**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**
**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

# REDE DE DRENAGEM URBANA EM ÁREA TROPICAL: MUDANÇAS NA MORFOLOGIA DO CANAL E NÍVEIS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS RIO DOS MACACOS – RJ

**LUCIANO MARIN LUCAS**

**Orientadora: Profª. Drª. Sandra Baptista da Cunha**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**RIO DE JANEIRO**
**2003**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**
**CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA**
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

# REDE DE DRENAGEM URBANA EM ÁREA TROPICAL: MUDANÇAS NA MORFOLOGIA DO CANAL E NÍVEIS DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS RIO DOS MACACOS – RJ

**Mestrando: Luciano Marin Lucas**
**Orientadora: Profª. Drª. Sandra Baptista da Cunha**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito obrigatório para a obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Aprovada por:

_____ - Orientadora
Profª. Drª. Sandra Baptista da Cunha

_____
Profª. Drª. Sônia Vidal Gomes da Gama

_____
Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

RIO DE JANEIRO
2003

## FICHA CATALOGRÁFICA

LUCAS, Luciano Marin.

Rede de Drenagem Urbana em Área Tropical: Mudanças na Morfologia do Canal e Níveis de Poluição das Águas - Rio dos Macacos – RJ / Luciano Marin Lucas. Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2003.

xiv, 110p.

Dissetação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGG, 2003.

I - Resumo II - Introdução 1- Caracterização Morfológica e Sedimentológica em Canais Urbanos: Rio dos Macacos – RJ 2 – Poluição das Águas Urbanas: Rio dos Macacos – RJ III – Considerações Gerais / Recomendações

1 – Rios dos Macacos 2 – Geometria de Canais 3 – Ações Antrópicas

**Para Edison (*in memoriam*) e Luiza,**
**meus pais, com muito carinho.**

## AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro através de bolsa de estudo.

À orientadora Profª. Drª. Sandra Baptista da Cunha, pela sua dedicação, apoio e amizade ao longo do curso.

Ao Jardim Botânico do Rio de Janeiro, em nome do Sr. Ney A. Ferreira, pela viabilização do trabalho no trecho do rio dentro do Parque.

À Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (FEEMA) pelo apoio técnico na coleta e análise da água. Ao diretor de planejamento ambiental Celso S. Bredariol, à chefe da Divisão de Qualidade das Águas Drª. Elisabete Lima e aos funcionários Anselmo, André, Fátima, Ivan e Maurício.

À Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) pelo fornecimento dos mapas da rede de esgoto. Ao Eng. Sérgio Henrique R. da Silva, chefe de serviço de esgoto.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados de precipitação durante o período de estudo. Ao Sr. Luis Carlos Austin e aos funcionários Paulo Brito e Armando.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo auxílio financeiro para realização do trabalho de campo. Às funcionárias Ildione e Nildete, pela amizade e apoio.

Aos meus amigos e colegas Allan, Carolina, Felipe, Luziane, Rosuita e Washington que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Para a amiga Maria Helena meu especial agradecimento.

Ao meu padrinho João N. da Silva Filho por acreditar em mim e me incentivar a alcançar meus objetivos.

À minha mãe e aos meus irmãos Magda, Ana Laura e Edison que mesmo estando distantes sempre me apoiaram nos momentos difíceis.

## SUMÁRIO

Dedicatória ..... iv
Agradecimentos ..... v
Sumário ..... vi
Lista de Figuras ..... viii
Lista de Tabelas ..... xi
Lista de Quadros ..... xii
I – Resumo / Abstract ..... xiii/xiv
II – Introdução ..... 01

1) Caracterização Morfológica e Sedimentológica em Canais Urbanos: Rio dos Macacos – RJ ..... 02

1.1. Resumo / Abstract ..... 02/03
1.2. Introdução ..... 04
1.3. Área de Estudo ..... 08
1.4. Procedimentos Metodológicos ..... 12
1.4.1. Sedimentos do Canal ..... 12
1.4.2. Morfodinâmica do Canal ..... 16
1.5. Revisão da Literatura ..... 18
1.5.1. Sedimentos Fluviais ..... 18
1.5.2. Geometria de Canais ..... 21
1.6. Discussão e Resultados ..... 25
1.6.1. Dados Pluviométricos ..... 25
1.6.2. Características dos sedimentos de fundo ..... 27
1.6.3. Morfodinâmica do canal ..... 40
1.7. Considerações Finais ..... 50
1.8. Referências Bibliográficas ..... 52

2) Poluição das Águas Urbanas: Rio dos Macacos – RJ ..... 55

2.1. Resumo / Abstract ..... 55/56
2.2. Introdução ..... 57
2.3. Área de Estudo ..... 59
2.4. Procedimentos Metodológicos ..... 63
2.4.1. Parâmetros Químicos ..... 64
2.4.2. Parâmetros Biológicos ..... 66
2.5. Revisão da Literatura ..... 67
2.6. Resultados e Discussão ..... 72
2.7. Considerações Finais ..... 81
2.8. Referências Bibliográficas ..... 83
III – Conclusões Gerais / Recomendações ..... 85
IV– Anexos ..... 87

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização do rio dos Macacos..... 07

Figura 1.2 - Perfil Longitudinal do rio dos Macacos identificando a confluência com: (1) riacho do Pai Ricardo, (2) rio Algodão, (3) rio Cabeça e (4) rio Rainha. (A), (B) e (C) – setores do canal. Os pontos PT1, PT2, PT3, PT4 e PT5 indicam os locais de amostragem ..... 11

Figura 1.3 – Totais mensais de precipitação entre os meses de janeiro de 2002 e fevereiro de 2003 ..... 26

Figura 1.4 – Distribuição litológica dos seixos no PT1 ..... 30

Figura 1.5 – Distribuição litológica dos seixos no PT3 ..... 30

Figura 1.6 – Distribuição da forma dos seixos no PT1 ..... 31

Figura 1.7 – Distribuição da forma dos seixos no PT3 ..... 31

Figura 1.8 - Caixa de contenção de sedimentos construída no leito do canal na seção transversal (PT2), sentido jusante (Foto: junho de 2002, Crédito: L. Lucas) ..... 34

Figura 1.9 - Composição do leito, no PT3, por material grosseiro e deposição de sedimentos mais finos na margem convexa, favorecendo a fixação da vegetação (Foto: maio de 2003, Crédito: L. Lucas) ..... 35

Figura 1.10 - Composição rochosa do leito no PT1 que, associada ao fluxo intenso, provoca o aumento da profundidade do talvegue (Foto: setembro de 2002, Créditos: L. Lucas) ..... 42

Figura 1.11 – Processo de erosão de base, à jusante do PT1, evidenciado pelos blocos deslocados no leito do canal (Foto: maio de 2003, Crédito: L. Lucas) ..... 42

Figura 1.12 – Sobreposição dos perfis transversais (PT1) ..... 43

Figura 1.13 – Sobreposição dos perfis transversais (PT2) ..... 43

Figura 1.14 – Sobreposição dos perfis transversais (PT3) ..... 45

Figura 1.15 – Sobreposição dos perfis transversais (PT4) ..... 45

Figura 1.16 - Tubulações de esgoto e caixa de contenção de sedimentos inseridas no leito do canal na seção (PT4) modificando a morfologia de fundo. (Foto: maio de 2003, Créditos: L. Lucas) ..... 46

Figura 1.17 – Sobreposição dos perfis transversais (PT5) ..... 48

Figura 2.1 - Localização do rio dos Macacos ..... 58

Figura 2.2 - Perfil Longitudinal do rio dos Macacos identificando a confluência com: (1) riacho do Pai Ricardo, (2) rio Algodão, (3) rio Cabeça e (4) rio Rainha. (A), (B) e (C) – setores do canal. Os pontos PT1, PT2, PT3, PT4 e PT5 indicam os locais de amostragem ..... 62

Figura 2.3 - Esquema do procedimento de diluição de amostras para análise colimétrica utilizando a técnica de tubos múltiplos (Muraro, 2001) ..... 66

Figura 2.4 – Distribuição dos valores de pH ..... 75

Figura 2.5 – Distribuição dos valores de oxigênio dissolvido (OD) ..... 76

Figura 2.6 – Distribuição dos valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBD) ..... 76

Figura 2.7 – Distribuição dos valores de coliformes fecais ..... 76

Figura 2.8 – Distribuição dos valores de coliformes totais ..... 76

Figura 2.9 – Lançamento de efluentes domésticos à montante do ponto PT4, evidenciando as modificações na qualidade da água e na morfologia de fundo em função da interferência antrópica (Foto setembro de 2002, Crédito: L. Lucas) ..... 77

Figura 2.10 – Mapa da rede de esgoto ..... 78

Figura 2.11 – Mapa da rede de escoamento pluvial ..... 79

Figura 2.12 – Vala localizada dentro do Jardim Botânico, à montante do ponto PT4, que canaliza parte do escoamento pluvial da Rua Pacheco Leão para dentro do canal (Foto: setembro de 2002, Crédito: L. Lucas) ..... 80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Forma dos seixos segundo Zingg (1935) ..... 14

Tabela 1.2 - Classificação granulométrica de Wentworth (1922) ..... 15

Tabela 1.3 – Precipitações em 24 horas, superiores a 50mm, ocorridas na estação climatológica do Jardim Botânico ..... 26

Tabela 1.4 - Freqüência da litologia dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT1..... 29

Tabela 1.5 - Freqüência da litologia dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT3 ..... 29

Tabela 1.6 - Freqüência da forma dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT1 ..... 29

Tabela 1.7 - Freqüência da forma dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT3 ..... 29

Tabela 1.8 – Carga de Fundo (talvegue) – PT1 ..... 33

Tabela 1.9 – Carga de Fundo (talvegue) – PT2 ..... 33

Tabela 1.10 – Carga de Fundo (talvegue) – PT3 ..... 33

Tabela 1.11 – Carga de Fundo (talvegue) – PT4 ..... 33

Tabela 1.12 – Carga de Fundo (talvegue) – PT5 ..... 33

Tabela 1.13 - Parâmetros estatísticos em (phi) ..... 39

Tabela 1.14 – Variáveis da mofordinâmica do canal ..... 41

Tabela 2.1 – Classificação do pH segundo Clesceri (1998) ..... 64

Tabela 2.2 – Dados de poluição das águas do rio dos Macacos – ano 2002 ..... 74

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Coluna litoestratigráfica (adaptado de SERLA, 1990) ..... 08

Quadro 2.1 – Classificação das águas segundo seus usos preponderantes de acordo com a Resolução Nº 20, de 18 junho de 1986, do CONAMA ..... 68

Quadro 2.2 - Limites para os parâmetros de qualidade de água para Classe 2, segundo a Resolução Nº 20 de 1986 do CONAMA ..... 72

## I - RESUMO

O presente trabalho, realizado na área urbana da cidade do Rio de Janeiro, teve como objetivo principal, a analise das variações ocorridas no comportamento dos sedimentos e na morfologia do canal do rio dos Macacos, bem como, a avaliação dos níveis de poluição da água ao longo do perfil longitudinal, em função do crescimento urbano. A área de estudo foi monitorada no período de março de 2002 a fevereiro de 2003.

Para a análise dos sedimentos foram consideradas as propriedades físicas e os percentuais de teores granulométricos quanto a ocorrência e distribuição ao longo do canal. As mudanças na morfologia foram identificadas através da relação entre as variáveis obtidas em campo, como largura, profundidade e velocidade de fluxo. Para a avaliação dos níveis de poluição das águas do canal, foi feita a interpretação dos valores obtidos dos parâmetros pH, OD, DBO e colimetria.

Os dados de distribuição dos sedimentos mostraram que as classes granulométricas, areia muito grossa e areia grossa ($\phi$ 0 e 1), são as de maior freqüência ao longo do canal. Nas outras classes, as maiores variações encontradas estão associadas à intensa pluviosidade registrada no mês de janeiro de 2003 (360mm) ou a algum tipo de modificação no leito do canal feito pelo homem. Quanto à morfologia, as maiores variações foram identificadas na área das seções transversais, onde ocorreu o aumento de até ($0,28m^2$) no PT1 e a redução de até ($0,90m^2$) no PT5, evidenciando o processo de erosão e deposição ao longo do canal.

Quanto ao nível de poluição da água, foram identificados índices extremamente elevados de coliformes fecais, entre 2.300 NMP/100 ml e 1.600.000 NMP/100 ml, fora dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA (até 1.000 NMP/100 ml) para águas da classe 2, destinadas à preservação das comunidades aquáticas. O Oxigênio Dissolvido (OD) apresentou valores elevados entre 8,0 e 8,2 nos pontos mais próximos a nascente, enquanto que os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) apresentaram índices elevados em todos os pontos, evidenciando o aumento de matéria orgânica biodegradável e de consumo de oxigênio utilizado no processo de decomposição.

## I - ABSTRACT

The main goal of the present work, accomplished in the urban area of Rio de Janeiro city, is to approach the sediment behavior variations and the Macacos river channel morphology, as well as the pollution levels of the water along the longitudinal profile, due to the growing urbanization. The study area was monitored from March (2002) to February (2003).

In order to analyze the sediments, it is considered in this research the physical properties and the texture content percents for the occurrence and distribution along the channel. The morphology changes were identified through the relation between the variables obtained in the field as the flood width, deepness and velocity. In order to assess the water channel pollution levels, it has interpreted values obtained from the parameters pH, DO, OBD and colimetry**.**

The sediments distribution data has demonstrated that the texture classes, very coarse sand and coarse sand ($\phi$ 0 e 1), are the most frequent ones along the channel. In the other classes, the greater variations are related by the intense rainfall registered in January, 2003 (360mm) or some kind of anthropogenic change in the channel bed. Regarding the morphology, the greater variations were identified in the cross-sectional areas, where there were an increase to 0,28$m^2$ in PT1 and a decrease to 0,90$m^2$ in PT5, evidencing the erosion process and deposition along the channel.

Regarding the water pollution level, it was identified fecal coliform levels extremely elevated, between 2.300 NMP/100 ml and 1.600.000 NMP/100 ml, completely out of the parameters from CONAMA (up to 1.000 NMP/100 ml) for the class water 2, destined for the preservation of aquatic communities. The dissolved Oxygen (DO) has presented elevated values between 8,0 e 8,2 at the points nearest the waterhead, while the Biochemistry Oxygen Demand (BOD) values has shown elevated ratios for all of the points, evidencing the increasing of biodegradable organic matter and the oxygen waste in the decay process.

## II – INTRODUÇÃO

A presente dissertação tem como área de estudo o rio dos Macacos, incluindo os seus afluentes (Riacho do Pai Ricardo e Rio Algodão), localizado na cidade do Rio de Janeiro. Suas nascentes estão situadas na vertente sul do maciço da Tijuca, drenando suas águas para a lagoa Rodrigo de Freitas.

O objetivo principal deste trabalho foi de compreender o comportamento da dinâmica sedimentológica e da morfologia do canal, entre março de 2002 e fevereiro de 2003, bem como avaliar os níveis de poluição da água, entre maio e setembro de 2002. Nele, são mencionadas as modificações nas características naturais do canal acentuadas pela atuação antrópica, provenientes das transformações ocorridas nas áreas urbanas através do processo de uso e ocupação do solo.

A dissertação, escrita sobre forma de artigos traz, no primeiro capítulo, uma discussão sobre o comportamento da distribuição dos sedimentos, destacando as variações granulométricas nas seções transversais e ao longo do perfil longitudinal. Ainda, neste capítulo, são discutidas as mudanças ocorridas na morfologia do canal, através das variações nas larguras e nas profundidades médias das seções transversais, que associadas à precipitação e as intervenções antrópicas, indicam os processos de erosão ou deposição ao longo do canal.

No segundo capítulo, são discutidas as variações nos parâmetros de poluição da água para cada uma das seções transversais, indicando os níveis de poluição do canal ao longo do perfil longitudinal. Além disso, foram mapeadas as redes de escoamento pluvial e de esgoto, a fim de identificar as fontes poluidoras.

# 1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA DO CANAL DO RIO DOS MACACOS – RJ

## 1.1. RESUMO

O presente trabalho consiste na caracterização dos sedimentos de fundo e da morfologia do canal do rio dos Macacos, localizado na área urbana da cidade do Rio de Janeiro, com a finalidade de compreender seu comportamento ao longo do perfil longitudinal e de identificar as alterações em suas características naturais proporcionadas pela atuação antrópica entre os períodos de março (2002) e fevereiro (2003).

O canal foi dividido em setores A, B e C, quanto aos aspectos sedimentológicos e morfológicos, sendo analisados da seguinte forma: para os fragmentos grosseiros como matacões (256,0mm), blocos (64,0mm) e seixos (4,0mm), considerou-se os aspectos geológicos (litologia) e morfológicos (forma e tamanho), enquanto que, para os grânulos (2,0mm) e as areias (1,0 a 0,062mm), a análise consistiu no percentual de teores granulométricos quanto a ocorrência e distribuição ao longo do canal. Quanto a morfologia do canal foram analisados os dados de largura, profundidade do talvegue, profundidade média do canal, área da seção transversal, raio hidráulico, vazão e relação largura/profundidade.

O setor A foi o que apresentou maior variação na área da seção transversal, com aumento de 0,28m$^2$, porém com baixa eficiência no escoamento do fluxo, em função da rugosidade do leito, composto por matacões, blocos e seixos. O setor B caracterizou-se por apresentar os maiores valores na ocorrência de grânulos de até 40% e redução na área das seções transversais de 0,30m$^2$ (PT3) e de 0,08m$^2$ (PT4). No setor C, a intensa precipitação registrada em janeiro (360mm) foi a principal responsável pela redução da área da seção em 0,90m$^2$ e no aumento de 32% na classe 0,250mm (areia média) e de 10,5% na classe 0,125mm (areia fina).

## 1.1. ABSTRACT

The present work consists in a characterization of the bed load sediments and morphology of Macacos river channel, located in the urban area of Rio de Janeiro, in order to comprehend its behavior along the longitudinal profile and to identify the natural characteristics alterations, caused by anthropogenic actuation from March (2002) to February (2003).

The channel was divided in three sectors, A, B and C; regarding its sedimentologic and morphologic aspects, being analyzed at the following way: for coarse fragments as boulder (256,0mm), blocks (64,0mm) and pebbles (4,0mm), it was considered the geologic (lithology) and morphologic (shape and size) aspects, while the grains (2,0mm) and sandies (1,0 a 0,062mm), the analysis have consisted in texture percentual contents for the occurrence and distribution along the channel. Based on the channel, it was analyzed width, talweg depth, channel average depth, cross-sectional areas, hydraulic raid, output and relation width/depth data.

The sector A has presented a greater variation on cross-transversal area, with an increasing of 0,28$m^2$, however with low flowing efficiency, due to the river bed roughness**,** composed by boulders**,** blocks and pebbles. The sector B has shown the greater values in grains occurrence up to 40% and decreasing on cross-sectionals area of 0,30$m^2$ (PT3) and 0,08$m^2$ (PT4). In sector C, the intense rainfall registered in January (360mm) was the main responsible for the reduction of the section area in 0,90$m^2$ and the increase of 32% in the class 0,250mm (average sand) and 10,5% in 0,125mm class (fine sand).

## 1.2. INTRODUÇÃO

O interesse pelo reconhecimento das características dos canais fluviais tem crescido em todo o mundo, principalmente a partir de quando o homem, como agente modelador da paisagem, passou a interferir na forma e dinâmica dos canais.

A importância dos rios não está somente em ser um dos agentes geológicos mais expressivos no modelado da superfície terrestre, mas como um condicionante ambiental da própria vida do homem (SUGUIO e BIGARELLA, 1990). Desde os primórdios, as civilizações antigas prosperavam às margens dos rios, buscando conhecer sua dinâmica para fins de navegação e abastecimento de água.

Atualmente, os canais fluviais estão perdendo suas características naturais em função da intensa atuação antrópica, em especial do crescimento acelerado da urbanização, gerando problemas sérios que refletem em todo o canal.

Hoje, cerca de 80% da população do Brasil encontra-se nos grandes centros urbanos, ocasionando uma super ocupação do espaço que, associado à falta de conscientização quanto a importância dos ambientes fluviais na vida do homem, gera a deterioração destes ambientes. Uma das principais conseqüências são as enchentes provenientes da ineficiência do canal em transportar um grande volume d'água, em função do aumento das áreas impermeáveis e conseqüentemente do escoamento superficial, bem como, da falta de um plano diretor adequado da drenagem urbana.

As mudanças ocorrentes em uma bacia hidrográfica ou em um canal podem variar sob influência do processo de urbanização, estabelecendo-se novas condições de equilíbrio. Essas mudanças registram-se de acordo com a escala temporal, podendo se dar ao longo do tempo geológico ou em um curto prazo (WOLMAN, 1967). Segundo o autor, o processo ou ciclo de urbanização de uma bacia, que é refletida no canal de uma determinada região, consiste em três fases: a inicial – estável ou condição de equilíbrio, cuja paisagem caracteriza-se pela agricultura e florestas; a de construção –

onde a terra apresenta-se nua e exposta à erosão; e a final – onde prevalece uma nova paisagem impermeável dominada por ruas, residências, indústrias, edificações, etc.

O conhecimento das características fluviais é importante não somente para o entendimento da morfologia e dinâmica dos canais mas, também, como pré-requisito para uma proposta de recuperação e planejamento destes ambientes (PERRONE e BARROSO, 1996). Entre as características fluviais estão os sedimentos de fundo cujo material é produzido através do processo erosivo das rochas e do entalhamento do talvegue, ocasionando a erosão do leito e conseqüentemente o transporte e a deposição deste material ao longo do canal.

Problemas atuais como a exposição do solo e o acúmulo de lixo nos canais, bem como a fixação da vegetação no leito, contribuem para o fornecimento de material e para o assoreamento dos canais visto que servem como obstáculos obstruindo a passagem dos sedimentos. Este, entre outros fatores, é um dos principais responsáveis pela elevação do nível da água dos canais que, em períodos de chuva intensa, acabam extravasando para as áreas marginais, trazendo problemas e danos à sociedade através das enchentes.

Problemáticas como as inundações e a poluição são resultados do manejo inadequado dos recursos naturais, onde o processo de ocupação do espaço prioriza os interesses políticos e econômicos, degradando o meio ambiente e diminuindo a qualidade de vida (CUNHA & GUERRA, 1996).

Portanto, não somente estudos científicos expressivos devem ser desenvolvidos nestes ambientes mas, também, é necessária a participação da sociedade através da conscientização do uso racional dos recursos para que a resposta da natureza sobre as ações antrópicas não traga danos ainda maiores a população.

Para PORTO *et all* (1997), as melhores soluções para estes problemas são obtidas a partir de uma compreensão integrada do ambiente urbano. O conceito de drenagem urbana não mais restringe a engenharia mas, também, a um problema gerencial, com componentes políticos e sociais.

Pensando nisso, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro implantou o projeto denominado “Guardiões dos Rios”, em mais de 50 rios do Município, que consiste na contratação de moradores de baixa renda das comunidades ribeirinhas, tendo como objetivo principal o monitoramento e a limpeza sistemática dos rios.

A contribuição deste trabalho, desenvolvido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, será de extrema importância pois, com a presença constante dos guardiões, é possível estar informado sobre as mudanças que ocorrem no canal como variação da vazão, turbidez da água e obras no canal. Através destas informações será possível identificar as conseqüências que estas mudanças podem trazer para a morfodinâmica do canal.

Estudos geomorfológicos que envolvem o reconhecimento, a análise (quantitativa e qualitativa) e a avaliação dos canais podem fornecer informações importantes sobre a forma e os processos físicos atuantes no sistema fluvial (THORNE, 1996). Desta forma, através da avaliação geomorfológica, é possível sugerir mudanças alternativas para a manutenção do canal, de modo que ele possa recuperar suas características naturais.

A escolha deste tema justifica-se pela carência de estudos específicos sobre drenagem urbana, em especial de ambientes naturais que sofreram alterações com o crescimento urbano. A carência de pesquisas impossibilita o desenvolvimento de projetos de recuperação de áreas degradadas, visto que para o planejamento e gestão destes ambientes faz-se necessário uma análise detalhada de suas características qualitativas e quantitativas, que servirão como alicerce para um estudo mais complexo e integrado.

A escolha da área consiste, principalmente, por estar inserida no contexto urbano e por apresentar transformações ao longo dos anos em função do processo de uso e ocupação do solo. A intensificação da urbanização vem ocorrendo de jusante para a montante, promovendo modificações na morfologia do canal através da atuação antrópica.

A área em questão compreende o rio dos Macacos, incluindo os seus afluentes (Riacho do Pai Ricardo e Rio Algodão), localizado na cidade do Rio

de Janeiro (Figura 1.1). Suas nascentes estão situadas na vertente sul do maciço da Tijuca, drenando suas águas para a lagoa Rodrigo de Freitas.

Este trabalho, realizado entre os períodos de março (2002) e fevereiro (2003), teve como objetivo principal identificar as mudanças ocorridas na morfologia e no comportamento sedimentológico do canal do rio dos Macacos em função da atuação antrópica, com a finalidade de buscar alternativas para a recuperação das características naturais do canal e do ecossistema local.

Sendo assim, o rio dos Macacos foi dividido em setores (A, B e C) por apresentar distintas características observadas em campo quanto à morfologia e a distribuição dos sedimentos ao longo do canal (Figura 1.2).

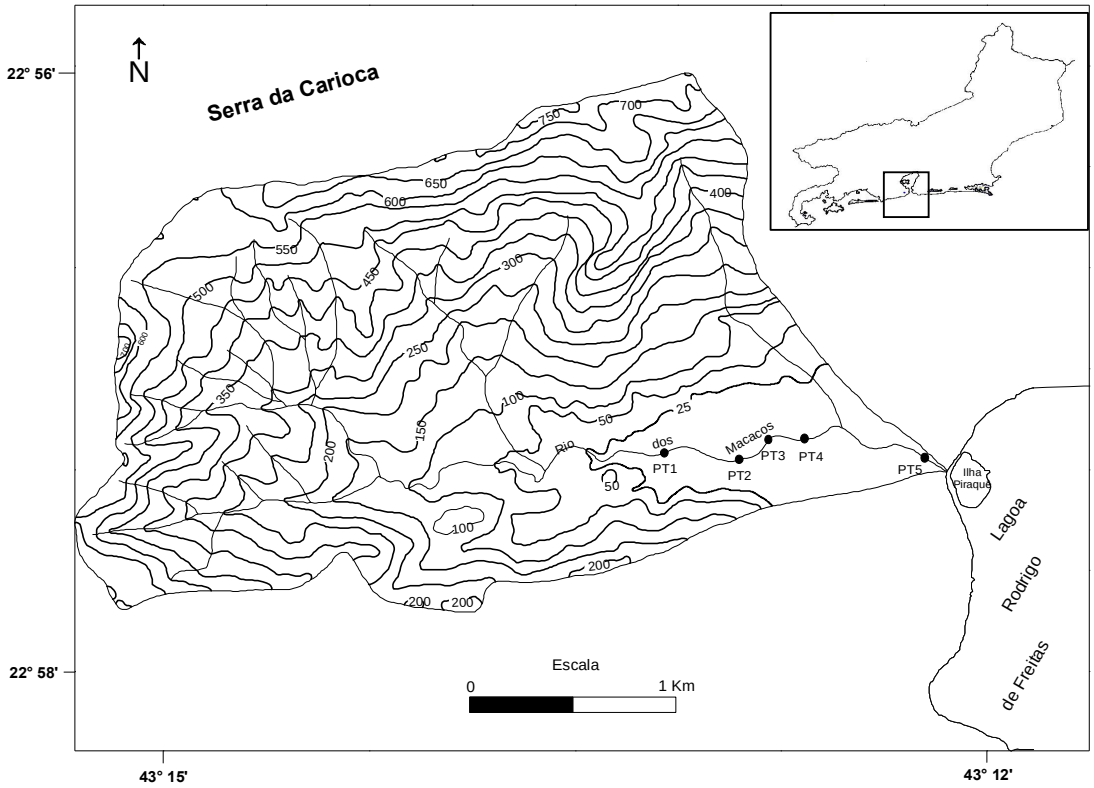



Figura 1.1 – Localização do rio dos Macacos

## 1.3. ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio dos Macacos está inserida no complexo litoral fluminense, mais precisamente no maciço da Tijuca, composto por rochas cristalinas do complexo Paraíba do Sul que, por sua vez, compõem a base do cinturão móvel atlântico (SERLA, 1990). As rochas predominantes são os gnaisses e migmatitos altamente tectonizados, provenientes de esforços compressivos no sentido SE-NW ocorridos no pré-cambriano inferior a médio (Quadro 1.1).

Ao longo do tempo, estas rochas tiveram suas características transformadas em função de sucessivas intrusões. Durante o pré-cambriano médio e superior ocorreram intrusões graníticas, compostas por uma diversidade de rochas, predominando os granitos pós-tectônicos de estrutura fluidal, evidenciada pela orientação das palhetas de biotita. As rochas básicas (basalto e diabásio) são provenientes de intrusões ocorridas no cretácio-jurássico, dispostas em forma de diques discordantes em várias direções (SERLA, 1990). De modo geral, o canal segue uma linha de falha com direção W-L e desenvolve seu vale em relevo dobrado formado por rochas cristalinas e diques de diabásio (EMBRAPA, 1992).

Quadro 1.1 - Coluna litoestratigráfica (adaptado da SERLA, 1990).

| Idade | Unidade | Litologias |
|---|---|---|
| Quaternário | Aluviões | areias, cascalhos e siltes inconsolidados |
| | Sedimentos Marinhos | areias de granulação fina a grosseira, cores esbranquiçadas e amarelas, mal selecionadas |
| Cretáceo Jurássico | Diques Básicos | diabásio basalto |
| Pré-Cambriano Médio e Superior | Suíte Intrusiva Serra dos Órgãos | granitos, pós-tectônicos em geral cinza claro de granulação fina a média |
| Pré-Cambriano Médio e Inferior | Complexo Paraíba do Sul | gnaisse bandado, migmatito, ganisses granitóides de composição granítica a tonalítica |

Fonte: SERLA (1990) adaptado pelo autor.

Os sedimentos como cascalhos, areias e siltes inconsolidados, provenientes do intemperismo destas rochas, encontram-se na calha do rio que, através do fluxo da água, transportam este material para a Lagoa Rodrigo de Freitas.

Quanto a geomorfologia a área em questão encontra-se inserida na unidade morfológica maciços costeiros, representada pela serra da Carioca. Nas encostas é possível observar os depósitos coluviais, originados pelo transporte por gravidade do material e que se intensifica em períodos de chuva intensa. A evolução destes processos resulta na planície interiorana com pouca variação de declividade, variando em função do assoreamento e deposição de sedimentos transportados pelo rio. Os solos originados dos processos erosivos consistem em latossolos, nas regiões de menor inclinação e neossolos e cambissolos nas regiões onde a inclinação é mais acentuada (EMBRAPA, 1999).

Frente a pluviosidade observa-se reduzida capacidade de armazenamento da água pelos solos que cobrem os pontos mais altos da bacia (nascente) em função da sua fina espessura. Sendo assim, apenas uma pequena parcela da água fica retida no solo enquanto que a maior parte escoa pela superfície até as ravinas e os rios (afluentes e principal), provocando os regimes de cheia.

Em períodos de pouca ou nula pluviosidade ocorre uma diminuição da vazão já que o escoamento superficial, que é o principal responsável pelo fornecimento de volume de água para o canal, apresenta-se praticamente nulo, passando a ser alimentado apenas pelos reservatórios subterrâneos.

Nos pontos mais baixos, onde o gradiente do canal apresenta pouca variação, o escoamento superficial ainda é o principal responsável pela contribuição hídrica para o canal, pois estas áreas apresentam-se densamente ocupadas e modificadas pela atuação antrópica, que traz como conseqüência a impermeabilização do solo, impossibilitando a infiltração da água.

A bacia de drenagem do rio dos Macacos está sob condições climáticas do tipo quente e úmido, com temperatura média de 23ºC. As precipitações médias anuais variam de 1.500mm a 2.500mm (COSTA, 1995).

De acordo com BRANDÃO (1997), nos últimos anos, o aumento da atuação do homem sobre o meio ambiente fez com que a freqüência e a intensidade das chuvas no município do Rio de Janeiro também se elevasse. O crescente aumento urbano traz como conseqüência a redução das áreas verdes que contribuem para a aceleração dos processos erosivos, fornecendo maior quantidade de sedimentos para o canal, assoreamento e intensificando as inundações.

O rio dos Macacos possui uma extensão de 4,81 km, podendo ser separado em setores, de acordo com suas características morfológicas e sedimentológicas (Figura 1.2):

***Setor A*** – localiza-se entre as cotas de 500m e 20m de altitude, com uma extensão de 3,41 km. Neste setor, o elevado índice na variação do gradiente justifica a forma do vale em V, onde o processo de entalhamento do talvegue e produção de sedimentos ocorre de forma mais expressiva, em função do aumento da intensidade do fluxo. As margens são compostas por blocos rochosos e mata ciliar enquanto que o leito apresenta grande quantidade de seixos e matacões, bem como, areias e matéria orgânica em decomposição.

***Setor B*** – Corresponde ao trecho do rio definido pelos limites do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, com uma extensão de 1,12 km e entre as cotas de 20m e 5m de altitude, onde o canal apresenta a ampliação da calha e do fundo do vale em função da diminuição da declividade.

As obras de canalização, utilizando blocos rochosos para a proteção das margens, tiveram início no 1º Reinado quando, em 1824, foram feitos vários aterros nas margens. No 2º Reinado foram aterradas áreas próximas ao canal e deu-se início ao processo de retificação e desvios de parte do canal (EMBRAPA, 1992). Desde então, o canal vem sofrendo modificações através da falta de manutenção dos blocos encaixados que constituem as margens que, com o tempo são erodidos, permitindo que os mesmos caiam

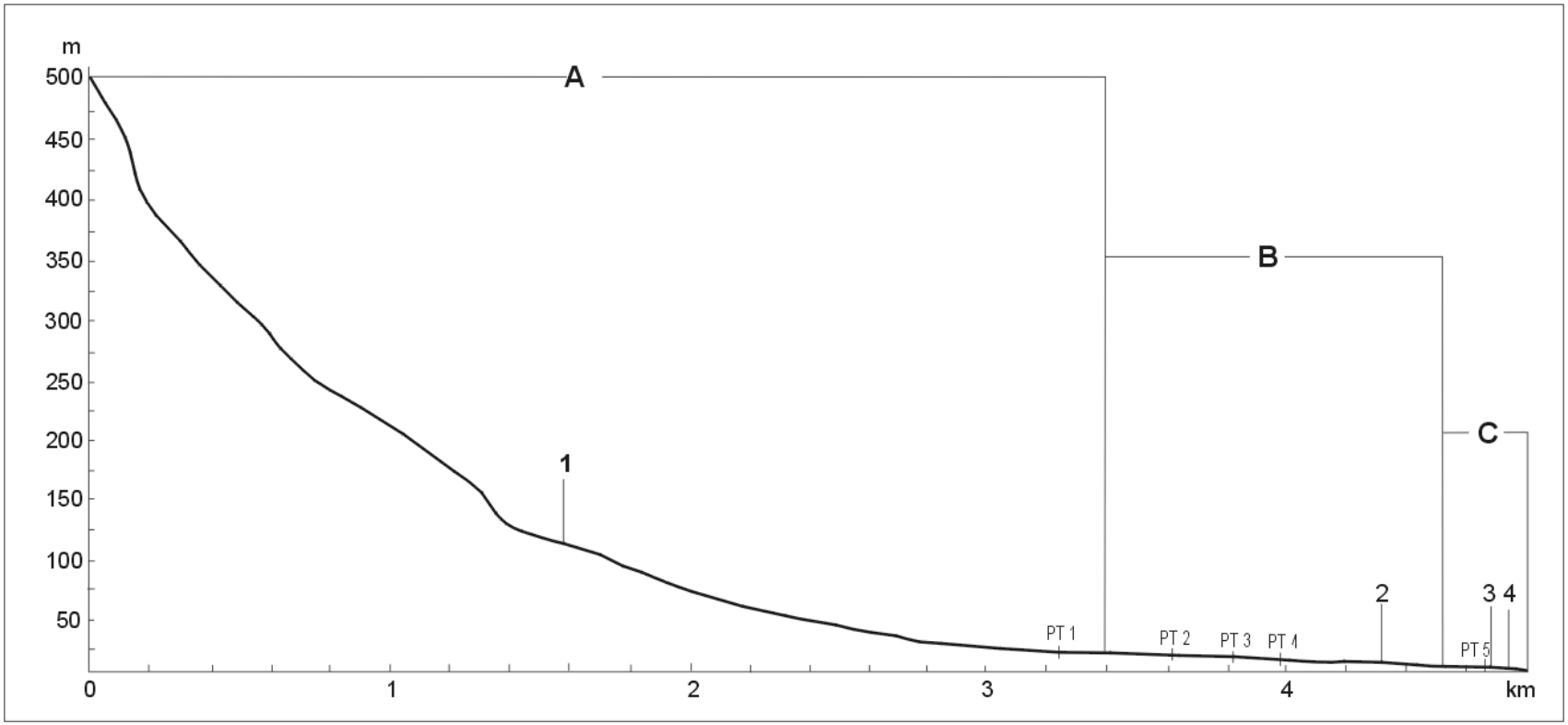



Figura 1.2 – Perfil Longitudinal do rio dos Macacos identificando a confluência com: (1) riacho do Pai Ricardo, (2) rio Algodão, (3) rio Cabeça e (4) rio Rainha. (A), (B) e (C) – setores do canal. Os pontos PT1, PT2, PT3, PT4 e PT5 indicam os locais de amostragem.

no leito do rio.

Neste trecho, os sedimentos caracterizam-se pela maior quantidade de areia e seixos de menor calibre que os localizados no setor anterior e que passam a se acumular no leito do rio.

***Setor C*** – Inicia-se na cota de 5m de altitude, com uma extensão de 0,28 km até desaguar na lagoa Rodrigo de Freitas sobre a cota de 2m. É possível observar a formação de bancos de areia e assoreamento do leito em função da diminuição da capacidade de fluxo associado ao baixo gradiente de declividade. As águas, neste trecho, apresentam coloração escura, em função do esgoto, lixo e sedimentos em suspensão.

As margens e o fundo do leito foram alterados por obras de engenharia, através da concretagem que, associados às chuvas concentradas e as respostas imediatas da vazão, acentuam os problemas de inundação local.

## 1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da caracterização dos sedimentos de fundo e da morfodinâmica foi aplicada em cinco pontos selecionados do canal, em função da acessibilidade, envolvendo os três setores descritos anteriormente (Figura 1.2). Foram realizados seis trabalhos de campo, após as chuvas, durante o período de março (2002) a fevereiro (2003).

### 1.4.1. SEDIMENTOS DO CANAL

Para a análise das propriedades físicas do material do leito do canal foi necessária a divisão deste em dois grupos, de acordo com os distintos procedimentos metodológicos: material grosseiro (matacões, blocos e seixos) e material médio a fino (grânulos e areias).

**Material Grosseiro: Matacões, blocos e seixos**

Os matacões encontrados no ponto mais a nascente (PT1) foram medidos no leito do canal com o auxílio da trena dentro de uma área de 4 x 4m (16m$^2$) para que fosse possível abranger um número maior de amostras. A classificação quanto a litologia foi feita através das propriedades macroscópicas das rochas com o auxílio do mapa geológico da região na escala de 1:50.000.

As partículas grosseiras (blocos e seixos) foram selecionadas aleatoriamente dentro de uma moldura de madeira 0,5 x 0,5 m (0,25m$^2$) colocada no talvegue do canal (devido a pouca profundidade da água) e medidas no campo com o auxílio de um paquímetro. A classificação quanto à geologia também foi feita através das propriedades macroscópicas das partículas com o auxílio do referido mapa geológico.

Foram coletados em média 30 seixos por ponto em cada um dos seis trabalhos de campo realizados e analisados quanto ao tamanho e forma das partículas, de acordo com a metodologia apresentada por CUNHA (1996). O método consiste na medição dos eixos em um sistema de coordenadas, obtendo-se os valores dos eixos de maior comprimento (a), maior largura (b) e maior altura (c).

Com estes valores foi possível obter o tamanho médio das partículas através da expressão (a+b+c) / 3, cujos resultados foram transformados em percentuais, tornando possível analisar a competência do canal nas seções transversais, bem como o seu desenvolvimento ao longo do perfil longitudinal.

Para a análise da forma das partículas foi utilizado o método de ZINGG (1935), que consiste no cálculo das razões b/a e c/b, utilizando os valores dos eixos a, b e c já obtidos. Desta forma, os valores resultantes do cálculo das razões foram classificados de acordo com a tabela da forma de seixos, a seguir:

Tabela 1.1 - Forma dos seixos segundo Zingg (1935).

| CLASSE | B /A | C / B | FORMA |
|---|---|---|---|
| 1 | > 0,67 | > 0,67 | esférica |
| 2 | > 0,67 | < 0,67 | discóide |
| 3 | < 0,67 | < 0,67 | alongada |
| 4 | < 0,67 | > 0,67 | laminar |

Fonte: Zingg (1935).

Os dados obtidos da forma dos seixos foram representados em tabelas e diagramas circulares onde foi possível analisar a forma da partícula em relação ao transporte e deposição ao longo do canal.

**Material médio a fino: grânulo e areias**

Foram coletados aproximadamente 300g de material de fundo do talvegue, onde concentra-se a maior velocidade do fluxo, nos cinco pontos selecionados do rio em cada um dos seis trabalhos de campo realizados. As amostras foram colocadas em sacos plásticos e devidamente identificadas quanto ao local e data da coleta.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Geografia Física do Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ e colocadas na estufa a uma temperatura média de 60ºC. Após a secagem, o material foi quarteado com a finalidade de obter entre 35 a 45g de material representativo do total dos 300g. Para isso, foi utilizado o quarteador de câmaras Tipo Jones, onde o material total (300g) foi despejado na abertura superior com divisões inclinadas que dividem o material em sentidos opostos, tendo que repetir o mesmo procedimento até que se tenha a quantidade de material desejado.

O próximo passo consistiu na eliminação da matéria orgânica e na pesagem das amostras. O material foi colocado em um recipiente adicionando 80ml de água destilada e 20ml de solução normal de peróxido de hidrogênio ($H_2O_2$) deixando em repouso para que queime a matéria orgânica. O material foi levado novamente a estufa para dar início ao peneiramento das amostras.

Para a determinação da granulometria foi necessário a utilização de um jogo de 6 peneiras encaixadas cujas malhas variam de 2,00 a 0,062mm ($\phi$ -1 a 4) aumentando de baixo para cima. O material foi despejado na peneira de cima, levado ao agitador por um tempo de 15 minutos e pesado separadamente. A metodologia utilizada baseia-se na escala granulométrica de WENTWORTH (1922), a seguir:

Tabela 1.2 – Classificação granulométrica de Wentworth (1922).

| PARTíCULA | DIÂMETRO | |
|---|---|---|
| | phi | mm |
| Matacão | -10 a –8 | 1024,00 a 256,00 |
| Bloco | -8 a –6 | 256,00 a 64,00 |
| Seixo | -6 a –2 | 64,00 a 4,00 |
| Grânulo | -2 a –1 | 4,00 a 2,00 |
| Areia Muito Grossa | -1 a 0 | 2,00 a 1,00 |
| Areia Grossa | 0 a 1 | 1,00 a 0,50 |
| Areia Média | 1 a 2 | 0,50 a 0,250 |
| Areia Fina | 2 a 3 | 0,250 a 0,125 |
| Areia Muito Fina | 3 a 4 | 0,125 a 0,062 |

Fonte: Wentworth (1922).

Os dados obtidos em unidades (phi) e (mm) foram analisados quanto a sua distribuição ao longo do perfil longitudinal. Os teores de silte e argila não foram considerados por apresentarem valores inferiores a 1% nas amostras.

Os parâmetros estatísticos utilizados para o teor granulométrico foram os de tendência central (mediana e média), de dispersão (desvio padrão), assimetria e curtose, obtidos através das fórmulas de FOLK & WARD (1957) a seguir:

Mediana $\quad Md = \phi_{50}$

Média $\quad Mz = \dfrac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$

Desvio Padrão $$\sigma_I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

Assimetria $$Sk_I = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2,44\ (\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2\ (\phi_{95} - \phi_5)}$$

Curtose $$K_G = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44\ (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

A mediana representa o valor da granulação equivalente a 50% da distribuição, o desvio padrão visualiza o grau de seleção dos sedimentos, a assimetria indica a tendência dos grãos dispersarem-se de um a outro lado da média e a curtose mede o grau de achatamento da distribuição.

### 1.4.2. MORFODINÂMICA DO CANAL

A morfologia do canal foi analisada em duas dimensões: *longitudinal* e *transversal*.

A *dimensão longitudinal* consistiu em obter o perfil longitudinal do rio através de cartas topográficas do Instituto Pereira Passos (Folhas 287E – 287C – 286D – 286F), na escala de 1:10.000. Além das observações de campo, o perfil longitudinal serviu de apoio para a identificação e divisão do canal em setores já que através dele foi possível observar as variações do gradiente do canal.

A *dimensão transversal* foi obtida através da relação entre as variáveis largura e profundidades do canal. As medições foram feitas em cinco pontos (Figura 1.2) com o auxílio de uma trena para medição da largura e para a divisão da mesma em pontos de igual espaçamento. Nestes pontos foram medidas as diferentes profundidades do canal utilizando uma corda métrica com peso na ponta para que atingisse o fundo do canal. Além das varáveis largura e profundidades, também foram obtidos os valores de profundidades no nível da água para cada ponto. Os valores obtidos foram plotados no

*software* Excel, para a confecção dos perfis transversais, facilitando a análise e comparação dos dados.

Através dos dados brutos também foi possível calcular a área das seções transversais, a área da seção molhada, o perímetro molhado, o raio hidráulico e a relação largura e profundidade média (L/P).

A área da seção transversal ou capacidade do canal foi obtida através do produto da largura e da profundidade média do canal (A = L.P), enquanto que, a área da seção molhada foi obtida pelo produto entre a largura e a profundidade média no nível da água.

$$A_{\text{s. molhada}} = L.P_{\text{méd. água}}$$

O perímetro molhado ($P_m$) foi obtido pela plotagem dos dados de largura e profundidades no nível da água, em papel milimetrado.

O raio hidráulico é o resultado da expressão:

$$Rh = A_{\text{s. molhada}} / P_m,$$

ocorrendo a divisão dos valores da área da seção molhada ($A_{\text{s. molhada}}$) pelo perímetro molhado ($P_m$). Este cálculo possibilita identificar as mudanças do canal quanto a sua eficiência em transportar um determinado volume d'água.

Para o estudo da dinâmica do canal foi necessário obter dados de velocidade de fluxo obtidos através do uso direto do correntômetro nas cinco seções transversais. Para o cálculo da vazão foram utilizados os valores da área da seção molhada multiplicado pela velocidade média.

$$Q = A_{\text{s. molhada}} \cdot V_{\text{méd.}}$$

Os dados da largura e profundidade média do canal foram ainda utilizadas para obter a relação entre as variáveis: vazão e velocidade média (Q/V), vazão e largura do canal (Q/L) e vazão e profundidade média (Q/P) .

## 1.5. REVISÃO DA LITERATURA

### 1.5.1. SEDIMENTOS FLUVIAIS

Nos ambientes fluviais a água é o principal agente de transporte e deposição de sedimentos. De acordo com MABESOONE (1968), o ambiente fluvial pode ser dividido em três partes: uma superior, onde quase não existe sedimentação, os vales em forma de V produzem apenas erosão e denudação com queda de blocos; a parte média caracteriza-se principalmente pela deposição que varia entre blocos e argilas; e a parte inferior, conhecida como planície fluvial, apresenta sedimentos mais finos e arredondados, bem selecionados, em função da redução da velocidade da corrente.

Os sedimentos são o resultado do processo de entalhamento realizado pelo fluxo das correntes e que são trabalhados e transportados de acordo com a intensidade do fluxo. Através da análise das propriedades físicas dos sedimentos, como forma e tamanho das partículas, é possível observar a origem geológica deste material, a energia do ambiente em que se originaram e a que tipos de transporte foram submetidos.

CRISTOFOLETTI (1980) faz referência aos sedimentos fluviais podendo ser classificados em três tipos: carga dissolvida, carga de leito ou fundo e carga em suspensão. No que se refere ao material de fundo, podemos observar uma mudança no tipo de transporte variando entre saltação, deslizamento ou rolamento. É através do transporte que o material vai sendo trabalhado desde as formas mais irregulares encontradas à montante até as formas mais arredondadas encontradas mais à jusante do canal.

O tipo de transporte está relacionado diretamente ao tamanho das partículas e a velocidade da corrente. Partículas transportadas por rolamento são partículas grosseiras (seixos, blocos e matacões) encontradas no setor do canal onde a velocidade da corrente é grande, em função da declividade, sendo neste trecho onde o processo erosivo apresenta-se mais intenso.

Partículas transportadas por saltação são partículas de menor densidade (seixos, grânulos e areias) passando a sedimentar-se com o decréscimo da velocidade da corrente ou fica como resíduo após a lavagem das partículas finas. A variação dos sedimentos transportados por saltação está relacionada às mudanças na velocidade do fluxo (MABESOONE, 1968).

As propriedades fundamentais retratam direta ou indiretamente todos os processos pelos quais os sedimentos passaram. O tamanho das partículas indica o tipo de transporte e sua velocidade; a forma está relacionada em parte ao transporte, distância e sinuosidade; a textura superficial reflete mudanças devido à dissolução; e a composição mineralógica indica as rochas que deram origem a este material (SUGUIO, 1973).

Através da análise das propriedades físicas dos sedimentos observar-se as mudanças no tamanho e forma das partículas ao longo do tempo, cujos processos resultam na mudança da forma do canal.

A análise granulométrica consiste na medida do tamanho dos grãos possibilitando ao pesquisador estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição dos sedimentos. Esta análise tem como finalidade caracterizar e classificar os sedimentos, bem como buscar uma relação entre sedimentos de áreas distintas do canal por meio de tratamentos estatísticos.

Estudos sobre sedimentos são importantes para se compreender a dinâmica dos ambientes fluviais, visto que a erosão é um processo constante no sistema dinâmico, seja ela natural ou acelerada pela atuação antrópica. Ao longo dos anos, as pesquisas nesta área intensificaram-se em função da preocupação com os recursos naturais, cujos trabalhos passaram a descrever e analisar os processos fluviais com a finalidade de compreender estes ambientes de forma integrada.

SUGUIO e KUTNER (1969) analisaram seixos e blocos do rio Cubatão, no Estado de São Paulo, e puderam concluir que mesmo separando os dados de seixos e blocos em dois grupos litológicos distintos, as distribuições se mostraram idênticas em relação a esfericidade relativamente baixa, isto porque a litologia do material constituia-se predominantemente de rochas metamórficas, caracterizando-se pela forma discóide e achatada.

DUARTE *et all.* (1998), ao estudarem o comportamento dos depósitos fluviais antigos na bacia do rio Maruim – SC, constataram que os seixos analisados são compostos em sua grande maioria por quartzo leitoso e outros minerais de sílica originários de veios metamórficos. O tamanho médio dos seixos variou de 8 a 65mm com valores de achatamento e esfericidade variando de 1,11 a 3,54 e 0,52 a 0,95 respectivamente. Quanto a forma foi possível observar a predominância esférica em 47% dos seixos, evidenciando a intensa energia do ambiente em que se originaram.

Alguns estudos de caso relatam a importância da aplicação de parâmetros estatísticos para a análise granulométrica como no estudo desenvolvido por BATISTA (1998). O autor aplicou os parâmetros estatísticos para o estudo granulométrico de sedimentos da calha do córrego do Cedro na bacia do Santo Anastácio - SP, e constatou que os dados de diâmetro médio dos sedimentos revelaram variações insignificantes de competência do agente transportador. O desvio padrão apresentou resultados que classificam os sedimentos como moderadamente selecionados enquanto que a assimetria revela que as amostras têm curvas de distribuição simétricas, em função das condições de energia do ambiente de deposição.

FILHO e BIGARELLA (1998), através da aplicação dos parâmetros estatísticos de sedimentos na bacia do Bananas – PR, constataram que as amostras são de mal a extremamente mal selecionadas quanto ao desvio padrão e que a assimetria apresentava-se de negativa a muito negativa. Quanto a curtose tiveram também amostras mesocúrticas e leptocúrticas, mas com predominância de amostras platicúrticas (35,29%).

ROCHA e FILHO (2000) analisaram o material do leito no alto rio Paraná, região de Porto Rico – PR e evidenciaram a predominância granulométrica homogenia e bem selecionada, com média entre 1 e 2 phi (areia média e fina). No entanto, em um canal secundário, o material móvel concentra-se em areias média a fina, com presença de material grosseiro (areia grossa, muito grossa e grânulos) que são transportados em cheias de alta magnitude. Neste caso, as variações sazonais são responsáveis pelo

desenvolvimento dos processos de concentração de sedimentos grosseiros no leito, ocasionando a formação de depósitos residuais.

Alguns estudos de sedimentologia fluvial analisam a contribuição do material transportado para o oceano como é o caso do trabalho desenvolvido por CARVALHO e CUNHA (1997) onde, em seus estudos de estimativa de carga sólida do rio Amazonas e seus principais afluentes para foz e oceano concluíram que a distribuição granulométrica (tamanho) do material de fundo do rio era constituída de areia fina a média (próxima a 0,250 mm) com pequena porcentagem de pedregulhos, sendo o material em suspensão o de maior contribuição para o oceano.

FERNANDEZ e MUEHE (1998) ao estudarem a contribuição dos sedimentos fluviais do rio São João para o embaiamento Rio das Ostras – Cabo de Búzios, identificaram a deposição de sedimentos fluviais finos (lamas) no assoalho submarino da porção proximal da antepraia. Este processo está associado ao transporte e deposição de sedimentos fluviais e a influência de ventos de nordeste. A distribuição granulométrica mediana apresentou predominância de sedimentos finos trazendo como conseqüência o amortecimento da ondulação em função dos depósitos lamosos.

### 1.5.2. GEOMETRIA DE CANAIS

A variação da magnitude dos débitos ao longo das seções transversais, gera um equilíbrio entre o processo erosivo de entalhamento e os processos deposicionais de material no leito e nas margens, refletindo como resposta final na forma do canal.

CRISTOFOLETTI (1980) menciona que o fluxo das águas dos canais fluviais é caracterizado como sendo laminar ou turbulento. O fluxo laminar escoa ao longo do canal reto a baixas velocidades e é o tipo de fluxo que não pode manter partículas em suspensão. De outra forma, o fluxo turbulento apresenta variedade de movimentos e correntes secundárias contrárias ao fluxo principal.

A velocidade e a turbulência são responsáveis pela erosão, transporte e deposição de material, podendo variar sua intensidade de um lugar para outro como também variar ao longo do perfil transversal, em função da forma e sinuosidade do canal.

KNIGHTON (1984) coloca que a forma da seção transversal é a resposta ao ajuste do canal para acomodar a descarga e a carga de sedimentos fornecidas pela bacia, condicionada pela composição das margens, vegetação ciliar e gradiente do canal. As dimensões do canal não são arbitrárias mas são ajustadas pela erosão e deposição do material de modo que o canal, através das seções transversais, possa conter todo o fluxo.

De acordo com FERNANDEZ et all. (2001), através da aplicação de parâmetros estatísticos é possível quantificar a área da seção transversal afetada pela erosão e deposição, bem como a predominância destes processos. Através deste estudo é possível identificar a influência de fenômenos naturais (enchentes) e antrópicos (urbanização) sobre a morfologia e estabilidade dos canais.

As modificações na forma do canal não só podem ser observadas nas seções transversais mas, também, através do perfil longitudinal, onde a inclinação e o gradiente tornam o fluxo com mais ou menos energia.

O perfil longitudinal modifica-se em função da variação no escoamento e carga de sedimentos, deformando o leito dos canais. Porém, a sua tendência é de eliminar estas deformações na busca de um perfil côncavo e liso, com declividade suficiente para o transporte de seu material (CUNHA, 1996).

A distribuição do fluxo das águas de um rio varia de um lugar para outro, no sentido vertical, transversal e longitudinal, sofrendo uma diminuição da sua intensidade da superfície para o fundo e do centro para as margens do canal (CRISTOFOLETTI, 1981).

Fatores como a viscosidade e a densidade do fluido, a profundidade da água e a rugosidade do leito do canal, contribuem para a modificação do fluxo laminar para o fluxo turbulento. Com isso, o poder de cisalhamento

causado pela intensificação do fluxo gera o aumento da erosão do leito e das margens que posteriormente refletirá na forma do canal.

O vazão é um elemento fundamental na estruturação do sistema hidráulico do canal, caracterizando-se pela participação de diversas variáveis como largura do canal, profundidade, velocidade, gradiente e relação largura/profundidade, cujos valores podem ser obtidos nas seções transversais (CRISTOFOLETTI, 1981).

A vazão de um rio, pode ser obtida através de vários métodos, porém o mais utilizado é aquele que emprega a equação Q = L x P x V, onde:

Q = Vazão
L = Largura do canal
P = Profundidade média
V = Velocidade média da corrente

A análise temporal das medidas de vazão dos perfis transversais possibilita analisar as variações ocorrentes na dinâmica fluvial. Através das mudanças na profundidade e na largura do canal é possível observar se está havendo erosão no canal (leito e/ou margem) ou deposição no fundo do leito.

MOTA (2001) utilizou a fórmula Q = A x V ao explicar o processo de contribuição de sedimentos da sub-bacia do Riacho Fundo para o assoreamento do Lago Paranoá, Brasília-DF, visto que as variações do nível da água e da velocidade do fluxo são, entre outros, os responsáveis pela erosão do leito e das margens do rio.

O processo de urbanização, em função do desenvolvimento urbano, reflete diretamente nas características físicas dos canais fluviais trazendo como resultado o processo de erosão, assoreamento e diminuição na capacidade do canal, bem como, o aumento da precipitação e impermeabilização. Mudanças ocorridas nas bacias de drenagem podem ter causas naturais, entretanto, nos últimos anos, o homem tem atuado como um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios da paisagem (CUNHA e GUERRA, 1996).

Segundo EBISEMIJU (1989) os impactos da atividade humana sobre o meio ambiente podem ser de dois tipos: diretos e indiretos. Porém, os mais significativos são os indiretos, originados pela urbanização, que envolve as mudanças no uso da terra, na rede de canais, na precipitação e temperatura, na criação de superfícies impermeáveis, na propriedade e estrutura do solo e exposição da superfície dos solos através do desmatamento.

O autor ao estudar a região de Ado-Ekiti, um dos principais centros urbanos da Nigéria, identificou que, a exceção de duas bacias intensamente cultivadas, os canais de bacias rurais estão em equilíbrio. Contudo, os canais das bacias urbanizadas apresentam graus variados de desequilibro com o estado hidrológico urbano, dado pelas diferenças na distribuição e grau de urbanização, bem como, na intensificação de construções modernas, que resultam em variações na capacidade e eficiência do canal.

As mudanças climáticas e antropogenéticas são semelhantes nos termos de seus impactos nos sistemas geomorfológicos, por serem relativamente rápidos em comparação com mudanças em outros sistemas ambientais (GRAFF, 1978). Segundo o autor, os dois tipos de mudanças afetam os sistemas fluviais pela modificação da vegetação e da superfície da terra, que, conseqüentemente, afetam os regimes hidrológicos alterando a morfologia e dinâmica do canal.

As variações em modelos de descarga dos canais fluviais refletem as características da bacia de drenagem, as condições climáticas e atividades humanas. A atenção é cada vez maior para os efeitos do uso da terra na modificação do escoamento superficial e para os impactos diretos sobre o canal como a regulação para melhorar a drenagem, reduzir as inundações, e controlar a erosão das margens. O aumento de superfícies impermeáveis, geradas pelo processo de urbanização, leva ao aumento do escoamento superficial e a rápida remoção da água da chuva de áreas em construção, acarretando no aumento da descarga do canal (WHITLOW *et all*, 1989). Para o autor, que desenvolveu sua pesquisa no Zimbabwe (área tropical), as conclusões foram de que houve uma diminuição das áreas alagadiças em

função do crescimento urbano e da introdução de seções descontínuas no curso do canal que ligam as áreas alagadas.

Para GREGORY (1992) o conhecimento de como as mudanças nos canais fluviais no presente, passado e futuro ocorrem no meio ambiente e, particularmente, em relação aos impactos da atividade humana, são necessários para o entendimento das inter-relações entre forma do canal e processos atuantes. Pesquisas realizadas no final do século mostram a natureza das mudanças ocorridas no canal em conseqüência do crescimento urbano: regulação do fluxo, canalização e mudanças no uso da terra.

Ao estudar o riacho dos Monges, no centro-sul da Inglaterra, o autor identificou um aumento considerável na média da largura do canal a jusante da área urbana, relacionado ao aumento do fluxo. Em algumas seções transversais o desenvolvimento de obstáculos mostrou uma redução na capacidade e largura do canal, evidenciando um ajustamento da geometria em função da atividade humana.

## 1.6. DISCUSSÃO E RESULTADOS

### 1.6.1. DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para a análise das variações na distribuição granulométrica dos sedimentos e na morfodinâmica do canal, fez-se necessário obter os valores diários e totais mensais de precipitação dos meses de fevereiro de 2002 a fevereiro de 2003, da estação climatológica do Jardim Botânico (Figura 1.3).

Em termos de totais pluviométricos, a precipitação anual registrada ao longo de 2002 foi de 1.690mm, enquanto que os totais mensais para janeiro e fevereiro de 2003 foram de 360mm e 4mm, respectivamente.

O mês mais chuvoso foi janeiro de 2003, embora tenha apresentado valor máximo diário de precipitação de 92,3mm, inferior ao valor máximo registrado no mês de novembro de 2002 (122mm). Este fato está relacionado à maior distribuição de chuvas que ocorreram em 19 dias do mês de janeiro

enquanto que em novembro a precipitação mais expressiva ocorreu de forma concentrada entre os dias 06 e 07 (103,4mmm e 122mm) (Tabela 1.3).

As maiores modificações na morfologia e na distribuição dos sedimentos ao longo do canal foram observadas no trabalho de campo realizado em 10/03/02, em função das chuvas constantes ao longo do mês de janeiro, com destaque para as precipitações registradas entre os dias 25, 26 e 27 (54,8mm, 32,4mm e 92,3mm, respectivamente).

Figura 1.3 – Totais mensais de precipitação entre os meses de janeiro de 2002 e fevereiro de 2003.

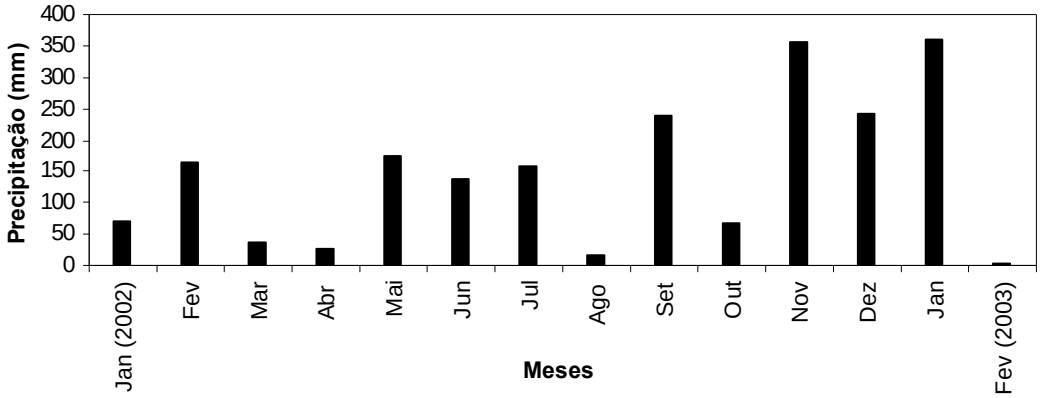



Tabela 1.3 – Precipitações em 24 horas, superiores a 50mm, registradas na Estação Climatológica Auxiliar do Jardim Botânico (janeiro de 2002 a fevereiro de 2003).

| Data | Precipitação diária em (mm) |
|---|---|
| 03 Fev. 2002 | 58,2 |
| **23 Jun. 2002** | **103,2** |
| 12 Jul. 2002 | 68,4 |
| 25 Set. 2002 | 90,4 |
| **06 Nov. 2002** | **103,4** |
| **07 Nov. 2002** | **122,0** |
| 19 Nov. 2002 | 79,2 |
| 10 Dez.2002 | 90,2 |
| **25 Jan. 2003** | **54,8** |
| **27 Jan. 2003** | **92,3** |

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) / Sexto Distrito de Meteorologia (6º DISME), 2003.

### 1.6.2. CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS DE FUNDO

Os resultados obtidos quanto aos sedimentos de fundo do rio dos Macacos foram analisados separadamente por setores (A, B e C) e em função da granulometria.

**Material Grosseiro: Matacões, blocos e seixos**

Das cinco seções transversais analisadas foram encontrados apenas sete matacões no ponto PT1, localizado no setor A (Figura 1.2), cujos tamanhos variaram entre 0,49 e 0,75m. Cinco deles foram classificados quanto a geologia como gnaisses (4 unidades) e migmatito (1 unidade). Os outros dois são matacões de diabásio colocados nas margens para a contenção da erosão e que, ao longo do tempo, deslocaram-se e caíram no leito do rio.

Os blocos foram encontrados nos pontos PT1 e PT3 com tamanhos que variam de 10,8 a 14,0cm representados geologicamente por gnaisses, granitos e quartzos (provenientes de veios metamórficos). Quanto a forma os blocos apresentam-se esféricos e alongados, modelados pelo transporte em períodos de fluxo intenso.

Nos pontos PT1 e PT3 foram encontrados seixos em grande quantidade. Quanto a litologia dos seixos, o PT1 apresentou predominância das rochas metamórficas, principalmente gnaisses, por serem eles os principais constituintes da base geológica do local, destacando-se apenas um pequeno aumento percentual na ocorrência de granitos.

Da mesma forma que no ponto anterior, o PT3 também apresentou maior ocorrência de gnaisses, seguido de quartzos provenientes de migmatitos e veios metamórficos e dos granitos provenientes de intrusões ocorridas durante o pré-cambriano. Ambos os pontos apresentaram taxas percentuais pequenas de ocorrência de feldspato não chegando a ultrapassar 10% nas amostras analisadas, enquanto que as taxas percentuais de

ocorrência de quartzo mantiveram-se entre 21% e 40%, estando os valores extremos situados no PT1 (Tabelas 1.4 e 1.5; Figuras 1.4 e 1.5).

Quanto a forma dos seixos foi possível observar no PT1 maior ocorrência de seixos discóides compostos, principalmente, por gnaisses, seguidos pela forma esférica representada por granitos e quartzos. A menor ocorrência, neste ponto, quanto a forma foi a laminar tendo como representantes, apenas, alguns ganisses e feldspatos (Tabela 1.6; Figura 1.6).

No PT3 permanece a maior freqüência de seixos com forma discóide, principalmente das rochas gnáissicas, em função do paralelismo gerado pelo alto grau de metamorfismo e pela composição mineralógica que inclui as micas muscovita e biotita. Estas, por sua vez, constituem pontos de fraqueza na rocha por possuírem uma dureza relativamente baixa em comparação com outros constituintes minerais como quartzo e feldspato (Tabela 1.7; Figura 1.7).

A segunda maior ocorrência da forma dos seixos para este ponto foi a esférica, representada principalmente pelo quartzo e granito. A menor ocorrência foi a forma alongada, composta por alguns ganisses, quartzos e feldspatos.

**Perfil Longitudinal**

Analisando a freqüência da forma dos seixos no sentido longitudinal, através da comparação entre os valores obtidos nos pontos PT1 e PT3, foi possível observar maior ocorrência de seixos laminares, pouco trabalhados e alongados no primeiro, pelo fato deste ponto estar mais à montante. Ao contrário disso, no PT3 as maiores ocorrências são de seixos esféricos e discóides, mais trabalhados e desgastados pelo processo do transporte fluvial. Cabe aqui ressaltar que a forma dos seixos é determinada pela constituição litológica do material juntamente com a alta energia do ambiente em períodos de fluxo intenso.

Tabela 1.4 - Freqüência da litologia dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT1

| LITOLOGIA | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % |
| Gnaisse | - | - | 11 | 55 | 19 | 72 | 16 | 54 | 18 | 60 | 20 | 69 |
| Granito | - | - | 0 | 0 | 2 | 8 | 3 | 10 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| Quartzo | - | - | 8 | 40 | 3 | 12 | 10 | 33 | 9 | 30 | 6 | 21 |
| Feldspato | - | - | 1 | 5 | 2 | 8 | 1 | 3 | 2 | 7 | 3 | 10 |

Tabela 1.5 - Freqüência da litologia dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT3

| LITOLOGIA | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % |
| Gnaisse | 27 | 63 | 19 | 66 | 22 | 71 | 19 | 63 | 17 | 57 | 20 | 67 |
| Granito | 3 | 7 | 1 | 3 | 2 | 6 | 2 | 7 | 5 | 17 | 0 | 0 |
| Quartzo | 12 | 28 | 7 | 24 | 7 | 23 | 8 | 27 | 7 | 23 | 9 | 30 |
| Feldspato | 1 | 2 | 2 | 7 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |

Tabela 1.6 - Freqüência da forma dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT1

| FORMA | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % |
| Esférica | - | - | 6 | 30 | 6 | 23 | 6 | 20 | 10 | 33 | 6 | 21 |
| Discóide | - | - | 8 | 40 | 12 | 46 | 13 | 44 | 14 | 47 | 10 | 34 |
| Alongada | - | - | 5 | 25 | 6 | 23 | 4 | 13 | 4 | 13 | 6 | 21 |
| Laminar | - | - | 1 | 5 | 2 | 8 | 7 | 23 | 2 | 7 | 7 | 24 |

Tabela 1.7 - Freqüência da forma dos seixos do canal do rio dos Macacos no PT3

| FORMA | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % |
| Esférica | 10 | 23 | 6 | 21 | 7 | 23 | 6 | 20 | 6 | 20 | 7 | 23 |
| Discóide | 20 | 47 | 15 | 52 | 14 | 45 | 18 | 60 | 13 | 43 | 15 | 51 |
| Alongada | 6 | 14 | 5 | 17 | 5 | 16 | 2 | 7 | 3 | 10 | 4 | 13 |
| Laminar | 7 | 16 | 3 | 10 | 5 | 16 | 4 | 13 | 8 | 27 | 4 | 13 |

Figura 1.4 – Distribuição litológica dos seixos no PT1

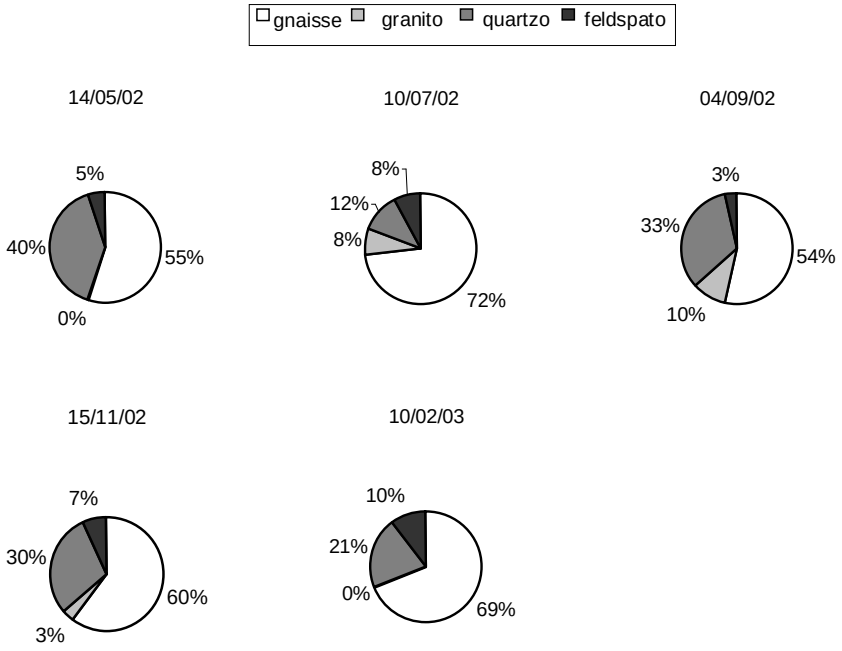



Figura 1.5 – Distribuição litológica dos seixos no PT3

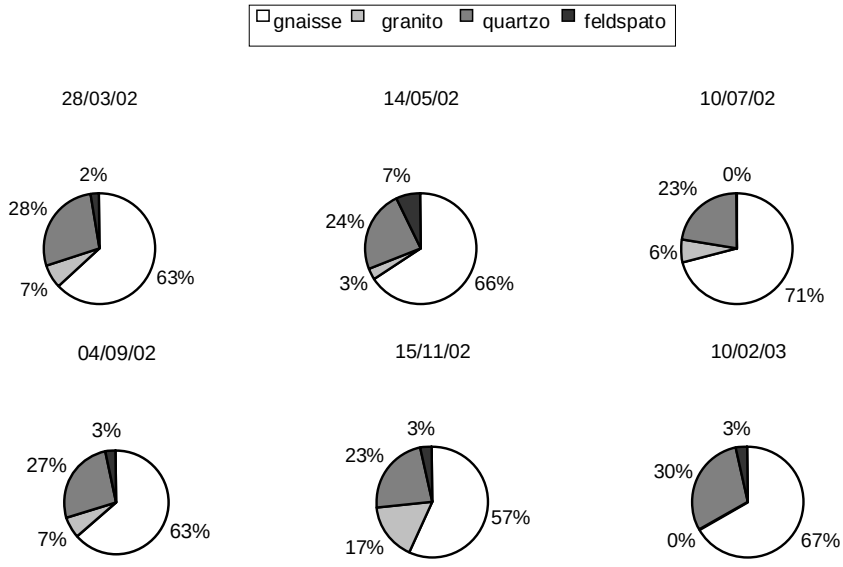


Figura 1.6 – Distribuição da forma dos seixos no PT1

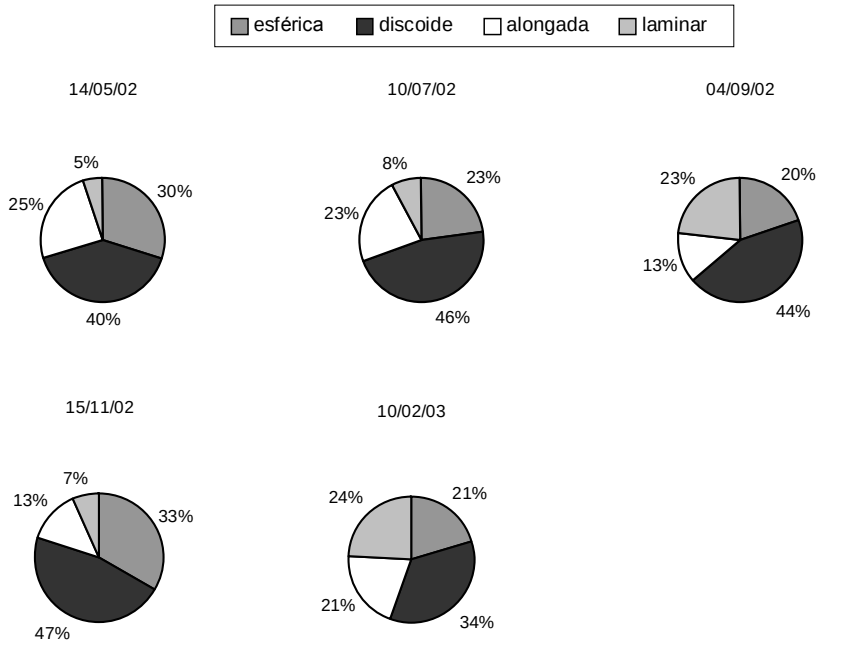
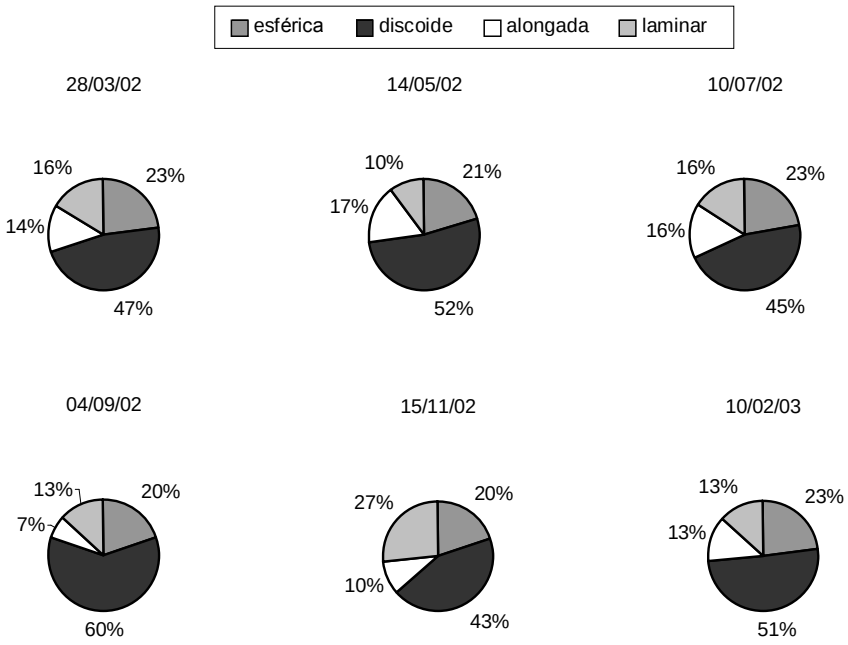



Figura 1.7 – Distribuição da forma dos seixos no PT3



**Material médio a fino: grânulo e areias**

**Setor A - (PT1)**

O ponto PT1, por estar mais a montante (Figura 1.2), apresentou valores elevados de areia grossa e muito grossa entre 2,00 e 0,50mm ($\phi$ -1 e 1). Neste ponto a maior declividade e o fluxo intenso explicam a diminuição da freqüência dos materiais mais finos como é o caso da classe das areias muito finas de 0,125 a 0,062mm ($\phi$ 3 a 4) cujos valores apresentam-se praticamente nulos (Tabela 1.8).

De 28 de março de 2002 a 10 de fevereiro de 2003 observou-se a predominância das areias grossa e muito grossa com registro entre 33,02% e 46,95% de ocorrência nas amostras.

**Setor B - (PT2, PT3 e PT4)**

Os referidos pontos PT2, PT3 e PT4, localizados no setor B, apresentam cerca de 200m de distância entre si. (Figura 1.2).

O ponto PT2 apresentou a maior variação na classe de areia grossa entre 1,00 e 0,50mm ($\phi$ 0 e 1). O aumento dos valores nessa classe granulométrica está associado a uma caixa de contenção de sedimentos construída e localizada no leito do canal pouco a mais a frente do local de coleta das amostras, evidenciando a interferência humana através das obras de engenharia (Tabela 1.9) (Figura 1.8).

Em fluxos de menor intensidade, como os registrados em dias de coleta (0,19m/s em 04/09/02 e 0,25m/s em 15/11/02), o material mais grosseiro não é transportado, enquanto que o material mais fino prossegue rio abaixo. Este fato pode ser evidenciado na diminuição da freqüência na classe das areias muito finas de 0,125 a 0,062mm ($\phi$ 3 a 4) e na predominância das areias grossas entre 1,00 e 0,50mm ($\phi$ 0 e 1), entre 34,77% e 43,30% nas amostras analisadas.

Tabela 1.8 - Carga de Fundo (talvegue) - PT1

| phi | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| **(-2 a -1)** | 6.22 | 15.38 | 7.46 | 20.90 | 5.84 | 14.91 | 9.46 | 25.44 | 6.76 | 17.92 | 6.10 | 15.31 |
| **(-1 a 0)** | 13.35 | **33.02** | 14.54 | **40.73** | 15.44 | 39.43 | 17.46 | **46.95** | 15.63 | **41.43** | 12.63 | 31.70 |
| **(0 a 1)** | 12.54 | 31.02 | 10.94 | 30.64 | 13.94 | **35.60** | 8.66 | 23.29 | 12.68 | 33.61 | 16.45 | **41.29** |
| **(1 a 2)** | 5.10 | 12.61 | 2.34 | 6.55 | 3.61 | 9.22 | 1.18 | 3.17 | 2.25 | 5.96 | 4.20 | 10.54 |
| **(2 a 3)** | 2.32 | 5.74 | 0.37 | 1.04 | 0.27 | 0.69 | 0.30 | 0.81 | 0.37 | 0.98 | 0.46 | 1.15 |
| **(3 a 4)** | 0.90 | 2.23 | 0.05 | 0.14 | 0.06 | 0.15 | 0.13 | 0.35 | 0.04 | 0.11 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 40.43 | 100.0 | 35.70 | 100.0 | 39.16 | 100.0 | 37.19 | 100.0 | 37.73 | 100.0 | 39.84 | 100.0 |

Tabela 1.9 - Carga de Fundo (talvegue) - PT2

| phi | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| **(-2 a -1)** | 10.84 | 27.10 | 8.68 | 20.88 | 4.98 | 12.92 | 5.60 | 14.53 | 8.62 | 23.90 | 15.88 | 40.00 |
| **(-1 a 0)** | 16.73 | **41.83** | 17.95 | **43.17** | 15.56 | **40.36** | 14.46 | **37.53** | 12.54 | **34.77** | 17.19 | **43.30** |
| **(0 a 1)** | 9.35 | 23.38 | 12.93 | 31.10 | 15.36 | 39.84 | 14.32 | 37.17 | 9.56 | 26.50 | 5.95 | 14.99 |
| **(1 a 2)** | 1.60 | 4.00 | 1.60 | 3.85 | 1.52 | 3.94 | 3.31 | 8.59 | 4.39 | 12.17 | 0.63 | 1.59 |
| **(2 a 3)** | 0.96 | 2.40 | 0.37 | 0.89 | 0.71 | 1.84 | 0.61 | 1.58 | 0.80 | 2.22 | 0.05 | 0.13 |
| **(3 a 4)** | 0.52 | 1.30 | 0.05 | 0.12 | 0.42 | 1.09 | 0.23 | 0.60 | 0.16 | 0.44 | 0.00 | 0.00 |
| Total | 40.00 | 100.0 | 41.58 | 100.0 | 38.55 | 100.0 | 38.53 | 100.0 | 36.07 | 100.0 | 39.70 | 100.0 |

Tabela 1.10 - Carga de Fundo (talvegue) - PT3

| phi | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| **(-2 a -1)** | 7.80 | 19.42 | 4.36 | 10.68 | 4.73 | 12.58 | 4.56 | 11.21 | 4.31 | 11.25 | 6.23 | 15.65 |
| **(-1 a 0)** | 11.47 | 28.55 | 12.31 | 30.16 | 9.73 | 25.88 | 9.66 | 23.75 | 12.21 | 31.88 | 12.34 | 31.01 |
| **(0 a 1)** | 13.71 | **34.13** | 17.26 | **42.29** | 14.92 | **39.68** | 16.69 | **41.03** | 14.86 | **38.80** | 14.07 | **35.35** |
| **(1 a 2)** | 5.22 | 12.99 | 5.94 | 14.56 | 7.00 | 18.62 | 8.47 | 20.82 | 6.06 | 15.82 | 6.53 | 16.41 |
| **(2 a 3)** | 1.51 | 3.76 | 0.89 | 2.18 | 1.15 | 3.06 | 1.13 | 2.78 | 0.76 | 1.98 | 0.62 | 1.56 |
| **(3 a 4)** | 0.46 | 1.15 | 0.05 | 0.12 | 0.07 | 0.19 | 0.17 | 0.42 | 0.10 | 0.26 | 0.01 | 0.03 |
| Total | 40.17 | 100.0 | 40.81 | 100.0 | 37.60 | 100.0 | 40.68 | 100.0 | 38.30 | 100.0 | 39.80 | 100.0 |

Tabela 1.11 - Carga de Fundo (talvegue) - PT4

| phi | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| **(-2 a -1)** | 7.10 | 18.63 | 7.45 | 20.21 | 4.67 | 12.02 | 4.83 | 12.32 | 1.10 | 2.99 | 5.62 | 14.05 |
| **(-1 a 0)** | 12.59 | 33.04 | 11.79 | 31.98 | 17.25 | **44.39** | 12.86 | 32.81 | 7.65 | 20.82 | 15.72 | **39.31** |
| **(0 a 1)** | 13.44 | **35.27** | 12.60 | **34.17** | 10.59 | 27.25 | 16.97 | **43.30** | 22.60 | **61.50** | 15.52 | 38.81 |
| **(1 a 2)** | 4.48 | 11.76 | 4.14 | 11.23 | 3.67 | 9.44 | 3.82 | 9.75 | 4.95 | 13.47 | 2.93 | 7.33 |
| **(2 a 3)** | 0.47 | 1.23 | 0.84 | 2.28 | 2.38 | 6.12 | 0.54 | 1.38 | 0.39 | 1.06 | 0.18 | 0.45 |
| **(3 a 4)** | 0.03 | 0.08 | 0.05 | 0.14 | 0.30 | 0.77 | 0.17 | 0.43 | 0.06 | 0.16 | 0.02 | 0.05 |
| Total | 38.11 | 100.0 | 36.87 | 100.0 | 38.86 | 100.0 | 39.19 | 100.0 | 36.75 | 100.0 | 39.99 | 100.0 |

Tabela 1.12 - Carga de Fundo (talvegue) - PT5

| phi | 28/03/02 | | 14/05/02 | | 10/07/02 | | 04/09/02 | | 15/11/02 | | 10/02/03 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| **(-2 a -1)** | 6.16 | 17.13 | 4.03 | 10.24 | 1.41 | 3.81 | 2.47 | 6.41 | 0.47 | 1.19 | 2.00 | 5.00 |
| **(-1 a 0)** | 11.09 | 30.84 | 9.72 | 24.70 | 5.67 | 15.31 | 7.79 | 20.20 | 1.64 | 4.16 | 5.11 | 12.77 |
| **(0 a 1)** | 14.04 | **39.04** | 17.15 | **43.57** | 12.38 | **33.42** | 12.47 | **32.34** | 3.65 | 9.26 | 10.52 | 26.28 |
| **(1 a 2)** | 3.94 | 10.96 | 6.65 | 16.90 | 8.74 | 23.60 | 6.47 | 16.78 | 15.25 | **38.68** | 17.28 | **43.17** |
| **(2 a 3)** | 0.62 | 1.72 | 1.58 | 4.01 | 7.58 | 20.46 | 6.10 | 15.82 | 16.98 | 43.06 | 4.91 | 12.27 |
| **(3 a 4)** | 0.11 | 0.31 | 0.23 | 0.58 | 1.26 | 3.40 | 3.26 | 8.45 | 1.44 | 3.65 | 0.21 | 0.52 |
| Total | 35.96 | 100.00 | 39.36 | 100.00 | 37.04 | 100.00 | 38.56 | 100.00 | 39.43 | 100.00 | 40.03 | 100.00 |

Neste ponto, a classe granulométrica grânulos de 4,00 a 2,00mm (ϕ -2 a -1), apesar de apresentar redução nos valores percentuais ao longo do tempo, apresentou um valor extremamente elevado de 40% no último trabalho de campo realizado em 10/02/03. Este valor está associado à maior precipitação registrada durante o período de estudo.

Figura 1.8 - Caixa de contenção de sedimentos construída no leito do canal na seção transversal (PT2), sentido jusante (Foto: junho de 2002, Crédito: L. Lucas).

No ponto PT3 a predominância dos sedimentos concentra-se na classe granulométrica areia grossa entre 1,00 e 0,50mm (ϕ 0 e 1), com valores percentuais entre 34,13% e 42,29% nas amostras (Tabela 1.10).

A deposição de sedimentos na margem convexa ocorre em função da sinuosidade do talvegue neste trecho, onde a corrente deposita o material mais fino de um lado, formando bancos de sedimentação, enquanto o talvegue caracteriza-se pela predominância de seixos e blocos (Figura 1.9).

As principais mudanças neste ponto ocorreram na redução dos percentuais de areia muito fina entre 0,125 e 0,062mm (ϕ 3 e 4), ao longo do

período estudado, de 1,15% a 0,03% estando associada ao estreitamento e ao aumento da intensidade do fluxo no talvegue, onde predomina o material grosseiro (seixos).

Figura 1.9 - Composição do leito, no PT3, por material grosseiro e deposição de sedimentos mais finos na margem convexa, favorecendo a fixação da vegetação (Foto: maio de 2003, Crédito: L. Lucas).

No ponto PT4 as maiores freqüências estão entre os intervalos de areia grossa e muito grossa de 2,00 a 0,50mm ($\phi$ -1 a 1), com valores percentuais entre 34,17% e 61,50% nas amostras analisadas, sendo este último valor mais elevado encontrado entre os pontos (Tabela 1.11).

**Setor C - (PT5)**

Através da freqüência simples observou-se que as maiores ocorrências granulométricas do ponto PT5 estão na classe das areias grossas 1,00 a 0,50mm (ϕ 0 a 1), entre 32,34% e 43,57. passando a concentrar-se, a partir do penúltimo trabalho de campo, na classe das areias médias entre 0,50 e 0,250mm (ϕ 1 e 2) entre 43,17% e 38,68%. Desta forma, analisando os valores percentuais foi possível observar que houve um aumento considerável de material mais fino, do primeiro ao último trabalho de campo realizado (Tabela 1.12).

Levando em consideração a análise temporal podemos dizer que no PT5 houve uma redução de 12% nos valores na classe dos grânulos entre 4,00 a 2,00 mm (ϕ -2 a -1), principalmente em função do período de estiagem, já que o principal responsável pelo transporte do material mais pesado, é o fluxo intenso. É comum nos pontos à jusante a ocorrência de valores reduzidos de material mais grosseiro, já que este ponto é o ponto final do processo de transporte de sedimentos fluviais.

Em relação à classe das areias muito finas de 0,125 a 0,062mm (ϕ 3 e 4) o aumento percentual é constante ao longo do tempo apresentando uma redução apenas no último trabalho de campo em função da intensa pluviosidade registrada no mês de janeiro/2003. De modo geral, a tendência natural deste ponto, é a de maior concentração de areias médias a finas, típicas de jusante.

**Perfil Longitudinal**

Do ponto de vista longitudinal observam-se os menores valores percentuais nas classes de areias médias a muito finas de 0,50 a 0,062mm (ϕ 1 a 4) no PT1 (3,17%, 0,69% e 0,00%) enquanto que os maiores foram registrados no PT5 (43,17%, 43,06% e 8,45%), evidenciando o aumento destes materiais em direção à jusante (Tabelas 1.8 a 1.11).

Ao contrário disso, o material mais grosseiro (grânulos) na classe granulométrica de 4,00 a 2,00mm (ϕ -2 a -1) teve seu maior valor no PT2

(40%) enquanto que o menor foi registrado no PT5 (1,19%), tendo como resultado o aumento gradativo em direção a montante.

De modo geral, as classes granulométricas, areia muito grossa e areia grossa de 2,00 a 0,50mm ($\phi$ -1 a 1), são as de maior ocorrência ao longo do canal, com valores de freqüência maiores registrados no PT1 (46,95% em 04/09/02) e no PT4 (61,50% em 15/11/02) enquanto que os menores foram encontrados no PT5 (4,16% e 9,26% em 15/11/02).

Através dos valores obtidos da análise dos sedimentos foi possível observar uma tendência natural na distribuição granulométrica do canal. As maiores variações encontradas estão associadas ou a intensa pluviosidade registrada no mês de janeiro de 2003 (360mm) como no PT5 ou a algum tipo de modificação introduzida pelo homem como no PT2 onde verifica-se ocorrências elevadas de material grosseiro estando associado à construção de uma caixa de contenção de sedimentos no leito do canal.

**Parâmetros Estatísticos**

Os parâmetros estatísticos de tendência central (média e mediana), de dispersão (desvio padrão), assimetria e curtose, foram analisados com base nos valores em phi (Tabela 1.13).

As amostras apresentaram diâmetro mediano (Md) com maior freqüência nos intervalos da classe granulométrica de 2,00 a 0,50mm ($\phi$ –1 a 1) que correspondem às frações areia muito grossa e areia grossa, evidenciando a alta energia do ambiente. De modo geral, os valores do diâmetro mediano variaram entre 1,70mm ($\phi$ –0,77) no PT2 e 0,27 mm ($\phi$ 1,92) no PT5.

O diâmetro médio aritmético (Mz) também apresentou maior freqüência entre as classes areia muito grossa e areia grossa de 2,00 a 0,50mm ($\phi$ –1 a 1), com amplitude de variação entre 1,69mm ($\phi$ –0,76) no PT2 a 0,27mm ($\phi$ 1,89) no PT5.

Quanto ao desvio padrão ($\sigma_I$) as amostras apresentaram amplitude de variação nas classes granulométricas areia grossa e média de 1,00 a

0,250mm (ϕ 0 – 2) entre 0,63mm (ϕ 0,66) no PT4 e 0,39mm (ϕ 1,36) no PT5, sendo classificadas segundo Folk e Ward (1957) como moderadamente selecionadas a pobremente selecionadas. Das trinta amostras analisadas apenas cinco foram classificadas como pobremente selecionadas, enquanto que o restante apresenta-se como moderadamente selecionadas. Estes resultados indicam um selecionamento semelhante ao longo do canal.

Quanto à assimetria ($Sk_I$), as amostras apresentaram, segundo a nomenclatura de Folk e Ward (1957) assimetria positiva a simétrica com amplitude de variação entre -0,10 no PT4 e 0,24 no PT2.

Apenas três amostras que representam 10,5% do total tiveram resultados diferentes, duas no PT5 que apresentaram assimetria negativa e uma no PT4 que apresentou assimetria muito positiva. De modo geral, a caracterização simétrica prevalece em 56,5% do total comprovando a boa eficiência do canal em transportar todos os tipos de material, enquanto que a assimetria positiva ocorre em 33%, cuja cauda de distribuição granulométrica estende-se em direção aos sedimentos mais finos, evidenciando o início de outra fase na dinâmica de transporte dos sedimentos.

Os valores de assimetria para o PT1, à montante do canal, variaram entre (ϕ -0,03 e 0,20) predominando a assimetria positiva enquanto que, à jusante, no PT5, a variação ocorreu entre (ϕ -0,21 e 0,19) oscilando entre as classes simétrica, assimetria positiva e assimetria negativa.

A predominância das amostras (57%) apresentou valores de curtose ($K_G$) entre (ϕ 0,89) no PT3 e PT5 e (ϕ1,03) no PT5, sendo classificadas segundo Folk e Ward (1957), como mesocúrticas. No que se refere ao restante, 40% foram classificadas como platicúrticas com valores entre (ϕ 0,77) no PT2 e (ϕ 0,88) no PT1, PT2 e PT4 e 3% como leptocúrticas.

Tabela 1.13 - Parâmetros estatísticos em (phi)

| Data da coleta | PT1 | | | | | PT2 | | | | | PT3 | | | | | PT4 | | | | | PT5 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Md | Mz | $\sigma_I$ | $Sk_I$ | $K_G$ | Md | Mz | $\sigma_I$ | $Sk_I$ | $K_G$ | Md | Mz | $\sigma_I$ | $Sk_I$ | $K_G$ | Md | Mz | $\sigma_I$ | $Sk_I$ | $K_G$ | Md | Mz | $\sigma_I$ | $Sk_I$ | $K_G$ |
| 28/03/02 | 0.05 | 0.14 | 1.12 | 0.20 | 1.00 | -0.45 | -0.36 | 0.92 | 0.24 | 1.00 | 0.06 | 0.03 | 1.04 | 0.03 | 0.90 | -0.05 | -0.07 | 0.92 | 0.05 | 0.87 | 0.05 | -0.02 | 0.91 | -0.02 | 0.89 |
| 14/05/02 | -0.29 | -0.23 | 0.85 | 0.16 | 0.86 | -0.33 | -0.27 | 0.76 | 0.11 | 0.77 | 0.22 | 0.15 | 0.87 | -0.02 | 0.92 | -0.07 | -0.09 | 0.96 | 0.05 | 0.88 | 0.35 | 0.30 | 0.94 | -0.02 | 0.99 |
| 10/07/02 | -0.11 | -0.08 | 0.83 | 0.12 | 0.87 | -0.08 | -0.08 | 0.79 | 0.09 | 0.88 | 0.29 | 0.25 | 0.97 | -0.03 | 0.91 | -0.14 | -0.01 | 0.97 | 0.31 | 1.02 | 0.92 | 1.04 | 1.12 | 0.08 | 0.89 |
| 04/09/02 | -0.48 | -0.39 | 0.75 | 0.18 | 0.88 | -0.06 | -0.05 | 0.85 | 0.09 | 0.90 | 0.37 | 0.32 | 0.96 | -0.05 | 0.93 | 0.11 | 0.04 | 0.83 | -0.02 | 0.91 | 0.72 | 0.91 | 1.36 | 0.19 | 0.90 |
| 15/11/02 | -0.23 | -0.18 | 0.81 | 0.13 | 0.84 | -0.25 | -0.17 | 1.01 | 0.17 | 0.87 | 0.18 | 0.15 | 0.90 | 0.03 | 0.89 | 0.43 | 0.34 | 0.66 | -0.10 | 1.32 | 1.92 | 1.89 | 0.71 | -0.18 | 1.01 |
| 10/02/03 | 0.07 | 0.00 | 0.86 | -0.03 | 0.88 | -0.77 | -0.76 | 0.75 | 0.11 | 0.92 | 0.10 | 0.08 | 0.95 | 0.03 | 0.86 | -0.09 | -0.08 | 0.79 | 0.07 | 0.84 | 1.14 | 0.98 | 0.94 | -0.21 | 1.03 |

### 1.6.3. MORFODINÂMICA DO CANAL

Os resultados obtidos, com relação as mudanças ocorridas na geometria do canal do rio dos Macacos, foram analisados e discutidos por setores através da comparação dos dados de cada seção transversal.

**Setor A - (PT1)**

O perfil transversal traçado no ponto PT1 apresentou valores constantes de largura (4,70m) e valores irregulares de profundidade do talvegue entre 2,65 e 2,83m (Tabela 1.14). Nos 13 meses monitorados, a área da seção transversal aumentou gradativamente, passando de 11,56 para 11,84$m^2$. Neste ponto, a declividade e o fundo rochoso caracterizam o fluxo turbulento que é o principal responsável pelo aumento nos valores da profundidade média e da área da seção transversal. A água que percola por entre as rochas ganha mais intensidade, concentrando-se apenas em alguns trechos do canal, e não em toda a extensão do leito (Figura 1.10). A velocidade média apresentou valores elevados entre 0,33 e 0,96m/s, enquanto que, os valores de vazão variaram entre 0,23 e 0,50$m^3$/s.

Poucos metros abaixo deste ponto, em direção à jusante, é possível observar o processo de solapamento de base das margens compostas por blocos rochosos encaixados, que em função do intenso fluxo derivado dos períodos de maior precipitação, acabam caindo no leito do canal (Figura 1.11).

Os valores de raio hidráulico oscilaram de forma irregular entre 0,13 e 0,19m, evidenciando a baixa eficiência do canal quanto ao escoamento do fluxo. Este fato, está associado a rugosidade do leito, composto por blocos e matacões, que dificultam a passagem da água.

O aumento nos valores da profundidade média refletiu nos valores obtidos para relação L/P que variaram entre 1,87 e 1,91m, caracterizando o canal como profundo e estreito (Figura 1.12).

Tabelas 1.14 – Variáveis da morfodinâmica do canal

| PT1 | Largura | Prof. do Talvegue | Prof. Média | Área | Prof. Média da Água | Área da S. Molhada | Perímetro Molhado | Raio Hidráulico | Vel. Máx. | Vel. Méd. | Vazão | L/P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | m | m | $m^2$ | m | $m^2$ | m | m | m/s | m/s | $m^3/s$ | m |
| 28/03/02 | **4.70** | **2.65** | 2.46 | **11.56** | 0.16 | 0.75 | 4.39 | **0.17** | 0.53 | 0.33 | **0.25** | **1.91** |
| 14/05/02 | **4.70** | **2.69** | 2.47 | **11.61** | 0.14 | 0.66 | 4.26 | **0.15** | 0.66 | 0.35 | **0.23** | **1.90** |
| 10/07/02 | **4.70** | **2.82** | 2.51 | **11.80** | 0.10 | 0.47 | 3.68 | **0.13** | 0.92 | 0.58 | **0.27** | **1.87** |
| 04/09/02 | **4.70** | **2.83** | 2.52 | **11.84** | 0.11 | 0.52 | 2.72 | **0.19** | 1.29 | 0.96 | **0.50** | **1.87** |
| 15/11/02 | **4.70** | **2.80** | 2.52 | **11.84** | 0.11 | 0.52 | 3.92 | **0.13** | 0.85 | 0.85 | **0.44** | **1.87** |
| 10/02/03 | **4.70** | **2.80** | 2.52 | **11.84** | 0.14 | 0.66 | 4.07 | **0.16** | 0.70 | 0.70 | **0.46** | **1.87** |
| **PT2** | Largura | Prof. do Talvegue | Prof. Média | Área | Prof. Média da Água | Área da S. Molhada | Perímetro Molhado | Raio Hidráulico | Vel. Máx. | Vel. Méd. | Vazão | L/P |
| | m | m | m | $m^2$ | m | $m^2$ | m | m | m/s | m/s | $m^3/s$ | m |
| 28/03/02 | **4.35** | **1.97** | 1.90 | **8.27** | 0.08 | 0.35 | 4.51 | **0.08** | 0.43 | 0.38 | **0.13** | **2.29** |
| 14/05/02 | **4.35** | **1.95** | 1.91 | **8.31** | 0.16 | 0.70 | 4.52 | **0.15** | 0.43 | 0.37 | **0.26** | **2.28** |
| 10/07/02 | **4.35** | **1.95** | 1.91 | **8.31** | 0.14 | 0.61 | 4.50 | **0.14** | 0.53 | 0.34 | **0.21** | **2.28** |
| 04/09/02 | **4.35** | **1.97** | 1.92 | **8.35** | 0.10 | 0.44 | 4.45 | **0.10** | 0.26 | 0.19 | **0.08** | **2.27** |
| 15/11/02 | **4.35** | **2.00** | 1.95 | **8.48** | 0.25 | 1.09 | 4.66 | **0.23** | 0.25 | 0.25 | **0.27** | **2.23** |
| 10/02/03 | **4.35** | **1.99** | 1.95 | **8.48** | 0.31 | 1.35 | 4.86 | **0.28** | 0.78 | 0.78 | **1.05** | **2.23** |
| **PT3** | Largura | Prof. do Talvegue | Prof. Média | Área | Prof. Média da Água | Área da S. Molhada | Perímetro Molhado | Raio Hidráulico | Vel. Máx. | Vel. Méd. | Vazão | L/P |
| | m | m | m | $m^2$ | m | $m^2$ | m | m | m/s | m/s | $m^3/s$ | m |
| 28/03/02 | **5.05** | **1.70** | 1.60 | **8.08** | 0.07 | 0.35 | 3.72 | **0.09** | 0.96 | 0.75 | **0.26** | **3.16** |
| 14/05/02 | **5.05** | **1.68** | 1.56 | **7.88** | 0.07 | 0.35 | 1.86 | **0.19** | 0.73 | 0.71 | **0.25** | **3.24** |
| 10/07/02 | **5.05** | **1.68** | 1.57 | **7.93** | 0.08 | 0.40 | 3.51 | **0.11** | 0.86 | 0.74 | **0.30** | **3.22** |
| 04/09/02 | **5.05** | **1.71** | 1.58 | **7.98** | 0.06 | 0.30 | 2.64 | **0.11** | 0.46 | 0.33 | **0.10** | **3.20** |
| 15/11/02 | **5.05** | **1.68** | 1.54 | **7.78** | 0.12 | 0.61 | 3.06 | **0.20** | 0.43 | 0.43 | **0.26** | **3.28** |
| 10/02/03 | **5.05** | **1.80** | 1.55 | **7.83** | 0.19 | 0.96 | 3.53 | **0.27** | 0.65 | 0.65 | **0.62** | **3.26** |
| **PT4** | Largura | Prof. do Talvegue | Prof. Média | Área | Prof. Média da Água | Área da S. Molhada | Perímetro Molhado | Raio Hidráulico | Vel. Máx. | Vel. Méd. | Vazão | L/P |
| | m | m | m | $m^2$ | m | $m^2$ | m | m | m/s | m/s | $m^3/s$ | m |
| 28/03/02 | **4.18** | **1.45** | 1.39 | **5.81** | 0.27 | 1.13 | 4.51 | **0.25** | 0.33 | 0.21 | **0.24** | **3.01** |
| 14/05/02 | **4.18** | **1.51** | 1.41 | **5.89** | 0.22 | 0.92 | 4.35 | **0.21** | 0.30 | 0.15 | **0.14** | **2.96** |
| 10/07/02 | **4.18** | **1.50** | 1.43 | **5.98** | 0.23 | 0.96 | 4.44 | **0.22** | 0.36 | 0.25 | **0.24** | **2.92** |
| 04/09/02 | **4.18** | **1.48** | 1.35 | **5.64** | 0.20 | 0.84 | 4.37 | **0.19** | 0.17 | 0.15 | **0.13** | **3.10** |
| 15/11/02 | **4.18** | **1.50** | 1.40 | **5.85** | 0.30 | 1.25 | 4.53 | **0.28** | 0.17 | 0.17 | **0.21** | **2.99** |
| 10/02/03 | **4.18** | **1.63** | 1.37 | **5.73** | 0.34 | 1.42 | 4.87 | **0.29** | 0.35 | 0.35 | **0.50** | **3.05** |
| **PT5** | Largura | Prof. do Talvegue | Prof. Média | Área | Prof. Média da Água | Área da S. Molhada | Perímetro Molhado | Raio Hidráulico | Vel. Máx. | Vel. Méd. | Vazão | L/P |
| | m | m | m | $m^2$ | m | $m^2$ | m | m | m/s | m/s | $m^3/s$ | m |
| 28/03/02 | **10.00** | **2.48** | 1.77 | **17.70** | 0.51 | 5.10 | 5.42 | **0.94** | 0.13 | 0.15 | **0.77** | **5.65** |
| 14/05/02 | **10.00** | **2.50** | 1.78 | **17.80** | 0.55 | 5.50 | 5.50 | **1.00** | 0.20 | 0.15 | **0.83** | **5.62** |
| 10/07/02 | **10.00** | **2.45** | 1.78 | **17.80** | 0.46 | 4.60 | 5.33 | **0.86** | 0.20 | 0.15 | **0.69** | **5.62** |
| 04/09/02 | **10.00** | **2.48** | 1.79 | **17.90** | 0.63 | 6.30 | 5.80 | **1.09** | 0.10 | 0.10 | **0.63** | **5.59** |
| 15/11/02 | **10.00** | **2.40** | 1.77 | **17.70** | 0.68 | 6.80 | 6.05 | **1.12** | 0.09 | 0.09 | **0.61** | **5.65** |
| 10/02/03 | **10.00** | **2.28** | 1.68 | **16.80** | 0.12 | 1.20 | 4.42 | **0.27** | 0.86 | 0.86 | **1.03** | **5.95** |

Figura 1.10 - Composição rochosa do leito no PT1 que, associada ao fluxo intenso, provoca o aumento da profundidade do talvegue (Foto: setembro de 2002, Créditos: L. Lucas).

Figura 1.11 – Processo de erosão de base, à jusante do PT1, evidenciado pelos blocos deslocados no leito do canal (Foto: maio de 2003, Crédito: L. Lucas)

Figura 1.12 – Sobreposição dos perfis transversais (PT1)

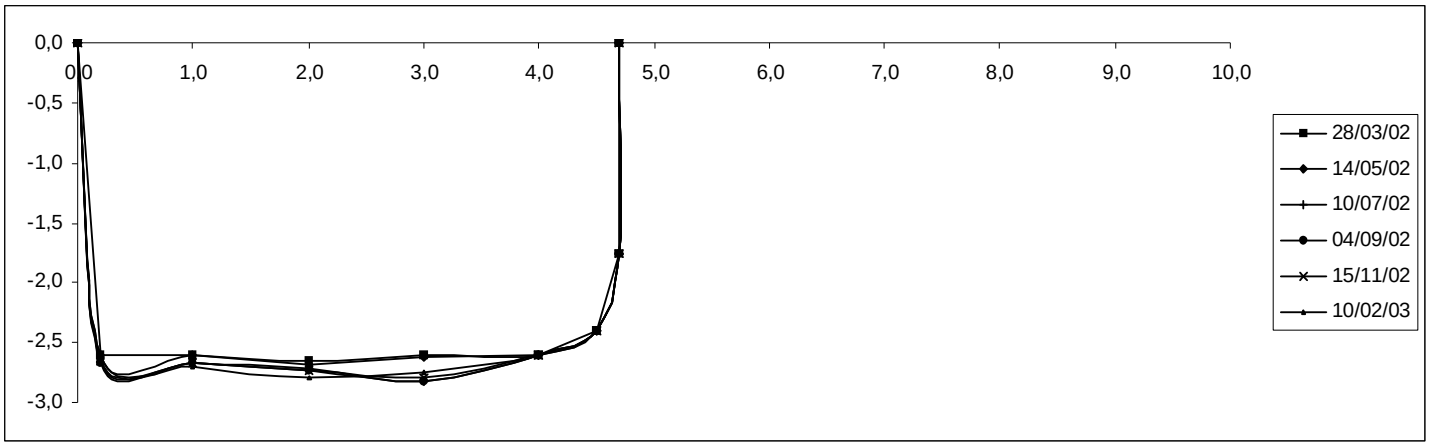
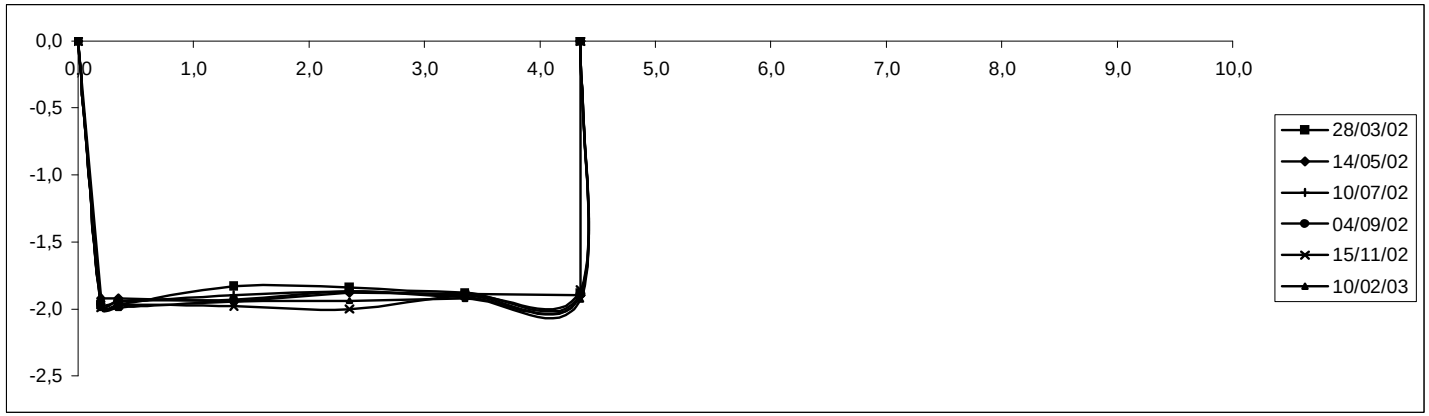



Figura 1.13 – Sobreposição dos perfis transversais (PT2)



**Setor B - (PT2, PT3 e PT4)**

No PT2 as principais mudanças concentraram-se no ligeiro aumento da profundidade do talvegue (0,03m) e da profundidade média (0,05m) que refletiram no aumento da área da seção transversal em 0,21$m^2$, passando de 8,27 para 8,48$m^2$ (Tabela 1.14).

O raio hidráulico apresentou variação de valores entre 0,08 e 0,28m, evidenciando o aumento da eficiência do fluxo em função da diminuição da rugosidade do leito. A vazão apresentou-se de forma irregular variando entre 0,13 e 1,05$m^3$/s, estando associada a pluviosidade.

O índice da forma do canal (L/P), variou de 2,29 a 2,23m, mostrando um aumento da profundidade em relação a largura que caracteriza o canal como profundo e estreito (Figura 1.13).

O PT3 foi o que apresentou maiores mudanças quanto a geometria em função da sinuosidade do talvegue. As maiores velocidades de fluxo concentram-se na margem côncava enquanto que ocorre a deposição de sedimentos grosseiros na margem convexa denominada de soleiras. Desta forma, a deposição de sedimentos favorece a fixação da vegetação no banco de sedimentação, que serve como obstáculos para a passagem do fluxo normal.

A área da seção transversal neste ponto apresentou redução de 0,30$m^2$, passando de 8,08$m^2$ para 7,78$m^2$ em função da assoriamento. O ligeiro aumento da calha no último trabalho de campo (10/02/03), para 7,83$m^2$, está relacionado ao aumento do fluxo e do processo de entalhamento do talvegue, pela concentração das chuvas no mês de janeiro (Tabela 1.14, Figura 1.14).

O raio hidráulico, que vinha mantendo-se entre os valores de 0,09 e 0,20m, também apresentou uma elevação no último trabalho de campo, passando para 0,27m, que evidencia um aumento na eficiência do canal, pela eliminação das rugosidades do fundo.

Através do aumento gradativo dos valores de (L/P) de 3,16 para 3,28m observou-se a tendência da forma do canal como raso e largo.

Figura 1.14 – Sobreposição dos perfis transversais (PT3)

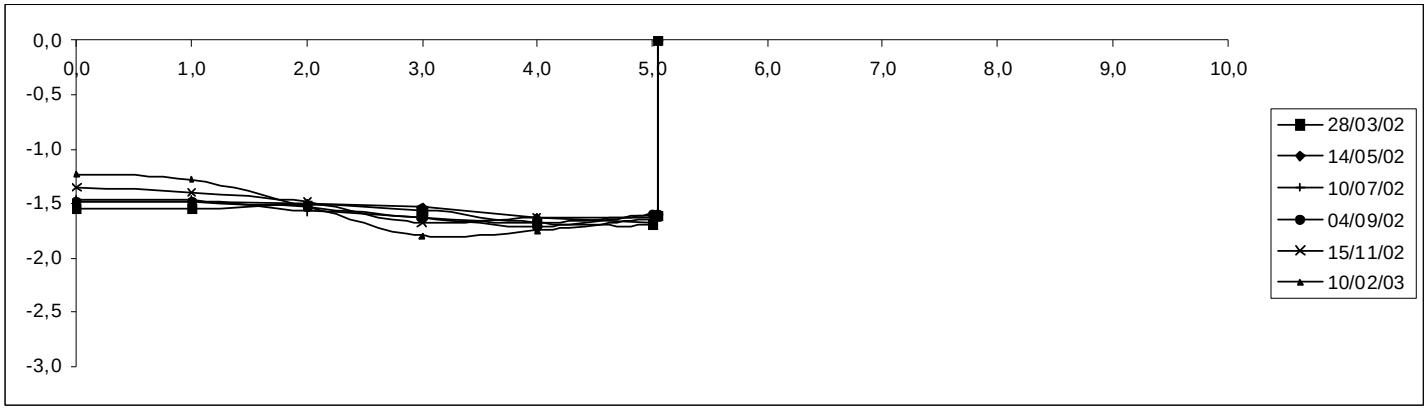
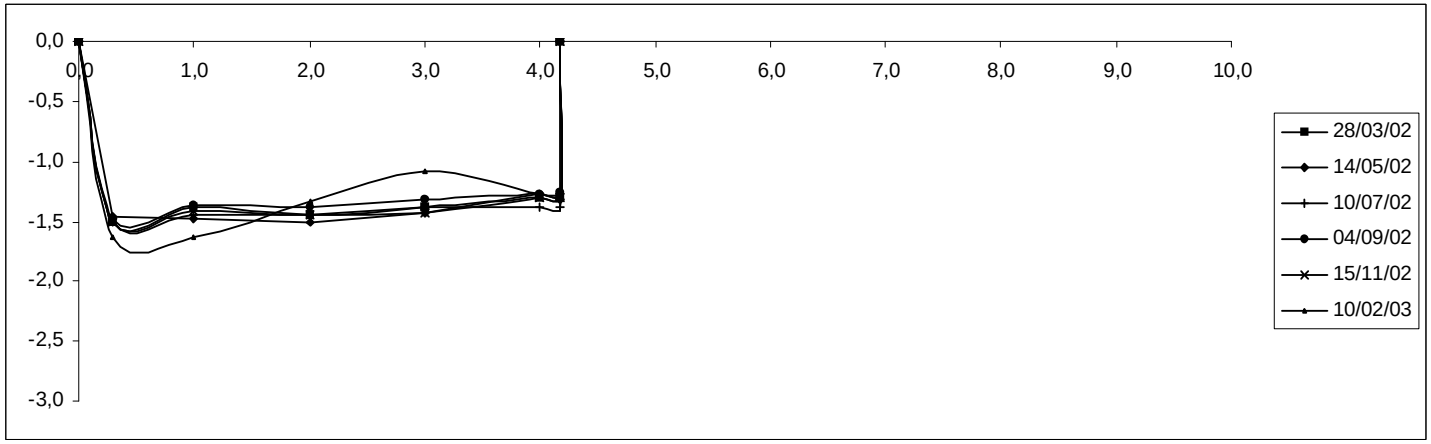



Figura 1.15 – Sobreposição dos perfis transversais (PT4)



No ponto PT4, houve um aumento gradativo na profundidade do talvegue de 1,45 para 1,63m, enquanto que a profundidade média manteve-se irregular entre os valores de 1,37 e 1,43m. Desta forma, a área da seção transversal também apresentou valores irregulares entre 5,64 e 5,98$m^2$ (Tabela 1.14). A maior variação na morfologia de fundo aconteceu no último trabalho de campo (10/02/03) estando relacionada a maior precipitação registrada no mês de janeiro (Figura 1.15).

Os valores de vazão variaram de forma irregular entre 0,13 a 0,50$m^3$/s em consequência não só da precipitação mas também de outro fator importante. Neste ponto, ocorre o desvio de parte da água do rio dos Macacos para o canal do Jóquei que funciona como um sistema de comporta operado pelos funcionários do Jardim Botânico.

Além disso, a construção de uma caixa de contenção de sedimentos e a presença de tubulações de esgoto no leito próximo a margem esquerda, à jusante do ponto, também contribuem para o assoreamento e a redução da velocidade do fluxo (Figura 1.16).

Figura 1.16 - Tubulações de esgoto e caixa de contenção de sedimentos inseridas no leito do canal na seção (PT4) modificando a morfologia de fundo. (Foto: maio de 2003, Créditos: L. Lucas)

O raio hidráulico apresentou valores irregulares entre 0,19 e 0,29m, que indicam uma tendência à baixa eficiência de escoamento do fluxo.

Os valores de (L/P) também oscilaram de modo irregular entre 3,01 e 3,10m, com variações na deposição e erosão do leito.

**Setor C - (PT5)**

No PT5 a largura manteve-se constante (10m) enquanto que a profundidade média apresentou pequena variação entre os valores de 1,77 e 1,79m. A uniformidade do leito neste ponto está associada aos valores baixos da velocidade de fluxo obtidos, típicos de jusante, em períodos de estiagem, que dificultam o carreamento do material de fundo (Tabela 1.14).

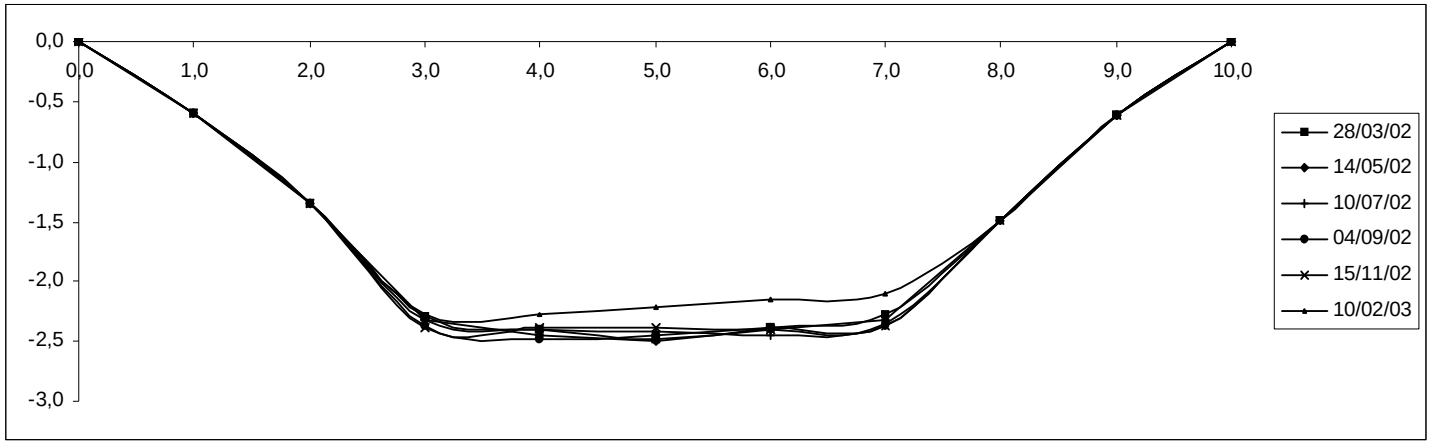
Apenas, no último trabalho de campo (10/02/03), houve a redução no valor da profundidade média (1,68m), em relação ao aumento da pluviosidade registrada no mês de janeiro (360mm). Da mesma forma, a vazão que mantinha-se constante entre os valores de 0,09$m^3$/s e 0,15$m^3$/s, apresentou valor elevado nesta data de 1,03$m^3$/s.

Com isso, as modificações observadas na área da seção transversal neste ponto, ao longo do período estudado, indicam deposição e erosão, estando relacionado as variações do fluxo, provenientes das precipitações e do aumento do escoamento pluvial das áreas impermeabilizadas pela atividade humana (Figura 1.17).

A variação destes valores está associada não só a precipitação e ao escoamento superficial, como também as correntes de retorno do corpo receptor (Lagoa Rodrigo de Freitas) que impedem que a água chegue ao seu destino final. O raio hidráulico apresentou variações irregulares entre 0,27 e 1,12$m^2$, aumentando e diminuindo ao longo do tempo, que evidenciam uma redução na eficiência de escoamento do fluxo.

O canal, nesta seção, apresentou caracterização quanto a forma raso e largo, em função dos valores obtidos da relação largura e profundidade (L/P) entre 5,59 e 5,95m.

Figura 1.17 – Sobreposição dos perfis transversais (PT5)



**Perfil Longitudinal**

Apesar das maiores precipitações diárias terem sido registradas no mês de novembro de 2002, as modificações mais expressivas ocorreram no mês de janeiro de 2003, onde a precipitação ocorreu de forma distribuída, em 19 dias do mês.

A análise integrada dos setores através da comparação entre as variáveis estudadas de cada ponto possibilitou uma melhor compreensão da morfologia e dinâmica ao longo do canal.

A largura (L) manteve-se constante ao longo do período estudado por se tratar de seções com pontes e margens concretadas ou compostas por blocos encaixados. A maior largura foi registrada no PT5 (10m) e a menor no PT4 (4,18m).

Quanto a profundidade do talvegue o maior valor foi medido no PT1 (2,83m) e o menor no PT4 (1,45), enquanto que, para os valores de profundidade média (P), a variação ocorreu entre a máxima medida no PT1 (2,52m) e a mínima no PT4 (1,35).

A área da seção transversal (A) ou capacidade do canal apresentou seu maior valor no PT5 (17,90$m^2$) enquanto que a menor situou-se no PT4 (5,64$m^2$). A redução da área das seções transversais pode ser observada nos pontos PT3 (0,30$m^2$), PT4 (0,08$m^2$) e PT5 (0,90$m^2$), enquanto que o aumento ocorreu nos pontos PT1 (0,28$m^2$) e PT2 (0,021$m^2$), evidenciando o aumento da área das seções transversais localizadas mais próximo à montante.

Através da análise dos valores do raio hidráulico (Rh) foi possível observar o aumento na eficiência do canal nos pontos PT2 e PT3, enquanto que nos pontos PT1, PT4 e PT5 ocorreu a diminuição da eficiência do escoamento do fluxo em função da morfologia de fundo.

A partir dos valores obtidos da relação largura e profundidade foi possível identificar processos de erosão que caracterizaram o canal como estreito e profundo nos pontos PT1 e PT2 e processos de assoreamento que caracterizam o canal como largo e raso nos pontos PT3 e PT5.

O ponto PT4 caracterizou-se por ser o ponto mais crítico, onde as mudanças no canal estão relacionadas não só a precipitação mas também a maior interferência antrópica.

## 1.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do período estudado, foi possível perceber que o canal do rio dos Macacos vem sofrendo modificações em sua geometria, através primeiramente, das obras de engenharia, que acabam refletindo no comportamento dos sedimentos, pelo assoreamento do leito. Com isso, o processo de ajustamento do canal se dá em função das novas condições impostas pelo homem, afim de encontrar um novo estágio de equilíbrio.

No trecho de 1,42km, a distribuição granulométrica dos sedimentos seguiu comportamento natural, com granulometria mais grosseira em direção a montante, ocorrendo de modo geral a predominância de areia grossa e muito grossa.

O setor A (PT1), caracterizou-se por apresentar grande quantidade de matacões, blocos e seixos no leito do canal que, associados a declividade deste ponto, justificam a ocorrência de valores elevados de velocidade média entre 0,33 e 0,96m/s. O fluxo intenso explica a diminuição na freqüência da classe granulométrica de 0,125 a 0,062mm ($\phi$ 3 - 4), cujos valores de areia muito fina apresentam-se praticamente nulos. O aumento nos valores da profundidade média foram os responsáveis pelo aumento de 0,28m$^2$ na área da seção transversal e pelo aumento nos índices da forma do canal caracterizando-o quanto a forma estreita e profunda.

No setor B, as principais mudanças concentraram-se no aumento dos valores nas frações areia muito grossa e areia grossa ($\phi$ -1 a 1) no PT2 e está associada à caixa de contenção de sedimentos localizada no leito do canal. Este ponto apresentou ainda, aumento na área da seção transversal de 0,21m$^2$ e nos valores do raio hidráulico, evidenciando a eficiência no escoamento do fluxo.

No ponto PT3, a mudança na geometria do canal pôde ser observada através do aumento gradativo do banco de sedimentação localizado na

margem côncava, em função da sinuosidade do canal, tornando-se mais expressivo a partir do ultimo trabalho de campo por estar associado a maior precipitação registrada (360mm).

No ponto PT4 a variação irregular nos valores de vazão, entre 0,13 e 0,50$m^3$/s, está associada não só a precipitação mas, também, ao fato de que neste ponto ocorre o desvio de parte da água do rio dos Macacos para o canal do Jóquei. Neste ponto, a construção de uma caixa de contenção de sedimentos, à jusante do ponto, e a presença de tubulações de esgoto no leito próximo a margem esquerda, contribuem para o assoreamento e a redução da eficiência de escoamento do fluxo.

No setor C (PT5), o aumento percentual gradativo, que vinha ocorrendo ao longo do período, nos valores da classe granulométricas das areias muito finas de 0,125 a 0,062mm ($\phi$ 3 - 4) apresentou uma redução apenas no último trabalho de campo, em função da intensa pluviosidade registrada no mês de janeiro/2003. Fatores naturais, agravados pela atuação antrópica, promoveram alteraçòes na morfologia do canal, sobretudo neste ponto, onde observou-se uma redução máxima de 0,90$m^2$ na sua capacidade após chuvas ocorridas nos dias 25 (54,8mm), 26 (32,4mm) e 27 (92,3mm) em janeiro de 2003, que acarretaram em inundações.

## 1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BATISTA, D. C. (1998). Estudo Granulométrico de Sedimentos da Calha do Córrego do Cedro na Bacia do Santo - SP. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, Revista Geosul, V. 14, N.27, Florianópolis. p606-609

BRANDÃO, A. M. P. (1997). As Chuvas e a Ação Humana: Uma Infeliz Coincidência. In: Tormentas Cariocas. Rio de Janeiro. p21-36

CARVALHO, N. O & CUNHA, S. B. (1997). Contribuição de Sedimentos do Amazonas para o Oceano. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. p 93-99

COSTA, A. J. (1995). Modificações no Comportamento Hidrológico de Bacias Hidrográficas no Município do Rio de Janeiro (RJ) em Função da Urbanização. Dissertação de Mestrado. PPGG/UFRJ. 133p.

CRISTOFOLETTI, A. (1980). Geomorfologia. 2ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher. 188p.

CRISTOFOLETTI, A. (1981). Geomorfologia Fluvial – Volume 1: O Canal Fluvial. São Paulo: Edgard Blücher. 313p.

CUNHA, S. B. (1978). Ambiente e Características Hidrológicas da Bacia do Alto Rio Grande (Nova Friburgo – RJ). Dissertação de Mestrado. PPGG/UFRJ. 188p.

CUNHA, S. B. (1996). Geomorfologia Fluvial. In: Geomorfologia: Exercício, Técnicas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p157-189

CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (1996). Degradação Ambiental. In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. P337-379

DUARTE, G. M. *et all*. (1998). Depósitos Fluviais Antigos na Bacia do Rio Maruim – Grande Florianópolis. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, Revista Geosul, V. 14, N.27, Florianópolis. p447-451

EBISEMIJU, F. S. (1989). The Response of Headwater Stream Channels to Urbanization in the Humid Tropics. Hydrological Process, Vol.3. p237-253

EMBRAPA (1992). Identificação de Limitações Pedológicas e Ambientais Causadoras de Degradação de Áreas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: JBRJ. 101p.

EMBRAPA (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. 338p.

FERNANDEZ, G. B. & MUEHE, D. (1998). A Influência de Sedimentos Fluviais na Morfologia da Praia e Antepraia no Embaiamento Rio das Ostras – Cabo Búzios – RJ. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, Revista Geosul, V. 14, N.27, Florianópolis. p200-203

FERNANDEZ, O. V. Q., REBELATTO, G. E. & SANDER, C. Análise Quantitativa de Seções Transversais em Pequenos Canais Fluviais. In: Revista Brasileira de Geomorfologia. V.2, Nº 1. p85-92

FILHO, M. C. & BIGARELLA, J. J. (1998). Correlação entre Parâmetros Estatísticos de Sedimentos de Vertentes, Rampas de Colúvio-Alúvio e Terraço de Várzea da Bacia do Bananas – Guarapuava – PR. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, Revista Geosul, V. 14, N.27, Florianópolis. p438-442

FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957). Brazos River Bar: a Study in the Significance of Grain Size Parameters. Journal of Sedimentary Petrology. Vol.27. p3-27

GRAF, W. L. (1978). A Lei da Razão em Geomorfologia Fluvial. Notícia Geomorfológica. V.18, Campinas: ICH-DEGEOG. p57-78

GREGORY, K. J., DAVIS, R. J. & DOWNS, P. W. (1992). Identification of River Channel Change to Due to Urbanization. Applied Geography, Vol.12. p299-318

KNIGHTON, D. (1984). Fluvial Forms and Process. London: E. Arnold. 218p.

MABESOONE, J. M. (1968). Sedimentologia. Imprensa Universitária, UFPE. 478p.

MOTA, I. S. (2001). Avaliação da Erosão Marginal e Transporte de Sedimentos na Sub-bacia do Riacho Fundo – DF. Dissertação de Mestrado. PPGG/UFRJ. 161p.

PERRONE, A. e BARROSO, G. (1996). Avaliação Preliminar do Transporte de Sólidos pelo Córrego Pau Amarelo: Reserva Biológica de Duas Bocas – ES. In: I Simpósio Nacional de Geomorfologia. Revista Sociedade e Natureza, Nº 15. p354-358

PORTO, R. *et all*. (1997). Drenagem Urbana. *In*: Hidrologia Ciência e Aplicação. 2ªEd. Porto Alegre: Editora da UFRGS. p805-847

ROCHA, P. C. & FILHO, E. E. S. (2000). Hidrodinâmica e Material do Leito no Alto Rio Paraná: Interações entre um Canal Secundário e os Canais Principais do Sistema Intrelaçado, Região de Porto Rico – PR. Anais do III Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, Campinas. p222

SERLA (1990). Projeto de Contenção de Cheias da Bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas. Estudos de Impacto Ambiental (EIA). Rio de Janeiro. 128p.

SUGUIO, K. (1973). Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP. 317p.

SUGUIO, K & BIGARELLA, J. (1990). Ambientes Fluviais. 2ªEd. Florianópolis: Editora da UFSC. 183p.

SUGUIO, K & KUTNER, A. (1969). Estudo dos Sedimentos do Rio Cubatão – Estado de São Paulo. In: Bol. Da Soc. Bras. De Geologia. V.18, Nº 1. p57-78

THORNE, C. R., ALLEN, R. G. and SIMON, A. (1996). Geomorphological River Channel Reconnaissance for River Analysis, Engineering and Management. *Transactions of the Institute of British Geographers*, Vol. 21. p469-483.

WENTWORTH, C. K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. Journal of Geology, V. 30. p377-392

WHITLOW, J. R. & GREGORY, K. J. (1989). Changes in Urban Stream Channels in Zimbabwe. Regulated Rivers: Research and Management, Vol.4. p27-42

WOLMAN, M. G. (1967). A Cycle of Sedimentation and Erosion in Urban River Channels. Geografiska Annaler, Vol.49. p385-395

ZINGG, T. H. (1935). Beitrag Zur Schotteranalyse. Schweitz. Mineralog. Petrog. Mitt., Bd., v.15. p39-140

## 2. POLUIÇÃO DAS ÁGUAS URBANAS: RIO DOS MACACOS – RJ

### 2.1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do canal do rio dos Macacos, localizado na área urbana da cidade do Rio de Janeiro, enfocando as questões que envolvem os níveis de poluição da água em função do uso e ocupação do solo. A análise consistiu na interpretação dos valores dos parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e colimetria (coliformes fecais e totais), nas cinco estações de monitoramento instaladas ao longo do canal. As amostras coletadas entre maio e setembro de 2002, foram processadas em laboratório, pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA).

Observou-se que os valores de pH encontraram-se dentro dos padrões de qualidade (pH = 7), apresentando equilíbrio quanto à ocorrência de substâncias ácidas e alcalinas. O Oxigênio Dissolvido (OD) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) apresentaram maiores concentrações nos pontos mais próximos a nascente, caracterizando a disponibilidade de oxigênio para a realização das reações químicas e biológicas, enquanto que os pontos mais a jusante apresentaram valores reduzidos em função da concentração de efluentes e do ambiente de baixa energia.

Dos parâmetros analisados, os de coliformes fecais, foram os que apresentaram os maiores índices, variando entre 2.300 NMP/100 ml e 1.600.000 NMP/100 ml, totalmente fora dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA que é de até 1.000 NMP/100 ml para águas da classe 2. Isto indica que as águas do canal apresentam-se contaminadas por fezes, favorecendo a transmissão de doenças e a presença de odores desagradáveis.

## 2.1. ABSTRACT

The objective of this work is to assess the water channel quality of Macacos river, located in the urban area of the city of Rio de Janeiro, focusing on the questions that involve the pollution related by the land use and occupation. The analysis has consisted in the values interpretation of the physical-chemical parameters: temperature, pH, dissolved oxygen (DO), oxygen biochemical demand (OBD) e colimetry (fecal and total coliforms), at the five monitoring stations installed along the channel. The samples collected from May to September (2002) were processed at a laboratory, by the State Foundation of Earth Science Engineering (FEEMA).

It was observed that pH values are found in the standard quality (pH = 7), presenting an equilibrium regarding to the occurrence of acid and alkaline substances. Dissolved Oxygen (DO) and Oxygen biochemical demand (OBD) have presented the greatest concentration in the points nearest the waterhead, characterizing the oxygen availability to accomplish the chemical and biologic reactions, while the downstream points have presented reduced values due to the effluents concentration and low energy environment.

From all of the analyzed parameters, fecal coliforms have demonstrated the greatest levels, varying to 2.300 NMP/100 ml for 1.600.000 NMP/100 ml, extremely out of the parameters established for CONAMA (up to 1.000 NMP/100 ml) to class water 2. It means that the water channel is contaminated for feces, which may cause diseases transmissions and the presence of disagreeable odors.

## 2.2. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os cursos d'água vêm sofrendo transformações em função do crescimento populacional, principalmente em áreas urbanas, e da intensificação das atividades humanas, através da ocupação das margens e do processo de industrialização. Casos típicos, como a poluição das águas, podem ser observados em canais urbanos que recebem diariamente efluentes domésticos e industriais, bem como resíduos sólidos (lixo), comprometendo o ecossistema ali presente.

A capacidade de recuperação destes ambientes está associada ao grau de degradação proporcionado pelo homem. Ambientes altamente degradados não conseguem recuperar suas características originais, causando destruição do seu ecossistema e danos á sociedade.

O surgimento de problemas ambientais graves, com reflexos sobre o próprio homem, levou-o a procurar compreender melhor os fenômenos naturais e a entender que deve agir como parte integrante do sistema natural. Esta conscientização, infelizmente, ainda não alcançou uma parcela significativa da população que continua a provocar mudanças drásticas nos ecossistemas, alterando-os de forma a prejudicar seus componentes, entre eles o próprio homem (MOTA, 1997).

Estudos integrados com equipes interdisciplinares que conheçam os vários processos atuantes em um problema são mais eficazes em função da complexidade ambiental em que estão inseridos os ambientes urbanos. Considerando-se a grande quantidade de ambientes degradados e a crescente necessidade de água potável torna-se essencial a caracterização dos impactos nos rios. Estudos não menos importantes como os de restauração dos ecossistemas degradados e propostas de diminuição do impacto, levando em consideração as relações sócio-econômicas, garantem o processo de modernização sem degradar o meio ambiente, através do desenvolvimento sustentável (MUEHE e VALENTINI, 1998).

No Brasil, o lançamento de efluentes domésticos e de resíduos sólidos é o principal responsável pela poluição dos rios, nos grandes centros

urbanos. Desta forma, o estudo dos níveis de poluição das águas faz-se necessário, pois serve como base para a elaboração de planos e projetos de recuperação e gestão dos canais fluviais.

Este trabalho teve como objetivo analisar a poluição das águas do canal do rio dos Macacos, inserido na área urbana da cidade do Rio de Janeiro (Figura 1.2), enfocando as questões que envolvem os níveis de poluição das águas em função do uso e ocupação do solo. A análise consistiu na avaliação dos parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e colimetria (coliformes fecais e totais), em cinco pontos (estações) distribuídos ao longo do canal.

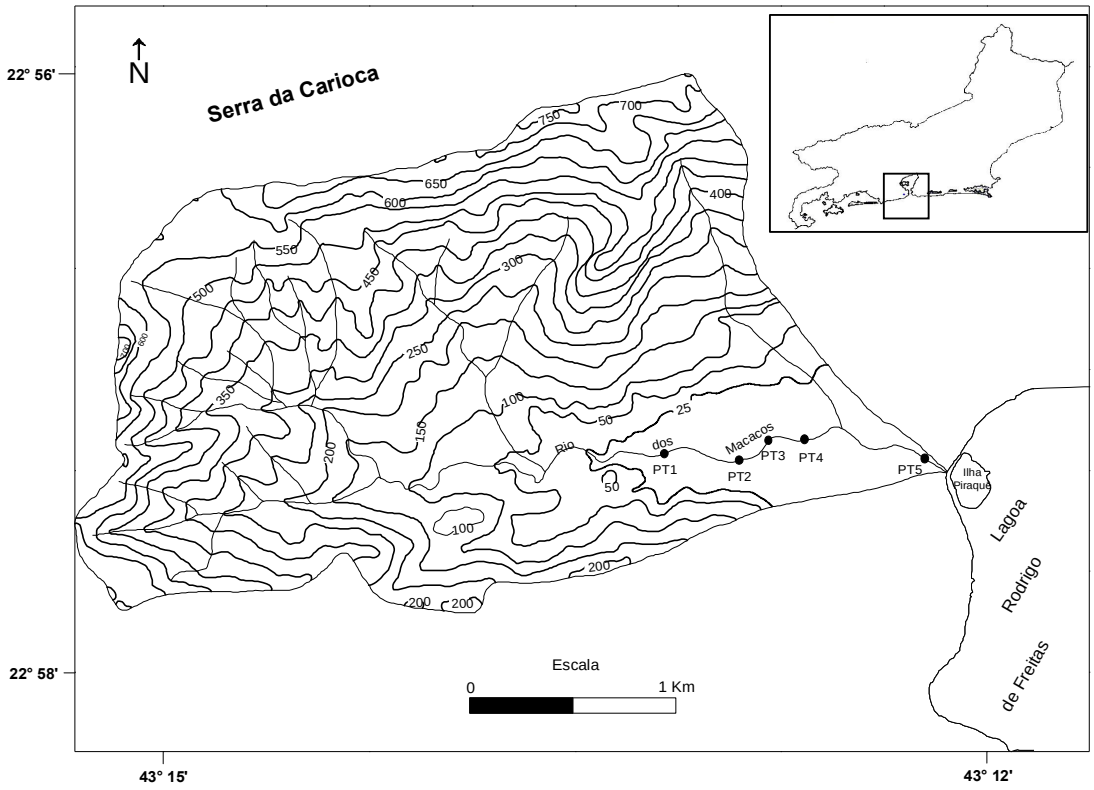



Figura 1.2 – Localização do rio dos Macacos

## 2.3. ÁREA DE ESTUDO

A bacia de drenagem do rio dos Macacos está sob condições climáticas do tipo quente e úmido, com temperatura média de 23ºC. As precipitações médias anuais variam de 1.500mm a 2.500mm (COSTA, 1995).

De acordo com BRANDÃO (1997), nos últimos anos, o aumento da atuação do homem sobre o meio ambiente fez com que a freqüência e a intensidade das chuvas no município do Rio de Janeiro também se elevasse. O crescente aumento urbano traz como conseqüência a redução das áreas verdes que contribuem para a aceleração dos processos erosivos provocando o assoreamento dos canais e a intensificação das inundações.

A área em questão está inserida no complexo litoral fluminense, mais precisamente no maciço da Tijuca, composto por rochas cristalinas do complexo Paraíba do Sul que, por sua vez, compõem a base do cinturão móvel atlântico (SERLA, 1990). As rochas predominantes são os gnaisses e migmatitos, altamente tectonizados, provenientes de esforços compressivos no sentido SE-NW, ocorridos no pré-cambriano inferior a médio.

Ao longo do tempo, estas rochas tiveram suas características transformadas em função de sucessivas intrusões. Durante o prë-cambriano médio e superior ocorreram intrusões graníticas, compostas por uma diversidade de rochas, predominando os granitos pós-tectônicos de estrutura fluidal, evidenciada pela orientação das palhetas de biotita. As rochas básicas (basalto e diabásio) são provenientes de intrusões ocorridas no cretácio-jurássico, dispostas em forma de diques discordantes em várias direções. De modo geral, o canal segue uma linha de falha com direção W-L e desenvolve seu vale em relevo dobrado formado por rochas cristalinas e diques de diabásio (EMBRAPA, 1992).

Os sedimentos como cascalho, areia e silte provenientes do intemperismo destas rochas, encontram-se na calha do rio que, através do fluxo da água, transportam este material para a Lagoa Rodrigo de Freitas.

Quanto a geomorfologia, a bacia do rio dos Macacos encontra-se inserida na unidade morfológica maciços costeiros representada pela serra

da Carioca. Nas encostas é possível observar os depósitos coluviais, originados pelo transporte por gravidade do material e que se intensifica em períodos de chuva intensa. A evolução destes processos resulta na planície interiorana, com pouca variação de declividade, variando em função do assoreamento e deposição de sedimentos transportados pelo rio.

Os solos, originados dos processos de intemperismo, consistem em latossolos, nas regiões de menor inclinação e neossolos e cambissolos nas regiões onde a inclinação é mais acentuada (EMBRAPA, 1999).

O rio dos Macacos possui uma extensão de 4,81 km, podendo ser dividido em setores, de acordo com o uso e ocupação do solo em distintos níveis de intensidade (Figura 2.2):

***Setor A*** – localiza-se entre as cotas de 500m e 20m de altitude, com uma extensão de 3,41 km. Neste trecho pode-se observar a expansão de favelas de forma descontrolada, onde a população passa a ocupar a margem do canal utilizando o rio como depósito de lixo e para lançamento direto de esgoto doméstico. Outro fator agravante é o lançamento de produtos industriais, provenientes de uma lavanderia, que agrava ainda mais o problema, comprometendo a qualidade e o aspecto da água.

***Setor B*** – Corresponde ao trecho do rio dentro do Jardim Botânico, com uma extensão de 1,12 km e entre as cotas de 20m e 5m de altitude. Neste setor, é possível observar o lançamento de efluentes domésticos no canal e em seus afluentes (rio Algodão), provenientes de edifícios próximos ao Jardim Botânico. Ainda, neste trecho, a atuação antrópica se faz presente através das obras de canalização, utilizando blocos rochosos para a proteção das margens, desde a época do império (EMBRAPA, 1992). Desde então, o canal vem sofrendo modificações ao longo do trecho do Jardim Botânico através da manutenção dos blocos encaixados que constituem as margens que, com o tempo são erodidas, permitindo que os mesmos caiam no leito do rio. Ainda, neste

***Setor C*** – Inicia-se na cota de 5m de altitude, com uma extensão de 0,28 km até desaguar na lagoa Rodrigo de Freitas sobre a cota de 2m. Neste setor, não só o lançamento de esgoto pode ser observado como, também, o

escoamento pluvial que, em períodos de chuva, contribuem para a poluição do canal através do transporte de detritos e lixo. No trecho as margens e o leito estão concretados por obras de engenharia mais recentes.

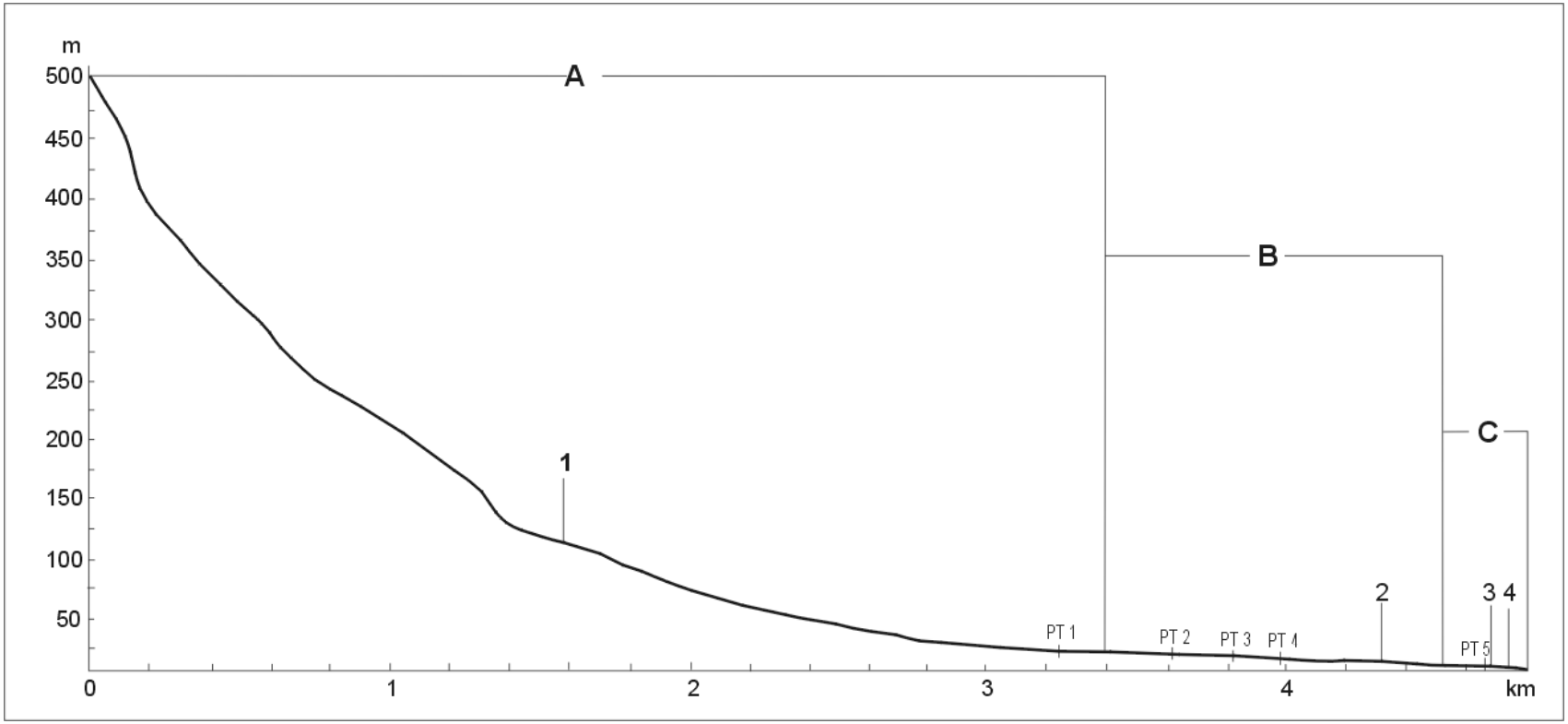



Figura 2.2 – Perfil Longitudinal do rio dos Macacos identificando a confluência com: (1) riacho do Pai Ricardo, (2) rio Algodão, (3) rio Cabeça e (4) rio Rainha. (A), (B) e (C) – setores do canal. Os pontos PT1, PT2, PT3, PT4 e PT5 indicam os locais de amostragem.

## 2.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o estudo das conseqüências do uso e ocupação do solo no entorno do canal do rio do Macacos foram considerados os seguintes mapas:

***Mapas de Escoamento Pluvial*** – em escala 1:1.000 da Fundação Rio-Águas de maio de 1993 – folhas 287 ( E-I-3-C / E-I-3-D / E-II-I-C).

***Mapas da Rede de Esgoto*** – em escala 1:5.000 da Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) de agosto de 2000 – folhas ( 87 e 88 ).

***Mapa Base Digital da Bacia do Rio dos Macacos*** – em escala 1:10.000 do Instituto Pereira Passos de 1999 – folhas (Folhas 287E – 287C – 286D – 286F).

Através do mapa base digital foram confeccionados mapas digitais da rede de esgoto e de escoamento pluvial, a partir de *layers*, plotados em cima do mapa base, indicando os pontos de maior interferência desses sistemas na qualidade da água.

Para a caracterização da poluição da água do rio dos Macacos foram selecionados cinco pontos de coleta, os mesmos utilizados para a elaboração dos perfis transversais e coleta de sedimentos de fundo, de forma que abrangesse os três setores do canal descritos acima. Foram realizadas cinco coletas mensais, por um período de cinco meses, de maio a setembro de 2002, definido pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA).

A coleta da água foi feita por técnicos especializados da FEEMA, utilizando um balde amarrado a uma corda, onde os frascos foram imergidos, tampados e reservados para posterior análise laboratorial. Apenas a temperatura da água foi obtida em campo, através da imersão de um termômetro graduado em décimo de Celsius.

Para o restante dos parâmetros de qualidade da água: químicos ( pH, oxigênio dissolvido e demanda química de oxigênio) e biológicos ( coliformes fecais e totais), a coleta e análise em laboratório ocorreu da seguinte forma:

### 2.4.1. PARÂMETROS QUÍMICOS

#### PH

Foram coletados cerca de 500 ml de água em frascos plásticos de boca larga. O ph foi determinado através do método colorimétrico, supondo que soluções diferentes tenham a mesma concentração de íons de hidrogênio, se produzirem intensidade de cores iguais (CLESCERI, 1998). Sendo assim, o método colorimétrico baseia-se nas alterações sofridas em certos corantes, em função das mudanças do pH, classificando-se da seguinte forma:

Tabela 2.1 – Classificação do pH segundo Clesceri (1998).

| Nome Comum | Faixa de pH | Viragem de Cor |
|---|---|---|
| Púrpura de bromocresol | 5,2 a 6,8 | amarelo para púrpura |
| Azul de bromotimol | 6,0 a 7,6 | amarelo para azul |
| Vermelho de fenol | 6,8 a 8,4 | amarelo para vermelho |
| Vermelho de cresol | 7,2 a 8,8 | amarelo para vermelho |
| Azul de cimol | 8,0 a 9,6 | amarelo para azul |

Fonte: Clesceri (1998)

#### OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

A coleta da água destinada a análise do oxigênio dissolvido foi feita em frascos de vidro âmbar de 125 ml, de tampa esmerilhada, com os devidos cuidados para que não houvesse a formação de bolhas de ar. Foram adicionados os compostos azida e sulfato manganoso para conservação da amostra até sua análise.

Para a determinação do oxigênio dissolvido utilizou-se o método de Winkler, a partir de Rebello & Carreira (1997), adaptado de Grasshoff *et al.* (1983), que consiste na análise em etapas.

A fixação do OD pelo hidróxido de manganês (II) em um meio fortemente alcalino, propicia a precipitação dos hidróxidos de manganês (II) e (III).

A acidificação da amostra para dissolução dos precipitados libera os íons mangânicos no meio, que posteriormente reagem com os íons iodeto, oxidando-os a iodo, formando um complexo com o iodo em excesso.

A titulação do iodo com tiossulfato padronizado reduz a iodeto e o íon tiossulfato a tetrationato, para que finalmente a titulação seja indicada por um indicador, geralmente goma de amido, através da mudança de cor da solução.

O volume de tiossulfato gasto na titulação corresponde a concentração de iodo, transformado a partir da mesma concentração de OD presente na amostra. A partir de uma série de cálculos obtém-se a concentração final do OD na amostra em mililitros por litro ($mLL^{-1}$) e em grau de saturação.

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

As amostras de água destinadas a análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foram coletados no mesmo recipiente utilizado para coleta de pH. O método utilizado para determinação da DBO foi o de diluição, baseado no conceito de que a velocidade de degradação da matéria orgânica é diretamente proporcional à quantidade de matéria orgânica remanescente. Assim, a utilização do oxigênio, em uma amostra diluída a 10%, é feita a uma velocidade que será dez vezes menor do que a da amostra não diluída (CLESCERI, 1998).

Para a análise das amostras, foram controlados todos os fatores que influenciam a Demanda Bioquímica do Oxigênio, como: tempo padronizado (5 dias), temperatura padronizada (20ºC), pH padronizado ≅ 7 (meio tamponado), ausência de material tóxico e nutrientes presentes em quantidades adequadas.

## 2.4.2. PARÂMETROS BIOLÓGICOS

### COLIMETRIA (COLIFORMES FECAIS E TOTAIS)

Foram coletados cerca de 200 ml de água em frascos de polietileno, descontaminados, lacrados com papel alumínio e conservados em ambiente refrigerado. A análise foi realizada através do método de diluição que consiste no princípio da contagem da densidade bacteriana pelo Número Mais Provável (NMP), adaptado por Parnow, em 1972 (apud MURARO, 2001).

O método consistiu em inocular amostras diluídas em frascos contendo o meio usado na diluição, fazendo em réplicas, ou seja, ao invés de se inocular amostras diluídas em placas, a inoculação é feita em frascos, contendo 9ml de meio adequado, fazendo sempre, no mínimo, em triplicatas, e deixadas reagir durante o tempo determinado para o grupo que se deseja quantificar. Após o tempo de incubação, para obter-se os resultados finais, fez-se uso da tabela de McCrady. Chegando-se então, à quantidade de NMP em 100ml da amostra (Figura 2.3).

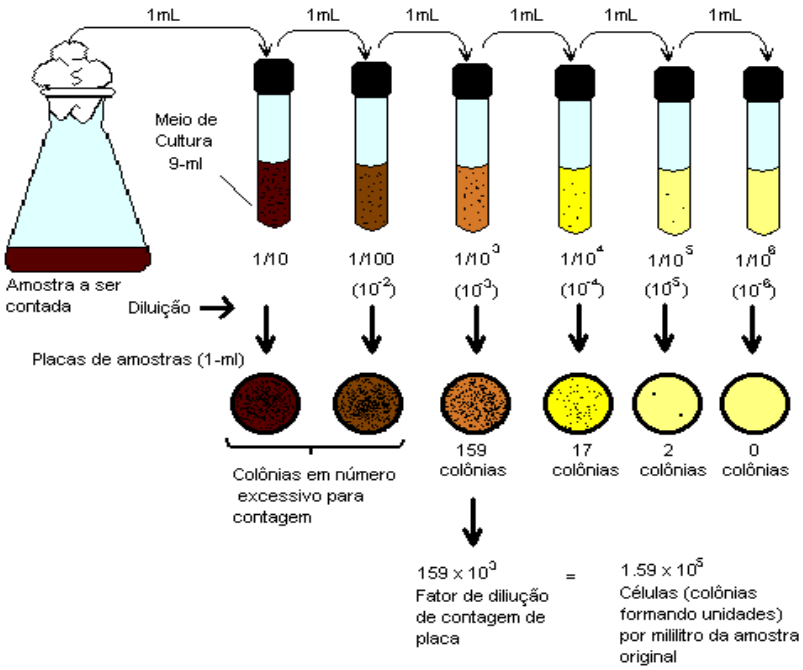



Figura 2.3 - Esquema do procedimento de diluição de amostras para análise colimétrica utilizando a técnica de tubos múltiplos (Muraro, 2001).

A discussão sobre a variação dos valores obtidos dos parâmetros físico-químicos foi feita com relação aos valores permissíveis estabelecidos pelo CONAMA (Resolução Nº 20, 1986).

## 2.5. REVISÃO DA LITERATURA

Nos últimos anos algumas fontes de poluição de recursos hídricos como esgotos sanitários, águas residuárias industriais, resíduos sólidos (lixo), águas de drenagem urbana, fontes acidentais e fontes atmosféricas passaram a assumir importância significativa. Estes fatores, provenientes do do processo de crescimento e desenvolvimento urbano desordenado, são os responsáveis pelos valores elevados nos níveis de poluição dos rios brasileiros

A ação do homem sobre os recursos hídricos é a principal responsável pelas alterações na composição da água. Por muitos anos, os rios têm sido depositários de rejeitos que alteram profundamente seu estado natural. Os esgotos urbanos que lançam efluentes orgânicos, as indústrias que despejam uma série de compostos químicos e metais pesados e a agricultura que é responsável pela presença de pesticidas e excesso de fertilizantes na água são algumas das alterações sofridas na qualidade da água e que representam uma das maiores evidências do impacto das atividades humanas sobre a biosfera (PORTO *et al.*, 1991).

Por um bom tempo, apenas os sentidos da visão, sabor e olfato eram os parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água. Com a evolução de técnicas de detecção e medidas de poluentes, foram estabelecidos padrões de qualidade para a água, isto é, a máxima concentração de elementos ou compostos que poderiam estar presentes na água, de modo que fosse compatível com a sua utilização para devidos fins. Desta forma, estabeleceu-se padrões de qualidade da água para usos como abastecimento público e industrial, preservação da vida aquática, irrigação, recreação, agricultura, navegação e paisagismo. Esses padrões surgiram a partir de experimentos realizados em centros de pesquisa de países desenvolvidos (BENETTI & BIDONE, 1997).

No Brasil, a classificação das águas foi definida pela Resolução Nº 20, 18 junho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esta resolução estabeleceu 9 classes, sendo 5 de água doce, 2 de águas salobras e 2 de águas salinas, em função do grau de salinidade (em anexo).

Quanto ao grupo compreendido pelas águas doces, a divisão ocorreu em função dos seus usos, definindo-se para cada uma, os usos a que se destina e os requisitos a serem observados, representados no quadro a seguir:

Quadro 2.1 – Classificação das águas segundo seus usos preponderantes de acordo com a Resolução Nº 20, de 18 junho de 1986, do CONAMA.

| **Classe** | **Usos** |
|---|---|
| Classe Especial | • Abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção<br>• Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas |
| Classe 1 | • Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado<br>• Proteção das comunidades aquáticas<br>• Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)<br>• Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película<br>• Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana |
| Classe 2 | • Abastecimento doméstico, após tratamento convencional<br>• Proteção das comunidades aquáticas<br>• Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)<br>• Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas<br>• Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana |
| Classe 3 | • Abastecimento doméstico, após tratamento convencional<br>• Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras<br>• Dessedentação de animais |
| Classe 4 | • Navegação<br>• Harmonia paisagística<br>• Usos menos exigentes |

Fonte: Resolução Nº 20, de 18 junho de 1986, do CONAMA.

## PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

### Indicadores de Qualidade Física da Água

#### Temperatura

A temperatura pode afetar a fauna e a flora aquáticas, quando ocorre o lançamento de efluentes industriais com temperaturas elevadas provocando uma poluição térmica dos rios. A elevação da temperatura da água provoca ainda, a redução do oxigênio dissolvido, agravando ainda mais os problemas de poluição (AMARAL, 2002).

### Indicadores de Qualidade Química da Água

#### pH (potencial hidrogeniônico)

O pH representa a atividade hidrogeniônica, ou seja, a intensidade dos ácidos e álcalis presentes em uma solução, indicando o caráter ácido ou alcalino da água. Seus valores variam entre 0 e 14, classificando-se como: ácidos (pH > 7), neutros (pH = 7) e alcalinos (pH < 7). Valores baixos de pH tornam a água corrosiva enquanto que valores elevados tendem a formar incrustações nas tubulações (MOTA, 1997).

Alterações no pH da água podem prejudicar a fauna e flora aquáticas, devendo ser mantido entre os valores 6 e 9. O pH neutro não indica, necessariamente que a água seja pura, mas que ela apresenta equilíbrio entre as substâncias ácidas e alcalinas (BENETTI & BIDONE, 1997).

#### Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido provém da dissolução do oxigênio atmosférico e da fotossíntese de microorganismos vivos na água. Sua solubilidade está associada à altitude, temperatura e salinidade do corpo d'água (MURARO, 2001). Ele é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da

poluição das águas decorrentes dos despejos orgânicos, já que para o processo de decomposição são consumidos altos índices de oxigênio.

Com a redução do OD na água, algumas espécies de peixes não sobrevivem e acabam morrendo por asfixia. Além disso, caso a taxa de OD caia para zero, as águas dos rios passam a exalar maus odores, prejudicando o bem estar das populações que habitam próximo ao rio (AMARAL, 2002).

No que se refere a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) pode-se dizer que a água apresenta boa qualidade quando as águas superficiais estão saturadas de oxigênio (BRANCO, 1977). Neste caso, a água poderá ou não estar poluída, mas a saturação indicará que não está contaminada por matéria oxidável. A taxa recomendada para concentração de OD na água deve situar-se entre 8 a 11 mg/l, onde valores iguais ou inferiores a 5,0 mg/l, já são prejudiciais à vida aquática e passam a comprometer o ecossistema fluvial.

**Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

Este parâmetro avalia a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na amostra, indicando o consumo de oxigênio a partir da atividade de algas e/ ou bactérias, ou seja, indica a quantidade de oxigênio que a matéria poluidora biodegradável necessita para retirar da água em seu processo de biodegradação (BENETTI & BIDONE, 1997).

Para BRANCO (1977) a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária à total estabilização de determinada quantidade de matéria orgânica sujeita à decomposição. Segundo o autor, as fontes de fornecimento de oxigênio para a água são o próprio ar atmosférico em contato com a água, através da turbulência desta, e a atividade fotossintetizante das algas microscópicas.

As taxas adequadas para a demanda bioquímica de oxigênio devem concentrar-se entre 3mg/l $O_2$ e 5,0 mg/l $O_2$ (CONAMA, 1986). Valores acima

desta quantidade indicam a poluição da água dos rios com efluentes domésticos e industriais.

**Colimetria (coliformes fecais e totais)**

Os coliformes são bactérias que vivem normalmente em grande número no intestino humano e de animais de sangue quente. Sua presença num curso d'água pode estar relacionada com o lançamento de esgotos domésticos e fezes de animais. Um grande número de microorganismos patogênicos pode estar presente nos esgotos, sendo necessário o teste de coliformes como indicador geral da qualidade bacteriológica da água e sua presença a torna suspeita para o consumo (AMARAL, 2002).

O teste de coliformes fecais consiste na análise de presença de bactérias e organismos na água, originados da matéria fecal produzida pelo ser humano, sendo permitido até 1000 coliformes para cada 100 ml de amostra (BENETTI & BIDONE, 1997). As bactérias coliformes tendem a morrer mais ou menos rapidamente em contato com o meio externo, cujos agentes destruidores são: a luz, o oxigênio, microorganismos predadores e a sedimentação por gravidade.

Para os coliformes totais o índice aceitável é de até 5.000 coliformes por 100 ml (CONAMA, 1986).

Para a classificação da água, são determinados diversos parâmetros que representam suas características físicas, químicas e biológicas próprias dos ambientes naturais ou inseridas pela atividade antrópica. Estes parâmetros indicam os níveis de qualidade da água destinada para determinados usos.

Neste caso, os índices do quadro a seguir, referem-se às águas da Classe 2, representando os limites máximos para que haja a proteção das comunidades aquáticas.

Quadro 2.2 - Limites para os parâmetros de qualidade de água para Classe 2, segundo a Resolução Nº 20 de 1986 do CONAMA.

| Parâmetros | Índices limites para qualidade da água |
|---|---|
| PH | 6,0 a 9,0 |
| Oxigênio Dissolvido | Não inferior a 5 mg/l |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | Máx. de 3 a 5 mg/l $O_2$ |
| Coliformes Fecais | Concentração de até 1,000 coliformes fecais por 100 mililitros |
| Coliformes Totais | Concentração de até 5,000 coliformes totais por 100 mililitros |

Fonte: Resolução Nº 20, de 18 junho de 1986, do CONAMA.

## 2.6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos nas estações de coleta do canal do rio dos Macacos foram analisados entre o período de maio e setembro de 2002 e classificados de acordo com os padrões indicados pela resolução do CONAMA (Resolução Nº 20, 1986), para águas da classe 2, citados anteriormente.

### Temperatura

A temperatura da água oscilou entre 25,5ºC em 20/05/02 e 21ºC em 22/07/02. De modo geral, observou-se que os valores mais elevados de ph e os menores de oxigênio dissolvido ocorreram no dia 22/07/02 onde a temperatura da água registrou seu valor mais baixo 21ºC (Tabela 2.2).

### pH

De modo geral, os valores de pH concentraram-se entre 6,1U.pH (PT3) em 20/05/02 e 7,0 U.pH (PT5) em 22/07/02 para todas as amostras, estando dentro das normas estipuladas para este parâmetro (Tabela 2.2). Apesar dos dados manterem-se próximos ao pH neutro (7) eles apresentaram tendência para a alcalinidade, porém não houve comprometimento do ambiente. Este fato está relacionado, provavelmente, aos períodos chuvosos onde o declínio

dos valores de pH ocorre em função da lixiviação do solo pela água da chuva.

Os valores de ph mais baixos foram observados no dia 20/05/02 entre 6,1 e 6,3 U.pH. Os valores mais elevados, entre 6,7 e 7,0 U.pH, registraram-se no dia 22/07/02 (Figura 2.4).

Os resultados obtidos para o pH indicam águas propícias para o desenvolvimento da fauna e da flora aquáticas e não corrosivas quanto às condições de formar incrustações em tubulações.

**Oxigênio Dissolvido (OD)**

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou valores entre 8,2mg/L (PT1) e 4,8mg/L (PT5) registrados no dia 22/07/02, com ligeira redução em direção à jusante (Tabela 2.2). No PT1 foram obtidos os maiores valores para OD (8,0 e 8,2mg/L) em 18/06/02 e 22/07/02, evidenciando a maior disponibilidade de oxigênio, neste ponto, para as reações químicas e biológicas. O valor mais baixo foi registrado no PT5 (4,8mg/L) em 22/07/02, estando associado à maior concentração de efluentes e a baixa energia do fluxo neste ponto (Figura 2.5).

Os resultados obtidos mostraram que as variações nos valores de oxigênio dissolvido não comprometem o desenvolvimento da vida aquática. De modo geral, a média dos os valores de OD concentrou-se entre 6,8mg/L (PT3) e 7,4mg/L (PT1) abaixo do valor estipulado pelo CONAMA, porém não acarretando em graves danos ao ecossistema.

**Demanda Bioquímica De Oxigênio (DBO)**

Quanto à demanda bioquímica de oxigênio (DBO), os valores variaram entre 12,8 mg/L (PT1) em 19/08/02 e 2,0 mg/L (PT5) em 19/08/02 (Tabela 2.2). Todos os pontos apresentaram índices elevados de DBO, quando comparados com a classificação do CONAMA, caracterizando o aumento do consumo de oxigênio pela matéria orgânica biodegradável, ao longo do

Tabela 2.2 – Dados de poluição das águas do rio dos Macacos – ano 2002

| PT1 | TEMP. ÁGUA | TEMP. AR | O.D | D.B.O | PH | COLI. TOTAIS | COLI. FECAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ºC | ºC | mg/L | mg/L | U.pH | NMPmil/100ml | NMPmil/100ml |
| 20/05 | **25.5** | 29 | 7.8 | 5.2 | **6.3** | 30,000 | 30,000 |
| 18/06 | 23.5 | 30 | **8.0** | 4.8 | 6.6 | 23,000 | 13,000 |
| 22/07 | **21** | 26 | **8.2** | 3.6 | **6.9** | 140,000 | 140,000 |
| 19/08 | 24.5 | 28 | **5.2** | **12.8** | 6.4 | **> 1.600.000** | 1,600,000 |
| 23/09 | 22 | 23 | 7.6 | 4.8 | 6.5 | 1,300,000 | 500,000 |

| PT2 | TEMP. ÁGUA | TEMP. AR | O.D | D.B.O | PH | COLI. TOTAIS | COLI. FECAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ºC | ºC | mg/L | mg/L | U.pH | NMPmil/100ml | NMPmil/100ml |
| 20/05 | 25 | 29 | 7.2 | 6.0 | **6.2** | 23,000 | 23,000 |
| 18/06 | 23.5 | 30 | 6.8 | 6.8 | 6.5 | 1,600,000 | 900,000 |
| 22/07 | **21** | 26 | 7.4 | 4.6 | **6.7** | 1,600,000 | 900,000 |
| 19/08 | 24.5 | 28 | **5.6** | 6.4 | 6.3 | 900.00 | 300,000 |
| 23/09 | 22 | 23 | 7.8 | 6.2 | 6.5 | **> 1.600.000** | 1,600,000 |

| PT3 | TEMP. ÁGUA | TEMP. AR | O.D | D.B.O | PH | COLI. TOTAIS | COLI. FECAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ºC | ºC | mg/L | mg/L | U.pH | NMPmil/100ml | NMPmil/100ml |
| 20/05 | 25 | 29 | 7.0 | 6.8 | **6.1** | 23,000 | 23,000 |
| 18/06 | 23.5 | 30 | 7.2 | 5.2 | 6.5 | 1,600,000 | 500,000 |
| 22/07 | **21** | 26 | 6.4 | 5.6 | **6.8** | 1,600,000 | 1,600,000 |
| 19/08 | 24.5 | 28 | 6.0 | 4.0 | 6.4 | 240,000 | 240,000 |
| 23/09 | 22 | 23 | 7.6 | 6.6 | 6.5 | 900,000 | 240,000 |

| PT4 | TEMP. ÁGUA | TEMP. AR | O.D | D.B.O | PH | COLI. TOTAIS | COLI. FECAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ºC | ºC | mg/L | mg/L | U.pH | NMPmil/100ml | NMPmil/100ml |
| 20/05 | 25 | 29 | 7.6 | 5.2 | **6.2** | 11,000 | 11,000 |
| 18/06 | 23.5 | 30 | 7.4 | 3.6 | 6.7 | 1,600,000 | 900,000 |
| 22/07 | **21** | 26 | **6.8** | 4.0 | **6.9** | 500,000 | 140,000 |
| 19/08 | 24.5 | 28 | 7.0 | 3.8 | 6.6 | 50,000 | 50,000 |
| 23/09 | 22 | 23 | 7.6 | 5.8 | 6.6 | 900,000 | 500,000 |

| PT5 | TEMP. ÁGUA | TEMP. AR | O.D | D.B.O | PH | COLI. TOTAIS | COLI. FECAIS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ºC | ºC | mg/L | mg/L | U.pH | NMPmil/100ml | NMPmil/100ml |
| 20/05 | 25 | 29 | 7.2 | 3.2 | **6.3** | 2,300 | 2,300 |
| 18/06 | 23.5 | 30 | 7.8 | 3.8 | 6.7 | 900,000 | 70,000 |
| 22/07 | 22 | 26 | **4.8** | **10.0** | **7.0** | **>1.600.000** | 900,000 |
| 19/08 | 23.5 | 28 | 7.4 | **2.0** | 6.8 | 50,000 | 50,000 |
| 23/09 | 23 | 23 | 7.0 | 6.2 | 6.8 | **>1.600.000** | 1,600,000 |

canal. Ocorrências anômalas foram registradas no ponto PT1 (12,8mg/L) em 19/08/02 e no ponto PT5 em 22/07/02 (Figura 2.6).

De acordo com a média, as maiores concentrações de DBO foram encontradas nos pontos PT1 e PT2 (6,2 e 6,0mg/L) sendo possível observar a tendência de diminuição destes valores em direção à jusante.

**Colimetria (Coliformes Fecais e Totais)**

Os coliformes fecais apresentaram valores elevados que oscilaram de forma irregular, ao longo do período, entre 2.300 Número Mais Provável/100 ml (PT5 em 20/05/02) e >1.600.000 NMP/100 ml (PT1 em 19/08/02, PT2 em 23/09/02 e PT5 em 22/07/02). Da mesma forma, os coliformes totais também apresentaram valores elevados situando-se entre 2.300 NMP/100 ml (PT5) e > 1.600.000 NMP/100 ml (PT1, PT2 e PT5), nas mesmas datas anteriormente citadas (Tabela 2.2, Figura 2.7 e 2.8).

De acordo com a resolução do CONAMA (Resolução Nº 20, 1986), as águas do canal do rio dos Macacos apresentaram índices elevados de coliformes fecais e totais acima dos limites estipulados para águas da Classe 2, sendo para coliformes fecais até 1.000 NMP/100 ml e para coliformes totais até 5.000 NMP/100 ml. Neste caso, os altos índices de coliformes fecais indicam contaminação da água por fezes, favorecendo a transmissão de doenças e a presença de odores desagradáveis, porém ainda com ocorrência de vida aquática.

Figura 2.4 – Distribuição dos valores de pH

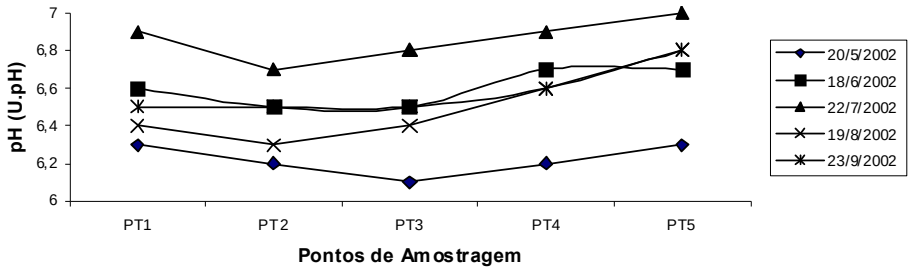


Figura 2.5 – Distribuição dos valores de oxigênio dissolvido (OD)

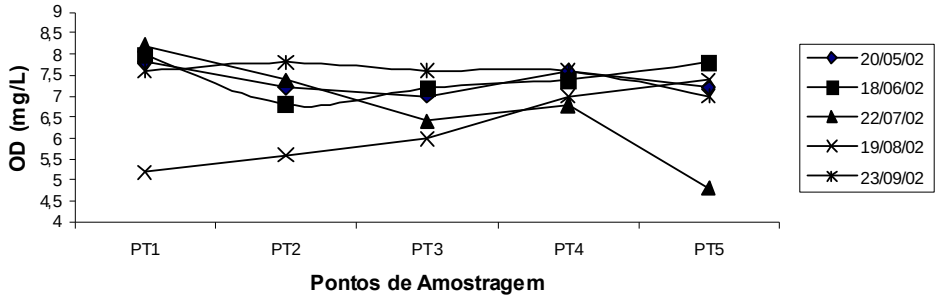



Figura 2.6 – Distribuição dos valores de demanda bioquímica de oxigênio (DBD)

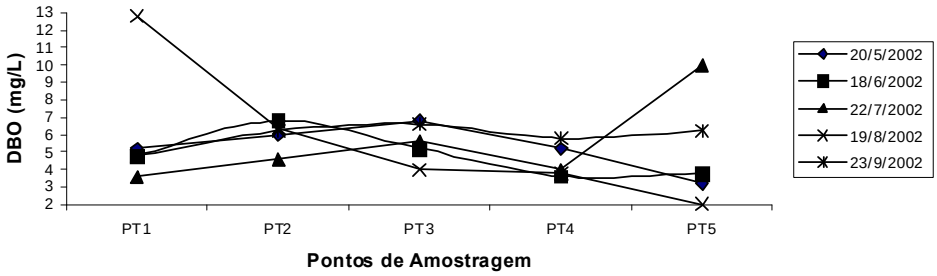



Figura 2.7 – Distribuição dos valores de coliformes fecais

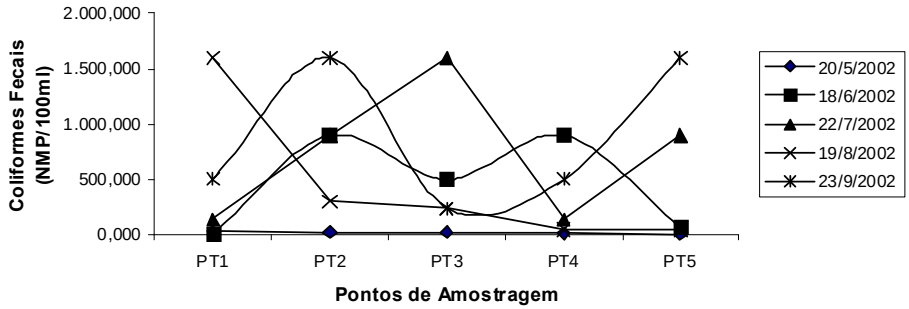
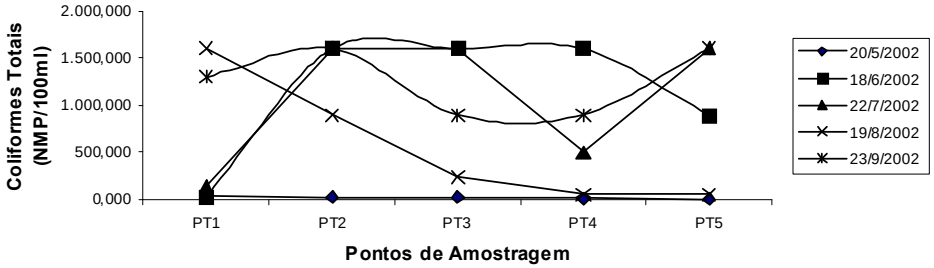



Figura 2.8 – Distribuição dos valores de coliformes totais



**REDE DE ESGOTO E ESCOAMENTO PLUVIAL**

A rede de esgoto é administrada pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) e funciona neste ponto com uma rede de tubulações simples, principal, recalques (bombeadores) e elevatória ligados ao sistema interceptor oceânico, realizando a disposição dos esgotos sanitários em um ponto situado a 27m de profundidade e a cerca de 4 km da costa.

Porém, com o crescimento da urbanização, é comum o lançamento de esgotos sanitários na rede de água pluvial através de ligações clandestinas ou até mesmo o lançamento direto no rio como foi evidenciado no setor A, onde encontram-se casa nas margens do canal. No setor B, próximo ao PT4, dentro do Jardim Botânico, foram encontrados dois locais de lançamento de esgoto, provenientes de edifícios vizinhos ao parque, que interferem diretamente na qualidade da água e morfologia de fundo através da inserção de tubulações no leito do canal. (Figura 2.9 e 2.10).

Figura 2.9 – Lançamento de efluentes domésticos à montante do ponto PT4, evidenciando as modificações na qualidade da água e na morfologia de fundo em função da interferência antrópica (Foto: setembro de 2002, Crédito: L. Lucas).

Figura 2.10 – Mapa da rede de esgoto.

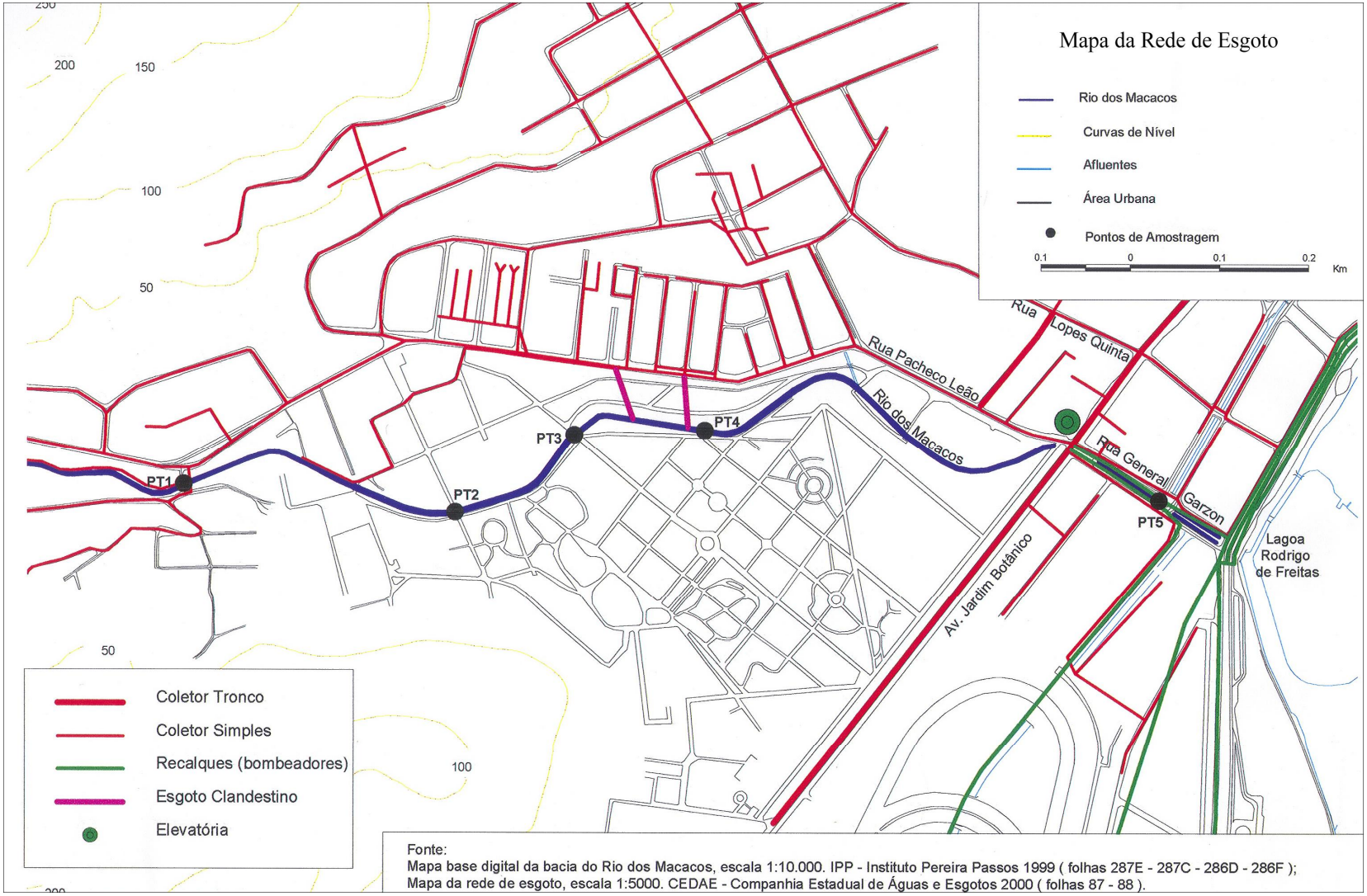
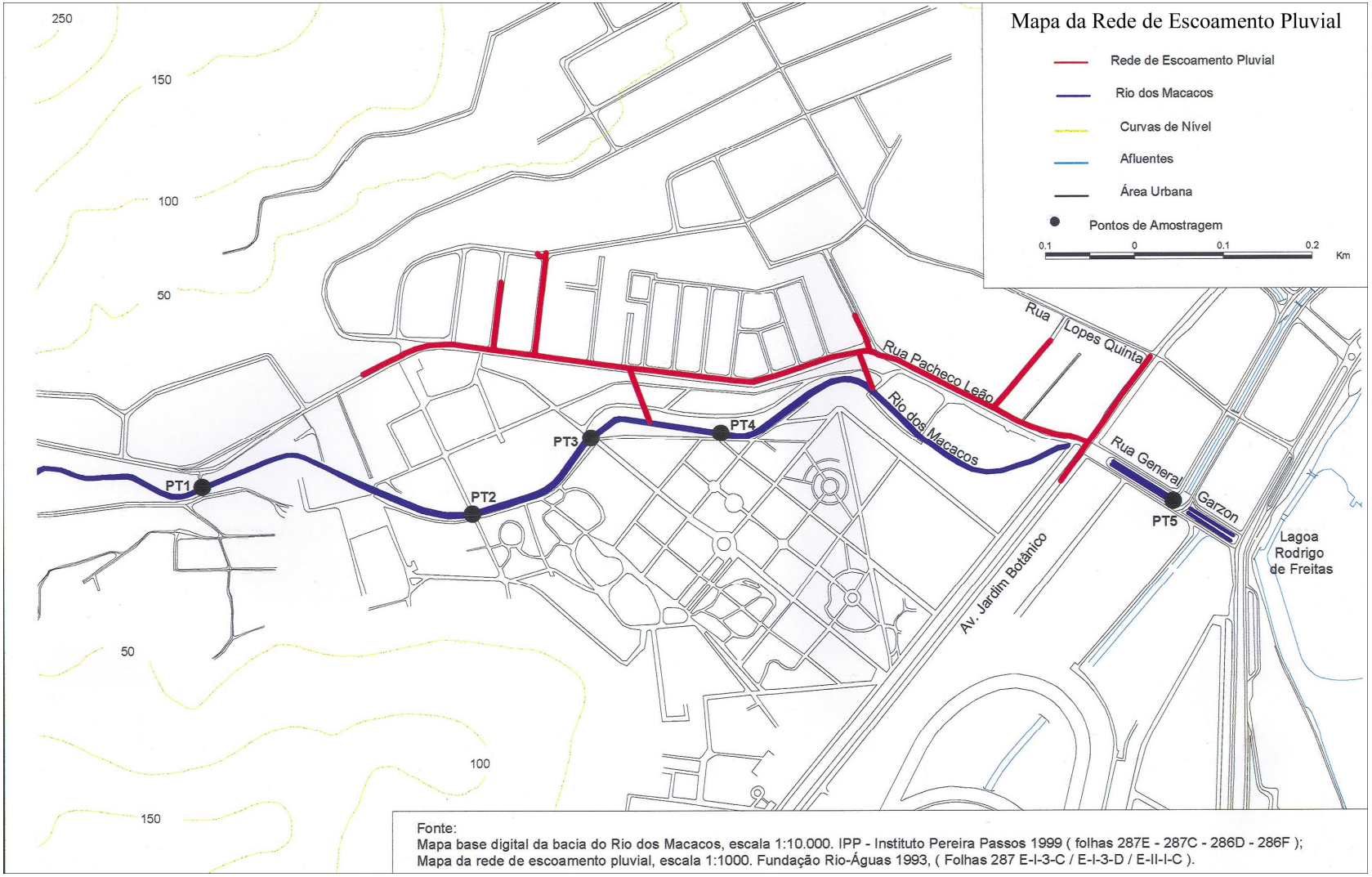


Figura 2.11 – Mapa da rede de escoamento pluvial.



A rede de escoamento pluvial compreende as ruas principais: Rua Pacheco Leão, Av. Jardim Botânico e Rua General Garzon (Figura 2.11).

Na rua Pacheco Leão há três locais de lançamento do escoamento pluvial dentro do canal: dois próximos a seção transversal do ponto PT4 (Figura 2.12) e outro no cruzamento com a Av. Jardim Botânico. O escoamento da Av. Jardim Botânico por sua vez compreende o trecho entre a rua transversal Lopes Quinta (margem esquerda do canal) e um pequeno trecho em frente ao Jardim Botânico (margem direita do canal). A rua General Garzon não possui um sistema complexo de escoamento, apenas valas no meio fio que escoam direto para dentro do canal.

Figura 2.12 – Vala localizada dentro do Jardim Botânico, à montante do ponto PT4, que canaliza parte do escoamento pluvial da Rua Pacheco Leão para dentro do canal (Foto: setembro de 2002, Crédito: L. Lucas).

A rede de águas pluviais apresenta-se normalmente obstruída com lixo lançado pela população e detritos que descem das encostas com as águas da chuva.

## 2.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rio dos Macacos é um canal urbano que vem sofrendo intensas modificações, ao longo do tempo, em função da ocupação de suas áreas marginais. Essas modificações afetam suas características naturais sobretudo a vida aquática, fazendo com que ele busque novas condições de equilíbrio entre o meio em que está inserido.

Entre os parâmetros analisados durante os meses de maio e setembro de 2002, identificou-se que o nível de pH da água, embora esteja entre os índices estabelecidos pelo CONAMA (Resolução Nº 20, 1986), apresentou uma tendência para a acidez em função da lixiviação do solo pela água da chuva, seja pelo material transportado pelo solo exposto quanto pelo transportado pelo escoamento pluvial das áreas asfaltadas.

Os índices de oxigênio dissolvido (OD) e (DBO) apresentaram valores elevados nos pontos mais próximos a montante, evidenciando a abundância de oxigênio e de reações químicas e biológicas que ali se estabelecem. Ao contrário disso, os pontos mais a jusante apresentaram valores reduzidos de oxigênio, em função da concentração de efluentes e do baixo grau de energia desses pontos.

As maiores modificações que dizem respeito a atuação antrópica puderam ser observadas nos índices de coliformes fecais, cujos valores concentraram-se entre 2.300 NMP/100 ml (PT1) e 1.600.000 NMP/100 ml (PT1, PT4 e PT5). Estes valores indicam o alto grau de contaminação do corpo d'água, já que o limite estipulado pelo CONAMA é de até 1.000 NMP/100 ml. Da mesma forma, ocorreu para os coliformes totais que também apresentaram valores elevados situando-se entre 2.300 NMP/100 ml (PT1) e > 1.600.000 NMP/100 ml (PT1, PT4 e PT5), cujo valor máximo permitido para esta categoria é até 5.000 NMP/100 ml.

Com base no estudo realizado, foi possível perceber que as alterações nos níveis de poluição do canal do rio dos Macacos vêm aumentando, fazendo-se necessário uma intervenção direta dos órgãos fiscalizadores, a fim de conscientizar a população sobre a importância dos canais fluviais no contexto urbano. Enquanto isso não acontecer, o rio dos Macacos, como muitos outros, vai servindo como coletor de dejetos industriais e de efluentes domésticos, trazendo como conseqüência a degradação de seu ecossistema refletindo-se nas populações ribeirinhas através dos odores desagradáveis e da proliferação de doenças.

## 2.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


AMARAL, S. B. (2002). Aspectos da Relação entre Uso-Ocupação do Solo e Qualidade da Água na Bacia do Rio Pequeno – São José dos Pinhais/PR. Dissertação de Mestrado. PPGG/UFP. 133p.

BENETTI, A. & BIDONE, F. (1997). O Meio Ambiente e os Recurso Hídricos. In: Hidrologia Ciência e Aplicação. 2ªEd. Porto Alegre: Editora da UFRGS. p849-875

BRANCO, S. M. (1977). Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas. São Paulo: Edgard Blücher, CETESB. 185p.

BRANDÃO, A. M. P. (1997). As Chuvas e a Ação Humana: Uma Infeliz Coincidência. In: Tormentas Cariocas. Rio de Janeiro. p21-36

CLESCERI, L. S., GREENBERG, E. A, EATON, A. D. (1998). Standard Methods. For the Examination of Water and Wastewater – 20th Edition. APHA/AWWA, (2) 8-11p, (5) 3-9p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (1986). Resolução Nº 20. Brasília – DF.

COSTA, A. J. (1995). Modificações no Comportamento Hidrológico de Bacias Hidrográficas no Município do Rio de Janeiro (RJ) em Função da Urbanização. Dissertação de Mestrado. PPGG/UFRJ. 133p.

EMBRAPA (1992). Identificação de Limitações Pedológicas e Ambientais Causadoras de Degradação de Áreas do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: JBRJ. 101p.

EMBRAPA (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. 338p.

GRASSHOFF, K.; EHRHARDT, M. & KREMLING, K. (1983). Methods of Seawater Analysis. 2nd ed. Verlag Chemie. 178p.

MOTA, S. (1997). Introdução à Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro: ABES. 280p.

MUEHE, D. & VALENTINI, E. (1998). O Litoral do Estado do Rio de Janeiro: Uma Caracterização Físico-Ambiental. FEMAR. Rio de Janeiro. 99p.

MURARO, L. G. (2001). Caracterização da Qualidade da Água ao Longo do Curso do Rio dos Macacos, Município do Rio de Janeiro, RJ. Monografia de Conclusão de Curso em Oceanografia/UERJ. Rio de Janeiro. 79p.

PORTO, M. F., BRANCO, S. M. & LUCAS, S. J. (1991). Hidrologia Ambiental. Caracterização da Qualidade da Água. São Paulo: EDUSP, ABRH. p27-68

REBELLO, A. L. R. & CARREIRA. R. (1997). Métodos Analíticos de Referência em Oceanografia Química – Programa Revizee. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hidrícos e da Amazônia Legal (MMA)/ Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente (SMA). Rio de Janeiro. 75p.

SERLA (1990). Projeto de Contenção de Cheias da Bacia da Lagoa Rodrigo de Freitas. Estudos de Impacto Ambiental (EIA). Rio de Janeiro. 128p.

## III – CONSIDERAÇÕES GERAIS/RECOMENDAÇÕES

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos últimos anos, com o aumento populacional e o consequente aumento das áreas urbanas, houve a necessidade de realização de pesquisas e projetos que avaliem as atuais situações de degradação que se encontram os ambientes naturais inseridos no contexto urbano, visando a gestão e recuperação dos mesmos.

Este trabalho, que teve como área de estudo o rio dos Macacos, dá início a uma série de pesquisas que ainda devem ser desenvolvidas, com base na continuidade do monitoramento das variáveis hidrodinâmicas do canal, identificandondo a variação e intensidade das mudanças ocorridas na morfologia do canal e na qualidade das águas ao longo do tempo.

Através deste estudo, foram identificadas modificações na calha do rio e na distribuição granulométrica dos sedimentos ao longo do canal, proporcionado por fatores naturais e agravados, ainda mais, pela atuação antrópica, que alteram sua estabilidade.

A elevada concentração de coliformes fecais presentes na água acarretam problemas sérios para as populações ribeirinhas através da proliferação de doenças e odores desagradáveis, além de comprometer o ecossistema aquático ali presente.

### RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista, as modificações ocorridas na morfologia do canal e os elevados níveis de poluição das águas, sugere-se algumas recomendações que darão continuidade a esta pesquisa, possibilitando a recuperação de parte das características naturais do canal.

a) Continuidade do monitoramento da capacidade do canal uma vez que o contínuo assoriamento do mesmo é um dos responsáveis pela ocorrência de cheias e inundações locais.

b) Reabilitação da estação fluviométrica do Jardim Botânico desativada em julho de 1979, que fornecerá dados relativos a vazão e a velocidade do fluxo.

c) Avaliar a proporcionalidade de tamanho das seções transversais da nascente até a lagoa Rodrigo de Freitas eliminando os estrangulamentos em trechos do canal que favorecem o transbordamento e a erosão das margens em períodos de chuvosos.

d) Instalação de estações sedimentométricas que registrem o comportamento e a distribuição dos sedimentos ao longo do canal para que, através dos dados obtidos, seja possível identificar os processos atuantes, no que se refere ao fornecimento de material para o leito.

e) Reconstituição das áreas marginais ocupadas por casas, principalmente à montante, através da fixação da mata ciliar, importante para promover a estabilidade do canal e a reconstituição do ecossistema.

f) Instalação de estações de monitoramento de qualidade da água com o propósito de identificar os locais mais críticos quanto a poluição. Avaliação da rede de esgoto não só identificando a rede atual como a rede clandestina, promovendo soluções junto aos orgãos públicos.

g) Intensificação do trabalho de conscientização da população, já iniciado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, sobre a importância da preservação dos ambientes fluviais e do desenvolvimento sustentável.

h) Avaliação do nível de saúde da população local através de pesquisas e entrevistas

Sendo assim, a viabilização de projetos e planos de gestão para áreas degradadas, baseia-se em estudos preliminares, havendo porém, a necessidade de disposição e interesse políticos para que finalmente possam ser postos em prática.

# ANEXOS

**RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986**

Publicado no D.O.U. de 30/07/86

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 7º, inciso lX, do Decreto 88.351, de 1º de junho de 1983, e o que estabelece a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003, de 5 de junho de 1984;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que os custos do controle de poluição podem ser melhor adequados quando os níveis de qualidade exigidos, para um determinado corpo d'água ou seus diferentes trechos, estão de acordo com os usos que se pretende dar aos mesmos;

Considerando que o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como conseqüência da deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos permanentes;

Considerando a necessidade de reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento ;

RESOLVE estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional:

Art. 1º - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional :

**ÁGUAS DOCES**

1 - Classe Especial - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção.

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

ll - Classe 1 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao Solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.

lll - Classe 2 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);

d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;

e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

lV - Classe 3 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - águas destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística;

c) aos usos menos exigentes.

**ÁGUAS SALINAS**

VI - Classe 5 - águas destinadas:

a) à recreação de contato primário;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas:

a) à navegação comercial;

b) à harmonia paisagística;

c) à recreação de contato secundário.

**ÁGUAS SALOBRAS**

VIII - Classe 7 - águas destinadas:

a) à recreação de contato primário;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas:

a) à navegação comercial;

b) à harmonia paisagística;

c) à recreação de contato secundário

Art. 2º - Para efeito desta resolução são adotadas as seguintes definições.

a) CLASSIFICAÇÃO: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade).

b) ENQUADRAMENTO: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.

c) CONDIÇÃO: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.

d) EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.

e) ÁGUAS DOCES: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 %o.

f) ÁGUAS SALOBRAS: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %o. e 30 %o.

g) ÁGUAS SALINAS: águas com salinidade igual ou superior a 30 %o.

Art. 3º - Para as águas de Classe Especial, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

COLIFORMES: para o uso de abastecimento sem prévia desinfecção os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer amostra.

Art. 4º - Para as águas de classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao Solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

g) $DBO_5$ dias a 20°C até 3 mg/l $O_2$;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l$O_2$;

i) Turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/l

l) pH: 6,0 a 9,0;

m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

| | |
|---|---|
| Alumínio: | 0,1 mg/l Al |
| Amônia não ionizável: | 0,02 mg/l $NH_3$. |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Bário: | 1,0 mg/l Ba. |
| Berílio: | 0,1 mg/l Be |
| Boro: | 0,75 mg/l B |
| Benzeno : | 0,01 mg/l |
| Benzo-a-pireno: | 0,00001 mg/l |
| Cádmio: | 0,001 mg/l Cd |
| Cianetos: | 0,01 mg/l CN |
| Chumbo: | 0,03 mg/l Pb |

| | |
|---|---|
| Cloretos: | 250 mg/l Cl |
| Cloro Residual: | 0,01 mg/l Cl |
| Cobalto: | 0,2 mg/l Co |
| Cobre: | 0,02 mg/l Cu |
| Cromo Trivalente: | 0,5 mg/l Cr |
| Cromo Hexavalente: | 0,05 mg/l Cr |
| 1,1 dicloroeteno : | 0,0003 mg/l |
| 1,2 dicloroetano: | 0,01 mg/l |
| Estanho; | 2,0 mg/l Sn |
| Índice de Fenóis: | 0,001 mg/l $C_6H_5OH$ |
| Ferro solúvel: | 0,3 mg/l Fe |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Fosfato total: | 0,025 mg/l P |
| Lítio: | 2,5 mg/l Li |
| Manganês: | 0,1 mg/l Mn |
| Mercúrio: | 0,0002 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,025 mg/l Ni |
| Nitrato: | 10 mg/l N |
| Nitrito: | 1,0 mg/l N |
| Prata: | 0,01mg/l Ag |
| Pentaclorofenol: | 0,01 mg/l |
| Selênio: | 0,01mg/l Se |
| Sólidos dissolvidos totais: | 500 mg/l |
| Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno : | 0,5 mg/l LAS |

| | |
|---|---|
| Sulfatos: | 250 mg/l $SO_4$ |
| Sulfetos (como $H_2S$ não dissociado): | 0,002 mg/l S |
| Tetracloroeteno: | 0,01 mg/l |
| Tricloroeteno: | 0,03 mg/l |
| Tetracloreto de carbono: | 0,003 mg/l |
| 2, 4, 6 triclorofenol: | 0,01 mg/l |
| Urânio total: | 0,02 mg/l U |
| Vanádio: | 0,1 mg/l V |
| Zinco: | 0,18 mg/l Zn |
| Aldrin: | 0,01 mg/l |
| Clordano: | 0,04 µg/l |
| DDT; | 0,002 µg/l |
| Dieldrin: | 0,005 µg/l |
| Endrin: | 0,004 µg/l |
| Endossulfan: | 0,056 µg/l |
| Epôxido de Heptacloro: | 0,01 µg/l |
| Heptacloro: | 0,01 µg/l |
| Lindano (gama.BHC) | 0,02 µg/l |
| Metoxicloro: | 0,03 µg/l |
| Dodecacloro + Nonacloro: | 0,001 µg/l |
| Bifenilas Policloradas (PCB'S): | 0,001 µg/l |
| Toxafeno: | 0,01 µg/l |
| Demeton: | 0,1 µg/l |
| Gution: | 0,005 µg/l |

| | |
|---|---|
| Malation: | 0,1 µg/l |
| Paration: | 0,04 µg/l |
| Carbaril: | 0,02 µg/l |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais: | 10,0 µg/l em Paration |
| 2,4 - D: | 4,0 µg/l |
| 2,4,5 - TP: | 10,0 µg/l |
| 2,4,5 - T: | 2,0 µg/l |

Art. 5º - Para as águas de Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido uma limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

c) Cor: até 75 mg Pt/l

d) Turbidez: até 100 UNT;

e) $DBO_5$ dias a 20°C até 5 mg/l $O_2$;

f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l $O_2$.

Art. 6º - Para as águas de Classe 3 são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) $DBO_5$ dias a 20°C até 10 mg/l $O_2$;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l $O_2$

1) Turbidez: até 100 UNT;

j) Cor: até 75 mg Pt/l;

l) pH: 6,0 a 9,0

m) Substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

| | |
|---|---|
| Alumínio: | 0,1 mg/l Al |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Bário: | 1,0 mg/l Ba |
| Berílio: | 0,1 mg/l Be |
| Boro: | 0,75 mg/l B |
| Benzeno: | 0,01 mg/l |
| Benzo-a-pireno: | 0,00001 mg/l |
| Cádmio: | 0,01 mg/l Cd |
| Cianetos: | 0,2 mg/l CN |
| Chumbo: | 0,05 mg/l Pb |
| Cloretos: | 250 mg/l Cl |
| Cobalto: | 0,2 mg/l Co |
| Cobre: | 0,5 mg/l Cu |
| Cromo Trivalente: | 0,5 mg/l Cr |
| Cromo Hexavalente: | 0,05 mg/l Cr |
| 1,1 dicloroeteno: | 0,0003 mg/l |

| | |
|---|---|
| 1.2 dicloroetano: | 0,01 mg/l |
| Estanho: | 2,0 mg/l Sn |
| Índice de Fenóis: | 0,3 mg/l $C_6H_5OH$ |
| Ferro solúvel: | 5,0 mg/l Fe |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Fosfato total: | 0,025 mg/l P |
| Lítio: | 2,5 mg/l Li |
| Manganês: | 0,5 mg/l Mn |
| Mercúrio: | 0,002 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,025 mg/l Ni |
| Nitrato: | 10 mg/l N |
| Nitrito: | 1,0 mg/l N |
| Nitrogênio amoniacal: | 1,0 mg/l N |
| Prata: | 0,05 mg/l Ag |
| Pentaclorofenol: | 0,01 mg/l |
| Selênio: | 0,01mg/l Se |
| Sólidos dissolvidos totais: | 500 mg/l |
| Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno: | 0,5 mg/l LAS |
| Sulfatos: | 250 mg/l $SO_4$ |
| Sulfatos (como $H_2S$ não dissociado): | 0,3 mg/l S |
| Tetracloroetano: | 0,01 mg/l |
| Tricloroetano: | 0,03 mg/l |
| Tetracloreto de Carbono: | 0,003 mg/l |
| 2, 4, 6 triclorofenol: | 0,01 mg/l |

| | |
|---|---|
| Urânio total: | 0,02 mg/l U |
| Vanádio: | 0,1 mg/l V |
| Zinco: | 5,0 mg/l Zn |
| Aldrin: | 0,03 µg/l |
| Clordano: | 0,3 µg/l |
| DDT: | 1,0 µg/l |
| Dieldrin: | 0,03 µg/l |
| Endrin: | 0,2 µg/l |
| Endossulfan: | 150 µg/l |
| Epóxido de Heptacloro: | 0,1 µg/l |
| Heptacloro: | 0,1 µg/l |
| Lindano (gama-BHC): | 3,0 µg/l |
| Metoxicloro: | 30,0 µg/l |
| Dodecacloro + Nonacloro: | 0,001 µg/l |
| Bifenilas Policloradas (PCB'S): | 0,001 µg/l |
| Toxafeno: | 5,0 µg/l |
| Demeton: | 14,0 µg/l |
| Gution: | 0,005 µg/l |
| Malation: | 100,0 µg/l |
| Paration: | 35,0 µg/l |
| Carbaril: | 70,0 µg/l |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais em Paration: | 100,0 µg/l |
| 2,4 - D: | 20,0 µg/l |
| 2,4,5 - TP: | 10,0 µg/l |

| | |
|---|---|
| 2,4,5 - T: | 2,0 µg/l |

Art. 7º - Para as águas de Classe 4, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) odor e aspecto: não objetáveis;

c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;

d) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

e) índice de fenóis até 1,0 mg/l $C_6H_5OH$;

f) OD superior a 2,0 mg/l $O_2$, em qualquer amostra;

g) pH: 6 a 9.

**ÁGUAS SALINAS**

Art. 8º - Para as águas de Classe 5, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1,000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) $DBO_5$ dias a 20°C até 5 mg/l $O_2$ ;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/l $O_2$ ;

i) pH: 6,5 à 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade;

j) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) :

| | |
|---|---|
| Alumínio: | 1,5 mg/l Al |
| Amônia não ionizável: | 0,4 mg/l $NH_3$ |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Bário: | 1,0 mg/l Ba |
| Berílio: | 1,5 mg/l Be |
| Boro: | 5,0 mg/l B |
| Cádmio: | 0,005 mg/l Cd |
| Chumbo: | 0,01 mg/l Pb |
| Cianetos: | 0,005 mg/l CN |
| Cloro residual: | 0,01 mg/l Cl |
| Cobre: | 0,05 mg/l Cu |
| Cromo hexavalente: | 0,05 mg/l Cr |
| Estanho: | 2,0 mg/l Sn |
| Índice de fenóis: | 0,001 mg/l $C_6H_5OH$ |
| Ferro: | 0,3 mg/l Fe |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Manganês: | 0,1 mg/l Mn |
| Mercúrio: | 0,0001 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,1 mg/l Ni |
| Nitrato: | 10,0 mg/l N |
| Nitrito: | 1,0 mg/ N |
| Prata: | 0,005 m/l Ag |
| Selênio: | 0,01 mg/l Se |
| Substâncias tensoativas que reagem | 0,5 mg/l - LAS |

| | |
|---|---|
| com o azul de metileno: | |
| Sulfetos com $H_2S$: | 0,002 mg/l S |
| Tálio: | 0,1 mg/l Tl |
| Urânio Total: | 0,5 mg/l U |
| Zinco: | 0,17 mg/l Zn |
| Aldrin: | 0,003 µg/l |
| Clordano: | 0,004 µg/l |
| DDT: | 0,001 µg/l |
| Demeton: | 0,1 µg/l |
| Dieldrin: | 0,003 µg/l |
| Endossulfan: | 0,034 µg/l |
| Endrin: | 0,004 µg/l |
| Epóxido de Heptacloro: | 0,001 µg/l |
| Heptacloro: | 0,001 µg/l |
| Metoxicloro: | 0,03 µg/l |
| Lindano (gama - BHC): | 0,004 µg/l |
| Dodecacloro + Nonadoro: | 0,001 µg/l |
| Gution: | 0,01 µg/l |
| Malation: | 0,1 µg/l |
| Paration: | 0,04 µg/l |
| Toxafeno: | 0,005 µg/l |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais: | 10,0 µg/l em Paration |
| 2,4 .- D: | 10,0 µg/l |
| 2, 4, 5 - TP: | 10,0 µg/l |

| | |
|---|---|
| 2, 4, 5 - T | 10,0 µg/l |

Art. 9º - Para as águas de Classe 6, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes; virtualmente ausentes:

b) óleos e graxas: toleram-se iridicências;

c) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4,000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meio disponível para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) $DBO_5$ dias a 20°C até 10 mg/l $O_2$

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/l $O_2$;

i) pH: 6,5, a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades;

**ÁGUAS SALOBRAS**

Art. 10 - Para as águas de Classe 7, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) $DBO_5$ dias a 20°C até 5 mg/l $O_2$;

b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/l $O_2$;

c) pH: 6,5 a 8,5

d) óleos e graxas: virtualmente ausentes:

e) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

f) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

g) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

h) coliformes; para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução, Para o uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedido uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por

100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês;

i) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos) ;

| | |
|---|---|
| Amônia: | 0,4 mg/l $NH_3$ |
| Arsênio: | 0,05 mg/l As |
| Cádmio: | 0,005 mg/l Cd |
| Cianetos: | 0,005 mg/l CN |
| Chumbo: | 0,01 mg/l Pb |
| Cobre: | 0,05 mg/l Cu |
| Cromo hexavalente: | 0,05 mg/l Cr |
| Índice de fenóis: | 0,001 mg/l $C_6H_5OH$ |
| Fluoretos: | 1,4 mg/l F |
| Mercúrio: | 0,0001 mg/l Hg |
| Níquel: | 0,1 mg/l Ni |
| Sulfetos como $H_2S$: | 0,002 mg/l S |
| Zinco: | 0,17 mg/l Zn |
| Aldrin: | 0,003 µg/l |
| Clordano: | 0,004 µg/l |
| DDT: | 0,001 µg/l |
| Demeton: | 0,1 µg/l |
| Dieldrin: | 0,003 µg/l |
| Endrin: | 0,004 µg/l |
| Endossulfan: | 0,034 µg/l |
| Epóxido de heptacloro: | 0,001 µg/l |

| | |
|---|---|
| Gution: | 0,01 µg/l |
| Heptacloro: | 0,001 µg/l |
| Lindano (gama . BHC): | 0,004 µg/l |
| Malation: | 0,1 µg/l |
| Metoxicloro: | 0,03 µg/l |
| Dodecacloro + Nonacloro: | 0,001 µg/l |
| Paration: | 0,04 µg/l |
| Toxafeno: | 0,005 µg/l |
| Compostos organofosforados e carbamatos totais: | 10,0 µg/l em Paration |
| 2,4 - D: | 10,0 µg/l |
| 2, 4, 5 - T: | 10,0 µg/l |
| 2, 4, 5 - TP: | 10,0 µg/l |

Art.11 - Para as águas de Classe 8, são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) pH: 5 a 9

b) OD, em qualquer amostra, não inferior a 3,0 mg/l $O_2$;

c) óleos e graxas: toleram-se iridicências;

d) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

e) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

f) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

g) coliformes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes recais, o índice será de 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

Art. 12 - Os padrões de qualidade das águas estabelecidos nesta Resolução constituem-se em limites individuais para cada substância. Considerando eventuais ações sinergéticas entre as mesmas, estas ou outras não especificadas, não

poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida.

§ 1º - As substâncias potencialmente prejudiciais a que se refere esta Resolução, deverão ser investigadas sempre que houver suspeita de sua presença,

§ 2º - Considerando as limitações de ordem técnica para a quantificação dos níveis dessas substâncias, os laboratórios dos organismos competentes deverão estruturar-se para atenderem às condições propostas. Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática deverão ser investigados quanto a presença eventual dessas substâncias.

Art. 13 - Os limites de DBO, estabelecidos para as Classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que os teores mínimos de OD, previstos, não serão desobedecidos em nenhum ponto do mesmo, nas condições críticas de vazão ($Q_{crit.} = Q_{7,10}$, onde $Q_{7.10}$, é a média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos em 10 (dez) anos de recorrência de cada seção do corpo receptor).

Art. 14 - Para os efeitos desta Resolução, consideram-se entes, cabendo aos órgãos de controle ambiental, quando necessário, quantificá-los para cada caso.

Art. 15 - Os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou tornar mais restritivos os estabelecidos nesta Resolução, tendo em vista as condições locais.

Art. 16 - Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas.

Art. 17 - Não será permitido o lançamento de poluentes nos mananciais sub-superficiais.

Art. 18 - Nas águas de Classe Especial não serão tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos, substâncias potencialmente tóxicas, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros poluentes, mesmo tratados. Caso sejam utilizadas para o abastecimento doméstico deverão ser submetidas a uma inspeção sanitária preliminar.

Art. 19 - Nas águas das Classes 1 a 8 serão tolerados lançamentos de desejos, desde que, além de atenderem ao disposto no Art. 21 desta Resolução, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para as respectivas classes sejam ultrapassados.

Art. 20 - Tendo em vista os usos fixados para as Classes, os órgãos competentes enquadrarão as águas e estabelecerão programas de controle de poluição para a efetivação dos respectivos enquadramentos, obedecendo ao seguinte:

a) o corpo de água que, na data de enquadramento, apresentar condição em desacordo com a sua classe (qualidade inferior à estabelecida,), será objeto de

providências com prazo determinado visando a sua recuperação, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais;

b) o enquadramento das águas federais na classificação será procedido pela SEMA, ouvidos o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográfica; - CEEIBH e outras entidades públicas ou privadas interessadas;

c ) o enquadramento das águas estaduais será efetuado pelo órgão estadual competente, ouvidas outras entidades públicas ou privadas interessadas;

d) os órgão competentes definirão as condições especificas de qualidade dos corpos de água intermitentes;

e) os corpos de água já enquadrados na legislação anterior, na data da publicação desta Resolução, serão objetos de reestudo a fim de a ela se adaptarem;

f) enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas Classe 5 e as salobras Classe 7, porém, aquelas enquadradas na legislação anterior permanecerão na mesma classe até o reenquadramento;

g) os programas de acompanhamento da condição dos corpos de água seguirão normas e procedimentos a serem estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Art. 21 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam às seguintes condições:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura : inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;

c) materiais sedimentáveis: até ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;

e) óleos e graxas:

- óleos minerais até 20 mg/l

- óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;

f) ausência de materiais flutuantes;

g) valores máximos admissíveis das seguintes substâncias:

| | |
|---|---|
| Amônia: | 5,0 mg/l N |

| | |
|---|---|
| Arsênio total: | 0,5 mg/l As |
| Bário: | 5,0 mg/ Ba |
| Boro: | 5,0 mg/l B |
| Cádmio: | 0,2 mg/l Cd |
| Cianetos: | 0,2 mg/l CN |
| Chumbo: | 0,5 mg/l Pb |
| Cobre: | 1,0 mg/l Cu |
| Cromo hexavelente: | 0,5 mg/l Cr |
| Cromo trivalente: | 2,0 mg/l Cr |
| Estanho: | 4,0 mg/l Sn |
| Índice de fenóis: | 0,5 mg/l $C_6H_5OH$ |
| Ferro solúvel: | 15,0 mg/l Fe |
| Fluoretos: | 10,0 mg/l F |
| Manganês solúvel: | 1,0 mg/l Mn |
| Mercúrio: | 0,01 mg/l Hg |
| Níquel: | 2,0 mg/l Ni |
| Prata: | 0,1 mg/l Ag |
| Selênio: | 0,05 mg/l Se |
| Sulfetos: | 1,0 mg/l S |
| Sulfito: | 1,0 mg/l $S0_3$ |
| Zinco: | 5,0 mg/l Zn |
| Compostos organofosforados e carbonatos totais: | 1,0 mg/l em Paration |
| Sulfeto de carbono: | 1,0 mg/l |
| Tricloroeteno: | 1,0 mg/l |

| | |
|---|---|
| Clorofórmio : | 1,0 mg/l |
| Tetracloreto de Carbono: | 1,0 mg/l |
| Dicloroeteno: | 1,0 mg/l |
| Compostos organoclorados não listados acima (pesticidas, solventes, etc): | 0,05 mg/l |
| outras substâncias em concentrações que poderiam ser prejudiciais: de acordo com limites a serem fixados pelo CONAMA. | |

h) tratamento especial, se provierem de hospitais e outros estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos.

Art. 22 - Não será permitida a diluição de efluentes industriais com aluas não poluídas, tais como água. de abastecimento, água de mar e água de refrigeração.

Parágrafo Único - Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes despejos ou emissões individualizadas, os limites constantes desta regulamentação aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão competente.

Art. 23 - Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento nos termos desta Resolução.

Parágrafo Único - Resguardados os padrões de qualidade do corpo receptor, demonstrado por estudo de impacto ambiental realizado pela entidade responsável pela emissão, o competente poderá autorizar lançamentos acima dos limites estabelecidos no Art. 21, fixando o tipo de tratamento e as condições para esse lançamento.

Art. 24 - Os métodos de coleta e análise« das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial - INMETRO ou, na ausência delas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, última edição, ressalvado o disposto no Art. 12. O índice de fenóis deverá ser determina do conforme o método 510 B do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16ª edição, de 1985.

Art. 25 - As indústrias que, na data da publicação desta Resolução, possuírem instalações ou projetos de tratamento de seus despejos, aprovados por órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA. que atendam à legislação anteriormente em vigor, terão prazo de três (3) anos, prorrogáveis até cinco (5) anos, a critério do Estadual Local, para se enquadrarem nas exigências desta Resolução. No entanto, as citadas instalações de tratamento deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais

características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

**BALNEABILIDADE**

Art. 26 - As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) serão enquadradas e terão sua condição avaliada nas categorias EXCELENTE, MUITO BOA. SATISFATÔRIA e IMPRÓPRIA, da seguinte forma:

a) EXCELENTE (3 estrelas) : Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais por l,00 mililitros ou 1.250 coliformes totais por 100 mililitros;

b) MUITO BOAS (2 estrelas): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais por 100 mililitros ou 2.500 coliformes totais por 100 mililitros;

c) SATISFATÓRIAS (1 estrela): Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das 5 semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes recais por 100 mililitros ou 5.000 coliformes totais por 100 mililitros;

d) IMPRÓPRIAS: Quando ocorrer, no trecho considerado, qualquer uma das seguintes circunstâncias:

1. não enquadramento em nenhuma das categorias anteriores, por terem ultrapassado os índices bacteriológicos nelas admitidos;

2. ocorrência, na região, de incidência relativamente elevada ou anormal de enfermidades transmissíveis por via hídrica, a critério das autoridades sanitárias;

3. sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato ou visão;

4. recebimento regular, intermitente ou esporádico, de esgotos por intermédio de valas, corpos d'água ou canalizações, inclusive galerias de águas pluviais, mesmo que seja de forma diluída;

5. presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;

6. pH menor que 5 ou maior que 8,5 ;

7. presença, na água, de parasitas que afetem o homem ou a constatação da existência de seus hospedeiros intermediários infectados;

8. presença, nas águas doces, de moluscos transmissores potenciais de esquistossomo, caso em que os avisos de interdição ou alerta deverão mencionar especificamente esse risco sanitário;

9. outros fatores que contra-indiquem, temporariamente ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Art. 27 - No acompanhamento da condição das praias ou balneários as categorias EXCELENTE, MUITO BOA e SATISFATÓRIA poderão ser reunidas numa única categoria denominada PRÓPRIA.

Art. 28 - Se a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou como conseqüência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no Boletim de condição das praias e balneários.

Art. 29 - A coleta de amostras será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários.

Art. 30 - Os resultados dos exames poderão, também, se referir a períodos menores que 5 semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, 5 amostras durante o tempo mencionado.

Art. 31 - Os exames de colimetria, previstos nesta Resolução, sempre que possível, serão feitos para a identificação e contagem de coliformes fecais, sendo permitida a utilização de índices expressos em coliformes totais, se a identificação e contagem forem difíceis ou impossíveis.

Art. 32 - À beira mar, a coleta de amostra para a determinação do número de coliformes fecais ou totais deve ser, de preferência, realizada nas condições de maré que apresentem, costumeiramente, no local, contagens bacteriológicas mais elevadas.

Art. 33 - As praias e outros balneários deverão ser interditados se o órgão de controle ambiental, em qualquer dos seus níveis (Municipal, Estadual ou Federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação primária justifica a medida.

Art. 34 - Sem prejuízo do disposto no artigo anterior, sempre que houver uma afluência ou extravasamento de esgotos capaz de oferecer sério perigo em praias ou outros balneários, o trecho afetado deverá ser sinalizado, pela entidade responsável, com bandeiras vermelhas constando a palavra POLUÍDA em cor negra.

**DISPOSIÇÕES GERAIS**

Art. 35 - Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização para o cumprimento da legislação, bem como a aplicação das penalidades previstas, inclusive a interdição de atividades industriais poluidoras.

Art. 36 - Na inexistência de entidade estadual encarregada do controle ambiental ou se, existindo, apresentar falhas, omissões ou prejuízo sensíveis aos usos estabelecidos para as águas, a Secretaria Especial do Meio Ambiente poderá agir diretamente, em caráter supletivo.

Art. 37 - Os estaduais de controle ambiental manterão a Secretaria Especial do Meio Ambiente informada sobre os enquadramentos dos corpos de água que efetuarem, bem como das normas e padrões complementares que estabelecerem.

Art. 38 - Os estabelecimentos industriais, que causam ou possam causar poluição das águas, devem informar ao órgão de controle ambiental, o volume e o tipo de seus efluentes, os equipamentos e dispositivos antipoluidores existentes, bem como seus planos de ação de emergência, sob pena das sanções cabíveis, ficando o referido órgão obrigado a enviar cópia dessas informações ao IBAMA, à STI (MIC), ao IBGE (SEPLAN) e ao DNAEE (MME).

Art. 39 - Os Estados, Territórios e o Distrito Federal, através dos respectivos órgãos de controle ambiental, deverão exercer sua atividade orientadora, fiscalizadora e punitiva das atividades potencialmente poluidoras instaladas em seu território, ainda que os corpos de água prejudicados não sejam de seu domínio ou jurisdição.

Art. 40 - O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e sua regulamentação pelo Decreto nº 88.351, de 01 de junho de 1983.

Art. 41 - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.