UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO E OPERACIONALIDADE DE
SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA –
ESTUDO DE CASO – BACIAS DOS RIOS JAÚ E JACARÉ-GUAÇU (SP)

ANTONIO DONIZETTI GONÇALVES DE SOUZA

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Galizia Tundisi

São Carlos

1996

*Dedico este trabalho aos meus pais,
João e Luzia, que através de seus exemplos
de vida e apoio, me fazem seguir sempre em frente na busca
de meus ideais.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Galizia Tundisi, pela orientação, apoio e confiança durante a realização deste trabalho.

A Prof^a. Dra. Maria do Carmo Calijuri, pela ajuda, estímulo e sugestões apresentadas.

A Cleri Pessô L. Garcia da SAEMJA, pelo acompanhamento inicial e informações valiosas sobre as características regionais da bacia do rio Jaú.

Ao Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, pelas sugestões e críticas apresentadas ainda no exame de qualificação.

Aos amigos Sérgio e Fernan pelo auxílio nas coletas de campo, amizade e apoio durante a realização deste trabalho.

A Maria Cláudia D'Ávila, pela compreensão, estímulo, carinho e sobretudo amor, que sempre me fortaleceu durante todo este período.

A Guillermo Chalar e Luis Maurício Bini, pela ajuda nas análises estatísticas e amizade.

A Danilo A. Amorim, pela fornecimento de dados sobre agricultura da bacia do Rio Jacaré-Guaçu.

Aos funcionários do CRHEA pelo auxílio nos trabalhos de campo, laboratório e outros: Amandio, Beto, Marcelo, Miro, Milton, América, Claudete, José Maria, Regina, Ivan e Paulo.

Aos demais amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação, em especial a Alexandre, Alfredo, Rosa, Luis Fernando, Simone, José Américo, Susiclay, Esperança e Donato.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	14
3 SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	15
3.1 Conceitos Gerais.....	15
3.2 Monitoramento Biológico.....	18
3.3 Monitoramento Contínuo (Telemetria).....	21
3.4 Planejamento de Redes de Monitoramento da Qualidade da Água.....	23
4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	34
4.1 Bacia do rio Jacaré-Guaçu.....	34
4.1.1 Localização	34
4.1.2 Clima.....	35
4.1.3 Geologia, Geomorfologia e Pedologia	35
4.1.4 Usos e Ocupação da Bacia.....	38
4.2 Bacia do rio Jaú	53
4.2.1 Localização	53
4.2.2 Clima.....	53

4.2.3 Geologia, Geomorfologia e Pedologia	53
4.2.4 Usos e Ocupação da Bacia.....	55
5 MATERIAL E MÉTODOS	63
5.1 Local e Época das Coletas	63
5.2 Caracterização Morfométrica das Bacias	65
5.3 Parâmetros Climatológicos.....	67
5.4 Variáveis Físicas e Químicas da Água	67
5.4.1 pH, Temperatura (°C) e Condutividade (μScm^{-1}).....	67
5.4.2 Oxigênio Dissolvido (mg/l)	68
5.4.3 Material em Suspensão	68
5.4.4 Análise da Composição Iônica	68
5.5 Análise Estatística dos Dados.....	69
6 RESULTADOS	75
6.1 Caracterização Morfométrica das Bacias	75
6.2 Parâmetros Climatológicos.....	75
6.3 Variáveis Físicas e Químicas da Água	76
6.4 Análise Estatística dos Dados.....	80
7 DISCUSSÃO	91
7.1 Considerações Gerais	91
7.2 Monitoramento : Aspectos Metodológicos.....	92
7.2.1 Locais de Amostragem	92
7.2.2 Variáveis da Qualidade da Água	97
7.2.3 Frequência de Amostragem	99
7.2.4 Processamento dos Dados.....	101
7.3 Bacias Estudadas	102
8 CONCLUSÕES.....	118

9 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES	120
10 ANEXOS (figuras e tabelas)	123
11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais abordagens a respeito dos objetivos dos sistemas de monitoramento.....	19
Tabela 2. Principais tipos de solos encontrados nas bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Jaú.....	44
Tabela 3. Dados populacionais dos municípios que integram a bacia do rio Jacaré-Guaçu.....	45
Tabela 4. Usos da Água na bacia do rio Jacaré-Guaçu	45
Tabela 5. Principais culturas agrícolas encontradas nos municípios que integram a bacia do rio Jacaré-Guaçu.....	46
Tabela 6. Áreas percentuais de ocupação do solo na bacia do rio Jacaré-Guaçu.....	48
Tabela 7. Dados populacionais dos municípios que integram a bacia do rio Jaú.....	57
Tabela 8. Usos da Água na bacia do rio Jaú	58
Tabela 9. Principais culturas agrícolas encontradas nos municípios que integram a bacia do rio Jaú	58
Tabela 10. Áreas percentuais de ocupação do solo na bacia do rio Jaú	60
Tabela 11. Variáveis da qualidade da água utilizadas para as análises estatísticas.....	71
Tabela 12. Medidas morfométricas das bacias dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu.....	124
Tabela 13. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da temperatura da água (°C).....	124
Tabela 14. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da temperatura da água (°C).....	125
Tabela 15. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l).....	125
Tabela 16. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l).....	126
Tabela 17. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l)	126
Tabela 18. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l)	127

Tabela 19. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l)	127
Tabela 20. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l)	128
Tabela 21. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).....	128
Tabela 22. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).....	129
Tabela 23. Rio Jaú - Variação espaço/temporal do pH	129
Tabela 24. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal do pH.....	130
Tabela 25. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da condutividade (μScm^{-1}).....	130
Tabela 26. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da condutividade(μScm^{-1})	131
Tabela 27. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em março/95	132
Tabela 28. Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em março/95....	133
Tabela 29. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em maio/95	134
Tabela 30 . Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em maio/95.....	135
Tabela 31. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em julho/95	136
Tabela 32 . Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em julho/95.....	137
Tabela 33. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em setembro/95.....	138
Tabela 34 . Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em setembro/95.....	139
Tabela 35. Valores médios das variáveis físicas e químicas registradas no rio Jaú ao longo dos meses de coleta.....	140
Tabela 36. Valores médios das variáveis físicas e químicas registradas no rio Jacaré-Guaçu ao longo dos meses de coleta	140
Tabela 37. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de março/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: <i>varimax raw</i>	86

Tabela 38. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de maio/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: <i>varimax raw</i>	86
Tabela 39. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de julho/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: <i>varimax raw</i>	87
Tabela 40. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de setembro/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: <i>varimax raw</i>	87
Tabela 41. Resultados das ANOVAs bifatoriais para as variáveis medidas nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu	90
Tabela 42. Um possível agrupamento das variáveis a serem medidas em programas de monitoramento da qualidade da água	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico que representa o custo-efetivo e avaliação da informação que pode ser atingida pelo monitoramento	27
Figura 2. As atividades desenvolvidas em uma rede de monitoramento baseados no fluxo de informação através do sistema	33
Figura 3. Ocupação do solo na bacia do rio Jacaré-Guaçu.....	47
Figura 4. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do trecho e jusante do reservatório do Lobo (Broa)	49
Figura 5. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea da confluência do rio Jacaré-Guaçu com o rio Monjolinho	49
Figura 6. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do trecho próximo à Ribeirão Bonito	50
Figura 7. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do rio antes da confluência com o rio Chibarro em Araraquara.....	50
Figura 8. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea logo após a confluência do rio Chibarro	51
Figura 9. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do rio Jacaré-Guaçu a jusante do rio Chibarro.....	51
Figura 10. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea da barragem da Usina Hidroelétrica de Gavião Peixoto.....	52
Figura 11. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do trecho após a barragem de Gavião Peixoto	52
Figura 12. Ocupação do solo na bacia do rio Jaú	59
Figura 13. Bacia do rio Jaú. Trecho a montante da Usina de açúcar e álcool Santa Adelaide.....	61
Figura 14. Bacia do rio Jaú. Vista geral da intensa ocupação canavieira existente na bacia.....	61
Figura 15. Bacia do rio Jaú. Trecho do rio após atravessar a cidade de Jaú	62
Figura 16. Bacia do rio Jaú. Região do porto de areia, após a confluência com o ribeirão Pouso Alegre	62

Figura 17. Bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu com as estações de coleta (JG1 a JG9)	72
Figura 18. Bacia hidrográfica do rio Jaú com as estações de coleta (J1 a J8)	73
Figura 19. Localização dos rios Jacaré-Guaçu e Jaú no Estado de São Paulo	74
Figura 20. Bacia do rio Jaú. Variação da temperatura média mensal durante o ano de 1995	141
Figura 21. Bacia do rio Jaú. Distribuição da precipitação total (mm) ao longo dos meses de 1995	141
Figura 22. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Variação da temperatura média mensal durante o ano de 1995	142
Figura 23. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Distribuição da precipitação total (mm) ao longo dos meses de 1995 em quatro estações climatológicas existentes na bacia	142
Figura 24. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da temperatura da água (°C)	143
Figura 25. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da temperatura da água (°C)	143
Figura 26. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l)	144
Figura 27. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l)	144
Figura 28. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l)	145
Figura 29. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l)	145
Figura 30. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l)	146
Figura 31. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l)	146
Figura 32. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l)	147

Figura 33. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).....	147
Figura 34. Rio Jaú - Variação espaço/temporal do pH.....	148
Figura 35. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal do pH	148
Figura 36. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da condutividade (μScm^{-1})	149
Figura 37. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da condutividade(μScm^{-1})	149
Figura 38. Concentração de alumínio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	150
Figura 39. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	150
Figura 40. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	151
Figura 41. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	151
Figura 42. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	152
Figura 43. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	152
Figura 44. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	153
Figura 45. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	153
Figura 46. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95	154
Figura 47. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	154
Figura 48. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	155
Figura 49. Concentração de cloro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	155

Figura 50. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	156
Figura 51. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	156
Figura 52. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	157
Figura 53. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	157
Figura 54. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	158
Figura 55. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95	158
Figura 56. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	159
Figura 57. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	159
Figura 58. Concentração de cloro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	160
Figura 59. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	160
Figura 60. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	161
Figura 61. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	161
Figura 62. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	162
Figura 63. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	162
Figura 64. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95	163
Figura 65. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95	163
Figura 66. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95	164

Figura 67. Concentração de cloro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	164
Figura 68. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	165
Figura 69. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	165
Figura 70. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	166
Figura 71. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95	166
Figura 72. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	167
Figura 73. Concentração de fósforo (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	167
Figura 74. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.....	168
Figura 75. Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1 a J8) e Jacaré-Guaçu (JG1 a JG9) para o mês de março/95	82
Figura 76. Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1 a J8) e Jacaré-Guaçu (JG1 a JG9) para o mês de maio/95	82
Figura 77. Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1 a J8) e Jacaré-Guaçu (JG1 a JG9) para o mês de julho/95	83
Figura 78. Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1 a J8) e Jacaré-Guaçu (JG1 a JG9) para o mês de setembro/95.....	83
Figura 79. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de março/95.....	88
Figura 80. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de maio/95.....	88
Figura 81. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de julho/95.....	89
Figura 82. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de setembro/95	89

RESUMO

SOUZA, A.D.G. **Subsídios ao planejamento e operacionalidade de sistemas de monitoramento da qualidade da água – estudo de caso – bacias dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu (SP)**. São Carlos, 1996. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho teve como objetivos fornecer subsídios teóricos básicos ao planejamento, implantação e operacionalidade de sistemas de monitoramento da qualidade da água e testar um método de monitoramento através de uma abordagem comparativa de bacias hidrográficas. Para o estudo de caso foram estudados dois rios do Estado de São Paulo, o rio Jacaré-Guaçu (21°37'-22°22'S e 47°43'-48°57'W) e o rio Jaú (22°09'-22°28'S e 48°16'-48°47'W). Foram estabelecidos nove pontos de amostragem no rio Jacaré-Guaçu e oito no rio Jaú. As coletas de água ocorreram em intervalos bimestrais entre março/1995 a setembro/1995. As seguintes variáveis foram analisadas: temperatura (°C), pH, condutividade (μScm^{-1}), oxigênio dissolvido (mg/l), material em suspensão total (mg/l) e a composição iônica da água. Os resultados demonstraram que no rio Jaú os locais das estações foram adequados ao monitoramento, a frequência deve ser maior nos pontos sujeitos aos impactos e as principais variáveis a serem empregadas em levantamentos futuros são: temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, material em suspensão, Ca, Mg, Na, K, Cl e SO_4 . No rio Jacaré-Guaçu há a necessidade de aumento do número de estações, a frequência foi suficiente e as variáveis mais importantes para posteriores acompanhamento são temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, material em suspensão, Ca, Mg, Na e K. Comparativamente o rio Jaú apresentou maior variabilidade espacial, águas menos oxigenadas e mais mineralizadas, sendo reflexo da maior riqueza do substrato geológico e pedológico, presença de impactos pontuais e pouca quantidade de matas ciliares. O rio Jacaré-Guaçu apresentou menor variabilidade espacial, águas mais oxigenadas com concentrações iônicas mais baixas devido a menor riqueza geo-pedológica da bacia, ausência de fontes pontuais e maior proteção por matas ciliares.

ABSTRACT

SOUZA, A.D.G. **Subsidy to planning and operation of water quality monitoring systems - estudy case - Jaú and Jacaré-Guaçu River watersheds (SP)**. São Carlos, 1996. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The main subject of the present work is to offer teoretical basis for planning, implantation and operation of water quality monitoring system, and to test a method of monitoring using a comparative watershed approach, were studied two rivers in the São Paulo State, the Jacaré-Guaçu river (21°37'-22°22'S and 47°43'-48°57'W) and the Jaú River (22°09'-22°28'S and 48°16'-48°47'W). Nine sampling points in the Jacaré-Guaçu River and eight in the Jaú River were established. The water sampling was realized once each two months from March/1995 to September/1995. The following variables were analyzed: temperature (°C), pH, conductivity (μScm^{-1}), dissolved oxygen (mg/l), total suspended solids (mg/l) and ionic water composition. The results demonstrate that in the Jaú River the sampling points were adequate for monitoring, the frequency must be higher in the sites subject to impact and the principal variables to be utilized on future surveys are: temperature, conductivity, dissolved oxygen, total suspended solids, Ca, Mg, Na, K, Cl, SO_4 . In the Jacaré-Guaçu River the number of sampling points must be increased, the frequency was adequate and most important variables for future studies are temperature, conductivity, dissolved oxygen, total suspended solids, Ca, Mg, Na and K. Comparatively the Jaú River showed higher spatial variability less oxygenated water and higher mineralization, due to high pedological and geological substrate richness, point sources existence and less riparian forests. The Jacaré-Guaçu River showed less spatial variability, more oxygen water with lower ionic concentrations due the lower geological and pedological watershed richness, absence of pollution from point sources and higher riparian Forest protection.

1. INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos processos de desenvolvimento das atividades humanas, tem causado progressiva deterioração e impactos sobre os sistemas ecológicos. O ambiente vem sofrendo acentuada alteração ao longo dos anos provocada pelo elevado grau de dejetos excedentes destes processos que ultrapassam sua capacidade de suporte.

As alterações causadas aos sistemas naturais acarretam, a curto ou médio prazo, problemas a nível regional ou até mesmo mundial, de demanda e de qualidade dos recursos utilizados pelas populações humanas. O excesso de materiais ou resíduos lançados no meio físico assumem posição central quando é enfocada a poluição do ar, água e solo. As causas (fontes) e as conseqüências imediatas e posteriores destes impactos aos ecossistemas, têm provocado uma constante preocupação dos estudiosos ambientais.

A idéia de que os recursos naturais são inesgotáveis, infelizmente, ainda persiste em boa parte da chamada “cultura desenvolvimentista”, porém, nas últimas décadas vem sendo dada relevante importância à preservação e melhoria da qualidade destes recursos.

Dentre os recursos mais fundamentais, a água apresenta um significativo destaque, pois sua manutenção em condições naturais é irrevogavelmente necessária a todo tipo de vida do planeta.

A água é essencial para a vida humana, pois além do consumo e higiene pessoal, ela é necessária à produção agrícola, indústrias, geração de energia elétrica, assimilação de resíduos, recreação, navegação, produção de biomassa e uma variedade de outros propósitos.

Quando um recurso é usado para diversos fins, é importante que ele seja desenvolvido e utilizado de maneira racional e eficiente.

Segundo BISWAS (1980), a demanda por água não envolve apenas considerações de sua quantidade, mas também de sua qualidade.

A qualidade do ambiente aquático pode ser definida por um conjunto de características físicas, químicas e biológicas.

Para BRANCO (1991), a expressão corrente “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto. Refere-se, sim, a um padrão tão próximo quanto possível da “natural”, isto é, da água tal como se encontra nos rios e nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, há um grau de pureza desejável, o qual depende do uso que dela será feito (abastecimento, irrigação, industrial, pesca, etc).

Qualquer atividade humana pode ser considerada como uma fonte potencial de poluição da água, desde que ela possa causar uma variação na concentração e/ou nos padrões das substâncias naturais encontradas na água. Similarmente, estas atividades podem introduzir novas substâncias ao sistema aquático, diretamente, através da atmosfera ou ambiente terrestre (MEYBECK et al., 1989).

O homem desenvolve atividades que têm grande impacto sobre a natureza dos ecossistemas aquáticos, incluindo a urbanização, o desmatamento, a irrigação, a construção de represas, as alterações de canais para navegação e mineração, os despejos pontuais de efluentes domésticos e industriais, os despejos não pontuais de produtos agrotóxicos e fertilizantes originados das plantações agrícolas, entre outras.

Portanto, devido ao elevado grau de danos que a água vem sofrendo, e em contrapartida, sua crescente necessidade de utilização para diferentes fins, é preciso que se administre a sua disponibilidade e uso através de um processo de gerenciamento. Este gerenciamento deve incluir uma visão inter e multidisciplinar do problema, articulando tecnologia, aspectos socioeconômicos, saúde humana e bases científicas de uma forma interativa e

integrativa (BISWAS, 1990). Considerando-se a complexa dependência dos processos relacionados ao ciclo hidrológico, disponibilidade e uso da água, e interações com a saúde humana, o manejo integrado deve apoiar-se nas bases biogeofísicas do sistema, representada pelas unidades naturais que são as bacias hidrográficas. Esta abordagem tem sido cada vez mais intensificada e sem dúvida deve ser considerada como um processo fundamental no gerenciamento.

Os recursos do solo, água e vegetação não podem ser satisfatoriamente manejados, quanto à disponibilidade e qualidade, de maneira isolada e independente um do outro (IRWIN & WILLIAMS, 1986).

Reconhecer a bacia como um sistema inter-relacionado é particularmente necessário pois ela contém fatores que são relevantes para o manejo integrado (GOWER, 1980).

O planejamento e gerenciamento das bacias hidrográficas deve incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem e não apenas o hídrico. Além disso, a abordagem adotada deve integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, com ênfase no primeiro, pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento possui sempre um limite, a partir do qual todos os outros aspectos serão inevitavelmente afetados (PIRES & SANTOS, 1995).

Dentro deste contexto, para se atingir os conhecimentos requeridos e então estabelecer um sistema de manejo, é significativamente necessário que se faça um acompanhamento das características e processos que ocorrem ao longo do tempo no corpo hídrico em questão, ficando portanto clara a importância de um sistema de monitoramento da qualidade da água, que além de registrar as variações espaço-temporais, relacione de forma integrada os diversos mecanismos de interações do sistema hídrico com toda a sua bacia de drenagem.

Para RIZZI (1993), a implementação de uma política de gestão de recursos hídricos caracteriza-se por um conjunto de ações face a duas

atividades básicas: o diagnóstico e o monitoramento. A tendência normal é que a fase de diagnóstico seja considerada como uma medida-fim quando se estuda os recursos hídricos. Isso trás o agravante de que a gestão seja parcialmente entendida. A fase de monitoramento, que introduz o componente tempo nos diagnósticos, exige uma perfeita sincronia entre a questão essencialmente técnica e outras como policiamento e legislação.

O monitoramento é uma das bases fundamentais de sustentação do gerenciamento integrado. Ele é, em qualquer situação ambiental, o sensor que possibilitará o acompanhamento dos processos e facilitará a tomada de decisões, instituindo, desta maneira, um mecanismo fundamental para a escolha de alternativas, delineamento dos usos múltiplos e seus efeitos.

Segundo COIMBRA (1991), sistemas de monitoramento fornecem as bases para as decisões de aproveitamento múltiplo e integrado, bem como a diminuição dos impactos sobre o meio ambiente, pois estes sistemas podem avaliar conjuntamente a qualidade da água com sua adequação para os usos propostos ou definições de projetos de recuperação e identificação de níveis de poluição.

O monitoramento ocupa, portanto, uma posição central no gerenciamento de recursos hídricos e no planejamento ambiental.

É importante lembrar que, da mesma forma que o monitoramento é fundamental para os programas de manejo, o planejamento adequado destes sistemas de sensoramento também deve ser considerado como uma etapa importante no sentido de se alcançar os objetivos declarados do gerenciamento.

Atualmente, torna-se essencial dispensar considerável atenção ao planejamento de sistemas de monitoramento para assegurar que ele proporcione todos os dados necessários às políticas ou estratégias ao menor custo possível (NEWSOME, 1989).

Muitos sistemas de monitoramento, no passado, consumiram grandes somas financeiras produzindo pouca ou nenhuma informação a respeito da

qualidade da água (WARD et al., 1990). SANDERS et al. (1987) lembram que no desenvolvimento de um programa de monitoramento, o planejamento tem, historicamente, recebido pouca atenção na literatura técnica, embora, tenha havido um recente aumento na necessidade de se examinar alguns fatores pertinentes, tais como: a seleção de locais de amostragens, frequência e variáveis a serem medidas sob um contexto mais hidrológico e estatístico.

Inicialmente os estudos eram realizados com o simples propósito de se verificar a ocorrência de níveis de poluição. Aliado a este enfoque e com o passar dos anos, notou-se o surgimento de alguns trabalhos que tinham por finalidade o estabelecimento de diretrizes gerais e estratégias básicas relacionadas ao planejamento e operação de sistemas de sensoriamento da qualidade da água ao longo do tempo.

HOSKINS (1938) discutiu estes últimos aspectos, reportando que a organização dos estudos a serem realizados em um córrego ou rio para a determinação de suas condições sanitárias está intimamente ligada ao tipo de informação desejada, sendo, portanto essencial que os objetivos estejam completo e claramente identificados. Devido a ampla variedade de conhecimentos técnicos requeridos a este tipo de estudo, o autor destaca a necessidade de se contar com profissionais de várias áreas para a sua realização.

VELZ (1950), apud WARD et al. (1990), faz uma abordagem sistemática sobre monitoramento da qualidade da água. Ele indica que para uma efetiva avaliação das condições dos recursos hídricos deve-se realizar três operações básicas: (1) Coleta dos dados; (2) Análise dos dados e (3) Projeção de estimativas para outras condições. O autor conclui que uma abordagem estatística para o monitoramento pode oferecer o máximo em informação com um mínimo de custos em tempo e dinheiro.

HANEY & SCHIMITD (1958) forneceram algumas linhas gerais sobre certos aspectos relacionados a estudos em rios, tais como: frequência de amostragem, locais de estações, uso de resultados, considerações legais,

métodos analíticos, entre outros. Quanto ao planejamento e a estratégia destes levantamentos, eles destacaram que os critérios científicos devem ser moderados por considerações práticas de tempo e recursos. De qualquer modo esta parceria acentua, segundo os autores, o fato de que, um cuidadoso plano preliminar é necessário no sentido de assegurar o melhor uso dos recursos disponíveis nas operações de amostragem.

A medida que houve um aumento tanto na degradação da qualidade da água como na sua demanda, as autoridades governamentais de vários países necessitaram criar mecanismos legais de controle e manejo de seus recursos hídricos. Desta forma muitas agências federais, estaduais e municipais criaram leis contendo especificações e critérios, pelos quais a qualidade da água é controlada, através do estabelecimento de seus usos ou pela fixação de padrões de qualidade.

Com o advento dos programas de controle da poluição ambiental, no final da década de sessenta, teve início em vários países a atividade do monitoramento da qualidade da água, sendo que hoje quase todos dispõem de redes desta natureza (ABREU, 1987).

Neste contexto, o planejamento dos sistemas de monitoramento passaram a receber maior atenção, pois eles deveriam fornecer as informações necessárias aos critérios de qualidade, bem como à tomada de decisões relativas ao manejo.

A partir deste quadro, muitas críticas de vários especialistas foram dirigidas aos sistemas implantados sobretudo em países desenvolvidos. Entre elas, SANDERS et al. (1987) puderam exemplificar este fato :” o monitoramento realizado pelas agências governamentais é, em muitos casos, conduzido em grandes áreas geográficas definidas por limites políticos e não necessariamente hidrológicos, cobrindo muitos quilômetros de rios. A simples coleta de amostras, em tal situação, se torna o maior problema. Em muitos casos pouca atenção é dispensada a representatividade da amostra ou ao tipo de técnica de análise a ser usada ou ainda ao uso posterior desta informação.

Conseqüentemente, a maior parte dos recursos fica restrita à coleta dos dados, pois ela se torna o problema mais imediato do programa”.

PERRY et al. (1984) realizaram um levantamento da situação dos programas de monitoramento administrados por agências estaduais dos EUA e constataram, entre outros elementos que, a maior deficiência nestes programas parece ser a ausência de uma abordagem pormenorizada que especifique “porquê?” o monitoramento está sendo feito e “o quê” será feito com seus resultados. A dificuldade de se transformar os dados coletados em informações a serem utilizadas pelas agências também foi detectado.

Portanto, muitos critérios legais que foram estabelecidos com a finalidade de planejamento e controle das condições e variações encontradas nos recursos hídricos, levaram à necessidade de se implantar sistemas de monitoramento. Entretanto, estes carecem de um melhor planejamento para que forneçam as informações esperadas.

No Brasil iniciou-se uma preocupação jurídica mais sistematizada acerca do problema do controle e gerenciamento dos recursos hídricos, para seus múltiplos usos, a partir do estabelecimento do decreto número 24.643 em 10/07/1934, “Código das Águas” (BRASIL, 1974). Este código estabeleceu diretrizes, disciplinando o uso da água e outorgou poderes à administração pública para controlar e incentivar o seu aproveitamento racional (YASSUDA, 1983).

O Ministério do Interior, em 15/01/1976, baixou a portaria número 13 que classificava as águas interiores do território nacional, segundo seus usos preponderantes, em quatro classes (BRASIL, 1976). Esta portaria foi revogada em 18 de junho de 1986 pela resolução número 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabeleceu uma nova classificação às águas doces, salobras e salinas do país, fixando os limites e/ou condições correspondentes ao nível de qualidade em termos dos possíveis usos (BRASIL, 1986).

Quanto aos órgãos responsáveis pela execução da legislação vigente pode-se destacar, a nível federal o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), que se apresenta como um órgão centralizador voltado para a utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais e estaduais, tendo em vista o seu aproveitamento múltiplo e a minimização dos efeitos nocivos ao meio ambiente (BRASIL, 1984). Esta entidade foi instituída em 1965 e inicialmente tinha a incumbência de promover e desenvolver a produção de energia elétrica no país e de assegurar o cumprimento do Código das Águas. Posteriormente, o DNAEE, passou a ter em suas atribuições, a gestão dos recursos hídricos, através de vários mecanismos de controle, fiscalização, convênios com outras entidades federais, estaduais, institutos de pesquisas, etc.

Como exemplo regional pode-se tomar o Estado de São Paulo, que em 1973 criou a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a qual tem a responsabilidade do exercício de controle da poluição das águas, ar e solo em todo o Estado, bem como funções de pesquisas e de serviços científicos/tecnológicos direta ou indiretamente relacionados com seu campo de atuação (SILVA, 1994).

Os programas de controle, fiscalização e gerenciamento dos sistemas hídricos no Brasil, vem ao longo das décadas, sofrendo um significativo aumento. Contudo, dadas as dimensões continentais do país, eles são ainda muito insuficientes e necessitam de maiores investimentos, bem como de melhoria constante.

É crescente na literatura, publicações que tratam a respeito do projeto, operação e aspectos complementares de redes de monitoramento da qualidade da água.

KITRELL (1969), apresenta um dos trabalhos pioneiros no desenvolvimento de esforços para a melhoria dos programas de monitoramento. Nos EUA entre o final da década de sessenta e início da de

setenta , vários autores, precursores da United States Environmental Protection Agency (USEPA), iniciaram estudos nesta direção (WARD et al., 1990).

A necessidade de um enfoque que levasse em conta os aspectos estatísticos, tanto para um melhor entendimento das variações na qualidade da água quanto para uma otimização na implementação destes sistemas, fez com que vários estudos fossem conduzidos nesta área. MONTGOMERY & HART (1974) apresentaram alguns conceitos básicos sobre a aplicação da estatística em programas de amostragens em rios e sugeriram estudos posteriores a este respeito. LETTENMAIER (1976) desenvolveu uma comparação entre testes paramétricos e não-paramétricos para a detecção de tendências temporais registradas na qualidade da água com observações dependentes. SANDERS & ADRIAN (1978) e WARD et al., (1979) propuseram critérios para frequência de amostragem, sua determinação, bem como procedimentos práticos de avaliação e revisão destes métodos. LOFTIS & WARD (1980), destacaram a importância da natureza estocástica dos dados da qualidade da água, reportando que os fatores causadores de variação nos sistemas (mudanças aleatórias, sazonais e correlações em série) devem ser levados em consideração no planejamento da amostragem das redes. GILBERT (1987), forneceu uma extensiva discussão de métodos estatísticos em sistemas de monitoramento da poluição ambiental. KEITH (1988) discutiu técnicas de planejamento, amostragem e execução de métodos analíticos para constituintes químicos em análises ambientais.

STRASKRABA et al. (1993), enfocam aspectos teóricos e práticos na execução de estudos em reservatórios, destacando basicamente dois tipos de monitoramento nestes sistemas: levantamentos para orientação e levantamentos sistemáticos.

Estudos voltados a fornecer exemplos práticos, discussões e considerações relacionados aos problemas e procedimentos básicos de planejamento de redes de monitoramento, são ilustrados por WARD (1979); LIEBETRAU (1979); van BELLE & HUGHES (1983); CONNELL & MILLER

(1984); WHITFIELD (1988); SMITH & McBRIDE (1990); BISWAS (1991) e o “Proceedings” do Simpósio Internacional sobre Planejamento de Sistemas de Informação da Qualidade da Água que apresenta cerca de quarenta e quatro trabalhos sobre o tema (WARD et al., 1989). Destacam-se, ainda, publicações que retratam a necessidade de uma abordagem global no planejamento de sistemas desta natureza, sendo elas, WARD et al. (1990); SANDERS et al. (1987); CHAPMAN (1992); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO, 1978) e WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO, 1988).

No Brasil existem inúmeros ecossistemas fluviais que carecem de levantamentos e sensoriamentos de suas condições ao longo de períodos de tempo. Há enorme necessidade de se acompanhar as alterações que estão ocorrendo em bacias hidrográficas e propor, se preciso, o seu manejo adequado. Ao mesmo tempo existem poucas publicações acerca de como se planejar e implantar redes de monitoramento (“network design”).

A ausência de subsídios teóricos básicos abordando estratégias operacionais elementares, pode levar a aplicação de métodos errôneos e desarticulados com os objetivos propostos. Isto acarreta uma visão irreal dos sistemas estudados e em nada contribui para a resolução dos problemas e o manejo efetivo. WARD et al. (1986), chamam a atenção quanto a este problema de desarticulação entre a meta inicial e as informações produzidas no monitoramento, denominando o fenômeno de “síndrome dos dados ricos, mas informações pobres”, ou seja, é extremamente importante no planejamento de uma rede de monitoramento, estabelecer de que maneira os dados produzidos serão processados segundo as informações requeridas nos objetivos iniciais do programa. Para cada programa de manejo que envolve o monitoramento da qualidade da água, a interface entre o manejo e o monitoramento deveria receber mais atenção do que tem recebido até agora (WARD, op. cit.).

Portanto, uma análise crítica do monitoramento a respeito de como ele deve ser planejado, operacionalizado, articulado com seus objetivos e, acima

de tudo, acoplado ao sistema de gerenciamento assume grande importância e elevada aplicabilidade quando se deseja implantar estes sistemas.

O monitoramento em rios, tanto para a verificação do estado atual da qualidade da água, detecção de variações ao longo do tempo (tendências) ou para o controle das violações nos padrões estabelecidos na legislação é utilizado por autoridades governamentais em muitos países. Dada a importância de determinados programas de manejo em sensorar os eventos que ocorrem em toda bacia hidrográfica, os rios devem ser estudados com esta abordagem sistêmica.

Historicamente os sistemas lóticos tem servido as sociedades humanas, quer sob o ponto de vista de sobrevivência, como para usos decorrentes do desenvolvimento tecnológico (TEIXEIRA, 1993). Em muitos lugares do mundo, o córrego é visto como um simples canal para remover o excesso de água das áreas agrícolas, levar os efluentes ou para a construção de hidroelétricas (SANTOS, 1993). Neste contexto, causa preocupação, o fato de ocorrer, em muitas cidades, grandes descargas de esgotos domésticos em córregos de pouca capacidade de assimilação.

Um rio, seu leito e seu vale formam um sistema altamente complexo com o qual hidrosfera, litosfera e atmosfera interagem (MAIER, 1983). Usando a bacia de drenagem como unidade fundamental, DOWNS et al. (1991), reportaram que a bacia de um rio pode ser considerada como um ecossistema primário caracterizado por “feedbacks” diretos das ações humanas e visto como um complexo natural de componentes ambientais ligados por um fluxo de energia. Para BEAUMONT (1975), as principais entradas em bacias hidrográficas se referem a precipitação e energia solar, enquanto o fluxo dos rios, descargas de sedimentos, evapotranspiração e formas de reflexão da radiação se referem às saídas. O conteúdo químico dos rios varia grandemente de região para região, sendo reflexo da geologia, clima local, vegetação, topografia e pedologia da área de drenagem (HYNES, 1970; ALAEZ et al.,

1988). O sistema fluvial tem uma enorme superfície de interação com os ecossistemas terrestres.

Os córregos servem como sistemas integradores das características terrestres da paisagem e também como receptores de diversas fontes de poluição (HUNSAKER & LEVINE, 1995).

A organização vertical ordinária existente na maior parte dos ecossistemas parece deformada nos sistemas lóticos, o eixo vertical está inclinado, e é horizontal, no sentido da corrente para determinadas variáveis (MARGALEF, 1983).

Portanto, dada a sua elevada complexidade e grande importância, os sistemas lóticos necessitam ser estudados ao longo do tempo a fim de que sejam gerados conhecimentos básicos sobre o seu comportamento que podem auxiliar medidas de controle e aproveitamento.

Muitos sistemas de monitoramento em rios não são implementados por diversos motivos, entre eles: dificuldades financeiras, ausência de suporte técnico, falhas de planejamento como o superdimensionamento da rede, etc. Segundo MEYBECK et. al.,(1989), na maioria dos países em desenvolvimento não há disponibilidade de equipamento laboratorial e técnicos altamente especializados necessários para monitorar micropoluentes com a acurácia desejada. Deste modo, deixam de ser produzidas informações importantes sobre os níveis de qualidade da água nestes sistemas que poderiam ser úteis na aplicação de medidas corretivas ou otimizantes no seu uso.

Partindo-se do exposto acima, pode-se optar por fazer levantamentos simples, de baixo custo, rápidos, com parâmetros básicos, que sem ter a pretensão de detalhar específica e minuciosamente os efeitos das alterações antrópicas, forneçam, de maneira geral, índices preliminares de deterioração, relacionados com as atividades da bacia, com razoável confiabilidade e segurança.

Objetivando então, gerar informações simples, mas que sejam capazes de detectar causas e efeitos dos principais eventos que podem estar ocorrendo

no meio, a implantação destes sistemas assume grande importância pois eles apresentam alta praticidade e utilidade no conhecimento dos níveis gerais da qualidade da água.

2. OBJETIVOS

- Fornecer subsídios teóricos básicos que auxiliem o planejamento, implantação e operacionalidade de sistemas de monitoramento da qualidade da água, contribuindo, desta maneira, para a simplificação, praticidade, rapidez e otimização destes sistemas.

- Testar um método de monitoramento da qualidade da água, através de uma abordagem comparativa de bacias hidrográficas, que forneça subsídios preliminares ao planejamento regional e a levantamentos futuros a serem realizados nas bacias estudadas.

3. SISTEMAS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

3.1. Conceitos Gerais

Os sistemas de monitoramento da qualidade da água podem ser definidos como esforços direcionados a obter informações quantitativas a respeito das características físicas, químicas e biológicas da água, via amostragens estatísticas. O tipo de informação depende dos objetivos da rede, estes variam desde a detecção de violações nos padrões legais estabelecidos à determinações de tendências (SANDERS et al., 1987).

Determinar se a qualidade da água condiz com seu uso pretendido, parece ser a principal razão dos estudos realizados no ambiente aquático. Tradicionalmente, o uso de monitoramento tem também envolvido a determinação de tendências, efeitos de contaminantes, atividades antrópicas, estimação de cargas poluidoras, etc (MEYBECK et al., 1992).

Existem basicamente dois tipos de programas que visam sensorar a qualidade da água:

a) Programas de longa duração, com estações fixas, parâmetros gerais da qualidade da água e distribuição em grandes áreas (“fixed-station”) que tem basicamente, como objetivo, registrar variações temporais e determinar possíveis tendências nestes processos.

b) Programas de curta duração, porém com grande número de estações, alta frequência de amostragem e parâmetros específicos, que realizando um estudo especial e intensivo (“intensive survey”), tem por finalidade fornecer dados para a resolução de problemas particulares ou emergências e também para o estabelecimento de modelos.

Os dois tipos de redes descritos vem atualmente gerando inúmeras discussões registradas na literatura. As vantagens/desvantagens, complexidade/facilidade, viável/inviável economicamente, etc, são alguns dos aspectos que permeiam essas discussões.

Para van BELLE & HUGHES (1983) os programas especiais de curta duração são desvantajosos com relação aos de longa duração, pois além de não proporcionarem uma avaliação válida em termos de tendências gerais, são economicamente dispendiosos. Estes programas, segundo os autores, se mostram necessários no estudo de flutuações curtas e nas relações destas com outros fenômenos hidrológicos e processos causa-efeito de agentes poluidores.

Segundo LOFTIS & WARD (1980) as agências de gerenciamento da qualidade da água tem tradicionalmente operado em redes de monitoramento de longo prazo usando coleta de amostras mensais. Quando estes dados são utilizados para a tomada de decisões, a acuracia da amostra e as conclusões estatísticas são freqüentemente questionadas. Uma maior freqüência pode ser empregada para aumentar o nível de informações juntamente com instrumentos estatísticos mais sofisticados para a análise dos dados produzidos.

SANDERS et al. (1987) reportam que originalmente os padrões de qualidade de água são estabelecidos dentro de limites fixos e tomam-se ações corretivas quando estes padrões são violados. Portanto, para se determinar se houve violação, deve-se possuir uma alta freqüência de amostragem, ou seja, verificar se ocorreu extremos na qualidade da água. Enquanto isso, os níveis médios são mais usados para a determinação de tendências no tempo e espaço.

O monitoramento também pode ser categorizado sob outros aspectos, tais como: os elementos a serem medidos (físicos, químicos ou biológicos), local da água no seu ciclo (águas subterrâneas, rios, lagos, oceanos, etc) e tipo de manejo a ser implementado (cumprimento legal, conhecimento preliminar do sistema, estudos de impacto, etc).

A NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE dos Estados Unidos (USEPA,1977) identifica três possíveis formas de monitoramento, baseadas principalmente nos seus locais de ação e objetivos, sejam eles:

1) Monitoramento de Fontes: Refere a medidas feitas dos poluentes em fontes pontuais, não-pontuais e móveis. Estes sistemas tem como objetivos verificar o cumprimento da legislação quanto a padrões de emissões de resíduos, sendo útil na fiscalização de atividades de produção, estoque, transporte, uso e disponibilidade de substâncias poluídas.

2) Monitoramento do Ambiente: Refere a medidas dos poluentes em diferentes locais do ambiente (ar, água, solo, biota). Ele objetiva determinar variações nos níveis atuais e potenciais dos poluentes no ambiente e verificar concordância destas concentrações com os padrões legais exigidos. Além disto, podem gerar informações importantes que permitam o entendimento dos fenômenos de transporte e distribuição dos resíduos.

3) Monitoramento dos Efeitos: Refere a medidas realizadas em seres humanos, animais e vegetais que tem como meta determinar os impactos dos poluentes sobre estes organismos e também avaliar os custos econômicos, sociais e estéticos deste processo, bem como aspectos sinérgicos que tendem a ocorrer entre estas substâncias.

Segundo WHO (1978), a utilização dos dados gerados nas redes podem ser divididos em propósitos de planejamento e de controle.

Para o planejamento, os dados tem como objetivos:

- Fornecimento de informações sobre a qualidade da água disponível potencialmente para satisfazer necessidades futuras;
- Prognósticos dos efeitos de novas captações ou lançamentos de despejos sobre a qualidade da água;
- Auxílio na avaliação dos efeitos de variações hidrológicas sobre o regime de escoamento do curso d'água, provocados por obras hidráulicas (barramentos, operações de usinas hidroelétricas, manejo de reservatórios, etc);
- Considerações preliminares na formulação de modelos matemáticos;

- Informações sobre casos e tendências de surgimento de substâncias perigosas.

Quanto aos propósitos de controle, destacam-se:

- Identificação de áreas críticas e avaliação da urgência de ações que visem melhorar sua qualidade;
- Proteção dos usuários do sistema hídrico, avaliando a eficácia das medidas de controle na manutenção ou melhoria da qualidade da água;
- Determinação de variações na qualidade da água em períodos de tempo específicos para se detectar e medir tendências, propondo ações preventivas.

Para MEYBECK et al. (1992), as redes de informações da qualidade da água enfocam diferentes aspectos das condições existentes no corpo hídrico que podem se resumidos na tabela 1.

Portanto, os sistemas de informação da qualidade da água assumem diversos padrões de classificação e conceitos que variam amplamente de acordo, principalmente, com seus objetivos e usos das informações geradas.

3.2. Monitoramento Biológico

A utilização de organismos para uma melhor avaliação e entendimento das condições existentes na água, vem nos últimos anos, sofrendo um significativo crescimento. A vigilância comportamental, bem como as medidas realizadas em animais e/ou vegetais assumem grande importância quando se deseja determinar os efeitos de contaminantes presentes no ambiente ao longo do tempo.

Há vários exemplos bem sucedidos destes estudos, entre eles: BEDFORD et al.(1968), AVELAR et al.(1992) e STOREY & EDWARDS (1989) que utilizaram moluscos bivalves como monitores de pesticidas organoclorados. WHITTON et al.(1991) relatam vários trabalhos onde foram empregadas algas com a finalidade de monitorar poluentes. ALABASTER & LLOYD, (1982) descrevem alguns procedimentos a serem feitos quando da utilização de peixes.

Tabela 1. Principais abordagens a respeito dos objetivos dos sistemas de monitoramento (MEYBECK et al., op. cit.).

TIPOS E OBJETIVOS DAS OPERAÇÕES REALIZADAS EM PROGRAMAS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	
Tipos de avaliações:	Enfoque principal existente no programa:
<u>1. Convencionais</u>	
- Monitoramento de múltiplos objetivos	Distribuição espacial e temporal da qualidade da água.
- Monitoramento de tendências	Evolução da poluição em longos períodos de tempo.
- Levantamentos básicos	Identificação e localização dos principais problemas e distribuição espacial.
- Vigilâncias operacionais	Qualidade da água para usos específicos e relação com variáveis descritivas.
<u>2. Ocasionais</u>	
- Monitoramento básico	Níveis básicos para estudos de processos naturais; usados como referência para avaliação de impactos.
- Levantamentos preliminares	Inventário dos poluentes e sua variabilidade espaço/temporal primária para determinar o programa de coletas.
- Levantamentos emergências	Rápido inventário e análise de poluentes; avaliações rápidas após algum evento catastrófico.
- Levantamentos de impactos	Amostragem limitada no tempo e espaço, geralmente engloba poucas variáveis em locais próximos à fontes poluidoras.
- Levantamentos para modelos	Avaliações intensivas limitadas espacial/temporalmente e escolha de variáveis específicas.
- Vigilância de alerta	Realizados em locais críticos de uso da água, tais como: postos de abastecimento e pesca; medidas contínuas e sensíveis.

Para CAIRNS (1989), a determinação da concentração de um poluente em ecossistemas aquáticos, sem estar acompanhada de dados biológicos, pode levar a decisões ineficientes no manejo, pois as informações necessárias estão ausentes. O levantamento direto dos dados de natureza química pode ser enganoso devido aos seguintes aspectos: i) algumas substâncias podem ser

tóxicas durante longos períodos de tempo a níveis abaixo das capacidades analíticas, ii) as características químicas da água influenciam as respostas dos agentes contaminantes e iii) outras substâncias podem agir sinérgica ou antagonisticamente com a substância em questão, alterando notadamente a resposta do elemento poluidor.

O monitoramento biológico pode fornecer informações do estado global do ecossistema aquático como um todo, visto que os organismos interagem com vários fatores que afetam o seu meio circundante (BISWAS, 1991).

Apesar de sua importância e grande aplicabilidade em ações de manejo, o monitoramento biológico apresenta algumas dificuldades inerentes à sua implementação que limitam a sua realização, dentre eles, o conhecimento preciso dos organismos a serem utilizados e da biota regional, além é claro, de se contar com laboratórios e sistemas de controle muito bem caracterizados.

Para CONNEL & MILLER (1984), as medidas feitas em seres vivos apresentam as seguintes vantagens sobre os levantamentos exclusivamente físico-químicos: a) fornecem informações das conseqüências biológicas da poluição que são de interesse primário ao manejo do ambiente, b) produzem dados temporais médios dos efeitos da poluição, c) avaliam, de maneira global, os efeitos da dissolução dos poluentes no ambiente. As desvantagens associadas as estas medidas biológicas são as seguintes: a) elas podem ser caras e consumir muito tempo, b) há escassez de critérios quantitativos, c) as variações nas condições ambientais (sazonalidade, tipo de substrato, profundidade, sombreamento, etc) podem causar grandes variações nas comunidades e populações independentemente da poluição, d) ocorre, normalmente, uma carência de conhecimentos taxonômicos disponíveis ao grau desejado, f) os usos destas medidas são limitados na avaliação da qualidade da água para uso doméstico e industrial, bem como para o armazenamento e agricultura (CONNEL & MILLER, op. cit.).

Portanto, pode-se concluir, de maneira geral, que o monitoramento biológico tem a sua devida importância nos sistema de gerenciamento da

qualidade da água, bem como nos estudos de impacto ambiental, e as suas medidas devem ser tratadas como complementares aos sistemas puramente físico/químicos e não de maneira contrastante. Deste modo um programa de monitoramento total, que engloba estas duas vertentes, deve ser cuidadosamente analisado, discutido e só então implementado dentro de critérios científicos sólidos que visem a otimização do programa como um todo.

3.3. Monitoramento Contínuo (Telemetria)

A necessidade crescente de informações rápidas a respeito das condições presentes na água dos rios fez com que em muitos países tenha se desenvolvido sistemas automáticos de medidas em tempo real. Estes sistemas, consistem, basicamente de sensores localizados no campo que transmitem dados à distância para aparelhos registradores em laboratórios centrais. Conforme o tipo de informação desejada, estes mecanismos apresentam sofisticações em maior ou menor grau.

Historicamente, os sistemas de monitoramento contínuo, foram primeiramente implementados no final da década de sessenta e início da de setenta, sendo registrado o seu aparecimento no Japão, antiga URSS, Finlândia, Inglaterra, Itália França, Alemanha, Canadá e Estados Unidos, entre outros (ENOS & PIEHL, 1989).

GRIFFITHS (1987), reporta que, basicamente, um programa de monitoramento da qualidade da água funciona com a coleta manual e as análises laboratoriais das amostras, contudo os sistemas automáticos vem, atualmente, se tornando muito importantes, sendo, algumas vezes, considerados complementares aos programas comuns de monitoramento.

Segundo TOMS (1975) um sistema telemétrico seria muito útil em rios que servem ao abastecimento público e ao mesmo tempo recebem vários tipos de efluentes devidamente tratados. O monitoramento contínuo permite a detecção instantânea de qualquer falha que possa ocorrer nestes tratamentos, bem como qualquer tipo de descargas acidentais.

Para HART et al. (1993), no monitoramento convencional o custo da retirada de amostras individuais e posterior transporte ao laboratório, gera algumas restrições a aplicação destes sistemas. Para estes autores, o monitoramento contínuo oferece maiores possibilidades de manejo às autoridades gerenciadoras dos recursos hídricos e um melhor entendimento dos processos que estão ocorrendo nas águas naturais.

ENOS & PIEHL (1989), afirmam que o objetivo primário de um programa de monitoramento é o de produzir informações claras que descrevam o comportamento de um sistema hidrológico. Neste sentido um sistema contínuo, cuidadosamente planejado e operado, pode satisfatoriamente produzir as informações necessárias à tomada “crítica” de decisões. O valor dos resultados de tais sistemas depende do empenho, tempo e dinheiro empregados no programa. Além disto, o sistema telemétrico elimina algumas incertezas de caráter estatístico (ENOS & PIEHL op. cit.).

Há vários exemplos de monitoramentos contínuos em operação por diversos países. Apesar de aparentemente possuírem grande utilidade, as aplicações e usos de sensores e equipamentos, bem como as limitações associadas a estes sistemas faz com que eles sejam alvo de algumas críticas relacionadas principalmente com os aspectos instrumentais. A principal desvantagem parece ser o seu limitado número de parâmetros que podem ser monitorados.

Dentro do contexto de melhoria e aperfeiçoamento material, HART et al. (1993), sugerem algumas frentes instrumentais onde há a necessidade de maiores desenvolvimentos a fim de se otimizar os sistemas telemétricos, sejam elas: (1) desenvolver novos métodos de tratamento e processamento instantâneo dos resultados, (2) desenvolver novos sensores que forneçam informações mais detalhadas de formas particulares de contaminantes (por exemplo, a fração biodisponível) e para detectar a presença, em baixas concentrações, de compostos tóxicos, (3) criar novos métodos de medidas para

avaliar a qualidade microbiológica da água, (4) maior uso de técnicas estatísticas no processamento dos sinais obtidos.

Portanto, a telemetria apresenta grande utilidade dentro de programas de monitoramento, sendo crescente o seu desenvolvimento. Contudo devido as suas limitações, ela necessita de maiores estudos e aperfeiçoamento.

3.4. Planejamento de Redes de Monitoramento da Qualidade da Água

O planejamento de uma rede de monitoramento é uma tarefa extremamente importante dentro de qualquer programa de controle e manejo da qualidade da água.

A operacionalidade dos sistemas de monitoramento está intimamente ligada a um cuidadoso plano preliminar que estabelece os propósitos e as formas de atuação do sistema de uma maneira sistêmica e integrada. Deste modo, a primeira etapa do programa - o seu planejamento - pode ser considerada como a fase mais importante e mais difícil de ser realizada.

Após o estabelecimento correto das diretrizes básicas da rede, através da elaboração do plano, a operação do sistema torna-se uma tarefa de rotina, executada, sem maiores problemas, por pessoas devidamente treinadas. Obviamente, que a execução do programa requererá alguns cuidados operacionais, contudo, estes serão grandemente otimizados se o plano for eficientemente constituído e integralmente implementado. Para se obter tal plano, é necessário a discussão e o detalhamento de vários aspectos relacionados diretamente com a sua aplicação (objetivos, custos, variáveis a serem mediadas, etc), estes devem ser tratados de forma interdisciplinar, pois o processo abrange várias áreas do conhecimento (biologia, química, estatística, economia, etc) que dependendo dos objetivos definidos, terão maior ou menor relevância no programa como um todo.

Historicamente os programas de monitoramento concentram maior atenção nos aspectos operacionais do sistema, ou seja, como coletar os dados,

e muito raramente se preocupam nos motivos reais da existência do programa ou em “como” utilizar os dados e as informações resultantes do sistema no gerenciamento da qualidade da água (SANDERS, et al. 1987).

Devido a esta situação de desequilíbrio, os programas podem ser muito eficientes nos aspectos de obtenção de dados, porém muito pobres e ineficientes na utilização dos mesmos ou no entendimento da informação por ele produzida. Deste modo, os sistemas de monitoramento dificilmente tem sido vistos e planejados de uma maneira sistêmica e completa - desde a coleta até o uso da informação na tomada de decisões do manejo (SANDERS et al., op. cit.).

Para o Canadian Council of Ministers of the Environment (C.C.M.E., 1993), um dos aspectos mais importantes, nos processos de planejamento, é a articulação dos usuários, operadores e analistas de toda a rede. O envolvimento inicial e continuado com a perspectiva de cada um, são críticas para definir a quantidade e qualidade dos dados produzidos.

A complexidade existente no planejamento de redes de monitoramento provém do fato de que há uma gama de problemas envolvidos, tais como, abordagem, metodologia, amostragem, técnicas, pessoal envolvido, calibração e intercalibração laboratoriais. A abordagem de bacia hidrográfica, sem dúvida, deve ser seguida de uma estratégia regional e local que permita ao monitoramento ter a flexibilidade necessária dentro de um padrão conceitual e metodológico, que possibilite comparações. Número de variáveis, frequência de amostragem, localização, podem, dentro de certos limites, serem escolhidos local ou regionalmente (TUNDISI, 1994).

Segundo SMITH et al. (1987), redes implantadas em largas escalas, em grandes bacias heterogêneas, apresentam fatores que afetam a qualidade da água extremamente complexos, o que dificulta a interpretação rápida. Nestes programas, a amostragem em bacias menores e mais homogêneas aumenta a habilidade de se distinguir as diversas influências sofridas pelo corpo d'água.

A regionalização dos programas, portanto, é uma estratégia importante. Para MEYBECK et al. (1992), já existem, em muitos países, mecanismos desta natureza. Segundo o autor, os laboratórios são organizados em duas categorias: laboratórios regionais para a realização de medidas simples básicas e laboratórios centrais, onde são feitas análises mais sofisticadas, fornecendo apoio, novas metodologias e controle de qualidade aos dados gerados nos laboratórios regionais.

As etapas a serem seguidas durante o planejamento, podem ser altamente variáveis, face aos diversos objetivos, adequações e limitações próprias de cada programa. Entretanto, há vários trabalhos que fornecem algumas orientações gerais sobre este tópico.

Segundo BISWAS (1991), existem alguns requerimentos fundamentais para se planejar qualquer sistema de monitoramento. O sistema deve conter as seguintes características:

1. Permitir a rápida aquisição da informação;
2. Estar otimizado em relação aos custos;
3. Abranger a máxima cobertura geográfica;
4. Apresentar erro mínimo em amostragens e medidas;
5. Ser isento de idéias tendenciosas (pré-concebidas);
6. Contar com a identificação dos usuários da informação.

1. Rápida aquisição da informação

É essencial que as informações originadas no programa atinjam rapidamente os gerenciadores do sistema, a fim de que sejam, se necessário, tomadas e implementadas decisões corretivas. Frequentemente ocorre problemas quanto a este aspecto, e se os dados coletados não atingirem os usuários a tempo, o programa tem eficiência limitada. As conseqüências deste processo podem gerar erros nas ações corretivas e levar à tomada de decisões retardadas, ineficientes por longos períodos de tempo, resultando em danos irreversíveis ou demanda de altos custos.

2. Otimização em relação aos custos

As operações do sistema (coleta de amostras, análises, processamento dos dados, etc) requerem recursos, equipamentos e pessoal especializado. Visto que a disponibilidade de todos estes elementos é limitada, especialmente em países em desenvolvimento, qualquer programa de monitoramento deve ser minimizado em seus custos.

Geralmente o valor da informação aumenta com a sua abrangência e acuracidade, sendo suportado, portando, pelos recursos empregados no sistema. Contudo, este valor atinge um nível máximo, acima do qual os custos continuam a aumentar deixando de ser acompanhados por uma melhoria na qualidade da informação (fig. 1). Deste modo, existe um patamar máximo de informação a ser obtido e os recursos empregados neste momento não reverterão em resultados concretos, sendo considerados como um desperdício.

Há normalmente uma tendência de se coletar mais dados que o necessário. Para que um programa seja eficiente em seus custos, deve-se ter claramente definidos os usos e tipos de dados necessários, além de como as informações serão utilizadas, quando e de que forma elas estarão disponíveis.

Portanto, o rigor científico da informação necessita ser contrabalançado pela acuracidade, viabilidade e rapidez de programa.

3. Máxima cobertura geográfica

Em se tratando da área abrangida pelo monitoramento, surgem vários aspectos a serem considerados: a bacia hidrográfica no qual o sistema está inserido, os usos e ocupações do solo, as atividades humanas, etc. Devido aos altos custos com pessoal, tempo, transporte e outros fatores relacionados, pode-se tomar a decisão de se limitar o número de parâmetros a serem medidos e então utilizar melhor os recursos disponíveis para a obtenção de informações mais detalhadas sobre áreas críticas do ponto de vista do manejo. Conseqüentemente a cobertura máxima, neste contexto, é interpretada como a coleta de dados necessários para os propósitos de gerenciamento do sistema.

4. Erro mínimo em amostragens e medidas

Visto que não é necessário, nem desejável monitorar todos os possíveis eventos ocorridos na área de estudo, a tomada correta de amostras é primordial.

O manejo cobre inúmeros aspectos e diversas disciplinas, consequentemente não existe uma solução única e uniforme para se determinar qual deverá ser a magnitude da amostragem. A determinação desta magnitude dependerá do tipo de informação e do uso decorrente dela.

Quanto às medidas a serem realizadas, o nível de acuracidade e confiança de qualquer dado coletado tem elevada importância dentro dos processos da rede. Por exemplo, se ocorrer a presença de certo composto tóxico na água e sua medida for expressa em partes por bilhão (ppb), qualquer erro mínimo tem significativas implicações.

Figura 1 .Gráfico que representa o custo-efetivo e avaliação da informação que pode ser atingida pelo monitoramento (BISWAS, 1991).

5. Ausência de idéias tendenciosas (pré-concebidas)

O monitoramento pode ser planejado por profissionais que apresentam certa inclinação a determinados tópicos e isto resulta em erros de orientação, bem como desvio dos objetivos principais. Deste modo, idealmente, o programa, deve ser feito por núcleos multidisciplinares contendo pessoas especialistas em alguma área, mas com conhecimento básico em outras. Dentro destes núcleos, os profissionais podem interrelacionar-se livremente e questionar sistematicamente os possíveis problemas que possam surgir.

6. Identificação dos usuários da informação

É extremamente importante e necessário antes da implantação da rede que sejam identificados os usuários da informação geradas no programa. Os diferentes níveis do gerenciamento apresentam uma certa hierarquia com características distintas. Após a identificação dos usuários é aconselhável que eles sejam ativamente envolvidos no sistema. Isto proporciona um meio de avaliação do programa, bem como uma melhoria nos processos de utilização dos dados e entendimento das medidas por parte dos próprios usuários.

Para WHITFIELD (1988), a estratégia empregada em programas de monitoramento deve envolver os seguintes aspectos: a) o estabelecimento de uma meta do programa, b) a seleção de uma operacionalidade de amostragem concordante com a meta, c) a periódica revisão do sistema de amostragem, incluindo estudos de controle de qualidade, d) a otimização da rede e e) a revisão das metas do monitoramento.

Uma abordagem mais direta acerca das etapas pré-operacionais dos sistemas de monitoramento pode ser resumida da seguinte forma, segundo SMITH & McBRIDE (1990).

1. Determinar as metas e objetivos do monitoramento;
2. Determinar os possíveis sítios de amostragens;
3. Confirmar o critério estatístico a ser utilizado;
4. Determinar as variáveis da qualidade da água a serem medidas;

5. Avaliar a acurácia necessária ao programa;
6. Confirmar as análises em laboratórios apropriados;
7. Avaliar os operadores de campo com o devido treinamento;
8. Desenvolver procedimentos de amostragem e análises de campo;
9. Desenvolver procedimentos de preservação e transporte de amostras;
10. Determinar rotas de amostragens;
11. Estabelecer procedimentos que garantam a confiabilidade dos resultados;
12. Desenvolver sistemas de armazenamento, reutilização e manejo dos dados gerados;
13. Criar mecanismos de análise e utilização de softwares;
14. Produzir relatórios técnicos;
15. Avaliar os custos do programa.

Segundo MAR et al. (1986) e SCHILPEROORT & GROOT apud WARD et al. (1990), o processo para o estabelecimento de um plano inicial de programas de monitoramento envolve as seguintes etapas:

I) Os objetivos do monitoramento devem ser claramente identificados e quantificados, incluindo a definição de medidas eficazes. Esta etapa é considerada a mais importante e também a mais difícil.

II) Os processos relevantes devem ser identificados, pois suas dinâmicas ditam como os dados deverão ser analisados. A dinâmica destes processos depende das variáveis da qualidade da água consideradas e da própria hidrodinâmica do sistema.

III) Formulação de variações potenciais através de hipóteses científicas convencionais; definições de parâmetros, técnicas a serem empregadas e algumas hipóteses alternativas que poderiam causar o mesmo tipo de variação; determinar se as hipóteses complementares geram a mesma informação, à tomada de decisões, a um custo mais baixo.

IV) A análise da eficiência com relação aos custos deve levar em conta a importância relativa dos locais de amostragens e variáveis a serem medidas.

Na prática esta etapa é quase sempre evitada, tendo apenas um nível mínimo de eficiência especificada a priori. Visto que este nível mínimo é baseado em considerações subjetivas e/ou políticas, a melhor conduta de amostragem a ser empregada pode não ser claramente definida e aplicada.

V) Integração dos monitoramentos individuais existentes através de uma classificação dos objetivos estabelecidos em todos os planos destes sistemas no sentido de se alcançar as metas globais do programa.

Um dos grandes problemas existentes nos programas de monitoramento é a constatação da falta de acoplamento entre a informação esperada ao manejo e a informação que o monitoramento é capaz de produzir. Normalmente há uma superestimação das informações esperadas em detrimento ao que o programa gera.

Neste contexto WARD et al. (1990), abordam esta questão e descrevem uma análise, que pode ser considerada a mais completa e sistematicamente integrada a respeito do planejamento de redes de monitoramento. Os autores reportam que, antes da implementação dos programas, deve-se considerar os seguintes aspectos:

1. Definir as informações necessárias ao manejo.

- Identificar as informações requeridas a cada ferramenta do manejo;
- Resumir as informações à agência que administra o programa;
- Relacionar as informações com as estratégias do monitoramento;
- Definir os relatórios técnicos e os procedimentos de utilização da informação desejadas pelo manejo;
- Determinar meios estatísticos apropriados às informações desejadas.

2. Definir as informações que podem ser produzidas pelo programa.

- Caracterizar estatisticamente o corpo hídrico a ser amostrado;
- Revisar os métodos estatísticos aplicados;
- Apresentar quais informações podem ser produzidas;
- Comparar as informações solicitadas com as que podem ser geradas.

3. Estabelecer a rede de monitoramento.

- Determinar os locais de amostragem;
- Determinar as variáveis a serem medidas;
- Determinar a frequência de amostragem.

4. Documentar os procedimentos da coleta de dados.

- Operações e procedimentos de amostragem no campo;
- Métodos e operacionalidade das análises laboratoriais;
- Sistema de armazenamento e reutilização dos dados.

5. Documentar as informações geradas e as formas de apresentação dos dados.

- Análise dos dados através de hardware e software;
- Forma e frequência dos relatórios produzidos;
- Procedimentos para a utilização da informação.

Nas etapas descritas acima WARD et al. (op. cit.), defendem a tomada deste sistema como modelo básico para o estabelecimento de programas de monitoramento. Para eles as etapas 1 e 2 estão direcionadas a resolver os problemas que podem ocorrer quando há um descompasso entre as informações esperadas pelo manejo e o que o monitoramento é capaz de gerar, sendo portanto, dada, neste momento, uma oportunidade ao sistema de ser examinado e reformulado. Após estar claramente definida as informações necessárias, os autores indicam então que a rede deve ser determinada especificamente (etapa 3). Na etapa 4 é destacada a importância do registro sistemático dos procedimentos operacionais da rede, ou seja, as técnicas, planos de amostragem e resultados, tenta-se com isto, eliminar todas as possíveis variações de resultados analíticos que poderiam ser, erradamente, atribuídos às variações da qualidade da água. A etapa 5 está relacionada à confirmação das informações esperadas descritas na primeira etapa, sendo considerada também de grande importância dentro do sistema, pois os dados produzidos nos passos anteriores devem ser convertidos em informações e as formas que estas devem ser apresentadas necessitam de um cuidadoso método de processamento que seja capaz de tornar claro e objetivo o que o monitoramento teve habilidade de produzir.

As atividades que devem ser implementadas em uma rede de monitoramento podem ser vistas como operações práticas que se desenvolvem no dia-a-dia do programa. Os aspectos técnicos, relacionados aos objetivos iniciais são direcionados à atingir, da melhor maneira possível, os propósitos para os quais o sistema foi implantado.

Para se alcançar o entendimento das características químicas, físicas e biológicas do corpo hídrico em questão, existe toda uma dinâmica própria de cada rede. Deste modo, as informações necessárias aos agentes gerenciadores da qualidade da água, são provenientes das operações e estratégias desenvolvidas durante a realização do programa, sendo muito importante que todas as fases deste processo sejam confiavelmente conduzidas.

As atividades operacionais do sistema, tradicionalmente, recebem maior atenção nos programas de monitoramento. Isto se deve, segundo WARD, et al. (1990), à idéia de que a aquisição de dados já corresponderia a fase final do sistema e, deste modo, os dados produzidos não são convertidos devidamente em informações para o uso efetivo no gerenciamento.

Há muitas formas nas quais as atividades práticas do monitoramento possam ser categorizadas. SANDERS et al. (1987), dividem estas atividades em duas fases: (1) Fase relacionada com a aquisição dos dados, onde se encontram atividades operacionais do sistema e (2) Fase relacionada com a utilização dos dados, onde há etapas dirigidas à aspectos informacionais da rede.

Portanto, como mostra a figura 2, os três primeiros componentes representam a fase de aquisição dos dados, enquanto os três últimos, a fase de utilização dos dados através de sua transformação em informações.

É importante salientar, segundo LACHANCE & BOBÉE (1982), que durante a aquisição e interpretação da informação, os custos podem se tornar elevados e o programa ter eficiência duvidosa. Isto pode ocorrer se as etapas de coleta de amostras até o uso da informação não forem parte de um plano

integrado a uma abordagem realística e, principalmente aos objetivos relacionados ao uso do corpo hídrico em questão.

Pelos exemplos expostos acima, podemos constatar que o planejamento de qualquer programa de monitoramento é uma tarefa extremamente complexa e, por conseguinte, sujeita há muitos erros que podem comprometer toda sua eficiência e confiabilidade científica. As diretrizes revisadas e aqui apresentadas tem a finalidade de fornecer alertas e caminhos eminentemente gerais para um melhor aproveitamento dos sistemas a serem implantados.

Figura 2. As atividades desenvolvidas em uma rede de monitoramento baseadas no fluxo de informações através do sistema (SANDERS et al. 1987 ; WARD et al. 1990).

4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

4.1. Bacia do Rio Jacaré-Guaçu

4.1.1. Localização

A bacia do rio Jacaré-Guaçu localiza-se na região centro norte do Estado de São Paulo, entre os paralelos 21°37' e 22°22' de latitude sul e os meridianos 47°43' e 48°57' de longitude oeste. Limita-se ao sul com a bacia do rio Jacaré-Pepira, ao norte com a bacia do rio São Lourenço, a nordeste com a bacia do rio Mogi-Guaçu, a leste com a bacia do rio Piracicaba e a oeste com o rio Tietê.

O rio Jacaré-Guaçu é formado pela união dos ribeirões do Lobo e Feijão que drenam os planaltos de Campo Alegre e Itirapina respectivamente. Esta confluência ocorre em uma altitude de aproximadamente 680 metros, a jusante da Usina Hidroelétrica do ribeirão do Lobo, servindo de limite para três municípios, São Carlos, Itirapina e Brotas. A foz deste rio situa-se na confluência com o rio Tietê, no reservatório criado pela barragem de Ibitinga. A bacia drena uma das áreas mais importantes do Estado de São Paulo, onde se encontram cerca de doze municípios, que estão parcial ou totalmente compreendidos nesta região, são eles: Itirapina, São Carlos, Araraquara, Ibaté, Brotas, Ribeirão Bonito, Boa Esperança do Sul, Dourado, Matão, Nova Europa, Tabatinga e Ibitinga.

Entre os principais afluentes do rio Jacaré-Guaçu, destacam-se, pela margem direita: rio Monjolinho, rio Chibarro, ribeirão das Cruzes, rio Itaquê e ribeirão São João e pela margem esquerda: ribeirão da Onça, ribeirão Bonito e rio Boa Esperança.

4.1.2. Clima

Em relação a alguns elementos do clima, ocorre na região uma variação progressiva. O inverno é mais seco quando se avança do ocidente para o oriente da área. Com o verão, a pluviosidade aumenta neste sentido, principalmente em altitudes crescentes no topo das serras (MATTOS, 1968).

Segundo MATTOS (1982), o clima da região é em geral subtropical mesotérmico, úmido, com estiagem branda no inverno.

Reunindo dados climatológicos de quatro localidades dentro da bacia (São Carlos, Itirapina, Araraquara e Ibitinga), ROMA & MATTOS (1983) classificaram o clima pelo método de Thornthwaite em BB'r, ou seja, mesotérmico e úmido com pequena deficiência de água no inverno. Pelo método de Koeppen, os mesmos autores, classificaram o clima em Cwa com variação na porção norte para Aw, ou seja, clima subtropical úmido, com chuvas de verão, variação para clima tropical úmido com inverno seco.

4.1.3. Geologia, Geomorfologia e Pedologia

Segundo o INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT, 1981a) e FERRANTE (1990), geologicamente, na bacia do rio Jacaré-Guaçu encontram-se os seguintes componentes: Grupo São Bento com as formações Pirambóia (Jkp), Botucatu (Jkb) e Serra Geral (Jksg); Grupo Bauru com as formações Adamantina (Ka) e Itaqueri (Kti), e ainda coberturas mais recentes do cenozóico, como sedimentos aluvionares (QA).

A formação Pirambóia apresenta depósitos fluviais incluindo arenitos finos a médios, avermelhados, siltico-argilosos com estratificação cruzada ou plano-paralela, com níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variegadas e raras intercalações de natureza areno-argilosa. Esta formação, representa, por suas características, depósitos de ambiente continental úmido, oxidante, em canais meandantes e planícies de inundação, com pequenas lagoas esparsas. A formação Botucatu, constitui-se de arenitos eólicos

avermelhados, de granulação fina a média, com estratificações cruzadas de média a grande porte. Ocorrem restritamente depósitos fluviais de natureza areno-conglomerática e camadas localizadas de siltitos e argilitos lacustres. A formação Serra Geral representa rochas vulcânicas dispostas em derrames basálticos, com coloração cinza a negra, onde ocorre intercalações de arenitos com as mesmas características dos pertencentes à formação Botucatu.

Dentro do Grupo Bauru, a formação Adamantina é constituída por arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilitos. Já a formação Itaqueri apresenta, predominantemente, arenitos com cimento argiloso, folhelhos e conglomerados polimíticos.

Os sedimentos aluvionares presentes incluem areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheiras fluviais em depósitos de calha e/ou terraços.

A área do alto Jacaré-Guaçu está totalmente incluída na borda nordeste da grande bacia sedimentar do Paraná, onde localmente a predominância é dos sedimentos e magmatitos mesozóicos do grupo São Bento. A sequência litoestratigráfica deste grupo, apresenta-se na região da seguinte forma: na base aparecem os arenitos argilosos da formação Pirambóia, seguidos pela formação Botucatu. Estes por sua vez, são recobertos pelos magmatitos e arenitos da formação Serra Geral, os quais são sobrepostos pelos sedimentos do Grupo Bauru.

No curso do rio, a partir da represa do Lobo, aparecem encaixamentos em magmatitos básicos responsáveis pelas inúmeras corredeiras e saltos existentes neste local. Após alguns quilômetros a jusante do rio Monjolinho, as exposições dessas rochas não são muito evidentes e inicia-se uma configuração típica de meandros na maior parte do percurso restante do rio. Os sedimentos aluvionares aparecem com relativa frequência ao longo destes locais.

Tomando-se a bacia como um todo, pode-se distinguir duas grandes áreas geológicas bem nítidas: ao sul, leste e nordeste, há um predomínio da

formação Botucatu e Pirambóia, ao norte e no baixo Jacaré-Guaçu, ocorre predomínio da formação Serra Geral próximo às margens e formação Adamantina mais externamente.

Segundo levantamento realizado pelo IPT (1981b), a bacia do Jacaré-Guaçu tem praticamente 2/3 de sua área dentro da Província Morfológica IV - Cuestas Basálticas e o restante, que representa o curso final do rio, na Província V - Planalto Ocidental.

A Província de Cuestas Basálticas é definida por grandes plataformas estruturais de relevo suave, inclinadas na direção do rio Paraná, constituindo o reverso das Cuestas, e profundamente dissecadas pelas bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Moji-Guaçu. As dimensões de formas são extremamente variáveis, desde aquelas com escarpas poucos extensas, com menos de dez quilômetros, até os longos trechos de escarpas contínuas, ultrapassando uma centena de quilômetros.

O Planalto Ocidental mostra relevo com forte imposição estrutural, sob o controle de camadas sub-horizontais, com leve caimento para oeste, formando uma extensa plataforma estrutural externamente suavizada, nivelada em cotas próximas a 500 metros. No geral o relevo é levemente ondulado, com predomínio de colinas e morrotes.

Basicamente ocorrem quatro tipos de relevo na bacia: relevos de Agradação, relevos de Degradação em planaltos dissecados, relevos Residuais suportados por litologias particulares e relevos de Transição.

Os relevos de Agradação são formados pelas planícies aluviais distribuídas nas margens do rio e sujeitas a inundações periódicas. Os relevos de Degradação anglobam os tipos predominantes na maior parte central da bacia, nele incluem-se: colina amplas de topos extensos, aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, baixa densidade de drenagem, planícies aluviais interiores restritas, presença de lagoas perenes ou intermitentes; colinas médias de topos aplainados, drenagem média a baixa densidade; morros amplos com interflúvios arredondados, topos achatados, drenagem de

baixa declividade, padrão dendrítico, presença de boçorocas; morros arredondados com exposições locais de rochas e presença de espigões curtos. Os relevos Residuais estão representados pelas mesas basálticas, ou seja, morros testemunhos isolados de topos aplainados e arredondados, muitas vezes com trechos escarpados e exposições de rochas. Os relevos de Transição constituem-se de encostas com cânions e escarpas frestonadas de alta densidade de drenagem e vales fechados.

Segundo dados levantados por PRADO et al. (1981), ALMEIDA et al. (1981), OLIVEIRA et al. (1982), FERRANTE (1990) e DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE, 1988), a bacia do rio Jacaré-Guaçu apresenta grande variedade pedológica.

Na área de suas nascentes ocorre extensa presença de Areias Quartzosas Profundas (AQ) e Latossolos Vermelho Amarelo (LV). Nos vales do ribeirão do Lobo e Itaqueri, solos Orgânicos (Or). Próximo às margens do ribeirão do Feijão, solos Hidromórficos (Hi). No alto Jacaré-Guaçu percorrendo suas margens, registra-se a presença de solos Podzólicos (PV). Existem Latossolos também junto ao tributário ribeirão Bonito e Gleis pouco húmidos e solos hidromórficos entre a região da Usina de Gavião Peixoto e o ribeirão São João.

Em toda a bacia existem Latossolo Roxo distrófico e eutrófico (LRd e LRe) em ilhas isoladas e poucas áreas com Latossolos Vermelho Escuro (LE). Ocorre ainda a presença de Terra Roxa estruturada (TE) em poucas regiões distribuídas pela bacia.

As características destes tipos pedológicos, bem como sua composição química, são descritas resumidamente na tabela 2.

4.1.4. Usos e Ocupação da Bacia

A bacia do rio Jacaré-Guaçu apresenta uma enorme diversificação quanto ao aproveitamento e ocupação do solo.

Na área abrangida pela bacia situam-se as zonas urbanas de nove municípios: Itirapina, São Carlos, Ibaté, Ribeirão Bonito, Araraquara, Boa Esperança do Sul, Nova Europa, Tabatinga e Ibatinga.

A região das nascentes, onde se encontram as sub-bacias do ribeirão do Feijão e ribeirão do Lobo, está inserida dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental (APA) de Corumbataí e o trecho final do curso principal, já próximo a sua foz, pertence a APA de Ibatinga.

As APAs são unidades legais de conservação, cujo objetivo é conciliar as atividades humanas com a manutenção ou melhoria das condições ecológicas locais. Quanto a APA de Corumbataí, estudos realizados pela Secretaria do Meio Ambiente com vistas a sua regulamentação e implantação alteram o perímetro inicialmente proposto no decreto original. A área envolve porções territoriais de dezoito municípios, entre eles Itirapina e São Carlos.

O uso e a ocupação do solo rural e urbano desta APA são bastante intensos, pois se constitui em uma área periférica aos principais eixos de expansão urbano-industrial do interior do Estado. Apenas 15% de sua área encontra-se ocupados por vegetação remanescente, dos quais 3,8% são de matas, ocorrendo também a poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (SÃO PAULO, 1990).

As cidades que integram a bacia apresentam graus e taxas de urbanização variáveis, que refletem no seu tipo de desenvolvimento econômico (tabela 3). As maiores concentrações urbanas são encontradas em Araraquara e São Carlos. Os dois municípios formam um complexo industrial e comercial que veio trazer um elevado nível de urbanização e concentração de riqueza para estas regiões.

Em São Carlos, historicamente, a base da economia regional, era a cultura de café, que após a crise de 1929 declinou significativamente. A partir deste quadro passou a haver uma maior diversificação nas atividades agrícolas.

O processo de industrialização mais intenso teve início na década de 50, havendo forte expansão na década seguinte. As grandes transformações na

paisagem da região foram também causadas pelo Programa Pró-Álcool, a partir de 1975, com o plantio da cana-de-açúcar em grandes extensões de terras e a instalação de várias usinas de açúcar e álcool (SÉ, 1992; SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO-SEPLAN, 1990a). Também tiveram suas áreas de plantio ampliadas, produtos exportáveis, como a laranja e a soja, ao mesmo tempo que houve a expansão da cana e o estabelecimento de importantes empresas de suco na região.

A região de Araraquara tem o seu desenvolvimento econômico pautado em decisões de ordem macroeconômica, como a manutenção e desenvolvimento do Pró-Alcool e o incentivo às exportações. O desdobramento regional dessas decisões econômicas é o fortalecimento do complexo agroindustrial suco-citrícola e suco-álcooleiro voltados para o mercado externo (frutas “in natura”, sucos concentrados e açúcar), e para o mercado interno de combustível líquido (álcool hidratado e álcool anidro) (SEPLAN, 1990b).

Quanto aos uso da água, observa-se que sete dos nove municípios da bacia utilizam água para abastecimento através de captações predominantemente subterrâneas (maior que 50%) . Todas as cidades dispõem de rede coletora pública de esgotos, porém existe sistema de tratamento em apenas uma delas (tabela 4). Este problema é particularmente grave nas cidades de São Carlos e Araraquara, face a maior concentração populacional aí presentes.

Em São Carlos todo o resíduo urbano é despejado no rio Monjolinho, afluente da margem direita do rio Jacaré-Guaçu. Segundo SÉ (1992), estima-se uma DBO de 15 ton/dia (7ton/dia de origem industrial e 8 ton/dia de origem doméstica) devido aos efluentes descarregados “in natura”, sendo este rio considerado um condutor de esgoto a céu aberto, principalmente nos períodos de estiagem. Outro problema preocupante existente no município diz respeito a presença de uma aterro sanitário próximo as nascentes de afluentes do ribeirão

do Feijão, um dos formadores do rio Jacaré-Guaçu. Isto é agravado pelo fato da área ser de recarga do aquífero Botucatu, o mais importante da região.

Ocorrem ainda, atividades de portos de areia ao longo de tributários do rio Monjolinho (córregos da Água Fria e Água Quente) que comprometem a qualidade da água devido aos rejeitos sólidos liberados pelo processo de desmonte hidráulico dos depósitos arenosos e conseqüente assoreamento desses córregos (AGUIAR, 1988).

Em Araraquara, todos os efluentes urbanos são drenados para o ribeirão do Ouro e ribeirão das Cruzes. O primeiro é afluente direto do rio Jacaré-Guaçu e o segundo, tributário do rio Chibarro.

Segundo dados recolhidos por AMORIM (1996) junto às Casas de Agricultura dos municípios existentes na bacia (tabela 5), nota-se o predomínio da cultura da cana-de-açúcar seguida da citricultura, o que ratifica as informações socio-econômicas mencionadas acima.

A partir de uma matriz de ocupação do solo produzida pelo DAEE/SP, a qual tomou como base uma imagem de satélite (DAEE,1990), foi possível a construção do mapa de ocupação do solo da bacia em estudo, representado na figura 3. As respectivas coberturas percentuais de cada ocupação na área estão contidas na tabela 6. Antes de qualquer análise, é preciso enfatizar que a fonte destes dados se apresenta em uma escala elevada (1:500.000), o que torna sua interpretação um pouco prejudicada. Entretanto, nota-se uma vez mais o predomínio da cana-de-açúcar (23,49%) e a presença de algumas ilhas de vegetação natural. Destacam-se áreas com reflorestamento (7,70%) e várzeas (1,30%). As pastagens constituem-se na maior ocupação da bacia (33,83%).

Baseado em um levantamento aerofotográfico realizado recentemente, pode-se ter um cenário mais acurado sobre o perfil longitudinal da bacia. Na figura 4, observa-se o início do rio Jacaré-Guaçu, logo após o reservatório do Lobo (Broa). Nesta região o rio se mostra encaixado em vales bem protegidos por matas ciliares. Ao se aproximar e receber o rio do Monjolinho (fig. 5), as margens do rio tornam-se menos protegidas com o predomínio de pastagens ao

seu entorno. Ao atravessar a região do município de Ribeirão Bonito, o rio começa a assumir aspecto meandrante e ser circundado pelas culturas predominantes na bacia, deste modo tem-se um mosaico, ora com pouca ou muita mata ciliar junto as culturas da cana e laranja (fig. 6 e 7). As áreas de várzeas associadas aos meandros aparecem com frequência ao longo do curso principal (fig.8). A ocupação intensa pela cultura canavieira na região de Araraquara torna-se mais evidente (fig. 9) onde o rio após receber o afluente Chibarro, se encaminha para a Usina Hidroelétrica de Gavião Peixoto. Nesta área o rio apresenta apenas um entorno reduzido de vegetação englobada pela grande área de cana. Isto se perpetua até a Usina de Gavião Peixoto e um pouco mais abaixo, onde também se encontra áreas ocupadas pela atividade pecuária (fig. 10 e 11).

Ao longo da bacia, existem quatro barramentos criados para fins de aproveitamento hidroelétrico, sendo dois localizados no canal principal e dois em afluentes: a) Usina do Lobo, em Itirapina, represando o ribeirão do Lobo e Itaqueri, b) Usina Santana, situada na margem esquerda do rio, em Brotas, c) Usina de Alois Portel, instalada no curso médio do rio Monjolinho, em São Carlos e d) Usina de Gavião Peixoto, construída no curso principal, na localidade de mesmo nome pertencente a Araraquara.

Portanto, de maneira geral, o rio Jacaré-Guaçu não sofre grandes impactos pontuais, isto ocorre com mais frequência em seus afluentes. De fato, no caso do município de São Carlos, o rio Monjolinho pode ser considerado como “uma estação de tratamento de esgoto”, protegendo ecologicamente a bacia (CAMPOS, 1978). A qualidade da água no curso principal pode ser considerada menos afetada também devido a presença alternada de corredeiras, meandros e de várzeas associadas as matas ciliares que acompanham boa parte de seu percurso.

Em termos de estudos já realizados na bacia do rio Jacaré-Guaçu, há um grande número, sobretudo relacionados a seus principais afluentes. Um trabalho pioneiro sobre a qualidade da água no curso principal foi realizado

por MATTOS (1968). Em dezembro de 1976 o DNAEE e a Escola de Engenharia de São Carlos celebraram um convênio visando desenvolver um programa de pesquisas e manejo de recursos hídricos em bacias hidrográficas. Este convênio facilitou a implantação da bacia experimental do rio Jacaré-Guaçu e permitiu o desenvolvimento de pesquisas, prestação de serviços à comunidade, gerenciamento de recursos hídricos e treinamento de pessoal. O convênio foi encerrado em 1984 tendo produzido vários relatórios técnicos, publicações, dissertações e teses de pesquisadores e alunos do departamento de hidráulica e saneamento da EESC (USP), entre estes, os relacionados mais diretamente à qualidade da água, destacam-se: CAMPOS (1978), VILLELA (1981), GOMES (1981), CAMPOS & FORESTI (1981), GASTALDINI (1982).

Tabela 2. Principais tipos de solos encontrados nas bacias dos rios Jacaré-Guaçu e Jáu (SP).

1. Latossolo Roxo: Solos com horizonte B latossólico derivado de rochas básicas (diabásio e/ou basaltos, argiloso ou muito argiloso). Apresenta altos teores de ferro (entre 36% a 18% de Fe_2O_3).
2. Latossolo Vermelho Escuro: Solos com B latossólico de coloração vermelha-escura e moderados teores de ferro.
3. Latossolo Vermelho Amarelo: Solos com coloração vermelha-amarela. Quando apresentam horizonte A proeminente muito desenvolvido ou muito húmico, são denominados latossolos verm.-amarelo húmico. Possuem baixos teores de óxidos de ferro (menos de 8%).
4. Podzólico Vermelho Amarelo: Solos com horizonte B de coloração vermelha-amarela. Podem conter argila de alta ou baixa atividade. Predominam minerais silicatos do grupo caulinitas na fração argila. Apresentam média ou alta saturação por bases nas áreas mais procuradas pra agricultura.
5. Terra Roxa Estruturada: Normalmente presentes em regiões tropicais úmidas associadas a latossolo roxo, desenvolvendo-se do mesmo tipo de rocha (basalto ou diabásio) e ocupando áreas mais movimentadas, com declives entre 10 e 30%. Geralmente apresenta elevada saturação por bases e é considerado um dos solos mais produtivos do Brasil.
6. Areias Quatzosas Profundas: Solos arenosos em todo o perfil. Normalmente são muito profundos. Apresentam sérias limitações para a agricultura, devido principalmente da baixa capacidade da retenção de água e nutrientes. São constituídos, predominantemente por quartzo.
7. Solos Litólicos: Solos rasos com horizonte A assentado diretamente sobre rocha consolidada. Suas limitações à agricultura advêm de serem rasos e situarem-se em áreas de relevo muito movimentado, sendo também comuns pedras na superfície.
8. Solos Hidromórficos: Solos que apresentam horizonte glei a uma profundidade inferior a 80 cm, sem evidências de acentuada acúmulo de argila por processos de iluviação. Ocorrem quase exclusivamente em várzeas, frequentemente encharcadas, com lençol freático a pequena profundidade. Fertilidade natural bastante variável.
9. Solos Orgânicos: Solos que ocorrem em condições de extremo encharcamento, onde a taxa de acúmulo de restos vegetais é maior que sua taxa de decomposição, havendo, assim, formação de turfas. O horizonte turfoso é definido em função do conteúdo de carbono e da textura da fração mineral.

FONTE: LEPSCH & OLIVEIRA (1987).

Tabela 3. Dados populacionais dos municípios que integram a bacia do rio Jacaré-Guaçu.

Municípios	População				Classificação
	Total	Urbana	Rural	% Urbaniz.	
Araraquara	163.433	153.366	10.067	93,84	Industrial
B. Esp. Sul	11.860	8.837	3.023	74,51	Agrícola
Ibaté	18.850	16.410	2.440	87,06	Agroindustrial
Ibitinga	38.233	34.462	3.771	90,14	Agrocomercial
Itirapina	9.914	7.477	2.437	75,42	Agrocomercial
N. Europa	5.381	3.652	1.729	67,87	Agrícola
Rib. Bonito	10.318	8.183	2.135	79,31	Agrícola
São Carlos	158.186	148.377	9.809	93,80	Industrial
Tabatinga	10.797	6.996	3.801	64,80	Agrícola

Fonte: Sec. da Agricultura e Abastecimento do Est. S. Paulo, (SÃO PAULO,1994).

Tabela 4. Usos da água na bacia do rio Jacaré-Guaçu.

Municípios	Utilização da Água			
	% Água Subt.	% Água Sup.	Trat. Esgoto	Receptor
Araraquara	50,00	50	Não há	Rib.Cruz/Our.
B. Esp. Sul	100,00	0,00	"	Rio B. Esper.
Ibaté	100,00	0,00	"	Rio Chibarro
Ibitinga	90,00	10,00	"	Rio S. Joaq.
Itirapina	98,00	2,00	Sim	
N. Europa	100,00	0,00	Não há	Rio Itaquerê
Rib. Bonito	40,00	60,00	"	Rib. Bonito
São Carlos	42,10	57,90	"	Rio Monjolinho
Tabatinga	100,00	0,00	"	Rib. S. João

Fonte: Consultas telefônicas junto às Prefeituras dos municípios.

Tabela 5. Principais culturas agrícolas encontradas nos municípios que integram a bacia do rio Jacaré-Guaçu.

Municípios	Área Encontrada (ha)						
	Cana	Citrus	Milho	Arroz	Feijão	Café	Soja
Araraquara	43.000	18.000	1.500	500	95		
B. Esp. Sul	36.100	8.200	1.200	40	25		
Ibaté	11.217	461.000 pés	500	50	5	50.000pés	680
Ibitinga	5.180	2.180	1.580	200			
Itirapina	3.500	3.078	800	30	20		
N. Europa	6.750	4.500	700	100		220	
Rib. Bonito	11.200	5.500	400	50		170	
São Carlos	21.048	6.200	7.200	330	40		1.758
Tabatinga	4.800	14.064	600	250	50	300	300
Dourado	3.700	800	500	100		128	50
Brotas	15.000		2.200	200	200		
Matão	15.000	12.500	2.500	600		1.200	

Fonte: AMORIM (1996)

Figura 3. Ocupação do solo na bacia do rio Jacaré-Guaçu.

Tabela 6. Áreas percentuais de ocupação do solo na bacia do rio Jacaré-Guaçu.

OCUPAÇÃO	% DA ÁREA
Cana-de-Açúcar	23,49
Culturas Temporárias	4,55
Culturas Perenes	3,41
Floresta Secundária	0,29
Cerradão	0,09
Cerrado	1,22
Campo Cerrado	0,32
Reflorestamento	7,7
Veg. Rasteira Residual	16,21
Veg. Baixa Residual	5,05
Várzea	1,3
Cidades (acima 30.000)	2,55
Pastagens	33,83

Figura 4. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do trecho a jusante do reservatório do Lobo (Broa). Notar a mata ciliar percorrendo os vales encaixados por onde corre o curso do rio.

Figura 5. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea da confluência do rio Jacaré-Guaçu com o rio Monjolinho. Notar a diferença das águas, mais escura para o rio Jacaré-Guaçu e mais clara para o rio Monjolinho.

Figura 6. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea de trecho próximo à Ribeirão Bonito. Pode-se observar a intensa citricultura (margem direita do rio) e o início do aspecto meandrante associado à matas ciliares.

Figura 7. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do rio antes da confluência com o rio Chibarro em Araraquara. Observar os meandros protegidos por boa quantidade de mata ciliar e a formação de uma lagoa marginal.

Figura 8. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea logo após a confluência do rio Chibarro.

Figura 9. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea do rio Jacaré-Guaçu a jusante do rio Chibarro. Notar a intensa ocupação canavieira e a relativa diminuição da mata ciliar.

Figura 10. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea da barragem da Usina Hidroelétrica de Gavião Peixoto.

Figura 11. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Vista aérea de trecho após a barragem de Gavião Peixoto. Predomínio de pastagens.

4.2. Bacia do Rio Jaú

4.2.1. Localização

A bacia do rio Jaú situa-se na porção central do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°09' e 22°28' de latitude sul e os meridianos 48°16' e 48°47' de longitude oeste.

O rio Jaú é formado pela junção dos córregos do Bugio e Lageado dentro dos limites do município de Dois Córregos, a uma cota aproximada de 640 metros. A rede de drenagem abrange as áreas urbanas das cidades de Dois Córregos, Mineiros do Tietê e Jaú, sendo que Bariri, Itapuí, Bocaína e Torrinha também tem seus limites inseridos nesta bacia. O curso principal tem sua foz no rio Tietê, na represa Alvaro de Souza Lima (Bariri). O rio atravessa a região central da cidade de Jaú e entre seus principais tributários encontram-se, pela margem direita, córrego das Palmeiras, ribeirão do Matão, córrego João da Velha, córrego Santo Antonio, ribeirão Pouso Alegre e ribeirão da Prata, pela margem esquerda, ribeirão São João.

4.2.2. Clima

Reunindo dados de temperatura e precipitação mensais médios de 30 anos (1961 a 1990) registrados pela Estação Experimental de Jaú, foi possível realizar a classificação climática da região. A temperatura média anual é de 21,7°C e a pluviosidade anual média é da ordem de 1421 mm.

Segundo o método de Thornthwaite, o clima é do tipo B₁B'₄r, ou seja, sub-úmido, megatérmico, com pequena deficiência de água. Pelo método de Koeppen, a região é classificada como Aw, o que caracteriza clima tropical com verão úmido e inverno seco. Este tipo climático é típico de cerrado, bem característico do Estado de São Paulo.

4.2.3. Geologia, Geomorfologia e Pedologia

Segundo o IPT (1981a), a área da bacia do rio Jaú é amplamente ocupada por rochas básicas do Grupo São Bento, formação Serra Geral (Jksg). Ocorre a cobertura em menor escala, junto às nascentes de alguns tributários, de sedimentos do Grupo Bauru, formação Itaqueri (Kti). As características destas formações já foram descritas anteriormente.

Geomorfológicamente, baseado em levantamentos do IPT (1981b), a parte superior do rio Jaú se encontra dentro da Província IV - Cuestas Basálticas e a maior extensão do curso na Província V - Planalto Ocidental. Como decorrência, o relevo da região apresenta elevações e vales em forma de meia laranja, ou seja, interflúvios de topo chato, sem grandes variações de altitude. Predominam nesta área relevo do tipo colinas amplas e médias, já descritas. Ocorre, em regiões de nascentes, relevos de morrotes alongados e espigões, nestes predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulares e achatados, drenagem de média a alta, padrão dendrítico, vales fechados e declividades acima de 15%.

Segundo AB'SABER(1971), a região de Jaú é constituída por uma setor dos planaltos areníticos-basálticos da porção centro-ocidental do Estado de São Paulo. É uma área de planaltos férteis cuja força econômica deriva da presença de uma "ilha" de terras roxas, relacionada com uma alinhamento descontínuo de basaltos que se inicia nos arredores de São Manuel e se amplia consideravelmente na área de Jaú e Dois Córregos.

Levantamentos realizados por ALMEIDA et al. (1981 e 1982), indicam que a bacia apresenta certa homogeneidade quanto aos tipos de solos existentes. Basicamente nos seus córregos formadores, há a presença de Latossolos Vermelho Amarelo (LV) e solos Podzólicos Vermelho amarelo (PV). A partir da união destes córregos, às margens do rio, há predomínio total de solos do tipo Terra Roxa Estruturada (TE) com solos Litólicos (Li). Externamente, da mesma maneira, predomina em praticamente toda a extensão do curso principal, Latossolos Roxo eutrófico e distrófico (LRe + LRd) e

também Latossolo Vermelho Escuro (LE). A tabela 1 descreve resumidamente as características desses tipos pedológicos.

Segundo CHIARINI & DONZELI (1973), a maior parte das terras encontradas na região são próprias para culturas anuais, com problemas desde simples até complexos, para manutenção de produtividade e conservação.

4.2.4. Uso e Ocupação da Bacia

Dentro dos limites geográficos da bacia do rio Jaú, encontram-se as zonas urbanas das cidades de Dois Córregos, Mineiros do Tietê e Jaú.

A exemplo da bacia do rio Jacaré-Guaçu, as nascentes do rio Jaú, também situam-se na APA de Corumbataí, nos limites do município de Dois Córregos e Mineiros do Tietê.

A cidade de Jaú, destaca-se das demais por possuir maior concentração urbana (tabela 7) e densidade industrial.

De maneira geral, prevalece na região, atividades agroindustriais com destaque para a cultura de cana-de-açúcar que abrange significativamente a área da bacia, desde as nascentes até a foz do rio na represa de Bariri. O setor secundário tem maior desenvolvimento no município de Jaú que emprega grande parte da mão-de-obra disponível, diferenciando-se da atividade regional com altos índices de produção e desenvolvimento tecnológico (SEPLAN, 1990c).

Jaú é considerada a capital do calçado feminino, contando com 175 indústrias neste setor, dois curtumes, sendo 480 estabelecimentos industriais no total. Merece destaque a Companhia Jauense Industrial de fiação e tecelagem, que atende ao mercado nacional e internacional.

Os três municípios da bacia possuem rede de coleta de esgotos domésticos, porém não há tratamento destes efluentes (tabela 8).

A delegacia agrícola de Jaú, realizando a previsão agrícola para os anos de 1995/96, indica que, praticamente, em todas as cidades, há o predomínio da

cultura da cana-de-açúcar (tabela 9). Neste mesmo levantamento nota-se ainda um grande destaque para as plantações de café.

O intenso uso agrícola da região pode ser justificado pela existência de latossolo roxo e terra roxa estruturada em grandes proporções na área.

Há predomínio nesta região das chamadas terras roxas legítimas, que contituem os solos mais adequados para a agricultura de todo o sudeste do Brasil. Relevo e solos, em termos de fatores limitantes, apresentam valores quase nulos ou praticamente nulos (AB'SABER, 1971).

A partir de levantamento realizado pelo INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (IGC, 1981), pôde-se construir o mapa de uso do solo representado na figura 12 e os valores percentuais de cada ocupação na tabela 10. Observa-se claramente o predomínio agrícola da cana (23,04%) seguido pela cultura do café (6,06%). As pastagens ocupam a maior área existente na bacia (68,24%) e a vegetação natural está restrita a pouquíssimas manchas de cerrados (0,09%) e florestas (0,27%).

Através de observações de campo feitas por este autor, pôde-se constatar que longitudinalmente o rio apresenta o seguinte perfil: logo na junção entre o rib. do Bugio e rib. do Lageado (início do rio Jaú) ocorre a ocupação intensa de canaviais, com a presença da Usina de açúcar e álcool Santa Adelaide (fig. 13). Esta feição só é quebrada pelas poucas matas ciliares presentes no encontro com o rib. do Matão e rib. São João com o rio Jaú; a partir deste último trecho até a cidade de Jaú, o rio se mantém envolvido pela cana e pastagens (fig.14); após atravessar o município (fig. 15) a quantidade de canaviais diminui e o rio tem suas margens ocupadas preferencialmente por pastagens, até sua foz no rio Tietê.

Em termos de impactos pontuais, merece destaque a Usina Santa Adelaide, situada aproximadamente 800 metros abaixo da junção dos ribeirões formadores do rio Jaú, que ocasionalmente despeja resíduos neste rio. Ocorre também o despejo de esgoto urbano proveniente da cidade de Jaú e a presença

de um porto de areia não operado continuamente após a confluência do rib. Pouso Alegre (fig. 16).

Um aspecto importante a destacar nesta bacia é o surgimento de um programa de Educação Ambiental envolvendo alunos, professores e a comunidade em geral das escolas da cidade de Jaú e de outras cidades da região. Neste programa desenvolvem-se atividades de levantamento de informações históricas, geográficas, coleta e análise da água, reflorestamento de mananciais, cursos e treinamentos a todos os participantes. O programa tem apoio decisivo do Serviço de Água e Esgoto do Município de Jahu (SAEMJA) e contou também com orientações do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA-USP).

Tabela 7. Dados populacionais dos municípios que integram a bacia do rio Jaú.

Municípios	População				Classificação
	Total	Urbana	Rural	%Urbaniz.	
Dois Córregos	18.783	16.305	2.478	86,81	Agrícola
Jaú	94.138	86.848	7.290	92,26	Industrial
Mineiros Tietê	9.462	8.719	743	92,15	Agrícola

Fonte: Sec. Agricultura e Abast do Est. de São Paulo (SÃO PAULO, 1994).

Tabela 8. Usos da água na bacia do rio Jaú.

Municípios	Utilização da Água			
	% Água Subt.	% Água Sup.	Trat. Esgoto	Receptor
Dois Córregos	40	60	Não há	C. Lageado
Jaú	45	55	"	Rio Jaú
Mineiros Tietê	90	10	"	Rib. S. João

Fonte: Consultas telefônicas junto às Prefeituras dos municípios.

Tabela 9. Principais culturas agrícolas encontradas nos municípios que integram a bacia do rio Jaú.

Município	Áreas Encontradas (ha)						
	Cana	Citrus (pés)	Milho	Arroz	Feijão	Café (pés)	Soja
Jaú	40.000	20.000	1.500	200	100	600.000	100
D. Córregos	30.000	145.000	730	150		920.000	
Min. Tietê	12.000	28.200	300	15		110.000	
Bariri	8.500	1.310.000	4.000	300	80	800.000	
Itapuí	6.800	3.800	350	15	5	500.000	110
Bocaina	11.050	130.000	700	30	10	700.000	100

Figura 12. Ocupação do solo na bacia do rio Jaú. Escala 1:250.000

Tabela 10. Áreas percentuais de ocupação do solo na bacia do rio Jaú.

OCUPAÇÃO	% DA ÁREA
CANA	23,04
CAFÉ	6,06
CULTURAS ANUAIS	0,04
CITRUS	0,03
FLORESTA	0,27
SILVICULTURA	1,33
CERRADO	0,09
CIDADES	0,59
INDÚSTRIAS	0,05
PASTAGENS	68,24
OUTROS USOS	0,27

Figura 13. Bacia do rio Jaú. Trecho a montante da Usina de açúcar e álcool Santa Adelaide.

Figura 14. Bacia do rio Jaú. Vista geral da intensa ocupação canavieira existente na bacia. Este local situa-se no município de Dois Córregos e o rio Jaú corre no fundo do vale formado por estes terrenos.

Figura 15. Bacia do rio Jaú. Trecho do rio após atravessar a cidade de Jaú. Horto florestal municipal.

Figura 16. Bacia do rio Jaú. Região do porto de areia, após a confluência com o ribeirão Pouso Alegre.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local e Época das Coletas

Com o objetivo de se acompanhar e comparar as variações da qualidade da água dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu, foram realizadas em cada um deles, coletas preliminares e posteriormente estabelecidas as estações de amostragem definitivas com base no tipo de ocupação do solo, entrada de principais afluentes, impactos antrópicos pontuais e facilidade de acesso. Desta maneira, procurou-se obter um perfil longitudinal desses sistemas, face aos principais processos que ocorrem ao longo do tempo. Foram determinados nove pontos de amostragem no rio Jacaré-Guaçu e oito no rio Jaú (figuras 17, 18 e 19). Abaixo estão relacionadas estes pontos com sua respectiva caracterização espacial.

Rio Jacaré-Guaçu

- Ponto JG1 : Imediatamente antes da confluência com o rio Monjolinho, na Fazenda São José. Ausência de mata ciliar, rodeado por pasto.
- Ponto JG2 : Após a confluência com o rio Monjolinho, abaixo de corredeiras. Ausência de mata ciliar, rodeado por pasto.
- Ponto JG3 : Em Ribeirão Bonito, antes da confluência do ribeirão de mesmo nome. Pouca mata ciliar e citricultura.
- Ponto JG4 : Após a entrada do ribeirão Bonito e a montante do rio Chibarro, na ponte da rodovia Abílio A. Correa, sentido Araraquara. Presença de mata ciliar e reflorestamento.

- Ponto JG5 : Após a desembocadura do rio Chibarro, que recebe efluentes domésticos de Araraquara e Ibaté, ponte da rodovia Araraquara-Jaú. Área de várzea rodeada por mata ciliar e pastagens.
- Ponto JG6 : Na barragem da Usina Hidroelétrica de Gavião Peixoto.
- Ponto JG7 : Após a junção do rio Boa Esperança do Sul, que atravessa a cidade de Boa Esperança. Relativa quantidade de mata ciliar.
- Ponto JG8 : A jusante do rio Itaquerê, que recebe esgoto do município de Nova Europa. Área de várzea rodeada densamente por laranjais.
- Ponto JG9 : Após a confluência do ribeirão São João que é receptor dos efluentes urbanos de Tabatinga. Ausência de mata ciliar, rodeado por pastagens.

Rio Jaú

- Ponto J1 : Na união dos ribeirões do Bugio e Lageado, formadores do rio Jaú. Ausência de mata ciliar, intensamente envolvido por cana-de-açúcar
- Ponto J2 : A montante da Usina de Açúcar e Alcool Santa Adelaide. Ausência de mata ciliar, intensamente envolvido por cana-de-açúcar.
- Ponto J3 : Após a desembocadura do córrego do Matão. Pouca mata ciliar, rodeado por pasto e cana.
- Ponto J4 : Após a confluência com o ribeirão São João que atravessa a cidade de Mineiros do Tietê. Presença de mata ciliar bem desenvolvida.
- Ponto J5: Imediatamente antes do rio entrar na cidade de Jaú. Rodeado por pastagens.

- Ponto J6 : Após o rio atravessar a cidade, onde recebe efluentes urbanos, na ponte próxima ao Horto Florestal municipal. Área urbanizada.
- Ponto J7 : A jusante do ribeirão Pouso Alegre, região de portos de areia. Ausência de mata ciliar, rodeado por pasto.
- Ponto J8 : Após a junção do ribeirão da Prata, já sofrendo significativa influência do reservatório de Bariri. Ausência de mata ciliar.

As coletas foram realizadas bimestralmente entre março e setembro de 1995, com o intuito de se obter períodos característicos de cheia, seca e intermediário. Foi necessário um dia de campanha para percorrer as estações de cada rio. As coletas foram feitas nas seguintes datas, sempre iniciadas por volta das 7:00 h. e partindo-se das nascentes a foz:

- 13 de março: rio Jaú
- 14 de março: rio Jacaré-Guaçu
- 16 de maio: rio Jacaré-Guaçu
- 17 de maio: rio Jaú
- 19 de julho: rio Jaú
- 20 de julho: rio Jacaré-Guaçu
- 21 de setembro: rio Jaú
- 22 de setembro: rio Jacaré-Guaçu

5.2. Caracterização Morfométrica das Bacias

A caracterização morfométrica da bacia é importante pois auxilia uma melhor compreensão e descrição das redes de drenagem, fornecendo elementos numéricos para comparações (TEIXEIRA, 1993).

Para a bacia do rio Jacaré-Guaçu, as medidas de área, perímetro, maior comprimento, comprimento do curso principal e maior e menor altitude, foram extraídos do trabalho de MATTOS (1980) e MATOS (1968). Para o rio Jaú, estes parâmetros foram calculados da seguinte maneira: a partir de cartas

topográficas, escala 1:50.000, folhas de Brotas, Dois Córregos, Dourado, Jaú, e Bariri (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 1972a, 1972b, 1973, 1974a e 1974b), a bacia foi delimitada através do reconhecimento dos divisores de água; a área foi determinada por planimetria; as curvas altimétricas deram a maior e menor altitude da bacia; o perímetro e o comprimento do rio, foram medidos com curvímetro e o maior comprimento paralelo ao curso principal, com régua em centímetros.

A partir destes dados, foram calculados os seguintes parâmetros geomorfológicos segundo CHRISTOFOLETTI (1971) e MAIER (1983):

Índice de Forma:

Este índice correlaciona o perímetro da bacia com a sua área, é útil para se eliminar a subjetividade na caracterização da forma da bacia. O número calculado independe da área considerada, depende apenas da forma. O menor valor possível seria 1(um), correspondendo, então, a uma bacia circular. O índice foi calculado pela seguinte fórmula:

$$K = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}}$$

onde, P : perímetro em Km;

A : área em Km²;

K : Índice de Forma.

Relação de Elongação:

Esta medida fornece a relação entre o diâmetro de um círculo de mesma área que a bacia considerada e seu maior comprimento, medido paralelamente ao canal principal. Foi calculado pela fórmula:

$$Re = \frac{d}{l}$$

onde, d : diâmetro de um círculo de mesma área da bacia em Km;

l : maior comprimento da bacia;

Re : relação de alongação.

Relação de Relevo:

Este parâmetro relaciona o relevo total da bacia (diferença alométrica entre a ponto mais alto e mais baixo) e a sua maior dimensão. É um indicador geral do relevo e foi obtido através da fórmula:

$$Rr = \frac{\text{gradiente}}{l}$$

onde, gradiente : diferença entre a maior e menor altitude da bacia em Km;

l : comprimento máximo paralelo ao curso principal em Km;

Rr: relação de relevo.

Ordem de canal:

A ordem de canal é um número atribuído aos cursos d'água, a partir das nascentes, sendo que a todo o canal sem afluentes é dado o número 1. A união de dois canais de uma mesma ordem forma um canal de ordem imediatamente superior. A ordem dos canais relaciona-se com a hierarquização da bacia hidrográfica.

5.3. Parâmetros Climatológicos

Para as duas bacias em estudo foram obtidos dados de precipitação total diários ocorridos em todo o ano de 1995. O mesmo foi feito quanto aos dados de temperatura do ar, sendo obtido as médias mensais nos meses de coleta. Na bacia do rio Jacaré-Guaçu, foram escolhidas as estações climatológicas do CRHEA-USP (Represa do Lobo) e outras operadas pelo CPRM/DNAEE (Ribeirão Bonito, Gavião Peixoto e Nova Europa). Na bacia do rio Jaú estes parâmetros climatológicos foram fornecidos pela Estação Experimental de Jaú, ligada ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC).

5.4. Parâmetros Físicos e Químicos da Água

5.4.1. pH, Temperatura (°C) e Condutividade (μScm^{-1})

O pH, a temperatura e a condutividade da água foram medidos através de eletrodos de leitura direta U10 tipo “Horiba”.

5.4.2. Oxigênio Dissolvido (mgO_2/l)

Para as análises de oxigênio dissolvido, a água foi coletada através de garrafa de Van Dorn, sendo posteriormente colocada em frascos âmbar. O oxigênio foi fixado imediatamente e a análise feita no laboratório de acordo com o método de Winkler descrito em GOLTERMAN et al. (1978).

5.4.3. Material em Suspensão (mg/l)

O material em suspensão total, orgânico e inorgânico foi determinado da seguinte forma:

Filtros AP40 da marca Millipore foram previamente aquecidos em mufla a 480°C durante uma hora e, após o resfriamento, pesados em balança analítica (pesos iniciais). Volumes conhecidos das amostras coletadas foram filtradas e os filtros colocados em estufa a 100°C por duas horas e, pesados novamente. A diferença entre os pesos após a secagem em estufa e os pesos iniciais em miligramas, dividida pelo volume em litros, forneceu o material em suspensão total. Para a determinação das frações orgânica e inorgânica, os filtros foram levados à mufla para aquecimento a 480°C por uma hora. A diferença entre os pesos dos filtros secos em estufa e após a mufla, forneceu o material em suspensão orgânico, e a diferença entre os filtros tratados em mufla e os iniciais, o material em suspensão inorgânico.

5.4.4. Análise da Composição Iônica

Para a análise da composição iônica da água, foram coletados 50 ml em cada ponto de amostragem. As amostras foram fixadas com 50 μl de HNO_3 e enviadas ao Centro de Energia Nuclear Aplicada à Agricultura (CENA), da ESALQ-USP, em Piracicaba. Determinou-se os seguintes elementos: Alumínio (Al), Boro (B), Bário (Ba), Cálcio (Ca), Cádmio (Cd), Cromo (Cr), Cloreto (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Potássio (K), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Sódio (Na), Chumbo (Pb), Fósforo (P), Silício (Si) e Zinco (Zn), Níquel (Ni) e

Sulfato (SO_4). O Al foi medido apenas na coleta realizada em março, enquanto os elementos Cl, Ni e SO_4 não foram medidos nesta primeira coleta.

5.5. Análise Estatística dos Dados

Os resultados das análises físicas e químicas da água foram explorados estatisticamente utilizando-se a técnica de Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*) e a Análise Fatorial. Com o objetivos de testar diferentes fontes de variação que atuam sobre as bacias estudadas, aplicou-se uma Análise de Variância bifatorial (ANOVA).

A tabela 11 relaciona as variáveis utilizadas nas técnicas estatísticas acima citadas com as respectivas unidades de medidas.

Todos estes tratamentos foram realizados através do programa STATISTICA (STATSOFT INC, 1995), e parte das interpretações segundo o manual que o acompanha.

Antes da análise de agrupamentos e fatorial, os dados foram padronizados para a mesma escala. Esta padronização consistiu na subtração da média de cada variável e divisão da diferença pelo desvio-padrão. Este procedimento é necessário, pois os dados se apresentam em diferentes escalas e unidades incompatíveis.

Para a análise de agrupamento, foram construídas, a partir dos dados físicos e químicos, matrizes mensais de similaridade entre as estações de coleta dos dois rios estudados. Para isto foi utilizada a distância Euclidiana como coeficiente de similaridade e o UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Average) como método de ligação ou formação dos grupos. Desta forma produziu-se, para cada mês, um dendograma, que é a representação gráfica da análise.

A análise fatorial é definida como uma técnica que trata das relações internas de um conjunto inicial de variáveis correlacionadas por um conjunto menor de fatores, ou variáveis hipotéticas, que explicam a maior parte das variáveis do conjunto inicial (FACHEL, 1976). Segundo COOLEY &

LOHNES (1971), a análise fatorial tem se tornado um termo genérico para uma variedade de procedimentos desenvolvidos com o propósito de analisar as intercorrelações existentes dentro de um conjunto de variáveis. Desta forma a Análise dos Componentes Principais (ACP) se inclui dentro desta análise.

Basicamente existem as seguintes etapas a serem seguidas para a análise fatorial: a) padronização dos dados; b) preparação da matriz de correlação; c) extração dos fatores; d) obtenção das cargas fatoriais, que correlacionam as variáveis iniciais com os fatores formados e e) rotação dos eixos inicialmente produzidos. Quanto esta última etapa, o objetivo fundamental é facilitar a interpretação dos resultados obtidos. A rotação realizada discrimina mais as variáveis com relação aos eixos produzidos, ou seja, ela maximiza certas cargas fatoriais ao mesmo tempo que minimiza outras, tornando portanto mais evidente as relações entre os fatores e as variáveis (COOLEY & LOHNES, op. cit.; LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

Neste trabalho foram realizadas análises fatoriais para cada mês de coleta. A extração dos fatores foi feita através dos componentes principais e fixaram-se dois fatores que representaram a maior % de explicação para a variabilidade dos dados. A rotação aplicada sobre os eixos obtidos inicialmente foi *varimax raw* (variance maximizing). Com os escores dos fatores produziu-se gráficos relacionando as estações de coleta com os eixos obtidos.

Para a análise de variância, foram fixados como fontes de variação: 1) as bacias hidrográficas; 2) as épocas de coleta e 3) a interação entre estas fontes.

Tabela 11. Variáveis da qualidade da água utilizadas para as análises estatísticas.

Variáveis	Unidades de Medida
pH	—
Temperatura	°C
Condutividade	μScm^{-1}
O ₂ dissolvido	mg/l
Ca	ppm
Mg	ppm
Na	ppm
K	ppm
Fe	ppm

Figura 17. Bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu com as estações de coleta (JG1 a JG9).

Figura 18. Bacia hidrográfica do rio Jaú com as estações de coleta (J1 a J8).

Figura 19. Localização dos rios Jacaré-Guaçu e Jaú no Estado de São Paulo.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterização morfométrica das bacias

Os resultados das análises morfométricas das bacias estudadas estão representados na tabela 12.

A área total da bacia do rio Jacaré-Guaçu é aproximadamente 5,5 vezes a área da bacia do rio Jaú. Esta diferença se reflete também em outros parâmetros fisiográficos, tais como o perímetro e o comprimento dos rios.

A área de drenagem do rio Jacaré-Guaçu é de 6^a ordem, sendo que logo na junção do rib. de Lobo com o rib. do Feijão, onde o rio é formado, ele já se encontra em 5^a ordem. A 6^a ordem é atingida após a junção com o rio Chibarro. Já o rio Jaú, em sua nascente, ou seja, no encontro do rib. do Bugio com Lageado, possui 4^a ordem. Com a entrada do córrego das Palmeiras, ele passa a ter 5^a ordem e a mantém até sua foz no rio Tietê.

A bacia do rio Jacaré-Guaçu se mostra mais alongada com relação ao bacia do rio Jaú, este aspecto foi registrado pelo índice de forma ($K=2,20$). A relação de alongação (Re) que também é um parâmetro relacionado a forma, não demonstrou diferenças entre os resultados obtidos para as duas bacias. Quanto a relação de relevo (Rr), que fornece uma idéia aproximada da inclinação média da bacia, observou-se que as duas bacias apresentaram valores percentuais relativamente baixos (0,4% e 0,6%, para o rio Jacaré-Guaçu e Jaú respectivamente).

6.2. Parâmetros climatológicos

Na figura 20 está representada a variação da temperatura do ar média ao longo dos meses de 1995 para a bacia do rio Jaú. Os meses mais quentes foram janeiro (26°C), fevereiro e março (24,3°C) e dezembro (24,4°C). As

temperaturas médias mais baixas foram registradas em maio (20,1°C), junho (19,4°C) e julho (20,4°C). Os maiores índices pluviométricos (mm) em 1995 (fig. 21) para esta bacia foram registrados em janeiro (259,8 mm), fevereiro (461,6 mm) e dezembro (287,0 mm). O mês mais seco foi agosto (0,0 mm).

Na bacia do rio Jacaré-Guaçu, as temperaturas mais altas (fig. 22) foram registradas em janeiro (25,9°C), fevereiro (23,5°C) e março (23,9°C). A distribuição das chuvas em mm está representada na figura 23 para as quatro localidades de medida escolhidas na bacia. As maiores precipitações totais ocorreram em janeiro e fevereiro e os meses mais secos foram junho, julho, agosto e setembro.

De forma geral as duas bacias mostraram dois períodos bem característicos. Um período quente com alta pluviosidade e um período com temperaturas mais baixas e mais seco.

6.3. Variáveis físicas e químicas da água

Os resultados das medidas físicas e químicas da água realizadas nas duas bacias estudadas estão representadas nas tabelas 13 a 34 e figuras 24 a 74. Os valores médios mensais para cada bacia se encontram nas tabelas 35 e 36.

A temperatura da água variou de 15,4°C a 26°C nos dois sistemas estudados (tab. 13 e 14; fig 24 e 25). As maiores temperaturas foram encontradas no mês de março, sendo os maiores valores registrados na estação J8 (26°C) e JG9 (25,2°C). As temperaturas mais baixas, para o rio Jaú, foram encontradas em setembro nas estações J1 e J2 (15,4°C e 15,5°C respectivamente). Os valores mais baixos para o rio Jacaré-Guaçu foram obtidos em julho e setembro na estação JG3 (18,6°C). Pode-se observar uma ligeira tendência, nos dois rios, no sentido nascente-foz.

Nas tabelas 15 a 20 e figuras 26 a 31 estão representadas as concentrações do material em suspensão total, inorgânico e orgânico. O material em suspensão total apresentou maiores variações no rio Jaú. As maiores quantidades foram registradas nas estações J5, J6 e J7 em todos os meses, sendo, dentre estes, no mês de março encontradas as mais altas

concentrações. Tomando-se o rio como um todo, os pontos J1, J2 e a última estação, próxima ao reservatório de Bariri (J8), foram as que apresentaram os menores valores medidos, sobretudo nos meses mais secos (julho e setembro). No rio Jacaré-Guaçu não se observou grandes variações espaciais, contudo o comportamento temporal foi bastante contrastante ao rio Jaú. Os maiores valores foram obtidos para os meses de julho (JG1, JG2, JG4, JG5, JG6) e setembro (JG3, JG7, JG8, JG9). A fração orgânica do material em suspensão total superou a inorgânica nas estações do rio Jaú J3 em julho e setembro, J4 em setembro, J6 e J8 em julho. No rio Jacaré-Guaçu o material em suspensão orgânico foi superior ao inorgânico no ponto JG4 em março.

A concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) está representada nas tabelas 21 e 22 e figuras 32 e 33. No rio Jaú as menores concentrações foram obtidas em julho e setembro nos pontos de amostragem J3 (4,97 mg/l e 2,98 mg/l), J6 (2,82 mg/l e 2,50 mg/l) e J8 (2,14 mg/l e 3,19 mg/l). As estações J1 e J2 demonstraram boa oxigenação da água em todos os meses, onde se registraram os maiores valores, 9,20 mg/l e 9,48 mg/l em setembro para as duas estações, respectivamente. O rio Jacaré-Guaçu apresentou os menores níveis de oxigênio durante o mês de março para as estações JG5 (4,70 mg/l), JG8 (4,58 mg/l) e JG9 (2,60 mg/l) e em maio para a estação JG9 (4,65 mg/l). Nas demais estações e outros meses, a água se mostrou bem oxigenada com destaque para os níveis mais altos obtidos no ponto JG6 (9,21 mg/l e 9,27 mg/l) em março e julho.

Quanto ao pH, os maiores valores foram registrados em março, nas estações J2 e J3 do rio Jaú e JG6 e JG7 do rio Jacaré-Guaçu (tab. 23 e 24; fig. 34 e 35). O menor valor para o rio Jaú foi obtido em setembro (6,08) na estação J3. Para o rio Jacaré-Guaçu, obteve-se o menor pH na estação JG9 em maio (5,07). De maneira geral o pH foi mais baixo no rio Jacaré-Guaçu, sobretudo nas estações JG1 e JG2 em maio e JG1 a JG5 em julho.

Na tabela 25 e figura 36 estão representados os valores da condutividade (μScm^{-1}) registrados no rio Jaú. De maneira geral, neste rio, a

condutividade da água apresentou maior variação espacial que o rio Jacaré-Guaçu (tabela 26 e figura 37). Os menores valores sempre foram encontrados nos pontos J1 e J2 e JG1 e JG2. No rio Jaú, ponto J6, esta variável elevou-se em todos os meses com relação aos pontos imediatamente anterior e posterior (J5 e J7). O maior valor registrado neste rio foi em setembro, estação J8 (134 μScm^{-1}). No rio Jacaré-Guaçu a partir das estações JG1 e JG2, a condutividade apresentou valores mais constantes, sendo pouca a variação longitudinal e temporal registrada.

Quanto à composição iônica, observou-se de maneira geral que as maiores concentrações e variações espaciais foram obtidas no rio Jaú. Os resultados estão representados nas tabelas 27 a 34 e figuras 38 a 74. Foram feitos gráficos apenas dos íons que apresentaram concentrações acima do limite de detecção em todas as análises.

A concentração de Al foi medida somente para o mês de março. O maior valor para o rio Jaú foi encontrado na estação J7 (3,40 ppm) e o menor no ponto J1 (0,20 ppm). No rio Jacaré-Guaçu este elemento apresentou valores mais baixos em todas as estações (0,10 a 0,30 ppm).

O Ba apresentou baixas concentrações para os dois rios estudados. A maior foi registrada no rio Jaú, em março, na estação J7. Para o rio Jacaré-Guaçu, em todos os meses este íon manteve concentrações constantes ao redor de 0,05 ppm.

O Ca apresentou altas concentrações no rio Jaú, sobretudo na estação J7 em março (10,80 ppm). O menor valor registrado ocorreu em julho, na estação J8 (1,90 ppm). As mais altas concentrações para o rio Jacaré-Guaçu foram obtidas nas estações JG7 e JG8 no mês de março (5,50 ppm). O menor valor foi obtido na estação JG1 (1,40 ppm) em julho. Observou-se um aumento espacial gradativo no rio Jaú a partir da estação J3 em todos os meses com exceção de julho, onde registrou-se o mais alto nível para este ponto (7,90 ppm) com relação aos outros.

O Fe teve sua concentração mais elevada registrada na estação J7 em março e a menor na estação J8, também em março. No rio Jacaré-Guaçu houve pouca variação espaço/temporal com exceção do ponto JG8 no mês de setembro, onde foi encontrada o maior valor para este rio (6,60 ppm).

De forma geral o menores valores de K para o rio Jaú foram obtidos em março e os maiores em setembro nas estações J3 (3,30 ppm) e J8 (3,20 ppm). No rio Jacaré-Guaçu, as menores concentrações ocorreram nas estações JG1 e JG2 durante todo o período estudado. A estação JG9 foi a que apresentou os valores ligeiramente mais altos que os demais em praticamente todos os meses de coleta.

Quanto ao Mg as mais altas concentrações no rio Jaú foram obtidas nos pontos J6, J7 e J8 em todos os meses. Por outro lado, nas estações de nascentes, J1 e J2, foram registrados os menores valores durante todo o período estudado. No rio Jacaré-Guaçu obteve-se as menores níveis nas estações JG1 e JG2, nos demais pontos, este íon permaneceu constante, tendo valores em torno de 1,50 ppm, com exceção do mês de março, onde registrou-se 2,50 ppm para as estações JG6 e JG7 e 2,60 ppm para a estação JG8.

No rio Jaú, observou-se uma tendência espacial na concentração de Na. Os níveis mais altos foram obtidos nas estações J7 (8,20 ppm) e J8 (12,10 ppm) no mês de setembro. Neste mesmo mês registrou-se a menor concentração (0,80 ppm) para o ponto J1. Já no rio Jacaré-Guaçu, notou-se um aumento temporal gradativo, sendo encontrado os maiores valores em setembro para as estações JG5 (3,50 ppm), JG3 (3,90 ppm) e JG8 (3,60 ppm). O menor valor ocorreu em março na estação JG1 (1,00 ppm).

A exemplo do Na, o íon Cl também mostrou um certo gradiente espacial no rio Jaú. A estação J6 destacou-se das demais nos meses de maio e julho, onde apresentou os maiores valores (5,50 ppm e 5,70 ppm respectivamente). Em setembro a maior concentração ocorreu na estação J7 (7,20 ppm). O valor mais baixo foi obtido também em setembro no ponto J1 (0,90 ppm). No rio Jacaré-Guaçu encontrou-se níveis sempre mais baixos e mais constantes em

todos os meses, menos para a estação JG1 em setembro, onde obteve-se o valor mais alto (8,40 ppm).

No rio Jaú as maiores concentrações de Si foram registradas nas estações J5, J6 e J7 em todos os meses, destacando-se a estação J7 em maio (14,70 ppm). Os valores mais baixos foram obtidos na estação J1, sobretudo no mês de maio (6,80 ppm). As maiores concentrações para o rio Jacaré-Guaçu foram encontradas nas estações JG8 e JG9 em setembro (7,80 ppm e 7,60 ppm respectivamente). Os menores níveis foram registrados nos pontos JG1 e JG2 em todos os meses.

O íon SO_4 foi medido em níveis abaixo ou próximos do limite de detecção para as estações do rio Jacaré-Guaçu. Isto só não ocorreu no mês de setembro nas estações JG3 (4,70 ppm) e JG8 (5,20 ppm). Para o rio Jaú, os maiores valores, acima do limite de detecção, foram obtidos nos meses de maio, na estação J8, julho, nas estações J3 (4,30 ppm) e J6 (3,90 ppm) e no mês de setembro para as estações J6 (5,30 ppm) e J8 (7,90 ppm).

Quanto ao Mn nas estações J6 e J8 do rio Jaú, em maio, obteve-se os maiores valores e nos pontos J1 e J2, em setembro, as concentrações mais baixas. No rio Jacaré-Guaçu ocorreu a mais alta concentração na estação JG8 em setembro e os menores valores em março e maio na estação JG9.

Os íons B, Cd, Cr, Cu, P e Pb, apresentaram concentrações abaixo ou muito próximas do limite de detecção empregado em todos os meses para os dois rios estudados.

As tabelas 35 e 36 representam os valores médios para as variáveis medidas. Observa-se que o rio Jaú apresentou durante todo o período estudado os maiores valores médios para o pH, condutividade, material em suspensão total e frações, Ba, Ca, Cl, Mg, Na, K, Mn, Fe e Si.

6.4. Análise Estatística dos Dados

Os dendogramas de similaridade espacial entre os pontos de coleta para os meses estudados estão representados nas figuras 75 a 78.

No mês de março (fig. 75), observou-se a formação de três grupos distintos. O primeiro grande grupo formado pelas estações J1, JG1, JG2, JG3, JG4, JG5, J2, J3, JG6 e JG7. O segundo grupo, formado pelas estações JG8 e JG9. Por último, o terceiro grupo constituído pelos pontos J5, J6 e J7. A estação J8 isolou-se das demais.

Para o mês de maio (fig. 76), manteve-se praticamente o mesmo padrão de similaridade espacial. Contudo, as estações J3 e J4 mostraram maior similaridade com o grupo das estações J5, J6 e J7. Da mesma forma, obteve-se um grande grupo com as mesmas estações do mês anterior e o isolamento das estações J8 e JG9.

Em julho (fig. 77), o padrão de distribuição espacial sofreu uma ligeira variação com relação aos meses precedentes. Neste mês as estações tenderam a formar mais grupos distintos. Identificou-se cinco grupos formados. O primeiro representado pelos pontos J1 e J2; o segundo incluindo as estações J4, J5 e J7; o terceiro grupo foi representado pelas estações JG3, JG4, JG5, JG9, JG6, JG7; o quarto, pelas estações JG1 e JG2 e por último, o grupo formado pelos pontos J6 e J8. A estação J3 se isolou das demais.

No mês de setembro a tendência de maior número e espalhamento dos grupos formados, de forma geral, se manteve (fig. 78). O maior grupo incluiu as estações JG1, JG2, JG3, JG6, JG7, JG5 e JG9, seguido de dois grupos menores formados pelos pontos J1, J2 e J4, J5 e J6. As estações JG8, J3, J7 e J8 se mostraram mais dissimilares com relação às demais.

Figura 75. Dendrograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1-J8) e Jacaré-Guaçu (JG1-JG9) para o mês de março/95.

Figura 76. Dendrograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1-J8) e Jacaré-Guaçu (JG1-JG9) para o mês de maio/95.

Figura 77. Dendrograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1-J8) e Jacaré-Guaçu (JG1-JG9) para o mês de julho/95.

Figura 78. Dendrograma de similaridade espacial entre as estações de coleta dos rios Jaú (J1-J8) e Jacaré-Guaçu (JG1-JG9) para o mês de setembro/95.

Os resultados da análise fatorial estão representados nas tabelas 37 a 40 e figuras 79 a 82.

No mês de março os dois fatores extraídos representaram uma explicabilidade de 79,71%, sendo 51,27% para o primeiro fator e 28,43% para o segundo. No primeiro, as variáveis de maior influência foram a

condutividade, Ca, Mg e Na. No segundo fator a variável mais relacionada foi o oxigênio dissolvido, sendo que a temperatura e o K apresentaram forte correlação negativa com este eixo (tab. 37).

De maneira geral, observou-se que o primeiro fator reflete um grau de riqueza iônica das águas das bacias estudadas. Na figura 79 está representada a distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para o mês de março. A exemplo do que foi registrado na análise de agrupamento, observou-se praticamente a formação dos mesmos grupos. As estações J5, J6, J7 e J8 do rio Jaú foram as que se mostraram mais correlacionadas com o fator 1, ou seja, são pontos que apresentam os maiores valores de condutividade e dos principais íons na água. As estações de nascente do rio Jaú e todas do rio Jacaré-Guaçu, apresentaram baixos níveis destas variáveis. Quanto ao fator 2 houve a diferenciação das estações J8 e JG9 devido a maior temperatura e a baixa oxigenação apresentadas por estes pontos.

Para o mês de maio os dois fatores extraídos representaram 86,30% da variabilidade total (tab. 38). No primeiro fator, novamente a condutividade, seguida das variáveis Ca, Mg, Na, K e temperatura, contribuíram positivamente. O oxigênio dissolvido teve alta correlação negativa com este fator. No fator 2, o pH e Fe foram as variáveis mais importantes encontradas.

Da mesma forma que o mês anterior, o grau de riqueza iônica foi a causa mais importante para a diferenciação das estações das duas bacias. A figura 80 mostra que os pontos J8, J6, J3 e JG9 são os que mais se discriminaram no fator 1 devido aos altos valores de condutividade, temperatura, principais íons e também pela baixa oxigenação, uma vez que este eixo é influenciado negativamente por esta variável. Novamente as estações de nascente do rio Jaú e praticamente todas do rio Jacaré-Guaçu, apresentaram baixa correlação com este fator, evidenciando água menos ricas ionicamente e com altos valores de oxigênio dissolvido. O fator 2 separou significativamente as estações J8 e JG9 das estações J4 a J7 pelas primeiras

apresentarem menores valores de pH e Fe ao passo que as últimas possuem níveis mais altos destas variáveis.

Em julho, os fatores 1 e 2 explicaram 75,90% da variabilidade total encontrada. O fator 1 com 57,86% de explicação, foi influenciado positivamente pela condutividade, Mg, Na, K e temperatura. Este eixo apresentou influência negativa com o oxigênio dissolvido. As variáveis de maior importância no fator 2 foi o pH, Ca e Fe (tab. 39).

Analisando a figura 81, que ordena as estações de coleta nos fatores 1 e 2, pode-se observar que, como ocorreu nos meses anteriores, as estações que mais se distanciaram no fator 1 foram J8, J7 e J6, correspondendo às estações mais fortemente influenciadas pelas altas concentrações iônicas e baixos níveis de oxigenação. Os pontos menos relacionados com este fator são os de nascente para os dois rios: J1, J2, JG1, JG2. As demais estações formaram um grupo intermediário. No fator 2, houve a discriminação da estação J3 com altos valores de pH, cálcio e ferro ao passo que os pontos JG1, JG2 e J8, tiveram menores níveis destas variáveis.

Para o mês de setembro, os dois fatores extraídos corresponderam a 79,30% de explicação da variabilidade total. O fator 1 explicou 61,31% da variabilidade e as variáveis que mais o influenciaram positivamente foram a condutividade, Ca, K e Mg. O oxigênio dissolvido teve forte influência negativa neste fator. No fator 2, o pH apresentou a mais alta correlação positiva e o Fe, forte correlação negativa (tab.40).

A diferenciação das estações do rio Jaú tornaram-se mais evidente neste mês (fig. 82). Basicamente foi observado os mesmos extremos para o fator 1. Novamente a estação J8 foi a que mais se distanciou seguida dos pontos J6, J7, J3 e J5. Nestas estações os altos valores de condutividade e composição iônica, juntamente com níveis baixos de oxigênio dissolvido influíram neste comportamento. Uma vez mais nota-se no outro extremo as estações J1, J2, JG1 e JG2 para este fator, indicando níveis baixos de condutividade e águas

relativamente bem oxigenadas. As demais estações permaneceram em posição intermediária.

Tabela 37. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de março/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: *varimax raw*.

Variável	Fator 1	Fator 2
pH	0,579	0,079
Condutividade	0,947	-0,272
Temperatura	0,036	-0,931
O ₂	-0,257	0,762
Ca	0,991	0,048
Fe	0,499	0,651
K	0,632	-0,748
Mg	0,969	0,105
Na	0,755	-0,515
Autovalores	4,61	2,56
% Explicação	51,27	28,43

Tabela 38. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de maio/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: *varimax raw*.

Variável	Fator 1	Fator 2
pH	0,131	0,842
Condutividade	0,858	0,481
Temperatura	0,956	0,044
O ₂	-0,848	0,315
Ca	0,761	0,629
Fe	-0,058	0,869
K	0,778	0,526
Mg	0,744	0,645
Na	0,861	0,053
Autovalores	5,82	1,95
% Explicação	64,69	21,61

Tabela 39. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de julho/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: *varimax raw*.

Variável	Fator 1	Fator 2
pH	0,200	0,701
Condutividade	0,933	0,285
Temperatura	0,811	0,018
O ₂	-0,913	-0,007
Ca	-0,037	0,821
Fe	0,344	0,765
K	0,873	0,264
Mg	0,825	0,384
Na	0,899	0,053
Autovalores	5,21	1,63
% Explicação	57,84	18,07

Tabela 40. Cargas fatoriais das variáveis físicas e químicas distribuídas nos fatores 1 e 2 para o mês de setembro/95. Método de extração: componentes principais. Rotação: *varimax raw*.

Variável	Fator 1	Fator 2
pH	0,387	0,788
Condutividade	0,982	0,142
Temperatura	0,468	-0,448
O ₂	-0,871	0,251
Ca	0,960	0,049
Fe	0,462	-0,706
K	0,959	-0,147
Mg	0,960	0,069
Na	0,665	0,428
Autovalores	5,52	1,62
% Explicação	61,32	17,98

Figura 79. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de março/95.

Figura 80. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de maio/95.

Figura 81. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de julho/95.

Figura 82. Distribuição das estações ao longo dos Fatores 1 e 2 (J1-J8: rio Jaú; JG1-JG9: rio Jacaré-Guaçu) no mês de setembro/95.

Uma análise de variância bifatorial foi aplicada para cada variável selecionada com o objetivo de verificar quais diferenciaram mais no espaço (bacia) e no tempo (meses de coleta). O resultado das ANOVAs estão representados na tabela 41.

A fonte bacia hidrográfica foi a que apresentou o maior número de variáveis de valores de F significativos a $p < 5\%$. As variáveis que

diferenciaram no fator foram: pH, condutividade, Ca, Mg, K, e Fe. A temperatura, oxigênio dissolvido e Na, não foram significativos para este fator. Tendo como fonte de variação os meses de coleta, nota-se que houve um número menor de variáveis, sendo elas: pH, condutividade, Ca e a temperatura. A interação bacia e meses de coleta apresentou apenas o oxigênio dissolvido e Ca como variáveis significativas.

Tabela 41. Resultados das ANOVAs bifatoriais para as variáveis medidas nos rio Jaú e Jacaré-Guaçu. (*) Valores de F não significativos a $p < 5\%$.

Variáveis	Fontes de Variação		
	Bacia	Tempo	Bacia/Tempo
pH	31,23	6,13	2,25*
Temperatura	0,41*	29,10	2,60*
Oxigênio D.	3,98*	0,11*	3,05
Condutiv.	32,93	0,84*	0,18*
Ca	44,74	6,40	3,24
Mg	70,61	1,62*	0,41*
Na	3,65*	1,16*	0,67*
K	9,04	1,98*	0,95*
Fe	6,21	0,71*	0,69*

7. DISCUSSÃO

7.1. Considerações Gerais

A aplicação de métodos relacionados a sistemas de monitoramento da qualidade da água tem mostrado uma ampla variedade de enfoques e usos da informação gerada. As metodologias variam com os objetivos da rede a ser implantada. Entretanto, interpretações errôneas podem ocorrer devido ao planejamento inadequado e emprego de abordagens não perfeitamente ajustadas com os objetivos propostos do programa. Portanto, prioritariamente há a necessidade de se estabelecer conjuntamente, durante o planejamento dos programas de monitoramento, os objetivos e a abordagem que será utilizada.

O enfoque metodológico é de grande importância, pois dependerá dele o sucesso ou fracasso de melhor uso dos resultados obtidos no processo.

O problema fundamental em muitos sistemas de monitoramento é a ausência de uma estratégia prática ou claramente definida (WHITFIELD, 1988).

Enquanto a estrutura e o funcionamento dos sistemas lógicos parecem agora bem estabelecidos, há duas áreas nas quais existe um certo atraso. A primeira relacionada ao uso de um enfoque comparativo e a segunda é a incorporação de conceitos de distúrbios e recuperação nos estudos de rios (FISHER & GRIMM, 1991).

Em se tratando de sistemas de monitoramento, a abordagem comparativa possibilita a padronização e melhor utilização de técnicas a serem aplicadas futuramente na mesma área ou em outras com problemas semelhantes. Ao comparar rios de diferentes bacias, relativamente próximas

espacialmente, pode-se criar mecanismos regionais de avaliações e otimizar métodos de recuperação.

O objetivo desta discussão é, inicialmente, fornecer subsídios para avaliar a abordagem metodológica aplicada neste trabalho, ou seja, os critérios utilizados, limitações ocorridas e sugestões a estudos futuros. Em um segundo momento, será então, discutido as variações encontradas na qualidade da água das duas bacias estudadas.

7.2 Monitoramento : Aspectos Metodológicos

7.2.1. Locais de Amostragem

Em qualquer plano de monitoramento os processos operacionais devem ser antecidos do delineamento específico da rede, ou seja, é necessário definir os locais das estações (“onde?”), as variáveis a serem medidas (“o quê?”) e a frequência de amostragem (“quando?”).

A determinação do local para a amostragem permanente dentro de um sistema de monitoramento é, provavelmente, o fator mais crítico a ser considerado. Quando as amostras coletadas não forem representativas do corpo hídrico, a frequência, bem como, a interpretação dos dados tornam-se inconseqüentes (SANDERS, 1988).

Para ESTERBY (1986), todas as medidas realizadas possuem um forte componente de explicação espacial.

Quando não se conhece detalhadamente um determinado sistema, é recomendável realizar uma investigação preliminar, afim de avaliar o seu grau de heterogeneidade (CETESB, 1988). A ocupação do solo pode ser muito heterogênea em muitas regiões, deste modo, as variáveis da qualidade da água que são fortemente influenciadas por este fator, podem variar amplamente de ponto a ponto dentro de uma região particular (LIEBETRAU, 1979).

O estabelecimento correto dos locais dos sítios deve conter a análise de diversos fatores que influem nos dados a serem obtidos. Deste modo, qualquer

estação deve ser determinada após um amplo estudo de levantamento de informações da bacia hidrográfica envolvida. Os principais fatores são os seguintes (WALLIN & SCHAEFER, 1979; HINO, 1988; WMO, 1988; TUNDISI, 1994):

- a) Morfometria da rede de drenagem;
- b) Principais tributários;
- c) Características geológicas, hidrológicas e climáticas da área;
- d) Histórico da qualidade da água existente;
- e) Tipos, ocupações e principais usos do solo;
- f) Presença de barragens ou acidentes naturais;
- g) Usos prioritários da água;
- h) Urbanização existente;
- i) Concentração industrial e agrícola da área;
- j) Identificação de áreas ecologicamente importantes;
- k) Verificação de acesso e infra-estrutura existentes no local.

Neste trabalho, os locais das estações de amostragem, foram baseadas, principalmente, na entrada dos principais afluentes dos rios estudados, fontes pontuais, diferentes ocupações do solo e facilidade de acesso. Estes critérios parecem ser os mais cruciais no estabelecimento de redes de monitoramento que tem como objetivo a avaliação de níveis gerais da qualidade da água.

O número de estações em cada bacia procurou cobrir a maior parte das diferentes características existentes ao longo dos rios, ou seja, o objetivo foi o de se obter um perfil longitudinal destes sistemas. A não utilização de embarcação foi, sem dúvida, uma limitação quanto a este aspecto. Entretanto devido a abordagem comparativa, onde dois rios, de extensões relativamente grandes foram escolhidos, acredita-se que esta conduta se justifique.

Um método sistemático para a localização de sítios amostrais em bacias hidrográficas é descrito por SANDERS et al. (1987). Para estes autores existem basicamente dois níveis a considerar: i) um nível amplo e

macroscópico (macrolocalização) e ii) um nível restrito e mais específico (microlocalização). No primeiro nível os locais são estabelecidos no sentido de abranger a máxima cobertura da área e os fatores mais importantes são os que foram utilizados no presente trabalho, isto é, principais tributários e fontes pontuais de poluição. O nível de microlocalização está relacionado ao ponto exato da coleta de amostras, ou seja, ele é função da representatividade do dado a ser produzido.

O local exato da coleta das amostras deve, idealmente, apresentar concentrações homogêneas das variáveis medidas, com mistura completa da coluna d'água. Estas zonas são enfatizadas por MONTGOMERY & HART (1974). COIMBRA (1991), também discute a localização exata dos pontos de amostragem. Para o autor quando há variações em diferentes pontos de uma seção transversal, é necessário utilizar uma técnica que obtém o maior número possível de amostras pontuais no local. Entretanto, esta prática inviabiliza qualquer programa de monitoramento pelo excessivo consumo de tempo e recursos.

Salientando que a escolha dos locais dos sítios deve ser feita segundo uma análise de representatividade, operacionalidade, custos e confiabilidade exigidas pelo programa, neste trabalho, a amostragem específica (microlocalização) utilizada foi simples e pontual, no centro da seção transversal do rio. Esta metodologia se mostrou adequada face aos objetivos do levantamento testado.

Segundo KEITH et al. (1983), é de fundamental importância em programas de monitoramento, o estabelecimento de sítios-controle, onde, conhecidamente não exista contaminação alguma, auxiliando desta forma os padrões de comparação. Esta estratégia também é enfocada por TUNDISI (1994) que sugere a implantação de redes de monitoramento em áreas críticas, com alto grau de contaminação, simultaneamente com áreas pouco ou não contaminadas (unidades de conservação), que sirvam como base para comprovação. SMITH & McBRIDE (1990) descrevem a implantação de uma

rede nacional de monitoramento na Nova Zelândia, onde foi proposto duas categorias de estações: estações com pouca influência de fontes pontuais ou difusas - “baseline”, e estações onde haja intensa ocupação urbana, industrial e agrícola - “impact”. HUGHES & LARSEN (1988) também destacam a importância de sítios regionais de referência, minimamente impactados, em programas de monitoramento.

No presente estudo, embora preliminar, em um curto período de amostragem, analisando os resultados obtidos, as estações do rio Jacaré-Guaçu poderiam ser sugeridas como sítios-controle em relação aos pontos amostrados no rio Jaú. Este aspecto se deve aos impactos pontuais não registrados nas estações do rio Jacaré-Guaçu durante o período estudado. No rio Jaú os pontos J3 e J6 são locais que registraram fontes pontuais de poluição (Usina Santa Adelaide e esgoto doméstico da cidade de Jaú, respectivamente). Um levantamento com maior número de sítios e em um período de tempo mais longo poderia auxiliar a confirmação desta hipótese.

No delineamento espacial de pontos de coleta em bacias hidrográficas é importante, após uma exploração inicial, minimizar o número de estações afim de se conter problemas operacionais e custos. Este processo pode ser reduzido através do estabelecimento de regiões semelhantes dentro da bacia estudada. Desta forma, sítios representativos seriam implantados nestas áreas, permitindo o não superdimensionamento da rede de amostragem com estações que poderiam ser redundantes.

Para o estabelecimento de zonas “homogêneas”, pode-se empregar o conceito de ecorregiões, levando em conta as características próprias de cada área (geologia, solo, vegetação, qualidade da água, etc) (HUSANKER & LEVINE, 1995; CLARKE et al., 1991).

LACHANCE et al. (1979), determinaram zonas homogêneas no rio Saint Lawrence (Canadá), quanto as variáveis turbidez, nitrogênio e fósforo. Este zoneamento permitiu a racionalização da rede pela diminuição do número de sítios sem perda de informação. WARRY & HANAU (1993), sugerem o

estabelecimento de ecorregiões baseadas em características fisiográficas, biológicas e climatológicas, seguidas da escolha de bacias de referência para a implantação de sistemas de monitoramento. BINI (1995) estudando a variação espacial de parâmetros abióticos em reservatórios, também propôs um zoneamento nestes sistemas para o estabelecimento de estratégias de monitoramento da qualidade da água.

A rede de amostragem espacial estabelecida neste trabalho ao longo dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu, permitiu, embora com algumas limitações, a obtenção de regiões chave para o estabelecimento de estações de coletas na implantação de levantamentos futuros. As principais limitações correspondem ao curto período de amostragem, o próprio número de estações e ausência de pontos em afluentes. Entretanto, para o rio Jaú, por exemplo, foi possível reconhecer quatro regiões distintas, onde deveriam ser estabelecidos sítios permanentes de coleta de amostras: a) região de nascentes, antes da Usina Santa Adelaide, b) região após a Usina, c) região urbanizada, antes e após o rio atravessar a cidade de Jaú e d) região da foz do rio, já praticamente fazendo parte do reservatório de Bariri. Estas regiões, parecem caracterizar as diferentes influências no rio principal. Além disso, seria satisfatório localizar pelo menos uma estação em cada uma delas. Para o rio Jacaré-Guaçu, este estudo não amostrou pontos próximos a suas nascentes, ou seja, a jusante do encontro entre o ribeirão do Lobo e Feijão. Os pontos JG1 e JG2 foram os que mais se diferenciaram com relação aos restantes ao longo do rio. Desta forma sugere-se o estabelecimento de estações a montante destes pontos e também maior número de sítios entre os afluentes deste rio. Somente desta maneira pode-se ter uma idéia mais clara do zoneamento longitudinal a ser estabelecido. Os resultados encontrados registraram, de forma geral, certa homogeneidade entre as estações JG3 a JG9 para as variáveis estudadas. A amostragem em afluentes conhecidamente impactados também auxiliaria este zoneamento e posterior delineamento amostral para a bacia.

Portanto pode-se concluir que o número e locais de sítios empregados para o rio Jaú foi, de forma geral, suficiente para detectar as diferentes influências existentes nele. A rede espacial empregada no rio Jacaré-Guaçu permitiu verificar uma maior homogeneidade existente no sistema, contudo dada sua dimensão relativamente maior que a do rio Jaú, o número de sítios necessitaria de um incremento para poder ser posteriormente segmentado em pontos-chave de monitoramento.

7.2.2. Variáveis da Qualidade da Água

As variáveis da qualidade da água a serem medidas são, geralmente, definidas com base nos objetivos da rede. É impossível monitorar todas as características físicas, químicas e biológicas do sistema aquático. Por exemplo, a cada dia são desenvolvidos novos compostos que impactam o meio ambiente e os programas teriam que se tornar excessivamente grandiosos e específicos para acompanhar este processo. Desta forma, as redes relacionadas a detecção de tendências e avaliações gerais, devem utilizar medidas indicadoras consideradas mais amplas. Por sua vez, os programas implantados para a resolução de um problema emergencial, devem utilizar medidas relacionadas ao problema em questão (WARD et al., 1990).

Para SANDERS et al. (1987), seria ideal que a seleção dos parâmetros fossem determinados prioritariamente, logo no início do planejamento de toda rede. Entretanto, na prática, após o estabelecimento do programa é que se definem quais variáveis serão medidas.

Durante a fase inicial, é aconselhável centrar atenções sobre variáveis básicas da qualidade da água, que não requerem grandes custos e equipamentos. Gradualmente o número destes parâmetros pode ser aumentado (MEYBECK et al., 1992).

Um bom exemplo sobre a escolha das variáveis a serem determinadas pode ser encontrado em WMO (1988), onde os parâmetros são agrupados em

duas categorias : a) variáveis básicas e b) variáveis relacionadas ao uso do corpo hídrico (tabela 42).

Tabela 42. Um possível agrupamento das variáveis a serem medidas em programas de monitoramento da qualidade da água (WMO, 1988).

Variáveis Básicas	Temperatura, pH, Condutividade, Oxigênio dissolvido, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Cloro, Sulfatos, Alcalinidade, Nitrato, Amônia, DBO, Ortofosfato, Fosf. total, Vazão.
Variáveis Relacionadas ao uso	Abastecimento: Coliformes totais e fecais, Arsênio, Cádmio, Cromo, Chumbo, Mercúrio, Selênio, Cianeto, Nitrato, Fluoreto, Organoclor. totais, Dieldrin, Aldrin, DDT, Cobre, Ferro, Manganês, Zinco. Irrigação: Sódio, Cálcio, Cloro, Boro. Vida Aquática: Sílica reativa, Nitrogênio tot., COD, Clorofila a, PCBs, Alumínio, Sulfatos, pH.

A CETESB, em sua rede de monitoramento no Estado de São Paulo, selecionou 33 parâmetros físicos, químicos e biológicos. Este órgão também utiliza um índice de qualidade da água (IQA) abrangendo nove deles (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez) que tem como determinante principal o uso da água para abastecimento público (CETESB, 1995).

FENLON & YOUNG (1982), sugerem as variáveis DBO, sólidos suspensos, amônia e oxigênio dissolvido, como determinantes básicos em sistemas impactados por efluentes domésticos; pH, temperatura e nitrogênio total, como variáveis indicadoras do estado geral do corpo hídrico, sobretudo em regiões agricultáveis, e finalmente as variáveis conservativas, como cloretos, dureza e condutividade para a checagem da potabilidade e uso industrial/agrícola da água.

Os critérios para a escolha das variáveis medidas neste trabalho foram utilizados no sentido de se obter parâmetros simples e rápidos que fornecessem indicações gerais da qualidade da água nos rios amostrados a baixo custo. Do ponto de vista operacional, estas variáveis se mostraram adequadas a este propósito. Segundo CONEJO & CARNESECA (1987) é imprescindível ter em

mãos, inicialmente, informações que possibilitem um julgamento orientativo de áreas prioritárias, onde se necessite de um trabalho mais detalhado. Neste caso, justifica-se a adoção de indicadores simples e expeditos que forneçam estimativas e permitam interpretações coerentes com o nível de precisão das atividades de planejamento. Em levantamentos futuros poderiam ser também medidos a concentração de nutrientes totais (nitrogênio e fósforo) como forma complementar a lista inicial empregada. Além disto, as vazões instantâneas dos rios, sem dúvida, é uma medida importante que deveria ser considerada. Nas estações onde houve a detecção de impactos, tais como no rio Jaú, J3 e J6, sugere-se acrescentar as variáveis coliformes totais e fecais e a DBO para uma avaliação mais completa dos efeitos poluidores ao longo do tempo.

7.2.3. Frequência de Amostragem

A variabilidade presente em um corpo hídrico tem papel fundamental na escolha da melhor frequência de amostragem. A falta de conhecimento acerca desta variabilidade pode levar a adoção de frequências errôneas e pouco representativas.

Uma alta frequência pode gerar dados muitas vezes redundantes, tornando o programa caro e ineficaz, por outro lado, uma baixa frequência pode ocasionar falhas no entendimento dos processos, pois há falta de dados suficientes (QUIMPO & YANG, 1970).

É fundamental que a frequência de amostragem se acople aos ciclos sazonais e características hidrológicas/ecológicas da área (TUNDISI, 1994).

Enquanto a definição dos locais das estações representam o sistema espacialmente, a frequência representa-o temporalmente.

Segundo WALLIN & SCHAEFFER (1979) e WARD et al. (1990), o estabelecimento da frequência em uma rede de monitoramento requer a análise integrada dos seguintes fatores:

- i) Informação desejada;
- ii) Métodos estatísticos empregados;

- iii) Características estatísticas do corpo hídrico;
- iv) Recursos disponíveis às coletas;
- v) Distância entre os sítios e o laboratório;
- vi) Número de sítios de amostragem da rede;
- vii) Capacidade do laboratório em processar as amostras coletadas;
- viii) Análise do número de sítios impactados.

WHITFIELD (1983) reporta que em redes onde o objetivo seja a detecção de tendências, deve-se empregar inicialmente uma alta frequência. Após a coleta destes dados iniciais, avalia-se e determina-se a magnitude dos dados redundantes e tendências observadas.

A frequência utilizada neste trabalho foi bimestral e, apesar do curto período estudado, foi possível verificar que é necessário aplicar uma frequência diferenciada, face aos diferentes graus de variabilidade encontrados nas estações amostradas. Em pontos críticos, tais como no rio Jaú: J3, J6 e J8 é aconselhável, em levantamentos futuros, empregar uma frequência maior. Isto possibilitaria um melhor entendimento das influências que estas estações estão sofrendo. No rio Jacaré-Guaçu, segundo os parâmetros medidos, a frequência bimestral foi suficiente em detectar a variabilidade temporal.

FENLON & YOUNG (1982), descrevem um programa de monitoramento onde existe uma frequência diferenciada entre as estações e as variáveis medidas. Neste programa há sítios de rotina com 12 coletas/ano, sítios-chave com 25 amostras/ano e sítios especiais com 50 amostras/ano. Este tipo de metodologia é descrito também por MAR et al. (1986), que criticam a prática comum de muitos programas onde seja empregado uma frequência uniforme em toda a rede. De fato, programas cujo o objetivo seja a vigilância de impactos pontuais, a alta frequência é necessária e o desenvolvimento de medidores automáticos auxiliaria muito a operacionalidade destas redes (DALLEY, 1986).

A CETESB realizava coletas mensais em sua rede até 1985, a frequência passou a ser bimestral por razões econômicas (ABREU, 1987). Nos EUA, a grande maioria dos Estados emprega uma frequência mensal em programas rotineiros. De fato, a coleta mensal parece ser econômica e estatisticamente vantajosa em sistemas preocupados em variações ao longo do tempo - tendências (LOFTIS & WARD, 1979). A alta frequência somente é necessária em estudos especiais de curto período, pois sua manutenção assume custos elevados.

Portanto, quanto a frequência utilizada, de forma geral, conclui-se que ela forneceu elementos para aplicações em levantamento futuros, pois possibilitou verificar variações em determinados pontos, sugerindo a diminuição do intervalo de coletas para melhor acompanhamento dos processos que ocorrem.

7.2.4. Processamento dos Dados

O processamento dos dados obtidos nos programas de monitoramento atualmente vem se tornando uma tarefa relativamente simples e de poucos atributos complicadores. O uso de computadores proporciona um rápido armazenamento dos resultados obtidos que serão posteriormente analisados, interpretados e utilizados na produção de relatórios técnicos.

Para SANDERS et al. (1987), o processamento engloba as seguintes fases: recepção, triagem e verificação; armazenamento e reutilização; produção de relatórios; disseminação da informação.

Neste trabalho foram empregadas técnicas estatísticas relativamente comuns visando inicialmente explorar os resultados obtidos através das Análise de Agrupamentos e Análise Fatorial. Posteriormente, testou-se hipóteses utilizando ANOVAs bifatoriais.

Tanto as Análise de Agrupamento como a Análise Fatorial foram satisfatórias em estabelecer similaridades entre as estações e reduzir a

dimensionalidade dos dados. As análises de variâncias permitiram confirmar as diferenças existentes entre as bacias estudadas.

A Análise de Agrupamentos e a Análise de Componentes Principais, uma técnica similar a Análise Fatorial, também foi aplicada com sucesso em dados limnológicos por SCHETAGNE (1986), NIELSON & STEVENS (1986), ALAEZ et al. (1988) e SIMONEAU (1986).

SKOULIKIDIS (1993) empregou a Análise de Agrupamentos e a Análise Fatorial em levantamento limnológico de 13 rios da Grécia. Estes métodos permitiram ao autor verificar que as características climáticas, petrográficas e a poluição foram os principais influentes nos resultados encontrados.

HAASE et al. (1989) aplicaram a Análise Fatorial para a determinação de um índice de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Guaíba (RS), como instrumento acessório na interpretação dos resultados e na otimização dos recursos utilizados na rede de monitoramento.

BINI (1995), empregou uma Análise de Componentes Principais e ANOVAs bifatoriais no estudo de reservatórios do Estado de São Paulo. Foi possível, segundo estas técnicas, classificar regionalmente os reservatórios baseado na bacia hidrográfica na qual estavam inseridos.

Portanto os métodos utilizados no processamento dos dados gerados neste trabalho são relativamente simples de serem aplicados e forneceram elementos importantes para a interpretações subsequentes.

7.3. BACIAS ESTUDADAS

A composição da água dos rios é altamente dependente das características de sua bacia de drenagem: geologia, tipo de solo, vegetação, clima, topografia e atividades antrópicas.

Uma bacia de drenagem funciona como um complexo sistema físico, sendo difícil, se não impossível, isolar os efeitos específicos (PROCHNOW, 1981).

A variação sazonal de chuvas, bem como a natureza da superfície do solo e a geoquímica da bacia, influem fortemente na composição das águas de pequenos rios. Assim, há uma considerável individualidade mesmo entre rios que ocorrem numa região restrita. A variabilidade torna-se a palavra chave em qualquer tentativa para caracterizar pequenos rios, sendo observada ao comparar rios entre si ou gradientes ao longo de um mesmo rio e é, marcadamente influenciada por fatores edáficos, atividades humanas e morfologia do leito (MAIER, 1978).

Os estudos em pequenas bacias tem mostrado a dependência da qualidade da água com relação ao contorno terrestre e seu grau de conservação (MARGALEF, 1983). A concentração de muitos elementos em rios é altamente variável em bacias menores que são mais facilmente influenciadas por fatores simples, ao passo que grandes redes de drenagem, a qualidade da água é geralmente menos influenciada e variável (MEYBECK et al., 1989).

A análise das variáveis físicas e químicas das águas dos dois rios estudados evidenciou diferenças significativas entre eles.

A temperatura afeta muitos processos físicos, químicos e biológicos em corpos d'água, bem como a concentração de muitas variáveis. O aumento de temperatura influi na taxa de reação química, evaporação e volatilização de várias substâncias presentes na água (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992).

De forma geral a temperatura da água de um rio representa as temperaturas médias do meio circundante. A radiação solar direta é o fator que mais contribui para o aquecimento das águas de rios (GEIJSKES, 1942; MAIER, 1978). A flutuação diária da temperatura das águas correntes é ampla devido a pequena profundidade e a turbulência tender a destruir gradientes (MARGALEF, 1983). Normalmente a temperatura se apresenta mais baixa em regiões de nascentes e mais alta na porção final dos cursos d'água. Isto pode

ser explicado pela pequena largura destes canais associados às matas ciliares que produzem um sombreamento no curso do rio nestas áreas.

Nos rios estudados a temperatura da água acompanhou, de forma geral, a temperatura do ar registrada nos postos climatológicos das bacias. O mês mais quente (março) foi o que apresentou também os maiores valores de temperatura da água. No rio Jaú as menores temperaturas foram registradas em setembro e no rio Jacaré-Guaçu, em julho. Espacialmente a temperatura da água sempre demonstrou um aumento gradativo no sentido da foz nos dois rios estudados. Como não há matas ciliares nos pontos iniciais de coleta dos dois rios, o sombreamento do curso não pode ser colocado como fator predominante de explicação a estas temperaturas mais baixas encontradas nestes locais. A diferença espacial pode ser atribuída ao horário em que foram feitas as coletas de campo. O roteiro em todas as campanhas, se iniciava aproximadamente às 7:00 h. e tinha término por volta das 14:00 h., sempre no sentido à foz dos rios.

O aquecimento da água, pela absorção de calor da radiação solar, é máximo nas horas do dia em que esta é mais intensa (SANTOS, 1993). RIOS (1993) e TEIXEIRA (1993), estudando a sub-bacia do ribeirão do Feijão, um dos formadores do rio Jacaré-Guaçu, também atribuíram parte das variações encontradas na temperatura da água ao intervalo de tempo entre as coletas. SANTOS (op.cit.) sugeriu o desenvolvimento de medidores automáticos simultâneos para melhor evidenciar as reais diferenças de temperatura nos diferentes pontos ao longo de um sistema lótico.

Os rios transportam, além do material dissolvido, uma considerável quantidade de material particulado. Este pode ser inorgânico, resultante de processos de erosão de rochas e solos, ou orgânico, produzido internamente e/ou material lavado de áreas da bacia de drenagem - origem alóctone/autóctone (ALBUQUERQUE, 1992). Portanto sua natureza e quantidade sofre influência direta do clima, relevo, vegetação e atividades antrópicas na área de drenagem.

Geralmente a quantidade de material em suspensão na água é maior em períodos de chuva devido ao carreamento de partículas existentes no solo para os rios. Na seca a concentração é reduzida principalmente pelo favorecimento à sedimentação do material, já que ocorre uma redução do fluxo e do carreamento originado pela pluviosidade.

O rio Jaú demonstrou um comportamento temporal bem nítido segundo o exposto acima. Nos meses de maior pluviosidade (março e maio) o material em suspensão total e suas frações orgânica e inorgânica, apresentaram as mais altas concentrações. Os altos valores registrados para as estações J5, J6 e J7 se devem à maior área de drenagem associada a ocorrência de chuvas, no mesmo dia de coleta em março e no dia anterior, no mês de maio.

A estação J6 é influenciada pelo despejo de efluentes domésticos e pelo escoamento superficial da cidade de Jaú. Nos meses mais chuvosos (março e maio), a concentração de material em suspensão foi alta nesta estação, contudo menor com relação ao ponto anterior (J5) e posterior (J7). Este comportamento pode estar relacionado aos efeitos da diluição ocasionada pelo escoamento superficial urbano. Segundo GOMES (1981), a impermeabilização relativa da área urbana no período de chuvas produz uma diluição das águas mais concentradas por águas menos concentradas da área urbanizada que já foi lavada por chuvas anteriores.

O material em suspensão inorgânico foi superior ao orgânico em praticamente todas as estações do rio Jaú. PARAGUASSU et al. (1988) em um estudo sobre o transporte e acúmulo de sedimentos originados da bacia no reservatório de Bariri, reconheceram argila e silte como principais constituintes do material carreado para a represa. O material orgânico foi superior a fração inorgânica nas estações J6, no mês de julho e J3, no mês de julho e setembro. Estas estações refletem os despejos de material orgânico de fontes pontuais (esgoto urbano e efluentes de usina de açúcar e álcool, respectivamente). Estes tipos de fontes tornaram-se mais evidentes em períodos mais secos.

A estação J8, em todos os meses, apresentou as menores concentrações de material em suspensão. Este ponto localiza-se na porção final do rio, onde o curso d'água possui meandros e sofre influência do reservatório de Bariri. Isto pode ter contribuído a um aumento da sedimentação deste material, pois as águas neste local são mais estagnadas, de baixa velocidade, o que facilita este processo. OLIVEIRA, H. (1993), também observou este comportamento em um compartimento do reservatório de Barra Bonita (braço de rio Capivara). A autora encontrou um gradiente de concentração decrescente de material em suspensão em direção ao reservatório. Este tipo de gradiente também foi encontrado por BRONDI (1994) nos rios Tietê e Piracicaba e MARICATO (1994) nos rios Paranapanema e Taquari.

O rio Jacaré-Guaçu apresentou um contraste temporal em relação ao rio Jaú para as concentrações do material em suspensão. Nos meses mais chuvosos ocorreram os menores valores, enquanto que no período mais seco (julho e setembro) registraram-se as maiores concentrações desta variável. Este comportamento pode estar relacionado ao fato de neste período o rio apresentar baixo fluxo d'água e o sedimento de fundo pode ter sofrido ressuspensão devido a ação de ventos.

A estação JG2 apresentou, em todo período de coleta, maior concentração que a estação JG1, o que evidencia a influência do rio Monjolinho. Este resultado também foi encontrado por SÉ (1992).

Comparativamente as concentrações do material em suspensão foram maiores no rio Jaú na época chuvosa. O fato da bacia deste rio apresentar pouca quantidade de mata ciliares, sem dúvida pode ter contribuído para os valores maiores encontrados. O rio Jacaré-Guaçu se encontra sob relativa proteção de vegetação ao longo de suas margens e ausência de impactos diretos no seu curso.

Para KARR & SCHLOSSER (1978), estudos em bacias com vegetação ao longo do curso principal (faixas de "buffer") indicam significativa melhora da qualidade da água e diminuição de nutrientes e sólidos suspensos. Segundo

TSIRKUNOV et al. (1992), fontes não pontuais tem levado ao aumento da concentração do material suspenso, entre outras variáveis, que por sua vez resulta em significativos prejuízo aos usos da água.

A medida do oxigênio dissolvido é uma das mais importantes e mais utilizadas na investigação de ambientes aquáticos (WETZEL & LIKENS, 1991).

A concentração de oxigênio dissolvido na água de rios é influenciada por diversos fatores, entre eles: pressão atmosférica, turbulência, temperatura, taxa fotossintética, respiração e oxidação da matéria orgânica, reações inorgânicas, águas de afluentes (CHAPMAN & KIMSTACH, 1992; MAIER, 1978).

No rio Jaú a concentração de oxigênio dissolvido foi mais baixa, nas estações impactadas, nos meses mais secos e mais elevada no período chuvoso. Isto pode ser explicado pelo processo de diluição do material oxidável e o predomínio da turbulência no rio, que por sua vez favorece a rereação física da água em meses chuvosos. Os menores valores encontrados nas estações J3 e J6 foram provavelmente ocasionados pelas fontes orgânicas existentes próximos a estes locais. Segundo HYNES (1966), quando há entrada de material orgânico em um rio, ocorre um ataque imediato de microorganismos que irão degradá-lo a substâncias mais simples, consumindo o oxigênio presente na água.

SANDES (1990), realizou um estudo em curto período de tempo do reservatório de Bariri durante o mês de março. O ponto de coleta utilizado pela autora situou-se a jusante da estação J8. Contudo os valores de oxigênio dissolvido encontrado na superfície foram ligeiramente superiores que o registrado pelo presente estudo no mesmo período. Na estação J8 ocorreram baixos níveis desta variável nos meses de julho e setembro. Este fato foi provavelmente causado pela baixa velocidade e menor turbulência da água, resultantes das influências do reservatório. Isto pode ter favorecido os

processos de acúmulo de substâncias orgânicas instáveis com sua conseqüente decomposição, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido.

As estações do rio Jacaré-Guaçu se mantiveram, de forma geral, mais oxigenadas com relação as do rio Jaú. Segundo GASTALDINI (1982), o rio Jacaré-Guaçu, embora não receba grandes despejos de matéria orgânica diretamente, apresenta um trecho de oxigênio dissolvido crítico, imediatamente após a entrada do rio Chibarro, que recebe o esgoto da cidade de Araraquara, com estas concentrações baixas acentuando-se principalmente nos meses de estiagem. Neste trabalho, a estação JG5 apresentou a menor concentração no mês de março (4,70 mg/l). Os níveis registrados para os outros meses, neste ponto, foram superiores aos encontrados por GASTALDINI (op. cit.) e CAMPOS (1978).

Na estação JG8 também ocorreu um valor relativamente baixo de oxigênio dissolvido (4,58 mg/l) no mês de março, que pode estar relacionado às influências do rio Itaquerê. Este é receptor dos esgotos domésticos do município de Nova Europa e é represado para o armazenamento de resíduos de uma usina de açúcar e álcool localizada a jusante desta cidade. Segundo SÉ (1992), os resíduos deste tipo de indústria quando depositado em grandes lagoas são perigos potenciais de poluição, pois podem ocorrer vazamentos em períodos chuvosos, ou mesmo vazamentos propositalis, causando depressão de oxigênio dissolvido nos corpos d'água receptores.

Na estação JG9 os baixos valores de oxigênio dissolvido ocorridos em março (2,60 mg/l) e maio (4,65 mg/l) podem estar relacionados a poluição por esgoto doméstico da cidade de Tabatinga. Neste local já ocorre efeito do represamento do rio Tietê pela barragem de Ibatinga e estes resultados estão de acordo com o que a CETESB vem registrando em sua rede de monitoramento para este mesmo período (CETESB, 1995).

MATTOS (1968), realizou um levantamento físico e químico ao longo do rio Jacaré-Guaçu entre os meses de maio e agosto e encontrou, em locais

compreendidos pelas mesmas estações do presente estudo, águas bem oxigenadas (valores entre 6,10-9,55 mg/l).

O pH de águas naturais é controlado por um equilíbrio químico dominante ou por um conjunto de equilíbrios interrelacionados (HEM, 1978). A grande maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 6 e 8, no entanto, pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais básicos (ESTEVES, 1988). Águas de baixo conteúdo iônico com pH neutro a ácido, tem pouca capacidade de tamponamento, ao passo que águas com alta concentração iônica, com pH neutro a básico, possuem melhor capacidade de tamponamento das alterações ácidas (PAYNE, 1986).

De forma geral o pH da água nos dois rios estudados se mostrou de neutro a ácido, de acordo com todos os rios brasileiros, segundo MAIER (1983). Temporalmente, os valores de pH foram maiores nos meses mais chuvosos e mais ácidos nos meses secos. Estes resultados também foram encontrados por OLIVEIRA, M. (1993) em tributários da represa do Lobo (SP).

Rios que recebem despejos orgânicos podem apresentar grandes flutuações de pH devido a decomposição da matéria orgânica. Entretanto isto não foi verificado neste trabalho, pois os pontos do rio Jaú sujeitos a este tipo de influência (J3 e J6), mostraram valores de pH muito semelhantes aos outros locais amostrados.

O pH registrado para o rio Jacaré-Guaçu foi menor com relação ao rio Jaú, sobretudo no mês de julho entre os pontos JG1 a JG5. Vários fatores podem ter contribuído para estes valores. Este rio drena substrato geológico heterogêneo dominado principalmente pelos Arenitos das formações Botucatu e Pirambóia. Estas rochas originam solos geralmente álicos (baixa saturação por bases e pH em água menor que 5). Além disso, o rio apresenta margens com maior quantidade de matas ciliares. Deste modo, tem-se o favorecimento a encontrar em meses mais secos, pouca riqueza iônica alóctone e maior decomposição de material autóctone.

Valores baixos de pH associados a presença de mata ciliar e portanto a decomposição da serapilheira também foram registrados por SANTOS, (1993) no córrego da Água Fria, um afluente da sub-bacia do rio Monjolinho. ANDERSON et al. (1993), encontraram águas mais ácidas em nascentes de rios rodeados por florestas. Segundo REID & WOOD (1976), rios que drenam pântanos e águas mais estagnadas possuem normalmente pH ácido, devido a presença de ácidos húmicos e taninos. O pH mais alto no rio Jaú também pode estar relacionado a uma maior taxa de fotossíntese, pois este rio recebe uma carga maior de nutrientes.

A condutividade é uma medida da habilidade da água conduzir corrente elétrica. Segundo ESTEVES (1988) a condutividade da água constitui uma das variáveis mais importantes em limnologia, visto que pode fornecer informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático, como sobre fenômenos importantes que ocorrem em sua bacia de drenagem, como por exemplo: a magnitude da concentração iônica (Ca, Mg, Na, K, etc); dados sobre produção primária (redução de valores) e decomposição (aumento de valores); detecção de fontes poluidoras e, finalmente, avaliação das diferenças geoquímicas nos afluentes de um rio principal ou de um lago.

Para PAYNE (1986) as diferenças da composição iônica entre os rios tropicais e temperados se devem principalmente as variações geológicas e climáticas existentes nestas áreas. Rios tropicais possuem baixo conteúdo iônico, altas concentrações de sílica e ferro e baixa capacidade tamponante em suas águas. Entretanto, fatores como precipitação, rocha, solo e vegetação, que determinam estas características, variam de lugar para lugar e podem, conseqüentemente, causar diferenças em rios dentro de um mesmo sistema.

No rio Jaú a condutividade foi maior nos meses mais secos. Resultado semelhante foi encontrado por MAIER (1977) no rio Mogi-Guaçu e SANTOS (1983) no sistema Tocantins-Araguaia. Segundo PROBST et al. (1992) este comportamento é comum na maioria dos sistemas lóticos e expressa a diluição

das águas dos rios pela chuva e conseqüente decréscimo da condutividade nos meses de maior precipitação.

Quanto a variabilidade espacial, o rio Jaú mostrou significativa amplitude. Os pontos J1 e J2 apresentaram os menores valores relacionados possivelmente a pouca área de drenagem e influência das sub-bacias nascentes, onde há formações geológicas e pedológicas mais pobres com relação ao restante do rio. Na estação J3 ocorreu um acréscimo de condutividade resultante dos efluentes despejados a montante pela Usina Santa Adelaide. O mesmo comportamento foi observado para a estação J6, quanto aos efluentes domésticos da cidade de Jaú. No ponto J8 os altos valores de condutividade refletiram a deposição e decomposição do material proveniente de toda bacia neste local.

No rio Jacaré-Guaçu a condutividade apresentou pouca variação temporal e espacial. Durante o período estudado esta variável foi menor nos pontos JG1 e JG2 e se mostrou estável ao longo das estações JG3 a JG9. GANDOLFI (1968) em um estudo no rio Mogi-Guaçu, encontrou também uma notável estabilidade nos valores de condutividade, sobretudo na zona de meandros daquele rio. O autor atribuiu estes resultados ao equilíbrio hidrodinâmico do rio. Isto pode ser dito também para o rio Jacaré-Guaçu, já que ele apresenta este tipo de feição ao longo de seu percurso. MATTOS (1968) encontrou valores de condutividade ligeiramente superiores nestes locais no rio Jacaré-Guaçu.

Analisando os dois rios, a condutividade foi mais alta no rio Jaú. Vários fatores podem ter influenciado este fato. Geologicamente a bacia do rio Jaú é mais homogênea, onde há a predominância de basaltos (formação Serra Geral) que proporcionam o desenvolvimento de solos mais ricos em boa parte da área da bacia, tais como Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada. Na bacia do rio Jacaré-Guaçu, ocorre uma maior heterogeneidade geológica marcada principalmente pelo predomínio de Arenitos Botucatu e Pirambóia, o que gerou um mosaico de solos relativamente mais pobres (Areias Quartzosas

Profundas, Podzólicos, Latossolos Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro, etc). Para LOTSPEICH (1980), a natureza do substrato lótico é fortemente influenciada pela litologia da paisagem e pelo estágio do ciclo de erosão da bacia.

Aliado à geologia das bacias, os impactos e graus de proteção encontrados também diferem significativamente. O rio Jaú é impactado diretamente por efluentes orgânicos e apresenta ao longo de seu percurso pouca proteção de matas ciliares. Por outro lado, no rio Jacaré-Guaçu não ocorre impactos diretos e há maior proteção marginal por vegetação em seu curso.

Portanto a condutividade foi maior e mais variável espacialmente no rio Jaú devido às diferenças das características geo-pedológicas de sua bacia e também a presença de impactos pontuais diretos ocorridos neste sistema.

Os principais íons presentes em águas superficiais (Ca, Mg, Na, K, HCO_3 , CO_3 , SO_4 , Cl) são originados pelo tipo de rocha, solos e atmosfera e os fatores controladores são o clima, geoquímica, geografia, topografia, atividade biótica e tempo. Entretanto as atividades antrópicas (fontes pontuais e não pontuais de poluição) exercem também forte influência sobre a concentração destes elementos nos sistemas aquáticos (COLE, 1975; LAHERMO et al. 1995). A composição química da água varia segundo o ambiente geológico em questão e muitas bacias de drenagem podem ser separadas em zonas distintas geoquimicamente (BARTARYA, 1993).

As características geológicas e de uso e ocupação do solo também foram refletidos na composição iônica da água dos dois rios estudados.

No rio Jaú o Ca e o Mg não apresentaram um comportamento temporal nítido. Os dois íons desenvolveram um gradiente espacial marcante em março, maio e setembro a partir da estação J2. O Ca apresentou, diferentemente, em julho, concentrações mais baixas a partir da estação J4, não havendo explicação para tal fato. Em termos gerais o Ca variou de 8 a 10 ppm e o Mg, de 3 a 4 ppm. SZIKSZAY (1973) realizou um levantamento da composição

química dos rios pertencentes a bacia do Paraná (Sucuriú, Verde, Pardo, Paranaíba, Tietê, Paranapanema, Paraná e Pelotas) e encontrou valores menores com relação a estes íons. Em média a concentração de Ca foi de 3,4 ppm e o Mg 1,9 ppm.

Em estações sujeitas a impactos pontuais ocorreram picos de concentrações de vários íons analisados.

A estação J3 apresentou altos índices de Ca, Mg, K, Fe e SO₄ em meses mais secos com relação as estações de montante, provavelmente relacionados aos despejos dos efluentes da Usina Santa Adelaide, pois este tipo de resíduo contém altas concentrações destes elementos. GANDOLFI (1968) registrou altas concentrações de K em locais impactados por restilo de usinas da açúcar e álcool no rio Mogi-Guaçu.

Na estação J6 também ocorreram picos nas concentrações de Na, K, Cl, SO₄ e Mn refletindo as fontes pontuais de esgotos urbanos que este ponto foi sujeito. Para BLUTH & KUMP (1994), geralmente, em rios que percorrem áreas intensamente afetadas por atividades humanas ocorrem variações significativas nas concentrações dos íons Ca, Mg, Na e SO₄. Quanto ao Cl, LAHERMO et al. (1995) e SKOULIKIDIS (1993) também registraram aumento deste íon em rios impactados por esgotos domésticos. NAKANE et al. (1981) estudando a dinâmica iônica em bacias sob diferentes características geológicas e impactos antrópicos encontraram uma clara relação entre a concentração de Na e K e a população existente nestas regiões. Para CHAPMAN & KIMSTACH (1992) a concentração de SO₄ pode ser extremamente alta em regiões onde haja despejos industriais.

Em praticamente todo período estudado, no ponto J8 foram registrados os mais altos valores de Na, K, Cl e SO₄, que corroboram o fato deste ponto acumular toda a carga de material proveniente da bacia. Por outro lado as concentrações de Fe em todos os meses e Mn em março e maio, foram as mais baixas encontradas, o que pode estar evidenciando a sedimentação do material particulado no qual estes elementos se adsorvem. Baixas concentrações de Fe

também foram registradas por MAIER (1983) no rio Jacaré-Pepira em condições de represamento sendo reflexo, segundo a autora, da deposição sobre as partículas dos sedimentos do fundo.

De forma global as concentrações Fe no rio Jaú foram mais altas nos meses de chuva, que pode estar relacionado ao carreamento de material existente do solo da bacia.

No rio Jacaré-Guaçu os íons Ca e Mg apresentaram o mesmo padrão de comportamento temporal, isto é, foram ligeiramente mais altos nos meses de chuva. MURAOKA & HIRATA (1988), estudando o conteúdo químico da água em rios protegidos por matas durante períodos de chuva, concluíram que, entre outros elementos, os íons Ca e Mg tiveram um aumento de concentração após os eventos climáticos. Isto foi relacionado a maior quantidade destes íons próximo a superfície do solo, já que eles, sendo considerados macronutrientes, são ciclados constantemente pela floresta presente. Especialmente estes elementos apresentaram grande estabilidade ao longo das estações JG3 a JG9. Nesta região o Ca se manteve em torno de 4,5 ppm e o Mg de 1,5 a 2,0 ppm.

O Na e o K tiveram o mesmo tipo de comportamento espacial registrado para o Ca e Mg.

Como ocorreu com a condutividade, a estabilidade iônica dos principais elementos (Ca, Mg, Na e K) presente no rio Jacaré-Guaçu pode ser relacionada às suas características geomorfológicas (zona de meandros) que favorecem os processos de sedimentação de material aliado à proteção de matas ciliares e várzeas presentes ao longo do curso.

Segundo SABATER et al. (1990) a litologia da bacia, tipo, uso e ocupação do solo parecem ter um papel fundamental no aumento iônico nas águas a jusante de rios. Contudo, há uma tendência à estabilização da composição química da água proveniente das fontes montantes. Isto, segundo os autores, pode ser interpretado devido à aquisição de uma “inércia química” pela água, a qual aumenta com o aumento da superfície de drenagem do rio, ou seja, a água desenvolve uma crescente resistência às variações súbitas que

possam ocorrer no corpo hídrico. Este parece ser o caso do rio Jacaré-Guaçu, onde a relativa constância em alguns valores iônicos pode ser reflexo desta resistência desenvolvida em seu percurso.

O íon Fe apresentou ligeiro acréscimo de concentração nas estações JG1 e JG2, principalmente no período chuvoso, provavelmente devido a presença, nestes locais, de magmatitos básicos expostos ao longo do rio Jacaré-Guaçu e também no baixo Monjolinho. Este resultado também foi encontrado por MAIER (1977) no rio Mogi-Guaçu em locais onde havia a exposição do mesmo tipo de rochas.

O Cl teve alta concentração em julho e setembro na estação JG5, talvez refletindo despejos provenientes de esgotos domésticos do rio Chibarro.

O íon SO_4 só foi registrado no período de estiagem e apresentou uma alta concentração no ponto JG8 em setembro, que pode estar relacionado aos contaminantes presente no rio Itaquerê provenientes da lagoa de vinhoto aí existente, já que o Fe e o Mn também apresentaram um pico de concentração neste ponto para este mês.

A exemplo da condutividade, as maiores concentrações dos principais íons (Ca, Mg, Na, K, e Fe) foram registradas no rio Jaú. Como já mencionado as características geo-pedológicas bem como o uso e ocupação diferenciadas destas bacias proporcionaram os níveis iônicos encontrados.

Embora a bacia do rio Jaú apresente uma constituição geológica mais homogênea, a maior variabilidade espacial registrada pode ser entendida como resultado dos diferentes impactos existentes ao longo do rio principal (despejos, agricultura, urbanização e represamentos).

WHITFIELD (1983) encontrou diferenças na composição química do rio Fraser (Inglaterra) sendo a geologia o fator determinante, porém o uso do solo também teve influência nos resultados registrados.

Da mesma maneira que o presente trabalho, NETO et. al. (1993) determinaram uma diferenciação iônica entre os rios Manso-Cuiabá e Casca (MT) sendo que o primeiro apresentou pH neutro a levemente alcalino, alta

condutividade e concentrações catiônicas mais altas. O rio Casca percorre formações geológicas mineralogicamente mais pobres, apresentando pH de neutro a ácido e menor condutividade. Estes resultados são muitos similares aos encontrados no presente estudo.

Quanto a presença de matas ciliares, HYNES (1975) cita que certos elementos como Ca, Mg e K tendem a ser retidos pela floresta e consequentemente apresentam concentrações baixas em rios que as drenam, o que ocorreu com relação as estações do rio Jacaré-Guaçu.

SKOULIKIDIS (1993) reporta que a composição das rochas é um fator importante de influência sobre a química de rios estudados na Grécia. Contudo rios com as mesmas características petrográficas foram classificados em diferentes grupos hidrogeoquímicos, o que sugeriu ao autor, considerar também a influência das atividades antrópicas nas bacias destes rios.

As variáveis utilizadas para as análises estatísticas permitiram o enriquecimento de constatações já delineadas no trabalho como um todo.

A Análise de Agrupamento e Análise Fatorial evidenciaram praticamente o mesmo tipo do padrão de ordenação das estações de coleta segundo as variáveis medidas. Esta técnicas foram satisfatórias em refletir o comportamento já conhecido pelos resultados obtidos.

De forma geral houve a formação de dois grandes grupos representativos das estações amostradas. Um grupo formado pelos pontos localizados na bacia do rio Jaú, que corresponde a águas mais ricas ionicamente e, em meses mais secos, também indicaram baixos níveis de oxigenação e despejos poluidores ocorridos. Neste grupo encontram-se as estações J3, J6, J7 e J8. As estações restantes, isto é, as de nascentes do rio Jaú e praticamente todas as do rio Jacaré-Guaçu, se mantiveram com características similares durante a maior parte do período estudado.

Os grupos assim encontrados confirmam uma vez mais que a diferenciação entre estas estações se devem não só à características

conservativas de suas bacias de drenagem, mas também a presença ou ausência de distúrbios nos sistemas.

As Análises de Variâncias bifatoriais (ANOVAs) forneceram dados adicionais mais detalhados a respeito das diferenças entre os dois rios.

Nas ANOVAs, a bacia hidrográfica foi o fator que apresentou o maior número de variáveis de diferenciação, sendo eles, pela ordem: Mg, Ca, condutividade, pH, K, e Fe. Fixando como fonte de variação os meses de coleta, houve diminuição no número de parâmetros. Neste fator a temperatura, Ca e pH, nesta ordem, foram os mais significativos. A interação bacia*tempo apresentou apenas o Ca e o oxigênio dissolvido como variáveis de diferenciação.

De forma geral, portanto, as diferenças entre os rios se devem principalmente ao grau de mineralização de suas águas.

Sem dúvida as peculiaridades das bacias nas quais os rios estão inseridos exerceram forte influência na diferenciação dos mesmos. De fato o maior número de variáveis, resultantes nas ANOVAs, presentes neste fator, bem como sua natureza, vem confirmar que as características próprias de cada sistema (geologia, uso, ocupação do solo e impactos), são preponderantes na distinção entre a qualidade da água dos dois rios estudados.

8. CONCLUSÕES

1. De forma geral o enfoque comparativo do monitoramento foi adequado para demonstrar a importância de se empregar diferentes metodologias segundo as características regionais de cada sistema lótico considerado.

2. Quanto ao monitoramento do rio Jaú, o número e localização das estações de amostragem foram suficientes para detectar as principais fontes de variação na qualidade da água. A frequência utilizada deve ser maior nas estações J3, J6 e J8 para melhor evidenciar os diferentes graus de impactos que estes locais estão sujeitos. Com base nas variações observadas, os parâmetros importantes a serem empregados em levantamentos futuros são: temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, material em suspensão total e frações, Ca, Mg, Na, K, Cl e SO_4 . Além destas variáveis, pode-se complementar as análises com as medidas de nutrientes (nitrogênio e fósforo totais), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes (totais e fecais), principalmente nos pontos J3 e J6.

3. No rio Jacaré-Guaçu há a necessidade de aumento no número de sítios de amostragem dada sua maior dimensão espacial. A frequência foi suficiente na detecção da variabilidade temporal existente. As variáveis passíveis de acompanhamento em estudos futuros são: temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, material em suspensão total e frações, Ca, Mg, Na e K, podendo também abranger os nutrientes totais (nitrogênio e fósforo).

4. O rio Jaú apresentou maior variabilidade espacial, águas menos oxigenadas e mais ricas ionicamente (maior condutividade e concentração dos principais íons), sendo reflexo da maior riqueza do substrato geológico e pedológico, presença de impactos antrópicos diretos e ausência de proteção de matas ciliares.

5. O rio Jacaré-Guaçu apresentou menor variabilidade espacial, águas mais oxigenadas com concentrações iônicas mais baixas e relativamente constantes ao longo de seu curso dada a menor riqueza geo-pedológica da bacia, ausência de impactos antrópicos diretos, presença de feições geomorfológicas condicionantes (zona de corredeiras e meandros) e maior proteção proporcionada por matas ciliares e várzeas associadas.

6. No rio Jaú as estações J3 e J6 apresentaram picos de concentrações iônicas e baixos níveis de oxigênio dissolvido devido a fontes pontuais de poluição.

7. O efeito do represamento da água foi constatado no trecho final do rio Jaú, na estação J8, através dos altos valores de condutividade, Na, K, Cl, SO_4 e baixas concentrações, devido à sedimentação, de material em suspensão, Fe e Mn.

9. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Quanto à aplicação de métodos de monitoramento, uma abordagem regional, sem dúvida, contribui e facilita o planejamento e execução do programa de amostragem. Considerando às particularidades de cada bacia aqui considerada, sugere-se estudos neste sentido. Operacionalmente a estratégia pode se embasar nos seguintes aspectos:

Rio Jaú:

Nesta bacia o monitoramento poderia ser implantado com o apoio da SAEMJA (Serviço de Água e Esgoto do Município de Jaú) que já conta com pessoas e técnicos envolvidos em um programa de orientação e educação ambiental às escolas de Jaú e região. Deste modo, este órgão centralizaria as ações operacionais aproveitando esta experiência e de forma simultânea aperfeiçoaria as técnicas de coleta e transmissão da informação. Seria necessário apenas sistematizar os mecanismos rotineiros de análises e fornecer maior apoio financeiro para o início e continuidade da rede amostral.

Rio Jacaré-Guaçu:

A bacia do rio Jacaré-Guaçu é comparativamente maior que a do rio Jaú. A implantação de um sistema de monitoramento único, centralizado para toda a bacia seria inviável, de enorme esforço técnico e financeiro com resultados fragmentados que poderiam dificultar sua reunião em sínteses para posteriores interpretações.

Sugere-se dividir a bacia segundo suas principais sub-bacias e respectivos municípios de influência. Desta forma cada cidade se tornaria

responsável pela sua área hidrográfica dentro da bacia como um todo. A metodologia básica seria uniforme e padronizada, contudo a execução do programa seria regional para cada prefeitura pertencente a bacia. Este mecanismo local permitiria viabilizar a rede em termos operacionais e financeiros.

Em ambas bacias o acompanhamento das mudanças ao longo do tempo no uso e ocupação do solo seria de enorme valor. Deste modo a utilização de um sistema de informação geográfica auxiliaria em muito este aspecto.

Com base nas variáveis da qualidade de água analisadas e constatações de campo realizadas, recomenda-se as seguintes medidas de manutenção, recuperação e melhoria das condições encontradas nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu:

- Preservação e manutenção de matas ciliares e várzeas associadas, bem como o reflorestamento marginal com espécies nativas em áreas que foram vítimas de intensa atividade humana (pastagens, agricultura, etc);
- Realizar um levantamento e manter uma fiscalização e monitoramento periodicos quanto ao uso de agrotóxicos nas culturas agrícolas existentes nas bacias;
- Implantação de sistemas de tratamento de esgotos domésticos nos municípios pertencentes as bacias;
- Fiscalizar com maior rigor as fontes potenciais de poluição industrial existentes ao longo dos rios e seus afluentes;
- Implantar ou ampliar, através de apoio técnico e financeiro, os programas de orientação e educação ambiental;

- Promover cursos, seminários e encontros regionais interdisciplinares que discutam as questões ambientais nas bacias, bem como formas de intercâmbio e parcerias para a resolução de problemas.

10. ANEXOS (Tabelas e Figuras)

Tabela 12. Medidas morfométricas das bacias dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu.

Medidas Morfométricas	Bacia Rio Jaú	Bacia Rio Jacaré-Guaçu
Área	745,24 Km ²	4.108,40 Km ²
Perímetro	160,50 Km	501,40 Km
Maior Comp. Bacia	54,40 Km	130,50 Km
Comp. do Rio	56,00 Km	155,00 Km
Índice de Forma (K)	1,65	2,20
Relação de Elongação(Re)	0,56	0,55
Relação de Relevo (Rr)	0,60%	0,40%
Ordem do Canal	5 ^a	6 ^a

Tabela 13. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da temperatura da água (°C).

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	21.5	21.4	21.6	—	21.5	21.7	22.2	26.0
Mai/95	20.0	20.0	22.7	21.9	21.8	22.3	21.9	24.8
Jul/95	17.1	17.1	21.2	19.9	18.8	20.3	19.7	21.3
Set/95	15.4	15.5	20.2	18.7	18.3	19.5	18.6	20.8

Tabela 14. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da temperatura da água (°C).

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	22.8	22.7	21.9	22.4	22.5	23.2	23.3	25.1	25.2
Mai/95	20.6	20.5	20.4	20.5	20.5	21.0	21.0	21.7	22.3
Jul/95	18.8	18.7	18.6	18.8	18.8	19.2	19.3	—	20.2
Set/95	18.9	18.8	18.6	18.9	19.1	19.8	19.9	21.0	21.6

Tabela 15. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l).

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	11.70	18.20	28.04	—	247.95	174.00	230.25	7.60
Mai/95	29.74	28.04	21.14	47.65	193.65	165.85	177.6	6.03
Jul/95	12.12	10.40	11.45	14.10	20.43	32.13	22.90	9.50
Set/95	6.27	5.82	11.23	10.46	20.88	41.50	20.41	6.02

Tabela 16. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l).

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	6.81	10.81	10.33	4.80	4.38	8.86	7.97	4.65	7.80
Mai/95	3.91	6.93	10.28	7.36	9.97	6.97	9.31	8.91	4.93
Jul/95	13.54	21.68	18.07	21.36	19.13	13.77	6.41	—	4.68
Set/95	3.77	5.91	20.00	19.63	17.58	13.01	37.87	12.45	18.50

Tabela 17. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l).

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	5.95	13.43	21.71	—	210.15	144.65	196.75	5.08
Mai/95	22.52	20.86	15.40	38.13	158.70	138.90	149.30	4.41
Jul/95	8.21	7.26	4.98	7.31	13.30	13.96	15.60	4.35
Set/95	4.60	3.37	4.95	5.16	12.50	22.89	15.06	3.67

Tabela 18. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l).

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	3.48	6.40	5.60	1.61	2.26	5.50	4.40	1.90	4.83
Mai/95	2.16	4.85	7.24	5.08	6.96	4.82	7.07	7.04	3.26
Jul/95	9.85	16.93	14.13	16.05	14.56	9.84	4.29	—	3.14
Set/95	2.41	3.88	14.77	14.55	12.78	9.39	28.73	8.56	14.49

Tabela 19. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l).

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	5.75	4.77	6.33	—	37.80	29.35	33.50	2.52
Mai/95	7.22	7.18	6.00	9.52	34.95	26.95	28.30	1.62
Jul/95	3.91	3.14	6.47	6.79	7.13	18.17	7.30	5.15
Set/95	1.67	2.45	6.28	5.30	8.38	18.61	5.35	2.35

Tabela 20. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l).

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	3.33	4.41	4.73	3.19	2.12	3.36	3.57	2.75	2.97
Mai/95	1.75	2.08	3.04	2.28	3.01	2.15	2.24	1.87	1.67
Jul/95	3.69	4.75	3.94	5.31	4.57	3.94	2.12	—	1.54
Set/95	1.36	2.03	5.23	5.08	4.80	3.62	9.14	3.89	4.01

Tabela 21. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	8.02	8.72	8.29	—	8.32	8.02	6.33	5.42
Mai/95	7.70	8.44	5.68	7.90	6.33	6.10	7.64	4.46
Jul/95	7.92	8.97	4.97	8.09	5.07	2.82	4.68	2.14
Set/95	9.48	9.20	2.98	7.80	4.86	2.50	5.95	3.19

Tabela 22. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	8.94	8.06	6.72	5.47	4.70	9.21	8.30	4.58	2.60
Mai/95	7.77	8.04	7.42	6.81	6.22	8.33	8.28	6.43	4.65
Jul/95	8.69	8.72	8.11	8.00	6.06	9.27	8.08	—	6.63
Set/95	8.38	8.35	7.62	7.25	5.57	8.41	8.83	7.45	7.59

Tabela 23. Rio Jaú - Variação espaço/temporal do pH.

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	6.70	7.30	7.27	—	6.62	7.04	6.96	7.11
Mai/95	6.60	6.91	6.74	7.17	6.72	6.82	7.07	6.84
Jul/95	6.60	6.95	6.38	6.94	6.68	6.30	6.69	6.48
Set/95	6.30	6.80	6.08	6.80	6.58	6.61	6.96	6.76

Tabela 24. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal do pH.

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	6.31	6.12	6.06	6.67	6.78	7.15	7.23	6.98	6.32
Mai/95	5.53	5.83	6.51	6.34	6.32	6.76	6.72	6.53	5.07
Jul/95	5.42	5.92	5.82	5.95	5.98	6.23	6.33	—	6.07
Set/95	6.05	6.40	6.61	6.39	6.41	6.55	6.70	6.43	6.53

Tabela 25. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da condutividade (μScm^{-1}).

<i>Data</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Mar/95	42	52	67	—	74	89	88	111
Mai/95	34	41	64	63	65	89	81	109
Jul/95	35	43	78	77	73	115	96	102
Set/95	25	42	93	77	77	114	108	134

Tabela. 26. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da condutividade (μScm^{-1}).

<i>Data</i>	<i>JG1</i>	<i>JG2</i>	<i>JG3</i>	<i>JG4</i>	<i>JG5</i>	<i>JG6</i>	<i>JG7</i>	<i>JG8</i>	<i>JG9</i>
Mar/95	27	31	52	50	54	56	57	58	55
Mai/95	17	22	45	41	48	46	47	47	44
Jul/95	19	24	49	47	58	54	53	—	49
Set/95	21	25	58	51	57	54	54	60	49

Tabela 27. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em março/95.

<i>Íons</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
Al	0,20	0,30	0,30	—	1,90	1,60	3,40	0,50
B	< 0,20	< 0,20	< 0,20	—	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Ba	0,05	0,06	0,07	—	0,10	0,10	0,20	0,06
Ca	4,10	5,80	7,20	—	8,20	10,00	10,80	9,00
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	—	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	< 0,05	< 0,05	< 0,05	—	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	—	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe	3,00	2,80	2,60	—	4,50	5,90	7,00	1,00
K	1,00	1,20	1,30	—	1,80	2,00	2,00	3,30
Mg	1,80	2,50	3,30	—	3,90	4,50	4,70	3,60
Mn	0,10	0,10	0,10	—	0,30	0,40	0,60	0,04
Na	1,50	1,50	1,60	—	2,20	3,30	4,20	6,90
P	< 0,20	< 0,20	< 0,20	—	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	—	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Si	6,90	8,20	10,20	—	12,70	13,00	12,70	7,80
Zn	< 0,20	< 0,20	< 0,20	—	< 0,20	0,04	0,07	< 0,20

Tabela 28. Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em março/95.

Íons	JG1	JG2	JG3	JG4	JG5	JG6	JG7	JG8	JG9
Al	0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,20
B	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Ba	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Ca	2,50	2,70	4,40	4,50	5,00	5,40	5,50	5,50	4,90
Cd	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cr	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cu	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05
Fe	3,00	3,40	2,90	2,80	2,70	2,60	2,90	2,10	2,00
K	1,10	1,20	1,60	1,60	1,80	1,80	1,80	2,00	2,20
Mg	1,40	1,50	2,00	2,10	2,30	2,50	2,50	2,60	2,40
Mn	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,05
Na	1,00	1,30	2,50	2,10	2,30	2,30	2,10	2,10	2,00
P	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Si	5,10	5,30	6,00	6,30	6,40	6,70	7,00	6,70	6,20
Zn	< 0,20	< 0,20	0,10	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20

Tabela 29. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em maio/95.

Íons	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
B	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Ba	0,06	0,06	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,05
Ca	3,80	4,80	7,40	7,10	7,50	9,20	9,00	9,30
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cl	1,80	1,50	2,30	2,60	3,20	5,50	4,00	6,30
Cr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe	3,40	2,70	2,50	3,10	5,70	5,00	4,60	0,90
K	1,20	1,20	2,00	2,10	2,60	2,80	2,40	2,50
Mg	1,60	2,00	3,00	3,00	3,30	3,90	3,90	3,70
Mn	0,20	0,08	0,30	0,30	0,60	0,50	0,50	0,05
Ni	0,06	0,05	0,06	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07
Na	1,60	1,40	1,70	1,70	2,40	4,00	2,80	7,30
P	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
SO ₄ ⁻²	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	2,80	< 2,00	5,50
Si	6,80	8,10	9,40	10,40	12,40	13,20	14,70	10,20
Zn	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02

Tabela 30. Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em maio/95.

Íons	JG1	JG2	JG3	JG4	JG5	JG6	JG7	JG8	JG9
B	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Ba	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06
Ca	1,80	2,20	3,80	3,70	4,30	4,20	4,30	4,60	4,50
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cl	0,90	1,20	2,30	1,90	2,10	2,20	2,00	1,90	1,80
Cr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe	1,80	1,70	2,30	2,20	2,50	2,90	2,30	2,10	1,30
K	0,90	1,00	1,10	1,50	1,50	1,70	1,70	1,80	2,00
Mg	1,00	1,10	1,60	1,70	1,90	1,90	2,00	2,00	2,10
Mn	0,07	0,09	0,20	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,05
Ni	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,08	0,05	< 0,05	< 0,05
Na	1,00	1,50	2,60	2,20	2,20	2,00	2,00	2,20	2,10
P	0,10	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
SO ₄ ²⁻	< 2,00	< 2,00	2,20	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
Si	4,70	4,90	5,90	6,10	6,50	6,70	6,90	6,80	6,10
Zn	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Tabela 31. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em julho/95.

Íons	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
B	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Ba	0,06	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07
Ca	4,00	4,80	7,90	3,10	3,20	3,50	3,50	1,90
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cl	1,40	1,20	2,70	2,60	2,80	5,70	3,30	4,10
Cr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe	3,10	1,50	4,00	3,10	3,20	3,50	3,50	1,90
K	1,00	1,10	2,20	2,20	2,10	2,90	2,10	2,40
Mg	1,60	2,00	3,60	3,60	3,30	4,20	4,10	3,90
Mn	0,10	0,05	0,40	0,30	0,30	0,40	0,30	0,30
Ni	0,05	< 0,05	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	0,05
Na	1,60	1,40	2,50	2,40	2,60	5,70	4,10	5,60
P	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	< 0,10	< 0,10
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
SO ⁻² ₄	< 2,00	< 2,00	4,30	2,30	< 2,00	3,90	2,90	3,10
Si	7,50	8,40	10,00	11,20	11,90	13,40	14,00	13,30
Zn	0,02	< 0,02	0,02	0,02	< 0,02	0,04	0,02	< 0,02

Tabela 32. Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) em julho/95.

Íons	JG1	JG2	JG3	JG4	JG5	JG6	JG7	JG8	JG9
B	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	—	< 0,10
Ba	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	—	0,05
Ca	1,40	2,00	3,30	3,40	4,00	4,60	4,50	—	4,40
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	—	< 0,02
Cl	0,80	1,10	2,40	2,30	2,50	2,10	2,30	—	2,00
Cr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	—	< 0,02
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	—	< 0,05
Fe	1,40	1,30	1,80	2,30	2,80	4,30	3,50	—	2,10
K	1,00	1,10	1,50	1,60	2,20	2,10	2,10	—	2,30
Mg	1,00	1,00	1,40	1,50	1,60	1,70	1,70	—	1,80
Mn	0,05	0,06	0,20	0,10	0,20	0,20	0,20	—	0,10
Ni	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	0,10
Na	1,00	1,50	3,10	3,00	4,00	3,40	2,90	—	2,70
P	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,20	—	< 0,10
Pb	< 0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	—	0,10
SO ₄ ⁻²	< 2,00	< 2,00	3,20	2,40	< 2,00	2,40	< 2,00	—	< 2,00
Si	4,70	4,80	5,70	6,00	6,40	6,90	7,30	—	7,00
Zn	< 0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	—	0,02

Tabela 33. Rio Jaú - Concentração de íons (ppm) encontrada em setembro/95.

<i>Íons</i>	<i>J1</i>	<i>J2</i>	<i>J3</i>	<i>J4</i>	<i>J5</i>	<i>J6</i>	<i>J7</i>	<i>J8</i>
B	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Ba	0,05	0,05	0,10	0,06	0,07	0,09	0,08	0,07
Ca	3,00	4,70	9,20	7,30	8,50	9,50	8,70	9,80
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cl	0,90	1,40	3,50	3,50	3,20	3,50	7,20	4,60
Cr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe	1,30	0,90	5,90	2,50	3,80	3,50	3,20	1,10
K	1,10	1,20	3,30	2,70	2,70	3,30	2,70	3,20
Mg	1,20	1,80	3,60	3,00	3,40	3,60	3,80	3,90
Mn	0,04	0,04	0,40	0,30	0,30	0,40	0,20	0,20
Ni	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	< 0,05	< 0,05
Na	0,80	1,40	2,40	2,30	2,70	2,10	8,20	12,10
P	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,30	0,20	0,10
Pb	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
SO ⁻² ₄	< 2,00	< 2,00	3,10	2,00	3,20	5,30	2,90	7,90
Si	7,30	8,10	10,10	10,00	11,70	12,70	13,40	9,80
Zn	0,03	0,02	0,07	0,03	0,04	0,07	0,03	< 0,02

Tabela 34. Rio Jacaré-Guaçu - Concentração de íons (ppm) encontrada em setembro/95.

Íons	JG1	JG2	JG3	JG4	JG5	JG6	JG7	JG8	JG9
B	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Ba	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,06
Ca	1,70	1,90	4,10	4,30	4,30	4,30	4,30	5,30	4,20
Cd	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cl	8,40	1,30	1,50	2,90	3,20	2,60	2,50	2,90	2,30
Cr	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Cu	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe	1,40	1,20	2,10	2,20	2,50	2,50	2,40	6,60	2,30
K	1,40	1,40	2,20	1,90	1,80	1,90	1,90	2,10	1,90
Mg	1,00	1,00	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70	2,10	1,80
Mn	0,08	0,06	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,90	0,10
Ni	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Na	1,10	1,50	3,90	3,30	3,50	3,70	3,40	3,60	2,70
P	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10
Pb	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
SO ₄ ⁻²	< 2,00	< 2,00	4,70	2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	5,20	< 2,00
Si	4,70	4,80	5,80	6,40	6,80	7,10	7,20	7,80	7,60
Zn	< 0,02	< 0,02	0,03	0,06	0,03	< 0,02	< 0,02	0,04	< 0,02

Tabela 35. Valores médios, com respectivos desvios-padrões, das variáveis físicas e químicas registradas no rio Jaú ao longo dos meses de coleta.

Variáveis	Março	Maio	Julho	Setembro
pH	7,00 (0,26)	6,86 (0,18)	6,63 (0,23)	6,61 (0,29)
Conduct. (μScm^{-1})	75 (23)	68 (24)	77 (27)	84 (36)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	22,3 (1,6)	21,9 (1,5)	19,4 (1,6)	18,4 (1,9)
Oxigênio (mg/l)	7,59 (1,22)	6,78 (1,35)	5,58 (2,51)	5,75 (2,81)
MST (mg/l)	102,54 (109,91)	83,75 (80,09)	16,63 (7,90)	15,33 (12,19)
MSI (mg/l)	85,39 (94,40)	68,53 (67,45)	9,37 (4,30)	9,03 (7,09)
MSO (mg/l)	17,15 (15,58)	15,22 (12,70)	7,26 (4,66)	6,30 (5,37)
Ca (ppm)	7,97 (2,36)	7,26 (2,03)	3,99 (1,78)	7,59 (2,46)
Mg (ppm)	3,47 (1,04)	3,05 (0,85)	3,29 (0,96)	3,04 (0,99)
Na (ppm)	3,03 (1,99)	2,86 (1,98)	3,24 (1,69)	4,00 (3,98)
K (ppm)	1,80 (0,77)	2,10 (0,61)	2,00 (0,64)	2,53 (0,83)
Fe (ppm)	3,83 (2,08)	3,49 (1,55)	2,98 (0,84)	2,78 (1,69)
Cl (ppm)	–	3,40 (1,74)	2,96 (1,44)	3,48 (1,93)
Si (ppm)	10,21 (2,61)	10,65 (2,64)	11,21 (2,40)	10,39 (2,12)

Tabela 36. Valores médios, com respectivos desvios-padrões, das variáveis físicas e químicas registradas no rio Jacaré-Guaçu ao longo dos meses de coleta.

Variáveis	Março	Maio	Julho	Setembro
pH	6,62 (0,44)	6,18 (0,57)	5,97 (0,27)	6,45 (0,18)
Conduct. (μScm^{-1})	49 (11)	40 (11)	44 (14)	48 (14)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,2 (1,1)	20,9 (0,6)	19,0 (0,5)	19,6 (1,0)
Oxigênio (mg/l)	6,51 (2,29)	7,11 (1,20)	7,95 (1,08)	7,72 (0,96)
MST (mg/l)	7,38 (2,41)	7,62 (2,21)	14,83 (6,49)	16,47 (9,91)
MSI (mg/l)	4,00 (1,76)	5,39 (1,84)	11,10 (5,24)	12,17 (7,72)
MSO (mg/l)	3,38 (0,79)	2,23 (0,49)	3,73 (1,29)	4,35 (2,22)
Ca (ppm)	4,49 (1,14)	3,71 (1,01)	3,45 (1,19)	3,82 (1,19)
Mg (ppm)	2,14 (0,43)	1,70 (0,40)	1,46 (0,31)	1,59 (0,36)
Na (ppm)	1,97 (0,49)	1,98 (0,46)	2,70 (0,98)	2,97 (1,00)
K (ppm)	1,68 (0,32)	1,47 (0,38)	1,74 (0,50)	1,83 (0,27)
Fe (ppm)	2,71 (0,43)	2,12 (0,47)	2,44 (0,97)	2,58 (1,57)
Cl (ppm)	–	1,81 (0,46)	1,94 (0,63)	3,06 (2,09)
Si (ppm)	6,19 (0,63)	6,10 (0,79)	6,10 (0,98)	6,47 (1,14)

Figura 20. Bacia do rio Jaú. Variação da temperatura média mensal durante o ano de 1995. Estação Experimental Jaú-IAC.

Figura 21. Bacia do rio Jaú Distribuição da precipitação total (mm) ao longo dos meses de 1995. Estação Experimental Jaú-IAC. (*Dados incompletamente medidos).

Figura 22. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Variação da temperatura média mensal durante o ano de 1995. CRHEA-USP.

Figura 23. Bacia do rio Jacaré-Guaçu. Distribuição da precipitação total (mm) ao longo dos meses de 1995 em quatro estações climatológicas existentes na bacia.

Figura 24. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da temperatura (°C).

Figura 25. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da temperatura (°C).

Figura 26. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l).

Figura 27. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão total (mg/l).

Figura 28. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l).

Figura 29. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão inorgânico (mg/l).

Figura 30. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l).

Figura 31. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de material em suspensão orgânico (mg/l).

Figura 32. Rio Jaú - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).

Figura 33. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/l).

Figura 34. Rio Jaú - Variação espaço/temporal do pH.

Figura 35. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal do pH.

Figura 36. Rio Jaú - Variação espaço/temporal da condutividade (µScm⁻¹).

Figura 37. Rio Jacaré-Guaçu - Variação espaço/temporal da condutividade (µScm⁻¹).

Figura 38. Concentração de alumínio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 39. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 40. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 41. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 42. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu março/95.

Figura 43. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 44. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 45. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 46. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em março/95.

Figura 47. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 48. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 49. Concentração de cloro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 50. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 51. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 52. Concentração de magnésio encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 53. Concentração de manganês encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 54. Concentração de sódio encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 55. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em maio/95.

Figura 56. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 57. Concentração de cálcio encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 58. Concentração de cloro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 59. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 60. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 61. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 62. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 63. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 64. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em julho/95.

Figura 65. Concentração de bário (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 66. Concentração de cálcio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 67. Concentração de cloro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 68. Concentração de ferro (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 69. Concentração de potássio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 70. Concentração de magnésio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 71. Concentração de manganês (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 72. Concentração de sódio (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 73. Concentração de fósforo (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

Figura 74. Concentração de silício (ppm) encontrada nos rios Jaú e Jacaré-Guaçu em setembro/95.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. (1971). A região de Jaú: problemas de urbanização em manchas de solos ricos. **Cadernos de Ciência da Terra, IG-USP**, v. 15, p. 1-10.
- ABREU, R. M. (1987). Monitoramento da qualidade da água no Estado de São Paulo e na França. **Ambiente**, v.1, n.3, p.109-112.
- AGUIAR, R.L. (1988). **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos - S.P. : contribuição ao planejamento**. São Carlos. 2v. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALABASTER, J.S.; LLOYD, R. (1982). **Water quality criteria for freshwater fish**. London. Butterworth Scientific.
- ALAEZ, M.C.F.; ALAEZ, M.F.; CALABUIG, E.L. (1988). Variations in time and space of some physical and chemical variables in the Bernesga river (Léon, Spain). **Annls Limnology**, v. 24, n. 3, p. 285-291.
- ALBUQUERQUE, A.L.S. (1992). **Composição e fluxo do material particulado transportado pelo rio Mogi-Guaçu, na planície de inundação da estação ecológica de Jataí, Luis Antonio, SP**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Calos.
- ALMEIDA, C.L.F.; OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. (1981). **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Brotas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. Escala 1:100.000. 1 mapa color.
- _____. (1982). **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Jaú**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. Escala 1:100.000. 1 mapa color.
- AMORIM, D.A. (1986). **Levantamento de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu, propostas para recuperação**. São

Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo./em preparação/.

ANDERSON, A.R. et al. (1993). pH, aluminum and calcium concentrations of streams draining acidic soils on calcareous till at Kershope, Cumbria. **Journal of Hydrology**, v. 149, p. 27-37.

AVELAR, W.E.P. et al. (1992). *Anodontites trapesialis*: a biological monitor of organochlorine pesticides. **Archive of Environmental Contamination and Toxicology**, v.23, p.351-354.

BARTARYA, S.K. (1993). Hydrochemistry and rock weathering in a sub-tropical Lesser Himalayan river basin in Kumaun, India. **Journal of Hydrology**, v. 146, p. 149-174.

BEAUMONT, P. (1975). Hydrology. In: WHITTON, B.A. **River Ecology**. London, Blackell Scientific Publications. p.538-564.

BEDFORD, J.W.; ROELOFS, E.W.; ZABIK, M.J. (1968). The freshwater mussel as a biological monitor of pesticide concentrations in a lotic environment. **Limnology and Oceanography**, v.13, n.1, p.118-126.

BINI, L.M. (1995). **Métodos estatísticos multidimensionais e geoestatísticos aplicados ao estudo comparativo de reservatórios do Estado de São Paulo**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BISWAS, A.K. (1991). Effective monitoring of lake waters. In: HASHIMOTO, M.; BARRET, B.F.D. (Editors). **Guidelines for lake management**. ILEC, UNEP. Section 3.2, p.83-96.

_____. (1990). Objectives and concepts of environmentally-sound water management. In: THAN, N.C.; BISWAS, A.K. **Environmentally-sound water management**. Delhi, Oxford University Press. p.30-58.

_____. (1980). Water : A perspective on global issues and politics. In: BISWAS, A.K.; SAMAHA, M.A.H. AMER, M.H.; ABU-ZEID, M.A. (Editors). **Water management for arid lands in developing countries**. Oxford, Pergamon Press. p. 5-7.

BLUTH, G.J.S.; KUMP, L.R. (1994). Lithologic and climatologic controls of river chemistry. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 58, n. 10, p. 2341-2359.

- BRANCO, S. M. (1991). A água e o homem. In: PORTO, R.L.L. et al. **Hidrologia ambiental**. São Paulo. USP/ABRH (coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3). p.3-26.
- BRASIL. (1984). Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, Divisão de Controle de Recursos Hídricos. **Ação regional do DNAEE na área de recursos hídricos**. Brasília, DNAEE.
- BRASIL, Leis etc. (1974). **Código de Águas**: legislação subsequente e correlata. Rio de Janeiro. Ministério das Minas e Energia, DNAEE.
- _____. (1986). Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de julho. 1986. Seção I, p.11356
- _____. (1976). Portaria nº 13 de 15 de janeiro de 1976. Classifica as águas interiores do Território Nacional. Ministério do Interior. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12 de maio de 1976. p. 5881.
- BRONDI, S.H.G. (1994). **Eutrofização da represa de Barra Bonita e comportamento da comunidade fitoplanctônica**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- CAIRNS, J. Jr. (1989). Biological monitoring of water quality. In: WARD R.C.; LOFTIS, J.C.; McBRIDE, G.B. (eds). **Proceedings of the International Symposium on the Design of Water Quality Information Systems**. Information Series, n. 6, Fort Collins, Colorado. Colorado University, p.338-345.
- CAMPOS, J.R. (1978). Verificação da capacidade de autodepuração dos rios Jacaré-Guaçu, Monjolinho, Ouro e Chibarro. São Carlos. Relatório do Convênio DNAEE/EESC-USP.
- CAMPOS, J.R.; FORESTI, E. (1981). Determinação de parâmetros de qualidade das águas do rio Jacaré-Guaçu através do estudo de trechos especiais. São Carlos. Relatório do Convênio DNAEE/EESC-USP.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. (1993). **Guidance manual on sampling, analysis and data management for contaminated sites, v.1: main report**. Winnipeg, CCME.

- CHAPMAN, D. (1992). **Water quality assessment**. Cambridge, University Press.
- CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. (1992). The selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. Cambridge, University Press, p.51-120.
- CHIARINI, J.V.; DONZELLI, P.L. (1973). **Levantamento por foto- interpretação das classes da capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas. Boletim Técnico nº 3.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1971). Análise Morfométrica das bacias hidrográficas. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v.30, n.220, p.131-159.
- CLARKE, S.E.; WHITE, D.; SCHAEDEL, A.L. (1991). Oregon, USA, ecological regions and subregions for water quality management. **Environmental Management**, v.15, n.6, p.847-856.
- COIMBRA, R. M. (1991). Monitoramento da qualidade da água. In: PORTO, R. L. L. et al. **Hidrologia ambiental**, São Paulo, USP/ABRH (coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3). p. 392-411.
- COLE, G.A. (1975). **Textbook of Limnology**. USA, C.V. Mosby Company.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (1988). Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo, CETESB.
- _____. (1995). **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo- 1994**. São Paulo, CETESB.
- _____. (1988). Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo, CETESB.
- CONEJO, J.G.L.; CARNESECA, L.F. (1987). Qualidade das águas no planejamento de recursos hídricos. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, Salvador, 1987. Anais. ABRH, v.1, p.28-40.
- CONNEL, D. W.; MILLER, G. J. (1984). **Chemistry and ecotoxicology of pollution**. A Wiley Interscience Publication. Cap. 15: Pollution monitoring.

- COOLEY, W.W.; LOHNES, P.R. (1971). **Multivariate data analysis**. New York, Willey.
- DALLEY, N.E. (1986). High frequency water quality monitoring of a coastal stream. In: EL-SHAARAWI , A.H.; KWIATKOWSKI, R.E. (eds). **Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring**. Amsterdam, Elsevier, p.433-442
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. (1988). **Mapa de solos**. São Paulo, DAEE. Escala 1:500.000. 1 mapa.
- _____ (1990). **Mapa de ocupação das terras**. São Paulo, IPT. Escala 1:500.000. 1 mapa.
- DOWNS, P.D.; GREGORY, K.J.; BROOKES, A. (1991). How integrated is river basin management? **Environmental Management**, v.15, n.3, p.299-309.
- ENOS, M.L. PIEHL, B. (1989). Overcoming technological difficulties in continuous water quality monitoring. In: WARD R.C.; LOFTIS, J.C.; McBRIDE, G.B. (eds). **Proceedings of the International Symposium on the Design of Water Quality Information Systems**. Information Series, n. 6, Fort Collins, Colorado. Colorado University, p.231-241.
- ESTERBY, S.R. (1986). Spatial heterogeneity of water quality parameters. In: EL-SHAARAWI , A.H.; KWIATKOWSKI, R.E. (eds). **Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring**. Amsterdam, Elsevier, p.1-16.
- ESTEVES, F.A. (1988). **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência. FINEP.
- FACHEL, J. (1976). **Análise fatorial**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo.
- FENLON, J.S.; YONG, D.D. (1982). Chemical surveillance of rivers. **Water Pollution Control**, v.81, n.3, p.343-357.
- FERRANTE, J. E. T. (1990). **Mapeamento geotécnico regional da bacia do alto Jacaré-Guaçu - SP com base nas aplicações de técnicas de sensoriamento remoto e sistema geográfico de informações**. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- FISHER, S.G.; GRIMM, N.B. (1991). Streams and disturbance: are cross-ecosystem comparison useful? In: COLE, J.; LOVETT, G.; FINDLAY, S. **Comparative Analysis of Ecosystems**. New York. Spring-Verlag, p.196-221.
- GANDOLFI, N. (1968). **Bacia do Mogi-Guaçu: morfometria da drenagem, sedimentologia e investigações físico-químicas**. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GASTALDINI, M.C.C. (1982). **Análise do mecanismo de autodepuração do rio Jacaré-Guaçu através do modelo de qualidade de água**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GEIJSKES, D.C. (1942). Observations on temperature in a tropical river. **Ecology**, v.23, n.1, p.106-111.
- GILBERT, R. O. (1987). **Statistical methods for environmental pollution monitoring**. New York, Van Nostrand Reinhold.
- GOLTERMAN, H. L. CLYMO, R. S.; OHNSTAO, M. A. M. (1978). **Methods for physical and chemical analysis for fresh water**. 2 ed. IBP. Handbook nº8. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- GOMES, L.A. (1981). **Aspectos qualitativos das águas pluviais urbanas**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GOWER, A. M. (1980). **Water quality in catchment ecosystem**. Chichester, John Willey & Sons Ltd.
- GRIFFTHS, I.M. (1987). Automatic water quality monitoring in the river Thames catchments - practical aspects of systems design and utilization. In: BECK, M.B. **Systems analysis in water quality management**. Oxford. Pergamon Press, p.369-376.
- HAASE, J.; KRIEGER, J.A.H.; POSSOLI, S. (1989). Estudo da variabilidade do uso da técnica de análise fatorial como um instrumento na interpretação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. **Ciência e Cultura**, v.41, n.6, p.576-582.
- HANEY, P. D.; SCHMIDT, J. (1958). Representative sampling and analytical methods in stream studies. **Sewage and Industrial Wastes**, v.30, p.812-820.

- HART, B.T.; McKELVIE, I.D.; BENSON, R.L. (1993). Real-time instrumentation for monitoring water quality: an Australian perspective. **Trends in Analytical Chemistry**, v.12, n.10, p.403-411.
- HEM, J.D. (1978). Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 2ed. Washington, United States Government Printing Office.
- HINO, K. (1988). Metodologia limnológica aplicada da represas. In: TUNDISI, J.G. (ed). **Limnologia e Manejo de Represas**. São Paulo, ACIESP, v.1, tomo 2, p.368-380.
- HOSKINS, J. K. (1938). Planning the organization and conduct of stream pollution surveys. **Pub. Health Repts**, v.53, p.729-735.
- HUGHES, R.M.; LARSEN, D.P. (1988). Ecoregions: an approach to surface water protection. **Journal Water Pollution Control Federation**, v.60, n.4, p.486-493.
- HUNSAKER, C.T.; LEVINE, D.A. (1995). Hierarchial approaches to the study of water quality in rivers. **BioScience**, v.45, n.3, p.193-203.
- HYNES, H. B. N. (1975). Edgard Baldi Lecture: The stream and its valley. **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.19, p.1-15.
- _____. (1966). **The biological of polluted waters**. Liverpool, Liverpool University Presss.
- _____. (1970). **The ecology of running waters**. Liverpool University Press.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (1972a). **Carta do Brasil**. Folha topográfica de Dourado, SF-22-Z-B-III-1. Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000. 1 mapa color.
- _____. (1972b). **Carta do Brasil**. Folha topográfica de Bariri, SF-22-Z-B-II-2. Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000. 1 mapa color.
- _____. (1973). **Carta do Brasil**. Folha topográfica de Jaú, SF-22-Z-B-II-4. Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000. 1 mapa color.
- _____. (1974a). **Carta do Brasil**. Folha topográfica de Brotas, SF-22-Z-B-III-4. Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000. 1 mapa color.

_____. (1974b). **Carta do Brasil**. Folha topográfica de Dois Córregos, SF-22-Z-B-III-3. Rio de Janeiro, IBGE. Escala 1:50.000. 1 mapa color.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1981a). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo, IPT, 1981. 2v. (Monografias, 6).

_____. (1981b). **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**: escala 1:500.000. São Paulo, IPT. 2v. (Monografias, 5).

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. (1981). **Carta de utilização da terra do Estado de São Paulo**. Secretaria de Economia e Planejamento (Coordenadoria de Ação Social). São Paulo. IGC. Escala 1:250.000. 1 mapa.

IRWIN, F.; WILLIAMS, I.R. (1986). Catchments as planning units. **Journal of Soil Conservation**, v. 42, n.1, p.6-9.

KARR, J.R.; SCHLOSSER, I.J. (1978). Water resources and the land-water interface. **Science**, v.201, p.229-233.

KEITH, L. H. (1988). **Principles of environmental sampling**. Washington, American Chemical Society.

_____. et al. (1983). Principles of Environmental Analysis. **Analytical chemical**, v.55, p.2210-2218.

KITTRELL, F. W. (1969). **A practical guide to water quality studies of streams**. Report CWR-5. Federal Water Pollution Control Administration, U.S. Department of Interior, Washington, D.C.

LACHANCE, M.; BOBÉE, B. (1982). Methodology for the characterization of water quality: analysis of time-dependent variability. **Journal of Hydrology**, v.59, p.275-291.

LACHANCE, M.; BOBÉE, B.; GOUIN, D. (1979). Characterization of water quality in the Saint Lawrence river: determination of homogeneous zones by correspondence analysis. **Water Research**, v.15, n.6, p.1451-1462.

LAHERMO, P.; MANNIO, J.; TARVAINEN, T. (1995). The hydro-geochemical comparison of streams and lakes in Finland. **Applied Geochemistry**, v.10, p.45-64.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. (1983). **Numerical ecology**. Amsterdam, New York, Elsevier.

- LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B. (1987). Explicações sumárias sobre a nova nomenclatura das legendas de mapas pedológicos de São Paulo. Campinas, **Boletim do Instituto Agrônomo de Campinas**, n.117.
- LETTENMAIER, D. P. (1976). Detection of trends in water quality data from records with dependent observations. **Water Resources Research**, v.12, n.5, p.1037-1046.
- LIEBETRAU, A. M. (1979). Water quality sampling: some statistical considerations. **Water Resources Research**, v.15, n.6, p.1717-1725.
- LOFTIS, J. C.; WARD, R. C. (1979). Regulatory water quality monitoring networks: statistical and economic considerations. Las Vegas. USEPA report n.EPA-600/4/79-055. USEPA.
- _____. (1980). Water quality monitoring : some practical sampling frequency considerations. **Environmental Management**, v.4, n.6, p.521-526.
- LOTSPEICH, F.B. (1980). Watersheds as the basic ecosystem: This conceptual framework provides a basis for a natural classification system. **Water Resources Bulletin**, v.16, n.4, p.581-586.
- MAIER, M. H. (1978). Considerações sobre características limnológicas de ambientes lóticos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.5, n.2, p.75-90.
- _____. (1977). **Estudo da variação sazonal das condições físicas e químicas ao longo de um trecho do rio Mogi-Guaçu - Cachoeiras de Emas, Est. de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- _____. (1983). **Geoeologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos na bacia do rio Jacaré-Pepira (SP)**. São Carlos. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos.
- MAR, B.W. et al. (1986). Data acquisition: cost effective methods for obtaining data on water quality. **Environmental Science Technology**, v.20, n.6, p.454-551.
- MARGALEF, R. (1983). **Limnologia**. Barcelona, Ediciones Omega.
- MARICATO, F.E. (1994). **Caracterização físico-química e sedimentação nas regiões de desembocadura dos rios Paranapanema e Taquari, e no**

reservatório de Jurumirim (Alto Paranapanema-SP). São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MATTOS, A. (1980). A bacia experimental . Caracterização hidrológica. In: DNAEE/EESC, **Bacia experimental do rio Jacaré-Guaçu.** Convênio, São Carlos - Escola de Engenharia de São Carlos. p.9-28.

_____. (1982). **Método de previsão de estiagem em rios perenes usando poucos dados de vazão e longas séries de precipitação.** São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MATTOS, E. (1968). **Levantamento físico-químico das águas do rio Jacaré-Guaçu (SP).** São Carlos. Trabalho de pesquisa - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MEYBECK, M.; CHAPMAN, D.V.; HELMER, P. (1989). **Global freshwater quality.** A first assessment. Oxford. World Health Organization. Blackwell.

MEYBECK, M; KIMSTACH, V.; HELMER, R. (1992). Strategies for water quality assessment. In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment.** Cambridge, University Press, p.19-50.

MONTGOMERY, H. A. C.; HART, I. C. (1974). The design of sampling programmes for rivers on effluents. **Water Pollution Control**, v.33, n.1, p.77-101.

MURAOKA, H.; HIRATA, T. (1988). Streamwater chemistry during rainfall events in a forested basin. **Journal of Hydrology**, v.102, p.235-253.

NAKANE, K. et al.(1981). Dynamics of nutrients and heavy metals in the Han river and its basin in the Korean Peninula: Dynamics of nutrients (Na, K, Mg, Ca and P). **Verh. Internat. Verein. Limnol.**, v.21, p.886-893.

NETO, M.S.S. et al. (1993). Caracterização hidrogeoquímica da bacia do rio Manso-Cuiabá, Mato Grosso. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.6, p.230-244.

NEWSOME, D.H. (1989). Management, monitoring and classification - a overview. **Aqua Fennica**, v.19, n.2, p.139-144.

NIELSON, M.A.; STEVENS, R.J.J. (1986). Determination of water quality zonation in lake Ontario using multivariate techniques. In: EL-

- SHAARAWI , A.H.; KWIATKOWSKI, R.E. (eds). **Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring**. Amsterdam, Elsevier, p.99-116.
- OLIVEIRA, H.T. (1993). **Avaliação das condições limnológicas de um compartimento (braço do rio Capivara) e sua interação com o reservatório de Barra Bonita, SP, com ênfase na comunidade fitoplancônica**. São Carlos. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H.; ALMEIDA, C. L. F. (1982). **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Descalvado**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. Escala 1:100.000. 1 mapa color.
- OLIVEIRA, M.D. (1993). **Produção primária e estrutura da comunidade fitoplancônica no reservatório do Lobo (SP): uma comparação entre fatores ecológicos na represa e seus principais tributários**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PARAGUASSU, A.B. et al. (1988). Considerações sobre o assoreamento do reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri). In: TUNDISI, J.G. (ed). **Limnologia e Manejo de Represas**. São Paulo, ACIESP, v.1, tomo 1., p.139-164.
- PAYNE, A.I. (1986). **The ecology of tropical lakes and rivers**. John Wiley & Sons, Chichester. Cap. 2: The river environment.
- PERRY, J. A.; WARD, R. C.; LOFTIS, J. C. (1984). Survey of state water quality monitoring programs. **Environmental Management**, v.8, n.1, p. 21-26.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. (1995). Bacias hidrográficas: Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, v.19, n.110, p.40-45.
- PRADO, H.; OLIVEIRA, B. J.; ALMEIDA, C. L. F. (1981). **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. Escala 1:50.000. 1 mapa color.
- PROBST, J-L. et al. (1992). Dissolved major elements exported by the Congo and the Ubangi rivers during the period 1987-1989. **Journal of Hydrology**, v.135, p.237-257.

- PROCHNOW, M.C.R. (1981). **A qualidade das águas na bacia do rio Piracicaba**. Rio Claro. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- QUIMPO, R.G.; YANG, J-Y. (1970). Sampling considerations in stream discharge and temperature measurements. **Water Resources Research**, v. 6, n.6, p.1771-1774.
- REID, G.K.; WOOD, R.D. (1976). **Ecology of inland waters and estuaries**. New York. Van Nostrand.
- RIOS, L. (1993). **Estudo limnológico e fatores ecológicos em ribeirões e córregos da bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão (Estado de São Paulo)**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RIZZI, N.E. (1993). Gestão dos recursos hídricos: texto introdutório sobre análise e classificação dos parâmetros de qualidade da água. In: BALLENSIEFER, M. **Curso de recuperação de áreas degradadas**. Curitiba. Fund. Pesq. Florestais do Paraná, 2v.
- ROMA, W. N. L.; MATTOS, A. (1983). Bacia representativa do rio Jacaré-Guaçu, SP. In: **Trabalhos apresentados pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento (EESC-USP) no Simpósio Brasileiro de Hidrologia Aplicada Recursos Hídricos**, 5, Blumenau, 1983. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos (USP). p.1-25.
- SABATER, F.; SABATER, S; ARMENGOL, J. (1990). Chemical characteristics of a Mediterranean river as influenced by land use in the watershed. **Water Research**, v.24, n.2, p.143-155.
- SANDERS, T.G. (1988). Water quality monitoring networks. In: STEPHENSON, D. **Developments in Water Science**. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., p.204-216.
- SANDERS, T. G.; ADRIAN, D. D. (1978). Sampling frequency for river quality monitoring. **Water Resources Research**, v.14, n.4, p.569-576.
- SANDERS, et al. (1987). **Design of networks for monitoring water quality**. Littleton, Colorado. Water Resources Publications.
- SANDES, M.A.L. (1990). **Flutuações de fatores ecológicos, composição e biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo no reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri, SP)**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- SANTOS, A. (1983). **Limnologia do sistema Tocantins-Araguaia : aspectos físicos e biogeoquímicos**. São Carlos. Tese (Doutorado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos.
- SANTOS, M. J. (1993). **Estudo limnológico dos córregos da Água Fria e da Água Quente**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SÃO PAULO. (1990). **Área de Proteção Ambiental - APA de Corumbataí, Botucatu, Tejupá; perímetro Corumbataí**. São Paulo. Secretari do Meio Ambiente - SEMA, ENGEA.
- _____. (1994). **Conjuntura Alimentar**. São Paulo. Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.
- SCHETAGNE, R. (1986). The use of multivariate methods in the interpretation of water quality monitoring data of a Large Northern reservoir. In: EL-SHAARAWI , A.H.; KWIATKOWSKI, R.E. (eds). **Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring**. Amsterdam, Elsevier, p.30-43.
- SÉ, J. A. S. (1992). **O rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos: um conjunto de informações para o início de um processo de pesquisas ecológicas, de educação, planejamento e gerenciamento ambientais a longo prazo**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO (1990a). **Diagnóstico Regional**. Escritório de Governo de São Carlos. Secretaria de Economia e Planejamento do Governo do Estado de São Paulo.
- _____. (1990b). **Diagnóstico Regional**. Escritório de Governo de Araraquara. Secretaria de Economia e Planejamento do Governo do Estado de São Paulo.
- _____. (1990c). **Diagnóstico Regional**. Escritório de Governo de Jaú. Secretaria de Economia e Planejamento do Governo do Estado de São Paulo.
- SILVA, J. A. (1994). Legislação ambiental. In: **Direito Ambiental Constitucional**. São Paulo, Malheiros Edit. Ltda, p.15-21.

- SIMONEAU, M. (1986). Spatial variability in the water quality of Québec rivers. In: EL-SHAARAWI , A.H.; KWIATKOWSKI, R.E. (eds). **Proceedings of the Workshop on the Statistical Aspects of Water Quality Monitoring**. Amsterdam, Elsevier, p.117-136.
- SKOULIKIDIS, N.T. (1993). Significance evaluation of factors controlling river water composition. **Environmental Geology**, v.22, p.178-185.
- SMITH, R.A.; ALEXANDER, R.B.; WOLMAN, M.G. (1987). Water quality trends in the nation's rivers. **Science**, v.235, p.1607-1615.
- SMITH. D. G.; McBRIDE, G. B. (1990). New Zealand's national water quality monitoring networks - design and first year's operation. **Water Resources Bulletin**, v.26, n.5, p.767-775.
- STATSOFT INC. (1995). **Statistica release 5**. Statistica for the Windows™ operating system. USA. Statsoft, Inc.
- STOREY, A.W.; EDWARD, D.H.D. (1989). The freshwater mussel *Westralunio carteri* Iredale, as a biological monitor of organochlorine pesticides. **Australian Journal Marine and Freshwater Research**, v.40, p.587-593.
- STRASKRABA, M. et al. (1993). Framework for investigation and evaluation of reservoir water quality in czechoslovakia In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUCAN, A. **Comparative reservoir limnology and water quality management**. Dordrecht, Kluwer Academy Publ, p.169-212.
- SZIKSZAY, M. (1973). Dados hidrogeoquímicos de rios da bacia do Paraná. **Boletim Instituto de Geociências- USP**, v.4, p.97-108.
- TEIXEIRA, D. (1993). **Caracterização limnológica dos sistemas lóticos e variação temporal e espacial de invertebrados bentônicos na bacia do Ribeirão do Feijão (São Carlos - SP)**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TOMS, R. G. (1975). Management of river water quality. In: WHITTON, B. A. **River ecology**. London, Blackell Scientific Publications, p. 538-564.
- TSIRKUNOV. V.V. et al. (1992). Analysis of long-term and seasonal river water quality changes in Latvia. **Water Research**, v.26, n.9, p.1203-1216.

- TUNDISI, J.G. (1994). Rede Nacional de Monitoramento Ambiental. Relatório IBAMA.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1977). **Environmental Monitoring**. Washington D.C. National Academy of Sciences.
- van BELLE, G.; HUGHES, J. P. (1983). Monitoring for water quality: fixed stations versus intensive surveys. **Journal Water Pollution Control Federation**, v.55, n.4, p.400-404.
- VILLELA, S.M.(1981). Plano de aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do rio Jacaré-Guaçu. São Carlos. Relatório do Convênio DNAEE/EESC-USP.
- WALLIN, T.R.; SCHAEFFER, D. (1979). Illinois redesigns its ambient water quality monitoring network. **Environmental Management**, v.3, n.4, p.313-319.
- WARD, R. C. (1979). Regulatory water quality monitoring: a systems perspective. **Water Resources Bulletin**, v.15, n.2, p.369-380.
- WARD, R. C.; LOFTIS, J. C.; McBRIDE, G. B. (1990). **Design of water quality monitoring systems**. New York, Van Nostrand Reinhold.
- _____. (1989). **Proceedings of the International Symposium on the Desing of Water Quality Information Systems**. Information Series n.6, Colorado Water Resources Research Institute, Colorado University, Fort Colins, Colorado.
- _____. (1986). The “data-rich but information-poor” syndrome in water quality monitoring. **Environmental Management**, v.10, n.3, p.291-297.
- WARD, R. C. et al. (1979). Statistical evaluation of sampling frequencies in monitoring networks. **Journal Water Pollution Control Federation**, v.55, n.4, p.440-404.
- WARRY, N.D.; HANAU, M. (1993). The use of terrestrial ecoregions as a regional-sacale screen for selecting representative references sites for water quality monitoring. **Environmental Monitoring**, v.17, n.2, p.267-276.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G.F. (1991). **Limnological analysis**. New York, Spring-Verlag.

WHITFIELD, P. H. (1988). Goals and data collection designs for water quality monitoring. **Water Resources Bulletin**, v.23, n.4, p.775-780.

_____. (1983). Regionalization of water quality in the upper Fraser river basin, British Columbia. **Water Research**, v.17, n.9, p.1053-1066.

WHITTON, B.A.; ROTT, E; FRIEDRICH, G. (1991). **Use of algae for monitoring rivers**. Austria, STUDIA.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (1978). **GEMS/Water Operational Guide**. Geneveva, WHO.

WORLD METEROLOGICAL ORGANIZATION. (1988). **Manual on water quality monitoring**. WMO operational hydrology report, n.27, Geneva, WMO Publication n.680.

YASSUDA, E.R. (1983). Experiência brasileira na gestão de recursos hídricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, Brasília, 1983. Anais. MME/DNAEE. v.1, p.36-81.