúde ambiental e do homem. Entretanto, segundo Muga & Mihelcic (2007), ainda que seus benefícios sejam grandemente reconhecidos, há aspectos associados à sua infra-estrutura e tecnologia, que não são tão claros e por isso são menos conhecidos. Esses aspectos podem causar impacto nas comunidades e no ambiente de entorno.

Segundo o Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE/RJ, 2007), apesar de o Brasil ter subsidiado a construção de obras de saneamento, os resultados decorrentes das ações governamentais algumas vezes não têm alcançado os objetivos principais devido a concepções inadequadas, com obras mal dimensionadas, preços elevados e sistemas mal operados. De acordo com Braz (2005), o atraso na implantação de redes coletoras de esgotos, elevatórias e estações de tratamento gerou uma série de projetos de unidades de tratamento de esgotos. Isso ocasionou a criação de unidades que muitas vezes não atendem à realidade da sociedade com relação às normas impostas pelos órgãos ambientais.

As estações de tratamento municipais devem ser projetadas convencionalmente em função da vazão e das características do esgoto bruto; e o nível de tratamento necessário é determinado a partir do padrão do corpo receptor e da qualidade exigida para o efluente

(MENEZES *et al.*; 2005; BRAZ, 2005 e HAMMER, 1979). Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais determinam parâmetros de qualidade para cada tipo de corpo receptor (BRAZ, 2005). No nível federal, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA determina parâmetros para a utilização das águas ao mesmo tempo em que as classifica segundo sua utilização conforme apresentado na Tabela 1 (BRASIL, 2005).

A Resolução 357 do CONAMA de 2005 é um instrumento de planejamento que permite estabelecer a qualidade que cada curso de água deverá manter de forma a atender seus usos específicos (BRAGA, 2005). Assim, por meio dessa resolução é determinada a utilização da água através de padrões de lançamento de efluentes, de modo que estes não ultrapassem as condições e os padrões de qualidade de água (Tabela 2), os quais por sua vez são relacionados à classificação dos corpos hídricos segundo a qualidade requerida para sua utilização (Tabela 1):

Tabela 1: Classificação de águas doces do território nacional, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes

Uso	Classe				
	Águas Doces				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	x	x	x	x	
Preservação do equil. natural das comun. aquáticas	x				
Proteção das comunidades aquáticas		x	x		
Recreação de contato primário		x	x		
Irrigação		x	x	x	
Aqüicultura e pesca		x	x		
Dessedentação de animais				x	
Navegação					x
Harmonia paisagística					x
Recreação de contato secundário					
Usos menos exigentes					x

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA, 357/2005 (BRASIL, 2005).

Tabela 2: Padrões de corpos d'água, Resolução CONAMA 357 de 2005, e parâmetros associados ao esgoto doméstico.

Categoria	Parâmetro	Unidade	Águas doces			
			1	2	3	4
Físicos	Cor	mgPt-Co/L	Nível natur.	75	75	-
	Turbidez	UNT	40	100	100	-
	Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500	-
Biológicos	Coliformes totais	org/100mL	1000	5000	20000	-
	Coliformes termotolerantes	org/100mL	200	1000	4000	-
Químicos	DBO ₅	mg/L	3	5	10	-
	OD	mg/L	≥6	≥5	≥4	≥2
	pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6 a 9
Substância potencialmente prejudicial	Amônia não-ionizável	mgNH ₃ /L	0,02	0,02	-	-
	Amônia total	mgN/L	-	-	1,0	-
	Nitrato	mgN/L	10	10	10	-
	Nitrito	mgN/L	1,0	1,0	1,0	-
	Fosfato total	mgP/L	0,025	0,025	0,025	-

Fonte: Adaptado de Chernicharo (2005).

A Resolução CONAMA 357/2005, no capítulo IV, Artigo. 24. estabelece que (BRASIL, 2005):

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Em cada classe de água, exceto na classe especial, o lançamento de efluentes deve atender às condições e aos padrões de lançamento de efluentes. No caso da classe especial, o Artigo 13 diz que deverão ser mantidas as condições naturais do corpo d'água.

No Artigo 26, a mesma Resolução diz que (BRASIL, 2005):

Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos...

A Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (FEEMA-RJ) determina padrões de redução da carga orgânica antes de ser lançada no corpo receptor. No Rio de Janeiro existe a Lei nº 4191 de 2003, que estabelece diretrizes para o gerenciamento de resíduos, através das normas legais e técnicas (RIO DE JANEIRO, 2003).

Adicionalmente, as unidades de tratamento de efluentes devem atender às normas impostas pelos órgãos municipais, em consonância com a Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998).

De acordo com Schories (2008), devido à provável rigidez da legislação ambiental, num futuro próximo muitos sistemas de tratamento de esgotos que operam atualmente não serão mais aceitos e necessitarão aumentar significativamente sua eficiência. Para isso é preciso, além de um projeto adequado aos municípios, a adoção de alguns critérios técnicos na implantação e na operação que permita o bom funcionamento das estações de tratamento (MENEZES *et al*; 2005).

Segundo o mesmo autor, as condições de operação e de monitoramento devem ser avaliadas mediante relatórios para verificar a adequação das unidades de tratamento de efluentes, sendo requeridas inclusive por órgãos ambientais para manutenção de licença de operação. Dentre algumas rotinas de operação, manutenção e segurança que devem ser realizadas por Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), está incluída a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas do afluente, do efluente, do corpo receptor e do lençol freático, conforme definido no processo de licenciamento (*Op cit*).

O lodo gerado nas estações de tratamento de esgotos constitui um aspecto que deve ser considerado, uma vez que trata-se também de um resíduo. Na ausência de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, as normas técnicas (NBRs) relativas ao gerenciamento de resíduos sólidos publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT são as regulamentações amplamente adotadas no Brasil (FIRJAN, 2006). Segundo a Norma NBR 10004 resíduos sólidos consistem em (ABNT, 2004):

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e

instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Esta definição encontra-se também na Lei do Estado do Rio de Janeiro – Lei nº 4191, de 30 de setembro de 2003 – que instituiu a Política Estadual de Resíduos Sólidos e também na Convenção de Basiléia para transporte interfronteiriço de resíduos perigosos (ZIGLIO, 2003).

Segundo Muga & Mihelcic (2007), o uso da energia é frequentemente associado a problemas ambientais globais tais como emissões de gases. Esse fato é outro aspecto geralmente negligenciado. Isso porque, embora instalações de tratamento tratem o esgoto com o objetivo de alcançar uma qualidade segura de descarga, de acordo com os mesmo autores, também há consumo considerável energia durante sua operação, fato que conseqüentemente contribui para emissões de dióxido de carbono na atmosfera (MUGA & MIHELICIC, 2007). Dessa forma, os gases liberados de tais processos também são considerados resíduos e devem ser incluídos no planejamento adequado de disposição dos subprodutos de tratamento dos esgotos, de modo a evitar contribuição à poluição no meio ambiente.

Assim, para efetivar tratamento e a disposição final de resíduos domésticos é necessário um gerenciamento integrado dos resíduos gerados, baseando-se nos requisitos legais, de forma a não ocasionar a degradação da qualidade ambiental.

2.3. Saneamento ambiental

A Organização Mundial de Saúde – OMS (2006) - define o saneamento como “o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem, ou podem exercer, efeitos nocivos sobre a saúde, incluindo as medidas que visam a prevenir e controlar doenças transmissíveis ou não”. Segundo Blauth (2002), saneamento ambiental é o conjunto de ações que promove o esgotamento sanitário de todos os domicílios e estabelecimentos, a

universalização do abastecimento de água potável, a revitalização dos corpos hídricos e o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos municipais (informação verbal)¹.

De acordo com as estimativas da OMS, mais de 4% da taxa de mortalidade no mundo corresponde a enfermidades diarréicas, que afetam principalmente crianças, sendo que 88% dessa taxa têm sua origem na má qualidade dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e em falta de higiene. Assim, sistemas de abastecimento de água, de esgotos sanitários, de coleta e de destinação adequada de resíduos sólidos urbanos e das áreas rurais estão diretamente ligados à qualidade de vida da população (TCE, 2007).

O IBGE (2000) estima que, do total de distritos brasileiros, 84% lançam os esgotos diretamente nos corpos hídricos e 58% não possuem qualquer tipo de rede coletora. Conforme o estudo socioeconômico 2007 realizado pelo Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro TCE/RJ, no caso de Conceição de Macabu:

- 52,9% dos domicílios do município possuem rede coletora;
- 13,1% têm fossa séptica;
- 2,4% utilizam fossa rudimentar;
- 30,6% estão ligados a uma vala;
- 0,6% são lançados diretamente em um corpo receptor (rio).

De acordo com o mesmo estudo, o esgoto coletado passa por algum tipo de tratamento e é lançado no rio.

Os benefícios ao bem-estar e à qualidade de vida das populações, atendidas por projetos de saneamento, fez com que durante muito tempo eventuais impactos negativos sobre o meio ambiente natural fossem desconsiderados (PIMENTEL, 1998). Com isso, segundo o mesmo autor, em muitos estados brasileiros grande número de mananciais foram comprometidos devido aos projetos de esgotamento sanitário e abastecimento de água, seja pelos lançamentos de efluentes, seja por retiradas excessivas de água, alterando o ecossistema e inviabilizando outros usuários a jusante.

Muitos rios que recebem contribuição de efluentes industriais sem tratamento são utilizados para o abastecimento humano, e o tratamento adotado para tais águas, do tipo

¹ BLAUTH, P. *Oficina de Saneamento Ambiental*. Secretaria do Meio Ambiente – SP. Disponível em: www.ambiente.sp.gov.br/EA/projetos/Apostila_Saneam. 2002.

convencional, muitas vezes não proporciona níveis de segurança adequados (GENERINO, 2006). Ressalta-se que o mesmo pode ocorrer no caso de rios que recebem o aporte de esgotos sanitários que, além de contribuir para a degradação do recurso, pode também ocasionar doenças de veiculação hídrica à população.

A estreita relação da saúde com a provisão de medidas sanitárias é bastante conhecida, principalmente no que se refere à água de abastecimento doméstico e ao esgotamento sanitário. Cerca de 80% das doenças de países em desenvolvimento como o Brasil é proveniente da água de má qualidade (TCE, 2007). Algumas doenças que podem ser transmitidas pela disposição inadequada de esgotos são epidemias de febre tifóide, disenteria, cólera, diarreia, hepatite, leptospirose e giardíase (BRAGA, 2005). Outro fator relevante deve-se ao fato de que a água de qualidade também é um fator de inclusão social, uma vez que populações de baixa renda têm dificuldade de acesso ao tratamento de doenças de veiculação hídrica, ou até mesmo à água de qualidade para beber (TCE, 2007).

Assim, o saneamento como promoção da saúde é uma intervenção multidimensional que se dá no ambiente considerado em suas dimensões física, social, econômica, política e cultural, visando à qualidade de vida por meio da implantação de sistemas de engenharia associada a um conjunto de ações integradas (SOUZA *et al.*; 2007).

A Agência Nacional de Águas (ANA) criou o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES para incentivar a implantação de estações de tratamento de esgotos, com o objetivo de reduzir os níveis de poluição dos recursos hídricos no país e de induzir a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos através da organização dos Comitês de Bacia Hidrográfica e da instituição da cobrança pelo direito de uso da água. Esse programa paga pelo esgoto efetivamente tratado (ANA, 2007), usando o princípio do usuário-pagador.

Rocha *et al.* (2006) consideram os resíduos de fazendas, a utilização de agro-químicos nas lavouras, os resíduos industriais, os poluentes atmosféricos, as rodovias, o transporte, a descarga de navios e os resíduos domésticos tratados e não tratados como as principais rotas de aporte de poluentes em recursos hídricos. Com relação aos resíduos domésticos observa-se que, nas estações de tratamento de águas para abastecimento público e de efluentes, grandes quantidades de produtos químicos são usados para remoção de impurezas. Levando-se em

conta os produtos gerados, após o tratamento são produzidos efluentes com altas concentrações de produtos químicos.

Baird (2002) cita que as técnicas mais modernas de purificação de águas são processos oxidativos avançados, os processos fotocatalíticos e a degradação redutiva de compostos clorados, entre outros.

2.4. Efluentes domésticos

2.4.1. Características de efluentes líquidos

Enfatizando-se a poluição causada por esgotos domésticos, o consumo de oxigênio dissolvido constitui-se um dos principais problemas de poluição das águas (SPERLING, 1996). Nos cursos hídricos, a maior parte dos organismos aquáticos depende de oxigênio para sobrevivência. A desoxigenação pode ser causada por agentes redutores, que possuem uma demanda de oxigênio imediata, ou pela decomposição biológica da matéria orgânica dos despejos. Adicionalmente, nutrientes em excesso na água provocam gosto e odor desagradáveis, devido ao crescimento acelerado de vegetais microscópicos e ainda (BRAGA, 2005). Outros efeitos da poluição por esgotos domésticos são o acúmulo de sólidos inorgânicos, substâncias tóxicas, sais não-tóxicos como fósforo inorgânico e sais de nitrogênio; e substâncias que produzem espuma e cor (despejos anti-estéticos), que são indicadores de contaminação (HAMMER, 1979).

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e microorganismos. Devido a essa fração de 0,1% há necessidade de se tratar os esgotos (SPERLING, 1996). De acordo com um levantamento realizado por Bonnet (1997)² *apud* (KAICK, 2002), essa pequena fração é composta por: 55% de matéria orgânica decomponível; 20% de matéria inorgânica;

² BONNET, B. R. P. *Diagnóstico de situação e proposição de sistema de monitoramento dos impactos ambientais causados pela reciclagem agrícola do lodo de esgotos*. Dissertação (Monografia) Curso de Pós-graduação *Lato Sensu*. Curitiba. 1997. *Apud* KAICK, 2002.

25% de misturas de materiais orgânicos e inorgânicos, como nutrientes distribuídos como sólidos suspensos ou dissolvidos, voláteis ou fixos, com pH variando entre 6,5 e 8,0.

No caso de efluentes urbanos, estes podem ser compostos apenas por efluentes domésticos ou por uma combinação destes com efluentes industriais e águas pluviais. Sendo assim, a qualidade dos efluentes determina se um tratamento futuro é requerido, que tipo de opções de descarga pode ser utilizada e o seu potencial de reuso (MUGA & MIHELICIC, 2007). As estações de tratamento municipais são projetadas convencionalmente em função da vazão e das características do esgoto bruto.

2.4.2. Tratamento de efluentes

Cada vez mais são requeridos sofisticados e onerosos sistemas de tratamento das águas superficiais destinadas ao abastecimento municipal e rural, uma vez que tais águas têm se tornado mais poluídas. Ao mesmo tempo, em função da escassez da água que vem se acentuando nos últimos anos, há grande preocupação na busca por fontes alternativas de recursos hídricos (SILVA, 2004).

Segundo Oron *et al.* (1999), fontes adicionais incluem água salobra e esgoto tratado. Considerando-se que os custos de instalação e operação de estações dessalinizadoras também são elevados, uma opção adequada seria o tratamento de efluentes (PEREIRA, 2005), que além de proporcionar solução aos problemas de escassez de água, pode minimizar doenças e riscos ambientais.

Tratamento de efluentes, na realidade, são condições criadas pelo homem que simulam a autodepuração típica dos corpos receptores e, após reduções significativas da carga orgânica, tornam possíveis as disposições adequadas no corpo receptor (BRAZ, 2005).

Conforme Menezes *et al.* (2005), diversos são os tratamentos de esgotos disponíveis, e a adoção de um ou de outro sistema depende das condições locais, da disponibilidade de área, de aspectos econômicos e de mão-de-obra especializada.

Os processos de tratamento são efetuados com base nas características dos esgotos, sendo classificados como (BRAZ, 2005):

- Processos físicos - remoção de sólidos grosseiros, sólidos sedimentáveis e

sólidos flutuantes; por meio do gradeamento, caixas de areia, sedimentação e filtração;

- Processos químicos - envolvem a precipitação química, floculação, oxidação química, cloração e neutralização (correção do pH);
- Processos biológicos - podem ser oxidação biológica aeróbia por meio dos lodos ativados, filtros biológicos, valos de oxidação e lagoas de estabilização; ou anaeróbia através de reatores anaeróbios de fluxo ascendentes; ou ainda digestão do lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas).

O grau necessário a ser alcançado em um determinado tratamento de esgotos varia de acordo com o local e depende: dos usos preponderantes das águas receptoras a jusante do ponto de lançamento dos esgotos; da capacidade do corpo receptor de água em assimilar o líquido tratado por diluição e autodepuração; de exigências legais estabelecidas pelos órgãos de controle de poluição para o corpo receptor; e dos usos específicos do efluente tratado (reuso industrial, reuso agrícola e recarga de aquíferos) (BRAGA, 2005).

De acordo com o grau de eficiência obtido pelas unidades, o tratamento de esgotos pode ser classificado como tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

No tratamento preliminar retiram-se os sólidos grosseiros e areia principalmente, para proteger os dispositivos de transporte dos esgotos e as unidades de tratamento subseqüentes (MENEZES, 2005). Segundo o mesmo autor, nos desarenadores faz-se a remoção da areia contida nos esgotos por meio da sedimentação, e a remoção dos sólidos de dimensões maiores é feita por meio de gradeamento (Fig. 1). Além das unidades de remoção de sólidos, inclui-se um medidor de vazão a fim de correlacionar o nível do líquido e a vazão (SPERLING, 1996).

O tratamento primário tem como objetivos a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e de sólidos flutuantes que compreendem a matéria orgânica em suspensão. Já o tratamento secundário visa à remoção de matéria orgânica, sendo que a essência do processo é a inclusão de uma etapa biológica baseada em reações bioquímicas realizadas por microorganismos (MENEZES, 2005; BRAZ, 2005). As principais classes de tratamento primário e secundário, abordadas por Sperling (1996) e Menezes (2005), são apresentadas a seguir. No primeiro caso, existem os tanques imnhof que são variantes de fossa séptica, onde os sólidos sedimentados se estabilizam após um período; e os decantadores que são

dispositivos que permitem que os esgotos possam fluir lentamente ocasionando a sedimentação no fundo. Esses sólidos constituem o lodo contaminado por patógenos.

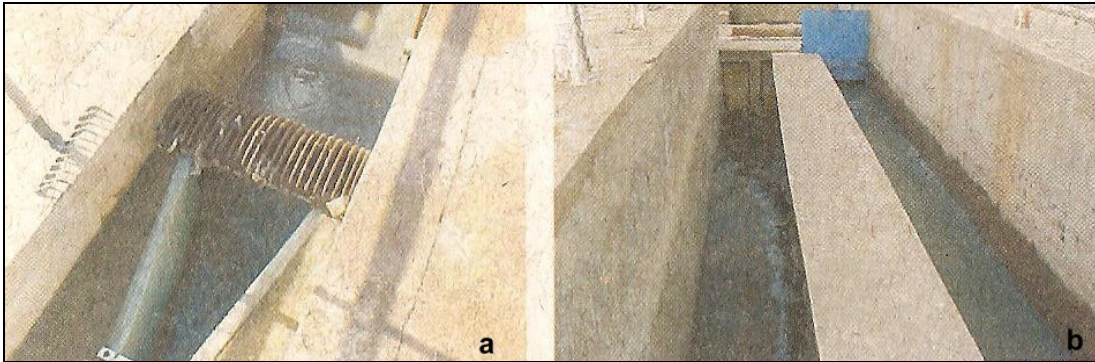


Figura 1: a) Gradeamento, b) Gradeamento mecânico. Fonte: Menezes (2005)

No nível de tratamento secundário há uma variedade de métodos, sendo os mais conhecidos: lagoas de estabilização, lodos ativados, filtro biológico e tratamento anaeróbio. No sistema de lagoas de estabilização os variantes podem ser:

- Lagoas facultativas - onde o processo é o mais simples uma vez que depende de fenômenos naturais. O efluente entra em uma extremidade e ao longo do percurso passa por processos que purificam o mesmo antes de sair pela outra extremidade. Esse sistema requer uma grande área (Fig. 2).
- Lagoas anaeróbicas facultativas - que consiste numa lagoa de menor dimensão e onde o tempo de permanência é menor. A decomposição da matéria orgânica nesse sistema é parcial (40 a 50%) e o efluente com essa carga é encaminhado a uma lagoa facultativa podendo ter dimensões menores devido à menor carga que recebe.
- Lagoa aerada facultativa – onde o oxigênio é obtido através de equipamentos aeradores. Na massa líquida é possível uma rápida decomposição da matéria orgânica e os sólidos sedimentam e constituem a camada de lodo de fundo.
- Lagoas aeradas de mistura completa - lagoas de decantação - onde um alto grau de energia por unidade de volume promove a mistura completa dos constituintes da lagoa. Nesse sistema é necessário que haja uma unidade

subseqüente onde os sólidos em suspensão possam vir a sedimentar (lagoa de decantação).

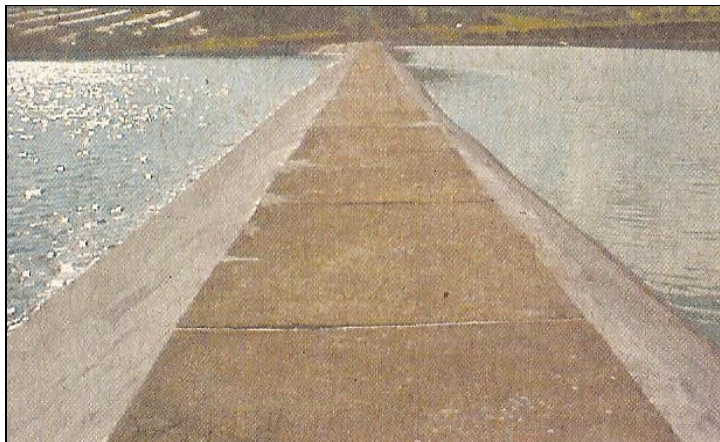


Figura 2: Lagoa Facultativa. Fonte: Menezes (2005)

O sistema de lodos ativados pode consistir de variantes como: lodos ativados convencionais, aeração prolongada e fluxo intermitente. No primeiro tipo, os sólidos são recirculados do fundo da unidade de decantação, por meio de bombeamento para a unidade de aeração (Fig. 3). Dessa forma, a concentração de sólidos em suspensão nesse sistema é muito maior e com o maior tempo de detenção a biomassa tem tempo suficiente para metabolizar praticamente toda a matéria orgânica. Com a reprodução dos microorganismos é necessária a remoção do lodo biológico excedente, que deve sofrer tratamento adicional. No sistema de aeração prolongada há maior tempo em que a biomassa permaneça no sistema, de modo que há menos matéria orgânica e as bactérias sobrevivem utilizando a própria matéria orgânica de suas células. Assim, o lodo é tratado ainda nessa unidade.

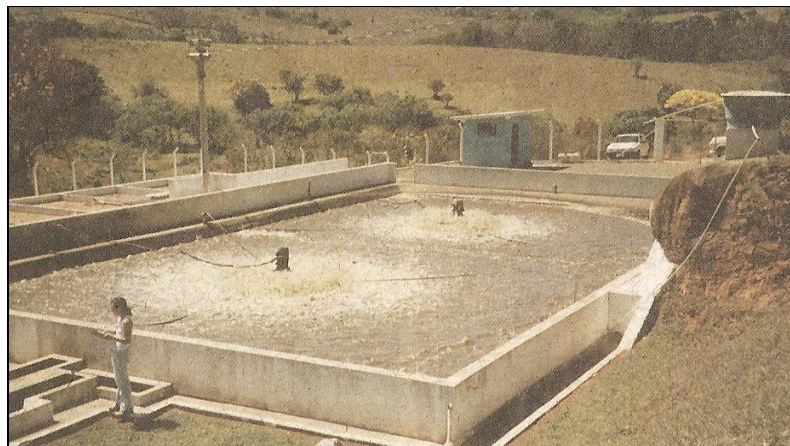


Figura 3: Tanque de aeração. Fonte: Menezes (2005)

Com relação ao variante de fluxo intermitente (batelada), há incorporação de todas as unidades, processos e operações associados ao tratamento convencional num único tanque, de modo que todas as etapas do processo ocorrem através de ciclos de operação.

O sistema de filtros biológicos consiste no fato de a biomassa crescer aderida a um meio suporte. Tais filtros têm menor capacidade de se ajustar a variações no efluente.

Já no tratamento anaeróbio, a unidade filtro anaeróbio promove um processo onde o esgoto escoar através de um leito com material grosseiro e as bactérias aderem-se a esse material formando uma película. O tratamento ocorre no contato do esgoto com a película. Nesse tipo de tratamento outra unidade que pode ser citada é o reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA ou UASB; Fig. 4), onde ocorre a decomposição da matéria orgânica afluyente nos esgotos pela ação de bactérias anaeróbias contidas no lodo formado no fundo do reator. Dessa forma, a carga orgânica é consumida pelos microorganismos gerando gás metano, lodo e água. Esse processo é usualmente complementado numa unidade de pós-tratamento.



Figura 4: Reator UASB. Fonte: Menezes (2005).

Conforme Santos (2002), lançamento de efluentes em áreas com determinados usos previstos pode estar sujeito a padrões mais restritivos e que exijam sistemas de tratamento ainda mais eficientes do que o tratamento secundário. Estes processos de tratamento avançados (tratamento terciário) envolvem o “polimento de efluentes”, eliminando ainda mais

a DBO₅, os sólidos em suspensão e os componentes tóxicos tais como metais pesados. Nesse nível de tratamento alguns exemplos são: desinfecção, processos adicionais de remoção de nutrientes e filtração (BRAZ, 2005). No caso das lagoas de maturação, são efetuados processos biológicos, usados como refinamento de outros tratamentos realizados, reduzindo bactérias e nutrientes, além dos compostos citados anteriormente. Porém alguns autores como Braz (2005) e Menezes (2005) consideram essa fase, como processos de nível secundário. Os processos terciários mais usados são: filtração em meio granular; adsorção com carvão ativado, tratamento químico, extração de ar e cloração.

A aplicação de esgotos no solo pode ser considerada uma forma de disposição final e de tratamento. Os efluentes conduzem a recarga do lençol subterrâneo e a evapotranspiração, e ainda permitem o suprimento das necessidades das plantas, tanto em termos de água como de nutrientes. Os poluentes geralmente são removidos por mecanismos físicos, químicos ou biológicos. Os principais tipos de aplicação no solo são: infiltração lenta (irrigação), infiltração rápida (alta taxa), infiltração subsuperficial e escoamento superficial (BRAZ, 2005).

De acordo com Chernicharo (informação verbal)³, a porção de sólidos que compõem os esgotos domésticos também inclui organismos patogênicos que constituem o lodo. Assim, este material é um aspecto importante a ser considerado, uma vez que nem toda matéria orgânica é biodegradável. Embora uma porção considerável de carboidratos, gorduras e proteínas sejam convertidas em dióxido de carbono pela ação dos microorganismos, uma quantidade excedente de lodo é gerada no tratamento biológico (HAMMER, 1979).

As técnicas para o processamento do lodo dependem do tipo, da capacidade e localização da ETE e do método para a disposição final no solo. O sistema selecionado deve ser capaz de receber o lodo produzido e convertê-lo num subproduto economicamente e ambientalmente aceitável para o descarte (*op cit*).

De acordo com Sperling (1996), embora o lodo seja constituído, na maior parte das etapas, por 95% de água, usa-se a denominação de sólido para distingui-lo do fluxo líquido tratado.

³ CHERNICHARO, C. A. L. *Introdução ao Tratamento e ao Pós-tratamento de Esgotos. Curso sobre Pós-tratamento de Efluentes Anaeróbios*. DESA. UFMG.

Dentre as principais etapas do tratamento do lodo podem ser citadas (MENEZES, 2005):

- Adensamento: redução de umidade, onde visa-se aumentar a concentração de lodo pelo processo de sedimentação da matéria em suspensão;
- Estabilização: redução de matéria orgânica por processos como tratamento químico, digestão anaeróbia e aeração;
- Desidratação: redução adicional de umidade que pode ser feita por filtro a vácuo, por filtros-prensa, por centrifugação e por leitos de secagem;
- Disposição final: destino final do subproduto, que ocorre geralmente por incineração, por disposição em aterro sanitário ou por espalhamento no solo.

A última etapa supracitada tem sido alvo de discussões em função das concentrações de nutrientes que podem ser encontradas no resíduo final com potencialidade para serem reaproveitadas como adubos orgânicos ou fertilizantes para agricultura. Entretanto, caso a digestão do lodo não seja completa, há o risco de se poluir o solo e as águas subterrâneas.

2.4.3. Tratamento alternativo de efluentes

De acordo com Tundisi (2005), é amplamente reconhecido que áreas alagadas são importantes ambientes que podem proporcionar tratamento adequado e de baixo custo a certos tipos de efluentes líquidos, principalmente aqueles com descarga orgânica (Domingos, 2006). Estudos baseados em áreas alagadas aumentaram nos últimos anos uma vez que se verificou a capacidade desses sistemas e de plantas adaptadas a estes, de remover nutrientes e material orgânico de águas poluídas.

Os poluentes são removidos nos alagados através de uma combinação de processos químicos, físicos e biológicos, onde a sedimentação, a precipitação, a adsorção, a assimilação pelas plantas e a atividade microbiana são as formas mais importantes de atividade (LANNES, 2004).

As macrófitas aquáticas são vegetais características de áreas alagadas e seu papel no tratamento de efluentes é documentado por autores como Ayaz & Akça (2001) e Brix (1997). Alagados construídos simulam alagados naturais tendo um grande potencial para aplicação

em pequenas comunidades rurais e urbanas devido à facilidade de controle para o tratamento de água e esgoto. Além disso, podem ser uma opção econômica para o tratamento secundário de efluentes de alagados de estabilização. Segundo Luederitz *et al.* (2001) os alagados podem prover uma economia de aproximadamente 70% em material e 80% em energia quando comparados aos sistemas tradicionais de tratamento de esgotos.

Porém, esses sistemas requerem uma grande área de acordo com a carga de águas poluídas que devem ser tratadas (DOMINGOS, 2006).

2.4.4. Planejamento de implantação de sistema de tratamento de efluentes e reuso

Apesar de empresas de saneamento básico exercerem atividades consideradas nobres, elas são responsáveis por impactos ambientais significativos, sentidos não só nas obras de implantação dos sistemas de tratamento, mas principalmente em sua operação (TCE, 2006). Um aspecto negativo desses sistemas é a possibilidade de criar um desequilíbrio no regime hidrológico e ecológico natural de um ecossistema aquático. A descarga de grandes volumes de esgoto tratado, por exemplo, que contém baixa concentração de constituintes químicos, ainda assim pode levar a uma entrada excessiva de nutrientes num corpo hídrico, conferindo alteração na qualidade da água (MUGA & MIHELICIC, 2007). Assim, o planejamento de implantação de sistemas de tratamento de esgotos deve ser avaliado pelo fato de tais sistemas apresentarem riscos ambientais.

O procedimento necessário para a implantação de sistemas de tratamento de esgotos depende das oportunidades, das características das demandas locais e das principais dimensões físicas, econômicas e sociais da área de projeto (HESPANOL, 2002).

A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento das fases líquida e sólida deve ser resultado de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos e de eficiência qualitativa e quantitativa de cada alternativa. Deve-se levar em consideração que a melhor alternativa nem sempre é a que apresenta o menor custo em estudos econômicos e financeiros. A fase inicial de projetos deve englobar um estudo de fatores essenciais, tais como (SPERLING, 1996):

- Caracterização quantitativa e qualitativa dos esgotos afluentes à ETE;

- Os requisitos legais de qualidade do efluente e o nível de tratamento necessário;
- Estudos populacionais;
- Determinação do período de projeto e etapas;
- Estudo das diferentes alternativas de tratamento;
- Pré-dimensionamento das alternativas tecnicamente viáveis;
- Avaliação econômica;
- Seleção de alternativa com base em análise técnica e econômica.

Devem ser consideradas também as características ambientais para análise do local com potencial para implementação do sistema de tratamento de esgotos, abordando riscos possíveis. Assim devem ser avaliados o tipo de solo e a profundidade de potencial contaminação de aquíferos, dentre outros aspectos.

Conforme o Manual de Saneamento da FUNASA (FUNASA, 2007), a presença de água em abundância aumenta a produção de esgoto. Nessa condição esses esgotos necessitam de uma destinação mais adequada, onde devem ser considerados: vazão, tipo de solo, nível de lençol freático e tipo de tratamento (primário, secundário ou terciário).

De acordo com Oron *et al.* (1999), a aplicação de projetos de tratamento de efluentes e potencial reuso na agricultura, requer a avaliação de alguns parâmetros típicos para identificar o tipo de comunidade envolvida. Exemplos desses parâmetros seriam: o tamanho da comunidade; a distância entre comunidades vizinhas; as características ambientais locais da comunidade (para avaliar possibilidades de disposição de esgoto próximo à área colonizada ou necessidade de transporte para lugares de reaproveitamento distantes); a localização de lugares onde o esgoto poderia ser tratado e que o efluente líquido poderia ser reutilizado predominantemente para a irrigação; o suprimento de água; e o nível tecnológico da comunidade que pode estar relacionado à falta de conhecimento de problemas ambientais.

Dentre benefícios ambientais, sociais e relacionados à saúde pública, originados do tratamento de esgotos e do posterior reuso do efluente, de acordo com Hespanol (2002), é possível citar os seguintes:

- Propiciar o uso sustentável dos recursos hídricos;
- Preservar recursos subterrâneos principalmente em áreas onde a utilização

excessiva de aquíferos provoca intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos;

- Evitar a tendência de erosão do solo e controlar processos de desertificação por meio da irrigação e fertilização pela inserção de nutrientes;
- Maximizar a infra-estrutura de abastecimento de água e tratamento de esgotos pela utilização múltipla da água;
- Contribuir para a elevação dos níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas a sistemas de tratamento e reuso;
- Aumentar a disponibilidade de empregos e de assentamentos populacionais nas áreas rurais.

Ao analisar experiências internacionais, Bernardi (2003) observou que alguns países já estabeleceram mercados de água, incluindo água de reuso de efluentes destinada para diversos fins como a irrigação, e que alguns casos podem ser estudados para a realidade brasileira. Alguns exemplos citados são: a irrigação sem restrição de culturas, ou com métodos que exigem critérios mais rigorosos de qualidade de efluentes; e irrigação restrita a certas culturas, ou com métodos que admitem a utilização de efluentes de baixa qualidade.

Apesar de ser uma boa alternativa de disposição de efluentes e suprimento de água para irrigação, o uso de esgotos tratados (efluente líquido e lodo) apresenta alguns riscos que devem ser avaliados mediante a decisão de aplicação de técnica de tratamento e reuso de efluentes (BERNARDI, 2003; HESPANOL, 2002).

2.5. Diagnóstico socioambiental e indicadores de qualidade de água

Segundo Castro (2006), a avaliação das conseqüências no ambiente originadas de intervenções de projetos de empreendimentos produtivos exige considerar seus efeitos sobre o ambiente natural, social, econômico e político. Esses mesmos aspectos devem ser considerados na identificação, compreensão e intervenção em qualquer problema já estabelecido em um dado sistema ambiental. Quando se busca avaliar o estado do meio ambiente, objetiva-se determinar sua qualidade em termos de todos os elementos que o constituem e dos ecossistemas que o acompanham (PNUMA, 2003). Sendo assim, para se

avaliar a realidade ambiental de um determinado lugar, deve-se realizar o diagnóstico ambiental, analisando as características geoambientais e as relações da sociedade sobre elas (HUNKA, 2006).

O diagnóstico socioambiental, de acordo com Castro (2006), tem como objetivo retratar a situação do sistema ambiental com relação aos seus usos, às áreas preservadas, aos problemas ambientais e seus efeitos, aos agentes responsáveis e aos receptores dos danos ambientais, assim como à dinâmica de atuação da sociedade civil local. O mesmo autor define um diagnóstico ambiental como o conhecimento de todos os componentes ambientais de uma determinada área para a caracterização de sua qualidade ambiental, ou ainda como parte do Estudo de Impacto Ambiental destinado a caracterizar a situação do meio ambiente na área de influência. De acordo com Hunka (2006), alguns autores consideram que a etapa de diagnóstico ambiental permite avaliar os principais problemas e as perspectivas de soluções que subsidiam os planos de trabalhos e propostas de intervenções posteriores.

Ainda nesse sentido, Muga & Mihelcic (2007) afirmam que a sustentabilidade de sistemas de tratamento de esgotos pode ser conseguida através de diferentes instrumentos de avaliação, como análises de energia, análise econômica e avaliação do ciclo de vida. De acordo com Castro (2006), embora somente para o EIA/RIMA existam definições legais da relação dos elementos do meio ambiente necessários a um diagnóstico, há sugestões do poder público de requisitos mínimos a serem cumpridos na elaboração de diagnósticos ambientais. Conforme o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA (2003), para avaliar o estado do meio ambiente existem parâmetros definidos e aceitos nacional e internacionalmente que servem de referência para esse processo.

No entanto, em cada diagnóstico ambiental, quer sejam projetos de atividades potencialmente poluidoras, planos diretores de Unidades de Conservação ou de bacias hidrográficas, os elementos integrantes do meio ambiente e seus fatores condicionantes e, sobretudo, as interações a serem estudadas são específicos para aquela situação (CASTRO, 2006). Além disso, a abrangência e a profundidade das pesquisas dependem dos recursos humanos e financeiros disponíveis. No estudo de Muga & Mihelcic (2007), foi possível observar que a avaliação da sustentabilidade de várias tecnologias de tratamento de esgotos, de fato, depende da dimensão econômica, social e ambiental local, e a seleção e interpretação

dos indicadores é influenciada pela condição da área geográfica e demográfica. Dessa forma, verifica-se a importância da realização de diagnóstico específico para cada região em função da diversidade das áreas urbanas e rurais e entre as localidades. Além disso, existem diversas metodologias de análise de indicadores e dados, o que torna o trabalho de avaliação específico.

O PNUMA (2003) estabelece como base para suas análises, indicadores utilizados como instrumentos que permitem descrever as características de um fenômeno ou avaliar seu desempenho no tempo e espaço. Tais indicadores podem ser de estado do meio ambiente, de pressão, de impacto e de resposta e deve-se considerar que pode haver inter-relação entre esses indicadores num determinado processo de avaliação.

Dentre os objetivos dos indicadores de estado do meio ambiente, o PNUMA (2003) relaciona: descrever as condições e a qualidade do meio ambiente local e expressar o resultado das pressões antrópicas do processo de desenvolvimento urbano no meio ambiente, desde o ponto de vista da qualidade e quantidade dos recursos. Os indicadores de pressão permitem identificar as causas do problema observado, já os de impacto relacionam os efeitos derivados desse estado. Quanto aos indicadores de resposta se expõe medidas para enfrentar os problemas.

A partir da avaliação desses aspectos se formulam as políticas públicas para enfrentar os problemas detectados e a seleção do tipo de indicador a ser utilizado depende do objeto de avaliação. Nesse sentido, o diagnóstico atua na primeira etapa do processo de decisões políticas na identificação do problema através de indicadores.

De acordo com Borja & Moraes (2003), os esforços atuais para a construção de sistemas de indicadores têm se concentrado na avaliação da qualidade de vida em sua dimensão social e ambiental. Entretanto, deficiências associados ao saneamento são alguns dos problemas urbano-ambientais mais frequentes em países em desenvolvimento, e especificamente no que se refere à disposição de esgoto doméstico em ecossistemas aquáticos. Assim, os dados sobre a qualidade e disponibilidade de água doce são altamente relevantes para a gestão ambiental (PNUMA, 2003). A tabela 3 mostra a relação de alguns fatores com o indicador de qualidade da água de abastecimento.

Tabela 3 - Recursos naturais e indicadores do estado do meio ambiente.

Recursos naturais	Temas/ Fatores	Indicadores
Água	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso e abastecimento • Águas residuais e saneamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Escassez de água (frequência, extensão e duração) • Qualidade de água de abastecimento
Solo	<ul style="list-style-type: none"> • Características do solo 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentagem de áreas geologicamente instáveis ocupadas

Fonte: Adaptado de PNUMA, 2003.

A qualidade da água pode ser um fator determinante de biodiversidade de espécies de fauna e flora em ecossistemas (PNUMA, 2003). Segundo Tundisi (2005), os principais efeitos da eutrofização são: a anoxia, que provoca a mortalidade de peixes e invertebrados e ainda libera gases com odor (algumas vezes tóxicos); o florescimento de algas e crescimento não controlado de plantas aquáticas, como macrófitas; acentuada queda na biodiversidade e no número de plantas e peixes.

No que se refere à dimensão social, a participação pública é um aspecto frequentemente negligenciado na seleção de tecnologias de tratamento de esgotos mais apropriadas para uma comunidade particular (MUGA & MIHELICIC, 2007). Entretanto, conforme estudo realizado por Libânio *et al.* (2005), em função da grande correlação de indicadores de saneamento com aqueles que expressam as condições de vida das populações (como desenvolvimento social e saúde pública), os aspectos sociais são de grande relevância para avaliação da sustentabilidade ambiental.

De fato o desenvolvimento do conhecimento científico, aliado à maior informação das pessoas sobre a influência da qualidade ambiental na saúde, nos últimos anos, tem destacado o ambiente como um dos elementos determinantes de maior importância no processo saúde-doença do ser humano (CÂMARA, 2003 *apud* OLIVEIRA, 2006, p.39). Assim revela-se a grande relevância da dimensão social na caracterização de um dado sistema ambiental.

Conforme Muga & Mihelcic (2007), a participação pública é um indicador difícil de quantificar, entretanto Palme *et al.* (2005) sugerem como alternativa para essa mensuração a porcentagem de usuários que têm conhecimento acerca da relação entre qualidade ambiental e

efeitos das condições do meio ambiente.

Com relação a qualidade da água, o aporte de substâncias nos mananciais origina-se de várias fontes como efluentes domésticos e industriais, drenagem urbana e de produtos agrícolas, dependendo do uso e ocupação do solo (ROCHA, 2006). No caso da chamada “eutrofização cultural”, por exemplo, refere-se à alteração da qualidade da água proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais em ecossistemas aquáticos (TUNDISI, 2005). Dessa forma, as diversas atividades humanas conferem características a água, cuja determinação das fontes poluentes se torna dificultada.

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos (BRAGA, 2005). Os parâmetros convencionais de qualidade de água associados ao tratamento de esgotos predominantemente domésticos são: sólidos totais em suspensão, indicadores de matéria orgânica, como demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e oxigênio dissolvido; nitrogênio; fósforo e indicadores de contaminação fecal como coliformes fecais (MUGA & MIHELICIC, 2007). Segundo Braga (2005) e Rocha *et al.* (2006), os parâmetros componentes do IQA utilizados pela CETESB incluem além dos citados, pH, temperatura, resíduo total e turbidez.

O cálculo do IQA a partir desses componentes presta-se ao estabelecimento de um indicador para a qualidade de abastecimento público e a ausência do valor de algum daqueles, inviabiliza o cálculo do índice (ROCHA *et al.*, 2006).

Os principais objetivos do tratamento de esgotos urbanos visam à redução de DBO, sólidos em suspensão, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e coliformes fecais (SANTOS, 2002) de modo que a avaliação da eficiência do tratamento se baseia principalmente nesses indicadores.

Considerando que o despejo de efluentes domésticos não-tratados em ecossistemas aquáticos é fonte de contaminação biológica que pode afetar a saúde humana, a incidência de doenças pode ser utilizada como indicador (Tabela 4). Segundo o PNUMA (2003), em países da América Latina e do Caribe, doenças de veiculação hídrica originadas do contato freqüente com água contaminada por matéria fecal é uma das causas de mortalidade infantil. Adicionalmente, em lagos, represas e rios o processo de eutrofização, que consiste no rápido desenvolvimento de plantas aquáticas, inicialmente cianobactérias, ocasiona a produção de

substâncias tóxicas que podem também afetar a saúde do homem (TUNDISI, 2005).

Tabela 4 – Fatores e indicadores de impacto derivados do estado do meio ambiente.

Impacto sobre	Temas/ Fatores	Indicadores
Ecosistemas e o meio natural	Degradação ambiental	Perda da biodiversidade
Qualidade de vida e saúde humana	Qualidade de vida	Incidência de enfermidades provenientes de recursos hídricos
Economia urbana	Exteriorização derivada do estado do meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Gastos de saúde pública devido a enfermidades provenientes de recursos hídricos • Custos de captação/tratamento de água

Fonte: Adaptado de PNUMA, 2003.

2.6. Participação social e educação ambiental no processo de gestão

Bernardi (2003) ressalta a importância da participação dos setores, comunidades e indivíduos envolvidos no processo de aplicação de tratamento e reuso de efluentes. Isso pode permitir a definição de hábitos e costumes utilizados na prática de uso e reuso de água garantindo o valor da mesma como fator econômico de desenvolvimento social, além de possibilitar a ampla aceitação dos projetos.

Alguns aspectos dos quais depende a aceitação de sistemas de tratamento e reuso pelo público, de acordo com resultados de pesquisas realizadas pela Environmental Protection Agency (EPA 2004), são: conhecimento da qualidade dos esgotos tratados e de como ele será utilizado; confiabilidade na capacidade de gestão local encarregada dos serviços e na adequabilidade dos sistemas de tratamentos propostos; certeza de que o sistema envolve riscos mínimos de saúde e de degradação ambiental.

As regulamentações das áreas de meio ambiente e de recursos hídricos incentivam a participação da sociedade no processo de tomada de decisão de empreendimentos e atividades, tornando fundamental o envolvimento desses atores no processo decisório (GENERINO, 2006). Entretanto, para que tal participação ocorra de forma qualificada, é

necessária a adoção de práticas de educação ambiental.

A ação educacional corresponde a uma forma de ação social voltada para a promoção da racionalidade e da justiça nas práticas sociais e sua transformação pelos próprios envolvidos, a partir da compreensão dos fundamentos destas práticas e das situações em que eles se encontram (GRABAUSKA, 2001).

Segundo Kaick (2002), a educação para o desenvolvimento sustentável precisa estar baseada nos princípios da Educação Ambiental (EA), sem a qual a mudança de comportamento de um indivíduo em relação à natureza dificilmente poderá ocorrer.

No Brasil, a Constituição da República Federativa do Brasil, de 1988, no Capítulo VI, Artigo 225, diz que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. E no parágrafo 1º, item VI, diz que, para assegurar a efetividade desse direito, o Poder Público é responsável por: “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente” (BRASIL, 1988).

Em contrapartida, de acordo com a Lei 9795 de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, é papel da sociedade manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais (BRASIL, 1999).

A inclusão da EA como item necessário nos grandes projetos de desenvolvimento - fenômeno, relacionados à inclusão da variável ambiental nas políticas públicas nacionais e internacionais, intensificada após 2ª Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), também tem sido um fator de expansão e visibilidade desta prática há alguns anos (DIAS, 2004).

A Lei 9.795 define EA no Artigo 1º como: “... os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”.

Assim, a EA deve permitir a compreensão da natureza complexa do meio ambiente e interpretar a interdependência entre os diversos elementos que constituem o ambiente, a fim

de utilizar racionalmente os recursos do meio na satisfação material e espiritual da sociedade no presente e no futuro (KAICK, 2002).

De acordo com Braga (2005), um dos princípios básicos da Prevenção da Poluição refere-se a Programas Educacionais que consiste em desenvolver programas de conscientização, abordando os problemas associados à poluição, assim como enfatizando a necessidade da adoção de estratégias de prevenção da poluição.

Segundo Dias (2004), a EA deve incorporar as dimensões socioeconômica, política, cultural e histórica de cada comunidade sob uma perspectiva histórica. De fato, conforme estabelece a Lei 9795, Artigo 4º, alguns dos princípios da educação ambiental são: “o enfoque humanista, holístico, democrático e participativo; a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;...” De acordo com Kaick (2002), um dos maiores desafios da EA é criar as bases para a compreensão holística da realidade.

Dentre os objetivos da educação ambiental, segundo a Lei 9795, Artigo 5º, constam:

- III - o estímulo e o fortalecimento de uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social e;
- IV - o incentivo à participação individual e coletiva, permanente e responsável, na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entendendo-se a defesa da qualidade ambiental como um valor inseparável do exercício da cidadania.

No Artigo 13 da mesma Lei, a educação ambiental conceituada como não-formal consiste em ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e ainda à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente. Outro termo utilizado por Carvalho (2001) é a educação ambiental popular, que compreende o processo educativo como prática social de formação de cidadania, com uma idéia de formação de sujeitos políticos capazes de agir criticamente na sociedade.

Quintas (2005) apresenta a educação ambiental como suporte para a gestão ambiental, uma vez que aquela deve ser direcionada para a compreensão e busca de solução dos problemas ambientais através de ações coletivas. Desse modo, a participação no processo de transformação da sociedade promove também a transformação do indivíduo. Da mesma forma, Gabauska (2001) afirma que um dos pilares da ação ambiental é a vivência do

processo de ação coletiva e transformação da realidade que objetiva fazer com que os participantes do processo se tornem sujeitos-ativos da própria história. Assim, pode-se dizer que esse processo carrega um componente crítico e transformador da realidade desenvolvido de forma integrada com as práticas educacionais de conscientização e transformação da sociedade (FREIRE, 1983).

A EA, com vistas a um processo de gestão do meio ambiente, deve estar voltada fundamentalmente para estimular o senso de territorialidade do habitante local (CASTRO, 2006). Através da seleção e da discussão de prioridades, com os conseqüentes planejamento e execução de projetos específicos para uma determinada região, possibilita-se às pessoas envolvidas, o mergulho na sua própria situação socioambiental, buscando saídas conjuntas para resolução dos problemas (KAICK, 2002). Conforme Castro (2006), a premissa básica, já comprovada em diferentes situações, consiste no fato de que, ao conhecer o sistema em que vive e ter clareza do seu papel nesse espaço, o cidadão estará sendo frequentemente estimulado a atuar como co-gestor dos sistemas ambientais.

3 Procedimentos Metodológicos

3.1. Aspectos gerais

A etapa de reconhecimento e observações preliminares do bairro Piteira no município Conceição de Macabu ocorreu no início do ano de 2007 e a coleta das informações foi efetuada a partir de junho do mesmo ano. Foram realizadas 8 visitas a campo, com uma frequência média trimestral.

Na elaboração do diagnóstico socioambiental foram avaliados os seguintes critérios:

- Ambientais: sistema hídrico (proximidade da ETE ao rio - área de preservação), permeabilidade do solo no local da ETE, características da água utilizada para abastecimento da população, biodiversidade do rio e condições de eutrofização;
- Sociais: índice de doenças de veiculação hídrica, condições de abastecimento de água, esgotamento sanitário, condições de instalações de tratamento de esgoto existente expressa pela opinião pública, verificação do projeto da ETE e avaliação de amostras de água neste sistema, a aceitabilidade (satisfatoriedade) da população ao sistema existente, identificação de atores sociais e grau de escolaridade da população.

3.2. Questionários e entrevistas

Nesse estudo foi elaborado um questionário sendo inicialmente realizado um pré-teste para ajustar a adequabilidade dos questionamentos; o modelo final utilizado encontra-se no apêndice. Os questionários foram aplicados em uma amostra de 30% das residências do bairro.

Com relação às condições de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, os dados foram obtidos por meio do estudo do Município em questão, realizado pela equipe responsável pela construção do Plano Diretor de Conceição de Macabu, por meio dos questionários e ainda através do Programa Saúde da Família (PSF) promovido pela Secretaria de Saúde do município. Naquele programa são efetuados cadastros das famílias dos municípios abordando questões socioeconômicas conforme pode ser observado na ficha do Anexo A. O cadastramento das famílias do bairro Piteira ocorreu no final do ano de 2007, de modo que foi possível obter dados recentes de 121 famílias correspondentes a 100% das residências do referido local. Tais dados foram obtidos diretamente das fichas utilizadas nas

entrevistas do cadastramento das famílias, sendo necessária a tabulação dos mesmos para a execução desse diagnóstico. Dessa maneira foram obtidas informações específicas do bairro Piteira, uma vez que aquelas já tabuladas e disponibilizadas na Secretaria de Saúde correspondiam ao universo das famílias do município sem a distinção dos bairros.

O grau de aceitação referente ao sistema de tratamento de efluentes existente foi inferido junto à população por meio dos questionários citados, assim como o grau de escolaridade, compondo uma parte do diagnóstico desse trabalho. As investigações no município permitiram a identificação dos atores sociais relacionados à questão do saneamento ambiental local.

No que se refere aos indicadores de saneamento ambiental, os dados de incidência de doenças de veiculação hídrica foram obtidos junto à Secretaria de Saúde do município, por meio de entrevista semi-estruturada no posto médico no bairro Piteira e por meio dos questionários.

Dentre os aspectos ambientais, a biodiversidade de fauna no rio e as condições de eutrofização foram avaliadas por meio de entrevistas, também semi-estruturadas, com moradores de entorno do rio, com funcionários da Prefeitura do município e por meio de verificação direta durante as visitas de campo.

3.3. Análises físico-químicas e bacteriológicas

A caracterização da água utilizada para abastecimento da população foi realizada mediante análise de água coletada em dois pontos: P1 = Sistema de captação de água, correspondente ao ponto de captação de água do bairro Piteira para abastecimento (Fig. 5 e 6); e P3 = Saída da Estação de tratamento de água (ETA). O ponto de captação de água do Rio Macabuzinho está localizado a aproximadamente 1Km à jusante do local de despejo do efluente proveniente da estação de tratamento de esgoto (Fig. 7). A amostra correspondente ao local P3 foi coletada em uma torneira da estação com água tratada. A avaliação da água na saída da ETA do município deve-se a ausência de dados de monitoramento da qualidade da água tratada por esse empreendimento.

Foram analisadas adicionalmente amostras de água coletadas na área residencial para avaliação desse recurso após o tratamento de água e sua distribuição.



Figura 5: Casa de bombas para captação de água



Figura 6: Coleta de amostras na casa de bombas.



Figura 7: Rio Macabuzinho no trecho de captação de água para abastecimento de água. Seta indicando sistema de tomada de água.

As condições das instalações de tratamento de esgoto existente foram avaliadas por meio de análises de amostras de água coletadas na ETE, por entrevistas, além de verificação do projeto da ETE. Amostras do afluente da ETE (esgoto bruto) e do seu efluente foram analisados para avaliar a funcionalidade de tal estrutura sendo os pontos correspondentes a P2 = Entrada da ETE e P4 = Saída da ETE (Fig. 8, 9 e 10). Embora nesse estudo seja reconhecida a necessidade de um maior período de monitoramento, em função das limitações dos recursos disponíveis foram efetuadas duas coletas de amostras de água, em cada um dos referidos pontos, para análise laboratorial no mês de junho de 2008.



Figura 8: Local de amostragem do esgoto bruto. Ponto de coleta correspondente à entrada da ETE (P 2).



Figura 9: Local de amostragem do efluente.



Figura 10: Ponto de coleta correspondente à saída da ETE (P 4).

As análises físico-químicas e bacteriológicas da água foram terceirizadas pelo laboratório da Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional (FUNDENOR), sendo realizadas com apoio do CEFET Campos. As amostras foram coletadas em frascos fornecidos pela FUNDENOR e transportadas em local refrigerado para evitar a proliferação de microorganismos e alteração nas determinações.

Em todas as amostras coletadas foram avaliados aspectos físico-químicos (pH, condutividade elétrica, turbidez, nutrientes como nitrogênio e fósforo) e bacteriológicos através de determinação de coliformes termotolerantes e totais nas amostras de água. No caso das amostras no afluente e no efluente da ETE, foi avaliada também, a concentração de carbono inorgânico. Os testes bacteriológicos foram realizados utilizando-se o método de tubos múltiplos e a turbidez através do método nefelométrico, sendo que estes e os demais parâmetros foram determinados seguindo critérios analíticos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de acordo com o Art. 17. da Portaria nº 518 de 2004

do Ministério da Saúde.

Os dados de qualidade de água e as condições do tratamento de esgoto na estação existente foram avaliados conforme os padrões de potabilidade, e as condições e padrões de lançamentos de efluentes estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357 de 2005, pela Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde, e pela Diretriz nº 215 de 2007 da FEEMA.

3.4. Avaliação do solo

Na avaliação do risco de contaminação de águas subterrâneas através da permeabilidade do solo, deve-se considerar o fator geologia, onde áreas mais suscetíveis à infiltração de efluentes seriam menos aptas à instalações de ETEs. Essa característica do solo também pode ser avaliada através da pedologia, uma vez que dependendo do tipo e da permeabilidade haveria risco de contaminação, devido à implantação de determinadas atividades (PERICO & CEMIN, 2006). Sendo assim, o tipo de solo, caracterizado pelo teor de argila é um fator importante a ser considerado. A capacidade de infiltração de líquidos nos solos é dependente de vários atributos dentre os quais a porosidade. Segundo Mesquita (2001)⁴ *apud* Sampaio *et al* (2006, p.1), a granulometria apresenta influência sobre o espaço poroso do solo, sua porosidade total e distribuição de poros, dificultando em maior ou menor intensidade o movimento da água. Assim, foi realizada uma análise do solo do local da ETE, utilizando-se de uma avaliação do teor de argila e areia mediante determinação de equivalente de areia. Foram coletadas amostras de solo indeformadas em quatro pontos do terreno (Fig. 11).

A análise do solo foi realizada pelo laboratório de Construção Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos - CEFET Campos, sendo esse tipo de avaliação utilizado pelo mesmo laboratório para avaliar potenciais riscos de contaminação do solo por meio de fraturas em fossas.

⁴ MESQUITA, M. G. B. F. *Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo*. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001. *Apud* Sampaio, 2006.



Figura 11: Pontos de coleta de solo na ETE do bairro Piteira.

3.5. Avaliação dos dados e redes de interação

As condições de abastecimento de água caracterizando o seu tipo e a qualidade da água e do sistema de abastecimento percebidas pela população, assim como os resultados da análise da água utilizada para abastecimento do município, foram associadas aos dados referentes à incidência de doenças da população. Tais dados, juntamente com aqueles referentes ao esgotamento sanitário englobando o tipo de rede coletora e destinação dos resíduos; as condições da estação de tratamento convencional; as demandas desta, e o grau de satisfação da população com as condições existentes compuseram os indicadores ambientais levantados no presente estudo.

Através do método de redes de interação é possível retratar os danos acarretados ao ambiente socioeconômico provocados pela introdução de alterações negativas no meio ambiente natural (Castro, 2006). Após a obtenção dos dados, a construção de redes de interação, permitiu uma visualização dos principais problemas relacionados no estudo facilitando a elaboração de propostas.

Assim, a partir do resultado do diagnóstico socioambiental preliminar, foram propostas alternativas para uma maior efetividade do sistema de tratamento de esgoto. Para o estabelecimento de um processo de gestão ambiental adequado no local, foram propostos métodos de estímulo à mobilização social relacionados ao acesso à educação ambiental e sanitária.

4 Resultados e Discussão

A seguir são apresentados os resultados e a discussão envolvendo a descrição da área de estudo, o grau de escolaridade dos moradores; os atores sociais envolvidos; as condições locais de abastecimento de água; os aspectos envolvendo saúde das famílias; as condições da água no rio Macabuzinho; o sistema de esgotamento sanitário existente; a percepção da população quanto aos sistemas de tratamento de água e esgoto; as condições das instalações da estação de tratamento de efluentes e a permeabilidade do solo no terreno da estação de tratamento de efluentes.

4.1. Área de estudo

O município Conceição de Macabu localiza-se na região Norte Fluminense (Figs. 12 e 13) abrangendo uma área de 338,9 quilômetros quadrados (FUNDAÇÃO CIDE, 2007; IBGE, 2007).

De acordo com o censo de 2007, a população desse município consistia de 19.479 habitantes, correspondentes a 2,6% do contingente do Norte Fluminense (IBGE, 2007).

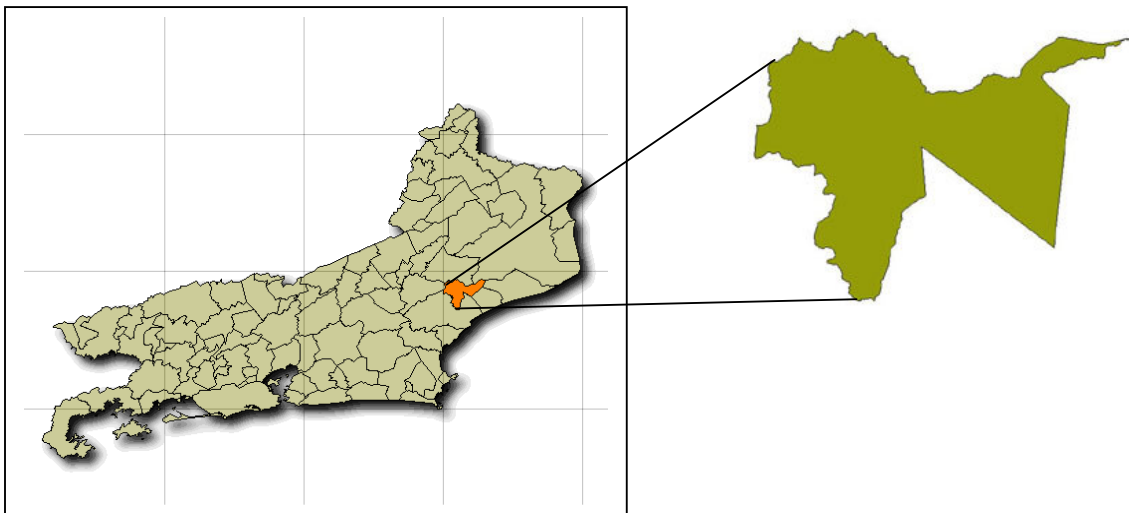


Figura 12: Município Conceição de Macabu no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: IBGE (2007).

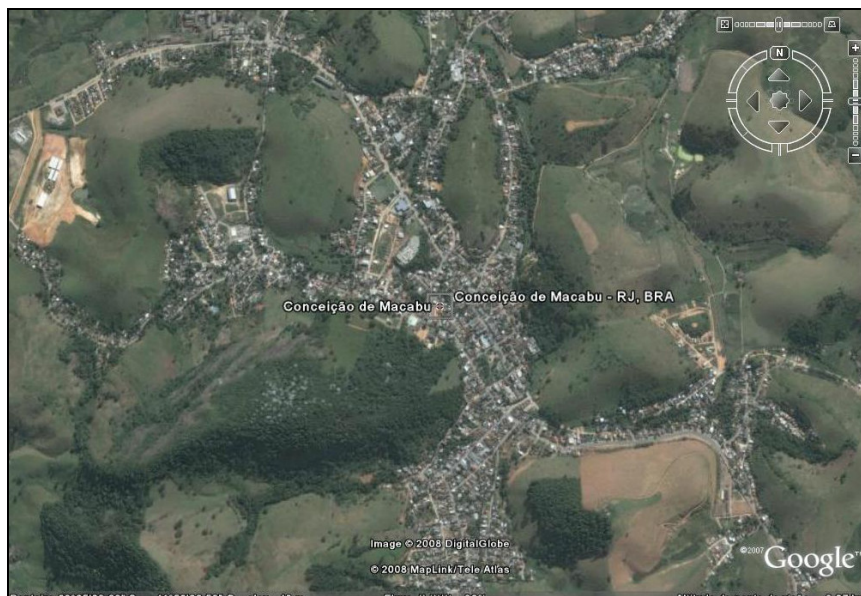


Figura 13: Distrito-Sede de Conceição de Macabu a 3 Km de altitude.
Fonte: Google Earth, imagem capturada em junho de 2008.

Conceição de Macabu é um município historicamente agrícola, e atualmente grande parte dos produtos cultivados abastece o mercado do Rio de Janeiro (PMCM, 2008). Segundo o TCE (2007), em 2001 a área agrícola do município correspondia a 11,1%; a de campo/pastagem a 62%; a de mancha urbana correspondia a 0,8%; a de vegetação secundária a 25%, entretanto ocorreu expressiva redução de formações florestais para apenas 1% do território municipal.

Dentre os atrativos turísticos naturais do município destacam-se as Serras do Deitado, de Santa Catarina e de São Tomé; o Parque Florístico; o Parque Florestal; a Cachoeira da Amorosa e a Cachoeira Santo Agostinho (PCMC, 2008; TCE, 2007).

O município desse estudo pertence à bacia hidrográfica do Macabu e, em parte, à bacia do Rio Macaé. Naquela bacia, a maior extensão do Rio Macabu encontra-se no território macabuense, sendo a área de drenagem no município 278 Km² (CEFET, 2005). O Rio Macabuzinho é o principal afluente do Rio Macabu, e nasce nas serras do Monte Cristo, Piabas e Boa Esperança no município de Conceição de Macabu (Fig. 14). Com seu curso parcialmente encachoeirado é aproveitado para o abastecimento hídrico da cidade de Conceição de Macabu através das adutoras de Monte Cristo e Piteira.



Figura 14: Rio Macabuzinho

Castro (2006) afirma que, embora a bacia hidrográfica seja a unidade mais adequada para o exercício da gestão ambiental, a base territorial pode ser uma Unidade de Conservação, uma Área de Proteção Ambiental – APA ou um bairro.

O bairro Piteira (Fig. 15) no município Conceição de Macabu foi o local de estudo selecionado em função das suas condições de esgotamento sanitário. As observações preliminares e os dados obtidos indicam que o esgoto proveniente de aproximadamente 90% das residências do bairro é encaminhado a uma estação de tratamento de esgoto (ETE) que atualmente se encontra em mau funcionamento, de onde o efluente é destinado ao rio Macabuzinho. Entretanto, um dos pontos de captação de água neste rio para abastecimento da população ocorre à jusante do local onde é despejado o efluente (aparentemente sem tratamento) da referida estação. O fato de que esta se encontra em mau funcionamento aumenta a importância de estudos e projetos direcionados àquele local. Dessa forma, foi realizado um diagnóstico socioambiental no bairro Piteira, de modo a permitir a avaliação das características das demandas locais e as potencialidades para possibilitar a proposição de soluções referentes às condições de esgotamento sanitário.

Através dos dados primários obtidos no questionário pré-teste, verificou-se a necessidade de alteração de algumas questões inicialmente abordadas, de modo a adequar a obtenção de informações consistentes para o foco da pesquisa.



Figura 15: Bairro Piteira a 460 m de altitude. Fonte: Google Earth, imagem capturada em junho de 2008.

Segundo Parasuraman (1991) *apud* Chagas (2000), um questionário é tão somente um conjunto de questões feito para gerar os dados necessários a fim de atingir os objetivos do projeto, entretanto a construção desse instrumento é complexa e requer tempo e esforço. Chagas (2000) afirma ainda que após a elaboração dos primeiros estágios ou durante o desenvolvimento de questionários, é importante que se realize um pré-teste devido à dificuldade de se prever todas as dúvidas que podem surgir durante a aplicação do mesmo. Além disso, permite verificar a adequabilidade dos questionamentos.

4.2. Grau de escolaridade dos moradores

As informações do cadastro das famílias com relação ao grau de escolaridade referem-se apenas ao nível de alfabetização. Além disso, conforme relatos a maioria da população considera-se alfabetizada apenas pelo fato de saber assinar o nome, e somente aqueles que não o sabem, responderam como não alfabetizados. Com tais considerações, não se pôde utilizar o grau de instrução descrito no cadastro das famílias para esse estudo.

O grau de escolaridade da maioria da população pôde ser considerado baixo, de acordo com os dados levantados pela aplicação do questionário neste trabalho, de forma que apenas

aproximadamente 23% dos entrevistados afirmaram possuir ensino superior (3,2%) ou médio (19,4%) (Gráfico 1). A maior porcentagem, 32,3%, refere-se às pessoas que possuem ensino fundamental incompleto até a 4ª série; 19,4% possuem o ensino fundamental incompleto entre 5ª e 8ª série; 22,6% afirmam que nunca estudaram e 3,2% possuem o ensino médio incompleto. Dessa forma, possíveis programas de educação ambiental a serem implantados deverão estar direcionados ao nível de escolaridade predominante, permitindo assim melhor entendimento, e o envolvimento em questões ambientais de uma maior parcela da população.

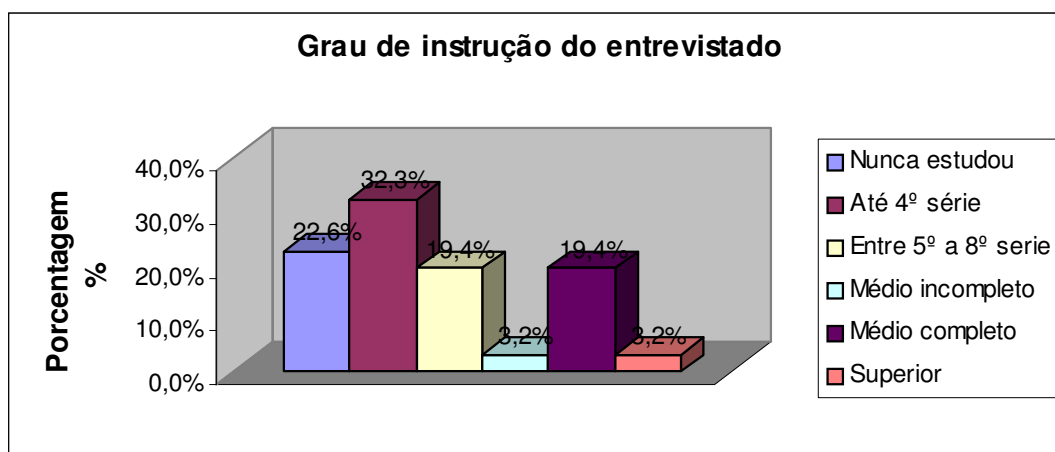


Gráfico 1: Porcentagem de pessoas de acordo com o grau de escolaridade.

4.3. Atores sociais envolvidos

A identificação de atores sociais pode permitir a adequação de métodos de educação ambiental, além de verificar os meios de atuação e a possibilidade de integração entre os indivíduos durante processos de gestão ambiental. De acordo com Quintas (2005), definir com clareza os atores sociais diretamente afetados é fundamental para determinar o ponto de partida e de estruturação do processo educativo.

Identificou-se dentre os principais atores sociais envolvidos no bairro Piteira:

- a Secretaria de Saúde – através do Programa Saúde da Família, atua dando assistência à saúde dos moradores;
- o Departamento de Serviço Público – responsável pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE);
- o Departamento de Vigilância Sanitária – responsável pela Estação de

Tratamento de Água (ETA);

- a população residente – moradores do bairro, diretamente dependentes de boas condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário; e
- os Grupos comunitários – associação de moradores, atualmente inativa.

4.4. Abastecimento de água

De acordo com os dados obtidos no cadastramento das famílias, 74,6% da população do bairro Piteira recebe abastecimento de água da rede pública e 26,4% dos moradores, recebem água proveniente de poço ou nascente (Gráfico 2).

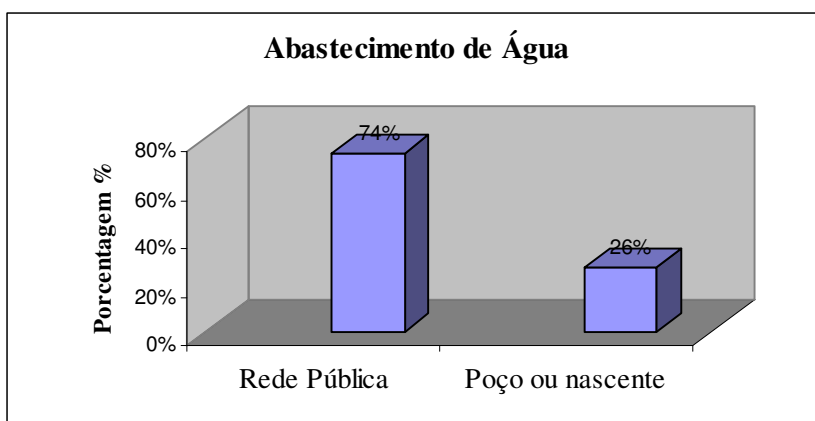


Gráfico 2: Abastecimento de água do bairro Piteira

Entretanto, a maioria dos entrevistados no presente estudo considera como rede pública o sistema que consiste numa rede de distribuição de água proveniente de uma caixa d'água abastecida por nascente na localidade vizinha, denominada Socó. Entre estes mesmos entrevistados, 74% acham que a qualidade dessa água é boa, 23% consideram esta relativamente turva e 3% não sabem caracterizá-la (Gráfico 3).

Dentre aqueles que consideram boa a água oriunda da referida caixa d'água, alguns relataram que às vezes esse recurso torna-se sujo devido a crianças que o utilizam para brincadeiras e ainda a animais que se banham no reservatório citado.

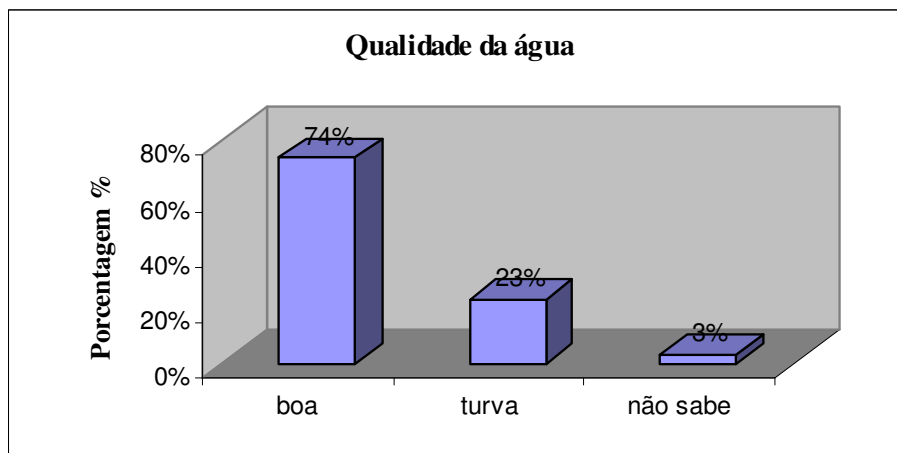


Gráfico 3: Qualidade da água de acordo com a opinião da população.

As análises da água, efetuadas em uma residência e em uma escola do bairro Piteira mostraram presença de coliformes totais e termotolerantes (Tabela 5), estando fora dos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Tabela 5: Resultado de Exame Bacteriológico de amostras de água em uma residência e uma escola no bairro Piteira.

	Residência	Escola
Nº mais provável de Coliformes Totais – NMP/ 100mL	> 16	> 16
Nº mais provável de Coliformes Termotolerantes – NMP/ 100mL	> 16	16

Segundo a mesma Portaria, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre, sendo obrigatória a manutenção de 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição. No entanto, os resultados mostraram ausência de cloro residual em ambos os locais amostrados.

Outro aspecto relevante refere-se ao tipo de tratamento da água, alternativo adotado nas residências. Verificou-se que 55% da população realizam filtração nos domicílios, 7% realizam fervura ou cloração, 2% utilizam água comprada e 36% dos moradores não realizam nenhum tipo de tratamento. Assim, embora a maior parte da população realize algum tipo de tratamento da água consumida, uma grande parcela utiliza a água com as características provenientes da caixa d' água da localidade vizinha.

Estes resultados são indicativos de falta de acesso da população às informações sobre a qualidade da água e a procedência desse recurso para consumo. Porém a observação por parte dos moradores no que se refere aos problemas de determinados usos na caixa d' água e a alteração das características da água, mostram que há divergências de percepção quanto aos problemas de contaminação e a insatisfação daqueles às condições (Fig. 16).

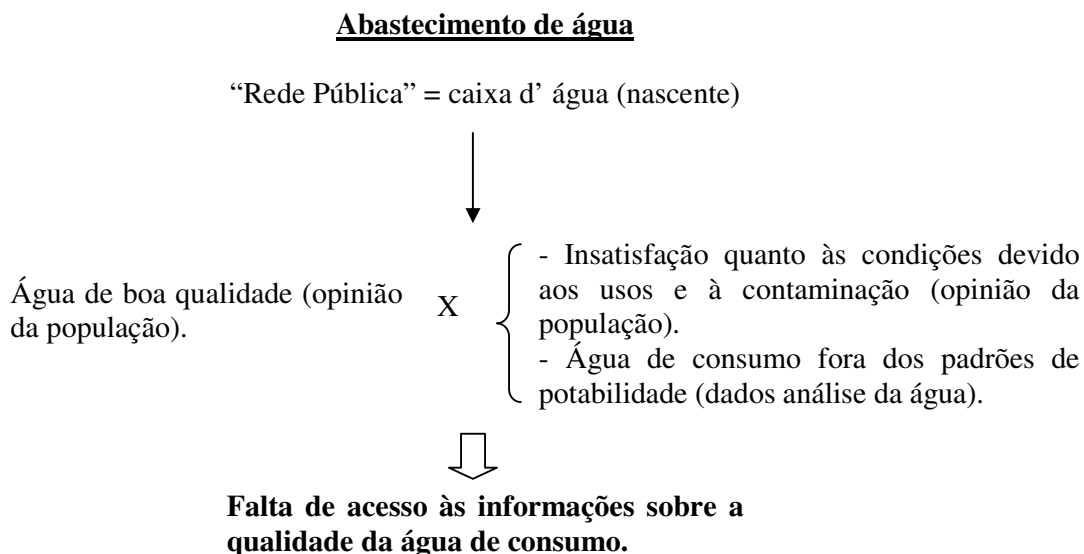


Figura 16: Esquema das condições de abastecimento de água expressa pela população e dados de análise da água como indicativo da falta de conhecimento de questões socioambientais.

4.5. Aspectos envolvendo a saúde dos moradores

Embora, no cadastro das famílias realizado no ano de 2007, fosse verificada a incidência de doenças, as de veiculação hídrica não foram abordadas nas entrevistas (Anexo A). Isso deve ter ocorrido devido ao cadastro ser oriundo de um modelo do Governo Estadual para o Programa Saúde da Família.

Já no relatório de Gestão 2006 da Secretaria Municipal de Saúde de Conceição de Macabu, a maioria das doenças de notificação compulsória, considerando todo o município, referem-se à diarreia e gastroenterite, que podem também estar relacionadas à poluição hídrica (BRAGA, 2006).

Os dados do questionário, relativos à ocorrência de doenças de veiculação hídrica, mostram que 81% dos entrevistados afirmam que nenhum dos moradores de sua residência

adoeceu nos últimos dois anos. Apenas 10% afirmaram a ocorrência de casos de doenças possivelmente relacionadas à água e 9% citaram outros tipos de doenças.

Entretanto, de acordo com informações obtidas pela entrevista com a agente de saúde, responsável pelo atendimento dos moradores no posto do bairro Piteira, há alta frequência de atendimentos de pessoas, cuja indicação de medicamentos refere-se a doenças infecciosas e parasitárias podendo estar relacionadas à poluição hídrica. Possivelmente, em função do baixo grau de escolaridade observado, juntamente com a ausência de informação quanto à qualidade da água de consumo, a maior porcentagem das famílias se considera isenta desses tipos de doenças.

4.6. Condições da água no rio Macabuzinho

Os dados obtidos através do questionário indicam que 84% dos entrevistados acreditam que o rio Macabuzinho encontra-se em processo de eutrofização artificial (Gráfico 4), uma vez que afirmam observarem a água do mesmo, mais “suja” nos últimos anos. Segundo os moradores, há algum tempo as atividades de recreação com contato primário eram mais frequentes, porém há alguns anos as condições do rio vêm desestimulando esse tipo de uso.

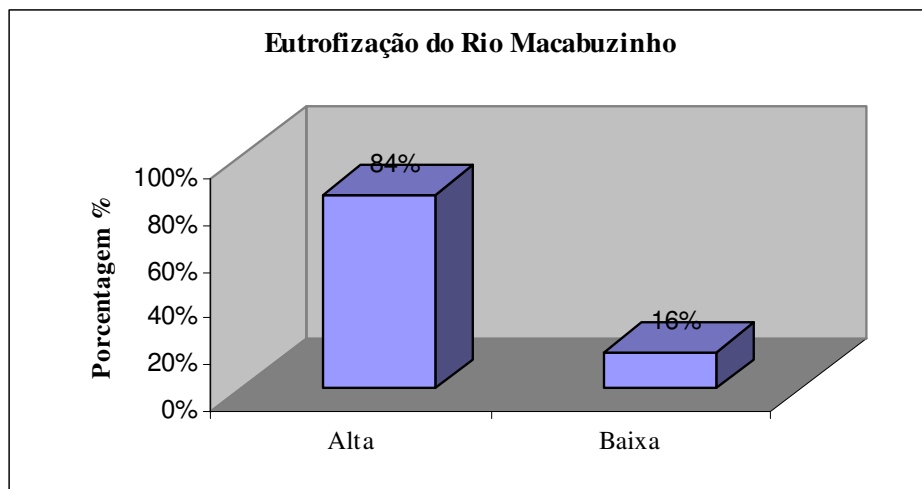


Gráfico 4: Condições de eutrofização do rio Macabuzinho de acordo com a opinião da população.

Durante as visitas de campo, observou-se a presença de macrófitas aquáticas, que são

vegetais adaptados a condições de eutrofização (Fig. 17 e 18), no local próximo à ETE.



Figura 17: Vista do Rio Macabuzinho na porção posterior da ETE, imediatamente após o despejo de efluentes.



Figura 18: Vista do Rio Macabuzinho no trecho de despejo de efluente da ETE.

Os dados mostraram ainda que 84% dos entrevistados acreditam que a quantidade de peixes diminuiu nos últimos anos, indicando uma redução na biodiversidade de fauna no rio Macabuzinho. Adicionalmente, a quantidade de coliformes totais e termotolerantes encontrada nas amostras de água coletadas no sistema de captação de água do rio Macabuzinho (Fig.19) indicam a presença de matéria orgânica (Tabela 6). De acordo com

Tundisi (2005), altas concentrações de matéria orgânica em ecossistemas aquáticos, se tratadas com cloro podem produzir substâncias carcinogênicas.

Entretanto, os resultados das análises apresentam-se dentro dos padrões estabelecidos para águas de classe 2. Nesse caso, o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 é de 1000 coliformes termotolerantes por 100mL para águas destinadas ao uso de abastecimento humano, sendo requerido entretanto, o tratamento convencional.

Tabela 6: Resultado de Exame Bacteriológico da água de captação.

	04/06/08	25/06/08
Nº mais provável de Coliformes Totais – NMP/ 100mL	250	920
Nº mais provável de Coliformes Termotolerantes – NMP/ 100mL	4	220

As determinações de oxigênio dissolvido (OD) e/ou de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são de essencial relevância para avaliação das condições de eutrofização, para o cálculo do IQA e para avaliação das condições de lançamento de efluentes. Isso se deve ao fato de tais parâmetros estarem associados à matéria orgânica, além de influenciarem o comportamento de várias substâncias químicas em meio aquático (ESTEVES, 1998).

Nesse estudo não foi possível a quantificação de OD e DBO em função de ausência de laboratório próprio e de autofinanciamento.

O Artigo 10, 3º parág. da Resolução CONAMA 357/05 define que, para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 2,18 mg/L para ambientes lóticos. No Estado do Rio de Janeiro, a FEEMA não estabelece critérios para o nitrogênio. As concentrações obtidas com relação a este parâmetro, apresentaram valor médio de 0,72 mg/L estando abaixo daquele estabelecido pela referida resolução.

Conforme o Manual de Saneamento da Funasa (FUNASA, 2007), a qualidade das águas de superfície varia ao longo do tempo, de acordo com a época do ano e com o regime das chuvas. No caso de grandes rios, a variação é mais lenta do que no dos pequenos rios, cuja turbidez, por exemplo, pode variar entre largos limites e em curto espaço de tempo. Assim, é reconhecida nesse estudo, a necessidade de um maior período de monitoramento a fim de conferir maior confiabilidade aos resultados.

No caso da avaliação bacteriológica, por exemplo, a Resolução CONAMA estabelece os limites de coliformes termotolerantes em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante um ano. Embora não tenha sido possível efetuar um maior período de monitoramento, os dados obtidos representam o primeiro trabalho para avaliação da qualidade da água no local; e os resultados, em todos os pontos amostrados, são condizentes com as observações locais e com as entrevistas realizadas.



Figura 19: Vista do Rio Macabuzinho no trecho de captação de água.

A qualidade da água obtida no manancial, de acordo com o Manual de Saneamento da FUNASA (FUNASA, 2007), define o método de tratamento necessário para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos.

Nas investigações na Estação de Tratamento de Água – ETA, os relatos técnicos permitiram concluir que o tratamento empregado consiste basicamente em coagulação (para redução de turbidez) e em cloração (Fig. 20).

As análises de amostras de água da ETA foram efetuadas nesse estudo devido à ausência de dados disponíveis de monitoramento da qualidade da água de abastecimento da população. De acordo com os relatos não são feitas análises na ETA, porém eram realizadas coletas mensais pela Vigilância Sanitária para avaliação de amostras, procedimento que há algum tempo não vem sendo observado (Fig. 21).



Figura 20: Caixas com substâncias utilizadas no tratamento.



Figura 21: Equipamentos de monitoramento da ETA fora de uso.

Os resultados das análises bacteriológicas das amostras revelaram valores fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518/2004 (Tabela 7), com presença de coliformes totais nas duas amostragens realizadas.

Tabela 7: Resultado de Exame Bacteriológico da água de saída da ETA.

	04/06/08	25/06/08	Padrão de Potabilidade
Nº mais provável de Coliformes Totais – NMP/ 100 mL	2	> 16	0
Nº mais provável de Coliformes Termotolerantes – NMP/ 100 mL	0	0	0

Adicionalmente, no que se refere ao cloro residual livre, em ambas as amostras do ponto correspondente à saída da ETA, não é atingida a concentração mínima que deve ser mantida após a desinfecção da água (Tabela 8). Dessa forma, há indicativos de que a água tratada esteja sendo distribuída em condições impróprias à manutenção da qualidade de vida da população. Já os valores de pH obtidos nas amostras, apresentam-se em conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido para abastecimento humano.

Tabela 8: Resultado de Cloro Residual e pH na água de saída da ETA.

	04/06/08	25/06/08	Padrão de Potabilidade
Cloro Residual Livre	0	0	0,2 – 2,0 mg/L
pH	8,6	8,6	6,0 – 9,5

Com relação à turbidez, observou-se que o tratamento de água foi efetivo na remoção da mesma, como mostra o Gráfico 5. Foram obtidos valores de 4,95 e 2,63 (em unidades de turbidez) na saída da ETA, na primeira e segunda coleta de amostras respectivamente. Assim, tal parâmetro se encontra em conformidade com as condições de consumo de água, uma vez que a faixa de padrão de potabilidade estabelecida, consiste de 0 a 5 ut.

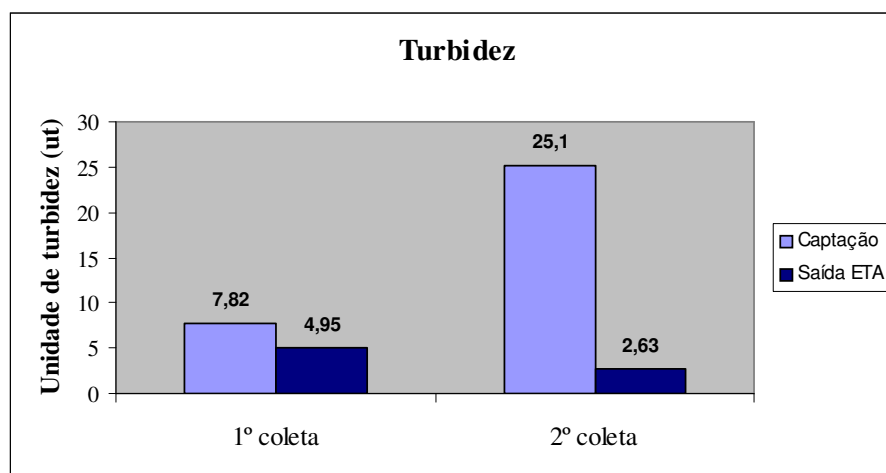


Gráfico 5: Turbidez (ut) nas amostras de água de captação para abastecimento e na saída da ETA.

Não foi realizada amostragem da água de distribuição, em residências de outros bairros, porém observou-se a necessidade dessa caracterização posteriormente, tendo em vista que o sistema de abastecimento de água proveniente do rio Macabuzinho e da ETA alimenta

outras localidades no município, diferentes do bairro Piteira, as quais não foram objeto de estudo do presente trabalho. Adicionalmente, de acordo com as entrevistas realizadas, a água proveniente da ETA é misturada (pós-tratamento) à água oriunda de uma nascente no bairro Monte-Cristo e àquela de Socó e assim é distribuída. Verifica-se, portanto a necessidade de avaliar o sistema de abastecimento de água do município como um todo. A Figura 22 mostra um esquema representando o processo de utilização da água observado no presente estudo.

Nas visitas à ETA e nas entrevistas verificou-se que não há um técnico responsável pelo monitoramento daquele sistema. De acordo com os relatos, foi realizada abertura para concurso público para provimento de vaga do cargo técnico para a ETA, entretanto não houve inscritos. Esse fato, aliado à ausência de dados disponíveis de monitoramento da qualidade da água na ETA, evidenciam a necessidade de aprofundamento na caracterização do sistema de abastecimento de água municipal.

Na Minuta de Lei do Plano Diretor de Conceição de Macabu aborda-se como diretriz da política de saneamento, prover o abastecimento de água potável a toda população, em qualidade compatível com as exigências estabelecidas pelas normas e parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde e pela Legislação brasileira, em consonância com Organização Mundial de Saúde (OMS) a partir de mananciais superficiais e subterrâneos disponíveis na região. Isso corrobora a necessidade de monitoramento do sistema de abastecimento de água geral do município.

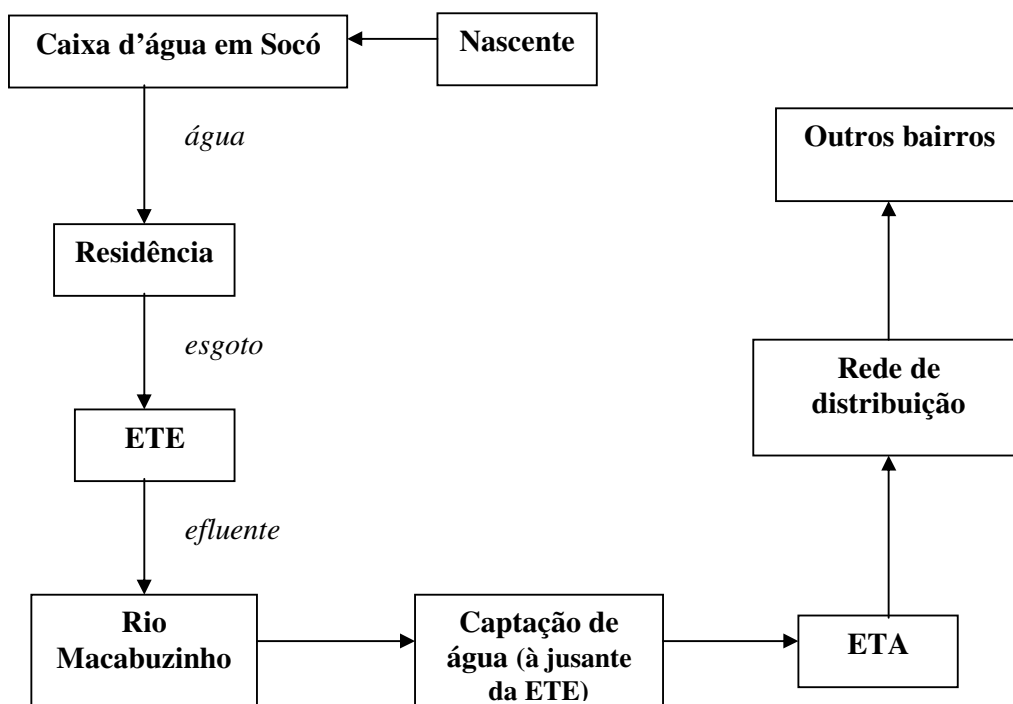


Figura 22. Esquema do sistema de utilização da água

4.7. Sistema de esgotamento sanitário e percepção da população quanto aos sistemas existentes

De acordo com os dados obtidos no cadastramento das famílias e nos questionários, 90% da população do bairro Piteira afirmaram que o esgoto de suas residências é destinado à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do bairro, denominada pelos entrevistados como “fossa comunitária”. Os 10% restantes, não souberam informar o tipo de esgotamento sanitário (Gráfico 6).

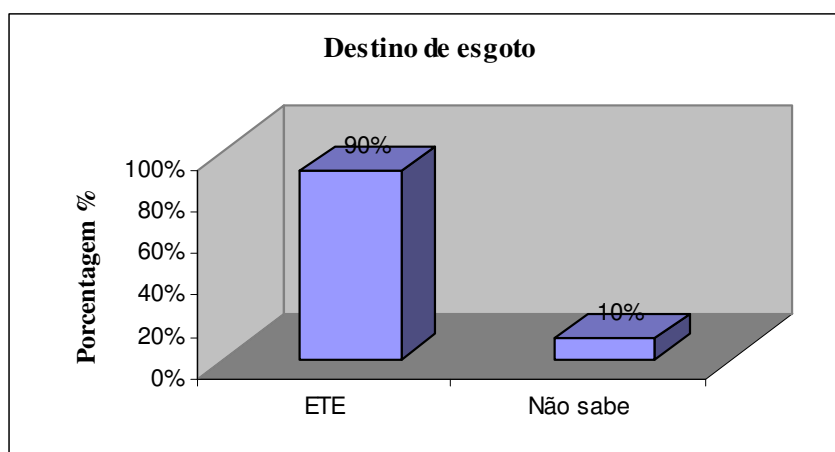


Gráfico 6: Esgotamento sanitário do bairro Piteira.

Embora a maior parte da população soubesse que o esgoto é encaminhado à chamada “fossa comunitária”, apenas 48% sabia efetivamente que esta consiste em uma estação de tratamento de esgoto. Adicionalmente, 74% dos entrevistados não tinham conhecimento da eficiência e grau do tratamento efetuado na ETE (Gráfico 7).

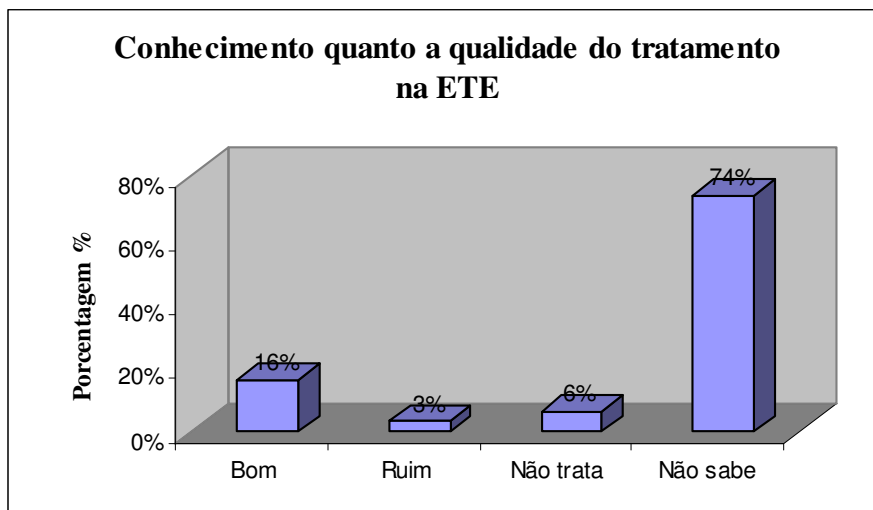


Gráfico 7: Conhecimento da população com relação à qualidade do tratamento na ETE.

Esses fatos indicam a falta de acesso da população às informações, referentes às condições do esgotamento sanitário. A ETE foi implantada com apoio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) em 2003, e não houve participação popular durante o processo de implantação.

De acordo com a EPA (2004), a consciência quanto aos problemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário é um dos principais fatores que influenciam a aceitação de propostas pelo público. Ainda, o processo de mediação de interesses e conflitos entre atores sociais (que consiste na gestão ambiental), define continuamente como cada um desses, alteram a qualidade do meio ambiente, e como de distribuem os efeitos da ação destes agentes (Quintas, 2005).

Dentre as reclamações efetuadas pelos moradores, principalmente aqueles do entorno da área da ETE, algumas se referiram à produção de odor nesse sistema e entupimentos na rede de esgoto. As observações permitiram verificar que a ETE está localizada a aproximadamente 40 metros de distância de residências que ocupam a área de entorno desse sistema. Sendo assim, em determinados períodos do dia, como durante o bombeamento do esgoto na ETE, ocorre a liberação de odores desagradáveis principalmente pela proximidade às residências (Fig. 23). De acordo com informações técnicas, o odor é um problema que tem incomodado os moradores devido à emissão oriunda de um filtro, quando o compressor é ligado.

Assim, embora a população não tenha acesso às informações relacionadas ao esgotamento sanitário, foi expressa uma insatisfação quanto às conseqüências das condições atuais da estrutura presente no local.

De acordo com Muga & Mihelcic (2007), instalações de tratamento de efluentes geram odores como produto dos processos de coleta e de tratamento do esgoto e isso é considerado um problema tipicamente estético cuja solução depende da intervenção pública. Segundo os mesmos autores, esses odores geralmente ocorrem em compartimentos de bombeamento, na entrada e na saída de efluentes, e nas fases de processamento e disposição do lodo. Entretanto, dentre as rotinas de operação e manutenção de Estações de Tratamento de Esgoto podem ser utilizados dispositivos para minimização de impacto pela emissão de odores, no caso da estação estar próxima a residências (MENEZES, 2005). No estudo de avaliação da eficiência de ETEs, Muga & Mihelcic (2007) verificaram que sistemas de tratamento de esgoto com lagoas têm um menor potencial de produzir odores.



Figura 23: Distância entre a ETE as residências.

4.8. Condições das instalações da estação de tratamento de efluentes

A localização da ETE segue os critérios do Código Florestal quanto à faixa marginal de proteção.

A análise do projeto da ETE do bairro Piteira possibilitou verificar que o sistema projetado para o bairro consiste de tratamento preliminar e primário, empregando gradeamento, desarenadores e caixa de gordura; de tratamento secundário por Reator Anaeróbico de Manta Anaeróbica (RAMA) conjugado a filtro anaeróbico submerso; e de tratamento terciário por desinfecção. A planta do projeto da ETE se encontra no Anexo B.

Conforme o referido projeto, o efluente produzido até o tratamento secundário ainda possui cor e odor, e por isso é submetido ao tratamento mais avançado no filtro anaeróbico. Nessa fase o efluente promoveria uma eficiente remoção de poluentes como nitrogênio e fósforo. Posteriormente o efluente sofre desinfecção por meio de cloração para redução de organismos patogênicos, com o objetivo de atender aos padrões de lançamento em corpos receptores. A meta de eficiência do sistema seria 86,3% de DBO.

Pode ser verificado que há uma rotina diária de operação efetuada no sistema de tratamento de esgoto; no entanto, não são solicitados relatórios referentes ao monitoramento e as informações ou solicitações são dirigidas diretamente à Secretaria de Serviço Público do município em questão.

As investigações na ETE permitiram verificar a presença de determinados equipamentos com defeitos, dificultando assim o adequado controle dos processos. Verificou-se ainda, a existência de equipamentos oxidados, sendo então requerida a sua substituição, indispensável à manutenção da ETE.

Outro aspecto observado refere-se à ausência de monitoramento do efluente e das condições de tratamento no sistema, uma vez que não há um técnico responsável por tais procedimentos, bem como não são realizadas análises bacteriológicas e físico-químicas nem no afluente, tão pouco no efluente da estação. Tal fato impossibilita a avaliação da eficiência do tratamento e as possíveis causas de alterações no processo. De acordo com orientações técnicas para ETEs, Menezes (2005) afirma que estas devem contar com um técnico responsável pela operação e pelo acompanhamento do programa do monitoramento.

Com relação aos resíduos sólidos gerados no sistema verificou-se que, embora a remoção anual do lodo digerido e a limpeza semanal da caixa de gradeamento constem no

projeto, como rotina de operação, esse procedimento não é realizado com a frequência citada. A Figura 24 mostra a caixa de gradeamento da ETE.

O principal subproduto do tratamento é o lodo que, conforme Menezes (2005) precisa ser retirado do sistema e tratado, para posterior disposição. De acordo com o projeto do sistema e com as entrevistas realizadas, o lodo seria retirado anualmente e encaminhado ao horto municipal ou descartado no aterro, porém esse procedimento não vem sendo realizado atualmente. Acrescenta-se que este material (lodo) não é submetido à avaliação e nem à classificação de acordo com as normas da Normas da ABNT 10.004, recomendadas pelos órgãos ambientais.

Santos (2002) afirma que, independentemente do tipo de sistema de tratamento empregado para o efluente, também devem ser previstas as etapas de estabilização, secagem e disposição adequada e segura do lodo resultante do tratamento.



Figura 24: Caixa de gradeamento da ETE

A frequência de remoção de lodo em reatores anaeróbios depende das condições ambientais e operacionais do sistema, ocorrendo em média mensalmente em algumas ETEs (MENEZES, 2005). O material gradeado e a areia devem ser respectivamente retirados diária ou semanalmente, dependendo das condições climáticas do local do sistema.

Quanto às amostras coletadas na ETE, na primeira amostragem, os resultados apresentaram quantidade de coliformes totais maiores na saída do sistema do que na entrada, ocorrendo um incremento de 62%. Já na outra amostragem, foi obtido o valor máximo de

detecção de coliformes, pelo método de quantificação utilizado nesse estudo (2400 coliformes/100mL), tanto no afluente como no efluente do sistema (Gráfico 8). O mesmo comportamento pode ser observado com relação aos coliformes termotolerantes, ocorrendo um aumento destes no efluente da ETE (Tabela 9). Dessa forma há indícios de que o sistema não tem sido eficiente na remoção de coliformes conforme requerido para o lançamento de efluentes em corpos hídricos.

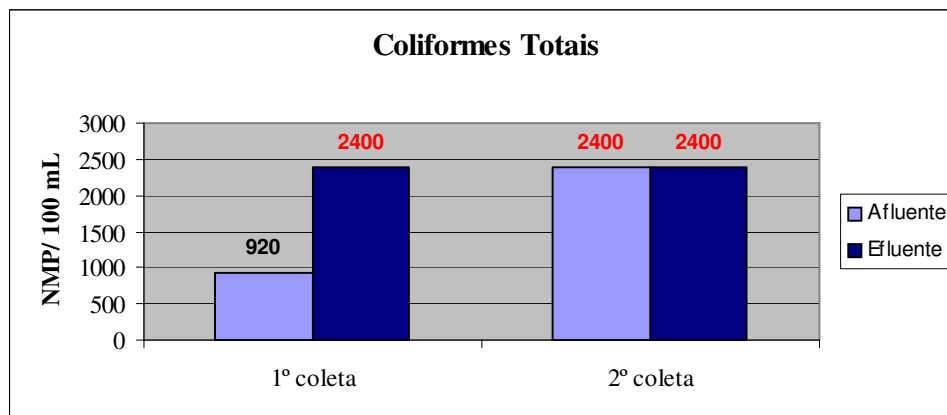


Gráfico 8: Quantidades de coliformes totais em amostras da entrada e saída da ETE.

Santos (2002), avaliando a eficiência de técnicas de tratamento de esgoto, verificou que tratamento preliminares e primários removem cerca de 50% dos coliformes, e o tratamento secundário promove remoção de cerca de 95%.

De acordo com Barros *et al.* (1995) *apud* Kaick (2002) sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos têm geralmente uma eficiência de remoção de patógenos de 60 a 90%.

Tabela 9: Resultado de teste bacteriológico referente à quantificação de coliformes termotolerantes em amostras de afluente e efluente da ETE.

	1ª coleta 04/06/08	2ª coleta 25/06/08
Afluente	6	1600
Efluente	14	2400

Dessa forma, o incremento observado nas análises, pode estar relacionado ao acúmulo de lodo no reator RAMA, uma vez que a retirada dos resíduos não tem sido efetuada. A

acumulação excessiva de matéria orgânica e o contínuo aporte de esgoto podem fornecer um meio propício à proliferação de bactérias.

Com relação aos nutrientes, o nitrogênio e o fósforo total apresentaram uma tendência de aumento de concentração ao se comparar as amostras coletadas na entrada e na saída da ETE (Gráfico 9 e 10).

Em estudo referente à avaliação da sustentabilidade de diferentes tecnologias, Muga & Mihelcic (2007), observaram que os tratamentos de esgoto, preliminar e o primário já apresentam uma eficiência de remoção de nitrogênio total de 15 a 25%. Quanto ao fósforo total, os mesmos autores verificaram uma eficiência de 10% a 20%. Tais sistemas consistem em processos físicos, químicos e biológicos para remoção de nutrientes, de patógenos e de metais.

Santos (2002) verificou que o tratamento primário remove cerca de 10% do fósforo total, enquanto o tratamento secundário convencional elimina cerca de 20%. No mesmo estudo, o processo biológico presente no tratamento secundário, permite um nível de redução de fósforo de 70 a 80%, atingindo uma concentração no efluente de 2 a 3 mg/L. Ainda, em estudo da eficiência de um sistema alternativo de tratamento de efluentes, pela utilização de macrófitas aquáticas, Domingos (2006) observou que houve uma redução de 57% de fósforo total após o esgoto ser submetido ao tratamento.

A comparação dos resultados da literatura com os dados obtidos no presente estudo indica que o sistema de tratamento de efluentes do bairro Piteira, possivelmente não tem sido eficiente na remoção de nutrientes, embora exista a etapa de filtro anaeróbio do sistema, cujos objetivos consistem dentre outros, na remoção dessas substâncias. Tal deficiência pode estar relacionada também ao acúmulo do lodo no sistema.

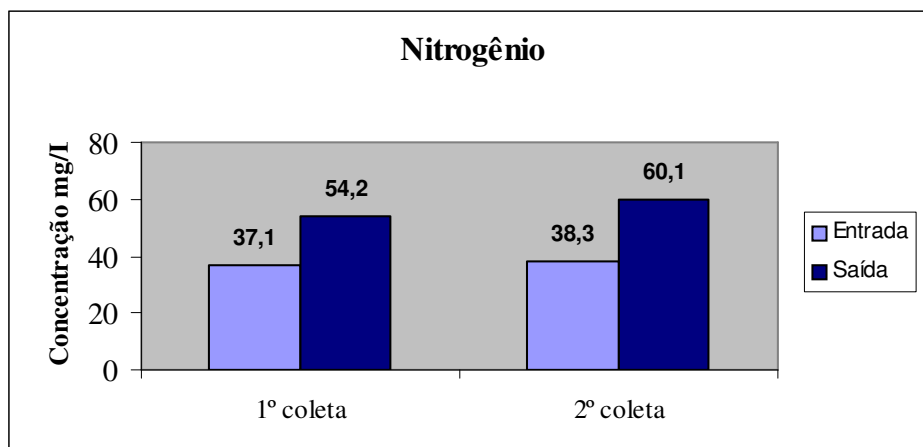


Gráfico 9: Concentração de nitrogênio total em amostras da entrada e saída da ETE.

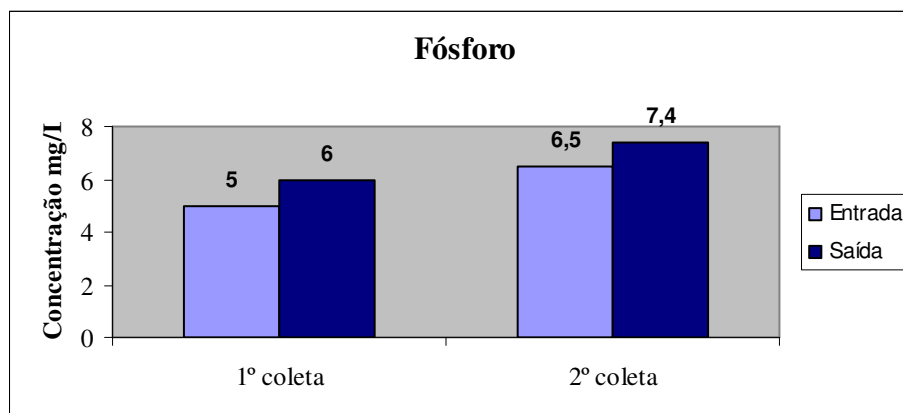


Gráfico 10: Concentração de fósforo total em amostras da entrada e saída da ETE.

Considerando a Resolução CONAMA 357/05, a concentração de fósforo após o tratamento, não se enquadra nos padrões de lançamento de efluentes, cuja concentração mínima estabelecida é de 0,05 mg/L para ambientes lóticos. O nitrogênio total não é abordado nessa resolução, porém consiste do somatório de todas as formas de nitrogênio disponíveis, e é um indicativo da qualidade da água.

No que se refere ao carbono inorgânico na forma de bicarbonato (HCO_3^-), pôde ser observado seu aumento nas amostras da saída do sistema quando comparadas aos valores obtidos no esgoto bruto (Tabela 10). Este fato pode indicar uma alta atividade microbológica de decomposição da matéria orgânica no efluente, corroborando os possíveis efeitos do acúmulo do lodo na proliferação de coliformes. O dióxido de carbono (CO_2) presente no meio aquático pode ter como origem a decomposição de matéria orgânica. Isto porque, conforme Esteves (1998), intensos processos de decomposição e respiração apresentam como consequência a liberação de CO_2 e consequentemente a formação de bicarbonato, quando o pH está entre 6,4 e 10,3. Deste modo, ao se combinar com moléculas de água, o CO_2 pode formar determinados compostos que dependem do pH, o qual nas amostras do efluente apresentou um valor médio de 6,9. Esse valor enquadra-se no padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, cuja faixa de variação permitida é de 5,0 a 9,0. Na entrada do sistema, os valores de pH apresentaram-se semelhantes aos da saída, com uma média de 6,4.

Tabela 10: Resultado de Carbono Inorgânico (mg/dm^3) e pH em amostras de afluente e efluente da ETE.

	04/06/08		25/06/08	
Local	HCO_3^-	pH	HCO_3^-	pH
Entrada	98,40	6,5	102,63	6,2
Saída	140,60	6,8	175,37	6,9

Quanto à variável condutividade elétrica, esta indica a quantidade de íons presentes no meio, e pode fornecer informações a respeito de processos como a decomposição, a qual ocasiona um aumento de valor (ESTEVES, 1998).

Os resultados mostraram uma tendência ao aumento de condutividade elétrica entre o afluente e o efluente do sistema (Gráfico 11). Dessa forma, os maiores valores encontrados no efluente são proporcionados pela maior concentração de íons na saída do sistema, ao contrário do que se esperaria após o tratamento.

No sistema de alternativo de tratamento de esgotos, Domingos (2006) observou maiores valores de condutividade elétrica no esgoto bruto, reduzidos após as etapas de tratamento, devido à remoção dos íons.

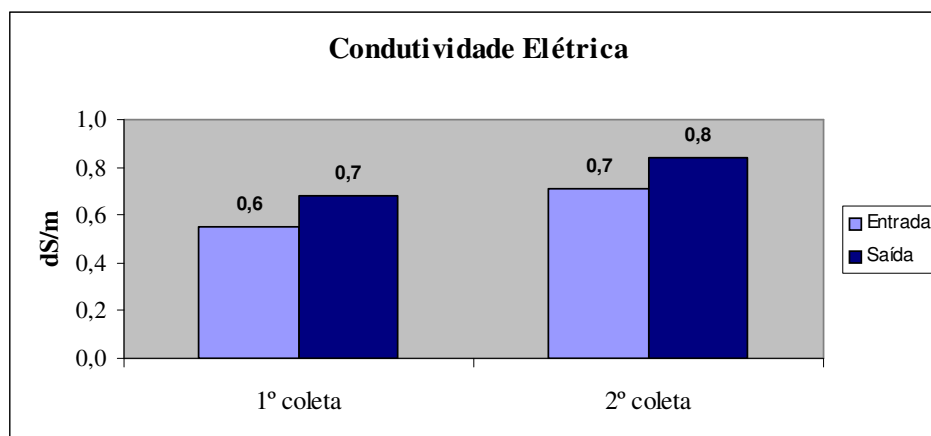


Gráfico 11: Condutividade elétrica em amostras da entrada e saída da ETE.

A Diretriz 215/2007 da FEEMA não estabelece padrão de concentração de nutrientes e coliformes no lançamento de efluentes, determinando apenas o controle de carga orgânica em concentração de DBO (FEEMA, 2007).

Os resultados obtidos com relação aos nutrientes e aos coliformes, bem como as condições observadas no sistema de tratamento de esgoto, reforçam a necessidade de manutenção da ETE e de posterior estabelecimento de programa de monitoramento, de modo a melhorar a eficiência do processo na mesma.

4.9. Permeabilidade do solo no local da estação de tratamento de efluentes

A análise da permeabilidade do solo por determinação de equivalente de areia teve como objetivo avaliar os riscos potenciais de contaminação do solo e do lençol freático, em função das observações preliminares realizadas. A referida determinação permitiria a obtenção de dados indiretos da permeabilidade do solo no local da ETE. Inicialmente, suspeitou-se das condições do solo no local e das instalações do sistema, uma vez que há compartimentos submersos a uma profundidade de aproximadamente 3 (três) metros. Entretanto, após a verificação do projeto original da ETE e de sua adequabilidade quanto às obras civis, observou-se que não há riscos de contaminação. Adicionalmente, foi observado nos quatro pontos de amostragem de solo que, apesar da facilidade de perfuração para coleta, a proporção de areia foi menor do que 6% em todas as amostras indicando que o solo é pouco permeável, em função de um maior teor de argila. Provavelmente, a facilidade de perfuração deve-se ao aterramento do solo para construção do sistema de tratamento de esgoto. Os resultados de equivalente de areia, obtidos são mostrados na Tabela 11:

Tabela 11: Resultados da avaliação de equivalente de areia nas amostras de solo, coletadas no local da ETE.

	Equivalente de areia (%)
Furo 1	2,2
Furo 2	2,2
Furo 3	5,7
Furo 4	5,4

Conforme, Silva *et al.* (2005), a granulometria e a constituição do solo influenciam a variação de retenção de água, em função de sua superfície específica. Sendo assim, a retenção de água é maior em solos argilosos e com alto teor de matéria orgânica. Os mesmo autores

afirmam que a textura do solo, com 54% de areia determina baixa coesão entre as partículas (baixa capacidade de retenção de água).

As porcentagens de areia observadas em todos os pontos amostrados representam uma proporção consideravelmente baixa, implicando numa alta capacidade de retenção de líquidos.

4.10. Redes de interação

A partir dos resultados obtidos, foram estruturadas redes de interação, observadas nas Figuras 25a e 25b, que permitem a avaliação das causas dos problemas gerados e dos seus efeitos. Os esquemas apresentados a seguir têm também a finalidade de identificar os aspectos que requerem ações, as quais permitem solucionar as demandas observadas no diagnóstico, assim como aqueles que estimulam o desenvolvimento de potencialidades.

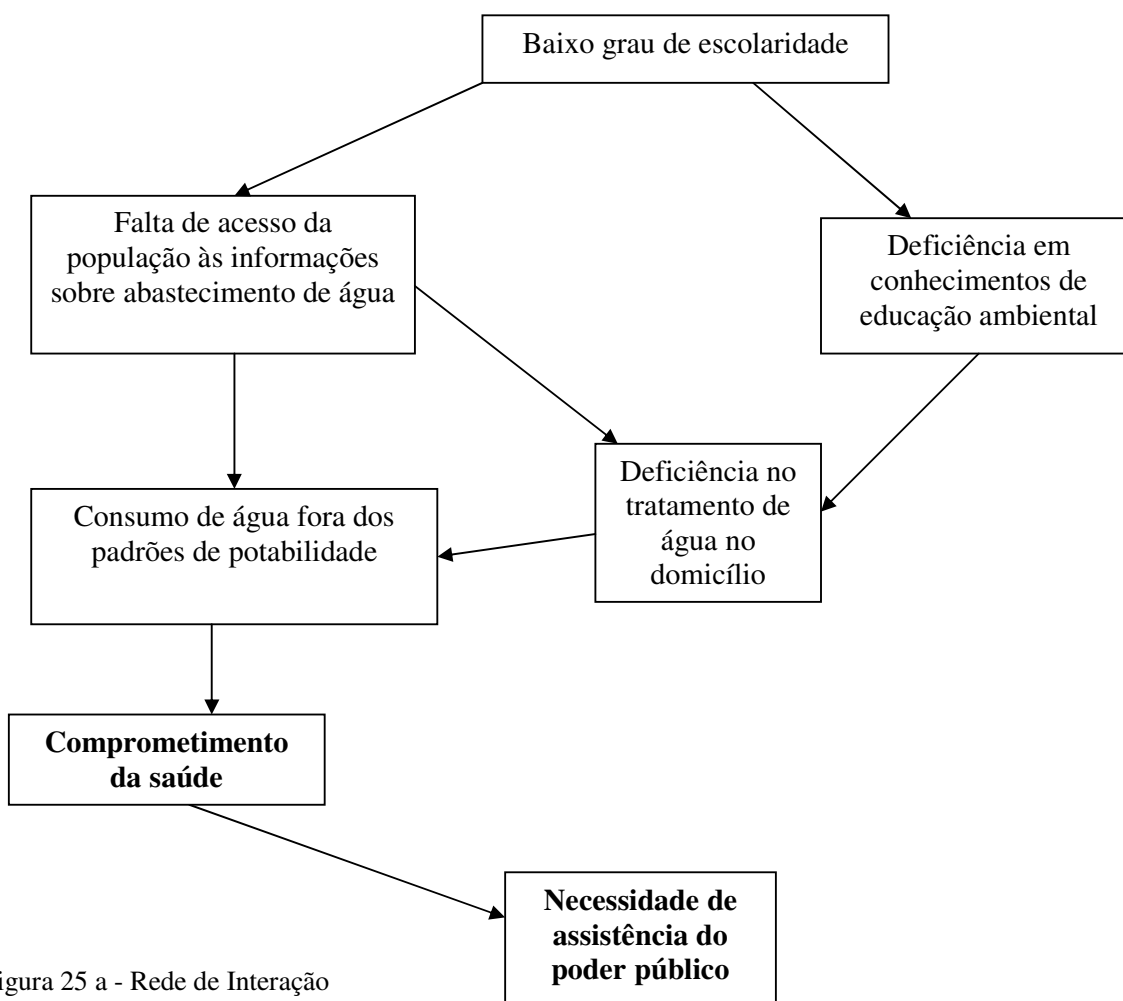


Figura 25 a - Rede de Interação

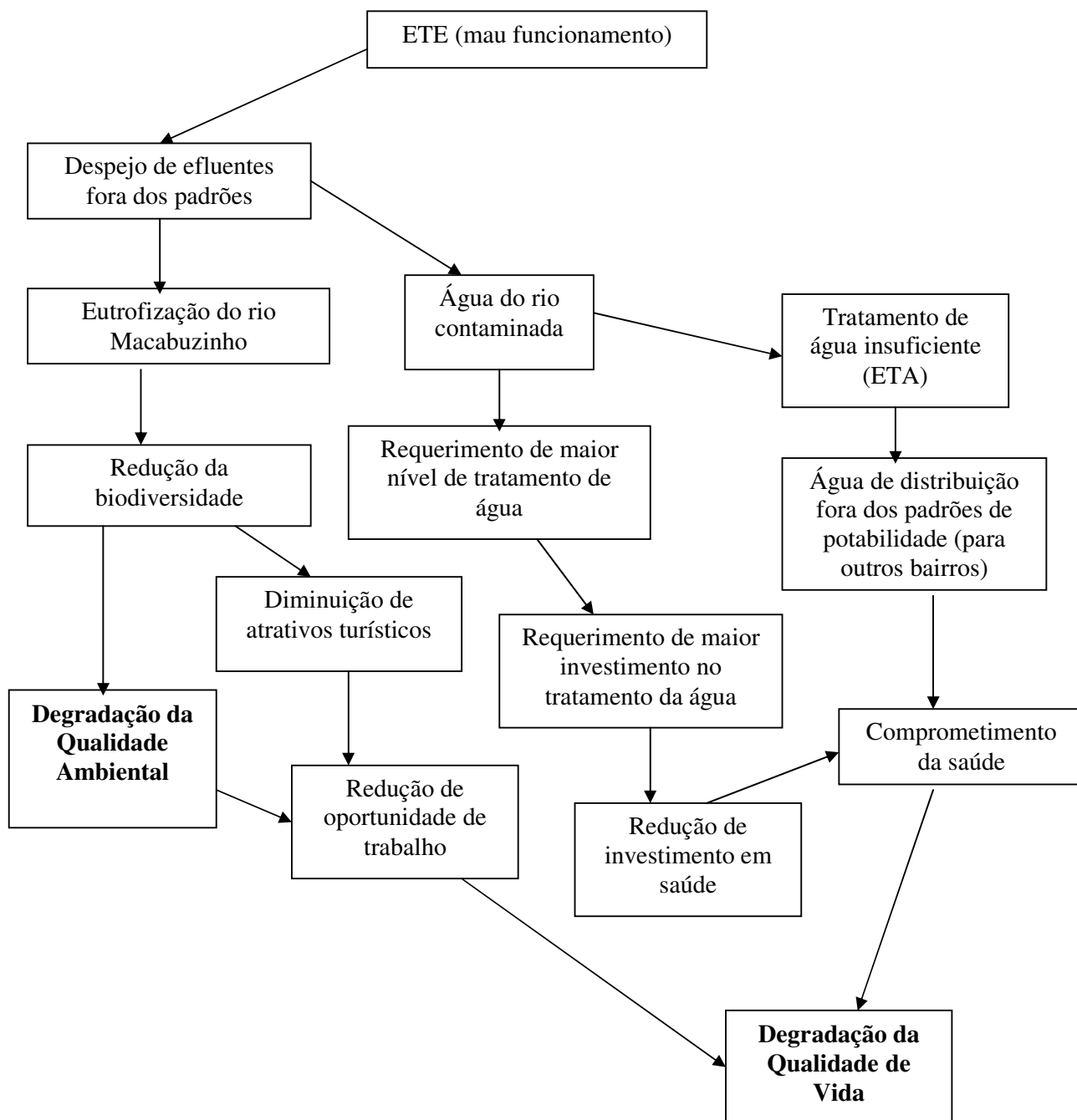


Figura 25 b - Rede de Interação

5 Conclusões e Sugestões

Uma vez que há uma demanda por estudos relacionados ao tratamento de esgotos em municípios da região Norte Fluminense, este trabalho permitiu fornecer informações de grande relevância do município Conceição de Macabu envolvendo a sustentabilidade ambiental, social e econômica.

As observações preliminares indicaram a existência de bairros nesse município, que apresentam condições impróprias com relação ao despejo de esgotos em corpos hídricos e à potabilidade da água de consumo. Assim, o presente trabalho representa uma avaliação piloto do bairro Piteira, enfatizando as deficiências nas condições atuais e a sua influência nos aspectos sociais e ambientais locais. Esse pré-diagnóstico permitiu a avaliação da eficiência do sistema de tratamento de esgoto no bairro, tendo sido avaliadas as potencialidades e limitações dessa estrutura por meio do estudo de diferentes técnicas, abordando-se ainda alternativas para disposição adequada dos resíduos gerados.

Desdobramentos do estudo, oriundos de constatações nos sistemas de tratamento de água e de esgoto do bairro Piteira permitiram observar deficiências no que se refere ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário.

Com relação ao sistema de abastecimento de água verificou-se que a água proveniente do rio Macabuzinho e da ETA abastece outras localidades, porém não o bairro Piteira, que recebe água proveniente de outro local. Sendo assim, verifica-se a necessidade de avaliação em outros bairros.

A água distribuída no bairro Piteira é proveniente da caixa d'água abastecida por uma nascente em uma localidade vizinha. Verificou-se que grande parte da população do bairro Piteira não efetua nenhum tipo de tratamento nesse recurso utilizado para consumo. Os resultados das análises indicam que essa água se encontra fora dos padrões de potabilidade.

Os resultados obtidos na ETA mostraram deficiência na remoção de patógenos e na adição de cloro residual requerida para água tratada, indicando a necessidade de maior controle no sistema, de modo a possibilitar a eficiência do processo de tratamento. Quanto aos valores de pH e turbidez, esses apresentaram-se em conformidade com os padrões de

potabilidade.

Com relação ao funcionamento da ETE e sua influência nas condições ambientais locais, destaca-se que: os resultados relativos aos índices de coliformes e às concentrações de nutrientes mostraram que houve um incremento na saída do sistema, comparando-se aos valores da entrada, o que indica a necessidade de melhor controle no processo, notadamente quanto à etapa de remoção de lodo. Houve ainda, expressão de insatisfação quanto às conseqüências das condições atuais da ETE, embora a população local não tenha acesso a informações relacionadas ao esgotamento sanitário. Assim as observações e os resultados obtidos na ETE ratificam a necessidade de um maior controle no sistema, possibilitando a melhoria de sua eficiência o que poderá reduzir a insatisfação dos moradores com relação à estrutura local.

As análises da água, no sistema de captação no rio Macabuzinho, localizada no trecho estudado, apresentam indicativos de eutrofização, embora estejam dentro dos padrões. Apesar de ser necessário um maior número de amostras para caracterização da água, os resultados obtidos mostram-se condizentes com as observações das visitas de campo e com as entrevistas realizadas. Os resultados obtidos nas entrevistas indicam uma redução na biodiversidade de fauna no rio Macabuzinho.

As baixas porcentagens de areia observadas determinaram uma baixa permeabilidade do solo no local onde a ETE está instalada.

Quanto aos atores sociais locais, destaca-se que aqueles com maior capacidade de articulação são os gestores públicos; tendo em vista que as organizações da sociedade civil encontram-se desarticuladas.

O grau de escolaridade da população e a ausência de informação adequada, quanto aos aspectos de saneamento ambiental, propiciam distorções de percepção relativas aos aspectos envolvendo condições de saúde pública, especificamente em relação às doenças de veiculação hídrica.

As principais sugestões para ações a serem empreendidas pelo Poder Público municipal são apresentadas a seguir:

- Elaborar monitoramento na ETA com realização de relatórios e análises requeridos rotineiramente;
- Monitorar e realizar a manutenção da ETE (limpeza, análises, relatórios) para minimização de emissão de odores e para a otimização do processo de tratamento de efluentes;
- Remover e classificar o lodo segundo as normas pertinentes, a fim de avaliar potencialidades de reutilização do resíduo no horto municipal ou como adubo orgânico;
- Implementar ações apontadas no Plano Diretor (PD) do Município Conceição de Macabu, para consolidação do mesmo como pólo turístico, permitindo a promoção do desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, a criação de uma unidade complementar à ETE, correspondente a uma lagoa de maturação, poderia propiciar um local de recreação e lazer, pela criação de um parque (delimitação de uma área verde no entorno da lagoa), e ao mesmo tempo promover uma etapa de polimento do efluente;
- Promover a participação popular nos projetos de implantação de sistemas de tratamento de efluentes novos e/ou complementares ao existente; e promover a capacitação de moradores para atuação nos processos de construção e manutenção desses sistemas;
- Capacitar agentes do poder público para disseminação de conhecimento de fatores ambientais e sua inter-relação com fatores sociais;
- Estimular a participação popular no processo de gestão ambiental, enfatizando-se as questões de saneamento ambiental;
- Incentivar a mobilização da associação de moradores, como forma de ampliar o acesso da população às políticas públicas e de facilitar a formação de grupos de moradores comprometidos com a busca de soluções dos problemas ambientais locais;
- Desenvolver programas de educação ambiental para os moradores do bairro Piteira, que facilitem a democratização das informações e que permitam uma maior sensibilização e envolvimento dos atores sociais.

Como propostas para trabalhos de pesquisa futuros, recomenda-se:

- Analisar os dados de OD e DBO em amostras de água nos pontos avaliados no presente estudo, bem como ampliar o número de locais para amostragem;

- Apresentar os resultados deste diagnóstico aos moradores do bairro, de modo a iniciar um processo de conscientização e mobilização da população às questões ambientais, com o objetivo de criar uma cultura participativa;
- Reavaliar a ocorrência de doenças relacionadas aos aspectos de degradação ambiental, notadamente as de veiculação hídrica;
- Ampliar a área de avaliação e aprofundar a pesquisa, tomando como referencial o sistema de abastecimento de água.

As principais dificuldades encontradas na execução do presente trabalho foram a logística de transporte envolvendo o agendamento relativo às visitas de campo, o acesso às informações e as divergências encontradas ao se comparar as informações provenientes de diferentes fontes (população e setores públicos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Resolução n. 80 de 26 de março de 2007 *Aprova o Regulamento do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas – PRODES para o exercício de 2007 e dá outras providências*. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/prodes/prodes2007/ResANA080-2007.pdf>. Acesso em: 25 jun. de 2008

AYAZ. Ç. S., AKÇA L. *Treatment of wastewater by natural systems*. Environment International. v.26, p.189-195. 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT/Fórum Nacional de Normalização, NBR 10004).71 p. 2004

BAIRD, C. *Química Ambiental*. Tradução de Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 622 p. 2002

BARBIERI , J. C. *Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo. Saraiva, 2ed. 328p. 2006

BARROS, R. T. V.; CHERNICHARO, C. L.; HELLER, L.; SPERLING, M.; CASTRO, A. A.; COSTA, A. M. L. M.; MOLLER, L. M.; e CASSEB. M.M.S. *Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios*. Belo Horizonte: DESA/ UFMG, 221p. 1995. APUD KAICK, 2002. *OP cit.*

BERNARDI, C. C. *Reuso de água para a irrigação*. (Monografia) Especialização *Lato-Sensu* modalidade MBA. Programa de Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada. Área de concentração em Planejamento Estratégico. ISEA – FGV / ECOBUSSINESS SCHOOL, Brasília, DF. 52 p. 2003

BLAUTH, P. *Oficina de Saneamento Ambiental*. Secretaria do Meio Ambiente – SP. 2002. Disponível em: www.ambiente.sp.gov.br/EA/projetos/Apostila_Saneam.pdf. Acesso em: 18 de set. de 2007

BONNET, B. R. P. *Diagnóstico de situação e proposição de sistema de monitoramento dos impactos ambientais causados pela reciclagem agrícola do lodo de esgotos*. Dissertação (Monografia) Curso de Pós-graduação *Lato Sensu*. Curitiba. 1997. *Apud KAICK, 2002 OP cit.*

BORJA, P. C. & MORAES, L.R.S. *Indicadores de Saúde Ambiental com enfoque para a área de saneamento. Parte 1 – Aspectos conceituais e metodológicos*. Engenharia Sanitária e Ambiental. vol. 8, p. 13-25, Jan. 2003

BRAGA, B. *Introdução à Engenharia Ambiental- O desafio do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 318p. 2005

BRANCO, S. M. *Água: origem, uso e preservação*. São Paulo. Editora Moderna. 69p. 1993

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 357 de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.* Ministério do Meio Ambiente. MMA. 2005

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil.* Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 518, de 25 de março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.* Ministério de Estado da Saúde. 2004

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal Nº 6.938, de 02 de setembro de 1981. *Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.* Disponível: www.ief.rj.gov.br Acesso em: 2 abr. de 2007

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.* Disponível: www.mma.gov.br / <http://pnrh.cnrh-srh.gov.br>. Acesso em: 27 ago. de 2007

BRASIL. Presidência da República. Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. *Lei de Crimes Ambientais - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e da outras providências.* Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/gab/asin/lei.html>. Acesso em: 10 jun 2008

BRASIL. Presidência da República. Lei Federal Nº 9.795 de 27 de abril de 1999. *Dispõe sobre a Educação Ambiental, Institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.* Brasília: 1999.

BRAZ, C. H. C. *Curso de tratamento de esgoto doméstico sanitário.* Biosane Serviços LTDA-ME; 40p. 2005

BRIX, H. *Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands.* Water Science Technology. vol 35: 1-7. 1997

CÂMARA, M. J. A. *Epidemiologia e ambiente.* In: Medronho, R. A. et al. *Epidemiologia.* São Paulo: Atheneu, 2003 *Apud OLIVEIRA, A. S. Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: avaliação da remoção de metais pesados.* Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) - Departamento de Enfermagem Materno- Infantil e Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP. 162p. 2006

CASTRO, D.M.M. *Diagnóstico Socioambiental [Apostila do curso de MBA em Gestão e Política Ambiental.* Fundação Getúlio Vargas. Campos dos Goytacazes, 2006.

CARVALHO, I. C. M. *Qual educação ambiental? Elementos para um debate sobre educação ambiental e extensão rural*. Agroecol.e Desenv.Rur.Sustent.,Porto Alegre, v.2, n.2, abr./jun. 2001

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE CAMPOS - CEFET. *Projeto Macabu: Pelas águas do Rio Macabu* – Cefet Campos, Uned Macaé, Escola Estadual Maria Lobo Viana. 2005

CHAGAS, A. T. R. *O questionário na pesquisa científica*. Administração on line, FECAP. São Paulo, SP. v. 1, n. 1, p. 1-14, 2000. Disponível em: http://www.fecap.br/adm_online/art11/anival.htm Acesso em: 12 set. 2007

CHERNICHARO, C. A. L. *Introdução ao tratamento e ao pós-tratamento de esgotos. Curso sobre Pós-tratamento de Efluentes Anaeróbios*. DESA. UFMG (Informação Verbal). 2005.

DIAS, G. F. *Educação Ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Gaia. 551p. 2004

DOMINGOS, E. Q. *Avaliação da Eficiência de Alagados Construídos no Tratamento de Esgotos Domésticos*. (Monografia) Graduação em Biociências e Biotecnologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. 51 p. 2006

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. *Agency for International Development: Guidelines for water reuse*. EPA/625/R-04/108 Washington (DC); 2004

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 3º ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 602 p. 1998

FIRJAN, *Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo*. 2 ed. Rio de Janeiro: GMA. 27p. 2006.

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. 16 ed. São Paulo: Paz e Terra. 150p. 1985

FUNDAÇÃO CENTRO DE INFORMAÇÕES E DADOS DO RIO DE JANEIRO (CIDE). *Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro: CIDE, Disponível em: http://www.cide.rj.gov.br/tabelas%5CAltitude_areatotal.xls. Acessado em: 13 jul. 2008

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – FEEMA. DZ-215. R-4 de 25 de setembro de 2007. *Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária*. Disponível: <http://www.feema.rj.gov.br/legislacao.asp>. Acesso em: 21 mai. 2008

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Manual de Saneamento*. 3 ed. Ver. Brasília. Fundação Nacional da Saúde. 2007

GRABAUSKA, C. J. E DE BASTOS, F. P. *Investigação-Ação Educacional: possibilidades*

críticas e emancipatórias na Prática Educativa. Investigação-ação: mudando o trabalho de formar professores. Ponta Grossa, Planeta. p. 9-20. 2001

GRANZIEIRA, M. L. M. *Direito das águas: disciplina jurídica das águas doces.* 2 ed. São Paulo: Atlas, 249p. 2003

GENERINO, R. C. M. *Contribuição da abordagem multicritério na seleção de alternativas de reuso de água: aplicação em um caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal.* Tese (Doutorado em Saúde Pública)- Programa de Pós Graduação em Saúde Pública- Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Área de Concentração: Saúde Ambiental. São Paulo. 181p. 2006

HAMMER, M. J. *Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotos.* Livros Técnicos e Científicos. Editora S. A. Rio de Janeiro RJ. 563 p. 1979

HESPANOLL, I. *Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos.* Bahia análise & dados Salvador, v. 13, n. especial, p. 411-437. Artigo original: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) Volume 7 n.4. 75 – 95. 2002

HUNKA, P. G. *Diagnóstico socioambiental e dos usos dos recursos hídricos na bacia do rio Guajú – PB/ RN.* Dissertação (Mestrado) Programa de Pós- Graduação em Geografia do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 150p. 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.* Rio de Janeiro. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 11 abr. 2007

_____. IBGE. Censo 2000. Disponível em: http://www.ibge.br/Download/Estatística/Censo/Censo_Demografico_2000/Indicadores_sociais/ Acesso em: 20 jun. 2007.

_____. IBGE. Contagem da população 2007. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/defaulttab.shtm>. Acessado em: 13 jul. de 2008.

_____. IBGE. *Perfil dos municípios 2007.* Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>. Acessado em: 13 jul. de 2008.

KAICK, T, S. V. *Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para o saneamento básico no litoral do Paraná.* Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. 116p. 2002

LANNES, L. S. *Avaliação de pequenos alagados artificiais na modificação da qualidade da água utilizando a macrófita aquática *Typha domingensis* Pers.* Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biociências e Biotecnologia - Universidade Estadual do Norte Fluminense UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. 63p. 2004

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. *A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública*. Engenharia Sanitária Ambiental. vol.10, no.3, p.219-228. set. 2005

LUEDERITZ, V., ECKERT, E., LANGE- WEBER, M., LANGE. A., GERBERG, R. M. *Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands*. Ecological Engineering ; vol.18: 157- 171. 2001

MACHADO P. A. L. *Direito Ambiental Brasileiro* 12ed . Editora: Malheiros editores Ltda. São Paulo. 1075p. 2003

MENEZES, D. O.; SILVINO, G.; NETO, A. C. *Orientações Técnicas para Operação de Estações de Tratamento de Esgoto- ETs*. Fundação Estadual do Meio Ambiente- FEAM. Belo Horizonte, MG. 35p. 2005

MESQUITA, M. G. B. F. *Caracterização estatística da condutividade hidráulica saturada do solo*. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001. Apud Sampaio, F. M. T., Menezes, S. M., Furtini, M.B., Ribeiro, K. D. *Correlações entre a Permeabilidade e os Atributos Físicos do Solo da Sub- bacia do Córrego Centenário da Cidade de Lavras, MG*. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 4, p. 798-803, jul./ago., 2006

MUGA, H. E. & MIHELICIC. J. R. *Sustainability of wastewater treatment technologies*. Journal of Environmental Management. vol.88; cap 3, p. 437-447. Abr. 2007.

OMS, Organización Mundial de la Salud. *Salud Pública Innovación y Derechos de Propiedad Intelectual. Informe de La Comisión de derechos de propiedad intelectual, Innovación y Salud Pública*. 204 p. 2006. Disponível em: www.who.int/entity/intellectualproperty/documents/thereport/SPPublicHealthReport.pdf. Acesso em: 6 set. 2007.

ORON, G.; CAMPOS, C.; GILLERMAN, L.; SALGOT, M. *Wastewater treatment renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities*. Agricultural Water Management – 38 p.223- 234. 1999

PALME, U., LUNDIN, M., TILLMAN, A.-M., MOLANDER, S. *Sustainable development indicators for wastewater systems—researchers and indicator users in a co-operative case study*. Resources, Conservation, and Recycling 43, p 293–311. 2005.

PARASURAMAN, A. *Marketing resarch*. 2 ed. Addison Wesley Publishing Company, 1991. Apud CHAGAS, A. T. R. *O questionário na pesquisa científica*. Op cit.

PEREIRA, J. S. JR; *Dessalinização de Água do Mar no Litoral Nordestino e Influência da Transposição de Água na Vazão do Rio São Francisco*. Estudo Consultoria Legislativa. Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional. 10p. 2005

PÉRICO, E & CEMIN, G. *Planejamento do uso do solo em ambiente SIG: alocação de um*

distrito 2 industrial no município de Lajeado, RS, Brasil. Estudos Geográficos, UNESP. p. 41-52. 2006

PIMENTEL, C. E. B. *Série Modernização do Setor Saneamento. Proposta Metodológica de Classificação e Avaliação Ambiental de Projetos de Saneamento. Ministério do Planejamento e Orçamento Secretaria de Política Pública. vol. 11. Brasília: IPEA. 85p. 1998*

PREFEITURA MUNICIPAL. Portal da Prefeitura de Conceição de Macabu. Disponível em: <http://www.conceicaodemacabu.rj.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. de 2008

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE . PNUMA. *Metodologia para la elaboración de los informes GEO Ciudades Manual de aplicación Versión 1. 2003. Disponível em: <http://www.pnuma.org/geociudades/PDFs/Manual%20GEO%20Ciudades.pdf> Acesso em: 21 mai. de 2007.*

QUINTAS, J. S. *Introdução à Gestão Ambiental pública. Brasília: IBAMA. 132p. 2005*

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

REALE, M. *Lições preliminares de direito. 22 ed. São Paulo: Saraiva, 1995*

RIO DE JANEIRO. Presidência da Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. Lei Estadual N° 4191 de 30 de setembro de 2003. *Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2003.*

ROCHA, J. C., ROSA, A. H., CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental. Porto Alegre: Bookman. 154p. 2006.*

SANTOS, M.O.R.M. 231p. *O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002*

SCHORIES, G. *IWAPIL — innovative wastewater treatment applications for isolated locations. Desalination, Bremerhaven, Germany. v. 224, n.1-3, p. 183-185, Fev. 2007.*

SENRA, J. C. *Águas, o desafio do terceiro Milênio. In. O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil. Gilney V., Marina S., Nilo D., São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo. p. 133-144. 364p. 2001*

SILVA, D.D. & PRUSKI, F.F. *Gestão de Recursos Hídricos – Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 659p. 2000.*

SILVA, G. H. R. & NOUR, E. A. A. *Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p. 268-275, 2005.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. *Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo*. Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.3, p.544-552, 2005.

SOUZA, C. M. N.; FREITAS, C. M.; MORAES, L. R. S. *Discursos sobre a relação saneamento-saúde-ambiente na legislação: uma análise de conceitos e diretrizes*. Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.12, nº 4, p. 371-379. out/dez 2007.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Belo Horizonte. MG. 243p. 1996.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. TCE/RJ. *Estudo Sócio-Econômico- Conceição de Macabu*. Secretaria- Geral de Planejamento. Outubro de 2006

TRIGUEIRO, A. *Mundo sustentável: abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação*. São Paulo. Globo, 2 ed 278p. 2005.

TUNDISI, J.G. *Água no Século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos, SP. Editora RIMA, 2 ed, 248p. 2005.

ZIGLIO, L. *A convenção de Basiléia e o destino dos resíduos industriais no Brasil*. Tese (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia Humana do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

APÊNDICE

Questionário para diagnóstico sócio-ambiental do bairro Piteira em Conceição de Macabu

Indicação do Local:	Data:
Número de pessoas que moram na residência:	Faixa etária dos donos da casa:
Número de estudantes: _____ crianças _____ adolescentes _____ adultos	

1. Possui poço? Em algum período do ano, você observa se o poço fica mais cheio?

2. E o rio, enche muito em algum período do ano? () sim () não

Causa

alagamento? _____

3. A água que você usa é:

() salobra () com odor () boa () turva (*suja*) () não sabe

Obs: _____

4. a) Para onde vai o esgoto da sua casa? _____

b) Lá o esgoto é tratado? () sim () não () não sabe _____

5. a) Sabe que há uma estação de tratamento de esgoto?

() sim () não () não sabe _____

b) Em caso positivo, há quanto tempo ela existe? () 1- 12 meses () 1 ano a 5 anos () 3 a 5 anos () mais de 5 anos () não sabe

6. A estação trata o esgoto de que modo? () Bom () Regular () Ruim

() Péssimo () não trata () não sabe

Obs: _____

7. a) A água do rio é limpa? () sim () não
 b) Tem peixes no rio? () sim () não
 c) Há cinco anos, como era a quantidade e tipos de peixes no rio? () havia mais
 () havia menos () não mudou
-

8. Você utiliza a água do rio? () sim () não
 Como? () banho / recreação () lavagem de utensílios () pesca () consumo
 () outros, cite.
-

9. Você ou sua família adoeceu nos últimos dois anos? () sim () não

10. As doenças que ocorreram foram:

- () diarréias / verminoses () doenças de pele () hepatite () leptospirose
 () outros

Especifique: _____

11. Qual é o principal problema que o entrevistado vê no local onde mora?* Qual seria a solução de tal problema na sua visão? (*Observar quais são as principais aflições e anseios da família em relação à questão ambiental (especificamente do local)?*)

- () segurança () esgotamento sanitário () água () lixo

Sugestões para

solucionar: _____

12. Quem é o responsável pela casa?
-

13. Grau de instrução do entrevistado:

- () nunca estudou () fundamental incompleto 1º segmento (até a 4ª série)
 () fundamental incompleto 2º segmento (de 5ª a 8ª série) () fundamental completo
 () médio incompleto () médio completo () Superior

ANEXO A – FICHA DO CADASTRO DAS FAMILIAS

FICHA A		SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE ATENÇÃO BÁSICA				UF <input type="text"/>
ENDEREÇO			NÚMERO	BAIRRO	CEP	
MUNICÍPIO		SEGMENTO	ÁREA	MICROÁREA	FAMÍLIA	DATA

CADASTRO DA FAMÍLIA							
PESSOAS COM 15 ANOS E MAIS NOME	DATA NASC.	IDADE	SEXO	ALFABETIZAD O		OCUPAÇÃO	DOENÇA OU CONDIÇÃO REFERIDA (sigla)
				sim	não		

PESSOAS DE 0 A 14 ANOS NOME	DATA NASC.	IDADE	SEXO	FREQUENTE A ESCOLA		OCUPAÇÃO	DOENÇA OU CONDIÇÃO REFERIDA (sigla)
				sim	não		

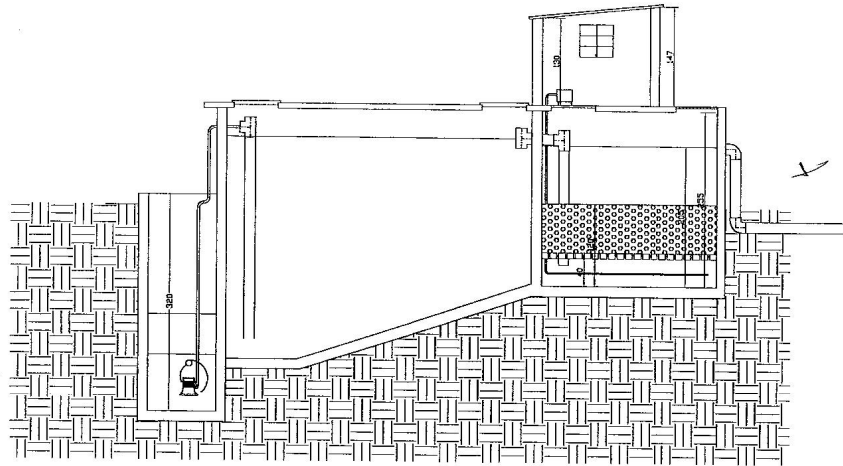
Siglas para a indicação das doenças e/ou condições referidas

ALC - Alcoolismo
CHA - Chagas
DEF - Deficiência
DIA - Diabetes

EPI - Epilepsia
GES - Gestação
HA - Hipertensão Arterial
TB - Tuberculose

HAN - Hanseníase
MAL - Malária

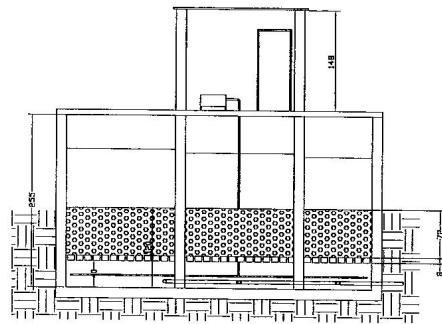
ANEXO B – PLANTA DO PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DO BAIRRO PITEIRA



CORTE A - A'

Nivel

Nivel



CORTE C - C'

