



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Janaina Ribeiro Sachetto

Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé - RJ

Rio de Janeiro

2012

Janaina Ribeiro Sachetto

Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé - RJ

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientadora: Prof.^a Dra. Thereza Christina de Almeida Rosso

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

S327 Sachetto, Janaina Ribeiro. Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé - RJ / Janaina Ribeiro Sachetto. - 2012. 81 f. Orientador: Thereza Christina de Almeida Rosso. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. 1. Engenharia Ambiental. 2. Água - Qualidade – Dissertações. 3. Roncador, Rio (Magé, RJ). I. Rosso, Thereza Christina de Almeida. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título. CDU 628.16
--

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Janaina Ribeiro Sachetto

Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé - RJ

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em: 21 de agosto de 2012

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Thereza Christina de Almeida Rosso (Orientadora)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Marcos Antônio dos Santos Fernandez
Faculdade de Oceanografia - UERJ

Prof.^a Dr.^a Bárbara Franz
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais

Rio de Janeiro

2012

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus familiares pelo apoio durante o mestrado, especialmente o Gabriel pelo amor e compreensão durante todo o processo de confecção do texto.

Gostaria de agradecer ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA) pela disponibilização dos dados aqui analisados. Hoje em dia é possível o acesso a estes dados via online, porém no início da confecção deste trabalho o processo para obtenção destes dados era um pouco árduo, e graças ao INEA eu pude realizar este estudo.

Aos professores e demais funcionários do PEAMB que me acompanharam e me ajudaram em todas as dúvidas e aprendizados durante este período.

A minha orientadora professora Thereza que me acompanhou e me orientou na confecção deste trabalho.

Aos professores que gentilmente aceitaram meu convite para compor a minha banca avaliadora, especialmente ao professor Marcos Fernandez, o Halley, que foi o responsável pelo início de tudo isso lá na minha graduação de Oceanografia.

A um grupo muito alto astral, Luiz Carlos, Flávia, Priscila, Tiago, Anderson, Daniella e Talitha, que foram muito especiais em um momento delicado e que me ensinaram muito pra vida e principalmente para a confecção deste estudo.

E por último, porém não menos importante, aos meus amigos do peito Carlos Milton e Cláudia Félix que foram imprescindíveis na finalização do meu texto. A Greici, que confeccionou todos os mapas apresentados aqui. E a Gabi, a Morena, que compartilhou do meu sofrimento.

*“Tudo vem da água!
Tudo é mantido vivo pela água”
Goete; Fausto II*

RESUMO

SACHETTO, Janaina Ribeiro. **Análise da qualidade ambiental do Rio Roncador – Magé, RJ**. 2012. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

O rápido e desorganizado crescimento urbano gera grandes impactos aos corpos hídricos. Desde o século XIX, na região do entorno da Baía de Guanabara, o esgoto já era motivo de preocupação. Com o grande crescimento da população, o sistema de esgotamento não foi bem administrado, existindo zonas aonde o sistema empregado é o de separador absoluto, outras onde os esgotos são lançados nas galerias de águas pluviais e outras aonde ainda não existe nenhum tipo de canalização ou tratamento. As previsões do declínio de fontes de água para uso humano têm chamado a atenção para a conservação das águas continentais, aumentando a responsabilidade sobre a sustentabilidade do recurso. Dessa forma, é de fundamental importância administrar corretamente a água disponível e trabalhar para diminuir os níveis de degradação da sua qualidade, promovendo o uso racional dos recursos hídricos e evitando o lançamento de esgoto, não tratado, nos rios e em outros corpos d'água. O rio Roncador, localizado no município de Magé – RJ, está inserido em um complexo de grande relevância ambiental que é a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. Quando comparada as demais bacias que compõem a RHBG, a Bacia Hidrográfica do rio Roncador é classificada como pouco degradada e sem sistemas de tratamento de esgotos. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise da qualidade ambiental das águas do Rio Roncador, apresentando uma classificação segundo o Índice de Qualidade de Águas (IQA) proposto pela CETESB. Objetiva-se também apresentar os processos dinâmicos que acarretam a poluição das águas do rio Roncador em consequência da forma do seu uso. Por fim são apresentadas propostas educativas e corretivas a fim de se recuperar a qualidade da água do mesmo, melhorando a qualidade de vida da população que é atendida por este corpo hídrico. Buscando esta análise foram analisados nove parâmetros ambientais (temperatura da água, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, resíduos totais e coliformes termotolerantes) medidos entre os anos de 1986 e 2010. Sua escolha aconteceu por serem estes os parâmetros necessários para a realização do cálculo do IQA, também apresentado neste trabalho. As análises realizadas indicaram que poucos parâmetros apresentaram concentrações fora do orientado pela Resolução CONAMA 357/05, e que o cálculo do IQA classificou as águas do Rio Roncador como Regulares e Ruins. Durante o período de confecção do referido estudo foram realizadas visitas à região em análise, que resultaram na enumeração dos principais impactos que atingem o Rio Roncador. A partir destas observações foram descritas propostas de ações sustentáveis e de baixo custo que possibilitarão uma melhora da qualidade da água deste rio, como implantação de fossas sépticas, coleta seletiva de lixo, dentre outros. Acredita-se que esta dissertação represente uma contribuição para o planejamento e gestão das águas do Rio Roncador, e posteriormente, guardando as devidas

especificidades, a metodologia empregada no desenvolvimento desses estudos possa ser aplicada em outras regiões.

Palavras-Chave: Gestão sustentável dos recursos hídricos; Bacias hidrográficas, Qualidade da água; Índice de qualidade de água; Rio Roncador; Magé.

ABSTRACT

The fast and disorganized urban growth generates large impacts to water bodies. Since the nineteenth century, around the Guanabara Bay, the sewage was already a concern. With the large population growth, the sewage system was not well managed, there are areas where the system used is the absolute separator, others where sewage is released into storm sewer and others where there is not any kind of plumbing or treatment. The predictions of the decline of water sources for human use have drawn attention to the conservation of inland waters, increasing accountability about the sustainability of the resource. Thus, it is of fundamental importance to properly manage the available water and work to reduce the levels of degradation of this quality, promoting the rational use of water resources and preventing the discharge of sewage, untreated, into rivers and other water bodies. The Roncador river, located in Magé-RJ, is part of a major environmental complex, the Guanabara Bay Watershed Region (GBWR). Compared with other basins belonging the GBWR, the Roncador river basin is classified as slightly degraded and without sewage treatment systems. Thus, this paper aims to conduct an analysis of the environmental quality of Roncador river waters, with a classification according to the Water Quality Index proposed by CETESB. It also aims to present the dynamic processes that lead to pollution of the Roncador river as a result of its use. Finally remedial and education proposals are made seeking to recover the water quality and improving life quality to the population that is served by this water body. Searching this analysis, nine environmental parameters (temperature, hydrogen potential, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphorous, turbidity, fecal coliform and total residues) measured between 1986 and 2010 were chosen, because this parameters are needed to perform the calculation of the Water Quality Index, also presented in this paper. The analyzes made indicated that few parameters had concentrations outside the CONAMA 357/05 Resolution, and the Water Quality Index ranked the waters of the Roncador river as regular and bad. During the preparation of the study, visits were made to study area, which resulted in the list of the main impacts that reach the Roncador river. From these observations sustainable proposals have been described, which will improve the water quality of this river. It is believed that this dissertation represents a contribution to the planning and management of the waters of the Roncador river, and then, keeping the appropriate specifications, the methodology used in developing these studies can be applied in other regions.

Keywords: Sustainable management of water resources; Watersheds; Water quality; Water quality index; Roncador River; Magé.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudos na região metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: Adaptação Google Earth (2011) e Ecologus – Agrar (2005)	22
Figura 2: Perfil Longitudinal do curso d'água principal. Fonte: Ecologus – Agrar, 2005	23
Figura 3: Localização do Ponto Amostral RN 560. Fonte: Junção de Imagens ArcGis e Google Earth (2012).	26
Figura 4: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas. Fonte: CETESB....	42
Figura 5: Variação da Temperatura (oC) entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.	54
Figura 6: Variação do pH entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação aos valores orientadores da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).....	56
Figura 7: Variação dos teores de OD entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).....	57
Figura 8: Variação dos teores de DBO entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).	58
Figura 9: Variação dos teores de NT entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.	59
Figura 10: Variação dos teores de FT entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).....	60
Figura 11: Variação dos teores de Turbidez entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.	61
Figura 12: Variação dos teores de RT entre os anos 1986 a 2010.	62
Figura 13: Variação dos teores de CT entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).....	63
Figura 14: Projeção das variáveis no plano I-II da análise de componentes principais baseada nos parâmetros ambientais analisados entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.....	65
Figura 15: Canais de esgoto sem tratamento saindo das casas diretamente para o Rio Roncador. Fonte: Acervo Pessoal.....	69

Figura 16: Presença de construções de baixa renda ao longo da margem do Rio Roncador. Fonte: Acervo Pessoal	69
Figura 17: Margem do Rio Roncador completamente tomada por lixo. Fonte: Acervo Pessoal.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução dos Desmatamentos nos Municípios que Compõem a Bacia da Baía de Guanabara – Variação dos Percentuais de Cobertura Arbórea Clímax e em Diferentes Estágios de Regeneração, entre o Período de 1958/1969 e 2001.....	25
Tabela 2: Evolução Populacional do Município de Magé	25
Tabela 3: Pesos relativos a cada parâmetro do IQA.....	41
Tabela 4: Classificação das águas naturais conforme o IQA da CETESB.....	43
Tabela 6: Resultados das Análises Físico-Químicas no Rio Roncador, entre os anos de 1986 a 2010.....	53
Tabela 6: Correlação de ranks de Spearman entre os parâmetros ambientais analisados no Ponto RN0560, no Rio Roncador. Em vermelho as correlações significativas ($p < 0,05$).	64
Tabela 7: Resultado do IQA nas amostras analisadas.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BHRR	Bacia Hidrográfica do Rio Roncador
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IQA	Índice de Qualidade de Água
NSF	National Sanitation Foundation
RHBG	Região Hidrográfica da Baía de Guanabara

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	16
	Problemática e Justificativa	16
	Objetivos	18
	Natureza da Metodologia e Estrutura da Dissertação	19
1	ESTUDO DE CASO : RIO RONCADOR	21
1.1	Descrição da área de estudo	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
2.1	Bacia Hidrográfica	28
2.2	Qualidade das águas	30
2.3	Breve histórico sobre a Legislação aplicável a Águas no Brasil	33
2.4	Monitoramento da Qualidade das Águas	35
2.5	Índices e Indicadores de Qualidade de Água	37
	Índice de Qualidade de Água (CETESB)	40
2.6	Parâmetros Ambientais utilizados no cálculo do IQA	44
	Temperatura da Água (T)	45
	Potencial Hidrogeniônico (pH)	45
	Oxigênio Dissolvido (OD)	46
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	48
	Nitrogênio Total (NT)	48
	Fósforo Total (FT)	49
	Turbidez	50
	Resíduos Totais (RT)	50
	Coliformes Termotolerantes (CT)	51
3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	52

3.1	Parâmetros Individuais	52
	Temperatura da Água (T)	54
	Potencial Hidrogeniônico (pH)	55
	Oxigênio Dissolvido (OD)	56
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	57
	Nitrogênio Total (NT)	58
	Fósforo Total (FT).....	59
	Turbidez.....	60
	Resíduos Totais (RT).....	62
	Coliformes Termotolerantes (CT)	63
3.2	Análises estatísticas dos parâmetros analisados	64
3.3	Análise do IQA.....	66
3.4	Descrição dos principais problemas ambientais observados na região do Rio Roncador, município de Magé.....	68
4	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE AÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	71
	REFERÊNCIAS	75

INTRODUÇÃO

Problemática e Justificativa

As mudanças demográficas juntamente com o desenvolvimento sócio-econômico impulsionado pelo avanço tecnológico vêm alterando os ecossistemas aquáticos, resultando numa variedade de efeitos que são responsáveis pela escassez e deterioração da qualidade da água (MATHEUS *et al.*, 2003).

Durante as últimas décadas a população brasileira tornou-se essencialmente urbana (mais de 80%, segundo MARTINE e MCGRANAHAN, 2010). Ainda segundo a autora, este processo de urbanização ocorreu principalmente nas regiões metropolitanas e nas cidades que se transformaram em pólos regionais.

Porém, em uma análise mais detalhada dessa informação, observa-se que apesar desta busca da população pelas grandes regiões ser bastante elevada, a taxa de crescimento do núcleo das regiões metropolitanas é pequena, enquanto o crescimento da periferia é muito alto (TUCCI, 2008).

Segundo IBGE (1998), cidades que possuem população acima de um milhão de habitantes crescem a uma taxa média de 0,9% anual, enquanto os pólos regionais com população entre cem mil e quinhentos mil crescem a uma taxa de 4,8%. Dessa forma, conclui-se que todos os processos inadequados de urbanização e impacto ambiental anteriormente observados em regiões metropolitanas tem sido reproduzidos em cidades de médio porte (TUCCI, *op cit.*).

A deterioração dos recursos hídricos ocorre, principalmente, devido ao crescimento e concentração demográfica junto a bacias hidrográficas e ao uso, pela população, de rios, córregos, lagos e lagoas para a diluição do esgoto doméstico e de efluentes industriais (MACHADO, 2004).

Observa-se assim que o rápido e desorganizado crescimento urbano gera os maiores impactos, pois este conjuga a concentração demográfica no ambiente e seu padrão de consumo, consequência do modelo de desenvolvimento. Neste contexto, o lançamento de esgoto *in natura* acaba sendo responsável pela deterioração

observada nos centros urbanos brasileiros, considerando que a grande maioria não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos.

Em termos dos aspectos ambientais dos recursos hídricos, notadamente nos grandes centros urbanos, a qualidade da água está diretamente relacionada às condições naturais e ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, sendo diretamente influenciada pelas condições geológicas e geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, bem como pelo comportamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos e das ações do homem.

Segundo Sperling (1996), a qualidade de uma água é resultante dos inúmeros processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico, e que os organismos aquáticos, em sua atividade metabólica, não só recebem influência do meio, mas podem também provocar alterações físicas e químicas na água.

Dessa forma o estudo das características da água deve ser realizado através da obtenção de uma série de informações físicas, químicas e biológicas que permitam inferir a respeito da qualidade da água.

A degradação da qualidade das águas ocorre principalmente, pela grande carga de material orgânico, que na sua oxidação causa deficiência de oxigênio nos corpos hídricos. Contribui também o aporte de nutrientes limitantes, nitrogênio e fósforo, que levam ao aumento da produtividade primária das plantas e algas, ocasionando a eutrofização dos corpos hídricos, podendo levar a morte alguns organismos aquáticos pela baixa disponibilidade de oxigênio (FEMAR, 1998).

No caso específico do Rio de Janeiro, desde o século XIX, na região do entorno da Baía de Guanabara, o esgoto já era motivo de preocupação. Inicialmente, quando da construção dos primeiros trechos de coleta, os esgotos eram tratados a nível primário, e o lodo lançado em alto mar através de barcas e navios (MORAES, 1998).

Com o grande crescimento da população, o sistema de esgotamento não foi bem administrado, existindo zonas aonde o sistema empregado é o de separador absoluto, outras onde os esgotos são lançados nas galerias de águas pluviais e outras aonde ainda não existe nenhum tipo de canalização ou tratamento (MORAES, *op cit.*).

Nas regiões aonde o sistema é primário, ou nas que não possuem nenhum tipo de sistema de esgoto, os receptores são os rios, que conduzem estes efluentes para a Baía de Guanabara. Além disso, em regiões aonde existe o sistema

separador, o subdimensionamento das redes obriga a construção de extravazadores para as galerias de águas pluviais (MORAES, 1998).

Existem ainda locais aonde ocorre lançamento de esgotos direto na Baía, tendo sido estimado o despejo de 357,7 toneladas de carga orgânica sem tratamento nas águas da Baía de Guanabara (MORAES, *op cit.*).

As previsões do declínio de fontes de água para uso humano têm chamado a atenção para a conservação das águas continentais, aumentando a responsabilidade sobre a sustentabilidade desse recurso. Atingir tal sustentabilidade não é exclusivamente um problema de gerenciamento do ambiente físico e dos processos biológicos envolvidos, mas também de organização social e tecnológica (LEE, 1992).

Atualmente, aproximadamente 783 milhões de pessoas não têm acesso à água potável e 1,1 bilhão não são servidas por uma rede de saneamento básico (WHO/UNICEF, 2012). Isto certamente se reflete na ocorrência muitos de casos de doenças relacionadas com o uso da água (ou sua carência).

Outrossim, dentro desse cenário é de fundamental importância administrar corretamente a água disponível e trabalhar para diminuir os níveis de degradação da sua qualidade, promovendo o uso racional dos recursos hídricos e evitando o lançamento de esgoto, não tratado, nos rios e em outros corpos d'água (LIMA, 2001).

Objetivos

Esta dissertação apresenta como objetivo geral a caracterização da qualidade das águas fluviais do Rio Roncador, localizado no município de Magé, estado do Rio de Janeiro.

Para atender este objetivo geral, foram propostos objetivos específicos, gerando informações e resultados relevantes para o meio acadêmico e profissional, servindo como base de informações para trabalhos futuros sobre a região estudada. Entre os objetivos específicos, destacam-se:

- realização de pesquisa bibliográfica sobre os diferentes parâmetros utilizados para analisar a qualidade das águas do rio Roncador, elaborando, a partir da literatura, a metodologia de análise;
- analisar o estado da qualidade das águas do Rio Roncador, bem como compreender e explicar as causas raízes que levam ao estado atual do sistema, correlacionando as atividades locais com a degradação do referido corpo hídrico;
- propor ações que possam promover a melhoria da qualidade das águas do Rio Roncador, e no contexto mais abrangente, a partir deste protótipo, propor a melhoria da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Roncador.

Natureza da Metodologia e Estrutura da Dissertação

O presente estudo insere-se no contexto de caracterização de qualidade de águas fluviais e da gestão integrada dos recursos hídricos em regiões urbanas.

A escolha da área de estudo aqui apresentada surgiu durante a confecção de uma monografia de conclusão de curso, quando durante a pesquisa para confecção da mesma descobriu-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Roncador (BHRR), apesar de se localizar em uma área de completo abandono público quanto as questões sanitárias e ambientais, possui uma boa qualidade ambiental quando comparada as demais bacias que compõem a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara.

O equilíbrio dinâmico de uma bacia hidrográfica pode ser rompido devido a mudanças no uso da terra ou pela falta de manejo e/ou planejamento ambiental (CAMPAGNATO, 2009), o que tem acontecido no trecho final da BHRR.

Por fim, a realização deste estudo reflete a preocupação em se determinar as inter-relações dos atributos químicos, físicos e biológicos da área em estudo, a fim de mitigar a ocupação do solo por ações antrópicas.

Os estudos foram realizados tendo como base os dados gerados pela antiga Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente (FEEMA) e pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Foram observados parâmetros físico-químicos,

sobretudo os que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA), segundo os cálculos utilizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O IQA foi calculado através da fórmula gerada pela CETESB utilizando o software *Microsoft Excel*[®]. Ainda com estes dados foram realizadas análises estatísticas para uma melhor compreensão dos mesmos.

A revisão bibliográfica compreendeu literatura nacional e internacional apresentada em encontros científicos e periódicos especializados. Foram feitas consultas ao portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A revisão da literatura contribuiu para consolidação da metodologia e para análise dos resultados encontrados.

O texto foi estruturado em cinco capítulos, sendo que o primeiro capítulo contém a introdução.

O segundo capítulo apresenta localização da área de estudo e sua caracterização ambiental e socioeconômica.

Já no capítulo 3 foi realizada uma revisão bibliográfica que discorre sobre definição de Bacias Hidrográficas seguido de uma descrição a cerca da importância da qualidade das águas dos rios. Em seguida, neste mesmo capítulo é apresentado um breve histórico da legislação ambiental aplicável para águas no Brasil.

É apresentada ainda a definição e a importância de monitoramento da qualidade das águas, assim como dos Índices e Indicadores Ambientais que regem estes monitoramentos. Por fim, é realizada a descrição dos parâmetros físico-químicos que devem ser observados para caracterizar a qualidade da água de um corpo hídrico, destacando-se os parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

O quarto capítulo contém a apresentação e análise dos resultados, inicialmente dos parâmetros individuais, sendo estes comparados à Resolução CONAMA vigente, em seguida as análises estatísticas, e por fim os resultados do IQA são discutidos.

Para finalizar, o quinto capítulo faz a conclusão do trabalho e apresenta sugestões para trabalhos futuros nesta região ou em outras pequenas bacias hidrográficas.

1 ESTUDO DE CASO : RIO RONCADOR

Neste capítulo será apresentada a área de estudo e os parâmetros ambientais que aqui serão analisados. Inicialmente são descritos os aspectos físicos que englobam a área em que localiza-se o objeto de estudo, rio Roncador, com o objetivo de melhor caracterizar o ambiente estudado. Em seguida são apresentados os parâmetros utilizados para a caracterização ambiental do referido rio, assim como o IQA entre os anos de 1986 a 2010.

1.1 Descrição da área de estudo

Localizada no compartimento central da RHBG, a BHRR possui uma área drenante de 111,25 Km², correspondendo a aproximadamente 3% do total da área continental de contribuição à Baía de Guanabara (ECOLOGUS – AGRAR, 2005). A BHRR possui 95% de sua área localizada no município de Magé, sendo limitada ao norte pela Serra dos Órgãos, aonde encontra-se sua principal nascente; ao sul pela Baía de Guanabara e Bacia do Rio Iriri, a leste pela Bacia dos Rios Guapi/Macacu e a oeste Bacia do Rio Suruí e Bacia do rio Iriri (PORTAL BAÍA DE GUANABARA) (**Figura 1**). Seu principal constituinte é o rio Roncador¹, cuja maior extensão de seu curso de água chega a 29,5 km e tem como afluentes: o córrego do Sossego (sua principal nascente), o rio do Pico (tributário da margem direita, com suas nascentes localizadas na serra dos Órgãos, em cotas acima dos 1.500 m) e o córrego do Sertão (IBG, 2002).

¹ Também conhecido como Santo Aleixo e no passado como Rio Magé.

O trecho superior da bacia possui formato alongado, apresentando declividade bastante acentuada, regime turbulento e irregular, e localiza-se acima dos 1.000 m na serra dos Órgãos (**Figura 2**). Em seu trecho médio, suas cotas caem para ordem de 400 m, onde possui balneários naturais intensamente procurados pela população local e das localidades vizinhas. Seu último trecho apresenta cotas de aproximadamente 20 m, e suas águas apresentam turbidez elevada, inicialmente percorrendo áreas de campo com vegetação herbácea, passando ao noroeste da mancha urbana da sede do município de Magé. Nesse baixo curso, onde é influenciado pela maré, ocorre, durante as chuvas intensas, a inundação das áreas próximas, afetadas por pequenos canais interligados ao rio Roncador. O trecho final, entre a BR-116 e a baía de Guanabara, recebeu obras de retificação executadas pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) (ECOLOGUS - AGRAR, *op cit.*).

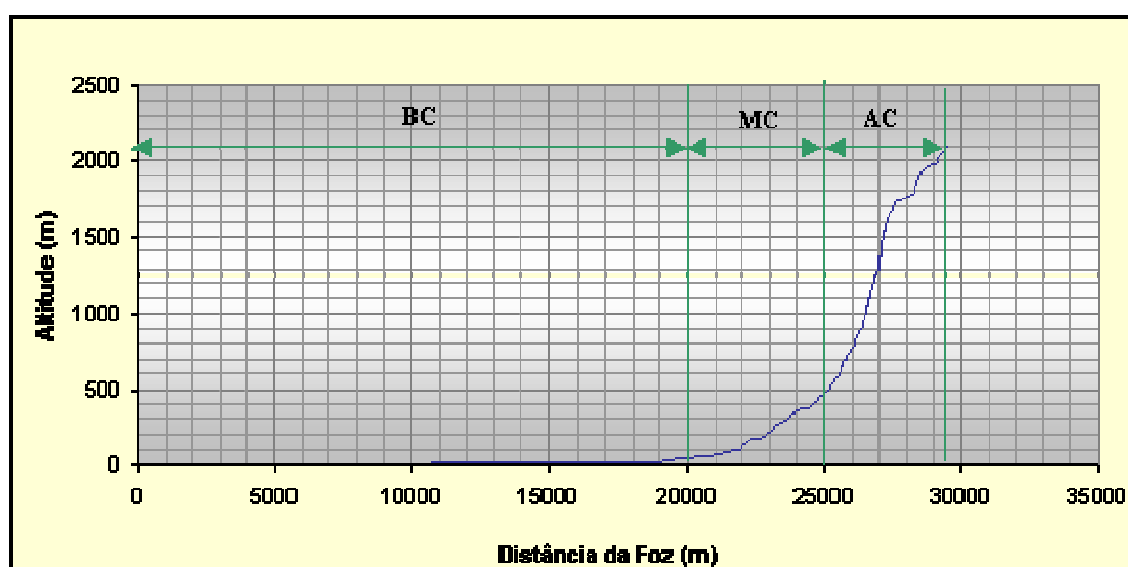


Figura 2 - Perfil Longitudinal do curso d'água principal. Fonte: Ecologus – Agrar, 2005

A região do município de Magé, onde está inserida a BHRR apresenta como importante característica física um relevo dominado, ao norte, pela presença da escarpa da Serra do Mar.

Na faixa central do território municipal, observa-se a ocorrência de um relevo mais dissecado, de geologia pré-cambriana (granito suruí), representado por blocos

isolados de rochas (formando colinas) e por duas pequenas serras mais contínuas que, de certa forma, dividem as drenagens. Cabe ressaltar que esta parte da orla é a única em que o embasamento cristalino chega até o litoral (AMADOR, 1996).

Na porção serrana encontram-se as nascentes dos rios que atravessam o território do município de Magé. Esses cursos d'água são caracterizados por curta extensão e por, ao deixarem o relevo mais abrupto (ou seja, ao percorrerem a área de planície), perderem rapidamente sua energia cinética, levando-os, originalmente, a descreverem meandros próximos à sua foz. Os principais rios que cortam o município são: o Estrela-Inhomirim, o Suruí, o Iriri e o Roncador (LEMOS, 2002).

Quanto aos solos, predominam os hidromórficos e latossolos, característicos da Baixada da Guanabara. A cobertura vegetal original apresentava as fisionomias associadas ao bioma Mata Atlântica. Observavam-se manguezais nas desembocaduras dos rios, restando ainda ocorrências no rio Estrela. No fundo da baía, a leste da foz do rio Estrela e a oeste da APA de Guapimirim, situam-se as praias arenosas (LEMOS, 2002).

A RHBG, a qual se insere a BHRR, possui um microclima típico de região litorânea tropical, influenciada por fatores como latitude e longitude, proximidade do mar, topografia, natureza da cobertura vegetal e, sobretudo, as ações das circulações atmosféricas de larga e meso escalas, como frentes frias e brisas marítimas (ECOLOGUS – AGRAR, 2005).

De acordo com Santos e Costa (2008), na região do município de Magé, a pluviosidade varia entre 1.000 e 2.200 mm e o clima da área pode ser caracterizado como quente e úmido, com temperatura média anual de 20 °C.

As características atuais de uso e ocupação do solo da área em que se encontra a BHRR são reflexos da evolução histórica dos diversos ciclos de ocupação da região, desde a introdução do plantio de cana de açúcar, seguido pelo ciclo do café e mais recentemente com a expansão das áreas urbanas e de pastagens.

Considerando a evolução da cobertura florestal no período compreendido entre 1958/1969 e 2001, conforme apresentado na **Tabela 1**, observa-se que ocorreram perdas consideráveis de área com cobertura florestal no município de Magé, área em que se insere a BHRR (CIDE, 2003).

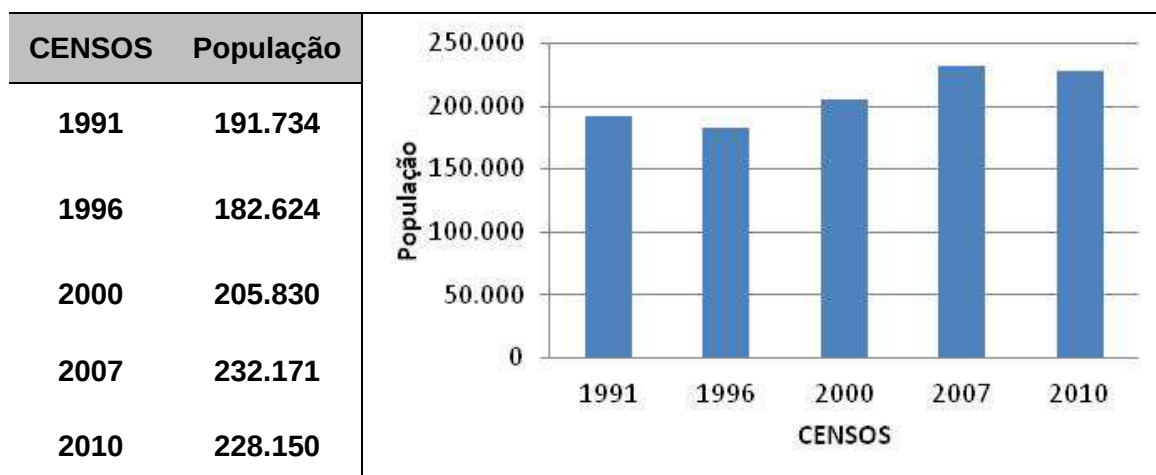
Tabela 1: Evolução dos Desmatamentos nos Municípios que Compõem a Bacia da Baía de Guanabara – Variação dos Percentuais de Cobertura Arbórea Clímax e em Diferentes Estágios de Regeneração, entre o Período de 1958/1969 e 2001

1958/1969	Mata/Floresta	47,35
	Macega	11,98
	Soma	59,33
2001	Floresta	28,68
	Vegetação Secundária Avançada	15,24
	Vegetação Secundária Inicial Mediana	0,85
	Soma	44,77
Variação	2001 - 1958/1969	-14,56

Fonte: CIDE, 2003

O município de Magé, onde está localizada a maior parte da BHRR, conta, de acordo com o censo demográfico de 2010, com um contingente populacional da ordem de 228.150 habitantes (IBGE). Este total está distribuído pelos 5 distritos que a compõem (Inhomirim, Magé, Guia de Pacobaíba, Suruí e Santo Aleixo). Na **Tabela 2**, verifica-se a evolução populacional de Magé entre os anos de 1991 e 2010, sendo que nesse último censo foram registrados cerca de 215.941 habitantes ocupando áreas urbanas e 12.209 habitantes em áreas rurais.

Tabela 2: Evolução Populacional do Município de Magé



Fonte: Adaptado de IBGE

No Estado do Rio de Janeiro, a antiga FEEMA era responsável pela realização de serviços de coleta, análise de amostras e divulgação dos resultados da qualidade das águas dos rios estaduais desde 1975 (NAKASHIMA e PRANTERA, 2006), atualmente este monitoramento é de responsabilidade do INEA.

A rede de monitoramento ambiental do INEA possui dois pontos de monitoramento na BHRR (pontos **RN-560** e **MG-580**), porém como o estudo em questão está focando na qualidade da água do Rio Roncador, serão utilizados apenas os dados ambientais gerados no ponto RN-560 (22° 39' 32" S 43° 02' 58" O) (**Figura 3**).

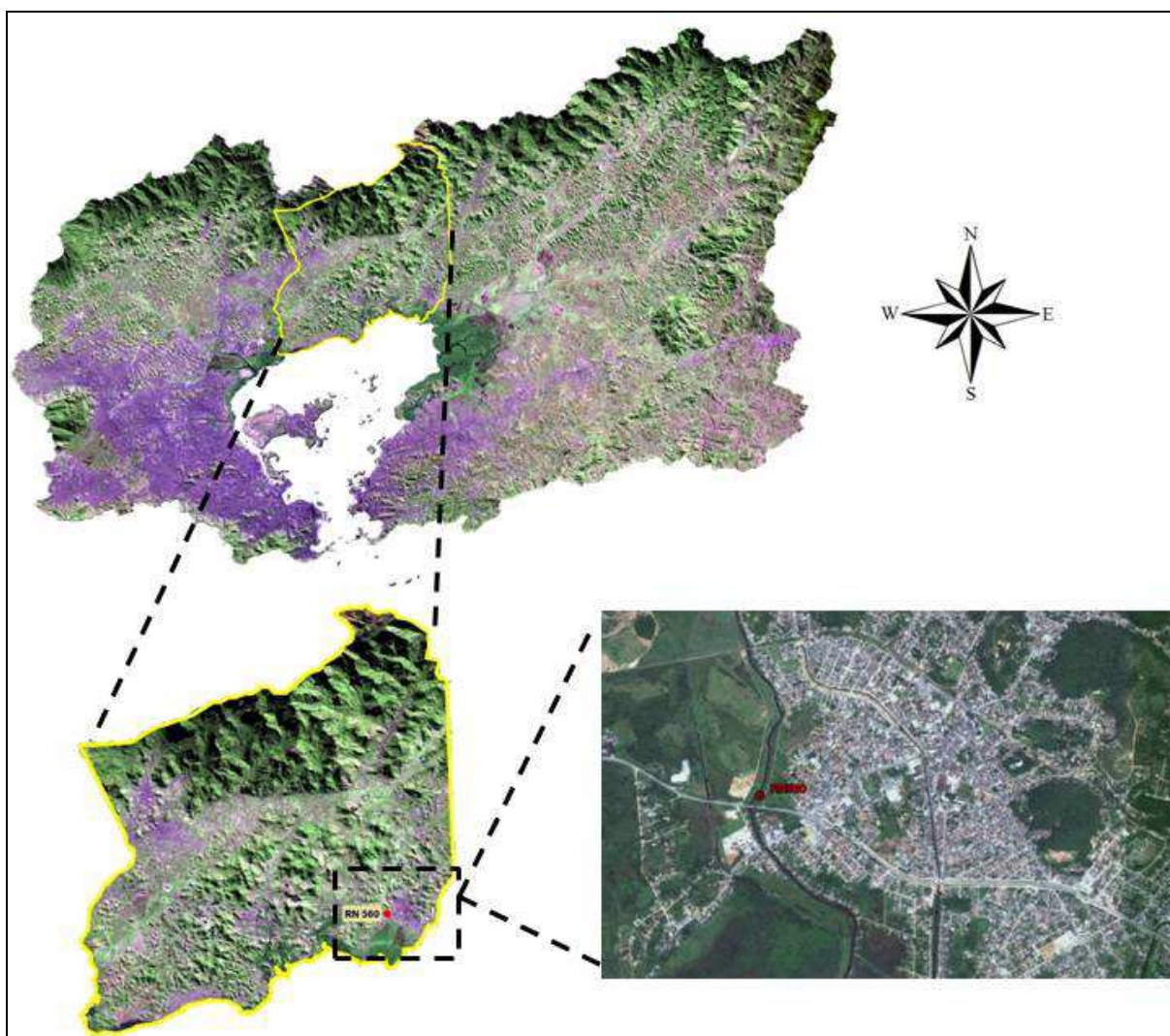


Figura 3: Localização do Ponto Amostral RN 560. Fonte: Junção de Imagens ArcGis e Google Earth (2012).

O número de estações de amostragem varia em função da importância do corpo hídrico, assim como a definição das estações privilegia as praias de maior interesse da população e a proximidade e o distanciamento de fontes de poluição, tais como desembocadura de cursos de água e de coletores de águas pluviais e de esgoto sanitários (INEA).

Cabe ressaltar que o ponto amostral RN-560 localiza-se em uma das principais zonas estuarinas do Brasil, próximo a um grande centro urbano, e mesmo assim são poucos os estudos pretéritos desenvolvidos especificamente nesta região da BHRR. Sendo assim, as informações referentes a esta bacia hidrográfica são escassas, ressaltando a importância do escopo do presente estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresenta-se neste capítulo uma revisão bibliográfica que venha facilitar o entendimento da pesquisa realizada. Discorre-se inicialmente sobre definição de bacias hidrográficas seguido da explicação da importância da qualidade das águas dos rios e corpos d'águas. Por fim, apresenta-se um breve histórico da legislação ambiental aplicável para águas no Brasil.

2.1 Bacia Hidrográfica

Observa-se na literatura especializada uma série de definições para bacia hidrográfica. Para Leonardo (2003) estas definições distintas ocorrem devido a interpretação ou a compreensão científica da interação entre as suas funções na paisagem e sua conformação geomorfológica, considerando-se, fundamentalmente, cada um dos seus componentes.

Segundo Odum (1971), na classificação de sistemas terrestres, a bacia hidrográfica é reconhecida como unidade de ecossistema, enquanto que como unidade espacial, Ferreira (2008) indica que bacia hidrográfica é a definição topográfica da área de escoamento da chuva por um sistema interligado de corpos hídricos que convergem para uma única saída, formando um curso d'água, rio ou lago. Dessa forma, os limites entre bacias são definidos pelas linhas de maior altitude que separam as faces de uma elevação do relevo (MOULTON e SOUZA, 2006).

Através destas definições apresentadas, percebe-se então que bacias hidrográficas são unidades naturais da paisagem, refletindo os recursos presentes e as atividades interligadas e interdependentes, não sendo delimitadas por limites políticos (ZUCCARI, 2011).

As demandas de água e os inúmeros impactos quantitativos e qualitativos que pressionaram os recursos hídricos, em especial a partir do final do século XX, promoveram e estimularam novas soluções para o gerenciamento de recursos hídricos (TUNDISI, 2005).

A utilização de bacias hidrográficas nos processos de gestão de recursos hídricos ganhou força no início dos anos 1990, quando na reunião preparatória à Rio-92² os Princípios de Dublin³ foram acordados. De acordo com o Princípio n.1, a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos, e dessa forma sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (PORTO e PORTO, 2008).

Nesta mesma época, foi promulgada a Lei Federal nº 9.433, de 1997, que instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, fazendo com que a bacia hidrográfica passasse a ser definida como uma unidade de planejamento e gerenciamento ambiental (BRASIL, 1997).

A partir deste momento a água passou a ser considerada um bem de domínio público e dotada de valor econômico, devendo ser gerida de forma descentralizada e participativa proporcionando seu uso múltiplo (CAMPAGNATO, 2009).

Tem-se então uma nova visão de bacias hidrográficas, sendo compreendidas como unidades fundamentais para o planejamento do uso e conservação ambiental e mostrando-se extremamente vulneráveis as atividades antrópicas.

Em se tratando do Brasil, de modo geral, as bacias hidrográficas têm sofrido grande perda da biodiversidade, relacionada à sobre-exploração dos recursos naturais, através da prática ilegal da mineração, das práticas rudimentares de manejo de solo nas zonas rurais, do desmatamento desenfreado das vegetações nativas para extração de madeiras nobres e da poluição hídrica, provinda das cidades, devido à infra-estrutura deficiente de saneamento básico urbano e

² A Rio-92, nome pelo qual ficou conhecida a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), foi realizada entre 3 e 14 de junho de 1992 no Rio de Janeiro. O seu objetivo principal era buscar meios de conciliar o desenvolvimento sócio-econômico com a conservação e proteção dos ecossistemas da Terra.

³ Os Princípios de Dublin foram estabelecidos em 1992 durante a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em Dublin e norteiam a gestão e as políticas públicas para as águas em todo o mundo

industrial, e de setores da zona rural, através da utilização inadequada de agroquímicos (GORAYEB, 2006).

Esta má administração de recursos, além de causar problemas ao meio natural, também acarretam em prejuízos diretos para as comunidades tradicionais e para as populações urbanas, fazendo com que águas utilizadas para abastecimento público sejam contaminadas, provocando disseminação de doenças de veiculação hídrica (GORAYEB, *op cit.*).

2.2 Qualidade das águas

De acordo com a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), o planeta Terra é composto por aproximadamente 97,0% de água salgada (96,4% nos oceanos e 0,6% em outros corpos salinos), 2,6% de água doce (2,1%, distribuídos em geleiras e neve, 0,15% em lagos, 0,003% nos rios e 0,31% nos aquíferos livres) e o restante da água do planeta encontra-se na atmosfera devido aos processos de precipitação e evaporação.

O Brasil é o país com maior disponibilidade de recursos hídricos renováveis. De acordo com a *Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação* (FAO), temos uma disponibilidade hídrica média de $8.233 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$ (18% do total mundial), se computadas as águas que advêm de outros países ($2.815 \text{ km}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$). As águas “produzidas” internamente correspondem a 12% do total mundial.

A qualidade da água é fundamental para o bem estar da população. Uma água de má qualidade pode causar sérios riscos à saúde humana. 30% das mortes de crianças com menos de 1 ano ocorre por diarreia e 80% das enfermidades no mundo são contraídas por causa da água poluída. Vale então lembrar que aproximadamente 58% dos municípios do país não possuem estações de tratamento de água (ETA) e que apenas 8% tratam corretamente os seus esgotos.

Porém, em vista da complexidade dos fatores determinantes da qualidade da água, e a grande extensão de variáveis utilizadas para descrever o estado dos corpos de água em termos quantitativos, é difícil fornecer uma definição simples da qualidade da água. Além disso, nossa compreensão a cerca deste termo tem

evoluído juntamente com a expansão das necessidades do uso da água e a capacidade de medição e interpretação das características da água (CHAPMAN, 1996).

A qualidade da água dos rios está diretamente relacionada às condições naturais e ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, sendo diretamente influenciada pelas condições geológicas e geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, bem como pelo comportamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos e das ações do homem (TUCCI, 2001).

Dentro de uma bacia hidrográfica os principais usos da água proveniente desta bacia são: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, paisagismo, geração de energia, navegação, diluição de despejos, entre outros.

A utilização de forma desregrada dos ecossistemas aquáticos tem gerado múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; superexploração de recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros (GOULART e CALLISTO, 2003).

Estas atividades impactantes acabam desestruturando física, química e biologicamente o ambiente aquático, o que gera uma expressiva queda da qualidade e perda de biodiversidade da água (GOULART e CALLISTO, *op cit.*), ou seja, torna este ambiente poluído.

Um ambiente poluído apresenta alteração de sua qualidade natural por ações antrópicas, tornando-o parcial ou totalmente impróprio para o uso a que se destina. A qualidade natural da água compreende o conjunto de características físicas, químicas e bacteriológicas que esta apresenta em seu estado natural seja nos rios, lagos, mananciais, nos aquíferos ou no mar (FARIAS, 2006).

Como se observa, a poluição de corpos hídricos é causada por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais, escoamento superficial urbano e agrícola entre outros. Sendo que os principais grupos de compostos causadores da poluição são: Poluentes Orgânicos Biodegradáveis, Poluentes

Orgânicos Recalcitrantes, Metais pesados, Nutrientes, Organismos Patogênicos, Calor e Radioatividade (BRAGA *et al.*, 2002).

Os efluentes domésticos são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microorganismos, que podem ser patogênicos. A contaminação por efluentes industriais é decorrente das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos. Enquanto que os poluentes resultantes do escoamento superficial agrícola são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos animais (MERTEN e MINELLA, 2002).

Em grande parte dos municípios brasileiros é realizado o lançamento de esgotos *in natura* diretamente nos corpos d'água. Além disso, a política de saneamento ambiental adotada pela maioria das cidades é de canalizar e/ou retificar os rios e córregos, o que em conjunto acaba gerando muitos problemas ambientais (MORENO e CALLISTO, 2004).

Uma série de alterações podem ser resultados destes problemas, como mudanças nos regimes hidrológicos, aumento de doenças de veiculação hídrica, contaminação química, erosão e assoreamento impedindo a navegação nos corpos d'água, além de efeitos de bioacumulação e biomagnificação de metais pesados (POMPEU *et al.*, 2005).

Nos centros urbanos estas alterações acabam gerando degradação ambiental e conseqüentemente diminuição da oferta de recursos naturais. Essa situação pode então acarretar em crise energética, diminuição da produção de bens e crise econômica (GOULART e CALLISTO, 2003). Em grande parte este problema é advindo do rápido e desorganizado crescimento urbano, que acaba por gerar os maiores impactos, pois este conjuga a concentração demográfica no ambiente e seu padrão de consumo, consequência do modelo de desenvolvimento. De acordo com Tucci (2001) o lançamento de esgoto *in natura* acaba sendo responsável pela deterioração observada nos centros urbanos brasileiros, já que a grande maioria não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos.

Além disso, tem-se ainda que considerar que em regiões aonde se localizam as comunidades de baixa renda, tem-se uma pressão sobre os recursos naturais, decorrentes principalmente da total desinformação e falta de recursos, aliada às péssimas condições de vida. Como resultado, observa-se que nessas áreas os ecossistemas aquáticos transformam-se em grandes corredores de esgoto a céu

aberto, muitas vezes sendo também local de despejo de lixo, com enorme potencial de veiculação de inúmeras doenças (GOULART e CALLISTO, *op cit.*).

Desta forma, em geral, a avaliação destes impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas e microbiológicas. A resposta gerada por estas análises constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade (GOULART e CALLISTO, *op cit.*), gerando assim subsídios para o manejo dos recursos hídricos (LUCAS *et al.*, 2010).

Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, que em princípio formam as bacias hídricas. A complexidade destes sistemas lóticos deve-se ao uso da terra, geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Cada corpo hídrico possui um padrão individual de características físico – químicas que são determinadas, em grande parte, pelas condições climáticas, geomorfológicas e geoquímicas presentes na bacia de drenagem e no aquífero subjacente (CHAPMAN, 1996)

A qualidade da água é determinada por um conjunto de parâmetros associados a certas concentrações de determinados agentes físicos, químicos e biológicos (CARDONHA *et al.*, 2005), obtidos de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema ser estudado (TOLEDO e NICOLELLA, *op cit.*).

A escolha das variáveis para qualquer programa de avaliação da qualidade da água depende dos objetivos do programa e uma seleção adequada de variáveis ajudará os objetivos a serem cumpridos de forma eficiente.

2.3 Breve histórico sobre a Legislação aplicável a Águas no Brasil

Como observado acima, o controle da qualidade da água pode se dar em diversas formas. Em se tratando de leis, existem as regulamentações relativas à

saúde, que visam garantir o consumo humano e as relativas ao meio ambiente, que visam o controle da poluição hídrica. Esta última visa interligar a compatibilidade com os usos recreativos e o planejamento e gestão dos recursos hídricos, em relação aos padrões e condições da qualidade da água que destacam-se para diferentes finalidades.

O marco legal referente ao gerenciamento de recursos hídricos no Brasil ocorreu em 1934, que instituiu através do decreto nº 24.643, o Código das Águas. Este decreto estabeleceu uma política hídrica moderna para época, abrangendo aspectos como: aplicação de penalidades, propriedade, domínio, aproveitamento das águas, navegação, força hidráulica e aproveitamento, regras para águas nocivas, concessões e autorizações, fiscalização, relações com o solo, desapropriação, derivações e desobstrução. Este documento instituiu que a União, os Estados e os Municípios eram detentores do domínio hídrico. Sendo assim, as águas dos lagos, rios limítrofes ou que proviessem ou dirigissem a outros países ou percorressem mais de um Estado brasileiro ou ainda, que estivessem situados dentro da faixa de 150 quilômetros ao longo das fronteiras, seriam de domínio da União. Aos Estados seriam responsáveis pela administração das águas públicas que servissem de limite ou percorressem mais de um município. E os municípios as águas fluviáveis ou navegáveis, situadas totalmente em seu território. Ficou instituído também que as águas poderiam ser públicas ou particulares, sendo que estas últimas eram as localizadas em terrenos privados.

Em 1965 foi instituído o Código Florestal, através da Lei 47771. Esta lei determinou que as matas ciliares são áreas de preservação permanente, marcando um grande passo na conservação dos recursos hídricos. Lembra-se aqui que a manutenção de matas ciliares previne a erosão e assoreamento dos corpos d'água.

A Constituição Republicana de 1967 manteve os domínios instituídos pelo Código das Águas, mas definiu como competência da União a organização da defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e inundações. Ressalta-se que ainda neste ano foi instituída, através da Lei 5138, a Política Nacional de Saneamento, que normatizou o saneamento básico

Em 1979, a Lei 6662 criou a Política Nacional de Irrigação, que serviu como base para a implementação do Programa Nacional de Irrigação, que objetivava o controle e utilização de águas para irrigação.

Um dos principais documentos relacionados a conservação de águas foi criado em 1981 através da Lei 6938. A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) teve como princípio, a ação governamental para manutenção do equilíbrio ecológico, uso racional da água, planejamento e fiscalização dos recursos naturais, proteção dos ecossistemas, incentivos a pesquisa para uso racional e proteção dos recursos naturais, recuperação das áreas degradadas e educação ambiental, objetivando a união entre desenvolvimento econômico e social respeitando a conservação ambiental através da criação de critérios e padrões de qualidade ambiental e também da definição de normas relativas ao uso e manejo sustentável dos recursos ambientais.

Foi a partir da PNMA que criou-se o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Este órgão ficou responsável pelo estabelecimento de normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente com vistas ao uso racional dos recursos ambientais, em especial, os recursos hídricos. O CONAMA é o responsável pela criação das resoluções ambientais que regulam os padrões de qualidade de água no Brasil, dentre elas as resoluções CONAMA 20/86 e CONAMA 357/2005.

Já em 1988, a Constituição Federal de 1988 extinguiu o domínio privado das águas existentes no território brasileiro, e delegou a União a competência para legislar sobre as águas e energia. A Constituição Nacional ordenou também a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Dessa forma em 1997 foi promulgada a lei 9.433 criando o SINGREH e instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), com o objetivo de assegurar a necessária disponibilidade de água, a utilização racional e a integrada dos recursos e prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos.

2.4 Monitoramento da Qualidade das Águas

Segundo Farias (2006), a ferramenta de gestão mais importante para os recursos hídricos é a avaliação da qualidade de água, que é feita através da

obtenção de dados confiáveis dos corpos d'água de interesse. A Organização Mundial da Saúde sugere três formas básicas para obtenção destes dados:

Monitoramento: Prevê o levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados. Visa acompanhar a evolução das condições de qualidade de água ao longo do tempo;

Vigilância: Implica em uma avaliação contínua da qualidade da água. Busca detectar alterações instantâneas de modo a permitir providências imediatas para resolver ou contornar o problema;

Estudo especial: é projetado para atender as necessidades de um estudo em particular. Geralmente é feito através de campanhas intensivas e de determinada duração.

Em todos os tipos de estudos, a escolha dos parâmetros físico-químicos ou biológicos analisados, deverão levar em conta os usos previstos para o corpo d'água e as fontes de poluição existentes na sua área de drenagem, assim estes estudos representarão fielmente a situação de determinado corpo d'água (FARIAS, 2006).

O monitoramento eficiente e constante dos níveis de contaminação nos corpos hídricos torna-se necessário em função do crescimento desordenado da população e da expansão mal planejada das cidades.

De acordo com Sanders *et al.* (1983), o monitoramento da qualidade da água reflete o interesse em informações quantitativas das características físicas, químicas e biológicas deste recurso, através de amostragem estatística. O tipo de informação que se quer obter irá variar de acordo com os objetivos da rede de monitoramento, que poderá indicar se existem violações dos padrões de qualidade do corpo d'água, e até tendências temporais da qualidade da água. Assim como o tipo de informação a ser obtido, a disposição espacial desta rede irá variar de acordo com o objetivo da rede de monitoramento, englobando a área necessária a ser estudada para obter uma melhor análise da qualidade da água.

Bessa (1998) descreve dois tipos distintos de monitoramento: a) o monitoramento sistemático de longa duração, que apresenta medidas padronizadas, de observação, avaliação, relatório do ambiente aquático e que tem por objetivo definir níveis e tendências; b) monitoramento "survey" caracterizado pela sua duração definida, apresentando programas intensivos, avaliação e relatório da qualidade do ambiente aquático para um propósito específico.

No Brasil, há uma carência extrema de dados de qualidade da água, que são fundamentais para o controle e avaliação da poluição ambiental (HESPANHOL, 2009). Tal consideração é observada desde a década de 70, quando estudos apontaram que em diversas bases era notada uma dificuldade de se usar os dados existentes de qualidade da água para análises das tendências temporais e espaciais. As principais razões observadas para este problema era a existência de programas de amostragem de natureza arbitrárias que geravam dados de qualidade da água, o que levava ao fracasso generalizado quando o cálculo da variabilidade das condições históricas na qualidade era realizado (BESSA, 1998).

Infelizmente, os monitoramentos ambientais no Brasil estão suscetíveis a mudanças aleatórias ou cancelamento, quando do surgimento de uma crise econômica qualquer ou necessidade de haver cortes em órgãos gestores da qualidade da água. Tal consideração é prejudicial uma vez que a necessidade do constante monitoramento dos recursos hídricos está intimamente relacionada ao intenso uso das águas, vinculado as mais diversas atividades econômicas. A falta de periodicidade acaba dificultando a análise real e completa dos corpos hídricos em geral, uma vez que o monitoramento é interrompido e os dados não refletem a realidade ambiental analisada.

2.5 Índices e Indicadores de Qualidade de Água

Como mencionado, o aumento desenfreado das cidades adicionado a má administração dos recursos hídricos gerou uma grande preocupação quanto a qualidade da água no entorno dos grandes centros urbanos. Desta forma, na busca de soluções para este problema foram desenvolvidos uma série de tipos de análises que objetivavam o monitoramento dos corpos hídricos, que culminariam em uma série de ações para melhorar a qualidade da água destes corpos hídricos.

A aplicação de um programa de acompanhamento da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço, gera um grande número de dados que precisam ser sintetizados, a fim que apresentem de forma compreensível e significativa o estado

atual e as tendências da água, por isso a necessidade da utilização de índices de qualidade de água (ALTANSUKH e DAVAA, 2011).

Índices de qualidade da água são ferramentas utilizadas para determinar as condições da qualidade da água, constituem um método bem conhecido e que oferece uma unidade reprodutível de medida que responde às mudanças das principais características da água. Em outras palavras, resume grandes quantidades de dados de qualidade da água em termos simples (por exemplo, excelente, bom, ruim, entre outros) e de fácil compreensão pública (BHARTI e KATYAL, 2011).

Os índices provêm da informação que um grupo de indicadores ambientais gera, segundo Dias, Oliveira e Ribeiro (2003), este termo refere-se a uma quantidade derivada de uma variável poluente usada para refletir tributos ambientais. Sendo assim, conclui-se que a escolha do indicador a ser utilizado estará diretamente ligada ao tipo de monitoramento a ser realizado, buscando sempre os indicadores que apresentam maiores chances de sucesso na caracterização das mudanças que ocorrem numa microbacia, afinal, a gama de indicadores existentes e passíveis de serem utilizados é enorme: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), turbidez, temperatura, condutividade, nutrientes, metais pesados, agrotóxicos, entre outros (TOLEDO, 2004).

Historicamente, diferentes organizações de várias nacionalidades envolvidas com controle ambiental de recursos hídricos têm utilizado índices como forma de acompanhamento e avaliação da qualidade da água, porém este processo tornou-se mais evidente na última década do século 20 (FERNANDEZ, RAMÍREZ e SOLANO, 2004).

Toledo e Nicolella (2002) afirmam que dentre as inúmeras técnicas de elaboração de índices de qualidade da água, a mais utilizada é a desenvolvida pela *National Sanitation Foundation (NSF)* e usada em diversos países da Europa, nos Estados Unidos e no Brasil.

Segundo Ott (1978, *apud* MAIA, MARTOS E BARELLA, 2001), existem três tipos básicos de índices de qualidade de água: os índices elaborados a partir da opinião de especialistas, os baseados em métodos estatísticos e os índices biológicos, e como existem diversos usos para a água, surgiram segundo Derísio (2000) vários índices, tais como:

- Índice de qualidade da água em geral;

- Índice de qualidade de água para usos específicos;
- Índices de qualidade de água para planejamento ambiental, entre outros.

No Brasil, a CETESB utiliza desde 1975, o IQA objetivando a geração de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. E a partir do ano de 2002 o mesmo órgão passou a realizar o cálculo de índices específicos para cada uso do recurso hídrico: Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA) (CETESB).

Deve-se considerar que a utilização dos índices é importante, pois facilita a comunicação com o público leigo, e representam uma média de diversas variáveis em um único número, através da combinação de unidades de medidas diferentes em uma única unidade. Porém esta combinação culmina na perda de informação das variáveis individuais e da sua interação. Observa-se então que o índice fornece uma avaliação integrada, porém não substitui uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica (ALTANSUKH e DAVAA, 2011).

Cabe aqui ressaltar que as variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA proposto pela CETESB, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos, o que contribuiu para que esta metodologia fosse escolhida para ser utilizada neste estudo, além de possuir aplicabilidade no ambiente analisado, possuir consistência, uma vez que ela é adotada por órgãos ambientais estaduais e ser de fácil aplicação.

É importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB). Porém, mesmo tendo como objetivo a avaliação da qualidade da água para possível abastecimento público, o índice em questão não contempla outras variáveis, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial.

Índice de Qualidade de Água (CETESB)

Como apresentado acima, a *National Sanitation Foundation (NSF)* desenvolveu o Índice de Qualidade mais utilizado no mundo. A partir da década de 70, a CETESB adaptou este índice e desenvolveu o IQA, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (CETESB).

A criação e desenvolvimento deste “IQA nacional” ocorreu após uma pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo que cada parâmetro teria dentro do cálculo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores *rating* (CETESB) (**Tabela 3**).

Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos pela NSF, somente 9 foram selecionados para serem analisados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentados na **Figura 4**.

Sendo assim, o índice de qualidade da água é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros, conforme segue a **Equação 1**:

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

onde,

Π : produtório;

qi: valor do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade, em função de sua concentração ou medida;

wi: o peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

em que (**Equação 2**),

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

n: igual a nove, que corresponde ao número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Tabela 3: Pesos relativos a cada parâmetro do IQA

Parâmetros	Peso
Temperatura da Água	0,10
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Oxigênio Dissolvido	0,17
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo Total	0,08
Coliformes Termotolerantes	0,15

Fonte: Adaptado de Lopes e Magalhães Jr, 2010.

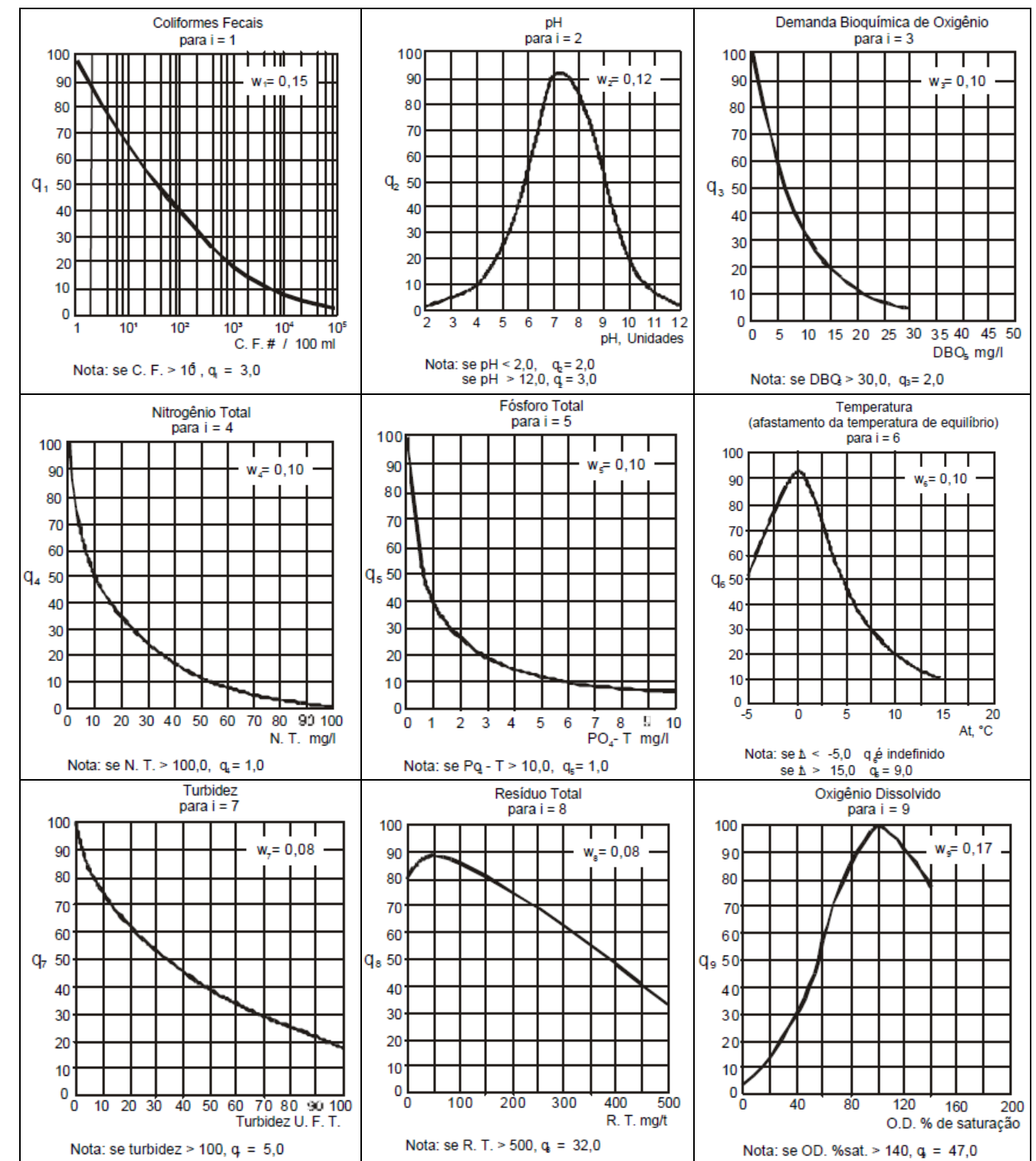


Figura 4: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas. Fonte: CETESB

De acordo com a CETESB, no caso de não se dispor do valor de algum dos nove parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. O resultado do cálculo será um número inteiro, variável entre 0 e 100, que será comparado à **Tabela 4**, para a classificação da qualidade da água a ser avaliada.

Tabela 4: Classificação das águas naturais conforme o IQA da CETESB

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < \text{IQA} \leq 100$
BOA	$51 < \text{IQA} \leq 79$
REGULAR	$36 < \text{IQA} \leq 51$
RUIM	$19 < \text{IQA} \leq 36$
PÉSSIMA	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: Adaptado de CETESB

De acordo com Racanicchi (2002), as faixas de qualidade adotada pela CETESB representam:

- Ótima (79 a 100): são águas encontradas em rios que mantêm suas condições naturais, não recebem despejos de efluentes e não sofrem processos de degradação, excelente para manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos.
- Boa (52 a 79): são águas encontradas em rios que se mantêm em condições naturais, embora possam receber, em alguns pontos, pequenas ações de degradação, mas que de forma geral não comprometem a qualidade para a manutenção da biologia aquática, abastecimento público e produção de alimentos.
- Regular (37 a 51): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, mas ainda podem ser utilizadas tanto para abastecimento público após tratamentos físico-químicos e biológicos, como para a manutenção da biologia aquática e produção de alimentos.

- Ruim (20 a 36): são águas encontradas em rios que sofrem grandes interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo a mesma apenas para navegação e geração de energia.
- Péssima (0 a 19): são águas encontradas em rios que sofrem graves interferências e degradação, comprometendo a qualidade, servindo apenas para navegação e geração de energia.

2.6 Parâmetros Ambientais utilizados no cálculo do IQA

Como já mencionado, no estudo em questão, além da análise da qualidade ambiental do Rio Roncador, será realizada uma análise do IQA, descrito em detalhes no ***Item Índice de Qualidade de Água (CETESB)***. Este índice foi adaptado pela CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970 pela NSF dos Estados Unidos. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade da água inicialmente proposto, nove foram escolhidos por uma pesquisa junto a especialistas, que os consideraram relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público (CETESB). Os nove parâmetro são: Oxigênio Dissolvido, Temperatura, Coliformes Termotolerantes (*E.coli*), Potencial Hidrogeniônico, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo, Turbidez e Sólidos Totais. No caso de não se dispor do valor de algum dos nove parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado (CETESB).

Cada uma das nove acima listadas será discutida com relação às suas origens, fontes, comportamento e as transformações no sistema aquático, os intervalos observados em natural e água doce poluídas, o papel da variável em programas de avaliação e de qualquer tratamento especial

Temperatura da Água (T)

Os corpos d'água sofrem variações de temperatura juntamente com flutuações climáticas. Estas variações ocorrem sazonalmente e, em alguns corpos d'água podem durar períodos de 24 horas. Lagos e reservatórios também podem apresentar estratificação vertical da temperatura dentro da coluna de água (CHAPMAN, 1996).

Alguns fatores como latitude, altitude, estação, hora do dia, circulação do ar, nebulosidade, fluxo e profundidade do corpo d'água, podem influenciar a temperatura da água do mesmo (ARAÚJO, *et al.*, 2007). Por sua vez, a temperatura afeta física e quimicamente, os processos biológicos que ocorrem nos corpos d'água e, portanto, a concentração de muitas variáveis (CHAPMAN, *op cit.*). Conforme aumenta a temperatura da água, a taxa de reações químicas geralmente aumenta juntamente com a evaporação e volatilização de substâncias da água (SPERLING, 1996). O aumento da temperatura também diminui a solubilidade dos gases em água, como a O₂, CO₂, N₂, CH₄ e outros. A taxa metabólica dos organismos aquáticos também está relacionada com a temperatura e, em águas quentes, as taxas aumentam a respiração levando ao aumento do consumo de oxigênio e aumento da decomposição da matéria orgânica (CAMPAGNATO, 2009).

As águas superficiais são geralmente na faixa de temperatura de 0°C a 30°C. Nesta região as temperaturas oscilam sazonalmente, com mínimos ocorrendo durante o inverno ou períodos chuvosos, e máximos nas estações de verão ou seca, especialmente em águas rasas (CHAPMAN, *op cit.*).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma variável importante na avaliação da qualidade da água, pois influencia os processos químicos e biológicos dentro de um corpo d'água (CHAPMAN, *op cit.*).

O pH é uma medida do equilíbrio ácido de uma solução e é definido como o negativo do logaritmo na base 10 da concentração de íons hidrogênio. A escala de pH vai de 0-14 (ou seja, muito ácido para muito alcalino), sendo que pH 7 representa um estado neutro (MARTINS, 2009). Em uma dada temperatura, o pH indica a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade da água, sendo controlado pelos compostos químicos dissolvidos e processos bioquímicos da mesma (PINHEIRO, 2008).

Em águas não poluídas, o pH é controlado principalmente pelo equilíbrio entre os íons de dióxido de carbono, carbonato e bicarbonato, bem como outros compostos naturais, tais como ácidos húmicos e fúlvicos. O equilíbrio ácido-base natural de um corpo de água pode ser afetado por efluentes industriais e deposição atmosférica de substâncias formadoras de ácido (CHAPMAN, 1996).

Mudanças no pH podem indicar a presença de alguns efluentes, principalmente quando medidas e registradas ininterruptamente, juntamente com a condutividade de um corpo d'água. A variação nictemeral do pH pode ser causada pela ciclos de fotossíntese e respiração das algas em águas eutrofizadas (CHAPMAN, *op cit.*).

O pH da maioria das águas naturais está entre 6,0 e 8,5, embora os valores mais baixos podem ocorrer diluído em águas de alta teor de matéria orgânica, e os valores mais elevados em águas eutrofizadas, salmouras subterrâneas e lagos de sal (ESTEVES, 1998).

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos indicadores ambientais mais representativos na avaliação dos corpos receptores. A sua concentração é um indicador primário da qualidade da água (JANZEN, SCHULZ e LAMON, 2008).

O oxigênio é essencial para todas as formas de vida aquática, incluindo os organismos responsáveis pela os processos de auto-purificação em águas naturais (VALENTE, PADILHA e SILVA, 1997). As principais fontes de oxigênio para a água são: a atmosfera e a fotossíntese (ARAÚJO, 2006).

O teor de oxigênio das águas naturais varia com a temperatura, salinidade, turbulência, a atividade fotossintética das algas e plantas, e a pressão atmosférica. A solubilidade do oxigênio diminui com o aumento da temperatura e da salinidade. Em águas doces, a nível do mar, o OD apresenta concentrações a partir de 15 mg L⁻¹, a 0°C a 8 mg L⁻¹ a 25°C. As concentrações nas águas sem poluição geralmente encontram-se próximas e inferiores a 10 mg L⁻¹ (CHAPMAN, 1996).

Variações de OD podem ocorrer sazonalmente, ou mesmo sobre períodos de 24 horas, em relação a temperatura e atividade biológica (fotossíntese e respiração). A respiração biológica, incluindo as relacionadas com processos de decomposição, reduz as concentrações de OD. Em águas paradas, dependendo das taxas de processos biológicos, podem ocorrer bolsões de alta e baixa concentração de oxigênio dissolvido (JANZEN, SCHULZ e LAMON, 2008).

A diminuição da concentração de OD pode ocorrer devido a descargas de resíduos ricos em matéria orgânica e nutrientes, como resultado do aumento da atividade microbiana (respiração) durante a degradação da matéria orgânica. Condições anaeróbias podem ocorrer em casos de concentrações de oxigênio reduzida, particularmente próximo da interface água-sedimento, como resultado da decomposição do material sedimentado (CHAPMAN, *op cit.*).

A determinação da concentração de OD é uma parte fundamental de uma avaliação da qualidade da água, pois o oxigênio está envolvido, ou influencia, quase todos os processos químicos e biológicos dentro de corpos de água. Desta forma, este parâmetro tem sido utilizado tradicionalmente para a determinação do grau de poluição e de autodepuração em cursos d'água, sendo seu teor expresso em concentrações, quantificáveis e passíveis de modelagem matemática (SPERLING, 1996).

Concentrações abaixo de 5 mg L⁻¹ pode afetar o funcionamento e a sobrevivência das comunidades biológicas, e abaixo de 2 mg L⁻¹, pode conduzir à morte de peixes (COX, 2003).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é uma medida aproximada da quantidade de matéria orgânica bioquimicamente degradável presente em uma amostra. Ela é definida pela quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos aeróbios presentes na amostra oxidem a matéria orgânica para uma forma inorgânica estável (CHAPMAN, 1996).

A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20 °C (BAIRD, 2002).

Quando analisada em águas de rio, os resultados deste parâmetro indicam as condições de poluição por matéria orgânica tanto de origens industriais como urbanas. A DBO pode ser suficientemente grande, ao ponto de consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática (MARTINS, 2009). Sendo assim, ele é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (SPERLING, 1996).

Nitrogênio Total (NT)

O nitrogênio é essencial para os organismos vivos como um componente importante de proteínas, incluindo material genético. Plantas e microrganismos convertem o nitrogênio inorgânico para formas orgânicas (CHAPMAN, 1996).

No meio ambiente, nitrogênio inorgânico ocorre em intervalos de oxidação, podendo ser encontrado na forma de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), o íon amônio (NH_4^+) e moleculares nitrogênio (N_2) (Chapman, *op cit*).

De acordo com Esteves (1998) a chuva, o material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do meio aquático, correspondem as principais fontes naturais de nitrogênio. Enquanto que, de acordo com Sperling (1996), as principais fontes antropogênicas são despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

O nitrogênio é um nutriente limitante, e quando presente em altas concentrações nos corpos d'água leva ao processo denominado eutrofização (PINHEIRO, 2008). Em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato à poluição mais remota (MARTINS, 2009).

Fósforo Total (FT)

O fósforo é um nutriente essencial para os organismos vivos e existe em corpos d'água tanto na forma dissolvida quanto na particulada. Este é geralmente o nutriente limitante para o crescimento de algas e, por conseguinte, o controlador da produtividade primária em um corpo hídrico (CHAPMAN, 1996). Aumentos artificiais de sua concentração em ambientes não poluídos, devido às atividades antrópicas são a principal causa de eutrofização (BARBOSA, 2004).

Em águas naturais e em águas residuárias, o fósforo apresenta-se nas suas formas dissolvidas ortofosfatos e polifosfatos, e vinculados orgânicos de fosfatos. Alterações entre essas formas ocorrem continuamente, devido à decomposição e síntese de formas oxidadas organicamente ligadas e formas inorgânicas (MARTINS, 2009).

O intemperismo sofrido pelas rochas que contém fósforo constitui juntamente com a decomposição de matéria orgânica as principais fontes naturais deste composto para o ambiente. Enquanto que as águas residuais domésticas (nomeadamente as contendo detergentes), efluentes industriais e fertilizantes compõem sua principal fonte antropogênica (MARTINS, *op cit.*)

O fósforo é raramente encontrado em altas concentrações em águas doces, pois é ativamente absorvido pelas plantas. Como resultado, pode haver consideráveis flutuações sazonais de suas concentrações em águas superficiais. Em geral nesses ambientes, as concentrações de fósforo variam de 0,005 a 0,020 mg L⁻¹ PO₄-P (CHAPMAN, 1996).

Turbidez

A turbidez da água é controlada pelo tipo e concentração de matéria em suspensão no referido meio (MARTINS, 2009). A matéria em suspensão é composta por silte, argila, partículas finas de orgânicos e matéria inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plâncton e outros organismos microscópicos. Essas partículas variam em tamanho de aproximadamente 10 nm de diâmetro a 0,1 mm de diâmetro, embora seja geralmente aceite que a matéria em suspensão é a fração que não vai passar através de um filtro de diâmetro de 0,45 (CHAPMAN, 1996).

Os valores de turbidez podem variar sazonalmente de acordo com a atividade biológica na coluna de água e escoamento superficial do solo. Chuvas fortes também podem resultar variações horárias nos resultados da turbidez (CHAPMAN, *op cit.*).

Alem da degradação estética, a turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio (LIMA, 2001).

Resíduos Totais (RT)

Os sólidos totais ou resíduo total são compostos por substancias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica (PINHEIRO, 2008).

Sólidos inorgânicos podem ser encontrados em águas naturais, como areia, silte e argila, assim como materiais orgânicos diversos como fibras vegetais, algas, bactérias, entre outros (BARBOSA, 2004). Esgotos domésticos e industriais, também são fontes de materiais em suspensão para corpos hídricos, além das partículas sólidas em abundância eles apresentam líquido imiscíveis, tais como óleos e graxas. Já nas águas potáveis, a maior parte da matéria esta na forma dissolvida, e consiste principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos (MARTINS, 2009) .

Dentre os impactos causados pela presença de sólidos na água, Barbosa (2004) destaca a aparência desagradável e o aumento da adsorção de agentes químicos ou biológicos.

Coliformes Termotolerantes (CT)

As bactérias do grupo coliformes termotolerantes encaixam-se dentro dos parâmetros bacteriológicos, e são um importante indicador de contaminação fecal para caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral (PINHEIRO, 2008), e a presença destas na água de um rio significa que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos (MARTINS, 2009).

De acordo com Sperling (1996), as bactérias *Escherichia coli* representam o único grupo que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, embora não exclusivamente humana. Entre outros microorganismos a *E. Coli* foi recomendada como indicador fecal por várias organizações como *American Public Health Association* (APHA) e *World Health Organization* (WHO). Esse indicador de contaminação fecal representa o potencial do corpo hídrico na transmissão de doenças e suas altas taxas no ambiente são naturalmente associadas a inoperância dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento (PINHEIRO, 2008).

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessária a obtenção de uma série histórica de dados de Temperatura (T), Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (FT), Turbidez, Resíduos Totais (RT) e Coliformes Termotolerantes (CT) do Rio Roncador, entre os anos de 1986 e 2010, e através de um pedido oficial, estes dados foram cedidos pelo INEA. Cabe aqui ressaltar que atualmente estes dados encontram-se para acesso público no site do INEA.

A fim de padronizar os dados para uma melhor análise dos mesmos foi realizado um cálculo de mediana para cada parâmetro no programa *Microsoft Excel*[®], os resultados obtidos geraram informações para cada ano analisado.

A escolha da mediana como cálculo estatístico a ser utilizado ocorreu, pois a mediana depende da posição e não dos valores dos elementos na série ordenada, diferenciando-se da média que se deixa influenciar, e muito, pelos valores extremos.

No presente estudo, foi utilizado também o IQA para cada ano analisado, calculado no programa *Microsoft Excel*[®] através das equações 1 e 2 apresentadas no **item Índice de Qualidade de Água (CETESB)**.

3.1 Parâmetros Individuais

De acordo com a DZ-106.R-0, que é a Diretriz de classificação dos corpos receptores da baía de Guanabara, o rio Roncador é enquadrado como rio de águas doces pertencentes à classe 2 (segundo a Resolução CONAMA 357/2005).

A **Tabela 5** apresenta os resultados físico-químicos obtidos para os parâmetros de qualidade da água analisados no período entre os anos de 1986 a 2010. Cabe aqui ressaltar que durante este período nem sempre foram feitos o mesmo número de medições em todos os anos analisados.

Destaca-se também, que no ano de 1994 não houve medições no Rio Roncador por parte da antiga FEEMA, atual INEA, sendo assim este ano não será analisado no presente estudo.

Tabela 5: Resultados das Análises Físico-Químicas no Rio Roncador, entre os anos de 1986 a 2010.

Ano	T (°C)	pH	OD (mg.L ⁻¹)	DBO (mg.L ⁻¹)	NT (mg.L ⁻¹)	FT (mg.L ⁻¹)	Turbidez (uT)	RT (mg.L ⁻¹)	CT (NMP.100mL ⁻¹)
1986	23,50	6,63	6,00	0,01	0,44	0,10	3,50	17,00	8,00
1987	22,50	6,68	1,00	10,00	3,50	0,54	2,75	15,00	7,00
1988	31,00	6,10	6,40	2,00	0,20	0,10	12,30	70,00	8,00
1989	22,50	7,50	7,00	3,60	1,00	0,07	1,80	12,00	8,00
1990	25,00	7,35	6,60	3,40	1,30	0,10	3,80	20,00	13,00
1991	20,25	7,10	7,40	2,00	1,40	0,07	0,90	9,50	19,50
1992	22,00	6,15	6,60	3,20	0,77	0,08	2,15	14,00	20,50
1993	25,37	6,18	7,15	3,20	1,13	0,13	2,80	15,00	15,00
1995	24,50	6,70	6,70	2,80	1,31	0,10	3,21	18,00	23,00
1996	23,00	6,80	4,50	4,00	18,84	0,10	2,69	15,00	160,00
1997	26,00	6,70	6,40	3,50	0,35	0,10	4,20	25,00	80,00
1998	22,50	6,80	5,60	3,60	1,35	0,09	0,85	8,00	8,00
1999	22,90	6,25	6,00	4,80	1,50	0,15	0,82	8,50	130,00
2000	23,10	6,19	5,40	2,00	1,56	0,08	0,01	3,00	130,00
2001	25,00	6,65	4,00	2,85	1,18	0,20	4,65	20,00	130,00
2002	24,00	6,40	6,20	10,00	4,82	0,15	2,69	15,00	130,00
2003	24,00	6,60	6,80	25,80	1,51	0,10	1,56	10,00	130,00
2004	22,00	6,40	7,00	3,60	0,96	0,10	2,49	15,00	130,00
2005	21,00	6,00	6,90	2,30	1,40	0,10	0,78	7,50	130,00
2006	20,00	6,00	5,80	2,80	0,99	0,10	2,50	13,00	25000,00
2007	23,50	6,25	6,30	2,40	0,93	0,18	6,50	26,00	40000,00
2008	21,00	6,23	6,55	2,60	1,04	0,10	5,25	55,50	40000,00
2009	22,00	6,60	6,20	2,00	0,90	0,09	32,00	55,00	12000,00
2010	23,00	6,50	6,20	4,80	0,23	0,16	47,20	55,00	6200,00

*** Os valores em vermelho correspondem aos resultados fora do orientado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doce classe 2.**

Como pode ser observado, com exceção dos valores obtidos para Oxigênio Dissolvido e Fósforo Total, os demais resultados dos parâmetros analisados se mantiveram dentro dos valores orientadores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05, para este corpo d'água (Classe 2).

Para caracterização da qualidade das águas foi adotada a abordagem baseada na comparação dos valores observados dos parâmetros face ao enquadramento em classes de uso, segundo a resolução vigente no país (CONAMA 357/2005) e a determinação do IQA de acordo com o MMA (2005).

Como explicitado em capítulos anteriores, a utilização de Índices de qualidade da água proporcionam uma facilidade na interpretação integrada dos dados físico-químicos, porém por ser uma visão integrada, para uma melhor avaliação ambiental é necessário uma análise individual de cada parâmetro analisado, buscando assim um melhor entendimento da qualidade do corpo hídrico estudado (CETESB, 2007).

Temperatura da Água (T)

Através dos dados apresentados na **Tabela 5** podemos observar que houve pouca variação na temperatura da água durante as medições entre os 24 anos de monitoramento (**Figura 5**). Infelizmente os dados nem sempre foram coletados na mesma época do ano, impossibilitando assim uma análise mais aprofundada sobre os resultados deste parâmetro.

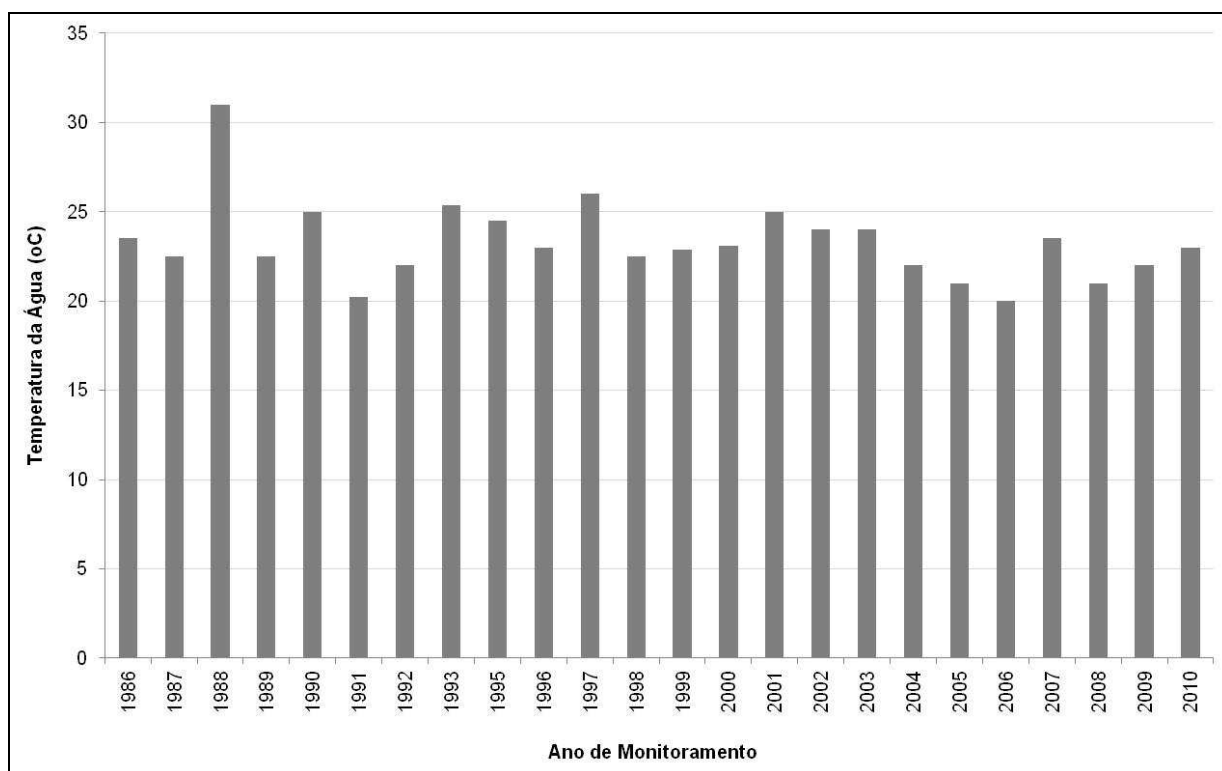


Figura 5: Variação da Temperatura (°C) entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Sperling (1996) destaca dentre as influências naturais a este parâmetro, a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, e dentre as influências antropogênicas os despejos domésticos (pela oxidação da matéria orgânica) e os despejos industriais.

O pH da grande maioria dos corpos d'água varia entre 6 e 8 (PINHEIRO, 2008). Em geral, o pH em ambientes aquáticos assume importância devido à estreita relação que mantém com os processos físicos e químicos, como por exemplo, o sistema CO₂, bem como por sua ação direta sobre a distribuição dos organismos aquáticos.

De acordo com a orientação da Resolução CONAMA 357/05, os valores de pH para águas doces classe 2 (aonde se enquadra o Rio Roncador) devem variar entre 6 e 9.

Através da **Figura 6** pode-se perceber que durante os anos de monitoramento aqui analisados este parâmetro apresentou resultados dentro do determinado pela legislação vigente. Os maiores resultados foram observados nos anos de 1989, 1990 e 1991 (7,50 ; 7,35 e 7,10 ; respectivamente) e os menores nos anos de 2005 e 2006 (6,00 ; ambos).

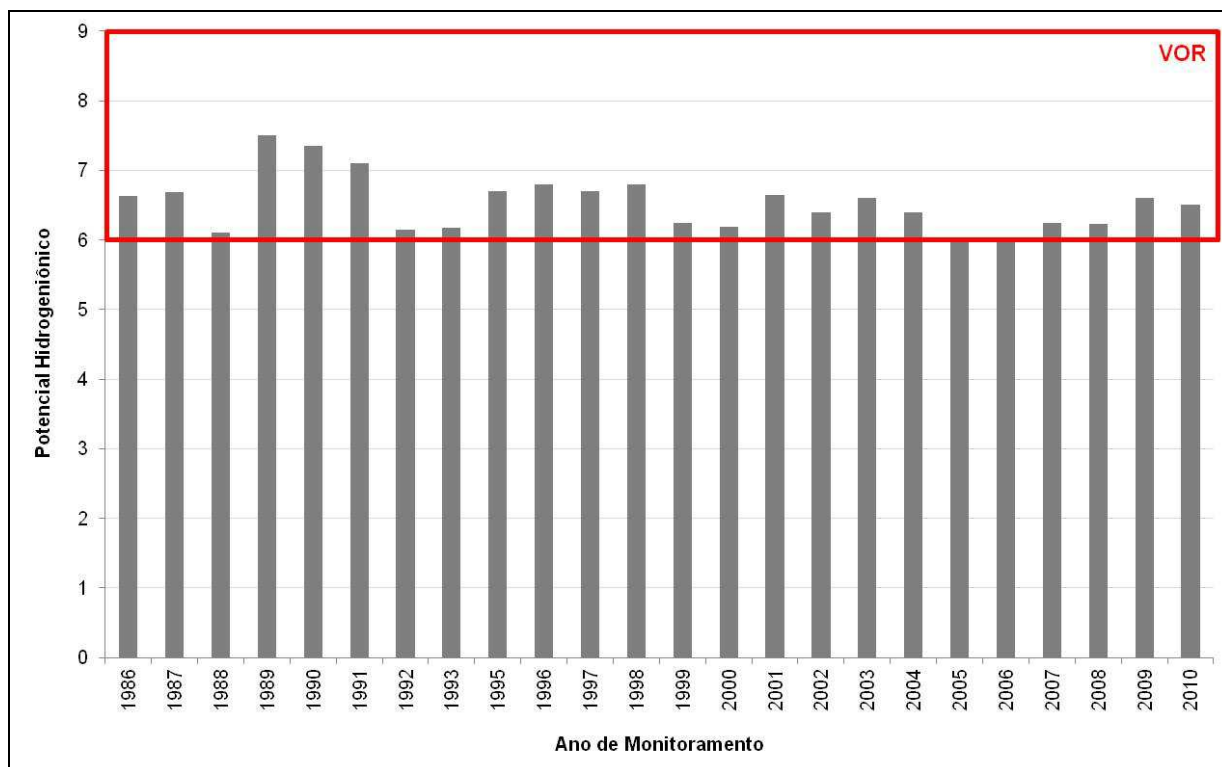


Figura 6: Variação do pH entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação aos valores orientadores da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é essencial para os organismos aeróbicos afetando profundamente a dinâmica dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). A concentração deste parâmetro na água pode aumentar com a fotossíntese ou diminuir se houver maior respiração das comunidades locais, falta de circulação ou oxidação da matéria orgânica.

Desta maneira, o monitoramento dos níveis de oxigênio dissolvido é fundamental para verificar a qualidade ambiental de sistemas hídricos (WRIGHT, 1978), e seus níveis podem ser usados como indicadores da qualidade da água, onde baixas concentrações do mesmo indicam poluição ou degradação.

A **Figura 7** indica que entre os anos de 1986 e 2010 houve uma variação entre as concentrações de oxigênio dissolvido, sendo observada a menor concentração no ano de 1987 ($1,00 \text{ mg.L}^{-1}$) e a maior no ano de 1991 ($7,40 \text{ mg.L}^{-1}$).

Além do ano de 1987, os anos de 1997 e 2001 ($4,50 \text{ mg.L}^{-1}$ e $4,00 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente) também apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido abaixo do orientado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2 (até $5,00 \text{ mg.L}^{-1}$).

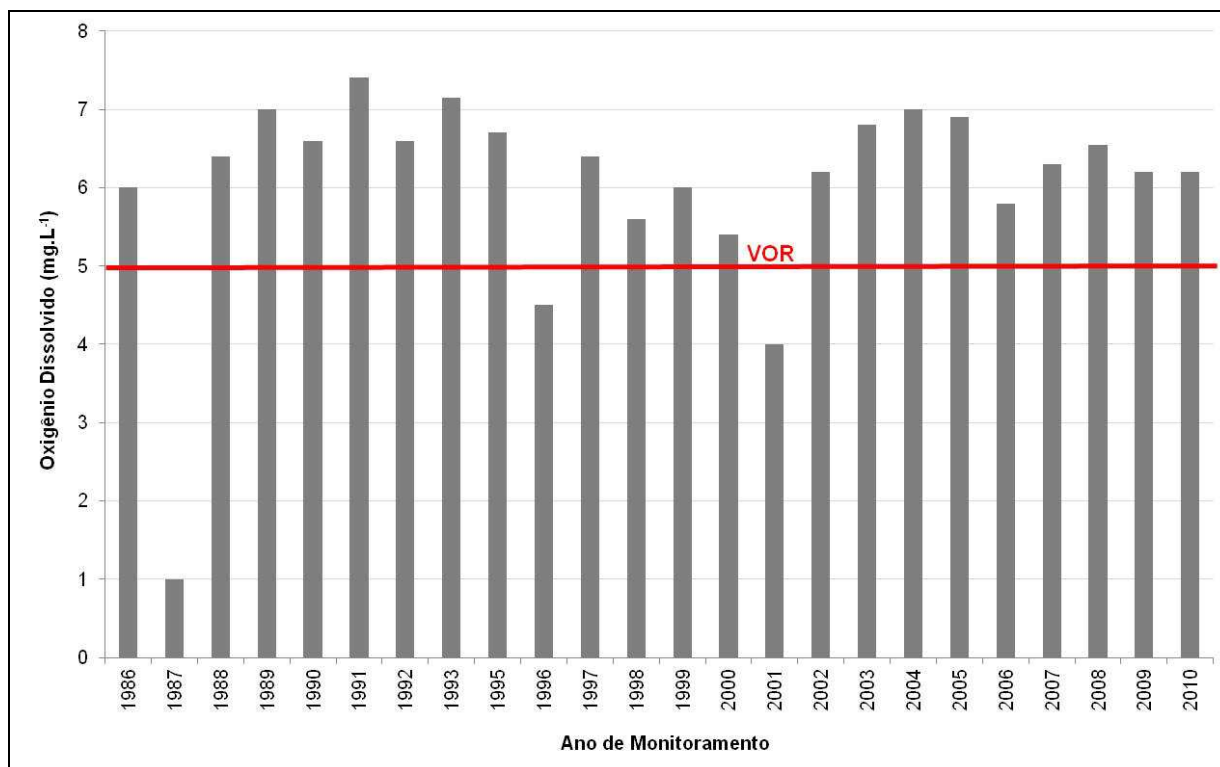


Figura 7: Variação dos teores de OD entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, as concentrações de DBO devem ir até $5,00 \text{ mg.L}^{-1}$, em se tratando de águas doces classe 2. Este parâmetro é uma medida indireta do teor de matéria orgânica (SPERLING, 1996), ou seja, representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos (LIMA, 2001).

No período de monitoramento analisado no Rio Roncador os teores de DBO variaram entre $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ no ano de 1986 a $25,80 \text{ mg.L}^{-1}$ no ano de 2003.

Apesar desta diferença expressiva entre mínimo e máximo de concentração pode-se observar pela **Figura 8** que em geral os teores deste parâmetro obtiveram pouca variação quando analisados conjuntamente. A exceção se deu pelos anos de 1986 ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$), 1987 ($10,00 \text{ mg.L}^{-1}$), 2002 ($10,00 \text{ mg.L}^{-1}$) e 2003 ($25,80 \text{ mg.L}^{-1}$), os três últimos anos por sua vez apresentaram concentrações acima do orientado pela resolução vigente.

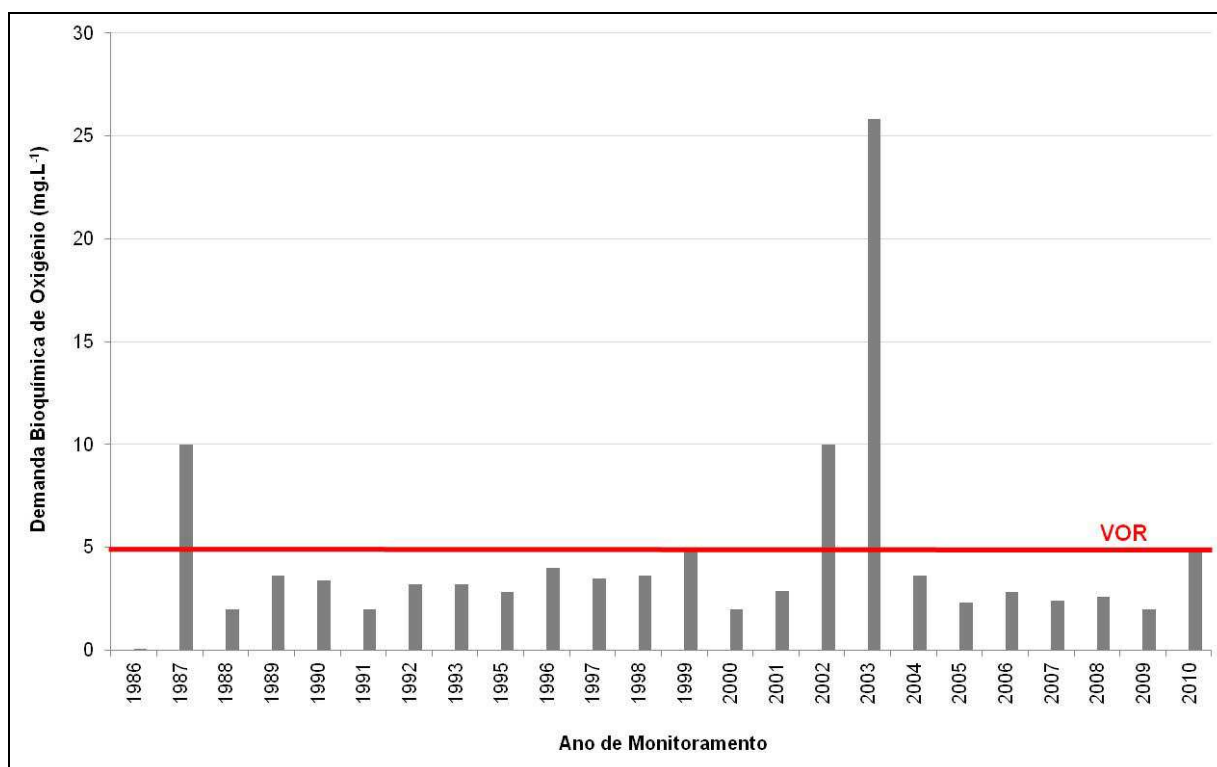


Figura 8: Variação dos teores de DBO entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).

Nitrogênio Total (NT)

O nitrogênio apresenta-se nas rochas, solos e sedimentos em diferentes formas, quais sejam: NH_3 , NH_4^+ , NO_x ou N ligado quimicamente a moléculas orgânicas ou inorgânicas. Os íons NH_4^+ nos solos e sedimentos podem estar fracamente adsorvidos na superfície (NH_4^+ +trocável) ou fixos nos espaços

interlamelares dos minerais argilosos (NH_4^+ fixo). As formas envolvidas nos equilíbrios dependem da concentração de N_{total} , atividade bacteriana, condições redox e qualidade da fase aquosa associada. A quantidade de amônio fixo depende da disponibilidade do íon NH_4^+ durante a formação dos minerais argilosos e da capacidade de fixação desses minerais. Nas rochas, a maior parte do nitrogênio está provavelmente presente como íon amônio (SILVA *et al.*, 2006).

Entre os anos de monitoramento realizados no Rio Roncador, a exceção dos anos de 1987 ($3,50 \text{ mg.L}^{-1}$), 1996 ($18,84 \text{ mg.L}^{-1}$) e 2002 ($4,82 \text{ mg.L}^{-1}$), os demais resultados obtidos para este parâmetro oscilaram até $2,00 \text{ mg.L}^{-1}$ (**Figura 9**). Cabe aqui ressaltar que a Resolução CONAMA 357/05 não apresenta valor orientador de concentração de Nitrogênio Total para águas doces Classe 2.

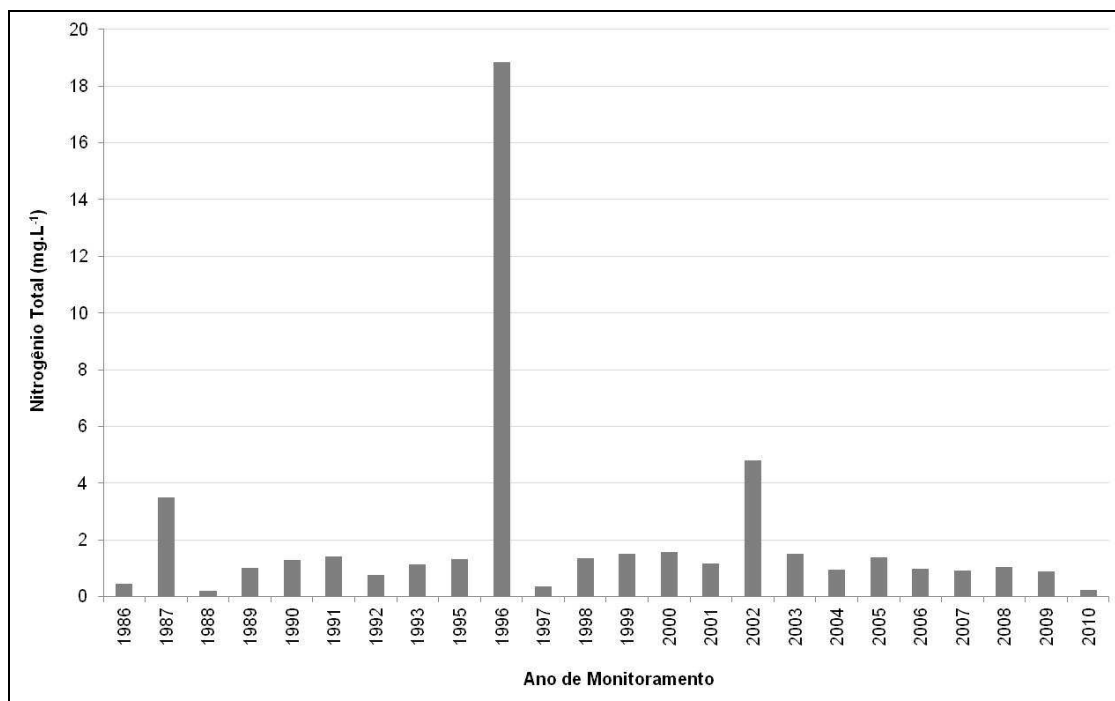


Figura 9: Variação dos teores de NT entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.

Fósforo Total (FT)

Grandes concentrações de Fósforo Total podem indicar contaminação por matéria orgânica nos corpos hídricos. Na área em análise, os anos 1987 ($0,54 \text{ mg.L}^{-1}$), 1993 ($0,13 \text{ mg.L}^{-1}$), 1999 ($0,15 \text{ mg.L}^{-1}$), 2001 ($0,20 \text{ mg.L}^{-1}$), 2002

(0,15 mg.L⁻¹), 2007 (0,18 mg.L⁻¹) e 2010 (0,16 mg.L⁻¹) apresentaram concentrações deste parâmetro acima do indicado pela Resolução CONAMA 357/05 para ambientes lóticos de águas doces classe 2 (0,10 mg.L⁻¹).

A menor concentração foi observada no ano de 1991 (0,07 mg.L⁻¹), e a maior no ano de 1987 (**Figura 10**).

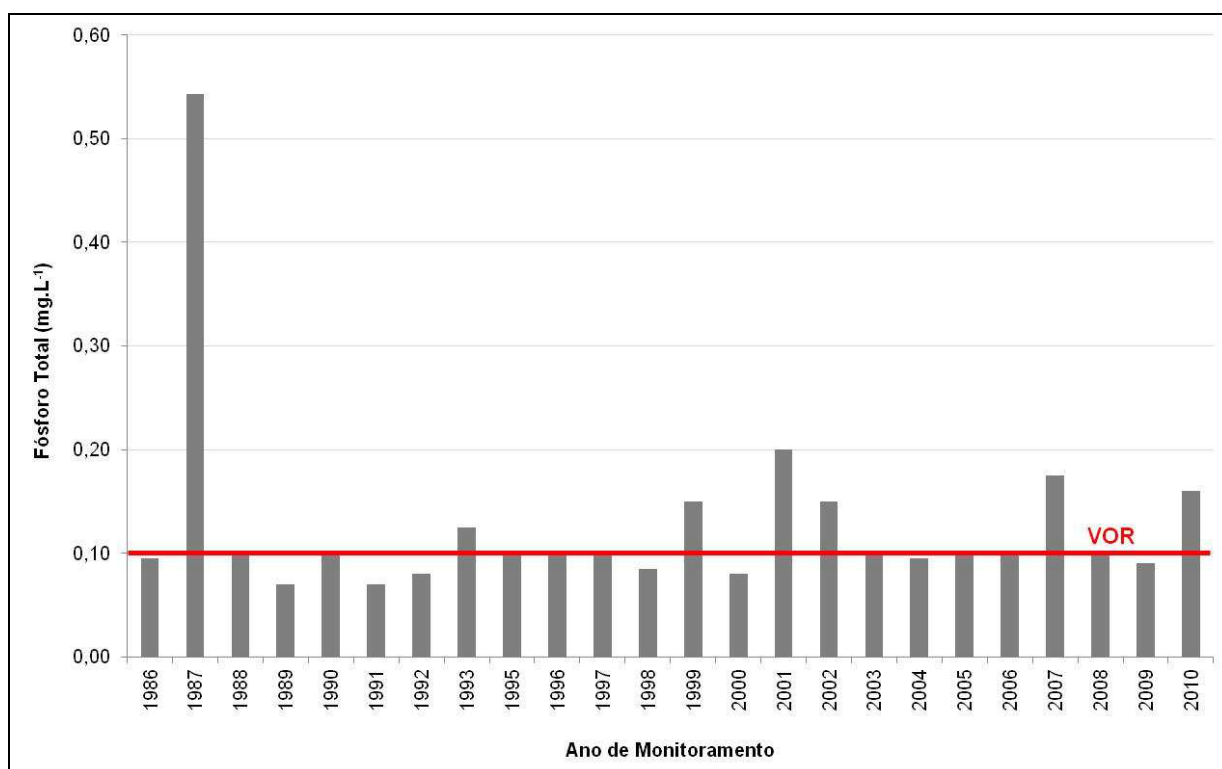


Figura 10: Variação dos teores de FT entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).

Como pode ser observado nas **Figura 7, Figura 8, Figura 9 e Figura 10**, o ano de 1987 apresentou uma baixa considerável de concentração de OD, que consequentemente pode ter influenciado diretamente no aumento das concentrações de NT e FT e também influenciado nos teores de DBO.

Turbidez

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

Através da **Figura 11** pode-se observar que a exceção dos anos de 1988 (12,30 uT), 2007 (6,50 uT), 2008 (5,25 uT), 2009 (32,00 uT) e 2010 (47,20 uT), os demais anos monitorados no ponto RN0560 apresentaram teores até 5,00 uT de turbidez. O maior resultado foi observado no ano de 2010 (47,20 uT), enquanto que o menor no ano 2000 (0,01 uT).

Ressalta-se aqui que a Resolução CONAMA 357/05 não apresenta valores orientados para turbidez.

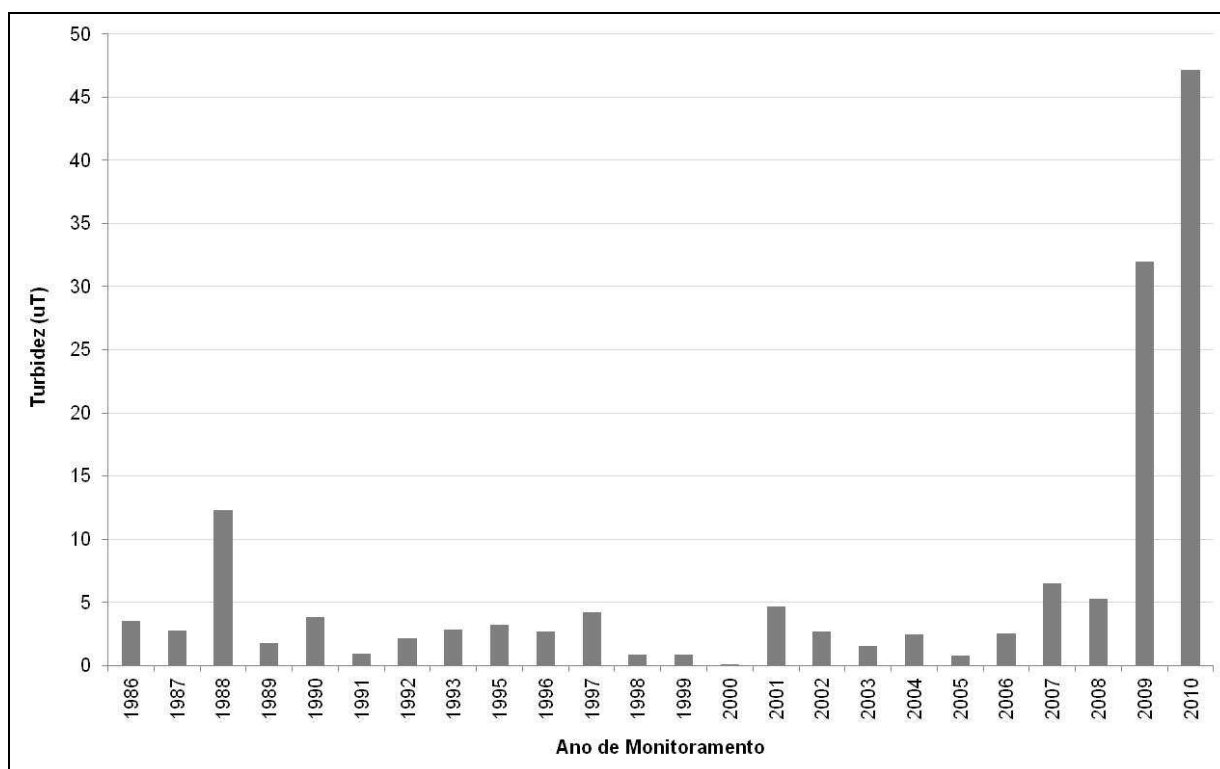


Figura 11: Variação dos teores de Turbidez entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.

Resíduos Totais (RT)

Os Resíduos Totais representam a medida da quantidade total de substâncias dissolvidas contidas em água ou efluente, incluindo matéria orgânica, minerais e outras substâncias inorgânicas (SOARES *et al.*, 2010).

Entre os anos de 1986 a 2010, o monitoramento no Rio Roncador indicou que em geral, as concentrações deste parâmetro estiveram até 20,00 mg.L⁻¹, algumas exceções foram observadas, no ano de 1988 (70,00 mg.L⁻¹), 1997 (25,00 mg.L⁻¹), 2007 (26,00 mg.L⁻¹), 2008 (55,50 mg.L⁻¹), 2009 (55,00 mg.L⁻¹) e 2010 (55,00 mg.L⁻¹), sendo a maior concentração observada no ano de 1988, e a menor no ano 2000 (3,00 mg.L⁻¹) (**Figura 12**).

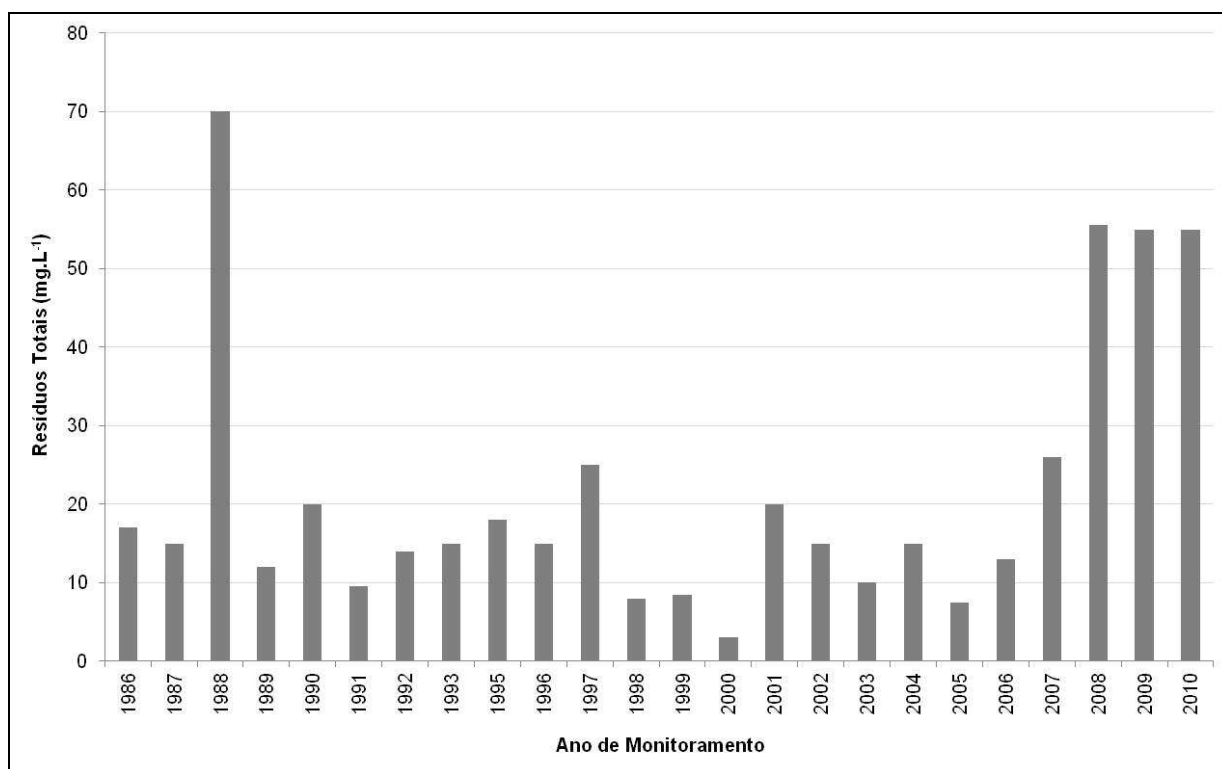


Figura 12: Variação dos teores de RT entre os anos 1986 a 2010.

Coliformes Termotolerantes (CT)

De acordo com Sperling (1996), as razões da utilização das bactérias do grupo coliformes como organismos indicadores de contaminação fecal se devem ao fato que mesmo não sendo patogênicos estes organismos carregam a informação de contaminação por fezes e, portanto a potencialidade de transmitir doenças.

A legislação vigente indica para águas doces classe 2, a concentração de no máximo 1000 NMP.100mL⁻¹ por amostra, valor este ultrapassado nos últimos 5 anos de monitoramento analisado (**Figura 13**).

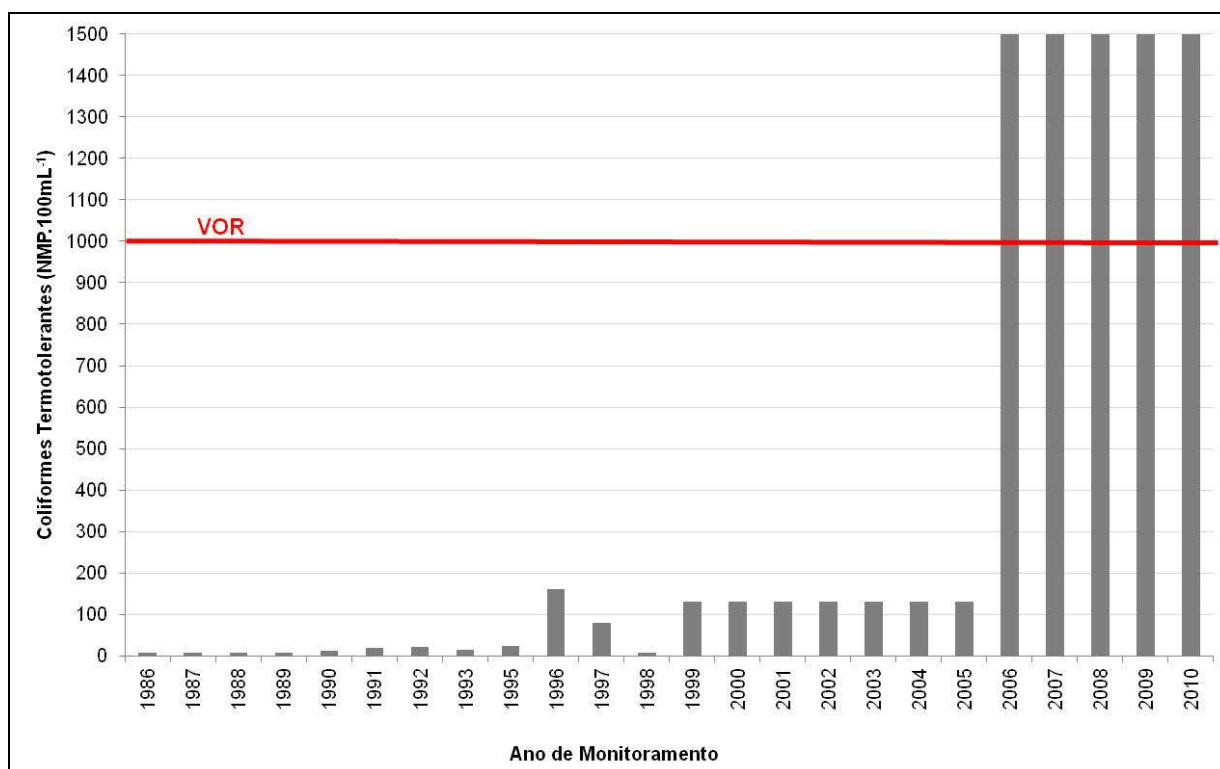


Figura 13: Variação dos teores de CT entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560, em relação ao valor orientador da Resolução CONAMA 357/05 (VOR).

Cabe aqui ressaltar que a ocorrência dos mesmos valores para este parâmetro entre os anos de 1999 a 2005, refletem uma falta de confiabilidade destes dados, e que os resultados entre os anos 2006 e 2010 extrapolam os valores apresentados na **Figura 13**, como pode-se comparar na **Tabela 5**.

3.2 Análises estatísticas dos parâmetros analisados

Visando identificar possíveis associações entre os parâmetros ambientais analisados no presente estudo, foi realizada uma análise de correlação de *ranks de Spearman*. Nesta análise, foram identificadas correlações significativas e positivas entre FT e Turbidez ($r_s = 0,42$; $p < 0,05$) e RT e Turbidez ($r_s = 0,97$; $p < 0,05$). Enquanto que NT e RT ($r_s = -0,60$; $p < 0,05$) e NT e Turbidez ($r_s = -0,60$; $p < 0,05$), apresentaram uma correlação negativa (**Tabela 6**).

Essas correlações entre FT e Turbidez, NT e Turbidez e NT e RT são provavelmente artefatos estatísticos, uma vez que os parâmetros correlacionados não possuem uma relação direta. Já a alta correlação entre RT e Turbidez era esperada, uma vez que estes parâmetros, cada um a sua maneira, analisam a presença de sólidos na água.

Tabela 6: Correlação de *ranks de Spearman* entre os parâmetros ambientais analisados no Ponto RN0560, no Rio Roncador. Em vermelho as correlações significativas ($p < 0,05$).

	CT	DBO	FT	NT	OD	pH	RT	T	Turbidez
CT	1,00								
DBO	-0,04	1,00							
FT	0,25	0,39	1,00						
NT	-0,02	0,38	0,12	1,00					
OD	-0,14	-0,12	-0,36	-0,19	1,00				
Ph	-0,39	0,27	-0,19	0,21	-0,02	1,00			
RT	0,20	-0,17	0,37	-0,60	-0,06	0,02	1,00		
T	-0,28	0,11	0,39	-0,10	-0,06	0,15	0,39	1,00	
Turbidez	0,20	-0,17	0,42	-0,60	-0,13	0,04	0,97	0,39	1,00

Para melhor descrever as relações entre os diversos parâmetros ambientais analisados foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). Todos os parâmetros ambientais foram inseridos na ACP como variáveis ativas. A escolha das variáveis significativamente correlacionadas a cada fator (componente) seguiu o

proposto por Legendre & Legendre (1983 *apud* VALENTIN, 1985), que consideram significativamente correlacionadas a determinado fator, as variáveis que apresentam uma distância d ao centro do plano igual ou maior a $(2/m).0,5$; onde m é igual ao número de variáveis.

O fator 1 da ACP explicou 25,22% da variância dos dados. As variáveis correlacionadas com o fator 1 foram NT, pH, DBO, CT e OD, sendo que a OD teve uma correlação inversa aos demais parâmetros acima listado. O fator 2 da ACP explicou 20,37% da variância dos dados. As variáveis significativamente correlacionadas com o fator 2 foram FT, Temperatura, RT e Turbidez (**Figura 14**).

Os dois primeiros fatores (componentes) explicaram juntos apenas 45,59% da variância dos dados. Esse valor pode ser considerado baixo, o que dificulta a interpretação dos resultados obtidos. De modo geral, observa-se um espalhamento das variáveis no plano I-II da ACP, sem que se possam identificar variáveis-chave associadas a cada fator.

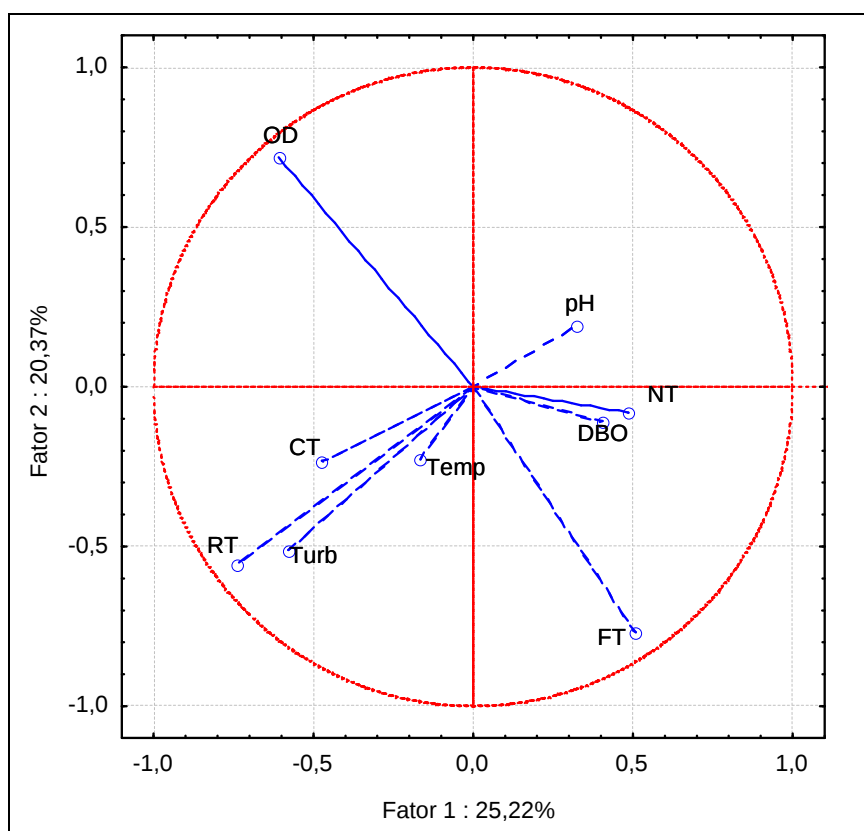


Figura 14: Projeção das variáveis no plano I-II da análise de componentes principais baseada nos parâmetros ambientais analisados entre os anos 1986 a 2010, no ponto RN0560.

3.3 Análise do IQA

Através dos resultados apresentados na **Tabela 7**, pode-se perceber que os resultados do IQA no Rio Roncador variaram entre Regular e Ruim, mostrando a má qualidade das águas deste rio, principalmente nos últimos anos de monitoramento.

Como o IQA representa uma variável estatística, com contribuições preponderantes das variáveis primárias, as variações do IQA mostraram-se bastante associadas às alterações da qualidade da água, ao contrário de estudarmos isoladamente cada variável, quando em sua maioria apresentaram-se dentro dos padrões orientados pela legislação vigente segundo a classificação do Rio Roncador.

Tabela 7: Resultado do IQA nas amostras analisadas.

Ano	IQA	Categoria
1986	43,75	REGULAR
1987	36,17	REGULAR
1988	42,90	REGULAR
1989	46,66	REGULAR
1990	43,87	REGULAR
1991	45,32	REGULAR
1992	42,92	REGULAR
1993	43,24	REGULAR
1995	44,71	REGULAR
1996	34,01	RUIM
1997	40,49	REGULAR
1998	42,83	REGULAR
1999	35,69	RUIM
2000	35,73	RUIM
2001	36,89	REGULAR
2002	33,68	RUIM
2003	29,59	RUIM
2004	40,18	REGULAR
2005	38,61	REGULAR
2006	31,52	RUIM
2007	31,83	RUIM
2008	30,86	RUIM
2009	31,51	RUIM
2010	32,55	RUIM

3.4 Descrição dos principais problemas ambientais observados na região do Rio Roncador, município de Magé

O município de Magé encontra-se na chamada Baixada Fluminense, dentro da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Esta área, desde os tempos coloniais, devido a presença de solos aluviais foi utilizada no cultivo de cana-de-açúcar e culturas de subsistência. A rede fluvial desta região facilitou a comercialização da produção local e serviu como um corredor de transporte de ouro e, mais tarde, de café (IORIS e COSTA, 2009).

O uso da Baixada Fluminense como um área de passagem foi mais tarde reforçada com a construção da primeira ferrovia do Brasil no início do século XIX. A disponibilidade de transporte público atraiu um grande fluxo de imigrantes, que vinham em busca de empregos e oportunidades.

Com uma infra-estrutura pública limitada, os novos moradores acabaram ocupando qualquer pedaço de terra disponível, transformando um pântano rural em uma periferia densamente povoada (IORIS e COSTA, 2009).

Durante uma visita de campo no trecho inferior do rio Roncador, próximo a desembocadura do mesmo na Baía de Guanabara foram observados diversos problemas ambientais que pressionam este rio.

No tocante ao município de Magé, este tem sofrido com o fato da ocupação urbana deste município ter ocorrido, de modo geral, sem o devido planejamento e controle. Essa ocupação resulta no incremento da demanda de água, incluindo seus diversos usos, sobrecarregando assim os rios que compõem a BHRR. Neste cenário, tem-se como consequência a perda da qualidade da água dos mesmos, devido o aumento das cargas orgânicas, de nutrientes e de coliformes gerados pelos esgotos domésticos, bem como contribuições de fontes difusas ligadas às atividades agrícolas e de criações de animais nas pequenas propriedades rurais (**Figura 15**).



Figura 15: Canais de esgoto sem tratamento saindo das casas diretamente para o Rio Roncador. Fonte: Acervo Pessoal

Observa-se também um enorme desmatamento ao longo de uma grande parte da margem deste corpo hídrico, para construções de residências de baixa renda (**Figura 16**).



Figura 16: Presença de construções de baixa renda ao longo da margem do Rio Roncador. Fonte: Acervo Pessoal

A desestabilização do solo provocada pelos desmatamentos gera um carreamento de uma grande carga de sedimentos, nutrientes e poluentes para os corpos hídricos (MOULTON e SOUZA, 2006). Estes fatores juntamente com a ocupação urbana anteriormente citada e a obstrução das galerias, canais e rios pelo lixo (**Figura 17**) e assoreamento, agravam os problemas das enchentes e inundações que atingem a região (ECOLOGUS – AGRAR, 2005).



Figura 17: Margem do Rio Roncador completamente tomada por lixo. Fonte: Acervo Pessoal

A gestão da BHRR é de certa forma bastante complexa, pois envolve uma rede de infra-estrutura deficitária que se traduz em uma inexistente cobertura de rede de esgoto e estações de tratamento em fase de planejamento e implantação (ECOLOGUS – AGRAR, *op cit.*), bem como um sistema de disposição inadequada dos resíduos sólidos. Esta situação se agrava, em decorrência do efeito acumulativo gerado pelo crescimento populacional na região.

Devido a estas características tão marcantes é que a BHRR foi escolhida para realização deste estudo, tendo como enfoque a qualidade da água de seu principal rio (Roncador).

4 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE AÇÕES SUSTENTÁVEIS

No presente estudo foi apresentado um pouco da situação atual dos recursos hídricos nas últimas décadas. Utilizados para diversas finalidades, como abastecimento doméstico e industrial, irrigação de produtos agrícolas, recreação, atividade pesqueira, geração de energia e disposição de resíduos, os recursos hídricos estão sendo cada vez mais disputados, tanto em quantidade quanto em qualidade, principalmente em razão do acentuado crescimento demográfico e do próprio desenvolvimento econômico.

Infelizmente no Brasil o atual estado em que se encontram os rios é reflexo de um passado de gestão inadequada, fazendo com que haja a necessidade de realização de um manejo adequado, que garanta a quantidade e a qualidade de água desejáveis aos seus múltiplos usos.

Dentre todas as bacias hidrográficas que fazem parte da região hidrográfica da Baía de Guanabara, a BHRR é classificada como pouco degradada, mesmo sofrendo com a ocupação descontrolada nas margens dos rios que a compõem e com a falta de tratamento de esgotos.

Neste trabalho foram apresentados os resultados do monitoramento da qualidade da água do Rio Roncador, localizado em Magé. Os dados aqui apresentados foram coletados pela antiga FEEMA, atual INEA, entre os anos de 1986 a 2010 no ponto de monitoramento RN-0560, e cedidos pelo atual órgão responsável.

Estas amostragens realizadas pelo INEA geraram um pacote de dados com inúmeros resultados de parâmetros físico-químicos e biológicos do Rio Roncador, porém optou-se pela análise apenas dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA. A análise destes parâmetros no contexto dos limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/05, permitiu as seguintes observações:

1. Infelizmente foi observada uma falta de dados, o que prejudicou a análise da qualidade ambiental destes dados, somado a isso os dados não apresentaram confiabilidade, indicando a péssima gestão a qual esta bacia hidrográfica é submetida.

2. A maioria dos parâmetros ambientais analisados apresentou-se dentro do orientado pela Resolução CONAMA 357/05, com exceção de apenas alguns anos que apresentaram parâmetros com concentrações fora dos padrões estabelecidos.
3. Em contrapartida, os resultados do Índice de Qualidade de Água indicaram em geral uma qualidade de água Regular com alguns anos apresentando classificação Ruim, o que indica que o IQA apresentou-se mais restritivo que a resolução ambiental vigente.
4. Os resultados observados acima levam a conclusão que o IQA e a Resolução CONAMA 357/05 apresentam informações diferentes e que de certa forma o IQA é mais restritivo que a legislação vigente, uma vez que apresentou os piores resultados.
5. Durante a realização deste trabalho foram feitas visitas de campo próximas ao ponto de coleta para reconhecimento da área estudada, durante estas visitas pode-se averiguar que o Rio Roncador sofre com a poluição de origem doméstica, constatado pela presença de despejos irregulares nos corpos hídricos como ligação de tubulações de esgotos domésticos diretamente ao rio, tanto de residências quanto de pequenos estabelecimentos comerciais; poluição de origem agrícola, referente a carga orgânica que é carregada para o rio devido a presença de criação de porcos, aves e outros animais nas margens do mesmo; e industrial, devido a despejos irregulares de indústrias que se localizam em suas margens.

Cabe aqui também ressaltar que infelizmente o monitoramento do ponto RN-0560 durante os anos analisados não foi contínuo, o que pode influenciar negativamente os dados aqui utilizados, porém ressalta-se que a metodologia para acoplamento dos dados, calculando mediana dos dados entre os meses coletados e gerando assim um resultado anual, é a mesma metodologia utilizada pelo INEA para o cálculo do IQA nos rios monitorados pelo referido órgão ambiental.

Por fim, após listar os principais problemas que interferem na qualidade ambiental do Rio Roncador, cabem aqui a apresentações de sugestões sustentáveis para a melhoria da qualidade ambiental do rio Roncador.

1. Por se tratar de uma região sem tratamento de esgotos, inicialmente seria necessário a implantação de fossas sépticas, o que eliminaria o lançamento de esgotos no corpo hídrico.
2. Outra medida seria a segregação do resíduo sólido gerado em cada residência. Este tipo de separação evitaria o descarte do mesmo nas margens do rio. Para isto seria necessário a elaboração, implantação e execução de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, principalmente na parte mais baixa do rio, onde se localizam comunidades de baixa renda que sofrem com a falta de coleta de lixo.
3. Através das visitas de campo também foi percebido a presença de criação de animais próximo as margens do rio. Neste caso, assim como o material orgânico coletado através dos resíduos sólidos, sugere-se a total separação de toda carga orgânica gerada pelos animais e a partir disso a transformação deste material em composto orgânico.
4. O desmatamento é um grande problema que afeta a qualidade ambiental do rio Roncador, neste caso sugere-se o reflorestamento das margens do rio, visando assim, a recuperação do solo, o que consequentemente melhoraria a qualidade ambiental das águas do rio.
5. Uma outra iniciativa e talvez a principal delas, seria a educação ambiental da comunidade do entorno do rio. Afinal, de nada adianta a implantação de diversas alternativas se a população não tiver consciência da manutenção de uma boa qualidade ambiental do rio. Para isso seria necessário a participação de organizações não governamentais dentro desta comunidade, trazendo para estas pessoas os princípios básicos da Educação Ambiental.

Além da implantação destas sugestões sustentáveis faz-se necessário a aplicação de um monitoramento ambiental eficaz e contínuo. O monitoramento da qualidade das águas da RHBG teve início no ano de 1968, através do projeto PNUD –BRA 14/Brasil 6400, de lá pra cá existiram inúmeros outros projetos que desenvolveram este tema, porém, nenhum foi contínuo o que culminou em diversos buracos no banco de dados gerado.

Como sugestão para este monitoramento seria a realização de coletas semanais de água em diversos pontos do rio, além de um monitoramento de vazão do mesmo e chuvas na região.

Os resultados gerados por este monitoramento serão de grande valia para o acompanhamento da evolução do rio quanto as modificações aplicadas. Desta forma seria possível perceber se as modificações sugerias terão efeito ou não e a partir destas conclusões aprimorar iniciativas buscando sempre a melhora e a manutenção de uma boa qualidade ambiental do rio Roncador.

Conclui-se dessa forma que devido à sua importância e ao estado de degradação em que se encontra o Rio Roncador necessita, com urgência, de um sistema integrado de gestão sustentável, envolvendo aspectos de proteção e recuperação, bem como o uso múltiplo das águas a ser implementado com a participação da sociedade e dos usuários.

Finalmente, destaca-se que a pesquisa desenvolvida nesta dissertação foi importante para registrar o cenário atual e serve como parâmetro de comparação com futuros trabalhos na região.

REFERÊNCIAS

- ALTANSUKH, O. e DAVAA, G. Application of Index Analysis to Evaluate the Water Quality of the Tuul River in Mongolia. *JWARP*, v. 3, n. 6, p. 398-414, 2011.
- AMADOR, E.S. *Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: Homem e Natureza*. 1996. 539p. Tese de Doutorado, PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.1996.
- ARAÚJO, A. E. M. *Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índice de qualidade da água no rio saúde, em razão da precipitação (maio a dezembro de 2004): estudo de caso*. 2006. 92f. Dissertação de Mestrado Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.
- ARAÚJO, L. M. N de; MORAES, A.; BOAS, M. D. V.; PEREIRA, V., S. do A.; SALES, A. N.; ARAÚJO, F. A. de. Estudo dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul e 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2007, São Paulo. 19p.
- BAIRD, C. *Química Ambiental*. Trad. A.M.L.Receio e L.C.M. Carrera, 2ª ed. Porto Alegre: Bookman. 2002.
- BARBOSA, O. *Águas residuárias. Introdução a qualidade das águas*. Rio de Janeiro: DESMA/UERJ, 2004.
- BESSA, M. da R. M. Qualidade e Monitoramento da Água nos Recursos Hídricos. In: Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, 1998, Gramado.
- BHARTI, N. e KATYAL, D. Water quality indices used for surface water vulnerability assessment. *International Journal of Environmental Sciences*, v. 2, n. 2, p. 154-173, 2011.
- BIBIAN, J. P. R. *Caracterização hidrogeoquímica da microbacia de drenagem do córrego Barra Bonita, São Paulo*. 2007. 196 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Ciências, Centro de Energia Nuclear Na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONTEJO, J. G. L; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M; PORTO, M. F. do A; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. *Introdução a Engenharia Ambiental*. São Paulo: Pretice Hall. 2002. 305 p.
- BRASIL. Lei n. 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da CF, e altera o artigo 1 da Lei 8.001 de 13.03.1990 que modificou a Lei 7.990, de 28.12.1989. Brasília, DF, 1997.

Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/leis/L9433.htm>>. Acesso em 09 de junho de 2011.

CAMPAGNATO, V. F. *Índice de qualidade de água e déficit de oxigênio dissolvido como indicadores ambientais no monitoramento de microbacias*. 2009. 59f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Paraná. 2009.

CARDONHA, A. M. S.; VIEIRA, R. H. S. F.; HOLLAND, N.; MELO, J. L. S.; BEZERRA, M. A. S.; DAMASCENO, K. S. F. S. C. Monitoramento da poluição da água das galerias pluviais e do mar por meio de avaliações físico-químicas e microbiológicas. *Arquivos de Ciências do Mar*, Fortaleza, n. 38, p. 71-78, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. *Índice de Qualidade da Água (IQA)*. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2011.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – Série Relatórios*. – Governo do Estado de São Paulo – Secretaria de Meio Ambiente, 2007.

CHAPMAN D.V. (Ed.). *Water Quality Assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Chapman & Hall; 2nd edition.1996.

CIDE Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003. (CD-ROM).

COX, B. A.. A review of dissolved oxygen modelling techniques for lowland rivers. *The Science Of The Total Environment*, UK, p. 314-316. 2003.

CRUZ, C. B. M.; TEIXEIRA, A. J. A.; BARROS, R. S.; ARGENTO, M. S. F.; MAYR, L. M. & MENEZES, P. M. *Carga Antrópica da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara*. In: IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, INPE, 1998. p. 99-109.

DERÍSIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 2ª Ed. São Paulo: Signus, 2000.

DIAS, C. A.; OLIVEIRA, D. M. de e RIBEIRO, M. L. *Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais na microbacia do rio Dourados utilizando o Índice de Qualidade das Águas IQA-NSF*. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Curitiba, ABRH, 2003.

ECOLOGUS - AGRAR. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara*. Relatório Final – Síntese. Rio de Janeiro. Outubro, 2005.

ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. Interciência, 2a edição, Rio de Janeiro, 1998. 602 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Disponível em: <<https://www.fao.org.br>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2011.

FARIAS, M.S.S. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo*. 2006. 152p. Tese de Doutorado. Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande, UFCG. Paraíba. 2006.

FEMAR. *O Litoral do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental*. Projeto PLANAGUA SEMA / GTZ, Fundação de Estudos do Mar, Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

FERNÁNDEZ, N.; RAMÍREZ, A. E SOLANO, F. Physico-Chemical Water Quality Indices - A Comparative Review. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, v. 2, n. 1, p. 19-33, 2004.

FERREIRA, J. C. *Potencialidades hídricas da microbacia hidrográfica do córrego do Monte Olimpo no Campus Luiz de Queiróz da Universidade de São Paulo*. 2008. 119p. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2008.

GORAYEB, A. ; SOUZA, M.J.N. de ; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de ; ARAÚJO, L. de F. P. ; ROSA, M. F. ; SILVA, E. V. da. Saneamento básico e impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Curu - Estado do Ceará - NE do Brasil. *Scripta Nova*, Barcelona, v. X, n. 208, p. 1-20, 2006.

GOULART, M. ; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Fapam em Revista*, v. 2, n. 2, p. 153-164, 2003.

HESPANHOL, K. M. H. *Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do Ribeirão Morangueiro*. 2009. 153p. Dissertação de Mestrado. Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2009.

IBG - INSTITUTO BAÍA DE GUANABARA. *Nossos Rios*. Niterói - RJ, 2002. Disponível em: <http://portalbaiadeguanabara.org.br/portal/imagens/PDF/Nossos_rios.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2009.

IBGE. Anuário estatístico do Brasil - 1997. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1998. (CD-ROM).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de novembro de 2011.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. Disponível em: <<https://www.inea.rj.gov.br>>. Acesso em: 03 de outubro de 2011.

IORIS, A. A. R.; COSTA, M. A. M. The Challenge to Revert Unsustainable Trends: Uneven Development and Water Degradation in the Rio de Janeiro Metropolitan Area. *Sustainability*, v. 1, p.133-160, 2009.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p.278-283, 2008.

LEE, R. G. Ecologically effective social organization as a requirement for sustaining watershed ecosystems. In: NAIMAN, J. R. (ed.). *Watershed management: balancing sustainability and environmental change*. Nova York: Springer-Verlag, 1992. p. 73-90.

LE MOS, R. M. J. 2002. *Leitura Histórica do Processo de Apropriação do Território – um estudo no município de Magé - RJ*. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Ouro Preto-MG, Brasil, 2002.

LEONARDO, H. C. L. *Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná*. 2003. 121 f. Dissertação Mestrado - Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.

LIMA, E. B. N. R. *Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá*. 2001. 184 p. Teste de Doutorado . COOPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LOPES, F. W. A. ; MAGALHÃES JR, A. P. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. *Geografias (UFMG)*, Belo Horizonte, v. 6, p. 134-147, 2010.

LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M.V.; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 14, n. 9, Set. 2010.

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

MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: EDUC, 2001. p. 117-143.

MARTINE, G; MCGRANAHAN, G. A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas. In: BAENINGER, R. (Org.). *População e Cidades: subsídios para o Planejamento e para as Políticas Sociais*. 1. ed. Campinas,SP: Núcleo de Estudos de População/UNICAMP, 2010. p.11-24.

MARTINS, M. *Variação e tendências dos parâmetros de qualidade de água do ecossistema aquático da microbacia hidrográfica Córrego da Onça no município de Ilha Solteira/SP*. 2009. 56f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista . São Paulo. 2009.

MATHEUS, S. R., COELHO, H. S., NEVES, R. 2003. *Modelação integrada para a gestão da qualidade da água de bacias hidrográficas*. Disponível em: <

http://grupo.us.es/ciberico/archivos_html/indexportu.htm > Acesso em: 14 de janeiro de 2012.

MERTEN, G. H. ; MINELLA, J. P. G. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA)* Relatório 1. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. 19p. Junho , 2005.

MORAES, A. F. *A gestão dos riscos ambientais do Programa de Despoluição da Baía de Guanabara*. 1998. 163p. Tese de Doutorado. Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro. 1998.

MORENO, P. ; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: Ferracini V. L.; QUEIROZ S. C. N.; SILVEIRA M. P. (Org.). *Bioindicadores de Qualidade da Água*. Jaguariuna: EMBRAPA, 2004, v. 1, p. 95-116.

MOULTON, T. P. ; SOUZA, M. L. de. Conservação com base em bacias hidrográficas. In: ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. (Org.). *Biologia da conservação*. São Carlos: Rima Editora, 2006, v. , p. 157-182.

NAKHASHIMA, L. S. ; PRANTERA, M. T. Estudo da poluição da Baía de Guanabara: RJ. *Saúde & Ambiente em Revista*, Duque de Caxias - RJ, Brasil, v. 1, n. 2, p. 86-96, 2006.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION – NOAA. Disponível em <http://www.nwrhc.noaa.gov/info/water_cycle/hydrology.cgi>. Acesso em 23 de junho de 2011.

ODUM, E. P. *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania. 1971.

PINHEIRO, M.R.C. *Avaliação de usos preponderantes e qualidade da água como subsídios para os instrumentos de gestão dos recursos hídricos aplicada a bacia hidrográfica do rio Macaé*. 2008. 152p. Dissertação de Mestrado. Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos, Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental. Campos, Rio de Janeiro. 2008.

POMPEU, P.S.; M. CALLISTO; C.B.M. ALVES. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. *American Fisheries Society Symposium*, Bethesda, v. 47, p 11-22, 2005.

PORTAL BAÍA DE GUANABARA. Disponível em<<http://www.portalbaiadeguanabara.org.br>>. Acesso em: 19 de setembro de 2009.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, p. 43-60, 2008.

RACANICCHI, R.M.Z.V. *Influência da Implantação de Estação de Tratamento de Esgoto Tipo Lagoas de Estabilização na Recuperação da Qualidade da Água do Córrego Cabeceira da Mula em Santa Fé do Sul – SP*. 2002. 168p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Ilha Solteira, 2002.

SANDERS, T. G., WARD, R. C., LOFITIS, J. C., STEELE, T. D., ADRIAN, D. D. e YEVJEVICH, V. *Design of network for monitoring water quality*. Highlands Ranch: Water Resources Publications, 1983. Disponível em <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ljxEW0-olUC&oi=fnd&pg=PA1&dq=SANDERS,+T.+G.+et+al.+Design+of+network+for+monitoring+water+quality.&ots=eIT2y4cg2i&sig=2MlaTliHs07SOH1cHGq4HmGJ7rs#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 09 de junho de 2011.

SANTOS, N. D. dos & COSTA, D. P. da. A importância de Reservas Particulares do Patrimônio Natural para a conservação da brioflora da Mata Atlântica: um estudo em El Nagual, Magé, RJ, Brasil. *Acta Bot. Bras. [online]*. v. 22, n.2, p. 359-372, 2008.

SILVA, L. I. D. da; CARNEIRO, M. C.; EMÍDIO, V. dos S.; HENRIQUE, S. de S.; MONTEIRO, M. I. C. Determinação das formas de nitrogênio e nitrogênio total em rochas-reservatório de petróleo por destilação com arraste de vapor e método do indofenol. *Quím. Nova [online]*, v. 29, n.1, 2006.

SOARES, G. T.; TÁVORA, F.; NUNES, R. de O. Índice de Qualidade das Águas do Rio Águas Claras, Alvorada do Oeste, RO. *Revista Científica Facimed*, v. 2, p. 123-135, 2010.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*, ed. 2, Belo Horizonte – MG, Editora SEGRAC, 1996.

TOLEDO, L. G. *Monitoramento dos impactos ambientais das atividades agrícolas na qualidade das águas superficiais*. In: Simpósio nacional sobre o uso da água na agricultura, Passo Fundo. 2004. Disponível em <http://www.upf.br/coaju/download/Dr_Luis_Gonzaga_Toledo.pdf> Acesso em 16 de maio de 2011.

TOLEDO, L. G. ; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, SP, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

TUCCI, C. E. M. *Gestão da água no Brasil*. Brasília: UNESCO, 2001

_____. Águas urbanas. *Estudos Avançados (USP)*, v. 22, p. 97-112, 2008.

TUNDISI, J. G. *Recursos Hídricos*. In: 3ª CONFERÊNCIA NACIONAL DE C,T&I. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=2031>>. Acesso em 05 fev. 2011.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/ Botucatu - SP. *Eclética Química*, São Paulo, v. 22, 1997.

VALENTIN, J. L. Agrupamento e ordenação. In: PERES-NETO, P. R., VALENTIN, J.L.; FERNANDEZ, F.A.S. (eds.). *Oecologia Brasiliensis. Volume II: Tópicos em tratamento de dados biológicos*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1985.

WHO/UNICEF. *Progress on Drinking Water and Sanitation*. New York, 2012.

WRIGHT, T.D. *Aquatic dredged material disposal impacts*. Technical Report DS-78-1. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Environmental Laboratory. 1978.

ZUCCARI, M. L. *A bacia Hidrográfica como unidade de gerenciamento e planejamento*. Disponível em:
<www.abagrp.cnpm.embrapa.br/areas/hidrografia.htm>. Acesso em: 09 de junho de 2011