

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ECOLOGIA E RECURSOS
NATURAIS

*DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INTEGRADO E SUBSÍDIOS AO
ESTABELECIMENTO DE METAS DE QUALIDADE DA ÁGUA NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO (PE)*

ANTONIO DONIZETTI GONÇALVES DE SOUZA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências, Área de Concentração: Ecologia e Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. José Galizia Tundisi

São Carlos
2002

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S729da

Souza, Antonio Donizetti Gonçalves de.

Diagnóstico ambiental integrado e subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jaboatão (PE) / Antonio Donizetti Gonçalves de Souza. -- São Carlos : UFSCar, 2002.
174 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2002.

1. Rios ecologia. 2. Bacia hidrográfica. 3. Água – qualidade. 4. Monitoramento ambiental. 5. Planejamento ambiental. I. Título.

CDD: 574.526323 (20^a)

Dedico este trabalho a minha esposa Maria Cláudia, pois seu apoio, compreensão e carinho em todos os momentos desta tese foram fundamentais.

As atividades, trabalhos, projetos, dissertações, teses, etc, nos tomam um tempo considerável; a ternura das pessoas que realmente nos amam está em nos tirar deste "isolamento" de maneira imperceptível, causando-nos surpresa e bem estar com os momentos de maior simplicidade que a vida oferece.

AGRADECIMENTOS

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

A Sérgio Rezende, Secretário de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco durante o período desta tese, pela acolhida em Recife e importante apoio institucional ao desenvolvimento deste estudo.

A Ricardo Braga, Presidente da CPRH (Cia. Pernambucana do Meio Ambiente), pelo apoio operacional, amizade e outras oportunidades oferecidas para o meu enriquecimento técnico-científico.

A Simone Souza, Diretora de Recursos Naturais da CPRH, pela confiança técnica em vários momentos.

A Veronilton Farias, Gerente de Recursos Hídricos da CPRH, pela amizade, dicas e apoio operacional irrestrito no cotidiano desta tese.

A Maria Cândida Costa, Gerente de Laboratório da CPRH, pelas discussões iniciais das atividades de coleta e análises de água.

Aos demais amigos e colegas da CPRH pelo auxílio oferecido ao estudo, hospitalidade, carinho e amizade em minha estada em Recife: Andréia, Magdala, Ademir, Clímaco, Heleno, Marcio, Jaime, Rui Parahyba, Helder, Joana, Almerice, Denise.

Aos colegas que chegaram no mesmo momento a Recife e que junto comigo formaram o grupo de limnologia: Renato Molica, Silvia Nascimento, Fábio Aprile e Gleby.

Aos companheiros Mauro e Marc da UFRPE e projeto ORSTOM pelo convívio e amizade durante as coletas do projeto CNPq no reservatório de Tapacurá.

Aos professores do PPG-ERN pelas sugestões e críticas apresentadas no exame de qualificação: Prof. Dr. José Salatiel, Prof. Dra. Odete Rocha e Prof. Dr. Irineu Bianchini Jr.

Aos demais amigos de São Carlos pelo convívio durante a fase final deste trabalho: Arnaldo, José Américo, Glória, Sérgio, Bittar, Paulo Pamplim, William e Donato.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS E QUADROS -----	i
LISTA DE FIGURAS-----	iii
LISTA DE ABREVIATURAS-----	vi
RESUMO -----	vii
ABSTRACT-----	viii
1. INTRODUÇÃO-----	01
2. OBJETIVOS-----	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-----	04
3.1 Diagnóstico Ambiental Integrado e Qualidade da Água -----	04
3.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil -----	06
3.2.1 Classificação de Corpos Hídricos em Classes de Qualidade Segundo Uso-----	10
4. METODOLOGIA-----	15
4.1 Caracterização Geral da Área de Estudo-----	15
4.2 Diagnóstico Ambiental Integrado-----	17
4.2.1 Considerações Gerais -----	17
4.2.2 Base Cartográfica Digital -----	17
4.2.3 Meio Físico-----	18
4.2.3.1 Aspectos Geográficos Gerais-----	18
4.2.3.2 Climatologia-----	19
4.2.3.3 Geologia -----	19
4.2.3.4 Pedologia -----	19
4.2.4 Sócio-Economia -----	19
4.2.5 Uso Recursos Hídricos -----	20
4.2.6 Aspectos Legais-----	20
4.2.7 Fontes Poluídoras-----	21
4.2.8 Qualidade da Água e Sedimento -----	22
4.2.8.1 Local e Época das Coletas-----	22
4.2.8.2 Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água-----	22
4.2.8.3 Dados históricos da qualidade da água -----	26
4.2.8.4 Análise do Sedimento-----	26
4.2.8.5 Análises Estatísticas dos dados-----	27
4.3 Subsídios ao Estabelecimento de Metas de Qualidade da Água -----	28
5. RESULTADOS -----	29
5.1 Diagnóstico Ambiental Integrado-----	29
5.1.1 Meio Físico-----	29
5.1.2 Aspectos Sócio-Econômicos -----	36
5.1.3 Uso dos Recursos Hídricos -----	46
5.1.4 Aspectos Legais-----	58
5.1.5 Fontes Poluídoras-----	66

5.1.6 Qualidade da Água -----	78
5.1.6.1 Amostragens - Set/97-Fev/99 -----	78
5.1.6.2 Análises Estatísticas - set/97-fev/99 -----	91
5.1.6.3 Dados Históricos da Qualidade da Água (1986-1996) -----	97
5.1.6.4 Análises Estatísticas - Dados Históricos (1986-1996) -----	109
5.1.7 Sedimento -----	113
5.2 Subsídios ao Estabelecimento de Metas de Qualidade da Água -----	118
6. DISCUSSÃO -----	124
6.1 Diagnóstico Ambiental Integrado - Síntese -----	124
6.2 Qualidade da Água e Sedimento -----	128
6.3 Subsídios ao Estabelecimento de Metas de Qualidade da Água -----	147
7. CONCLUSÕES -----	152
8. RECOMENDAÇÕES -----	154
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	157
9. ANEXOS -----	167

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1. Visão histórica do uso da água nos países desenvolvidos e no Brasil (TUCCI, et al. 2000).-----	08
Tabela 2. Classes de uso preponderante das águas do território brasileiro segundo a Resolução 20/86 do CONAMA.-----	11
Tabela 3. Estações de amostragem para a avaliação da qualidade da água na bacia do rio Jaboatão.-----	23
Tabela 4. Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água analisadas na bacia do rio Jaboatão.-----	23
Tabela 5. Abundância dos elementos ($\mu\text{g/g}$) em vários compartimentos segundo BOWEN (1966) <i>apud</i> HAKANSON (1980).-----	27
Tabela 6. Unidades geológicas existentes na bacia em percentuais de área.-----	33
Tabela 7. Tipos de solos existentes na bacia em percentual de área.-----	35
Tabela 8. Participação percentual dos municípios da bacia quanto as suas áreas.-----	38
Tabela 9. Uso e ocupação do solo na bacia em percentual de área.-----	41
Tabela 10. População dos municípios que integram a bacia.-----	41
Tabela 11. Estabelecimentos industriais existentes nos municípios da bacia.-----	42
Tabela 12. Situação do abastecimento de água nos municípios da bacia.-----	42
Tabela 13. Situação de esgotamento sanitário nos municípios da bacia.-----	42
Tabela 14. Distribuição da estrutura fundiária existente nos municípios da bacia.-----	44
Tabela 15. Classes de rendimento mensal das populações dos municípios existentes na bacia baseados no salário mínimo.-----	44
Tabela 16. Taxa de mortalidade infantil registrada nos municípios da bacia.-----	44
Tabela 17. Distribuição do número de leitos hospitalares existentes nos municípios da bacia.-----	45
Tabela 18. Taxa de analfabetismo registrada nos municípios da bacia.-----	45
Tabela 19. Volumes médios de água retirados nas captações superficiais existentes na bacia.-----	46
Tabela 20. População efetivamente influente na bacia e consumo de água estimada para os anos 2000/2010/2020.-----	51
Tabela 21. Perdas de água na bacia registradas no abastecimento público no período de abril/96-dezembro/98.-----	51
Tabela 22. Caracterização do uso da água entre as indústrias da bacia.-----	52
Tabela 23. Estimativa da disponibilidade de água existente ao longo do rio Jaboatão com base no regime natural e artificial das vazões durante o período de estiagem. Todos os valores em L/s.-----	54
Tabela 24. Relação dos poços de captação da água existentes na bacia.-----	55
Tabela 25. Distribuição das áreas protegidas na bacia segundo legislação estadual existente.-----	61
Tabela 26. Caracterização das Reservas Ecológicas da bacia do rio Jaboatão com suas respectivas áreas segundo a Lei n° 9.989 (13/01/87).-----	61
Tabela 27. Tipo de uso de solo encontrado na área de proteção de mananciais em % de área.-----	62
Tabela 28. Tipo de uso de solo encontrado na área estuarina em % de área.-----	62
Tabela 29. Tipo de uso de solo encontrado nas reservas ecológicas em % de área.-----	62
Tabela 30. Atendimento de esgoto sanitário para a população efetiva da bacia e projeções do atendimento.-----	68
Tabela 31. Contribuição média de esgoto coletado na bacia e estimativas futuras segundo % de atendimento projetado.-----	68
Tabela 32. Cargas orgânicas de origem doméstica na bacia em KgDBO/dia.-----	68
Tabela 33. Principais indústrias existentes na bacia e tipo de poluição correspondente.-----	69
Tabela 34. Caracterização das indústrias existentes na bacia relacionadas com a poluição hídrica.-----	71
Tabela 35. Avaliação da carga orgânica industrial lançada na bacia.-----	71

Tabela 36. Hierarquização das indústrias da bacia segundo a carga poluidora potencial. -----	73
Tabela 37. Hierarquização das indústrias da bacia segundo a carga poluidora remanescente. ----	73
Tabela 38. Comparação entre cargas potenciais domésticas e industriais existentes na bacia durante o período de safra da cana.-----	75
Tabela 39. Comparação entre cargas potenciais domésticas e industriais da bacia durante o período de entressafra da cana.-----	75
Tabela 40. Fluxo de resíduos sólidos nos municípios da bacia. -----	76
Tabela 41. Quantidade de resíduos depositados no Aterro da Muribeca (1996). -----	77
Tabela 42. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-10. -----	83
Tabela 43. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-15. -----	83
Tabela 44. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-20. -----	84
Tabela 45. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-22. -----	84
Tabela 46. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-35. -----	85
Tabela 47. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-41. -----	85
Tabela 48. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-55. -----	86
Tabela 49. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-75. -----	86
Tabela 50. Bacia do rio Jaboatão - Matriz de correlação entre as variáveis registradas durante o período 1997-1999. Correlação r de Spearman: Estão representadas somente as correlações significativas, onde (*)= $p < 0,05$ e (**)= $p < 0,01$. -----	92
Tabela 51. Bacia do rio Jaboatão - Análise Fatorial: cargas fatoriais das variáveis de qualidade da água distribuídas nos fatores 1 e 2 para os valores medianos de Verão/97, Inverno/98 e Verão/98.-----	94
Tabela 52. Resultados encontrados no teste <i>Kruskal-Wallis</i> (teste H) para variáveis medidas durante o período 1997-1999. Em negrito, valores não significativos a $p < 0,05$.-----	97
Tabela 53. Bacia do rio Jaboatão - Variação da frequência de amostragem registrada no programa de monitoramento da CPRH durante o período 1986-1996. -----	98
Tabela 54. Estatística descritiva dos dados históricos da qualidade da água registrados entre 1986-1996 para as estações JB-05, JB-10 e JB-15. -----	101
Tabela 55. Estatística descritiva dos dados históricos da qualidade da água registrados entre 1986-1996 para as estações JB-20, JB-22 e JB-35. 102	
Tabela 56. Estatística descritiva dos dados históricos da qualidade da água registrados entre 1986-1996 para as estações JB-41, JB-55 e JB-75. -----	103
Tabela 57. Bacia do rio Jaboatão - Matriz de correlação entre as variáveis registradas durante o período 1986-1996. Correlação r de Spearman: Estão representados somente os valores significativos a $p < 0,01$.-----	109
Tabela 58. Bacia do rio Jaboatão - Análise Fatorial: cargas fatoriais das variáveis de qualidade da água distribuídas nos fatores 1 e 2 para os valores medianos de inverno e verão registrados no período 1986-1996.-----	111
Tabela 59. Resultados encontrados no teste <i>Kruskal-Wallis</i> (teste H) para variáveis registradas durante o período 1986-1986. Em negrito, valores não significativos a $p < 0,05$. -----	112
Tabela 60. Bacia do rio Jaboatão - Concentração de metais no sedimento ($\mu\text{g/g}$). -----	114
Tabela 61. Bacia do rio Jaboatão - Valores médios de metais no sedimento ($\mu\text{g/g}$). -----	114
Tabela 62. Fatores de enriquecimento para as estações de coleta durante o período de estudo.-----	117
Tabela 63. Enquadramento das estações de coleta segundo Decreto Estadual nº11.358/86. -----	118

Tabela 64. Comparação entre os valores medianos obtidos e o enquadramento da legislação estadual vigente (Decreto nº 11.358/86). (*)=Desconformidade. -----	118
Tabela 65. Principais problemas relacionados a qualidade da água na bacia do rio Jaboatão. ----	127
Tabela 66. Resultados comparativos obtidos em rio litorâneos de Pernambuco. Valores medianos de inverno e verão para sítio localizados na RMR. -----	130
Tabela 67. Caracterização físico-química das águas de lavagem da cana em usinas. -----	137
Tabela 68. Limites da concentração de metais em sedimentos segundo limites utilizados pela EPA (THOMAS, 1987). -----	146
Tabela 69. Comparação entre a concentração média de metais em sedimentos (µg/g) para alguns locais do Brasil. -----	147
Tabela 70. Principais elementos que visam subsidiar um projeto de gerenciamento para a bacia do rio Jaboatão.-----	154
Quadro A1. Histórico dos principais marcos legais ambientais existentes no Brasil e seu reflexo no estado de Pernambuco.-----	169
Tabela A1. Principais leis estaduais referente a proteção ambiental. -----	170
Tabela A2. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-10. -----	172
Tabela A3. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-15. -----	172
Tabela A4. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-20. -----	172
Tabela A5. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-22. -----	173
Tabela A6. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-35. -----	173
Tabela A7. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-41. -----	173
Tabela A8. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-55. -----	174
Tabela A9. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-75. -----	174

Lista de Figuras

Figura 1. Macrolocalização da bacia do rio Jaboatão no estado de Pernambuco e no Brasil. -----	16
Figura 2. Roteiro metodológico empregado para o diagnóstico da bacia do rio Jaboatão. -----	18
Figura 3. Bacia do rio Jaboatão - Localização das estações de amostragem da qualidade da água na bacia.-----	24
Figura 4. Bacia do rio Jaboatão - Registro fotográfico das estações de coleta de água. Sem escala. -----	25
Figura 5. Bacia do rio Jaboatão - Aspectos geográficos gerais da bacia. -----	30
Figura 6. Pluviometria (mm) registrada na barragem de Duas Unas durante o período de estudo (set/97 a fev/99).-----	31
Figura 7. Pluviometria (mm) registrada na estação meteorológica do Curado para os anos 1997 e 1998. Fonte: INMET.-----	31
Figura 8. Temperatura média mensal registrada na estação meteorológica do Curado para os anos 1997 e 1998. Fonte: INMET. -----	31
Figura 9. Unidades geológicas existentes na bacia do rio Jaboatão. -----	32
Figura 10. Tipos de solos existentes na bacia do rio Jaboatão. -----	34
Figura 11. Localização da bacia do rio Jaboatão na Região Metropolitana do Recife (RMR). Modificado de CONTÉCNICA (1998a). -----	37
Figura 12. Uso e ocupação do solo na bacia do rio Jaboatão.-----	39
Figura 13. Bacia do rio Jaboatão - Limites municipais e manchas urbanas da bacia. -----	40

Figura 14. Bacia do rio Jaboatão - Captações superficiais de água existentes na bacia (atuais e futuras). -----	47
Figura 15. Bacia do rio Jaboatão - Registro fotográfico das captações superficiais de água. Sem escala. -----	48
Figura 16. Diagrama unifilar do rio Jaboatão representando os volumes médios captados, retornos existentes e as disponibilidades a fio d'água baseadas nas descargas de estiagem decenal ao longo do curso d'água (L/s). Sem escala. -----	53
Figura 17. Bacia do rio Jaboatão - Captações subterrâneas de água existentes na bacia. -----	57
Figura 18. Bacia do rio Jaboatão - Áreas legalmente protegidas na bacia segundo legislação estadual referente à RMR.-----	60
Figura 19. Bacia do rio Jaboatão - Enquadramento dos corpos d'água da bacia segundo legislação estadual vigente. -----	65
Figura 20. Bacia do rio Jaboatão - Registro fotográfico de alguns impactos antrópicos na bacia. Sem escala. -----	67
Figura 21. Bacia do rio Jaboatão - Principais fontes poluidoras industriais da bacia e localização do "lixão" da Muribeca. -----	70
Figura 22. Diagrama unifilar do rio Jaboatão representando as cargas pontuais remanescente das indústrias em KgDBO/dia. -----	72
Figura 23. Bacia do rio Jaboatão - Hierarquização das cargas orgânicas industriais potenciais (KgDBO/dia) na bacia. -----	74
Figura 24. Bacia do rio Jaboatão - Hierarquização das cargas orgânicas industriais remanescentes (KgDBO/dia) na bacia. -----	74
Figura 25. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da temperatura (°C) e do pH registrada no período 1997-1999. -----	87
Figura 26. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e alcalinidade (mg/L) registrada no período 1997-1999. -----	87
Figura 27. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de Ca (mg/L) e Mg (mg/L) registrada no período 1997-1999.-----	88
Figura 28. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de K (mg/L) e Fe (mg/L) registrada no período 1997-1999.-----	88
Figura 29. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de Cl (mg/L) e Na (mg/L) registrada no período 1997-1999.-----	89
Figura 30. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$) e fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$) registrada no período 1997-1999.-----	89
Figura 31. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da saturação de oxigênio (%) e da DBO (mg/L) registrada no período 1997-1999. -----	90
Figura 32. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de sólidos totais (mg/L) e de coliformes fecais (NMP/100 ml) registrada no período 1997-1999. -----	90
Figura 33. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão/1997. -----	93
Figura 34. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de inverno/1998. -----	93
Figura 35. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão/1998. -----	93
Figura 36. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no verão/97. -----	96
Figura 37. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no inverno/98. -----	96
Figura 38. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no verão/98. -----	96
Figura 39. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da temperatura (°C) e do pH registrada no período 1986-1996. -----	104
Figura 40. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e cloreto (mg/L) registrada no período 1986-1996. -----	104

Figura 41. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da saturação de oxigênio (%) e da DBO (mg/L) registrada no período 1986-1996.	105
Figura 42. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de nitrato ($\mu\text{g/L}$) e fósforo total ($\mu\text{g/L}$) registrada no período 1986-1996.	105
Figura 43. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de sólidos totais (mg/L) e de coliformes fecais (NMP/100 ml) registrada no período 1986-1996.	106
Figura 44. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-10 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.	107
Figura 45. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-15 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.	107
Figura 46. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-20 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.	108
Figura 47. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-35 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.	108
Figura 48. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de inverno registrados no período de 1986-1996.	110
Figura 49. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão registrados no período de 1986-1996.	110
Figura 50. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos de inverno registrados no período 1986-1996.	111
Figura 51. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos de verão registrados no período 1986-1996.	112
Figura 52. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Ferro ($\mu\text{g/g}$) e Manganês ($\mu\text{g/g}$) no sedimento.	115
Figura 53. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Cobre ($\mu\text{g/g}$) e Cádmiio ($\mu\text{g/g}$) no sedimento.	115
Figura 54. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Chumbo ($\mu\text{g/g}$) e Níquel ($\mu\text{g/g}$) no sedimento.	116
Figura 55. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Zinco ($\mu\text{g/g}$) e Cromo ($\mu\text{g/g}$) no sedimento.	116
Figura 56. Comparação entre os valores medianos obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis turbidez e pH.	121
Figura 57. Comparação entre os valores medianos obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis cloreto e coliformes fecais.	121
Figura 58. Comparação entre os valores medianos obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis oxigênio dissolvido e DBO.	122
Figura 59. Comparação entre os valores medianos obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis nitrato e fósforo total.	122
Figura 60. Bacia do rio Jaboatão - Grupos de corpos d'água segundo condicionantes de usos. ---	123
Figura 61. Modelo de degradação ambiental em sistemas aquáticos resultantes de atividades econômicas (modificado de MEYBECK & HELMER, 1992).	125
Figura 62. Modelo conceitual aplicado na bacia do rio Jaboatão visando subsidiar propostas ao estabelecimento de metas de qualidade da água segundo as classes da resolução CONAMA 20/86.	151
Figura A1. Fluxograma institucional do modelo de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil segundo BARTH (2001).	168

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRH: Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ANA: Agência Nacional de Águas

CETESB: Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

COMPESA: Companhia Pernambucana de Saneamento

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRH: Companhia Pernambucana do Meio Ambiente

DNAEE: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

DNPM: Departamento Nacional da Produção Mineral

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FIDEM: Fundação de Desenvolvimento da Metropolitana do Recife

GPS: Global Positioning System

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

PNMA: Política Nacional do Meio Ambiente

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

RMR: Região Metropolitana do Recife

SECTMA: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente

SNGRH: Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SUDENE: Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

RESUMO

O objetivo fundamental deste estudo foi realizar o diagnóstico ambiental integrado em uma bacia densamente urbanizada e industrializada, a bacia do rio Jaboatão (PE), e fornecer subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade da água segundo a classificação vigente no país, resolução CONAMA 20/86. Foram realizadas coletas mensais de água durante o período de setembro/97 a fevereiro/99 em oito estações de amostragem. As seguintes variáveis foram medidas: temperatura, turbidez, pH, condutividade, alcalinidade, cloreto, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, nitrato, fósforo total, sólidos totais, Ca, Mg, Na, K e Fe. O sedimento foi coletado em quatro sítios sendo analisados os metais: Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn. Os dados históricos do monitoramento da qualidade da água do período de 1986-96 foram também recuperados e analisados. Para o diagnóstico ambiental foram produzidas cartas temáticas referente a hidrografia, limites municipais, rodovias, geologia, pedologia, uso do solo e áreas legalmente protegidas, além do mapeamento das captações superficiais, subterrâneas e das fontes poluidoras industriais. Tendo como base as cartas das áreas protegidas e do uso do solo, captações de água e fontes poluidoras industriais foram determinadas, de forma sintética, regiões na bacia e sugeridas metas a serem atingidas segundo as características destas regiões. Os corpos d'água foram divididos em grupos e para cada grupo foi definido um conjunto de prioridades e propostas de enquadramento segundo a classificação da resolução CONAMA 20/86. Os resultados demonstraram um alto grau de degradação ambiental na bacia. Os sítios amostrados apresentaram, em praticamente todo o período de estudo, o comprometimento de qualidade da água devido as influências antrópicas (efluentes domésticos e industriais), sobretudo no período de verão (estiagem). As variáveis mais críticas para o enquadramento foram o oxigênio dissolvido, coliformes fecais e fósforo total. O sedimento analisado indicou níveis de contaminação para os metais Cd e Pb. A abordagem empregada poder ser utilizada com subsídio ao processo de discussão entre os atores envolvidos no gerenciamento (órgãos públicos, usuários, comitê de bacia, sociedade civil, etc) tendo como objetivo final o planejamento e efetivas ações voltadas para proteção e recuperação da bacia.

ABSTRACT

The main subject of the present work was to realize integrate environmental study in the Jaboatão River, a densely urbanized and industrialized basin, and to offer subsidies to the establishment of water quality goals. Eight sampling points were established and was sampling monthly during period from September/97 to February/99. The following variables were analyzed: temperature, pH, turbidity, conductivity, chlorine, alkalinity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, fecal coliforms, nitrate, total phosphorus, total solids, Ca, Mg, Na, K and Fe. The sediments were collected at four sites being analyzed the metals Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni and Zn. Water quality historical data (1986-1996) were also recovered and analyzed. The following thematic maps were produced: land uses, legal protection, hydrography, municipal limits, geology, soils, water withdrawals and industrial sources of pollution. Based on maps of the legal protection areas, water withdrawals and industries, regions with water uses restrictions were delimited. Within these regions groups of water bodies were established using guidelines for protection and recovery and proposing water quality classes based on CONAMA resolution 20/86. The results demonstrate a condition of environmental degradation as attested to by several water quality variables analyzed. In the stations representing urbanized areas, the worst water quality conditions were found, especially in the summer period, resulting from industrial and domestic effluents. The critical variables were dissolved oxygen, fecal coliformes, and total phosphorus, placed the area within class 3 and 4 according CONAMA resolution 20/86. Water use regulation was proposed as a useful tool in beginning discussing of water quality goals according classification system proposed by the CONAMA resolution 20/86. The approach presented in this study can be used as a subsidy by public agencies, stakeholders and citizens responsible for establishing guidelines and effective measures for watershed protection and recovery.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana vem a cada dia aumentando a demanda por recursos naturais. A utilização destes recursos de forma irracional e descontrolada ocasiona sérios danos aos ecossistemas.

A água, dentro deste contexto, é um recurso irremediavelmente necessário a toda forma de vida do planeta, o uso racional e planejado garante sua existência com qualidade satisfatória às gerações futuras. O ser humano desenvolve atividades que têm grande impacto sobre a natureza dos ecossistemas aquáticos incluindo a urbanização, o desmatamento, a irrigação, a construção de represas, os despejos pontuais e não pontuais de efluentes domésticos, industriais, produtos agrotóxicos, fertilizantes, entre outros.

A crescente demanda de água e progressiva deterioração de sua qualidade tem despertado a necessidade do desenvolvimento de ações integradas de planejamento e gerenciamento deste recurso que visem a diminuição dos conflitos de uso.

Desta forma, a realização de diagnósticos ambientais que tenham como elemento integrador a qualidade da água em bacias hidrográficas assume um papel norteador tanto para o estudos dos processos e geração de conhecimentos como para subsidiar os instrumentos de gestão.

Quanto aos instrumentos de gestão relacionados à qualidade da água, a classificação e o enquadramento dos corpos d'água em classes de qualidade segundo seus usos preponderantes se apresenta como o elo de ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos.

De fato, no Brasil, a Lei Federal 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) declara dentre seus instrumentos, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, que no caso da água foi regulamentado através da resolução nº 20/86 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Esta resolução classifica as águas do território nacional em classes de qualidade sendo a base para o enquadramento dos corpos hídricos. Por outro lado o enquadramento também é um dos instrumentos preconizados na Lei Federal 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos). Portanto, a necessidade da integração entre a gestão ambiental e de recursos hídricos encontra neste instrumento um forte aliado.

Nas grandes cidades brasileiras, sobretudo em regiões metropolitanas, face ao grau de adensamento populacional e industrial, a quantidade e a qualidade da água são preocupantes e é notória a importância do planejamento e diminuição de impactos sobre os corpos hídricos. Dentre estas regiões, a Região Metropolitana do Recife (RMR) merece destaque, pois o grau de urbanização desenfreada, elevada demanda com conseqüente degradação dos corpos hídricos já atingem níveis críticos. Existe um déficit de água de

qualidade para abastecimento e elevado grau de impactos pontuais (esgotos domésticos/industriais) e difusos. No litoral pernambucano existem 14 bacias hidrográficas, dentre elas a bacia do rio Jaboatão que reflete os níveis de degradação expostos acima e que ainda não se encontra enquadrada legalmente nos padrões preconizados na resolução 20/86 do CONAMA.

O presente trabalho teve como hipótese principal que as influências do uso e ocupação do solo, bem como as condições sócio-econômicas de uma bacia hidrográfica degradam a qualidade da água, tornando este recurso inadequado para usos múltiplos.

Desta forma, esta tese teve como diretriz básica a realização de um estudo na bacia do rio Jaboatão (PE) utilizando uma abordagem integradora entre os elementos de diagnóstico ambiental e avaliação da qualidade da água no seu aspecto atual e histórico. O estudo visou fornecer subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade da água na bacia enfocando a necessidade da conciliação entre a gestão ambiental e a de recursos hídricos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

O objetivo fundamental deste estudo foi realizar o diagnóstico ambiental integrado na bacia hidrográfica do rio Jaboatão (PE) tendo como tema base a qualidade da água visando subsidiar o planejamento e fornecimento de diretrizes ao gerenciamento da bacia.

2.1 Objetivos Específicos:

- Análise da qualidade da água considerando os aspectos atuais e históricos, bem como as variações espaço/temporais e sua inter-relação com o uso e ocupação da bacia;
- Avaliação química dos sedimentos quanto a contaminação ambiental de metais pesados e sua relação com as atividades humanas existentes na bacia;
- Fornecimento de subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade aos corpos d'água da bacia segundo as classes de qualidade da resolução CONAMA 20/86.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Diagnóstico Ambiental Integrado e Qualidade da Água

O entendimento do comportamento dos corpos hídricos nos aspectos qualitativo tem elevada importância no estabelecimento de metas para o planejamento regional e na adoção de medidas de gerenciamento. A sociedade humana utiliza a água sob várias formas e estes usos requerem diferentes requisitos de qualidade que muitas vezes são conflitantes. A quantidade de água pode ser suficiente, contudo sua qualidade é inadequada para determinados usos. Por exemplo, a utilização de água para abastecimento humano e assimilação de resíduos.

Para BRANCO (1991a), 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.

A complexidade dos processos relacionados ao ciclo hidrológico aliado a ações antrópicas interferentes, faz com que a bacia hidrográfica seja adotada como unidade de estudo, planejamento e gerenciamento integrado dos recursos. Vários autores destacam a importância do emprego deste tipo de abordagem.

Segundo PETERS & MEYBECK (2000) a qualidade da água reflete o efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água. As atividades humanas sob todas as escalas espaciais afetam tanto a qualidade como a quantidade de água.

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 e uma unidade planejamento, é particularmente necessário, pois ela contém fatores indispensáveis ao manejo integrado (GOWER, 1980; HUFSCHMIDT & McCAULEY, 1991).

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

Para ROCHA et al. (2000), o uso da bacia hidrográfica como unidade de planejamento nas investigações e no gerenciamento dos recursos hídricos originou-se da percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos, trocam matéria e energia entre si e, com os ecossistemas terrestres adjacentes, sofrem alterações de

diferentes tipos em virtude dos usos do solo e das atividades antropogênicas nele desenvolvidas. No caso de sistemas lóticos interligados, como as redes de drenagem, as trocas são realizadas de acordo com o gradiente fisiográfico característico da bacia.

Na adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo, a fase do diagnóstico ambiental assume elevada importância, pois é nesta etapa que é identificada a dinâmica ambiental atual da área, os processos relacionados, os principais problemas e os conflitos de uso da água.

Para PIRES & SANTOS (op.cit.), o diagnóstico ambiental pode ser dividido em três atividades distintas: a) Levantamento de informações sobre o meio ambiente físico e biológico; b) Levantamento de áreas críticas; c) Análise das informações e classificação das unidades geográficas segundo a capacidade de absorver os diversos usos, considerando suas restrições.

Existem na literatura vários exemplos da realização de diagnósticos ambientais em bacias hidrográficas que tem como tema básico a qualidade da água e com diferentes abordagens metodológicas.

Dentro do aspecto metodológico, LOTSPEICH & PLATTS (1982), destacam a importância de um diagnóstico do sistema terrestre integrado ao sistema aquático para subsidiar o planejamento regional.

ASMUS et al. (1994), discutem uma abordagem metodológica para a caracterização e diagnóstico de bacias hidrográficas visando, sobretudo, consolidar estudos ambientais globais e integrados em regiões litorâneas do país.

WILS et al. (1994), destacam um método relativamente simples de avaliação de bacias, no qual são estabelecidas áreas prioritárias de recuperação dos cursos d'água, apresentando a vantagem de ser executável por equipes pequenas em curto espaço de tempo.

STEINER (1991), reporta um enfoque metodológico que abrange 11 etapas objetivando o planejamento da paisagem. O autor indica a importância do estudo a nível de bacia hidrográfica e a necessidade de um inventário para o diagnóstico, tanto a nível local como regional, ou seja, uma análise mais global da área de estudo para o programa do plano a ser implementado.

SALATI (1996), realizou um diagnóstico ambiental sintético na bacia do rio Corumbataí, onde vários elementos foram identificados e relacionados, em última instância, com a qualidade da água.

No Brasil e especificamente em regiões metropolitanas, onde existe uma complexidade de fatores e elevado grau de impactos sobre os corpos hídricos, também é crescente os estudos de diagnósticos e projetos de recuperação da qualidade da água nas

bacias existentes. Estes estudos são relatados em VON SPERLING & COSTA (1997) e BITTENCOURT et al. (1997) para a Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG), CASTRO et al. (1997) para Região Metropolitana de Fortaleza (CE) e ALONSO (1996) para a Região Metropolitana de São Paulo, rio Tietê.

Para VIANA & MARTINS (1987) o inventário de dados, realizado na fase inicial do diagnóstico, deve ser feito em estágios crescentes de interesse, não se tratando, desta forma, de um trabalho de pesquisa simples, onde determinado tema é visto indefinidamente, sem o compromisso com os seus resultados práticos.

A maneira de se articular as informações com seus resultados assume grande importância uma vez que isso permitirá uma melhor análise e equacionamento das questões apresentadas: conflitos de uso, potencialidades da área, aplicação de instrumentos de gestão, etc.

Segundo SOMLYÓDY et al. (2001), a abordagem integrada para questões relacionadas aos recursos hídricos não tem sido muito desenvolvida entre os especialistas da área. O que ocorre é uma desintegração na maior parte dos componentes do ciclo hidrológico, sendo a água, solo e ar tratados, geralmente, separadamente. Para o autor isto tende a criar um "gap mental" nos profissionais que tratam destes temas.

É importante enfatizar a necessidade de estudos nesta linha que produzam conhecimentos para o entendimento global de bacias hidrográficas, como também para o estabelecimento de padrões metodológicos regionais. Estes estudos, onde a qualidade da água é o elemento integrador para a análise sistêmica, têm elevada importância como subsídio à tomada de decisões dentro do processo de gerenciamento da área.

3.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

Para uma definição da gestão das águas, LANNA (1999) faz uma relação desta com a gestão ambiental e considera a gestão das águas como uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos.

Segundo BARTH (1987), a gestão de recursos hídricos exige esforços de coordenação multidisciplinar e intersetorial como consequência dos atributos e das peculiaridades do recurso que se pretende gerir. Esta gestão realiza-se mediante procedimentos integrados de planejamento e de administração. O planejamento visa a avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades e sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais. A administração é o conjunto de ações necessárias

para tornar efetivo o planejamento com os devidos suportes técnicos, jurídicos e administrativos e também instrumento de permanente revisão do plano.

Para TUCCI et al. (2000), o desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos em países em desenvolvimento, como o Brasil, passou por estágios semelhantes aos dos países desenvolvidos, mas em períodos diferentes (Tabela 1). Atualmente o país passa por um cenário de transição institucional com a privatização dos serviços públicos e pela regulamentação da legislação referente a esta questão.

Historicamente, no Brasil o primeiro marco legal relacionado ao gerenciamento dos recursos hídricos foi estabelecido em 1934 através do Código de Águas (Decreto nº 24.643 de 10/07/34). Este código estabeleceu as diretrizes, disciplinando o uso da água e outorgou poderes à administração pública para controlar e incentivar o seu aproveitamento racional. Muitos de seus artigos não foram regulamentados e houve o predomínio de regulamentações voltadas ao setor hidrelétrico brasileiro. Deste modo o código serviu de suporte ao desenvolvimento energético no país.

Neste contexto, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), se apresentou como um órgão centralizador voltado para a utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais e estaduais. Esta entidade inicialmente tinha a incumbência de promover e desenvolver a produção de energia elétrica no país e de assegurar o cumprimento do Código de 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.

Atualmente tem-se discutido muito a questão da gestão dos recursos hídricos sob o ponto de vista dos usos múltiplos da água e com uma concepção de harmonia entre o poder público, usuários e a sociedade civil em geral. Esta discussão é fruto de um processo histórico que tem seu marco na aprovação, em 08 de janeiro de 1997, da Lei Federal 9.433 a qual estabeleceu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A Lei 9.433/97 apresenta os seguintes instrumentos para o gerenciamento dos recursos hídricos: a) os planos de recursos hídricos; b) o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes; c) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; d) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e) o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos.

Tabela 1. Visão histórica do uso da água nos países desenvolvidos e no Brasil (TUCCI, et al. 2000).

Período	Países Desenvolvidos	Brasil
1945-60 Pouca Preocupação Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Uso dos recursos hídricos: abastecimento, navegação, energia, etc. - Qualidade da água dos rios; - Medidas estruturais de controle de enchentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inventário dos recursos hídricos; - Início dos empreendimentos hidrelétricos e projetos de grandes sistemas.
1960-70 Início Pressão Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Controle de efluentes; - Medidas não estruturais de controle de enchentes; - Legislação para qualidade da água de rios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Início da construção de grandes empreendimentos hidrelétricos; - Deterioração da qualidade da água de rios e lagos próximos a centros urbanos.
1970-80 Controle Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Usos múltiplos; - Contaminação de aquíferos; - Deterioração ambiental de grades áreas metropolitanas; - Controle na fonte de drenagem urbana; - Controle da poluição doméstica e industrial; - Legislação ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ênfase em hidrelétricas e abastecimento de água; - Início da pressão ambiental; - Deterioração da qualidade da água dos rios devido o aumento da produção industrial e concentração urbana.
1980-90 Interações do Ambiente Global	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos climáticos globais; - Preocupação com conservação das florestas; - Prevenção de desastres; - Fontes pontuais e não pontuais; - Poluição rural; - Controle de impactos da urbanização sobre o ambiente; - Contaminação de aquíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do investimento em hidrelétricas devido à crise fiscal e econômica; - Piora das condições urbanas: enchentes, qualidade da água; - Fortes impactos das secas do Nordeste; - Aumento de investimentos em irrigação; - Legislação ambiental.
1990-2000 Desenvolvimento Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento sustentável; - Aumento do conhecimento ambiental relacionado as atividades humanas; - Controle ambiental de metrópoles; - Pressão para controle de emissão de gases, preservação da camada de Ozônio; - Controle da contaminação de aquíferos das fontes não pontuais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Legislação de recursos hídricos; - Investimento no controle sanitário de grandes cidades; - Aumento dos impactos de enchentes urbanas; - Programas de conservação dos biomas nacionais: Amazônia, Pantanal, Cerrado e Costeiro; - Início da privatização dos serviços de energia e saneamento.
2000- Ênfase na Água	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento da visão mundial da água; - Uso integrado dos recursos hídricos; - Melhora da qualidade da água de fontes não pontuais: rural e urbana; - Busca de soluções para conflitos transfronteiriços; - Desenvolvimento do gerenciamento dos recursos hídricos dentro de bases sustentáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avanço do desenvolvimento dos aspectos institucionais da água; - Privatização do setor energético; - Aumento de usinas térmicas para produção de energia; - Privatização do setor de saneamento; - Aumento da disponibilidade de água no Nordeste; - Desenvolvimento de planos de drenagem urbana para cidades.

O Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH) corresponde ao arranjo institucional e aos atores envolvidos na missão da implantação da política. Fazem parte do Sistema os seguintes organismos: i) o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; ii) os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; iii) os Comitês de Bacia Hidrográfica; iv) os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos; vi) as Agências de Água.

Das entidades acima, merece destaque os comitês de bacia que são órgãos colegiados integrados por representantes governamentais (União, Estados, Distrito Federal e municípios), usuários da água e entidades civis.

Segundo KETTELHUT et al. (1998) o comitê de bacia constitui-se em um "parlamento das águas", sendo uma entidade de caráter descentralizada, participativa e democrática, onde a sociedade civil e os usuários dos recursos hídricos têm um papel importante nas decisões tomadas. Cada comitê ou grupo de comitês poderá ser assistido administrativa e tecnicamente, por uma agência de água, que servirá como "braço técnico" do comitê.

Mais recentemente (julho/2000) foi promulgada a Lei Federal 9.984 que criou a Agência Nacional de Águas (ANA). Esta entidade também integra o SNGRH e será responsável pela implementação da PNRH no país. A ANA terá um importante papel de órgão executivo do SNGRH. Um possível arranjo institucional das entidades relacionadas à gestão dos recursos hídricos pode ser encontrado na Figura A1 (ANEXOS), segundo BARTH (2001).

A gestão da água no Brasil se constitui em um desafio da sociedade brasileira que deve levar em conta os vários fatores relacionados com as condições sociais e econômicas do país.

A Lei 9.433/97 vem sendo implementada em nível nacional e também estadual, pois cerca de 20 estados brasileiros já dispõe de leis estaduais correspondentes similares a Lei Federal. Há vários desafios para a implementação do modelo proposto nesta Lei. BARTH (1999) reporta que os principais dizem respeito à reforma do Estado e à capacitação de recursos humanos. Isto por que o sistema proposto é avançado e complexo devido seu caráter integrado, descentralizado e participativo. LUCHINI (1999) seleciona como principais aspectos referentes a implementação deste modelo: a ampliação e mudança da base institucional de decisão, a integração das entidades de recursos hídricos, a capacitação institucional e técnica, a mobilização social e a descentralização dos recursos financeiros.

Aliado a estes desafios pode-se acrescentar a necessidade de integração entre a gestão ambiental com a de recursos hídricos, está última já estabelecida legalmente há 20 anos pela Lei 6.938/81. Esta necessidade provem do fato que a água é um recurso ambiental e a Lei das Águas deve ser implementada de forma a auxiliar o processo de gestão ambiental como um todo, ou seja, otimizando e/ou rompendo barreiras institucionais e aproximando o conhecimento técnico da base de decisões políticas e sociais.

3.2.1 Classificação de Corpos Hídricos em Classes de Qualidade Segundo Usos

Muitos países têm adotado sistemas de classificação de seus corpos d'água que estabelecem classes de qualidade segundo os usos pretendidos. Exemplos destes sistemas podem ser encontrados em NATIONAL RIVERS AUTHORITY (NRA, 1994) para a Inglaterra e AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL (ANZECC, 1992).

HART et al. (1999) colocam que inicialmente os sistemas de classificação tinham como foco a qualidade da água para usos direcionados ao abastecimento doméstico, industrial, agricultura e recreação. Entretanto, mais recentemente o enfoque tem-se direcionado para a proteção dos ecossistemas. Isto se deu pela introdução de aspectos quantitativos de indicadores biológicos, tais como, riqueza de espécies, composição, produção primária, etc, ou seja, os sistemas hoje tendem a não considerar apenas valores de referência das variáveis físicas e químicas da água.

Vários estudos tem sido desenvolvidos utilizando este tipo de abordagem e auxiliam, de certa forma, a melhoria nos sistemas de classificação. Entre estes estudos merecem destaque os que tratam do estabelecimento de indicadores para determinação das "saúde" dos sistemas lóticos, tais como CHAPMAN, P.M. (1992), RAPPORT (1989), NORRIS & THOMS (1999) e MADDOCK (1999).

No que se refere ao Brasil, em 15/07/76 foi publicada a primeira norma legal direcionada a classificação das águas, através da portaria GM 013 do Ministério do Interior, que classificava as águas do território nacional em quatro classes. Esta portaria foi revogada em 18/06/86 pela resolução nº 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 segundo os possíveis usos.

A resolução CONAMA 20/86 utiliza as seguintes definições importantes:

- a) Classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade);
- b) Enquadramento: estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo;
- c) Condição: qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento num determinado momento em termos dos usos possíveis com segurança adequada;
- d) Efetivação do Enquadramento: conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento em correspondência com a sua classe.

As águas foram classificadas em nove classes: águas doces (salinidade < 0,05‰, classes Especial, 1 a 4); águas salobras (salinidade entre 0,05-30‰, classes 7 e 8) e águas salinas (salinidade > 30‰, classes 5 e 6). A Tabela 2 identifica os usos preponderantes de

cada classe. Não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida.

Tabela 2. Classes de uso preponderante das águas do território brasileiro segundo a resolução 20/86 do CONAMA.

USOS PREPONDERANTES		Classes								
		E	1	2	3	4	5	6	7	8
Abastecimento Doméstico	Sem prévia ou com simples desinfecção	■								
	Após tratamento simplificado		■							
	Após tratamento convencional			■	■					
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		■								
Proteção às comunidades aquáticas			■	■			■		■	
Harmonia paisagística						■		■		■
Recreação	contato primário (natação, esqui, mergulho)		■	■			■		■	
	contato secundário							■		■
Irrigação	hortaliças consumidas cruas e frutas sem remoção da película		■							
	hortaliças e plantas frutíferas			■						
	culturas arbóreas, cerealíferas				■					
Criação natural e/ou extensiva (aquicultura) de sp p/ alimentação humana			■	■			■		■	
Dessedentação de animais					■					
Navegação	Em geral					■				
	Comercial							■		■
Usos menos exigentes						■				

A resolução CONAMA 20/86 estabeleceu padrões a serem respeitados segundo os usos de cada classe. Aqui cabe fazer uma distinção importante entre *padrões* e *critérios*.

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT,1987), os padrões de qualidade da água são constituídos por um conjunto de parâmetros e respectivos limites, como por exemplo, concentrações de poluentes. As concentrações são geralmente expressas em mg/L ou µg/L.

Para PORTO (1991), os padrões são valores-limite estabelecidos em lei para serem atendidos segundo um uso específico. Os critérios são valores estabelecidos cientificamente, que associam concentrações ou níveis dos parâmetros a efeitos no ambiente e na saúde humana. Para a obtenção dos critérios, geralmente, utilizam-se diversos conhecimentos de toxicologia aquática.

Os padrões de qualidade da água apresentam basicamente dois propósitos (PORTO, op. cit.): i) manter a qualidade do curso d'água ou definir uma meta a ser atingida; ii) ser a base para definição dos níveis de tratamento a serem adotados na bacia hidrográfica de modo que os efluentes lançados não alterem as características do corpo hídrico, estabelecidas pelo padrão.

Os objetivos dos padrões mencionados acima vão de encontro a uma visão mais ampla da resolução CONAMA 20/86, colocando-a como importante instrumento de gerenciamento.

Segundo BARTH (1999), o enquadramento dos corpos d'água em classes de qualidade pode ser visto como uma meta a ser alcançada ao longo do tempo mediante um

conjunto de medidas necessárias, entre as quais, por exemplo, programas de investimento para recuperação do curso d'água.

Devido as conseqüências econômicas, sociais e ambientais do enquadramento, segundo LANNA (1999), há a necessidade de que ele seja resultado de um processo de planejamento da bacia que compartilhe a oferta com as demandas dos recursos hídricos e dos demais recursos ambientais cujo uso afete a qualidade das águas.

Uma das diretrizes fundamentais deste processo é que o enquadramento do corpo d'água não deve estar baseado no seu estado atual, mas nos "níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade". Este conceito reforça a tese de que o enquadramento é uma meta a ser atingida e deve estar estabelecida dentro de um contexto de amplo planejamento da bacia. Além disto destaca-se a importância do processo ser transparente e contar com a participação da sociedade para sua efetivação.

O processo de enquadramento deve ser elaborado de maneira participativa e descentralizado, estabelecendo metas de qualidade para os corpos hídricos da bacia. É um pacto firmado entre todos os usuários e suas metas somente poderão ser alcançadas quando houver compreensão da necessidade de enquadrar corpos de água e das conseqüências socioeconômicas e ambientais. O processo se efetua no âmbito da bacia hidrográfica onde o Comitê de Bacia Hidrográfica é o fórum de discussão e aprovação do enquadramento.

No contexto da gestão preconizada nas Leis 9.433/97 (PNRH) e 6.938/81 (PNMA), o enquadramento tem papel relevante ao ser o elo de ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade da água, pois ele fornece subsídio para o licenciamento ambiental, outorga, cobrança e execução do plano da bacia.

No âmbito da PNMA, o enquadramento se coloca como uma regulamentação do primeiro instrumento com relação ao recurso água: o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental. Já para a PNRH, o enquadramento é colocado como instrumento de gestão ao lado dos planos de recursos hídricos, outorga, cobrança e sistema de informação.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) aprovou em 19/07/2000 uma resolução específica tratando do tema enquadramento (resolução CNRH 12/2000). Esta resolução não altera os dispositivos preconizados pela CONAMA 20/86, apenas estabelece os procedimentos para a realização deste enquadramento no âmbito do SNGRH a nível de orientação às agência de bacia, comitês e aos planos de bacia.

É importante salientar que a resolução CONAMA 20/86, desde sua publicação tem despertado críticas em diversos de seus aspectos.

Para SOUZA (2000), com o estabelecimento dos padrões de qualidade e de emissão como é o caso da CONAMA 20/86, fica possível determinar na prática, o significado do termo poluição. Por exemplo, a partir dos usos desejados da água e requeridos pela sociedade,

estabelece-se o padrão de qualidade que reflete, por sua vez, a permissividade do corpo d'água. Desta forma, continua o autor, uma classificação menos exigente admitiria mais atividades por exigir um padrão menor. A poluição, dentro deste contexto, fica caracterizada a partir deste padrão mínimo estabelecido em norma e não em apenas por uma situação ambiental real que esteja ocorrendo. Isto tem sérias complicações, sobretudo quanto a classe 4 da resolução.

VON SPERLING (1998) critica o fato da resolução estabelecer os padrões de lançamentos apenas em termos de concentração e não de carga, o que implica que seja tratado da mesma maneira, o pequeno e grande poluidor (baixas e altas vazões respectivamente). Para o autor esta abordagem poderia se justificar se fossem efetuados estudos de modelagem matemática da qualidade da água dos corpos d'água, no entanto, na prática isto não ocorre para a ampla gama de poluentes.

NASCIMENTO (1998) realizou interessante comparação entre os padrões da resolução CONAMA 20/86 e os critérios científicos existentes no Canadá, Estados Unidos e os da OMS (Organização Mundial da Saúde). Foram comparados os critérios relativos a preservação da vida aquática, saúde humana e saúde animal. Vários padrões da resolução brasileira encontram-se em desacordo com estes critérios, o que evoca a necessidade de revisão e estudos mais aprofundados para adequar os limites de determinadas variáveis ao uso pretendido.

Segundo PEREIRA & LANNA (1998), a resolução foi aprovada em época que achavam-se muito pouco desenvolvidos os estudos sobre recuperação ambiental no país. Além disto, para fins de planejamento ambiental, a norma é muito inflexível, devido ao número reduzido de classes para qualquer tipo de água (doce, salobra e salina).

Segundo BRANCO (1991b) as classes 1, 2 e 3 são definidas por extensas listas de parâmetros analíticos impossíveis de serem verificados em todo território nacional. Este mesmo aspecto é colocado por VON SPERLING (1998) acrescentando que os valores *background* de diversos rios já se aproximam dos padrões de alguns parâmetros das lista.

Para ao estabelecimento do enquadramento dos corpos d'água em classes de usos, de forma geral, não existe uma metodologia específica. É altamente recomendável que os estudos técnicos sejam consubstanciados pela discussão com a comunidade da bacia, desde sua fase inicial até a escolha entre as alternativas resultantes dos estudos.

No tocante a aspectos metodológicos, existem vários exemplos na literatura sobre possíveis procedimentos a serem aplicados para estudos de enquadramento. Há também estudos de caso que auxiliam o estabelecimento da abordagem a ser empregada. Esta abordagem, entretanto não necessita ser fixa e padronizada, mas sim dinâmica e pode mesclar vários aspectos de outras já utilizadas. A principal dificuldade destes estudos reside

na ausência de dados e/ou o seu custo para adquiri-los de forma satisfatória, o que explica, em parte, os diferentes enfoques existentes.

GUAZELLI et al. (1991) discutem alguns aspectos práticos a serem considerados no processo de enquadramento, os quais são baseados na experiência desenvolvida no estado de São Paulo pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB).

Uma interessante abordagem metodológica é enfatizada por MACIEL JR (2000), onde é feita uma relação comparativa entre o zoneamento ambiental (instrumento preconizado na PNMA, lei 6.938/81) e o enquadramento. Para o autor, sendo a unidade territorial do enquadramento a bacia hidrográfica, pode-se dividir os corpos d'água em diversos trechos. Os trechos são divididos conforme os usos preponderantes e estes, por sua vez, definem a classe de qualidade da água que o mesmo deve possuir. Desta forma estes trechos podem ser comparados às zonas (unidades ambientais) e as classes de qualidade às diretrizes e normas que ordenam os usos, incentivando-os ou limitando-os. Com base nesta equivalência, defini-se o enquadramento como sendo o "zoneamento das águas".

A resolução 12/2000 do CNRH indica os procedimentos e tópicos a serem contemplados para os estudos e implementação do enquadramento nas bacias do país. Este documento coloca o enquadramento dentro de um contexto mais amplo e claramente o situa como peça chave nos planos de bacia.

Os estudos de caso referente a implementação do enquadramento dos corpos d'água no Brasil são cada vez mais freqüentes. HAASE et al. (1998) relatam a experiência desenvolvida em diversas bacias no Rio Grande do Sul com ênfase na participação da sociedade no processo de enquadramento destacando a importância deste aspecto. No estado do Mato Grosso de Sul, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente elaborou estudo e o enquadramento dos corpos d'água da bacia do Alto Paraguai (MATO GROSSO DO SUL, 1995). Na bacia do rio Piracicaba (SP), foi realizado um estudo baseado em amplo diagnóstico e modelagem matemática, fornecendo propostas para o processo de re-enquadramento segundo a resolução 20/86 do CONAMA (SÃO PAULO, 1994).

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização Geral da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Jaboatão localiza-se na região leste do Estado de Pernambuco, entre os paralelos 8°00' e 8°14' de latitude sul e os meridianos 34°50' e 35°15' de longitude oeste. Limita-se ao norte e a oeste com a bacia do rio Capibaribe, ao sul com a bacia do rio Pirapama e a leste com o Oceano Atlântico (Figura 1). Esta bacia praticamente situa-se totalmente na Região Metropolitana do Recife (zona da mata e litoral do Estado de Pernambuco), com uma área aproximada de 413 km².

O rio Jaboatão tem suas nascentes no município de Vitória de Santo Antão, próximo a serra dos Urubus, e possui uma extensão aproximada de 75 km.

Entre os principais afluentes do rio Jaboatão, destacam-se, pela margem direita: riacho Laranjeiras, riacho Carnijó, rio Suassuna e rio Zumbi e pela margem esquerda: riacho Limeira, riacho Duas Unas, rio Mussaíba e córrego Mariana. A foz situa-se no Oceano Atlântico em um estuário comum com o rio Pirapama.

Segundo a COMPANHIA PERNANBUCANA DO MEIO AMBIENTE (CPRH, 1995), o clima se caracteriza por ser quente e úmido com temperaturas médias anuais em torno de 24°C. Quanto a pluviometria, existe uma tendência para um acentuado decréscimo à medida que se penetra no interior da bacia. No litoral pode-se registrar índices superiores a 2000 mm anuais e na parte alta da bacia este valor chega a menos de 700 mm anuais.

A bacia drena as áreas dos seguintes municípios: Vitória de Santo Antão, Cabo de Santo Agostinho, Moreno, São Lourenço da Mata, Jaboatão dos Guararapes e Recife. Ao longo de seu curso, o rio atravessa os núcleos urbanos das cidades de Moreno e Jaboatão, e as localidades de Pontezinha e Ponte dos Carvalhos, pertencentes a cidade do Cabo Sto. Agostinho, recebendo desta forma os despejos domésticos e industriais dessas áreas.

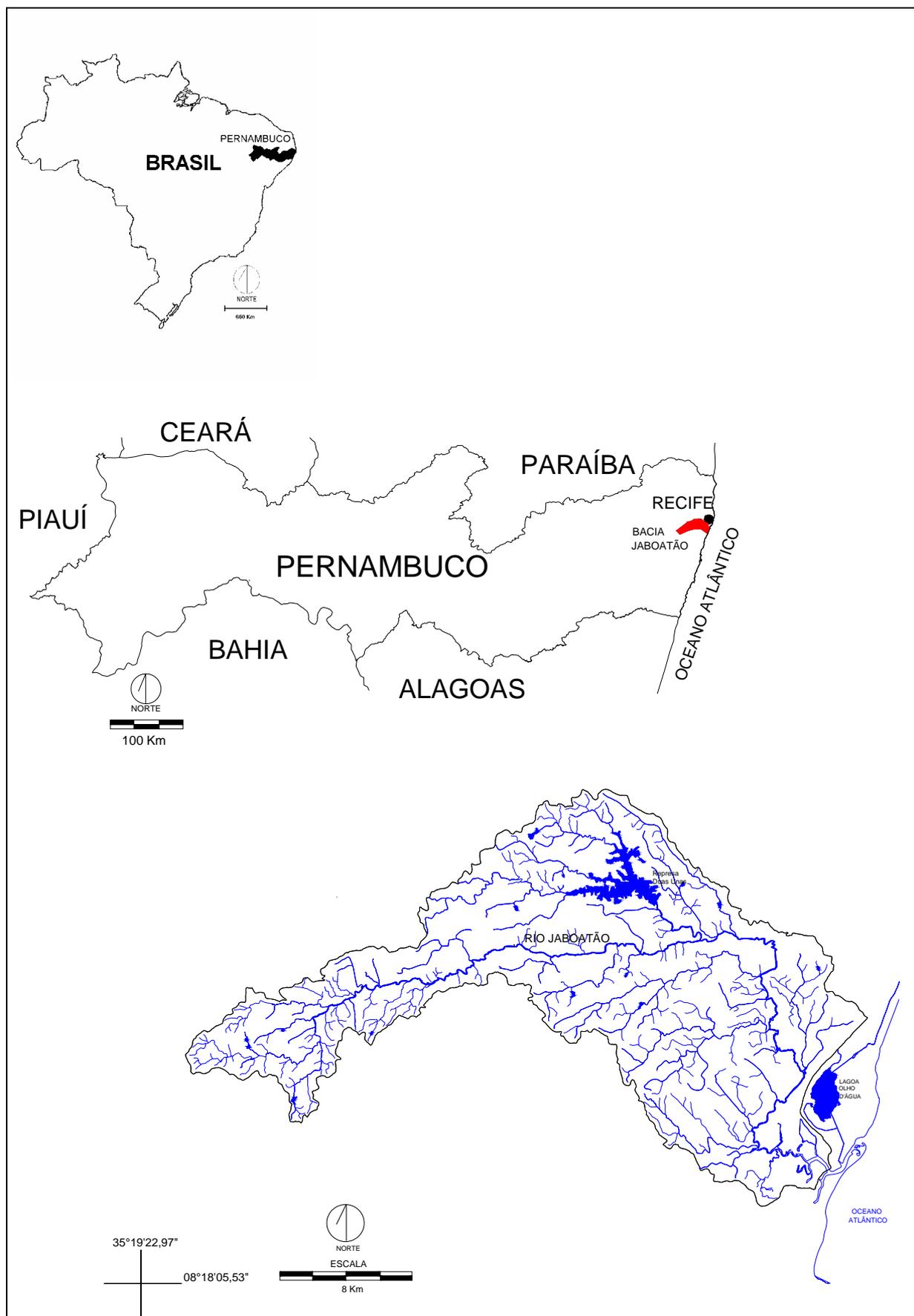


Figura 1. Macrolocalização da bacia do rio Jaboatão no estado de Pernambuco e no Brasil.

4.2 Diagnóstico Ambiental Integrado

4.2.1 Considerações Gerais

A abordagem metodológica empregada neste trabalho teve como finalidade primária subsidiar os estudos de planejamento e gerenciamento da bacia do rio Jaboatão com ênfase na qualidade da água. Desta forma, a qualidade da água é o tema ambiental integrador entre todos os outros existentes.

A Figura 2 apresenta o roteiro básico que auxiliou o desenvolvimento da captação de informações e geração das análises integradas. O roteiro empregado teve como objetivo facilitar a análise das informações e a geração de conhecimentos de forma sistemática sem prejudicar a especificidade de cada tipo de informação.

4.2.2 Base Cartográfica Digital

Com a finalidade de subsidiar os elementos do diagnóstico ambiental e espacializar as informações, foram confeccionadas cartas descritivas e interpretativas. Este material foi obtido a partir dos documentos cartográficos existentes e trabalho de campo. Estas cartas são descritas nos itens subsequentes.

As cartas temáticas foram produzidas através da digitalização em mesa e edição posterior utilizando os softwares MaxiCAD e AutoCAD, respectivamente. Para a obtenção das áreas e a realização de operações entre alguns temas foi utilizado o software IDRISI *for* Windows versão 2.0, sendo necessário a conversão dos arquivos do AutoCAD (*.*dxf*) para o IDRISI através do módulo IMPORT. Os arquivos vetoriais já importados para o IDRISI (*.*vec*) foram rasterizados (*.*img*) pela utilização do módulo REFORMAT.

Adotaram-se os seguintes elementos para a confecção do material cartográfico digital e para as operações geográficas realizadas:

- Projeção: UTM (Universal Transversa de Mercator)
- Coordenadas limites: 244122m e 290122m Leste; 9081614m e 9115626m Norte.
- Zona: 25-S
- Meridiano central: 33° W. GR.
- Datum: SAD69
- Imagens geradas: 1533 colunas; 1133 linhas; pixel 30x30.

Para o trabalho de campo, que consistiu em visitas para checagem de elementos do diagnóstico e tomada de coordenadas geográficas, foi utilizado GPS (Global Positioning System) da marca GARMIN 12XL.

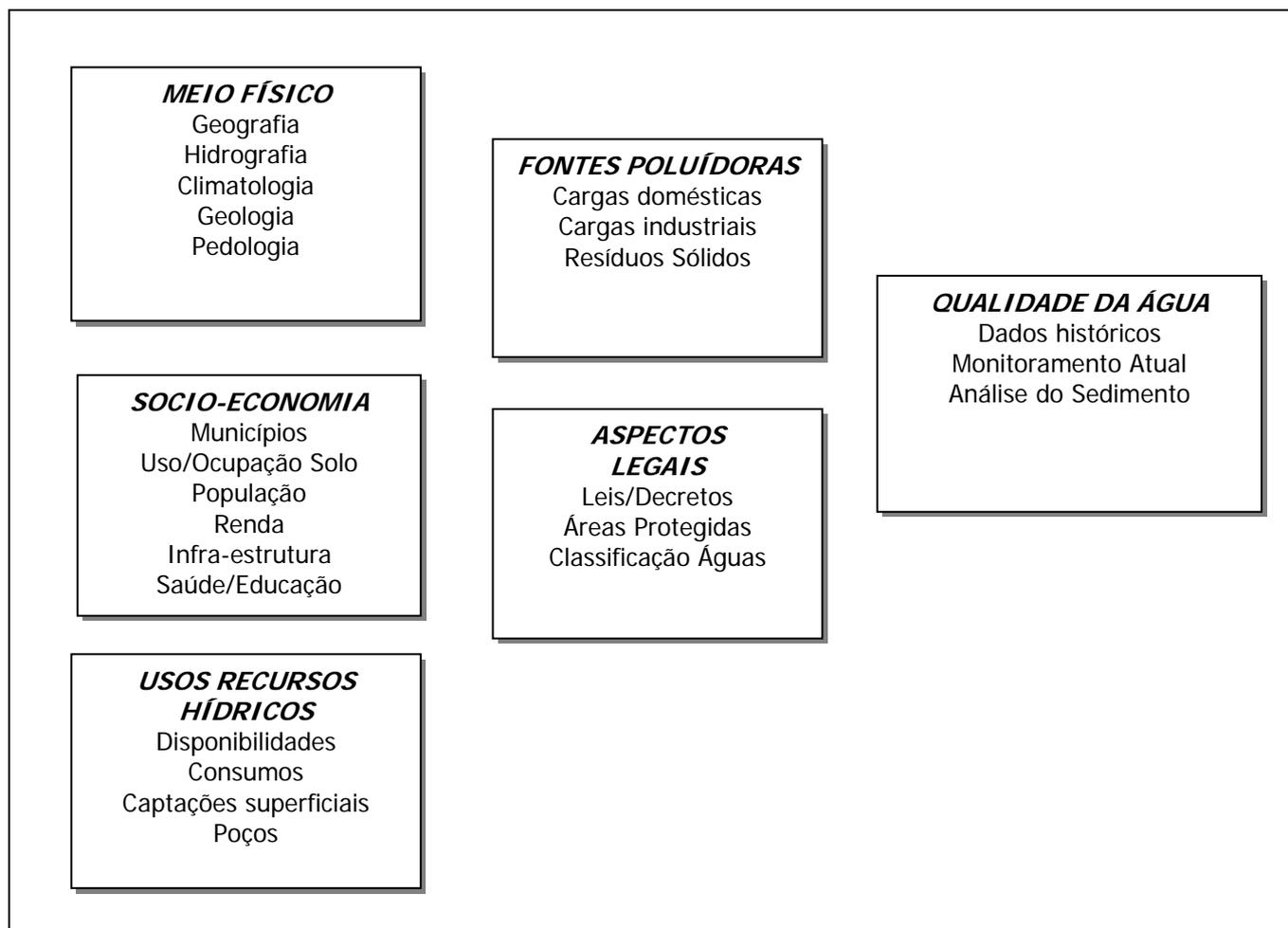


Figura 2. Roteiro metodológico empregado para o diagnóstico da bacia do rio Jaboatão

4.2.3 Meio Físico

4.2.3.1 Aspectos Geográficos Gerais

Para a caracterização geográfica de aspectos relevantes existentes na bacia foi confeccionada carta específica constando os seguintes temas: limite da bacia, hidrografia, limites municipais e rodovias.

O limite da bacia foi obtido através da digitalização direta tendo como base as cartas topográficas de Pacas, Massaranduba, Ponte dos Carvalhos, Santo Agostinho, Tapacurá, Jaboatão, Gurjaú e Recife, escala 1:25.000 (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORTESTE-SUDENE, 1972a, 1972b, 1974, 1972c, 1972d, 1972e, 1972f e 1985, respectivamente). A hidrografia, os limites municipais e rodovias foram extraídos de arquivo em meio digital elaborado pela Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (FIDEM) na escala 1:100.000.

4.2.3.2 Climatologia

Para a bacia em estudo foram obtidos dados de precipitação total mensal ocorridos no período set/97-fev/99 para represa Duas Unas. Estes dados foram fornecidos pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

A única estação climatológica atualmente ativa próxima a bacia é mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e se localiza fora do perímetro da bacia, no município de Recife, contudo é considerada representativa de toda a área. Desta estação foram obtidos dados de temperatura média e pluviometria total mensal para o período set/97 a dez/98.

4.2.3.3 Geologia

A caracterização geológica foi realizada através digitalização direta em mesa e obtenção de carta contendo os aspectos geológicos da bacia a partir dos seguintes documentos:

- Carta geológica de Vitória de Santo Antão, escala 1:100.000 (ROCHA, 1990).
- Mapa geológico da Região Metropolitana do Recife, escala 1:100.000 (DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL-DNPM, 1995).

4.2.3.4 Pedologia

Para o conhecimento pedológico da bacia foram digitalizados as classes dos tipos de solos e produzida a carta correspondente. Esta carta foi baseada no documento: Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, escala 1:100.000, Cartas de Recife e Vitória de Santo Antão (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 1999).

4.2.4 Socio-Economia

A caracterização socio-econômica da bacia foi baseada em levantamentos de dados secundários existentes e produzidos pelos seguintes autores: FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (FIDEM, 1998), CDM/DIAGONAL (1997) e CONTÉCNICA (1997a e 1998a). Os dados compilados por município foram analisados e tabelados constando as seguintes informações:

- População;
- Distribuição da renda familiar
- Saúde (mortalidade, leitos hospitalares);
- Educação (analfabetismo);
- Infra-estrutura (abastecimento e esgotamento sanitário)

- Agricultura e estrutura fundiária;
- Estabelecimentos industriais.

Foi obtida a relação entre as áreas totais dos municípios e a área da bacia bem como a área total da bacia em relação aos municípios. A carta de uso e ocupação do solo foi confeccionada através da digitalização com posterior obtenção das áreas dos temas, tendo como base o Mapa da cobertura vegetal da Região Metropolitana do Recife, escala 1:100.000 (FIDEM, 1995).

4.2.5 Uso dos Recursos Hídricos

A utilização da água na bacia foi levantada através de trabalho de campo e consultas a cadastros existentes na COMPESA e na CPRH, bem como documentos produzidos por CONTÉCNICA (1997b) e CDM/DIAGONAL (1997).

As captações superficiais existentes foram visitadas, obtidos seus volumes captados, tomadas coordenadas geográficas com GPS e plotadas em carta juntamente com as captações previstas. Para as captações subterrâneas foi obtida a relação dos poços perfurados na bacia e plotados em carta específica.

Foram levantadas informações sobre o índice de perdas de água na distribuição bem como o consumo atual e projeções pela população urbana. Para o uso industrial foi obtido o tipo de captação (rede pública, poço/captação própria) e volumes utilizados para os diversos fins (processo, refrigeração, sanitário, outros).

4.2.6 Aspectos Legais

Foi realizado um levantamento histórico abrangendo os principais documentos legais existentes no estado de Pernambuco referente ao controle e gestão ambiental e mais especificamente os relacionados aos recursos hídricos.

As principais áreas legalmente protegidas da RMR foram digitalizadas e produziu-se uma carta específica. Esta carta foi baseada em documentos produzidos segundo os decretos estaduais correspondentes, sendo eles:

- Áreas de proteção dos mananciais da Região Metropolitana do Recife (FIDEM, 1987a).
- Áreas de reservas ecológicas da Região Metropolitana do Recife (FIDEM, 1987b).
- Áreas estuarinas da Região Metropolitana do Recife (FIDEM, 1987c).

Através do IDRISI foram obtidas as áreas destes condicionantes legais na bacia e também realizados operações de integração para verificar o grau de comprometimento destas áreas frente ao uso do solo existente. Estas operações foram realizadas da seguinte forma: a) criação de imagens booleanas de cada área protegida (reservas ecológicas, área mananciais e área estuarina) através dos módulos EDIT e ASSING; b) multiplicação de cada

imagem booleana pela imagem de uso do solo através do módulo OVERLAY e c) obtenção das áreas (%) do uso do solo em cada uma das áreas protegidas em questão.

Quanto a qualidade da água foi também produzida carta do enquadramento atual dos corpos d'água da bacia, segundo o Decreto Estadual nº 11.358 /86.

4.2.7 Fontes Poluídoras

As fontes poluídoras relacionadas aos corpos hídricos foram analisadas em duas vertentes: fontes industriais e domésticas, sendo identificadas e quantificadas em termos de kgDBO/dia. Foram também levantados a geração e destino final dos resíduos sólidos nos municípios da bacia.

Para as fontes industriais foi inicialmente consultado o cadastro existente na CPRH e realizada uma triagem com as principais indústrias da bacia identificando-se a atividade e o potencial poluidor. Após esta seleção foi realizada uma visita a campo para tomada de coordenadas com a utilização de GPS e plotagem em carta específica.

As cargas orgânicas levantadas foram hierarquizadas utilizando o método da curva ABC (CAMPO, 1975) para as cargas potenciais e remanescentes. Neste método, as indústrias denominadas do tipo A são responsáveis por 75% da carga total, sendo B e C aquelas que lançam entre 75-95% e acima de 95% da carga total, respectivamente. A vantagem deste método é que ele identifica rapidamente o número e as indústrias que mais lançam que devem ser alvo de fiscalização e/ou investimentos prioritários para a diminuição de sua carga.

Para a quantificação das cargas de origem doméstica foram inicialmente levantadas informações sobre a população real influente dentro dos limites da bacia, os percentuais de atendimento da rede de esgoto para cada município e as contribuições de esgotos em L/s para a situação atual e nos cenários futuros 2010 e 2020. Estas informações foram extraídas do "Estudo de Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana do Recife" (CDM/DIAGONAL, 1997) cujo objetivo foi a preparação de um programa de investimentos nas bacias da RMR a ser financiado pelo BIRD (Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento). Posteriormente, foram calculadas as cargas potenciais, coletadas e não coletadas atuais e para os cenários mencionados utilizando o fator de multiplicação 0,054 por habitante para obtenção dos valores em kgDBO/dia. O fator 0,054 é bastante utilizado na literatura segundo MOTA (1997).

Quanto aos resíduos sólidos gerados na bacia foram levantadas informações existentes em CONTÉCNICA (1998b) e realizada visita ao "lixão" da Muribeca, área situada na bacia onde há a destinação da maior parte dos resíduos gerados nos municípios da bacia.

4.2.8 Qualidade da Água e Sedimento

4.2.8.1. Local e época das coletas

As coletas de amostras de água tiveram início em setembro de 1997 e se estenderam até fevereiro de 1999, caracterizando, portanto o verão de 1997 (seca), inverno e verão de 1998 (chuva e seca, respectivamente). A água era coletada superficialmente (cerca de 30 cm de profundidade) com balde de metal e garrafa de OD, preferencialmente no centro da seção transversal do rio.

As estações de amostragem são parte integrante do programa de monitoramento da CPRH. Este programa teve início em 1986 e atualmente conta com 14 bacias hidrográficas litorâneas e 78 sítios ativos no estado. Na bacia do rio Jaboatão, existem 8 estações ativas, as quais foram mantidas e utilizadas para este estudo (Tabela 3). Estes sítios foram georeferenciados através de GPS e plotados em carta representada na Figura 3. Na Figura 4 estão representadas as fotos destes locais.

A frequência das coletas foi mensal durante todo o período de estudo. Foi necessário um dia de campanha para percorrer as estações existentes no rio e tomou-se o cuidado para que a coleta na estação JB-75 fosse realizada em horários de maré baixa e vazante, para isto era consultado a tábua de marés referente ao dia da coleta. Este procedimento foi feito no sentido de se minimizar a influência da maré na composição química da água coletada neste sítio.

4.2.8.2. Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água

A temperatura da água (°C) foi determinada no campo e após a coleta as amostras eram encaminhadas ao laboratório da CPRH para análise das seguintes variáveis: turbidez (NTU), pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), alcalinidade total (mg/L em CaCO_3), cloreto (mg/L), oxigênio dissolvido (mg/L) e saturação (%), DBO (mg/L), coliformes fecais (NMP/100 ml), nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$), fósforo total ($\mu\text{g}/\text{L}$), sólidos totais (mg/L), cálcio (mg/L), magnésio (mg/L), sódio (mg/L), potássio (mg/L) e ferro total (mg/L). Para as análises destas variáveis foram utilizados métodos descritos em AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA 1995), a Tabela 4 apresenta as variáveis, suas abreviaturas e as unidades utilizadas.

Tabela 3. Estações de amostragem para a avaliação da qualidade da água na bacia do rio Jaboatão.

<i>Estações</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Caracterização Espacial</i>
	<i>LESTE</i>	<i>NORTE</i>	
JB-05	267267	9102466	Rio Jaboatão, montante da cidade de Moreno e jusante da captação da COMPESA (Sítio <u>desativado</u> p/ monitoramento em 1992)
JB-10	269885	9101871	Rio Jaboatão, jusante da cidade de Moreno. Área urbanizada, trecho do rio encaichoerado.
JB-15	275917	9101902	Rio Jaboatão, montante da Usina Bulhões, na barragem de captação da Usina. Área intensamente ocupada por cana-de-açúcar.
JB-20	276741	9102551	Rio Jaboatão, jusante da Usina Bulhões. Área com vegetação rasteira, sem mata ciliar.
JB-22	278149	9102681	Rio Jaboatão, montante da confluência com o rio Duas Unas. Área urbanizada do município de Jaboatão, trecho encaichoerado.
JB-35	278087	9102865	Rio Duas Unas, montante de sua foz no rio Jaboatão. Área urbanizada do município de Jaboatão, trecho encaichoerado.
JB-41	280137	9103090	Rio Jaboatão, após a confluência com o rio Duas Unas e jusante da concentração urbana de Jaboatão, rio encaixado em formações rochosas.
JB-55	282368	9097693	Rio Jaboatão, jusante da desativada Usina Muribeca e montante do rio Zumbi e lixão da Muribeca. Área com pouca mata ciliar, ocupada por pastagens.
JB-75	282744	9089829	Rio Jaboatão, ponte da BR 101 na localidade de Pontezinha. Área estuarina a montante da confluência com rio Pirapama.

Tabela 4. Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água analisadas na bacia do rio Jaboatão.

Variável	Abreviatura	Método Análise	Unidades
Temperatura	TEMP	Termômetro	°C
pH	pH	Potenciométrico	-
Turbidez	TURB	Turbidímetro	NTU
Condutividade	COND	Condutivímetro	µS/cm
Alcalinidade	ALC	Titulação HCl	mg/L
Sólidos totais	ST	Evaporação 105°C/Gravimetria	mg/L
Cálcio	Ca	Espectrofotometria absorção atômica	mg/L
Magnésio	Mg	Espectrofotometria absorção atômica	mg/L
Sódio	Na	Espectrofotometria absorção atômica	mg/L
Potássio	K	Espectrofotometria absorção atômica	mg/L
Ferro	Fe	Espectrofotometria absorção atômica	mg/L
Cloreto	CLOR	Titulação AgNO ₃	mg/L
Sat. Oxigênio Dis.	%OD	Winkler	%
Dem. Bioq. Oxig	DBO	Incubação/Winkler	mg/L
Nitrato	NO ₃	Redução cádmio/Espectrofotometria	µg/L
Fósforo total	FTOT	Digestão persulfato/Espectrofotometria	µg/L
Coliformes fecais	CFEC	Tubos múltiplos	NMP/100ml

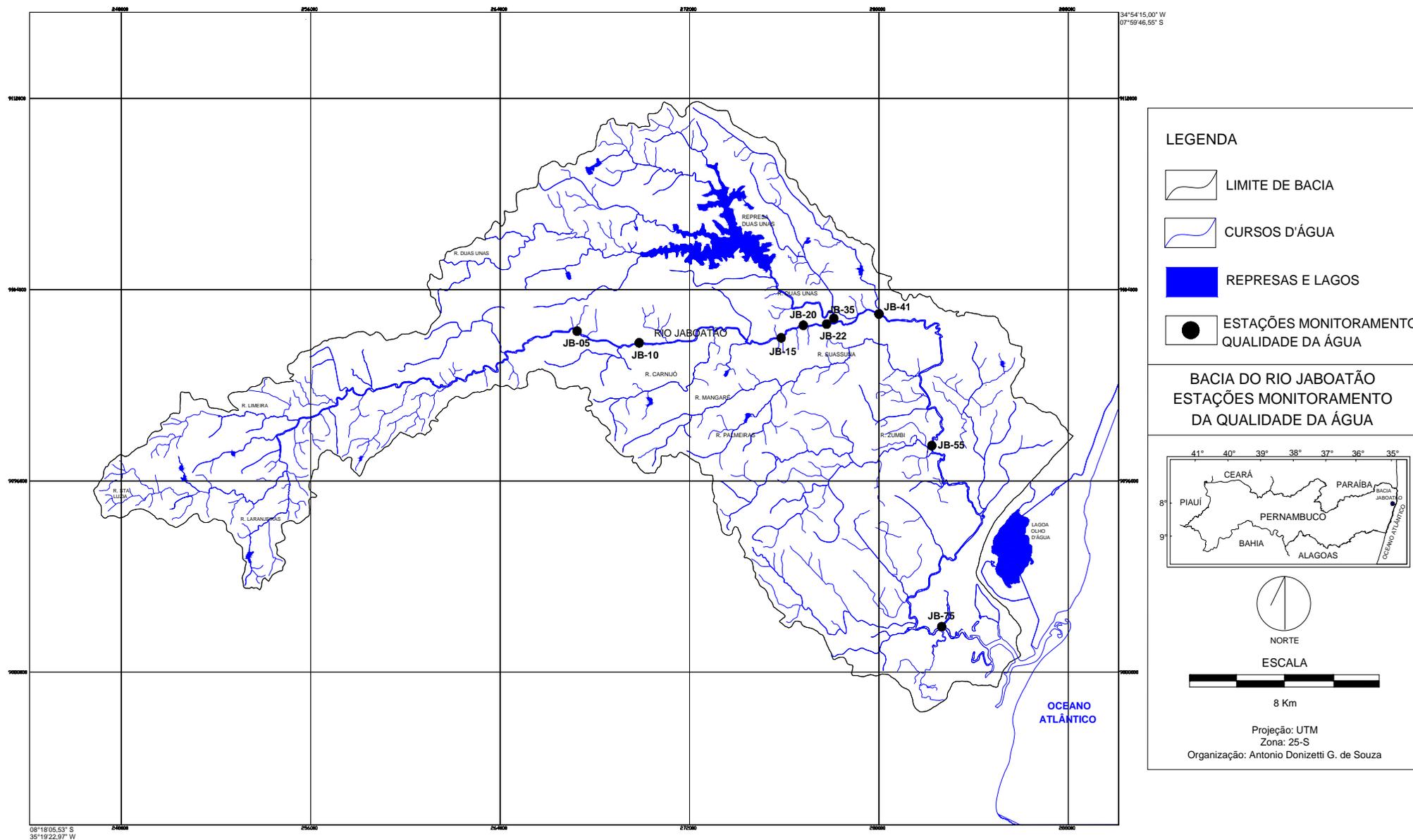


Figura 3. Bacia do rio Jaboatão - Localização das estações de amostragem da qualidade da água na bacia.

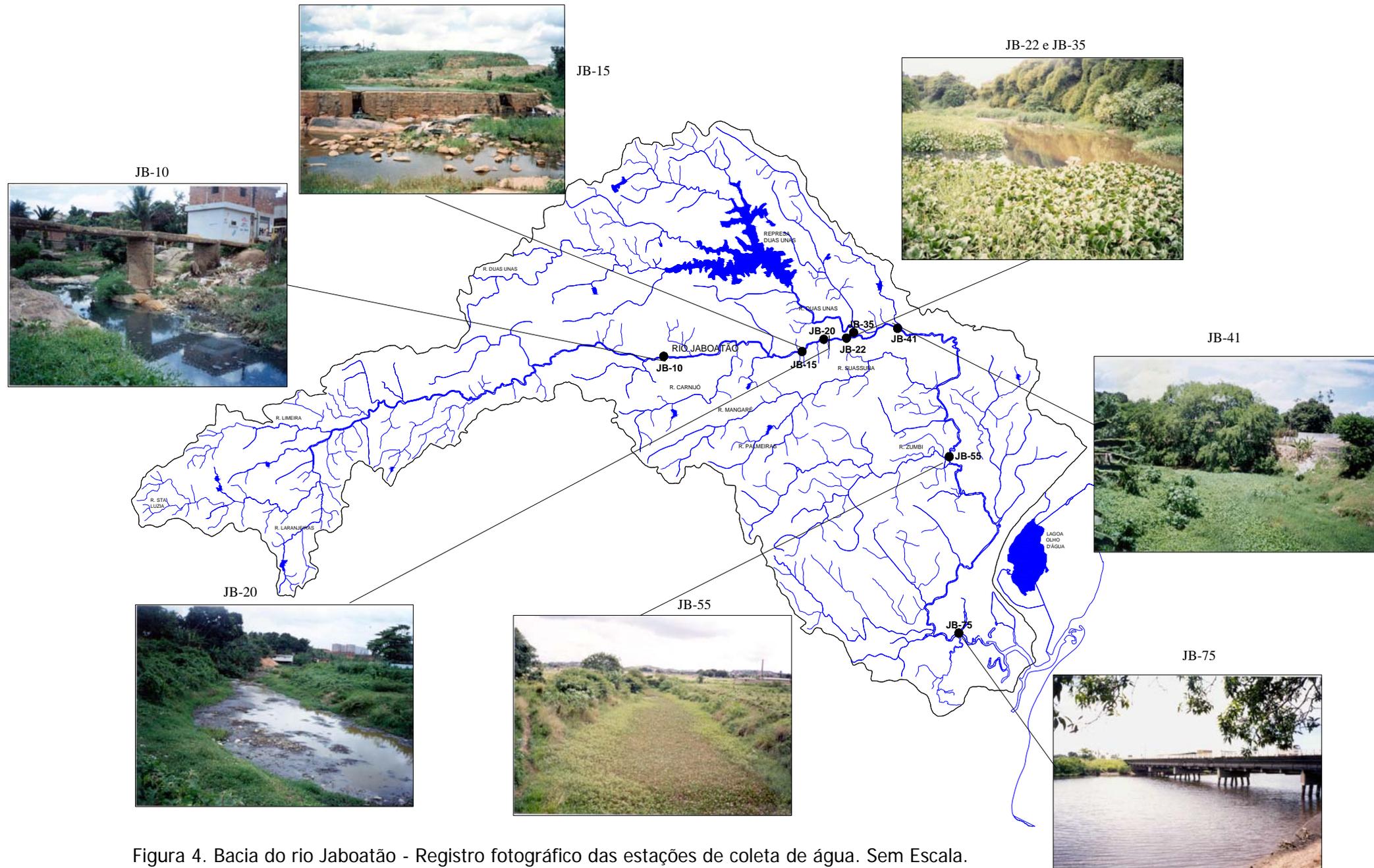


Figura 4. Bacia do rio Jaboatão - Registro fotográfico das estações de coleta de água. Sem Escala.

4.2.8.3. Dados históricos da qualidade da água

A rede de monitoramento operada pela CPRH registra os dados de qualidade da água na bacia do rio Jaboatão desde 1986 a uma frequência mensal. Objetivando uma análise histórica da qualidade da água registrada neste período, os resultados existentes foram totalmente informatizados em planilhas eletrônicas que produziram arquivos contendo as estações monitoradas entre 1986-1996 para dez variáveis de qualidade da água: temperatura (°C), pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cloreto (mg/L), oxigênio dissolvido (mg/L), DBO (mg/L), coliformes fecais NMP/100 ml), nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$), fósforo ($\mu\text{g}/\text{L}$) e sólidos totais (mg/L). Para esta análise foram utilizadas nove estações de amostragem existentes na bacia. Dentre as estações compiladas, oito (JB-10 a JB-75) são as que atualmente estão ativas no programa e uma, JB-05, se encontra desativada desde 1992. Este sítio localiza-se no rio Jaboatão, a montante da cidade de Moreno, representando, desta forma, trecho do rio livre de qualquer influência mais acentuada, tanto de nucleações urbanas, como industriais, por este motivo ela foi incluída na análise histórica.

4.2.8.4. Análise do sedimento

O sedimento foi coletado com draga Ekman em quatro estações coincidentes com os locais de coleta de água, sendo elas: JB-15, JB-20, JB-55 e JB-75. Nas outras estações não foi possível a coleta devido o rio atravessar trechos de intensos afloramentos rochosos e corredeira, onde não havia material sedimentado representativo do curso do rio. As coletas foram realizadas ao final dos três períodos sazonais característicos (set/97, fev/98 e set/98). As amostras eram colocadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para secagem a temperatura ambiente e posterior análises da presença dos seguintes metais: cádmio ($\mu\text{g}/\text{g}$), chumbo ($\mu\text{g}/\text{g}$), cobre ($\mu\text{g}/\text{g}$), cromo total ($\mu\text{g}/\text{g}$), ferro total ($\mu\text{g}/\text{g}$), manganês ($\mu\text{g}/\text{g}$), níquel ($\mu\text{g}/\text{g}$), zinco ($\mu\text{g}/\text{g}$).

A metodologia empregada para a determinação dos metais teve como base a norma CETESB/L5.600 e seguiu os seguintes passos:

Preparação amostra:

- a) Secagem da amostra em estufa a 105°C e pulverização em cápsula de porcelana;
- b) Passagem do sedimento em peneira de 180 μm para separação da fração mais grosseira;
- c) Pesagem de 1 g de amostra preparada para realizar o ataque ácido;

Digestão ácida:

- a) Digestão ácida da amostra com água-régia (HCl/HNO_3 3:1) em chapa de aquecimento;

- b) Transferência da solução para balão volumétrico de 100 ml;
- c) Determinação da concentração dos metais pela leitura em espectrofotômetro de absorção atômica.

Com os resultados das determinações dos metais foi calculado o fator de enriquecimento ou fator de contaminação. Este fator relaciona a concentração do metal e os níveis naturais (*background*). Devido a ausência destes níveis para o local, também chamados de níveis de referências, foi utilizado os estudos de BOWEN (1966) *apud* HAKANSON (1980). Para o cálculo deste fator, empregou-se a seguinte equação:

$$Fi = \frac{Ci}{NFi}$$

Onde, Fi: Fator de enriquecimento do metal i

Ci: Concentração do metal encontrado no sedimento ($\mu\text{g/g}$)

NFi: Nível de referência utilizado

Foram calculados os fatores de enriquecimento dos metais Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, utilizando-se os valores referentes a solos (Tabela 5).

Tabela 5. Abundância dos elementos ($\mu\text{g/g}$) em vários compartimentos segundo BOWEN (1966) *apud* HAKANSON (1980).

Metais	Rochas Ígneas	Solos	Água doce	Plantas	Animais
Cd	0,20	0,06	<0,08	0,6	<0,5
Cr	100,00	100,00	$1,80 \cdot 10^{-4}$	0,23	0,075
Cu	55,00	20,00	0,01	14,00	2,40
Pb	12,50	10,00	0,005	2,70	2,00
Zn	70,00	50,00	0,01	100,00	160,00

O fator de enriquecimento apresenta o seguinte gradiente de classificação:

$Fi < 1$: Contaminação baixa

$1 \leq Fi < 3$: Contaminação moderada

$3 \leq Fi < 6$: Contaminação considerável

$Fi > 6$: Contaminação muito alta

4.2.8.5. Análise estatística dos dados

Os dados históricos do monitoramento, bem como os resultados recentes das análises físicas, químicas e bacteriológicas da água, foram explorados estatisticamente utilizando-se a Correlação de Spearman, Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*) e Análise Fatorial. Com o objetivo de testar diferentes fontes de variação que atuaram sobre a bacia

foi aplicado o teste não-paramétrico de *Kruskal-Wallis* (teste H). Todos estes tratamentos foram realizados através do programa STATISTICA (STATSOFT INC, 1995).

Para os dados históricos foram utilizados os valores medianos de inverno e verão registrados no período 1986-1996. O mesmo procedimento foi feito quanto às análises recentes, onde se considerou três épocas para a obtenção dos valores medianos: *verão 97* (setembro/97 a fevereiro/98); *inverno 98* (março/98 a agosto/98) e *verão 98* (setembro/98 a fevereiro/99).

Antes da análise de agrupamentos e fatorial, os resultados foram padronizados para a mesma escala, onde para cada variável foi feita uma subtração de sua média e divisão pelo desvio-padrão. Este procedimento é necessário, pois os dados se apresentam em diferentes escalas e unidades incompatíveis. Para a análise de agrupamento utilizou-se a distância Euclidiana como coeficiente de similaridade e o UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Average*) para a formação dos grupos. A extração dos fatores na análise fatorial foi feita através dos componentes principais. Para o teste de *Kruskal-Wallis* foram fixados como fontes de variação: 1) as estações de amostragem e 2) as épocas de coleta.

4.3 Subsídios ao Estabelecimento de Metas de Qualidade da Água

Para o fornecimento de subsídios ao estabelecimento de metas de qualidade dos corpos d'água da bacia, foi inicialmente realizada uma comparação entre a qualidade da água encontrada nas estações amostradas e as normas legais (Decreto Estadual nº 7.269/81 e resolução CONAMA 20/86). Para esta comparação foram tomados os valores medianos dos períodos de inverno/98 e verão/98 das seguintes variáveis: pH, oxigênio dissolvido, DBO, nitrato, fósforo total, cloreto, turbidez e coliformes fecais.

Tendo como base os levantamentos realizados no diagnóstico ambiental da bacia foram determinadas, de forma sintética, regiões e sugeridas metas a serem atingidas segundo as características destas regiões. Os corpos d'água foram divididos em grupos e para cada um foi definido um conjunto de prioridades e propostas de enquadramento segundo a classificação da resolução CONAMA 20/86. Para o estabelecimento destes grupos foram analisados os seguintes aspectos do diagnóstico efetuado: carta da legislação ambiental referente ao uso do solo na RMR (leis de proteção aos mananciais, reservas ecológicas e área estuarina); carta das captações atuais e futuras; carta das fontes poluidoras industriais e carta do uso do solo.

5. RESULTADOS

5.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INTEGRADO

5.1.1 Meio Físico

Os principais aspectos geográficos da bacia do rio Jaboação estão representados na Figura 5. O rio nasce a uma altitude de 400 m no município de Vitória de Santo Antão. Após atravessar os núcleos urbanos de Moreno e Jaboação onde recebe, a jusante, o rio Duas Unas, o rio altera a direção de seu curso de leste-oeste para norte-sul. A partir deste local, inicia seu trecho inferior onde vem a ter sua foz no estuário comum com o rio Pirapama, no Oceano Atlântico.

Na sua foz se encontra a Lagoa Olho d'Água, que é um corpo hídrico formado numa depressão entre duas barreiras arenosas alongadas com profundidade média de 0,5 metros. Ela possui ligação hídrica com o estuário do rio Jaboação ao sul e também com outros corpos d'água litorâneos ao norte. Devido a ligação com os corpos d'água ao norte ela não foi delimitada no interior do limite da bacia, pois desta forma estaria contrariando uma definição deste limite.

Na Figura 6 está representada a variação da pluviometria registrada na barragem de Duas Unas no período set/97-fev/99. Na Figura 7 encontra-se a pluviometria para a estação climatológica do Curado localizada externamente ao perímetro da bacia, porém refletindo as condições de sua porção mais inferior. Observa-se, nos dois locais, que a média histórica caracteriza a sazonalidade existente nos meses de inverno (março a agosto) com maior pluviometria, e verão (setembro a fevereiro) com os menores índices. O inverno de 1998 se mostrou como atípico, pois foram registrados níveis abaixo da média histórica para todos os meses, exceto agosto. Entre os dois locais houve maior precipitação registrada para a estação do Curado devido sua localização estar mais próxima ao ambiente litorâneo da bacia, confirmando as tendências já determinadas de aumento de pluviometria no sentido interior-litoral. As temperaturas médias mensais do ar (Figura 8) foram mais elevadas para o período de estiagem (verão) tendo um pico de 28,6°C para o mês de fevereiro/98. A média mais baixa foi registrada em agosto/98, final da época de chuvas (inverno). A sazonalidade encontrada para chuvas pode também ser claramente evidenciada nos registros de temperatura apresentados, com aumento gradativo a partir de setembro, atingindo o pico em fevereiro e declínio a partir do primeiro mês do inverno (março).

As unidades geológicas da bacia estão representadas na Figura 9 e o percentual em área na Tabela 6.

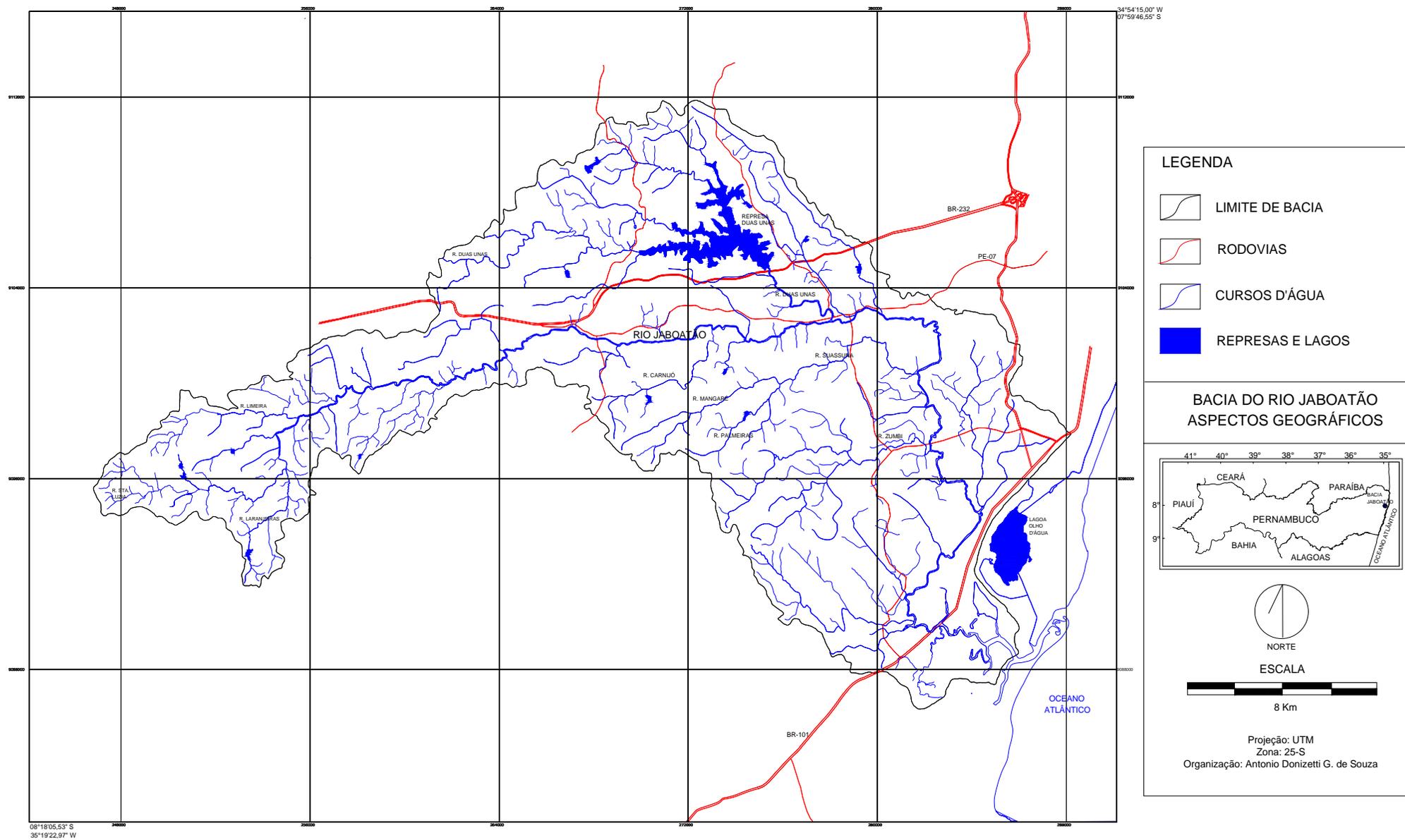


Figura 5. Bacia do rio Jaboatão - Aspectos geográficos gerais da bacia.

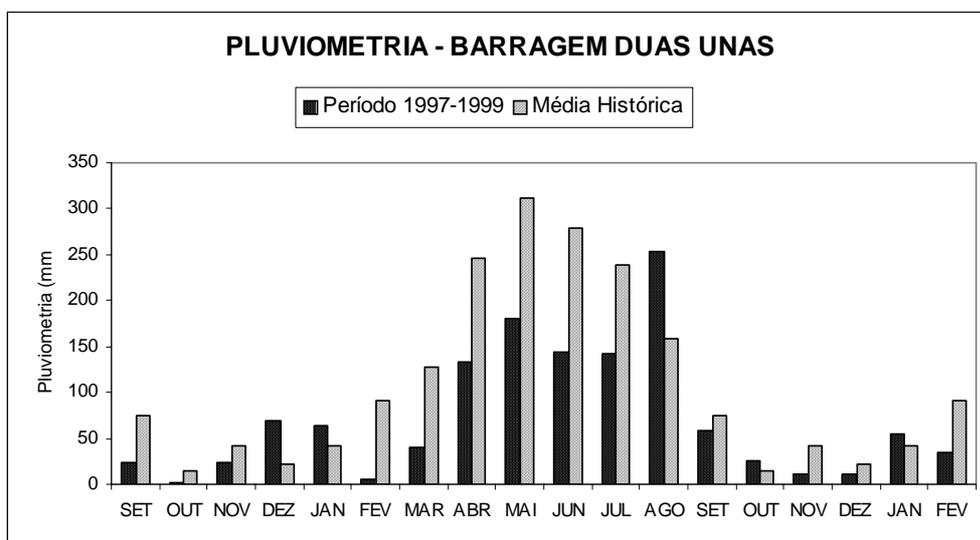


Figura 6. Pluviometria (mm) registrada na barragem de Duas Unas durante o período de estudo (set/97 a fev/99). Fonte: COMPESA.

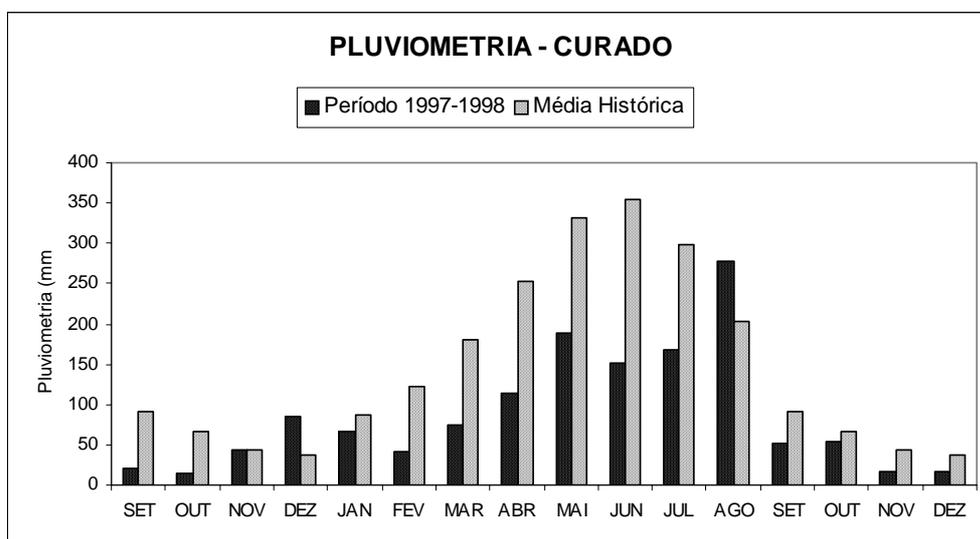


Figura 7. Pluviometria (mm) registrada na estação meteorológica do Curado para os anos 1997 e 1998. Fonte: INMET.

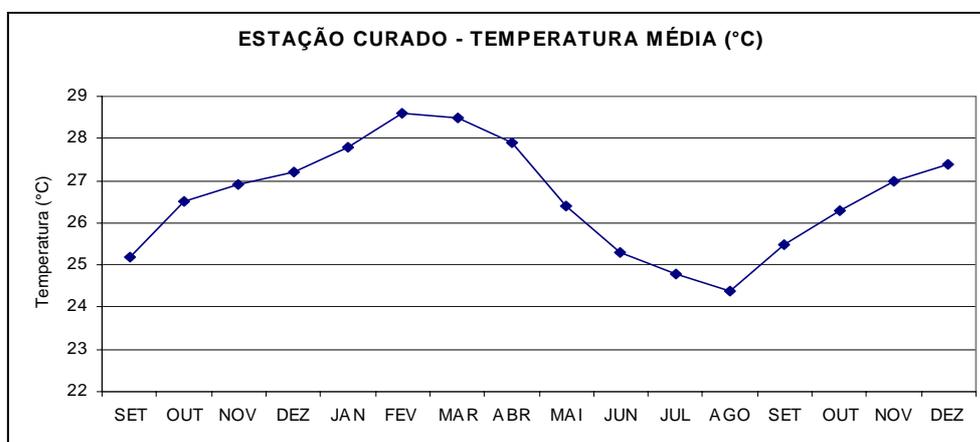


Figura 8. Temperatura média mensal registrada na estação meteorológica do Curado para os anos 1997 e 1998. Fonte: INMET.

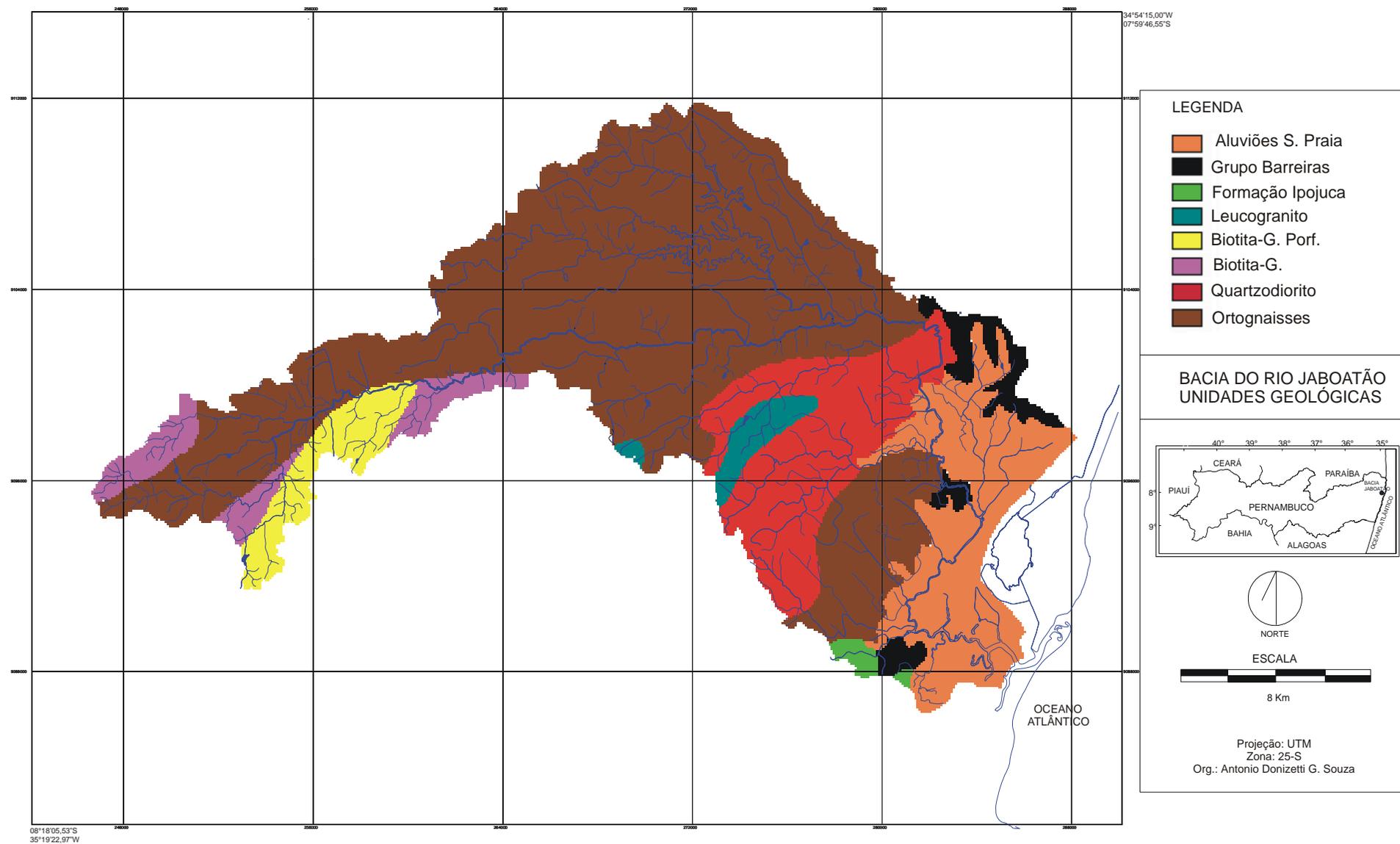


Figura 9. Unidades geológicas existentes na bacia do rio Jaboaão.

Tabela 6. Unidades geológicas existentes na bacia em percentuais de área.

Unidades Geológicas	Área	
	km ²	%
Aluviões e Sedimentos de Praia	57,89	13,94
Biotita-Granito Porfirítico	19,04	4,59
Biotita-Granito	17,43	4,20
Formação Ipojuca	2,46	0,59
Grupo Barreiras	12,77	3,08
Leucogranito	7,88	1,90
Complexo M. Ortognaisses	243,14	58,56
Quartzodiorito	54,61	13,15
Total		100

Cerca de dois terços da área da bacia encontram-se sob o embasamento cristalino de idade pré-cambriana representado pelas rochas do Complexo Gnaissico Migmatítico (Ortognaisses). Este complexo situa-se sobretudo na parte alta e média da bacia. Os ortognaisses na bacia são amplamente associados as intrusões de rochas granitóides representados pelo quartzodiorito, biotita-granito, biotita-granito porfirítico e leucogranito. Segundo ROCHA (1990) os quartzodioritos são constituídos em sua maioria por afloramentos de grandes matações que se destacam na topografia. As rochas do biotita-granitos afloram na forma de blocos parcialmente alterados e mais raramente formando maciços rochosos, capeados levemente por fina camada de solo residual, com pouquíssimas áreas de exposição. Já os porfiríticos, presentes na porção superior da bacia, podem tem afloramentos com enormes matações isoladas, concentradas em sítios ou maciços rochosos formando morros.

As formações mais recentes existentes na bacia são representadas pelas rochas sedimentares do grupo Barreiras e formação Ipojuca, além dos aluviões e sedimentos de praia presentes na região litorânea.

Os tipos de solos existentes estão representados na Figura 10 e suas respectivas áreas percentuais na Tabela 7. Ocorre um predomínio de solos Podzólicos e Latossolos com 49,45% e 19,94% de área respectivamente, somando-se as suas associações. Especialmente no baixo Jaboatão, próximo a sua foz no estuário, ocorrem solos de mangue (SM) que provém de sedimentos argilosos e argilo-siltosos ou ainda de mistura de material de natureza orgânica com sedimentos arenosos, estes não são utilizados para a agricultura. Próximo ao limite litorâneo existe uma faixa de solos hidromórficos (HP2) que se caracterizam em solos pobremente drenados e com baixa fertilidade natural. Ao longo dos canais fluviais, distribuídos em boa parte da bacia, encontram-se os gleissolos (G1 e G2) característicos de várzeas e brejos com diferentes graus de decomposição da matéria orgânica e com fertilidade variável.

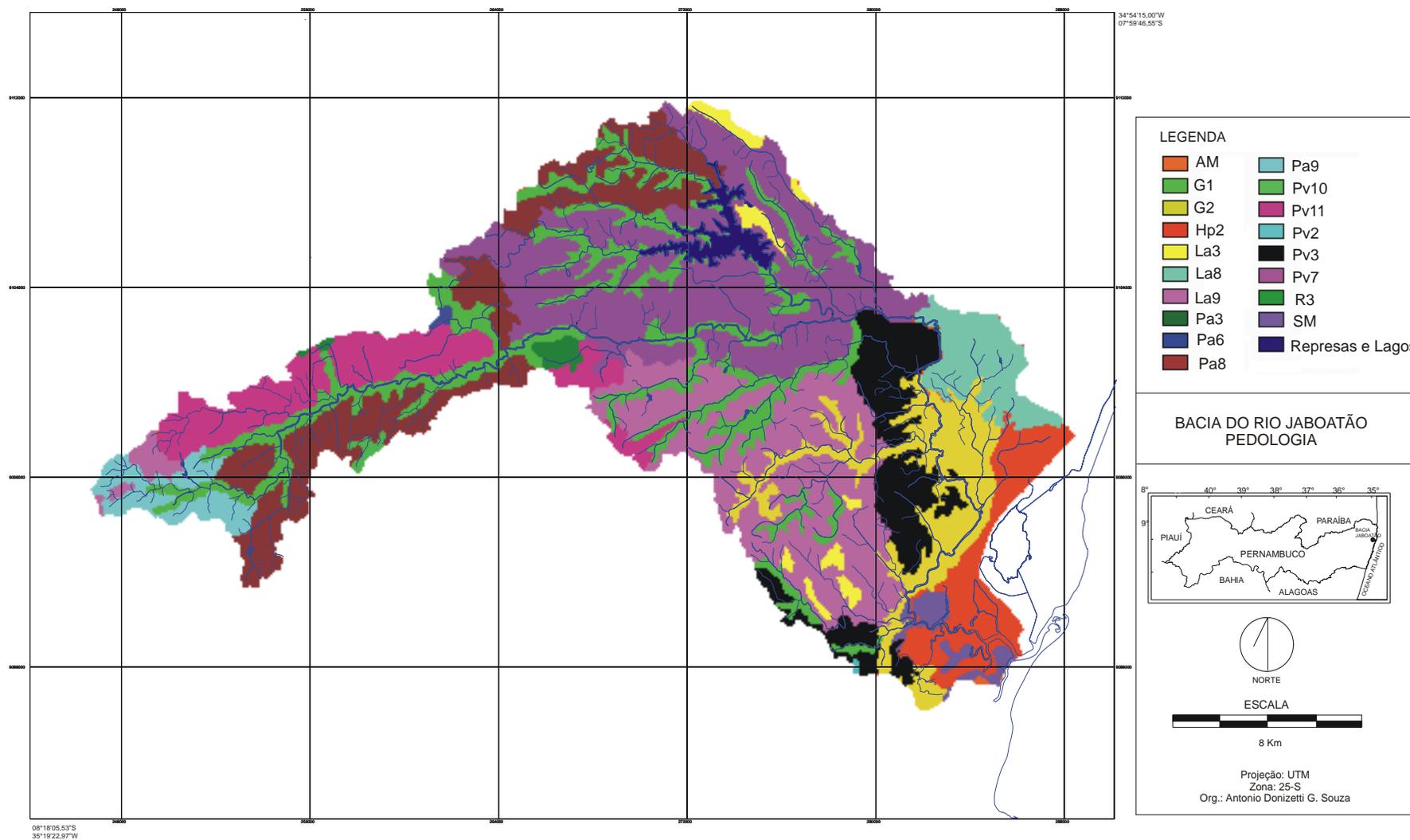


Figura 10. Tipos de solos existentes na bacia do rio Jaboatão.

Tabela 7. Tipos de solos existentes na bacia em percentual de área.

Tipos de Solos	Área	
	km ²	%
La3 - Latossolo Amarelo	6,26	1,51
La8 - Associação de Latossolo amarelo + Podzólico amarelo e vermelho amarelo	16,018	3,87
La9 - Associação de Latossolo amarelo + Podzólico am. e verm. am. + Gleissolo e Cambissolo	60,223	14,55
Pa6 - Associação de Podzólico amarelo + Podzólico acinzentado + Gleissolo	0,518	0,13
Pa'3 - Associação de Podzólicos am. e verm. am. + Latossolo am. + Pod. acinz. + aflor. rocha	2,156	0,52
Pa'8 - Associação de Podzólicos amarelo e ver. am. + Latossolo amarelo	47,048	11,37
Pa'9 - Associação de Podzólicos amarelo e vermelho amarelo	10,656	2,58
Pv2 - Associação de Podzólicos vermelho e amarelo + Cambissolo	0,137	0,03
Pv3 - Associação de Podzólicos vermelho e amarelo + Cambissolo + solos Litólicos	28,484	6,88
Pv7 - Associação de Podzólicos vermelho e amarelo + Podzólico verm. escuro + solos Litólicos	83,239	20,12
Pv10 - Associação de Podzólicos vermelho e amarelo + Latossolos verm. e am. + Camb. + af. Rocha	1,0539	0,25
Pv11 - Associação de Podzólicos vermelho e amarelo + solos Litólicos + afloram. rocha	31,316	7,57
Hp2 - Associação de Podzol Hidromórfico + Podzol	22,38	5,41
SM - Solos de Mangue	5,088	1,23
G1 - Associação de Gleissolo + Cambissolo + solos Aluvionais + Podzólicos amarelo e acinzentado	61,0187	14,75
G2 - Associação de Gleissolo + Cambissolo + solos Aluvionais	32,198	7,78
AM - Areias Quatzosas. Marinhas	0,1765	0,04
R3 - Associação de Solos Litólicos + Podzólicos vermelho e amarelo + afloramento de rocha	0,4089	0,10
Represa Duas Unas	5,426	1,31
Total		100,00

Mais para o interior da bacia e ocupando grande parte, estão o latossolos e os podzólicos. Os primeiros provém das rochas do pré-cambriano, que são a principal fonte, aliás, dos solos de Pernambuco, cujas características ácidas e pobres em nutrientes, dependem muito de adubos e calagem. Os podzólicos são solos de baixa fertilidade e oferecem problemas quanto a mecanização.

5.1.2 Aspectos Sócio-Econômicos

A bacia do rio Jaboatão está inserida na Região Metropolitana do Recife (RMR) e por isso faz-se necessário tecer alguns comentários sobre esta importante área urbana do país a fim de contextualizar alguns indicadores tratados a seguir.

A RMR é atualmente a quarta maior metrópole brasileira, congregando uma população de 3087967 habitantes e ocupando uma extensão territorial de 2776,9 km², sendo constituída por 14 municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo Sto. Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ipojuca, Ilha de Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata, conforme é apresentado na Figura 11.

No plano econômico, a RMR é responsável por 76% da renda gerada no estado de Pernambuco, contudo a distribuição dessa renda é bastante desigual e os índices sociais refletem a gravidade da situação, sendo que mais da metade da população ocupada acima do 15 anos trabalha no setor informal, e 63% do contingente de crianças e adolescentes pertence a famílias cujos insumos mensais não excedem a meio salário mínimo (CDM/DIAGONAL, 1997).

Este cenário de pobreza (reduzido nível de renda e qualidade de vida) é um fator histórico em Recife, a diferença é que atualmente esse contingente populacional de baixa renda aumentou significativamente e na mancha urbanizada da metrópole exprime-se nas extensas áreas de habitações carentes e favelas, situadas nas periferias, morros e ao longo de áreas alagadiças, onde não há praticamente infra-estrutura.

A deficiência, por exemplo dos serviços de saneamento urbano é responsável, hoje em dia, só na cidade do Recife, por 70% das mortes de crianças com menos de quatro anos de idade, devido a doenças infecto-parasitárias veiculadas pela água (CDM/DIAGONAL, op.cit.).

Na bacia do rio Jaboatão existem seis municípios, sendo que Vitória de Santo Antão é o único que não pertence a RMR. Os municípios que tem seus territórios na bacia estão representados na Tabela 8. O município com maior percentual em área na bacia é Jaboatão dos Guararapes (76,25%), sendo Recife com menor participação (1,97%). No interior da bacia, Jaboatão dos Guararapes também é o município com maior participação (47,80%) seguido de Moreno (21,31%).

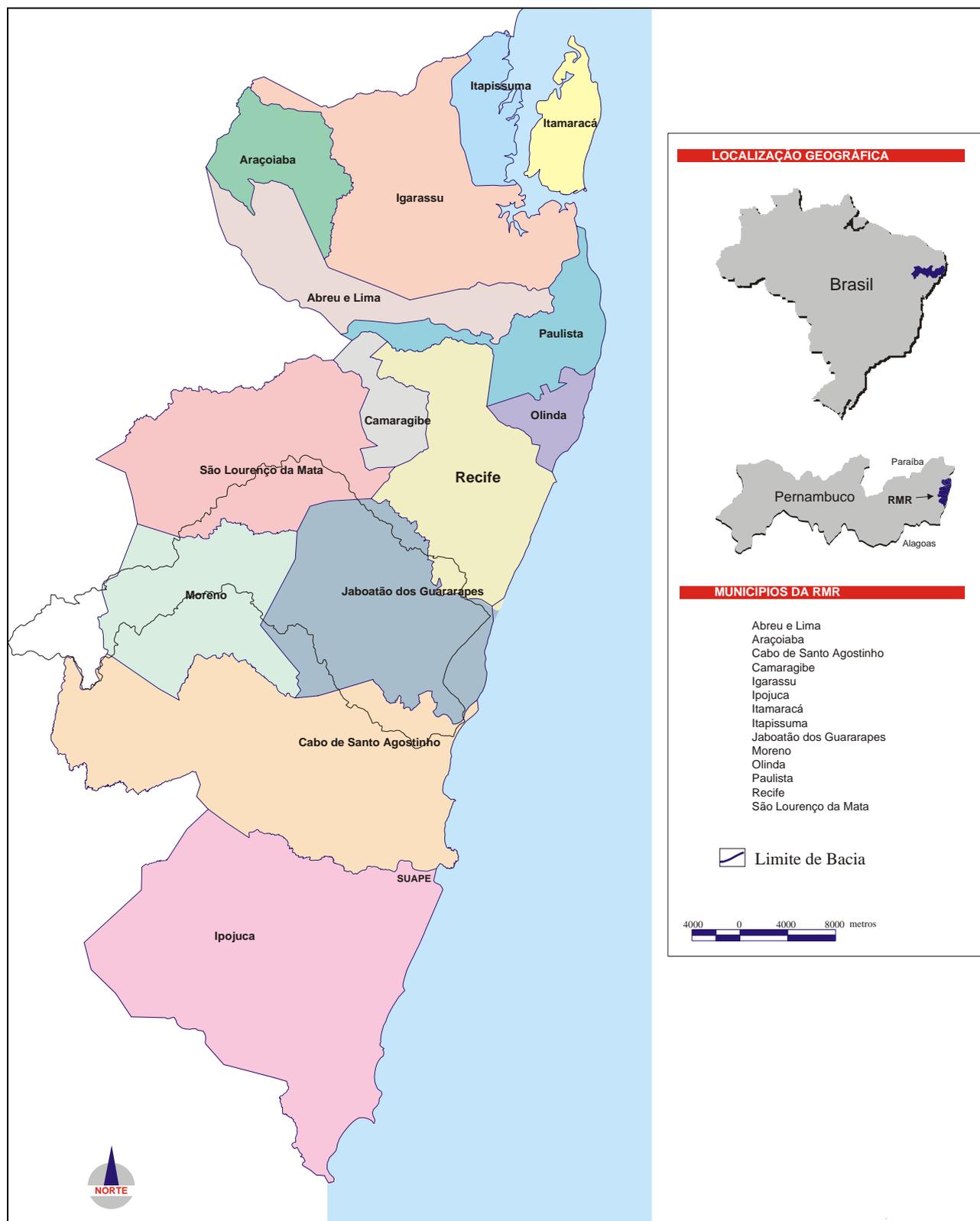


Figura 11. Localização da bacia do rio Jaboatão na Região Metropolitana do Recife (RMR). Modificado de CONTÉCNICA (1998a).

Tabela 8. Participação percentual dos municípios da bacia quanto as suas áreas.

<i>Municípios</i>	<i>Área total (km²)</i>	<i>Área na bacia (km²)</i>	<i>Área do município na bacia (%)</i>	<i>Área da bacia (%)</i>
Jaboatão dos Guararapes	259,00	197,58	76,28	47,80
Moreno	193,00	88,08	45,63	21,31
São L. Mata	263,00	56,00	21,29	13,55
Vitória Santo Antão	345,70	39,59	11,45	9,58
Cabo S. Ag.	445,00	27,80	6,24	6,72
Recife	218,00	4,30	1,97	1,04
Totais		413,35		100,00

A Figura 12 apresenta o uso e ocupação do solo na bacia, estando os percentuais das áreas das classes de cobertura representadas na Tabela 9. Destaca-se a predominância da cana-de-açúcar com 58,31%, seguido da vegetação arbustivas com 14,81% da área e a pouca presença de matas remanescentes.

Na Figura 13 estão representados os limites municipais com as respectivas manchas urbanas dos municípios existentes. Os únicos municípios que possuem suas sedes na bacia são Jaboatão dos Guararapes e Moreno. A mancha urbana do primeiro conurba com áreas urbanas do Recife, o mesmo acontece com a localidade de Pontezinha, pertencente ao Cabo Sto. Agostinho, que conurba com Jaboatão dos Guararapes.

A distribuição da população nos municípios pertencentes a bacia é representada na Tabela 10. É importante salientar que neste quadro foram consideradas as populações totais de cada município, não sendo, portanto, a população realmente presente na área da bacia em estudo, este tema será abordado novamente em itens posteriores.

Os dois municípios mais importantes existentes na bacia quanto suas áreas e presença de suas sedes, Jaboatão dos Guararapes e Moreno, merecem destaque. Jaboatão dos Guararapes apresenta uma população urbana de 457664 habitantes e se constitui em três distritos: Prazeres, localizado na zona litorânea e atual sede do município, Jaboatão (antiga sede) e Cavaleiro. Além da conurbação com o Recife, este município possui contrastes urbanos evidentes, como grande densidade de prédios de alto padrão e hotéis ao lado de intensa concentração de populações faveladas. O município constitui o segundo do estado em população e arrecadação de ICMS.

Já o município de Moreno, também situado na RMR, apresenta pouco dinamismo e precariedade de serviços urbanos. Sua base econômica encontra-se vinculada ao setor primário que absorve o maior contingente de sua população economicamente ativa. Sua sede possui 32063 habitantes, a menos populosa da bacia.

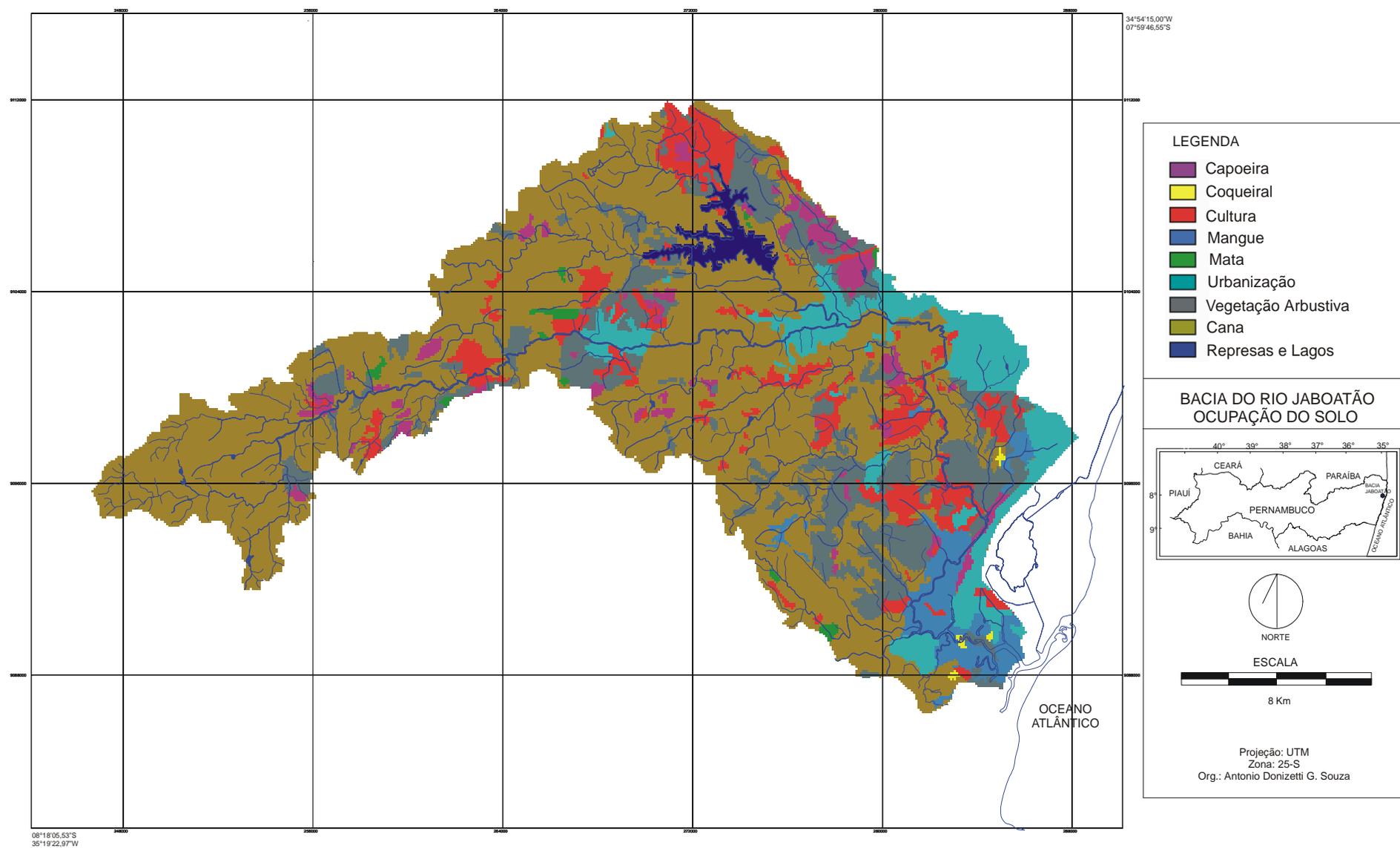


Figura 12. Uso e ocupação do solo na bacia do rio Jaboatão.

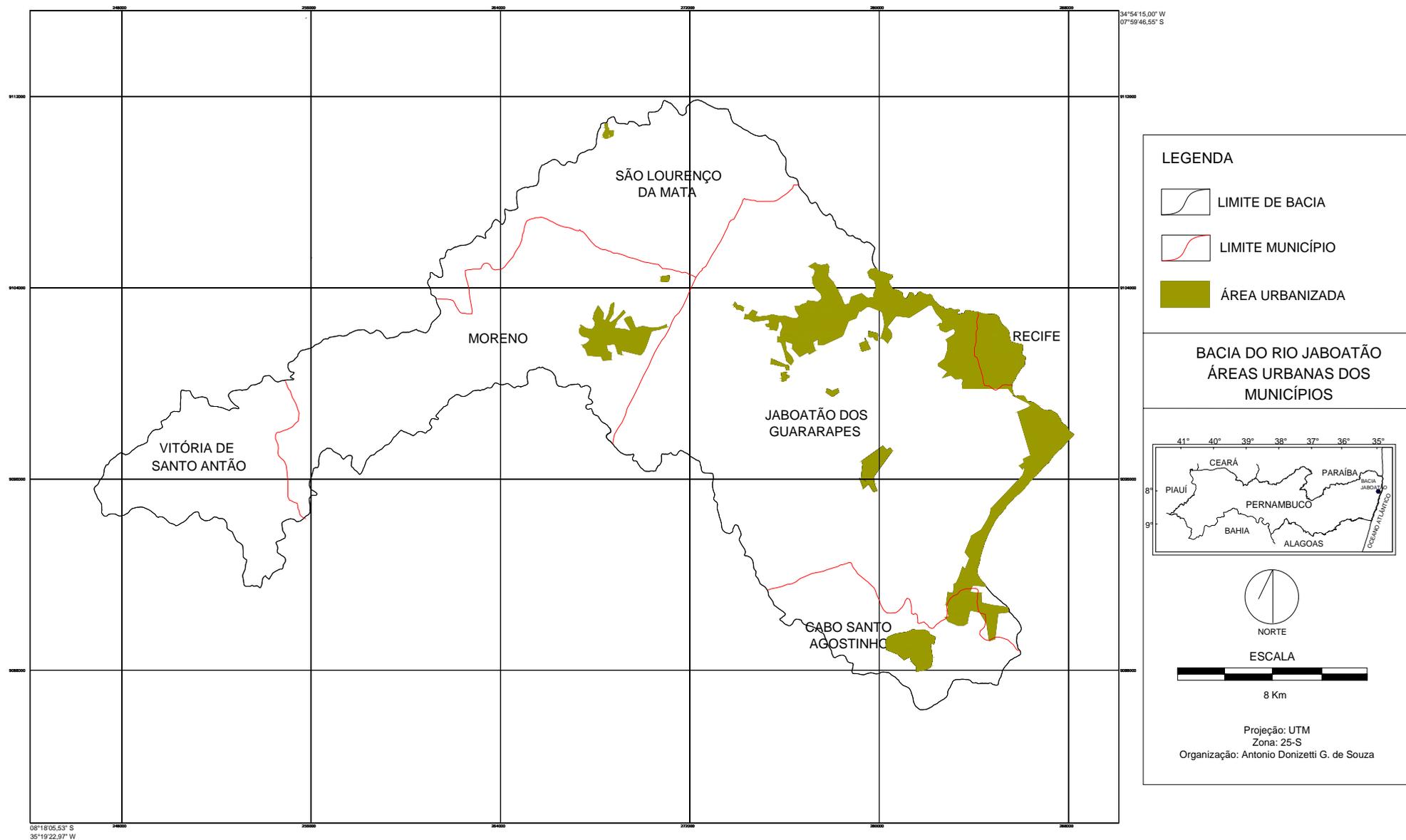


Figura 13. Bacia do rio Jaboatão - Limites municipais e manchas urbanas da bacia.

Tabela 9. Uso e ocupação do solo na bacia em percentual de área.

Cobertura Solo	Área	
	km ²	%
Capoeira	13,90	3,36
Coqueiral	0,50	0,12
Cultura	36,88	8,92
Mangue	15,52	3,75
Mata	2,36	0,57
Urbanização	36,89	8,92
Vegetação arbustiva	61,23	14,81
Cana-de-açúcar	241,10	58,31
Represa	5,08	1,23
Total		100,00

Tabela 10. População dos municípios que integram a bacia.

<i>Municípios</i>	<i>População Total</i>	<i>População Urbana</i>	<i>População Rural</i>	<i>Densidade Demográfica (hab/km²)</i>	<i>Taxa de Urbanização (%)</i>
Jaboatão G. Moreno	529966	457664	72302	2046,20	86,35
São L. Mata	39962	32063	7899	207,05	80,23
Vitória Santo Antão	89754	78776	10978	341,26	87,76
Cabo S. Ag. Recife	110888	91236	19652	320,76	82,27
	140764	125055	15709	316,32	88,84
	1346045	1346045	-	6174,51	100,00

Fonte: FIDEM (1998).

Quanto a taxa de urbanização, verificou-se que a bacia tem características urbanas, uma vez que todos os seus municípios apresentam taxas acima de 80%, com destaque para Recife com 100% e Moreno com a menor taxa, 80,23%. A densidade demográfica é mais alta a leste, nos municípios de Recife e Jaboatão, e decresce a medida que se direciona ao norte, em São Lourenço da Mata, a oeste, em Vitória de Santo Antão e ao sul, para o Cabo Sto. Agostinho, mantendo-se todas em uma faixa média. A exceção é o município de Moreno, que possui a menor densidade.

A Tabela 11 mostra a distribuição dos tipos de estabelecimentos industriais nos municípios da bacia. Nota-se que Recife se destaca com o maior número de empreendimentos seguido de Jaboatão dos Guararapes. O município de Moreno apresenta o menor número de estabelecimentos refletindo sua pouca dinâmica econômica e sustentação nas atividades vinculadas mais ao setor primário.

As condições de saneamento básico estão representadas nas Tabelas 12 e 13. Recife e Jaboatão são os municípios com maior percentual de atendimento quanto aos serviços de água (95,53% e 85,52%, respectivamente), sendo os menores índices existentes em São Lourenço da Mata (51,07%).

Tabela 11. Estabelecimentos industriais existentes nos municípios da bacia.

Atividades	Número de Estabelecimentos					
	Jaboatão	Moreno	São L. Mata	Vitória S. Antão	Cabo St. Agostinho	Recife
Minerais Não Metálicos	1			1		1
Alimentos, Beb. e Fumo	167		22	36	36	443
Têxtil, Confeccões, etc	25	9	3	6	11	223
Madeira, Mobiliário	39	4	6	8	12	106
Papel, Gráfica	21	1	5	2	4	134
Álcool, Químicos, Plásticos	36	3	1	5	13	73
Fábricas Min. Não Metál.	17	2	8	8	6	54
Metalúrgica, Metal, Máq.	44	2	11		11	117
Informática, Escrit., Eletr.	11	2	1			21
Instr. Médicos	3	1				15
Transporte, Veículos	3		1	1	1	35
Eletricidade, Gás, Água						2
Construção	15				2	156
Total	382	24	58	67	96	1380

Fonte: CONTECNICA (1997a)

Tabela 12. Situação do abastecimento de água nos municípios da bacia.

Municípios	População Total	População Atendida	Atendimento (%)
Jaboatão G.	529966	323914	85,52
Moreno	39962	29167	72,99
São L. Mata	89754	45839	51,07
Vitória Santo Antão	110888	78568	70,86
Cabo S. Agost.	140764	102.538	72,84
Recife	1346045	1285922	95,53

Fonte: CDM/DIAGONAL (1997).

Tabela 13. Situação de esgotamento sanitário nos municípios da bacia.

Municípios	Sem Instalação (% Domicílios)	Com Instalação - Tipo de Escoadouro (% Domicílios)								
		Fossa Séptica					Fossa Rudimentar	Vala	Outros	Não sabe
		Rede Geral	Ligada Pluvial	Sem Escoadouro						
Jaboatão G.	10,45	12,05	6,03	16,39	56,99	2,07	5,39	0,76		
Moreno	18,86	7,29	0,25	2,03	81,55	0,59	8,05	0,23		
São L. Mata	13,45	16,29	5,02	7,45	65,53	2,90	1,93	0,89		
Vitória S. A.	12,76	44,84	2,98	1,09	37,03	3,98	8,47	1,62		
Cabo S. Ago.	16,18	17,75	1,31	5,60	68,76	2,28	4,03	0,26		
Recife	7,48	35,29	7,49	13,35	37,86	2,84	2,78	0,40		

Fonte: CONTECNICA (1998a)

Quanto ao esgoto sanitário, os municípios de Moreno e Cabo, apresentam 18,86% e 16,18%, respectivamente, de seus domicílios sem quaisquer tipo de instalações sanitárias. Recife tem a melhor condição com 7,48% dos domicílios sem instalações. Para o tipo de escoadouro, observa-se que Vitória de Santo Antão, com 44,84% e Recife com 35,29% dos

domicílios, se apresentam ligados a rede geral. No restante, o percentual situa-se abaixo de 20%. O tipo de escoadouro predominante é a fossa rudimentar, chegando a atingir 81,55% deste tipo para o esgoto produzido em Moreno.

A Tabela 14 apresenta a distribuição fundiária existente nos municípios da bacia. Vitória de Santo Antão destaca-se como o município com maior número de estabelecimentos rurais (1919), sendo que a média entre os outros fica entorno de 300 propriedades. Quanto à distribuição propriamente dita, observa-se uma tendência à concentração, pois poucas propriedades com áreas acima de 1000 ha, sobretudo em Jaboatão, Cabo Sto. Agostinho e São L. da Mata, são responsáveis por cerca de 40% das área totais existentes nestes municípios.

As classes de rendimento mensal das populações dos municípios existentes na bacia tendo como base o salário mínimo são apresentadas na Tabela 15. Os dados mostram uma crítica situação de pobreza em 4 dos 6 municípios da bacia. A renda até 1 salário mínimo alcança níveis de 77% a 80% das famílias nos municípios de Moreno, São Lourenço da Mata, Vitória de Santo Antão e Cabo. Os municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife apresentam uma situação menos dramática com 63,80% e 54,29% respectivamente, mas mesmo assim, crítica. Observa-se que acima de 5 salários mínimos se encontram os menores percentuais de famílias existentes nestas cidades, sobretudo em Moreno com 0,47%, evidenciando o alto grau de pobreza regional.

As condições de saúde e educação das populações dos municípios estão representadas nas Tabelas 16 a 18. Verifica-se as precárias condições de vida destes municípios refletidas nos indicadores apresentados.

Os dados de mortalidade infantil, indicam as piores condições para as cidades de Moreno com 80,60/1000 dos nascidos vivos e Vitória de Sto. Antão, com 73,43/1000 dos nascidos vivos. As melhores taxas são encontradas em Recife (34,25).

Quanto ao número de leitos hospitalares/1000 habitantes, o município de Recife apresenta o maior valor (6,38/1000). Os menores níveis são registrados em Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata.

Os dados de analfabetismo indicam que os municípios de Vitória de Santo Antão (38,70%), São Lourenço da Mata (32,30%) e Moreno (31,80%), apresentam as taxas mais elevadas.

Tabela 14. Distribuição da estrutura fundiária existente nos municípios da bacia.

<i>Municípios</i>	<i>Totais Propriedades</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Distribuição Propriedades/Área (% %)</i>			
			<10 há	>10 <100 há	>100 <1000 há	>1000 ha
Jaboatão G.	442	19828,8	65,9/4,7	25,8/14,5	7,8/41,7	0,5/39,9
Moreno	249	14356,0	59,8/4,3	27,3/13,0	12,0/65,5	0,8/17,2
São L. Mata	397	22373,7	80,4/5,2	12,3/7,2	6,0/44,1	1,3/43,4
Vitória S. Antão	1919	39566,8	79,0/14,2	17,2/19,3	3,4/52,9	0,2/13,4
Cabo S. Agost.	430	38162,9	49,1/3,8	42,3/9,4	7,7/41,8	0,9/45,0
Recife	314	4347,8	76,0/21,0	22,0/39,0	2,0/40,0	-

Fonte: FIDEM (1998)

Tabela 15. Classes de rendimento mensal das populações dos municípios existentes na bacia baseados no salário mínimo.

<i>Municípios</i>	<i>Número de Famílias</i>	<i>Distribuição da População (%) (SM= Salário Mínimo)</i>					
		Sem Rendimento	Até 1 SM	Mais de 1 até 2 SM	Mais de 2 até 5 Sm	Mais de 5 SM	Sem Declaração
Jaboatão G.	123843	6,29	63,80	15,58	9,22	3,69	1,42
Moreno	9616	4,85	80,92	7,98	4,90	0,47	0,89
São L. Mata	20215	5,30	77,27	11,165	3,67	0,52	2,08
Vitória S. Antão	25883	2,59	80,68	9,40	4,59	1,03	1,72
Cabo S. Agost.	30136	4,70	77,66	10,91	4,19	0,73	1,80
Recife	344572	5,17	54,29	15,01	14,21	9,84	1,50
Total/Médias	554265	5,27	60,22	14,39	11,55	7,06	1,52

Fonte: CONTÉCNICA (1998a).

Tabela 16. Taxa de mortalidade infantil registrada nos municípios da bacia.

<i>Municípios</i>	<i>Taxa de Mortalidade Infantil (n/1000 nascidos vivos)</i>
Jaboatão dos Guararapes	39,10
Moreno	80,60
São L. Mata	57,30
Vitória Santo Antão	73,43
Cabo S. Agostinho	53,60
Recife	34,25

Fonte: FIDEM (1998).

Tabela 17. Distribuição do número de leitos hospitalares existentes nos municípios da bacia.

<i>Municípios</i>	<i>Número de Leitos/ 1000 habitantes</i>
Jaboatão dos Guararapes	0,64
Moreno	4,13
São L. Mata	1,76
Vitória Santo Antão	4,32
Cabo S. Agostinho	3,11
Recife	6,38

Fonte: FIDEM (1998).

Tabela 18. Taxa de analfabetismo registrada nos municípios da bacia.

<i>Municípios</i>	<i>Taxa de Analfabetismo População acima de 15 anos</i>
Jaboatão dos Guararapes	19,40
Moreno	31,80
São L. Mata	32,30
Vitória Santo Antão	38,70
Cabo S. Agostinho	29,10
Recife	14,90

Fonte: FIDEM (1998).

5.1.3 Uso dos Recursos Hídricos

O uso da água na bacia do rio Jaboatão é fortemente influenciado pelo abastecimento público, uma vez que a bacia situa-se na Região Metropolitana do Recife, a qual sofre impactos resultantes da escassez com adoção de racionamentos periódicos.

A Tabela 19 apresenta os volumes, em $m^3/mês$, e as coordenadas geográficas das captações superficiais existentes na bacia. Estas derivações estão representadas espacialmente nas Figuras 14 e 15.

Tabela 19. Volumes médios de água retirados nas captações superficiais existentes na bacia.

<i>Localidades</i>	<i>Coordenadas - UTM</i>		<i>CAPTAÇÕES (m³/mês)</i>
	<i>Leste</i>	<i>Norte</i>	
Bonança	257586	9099701	25920
Moreno	266780	9102343	207360
Barragem Duas Unas	275451	9105067	2202094
Rio Muribequinha	281968	9097580	399168
Rio Mussaíba (Quartel)	279633	9104796	36288
Us. Bulhões (Estiagem)	276254	9102419	2736300
Jussara (Vitória)	255729	9098716	466560

Na parte alta da bacia se encontram duas derivações para abastecimento público, sendo elas Jussara e Bonança.

A captação Jussara abastece o município de Vitória de Santo Antão em cerca de 80% de sua demanda.

A captação Bonança aloca água para a localidade de mesmo nome e é feita através de uma soleira, para elevação do nível das águas do rio Jaboatão. A descarga do Jaboatão no local da captação é da ordem de $0,25 m^3/s$. Este valor permite que seja assegurado o atendimento ao sistema existente deste distrito, com capacidade em torno de $0,010 m^3/s$, e de outros usos atuais, inclusive a captação, a montante, para abastecimento de Vitória de Santo Antão (Jussara). Vale salientar que a demanda atual de Bonança já é da ordem dos $0,017 m^3/s$, não atendida em virtude das limitações do seu sistema (CONTÉCNICA, 1997b).

No médio curso ocorre a captação para a cidade de Moreno localizada a montante da área urbana. Esta derivação é em soleira vertedoura de elevação de nível e sua implantação deu-se em 1976, com uma capacidade de $0,050 m^3/s$, tendo sofrido uma ampliação em maio/96, quando foi elevada para $0,080 m^3/s$.

A captação Duas Unas faz parte dos Sistemas de Abastecimento Integrados da RMR. Este complexo metropolitano é formado por um conjunto de barragens e captações menores cujo objetivo é a garantia do abastecimento das áreas urbanas da RMR.

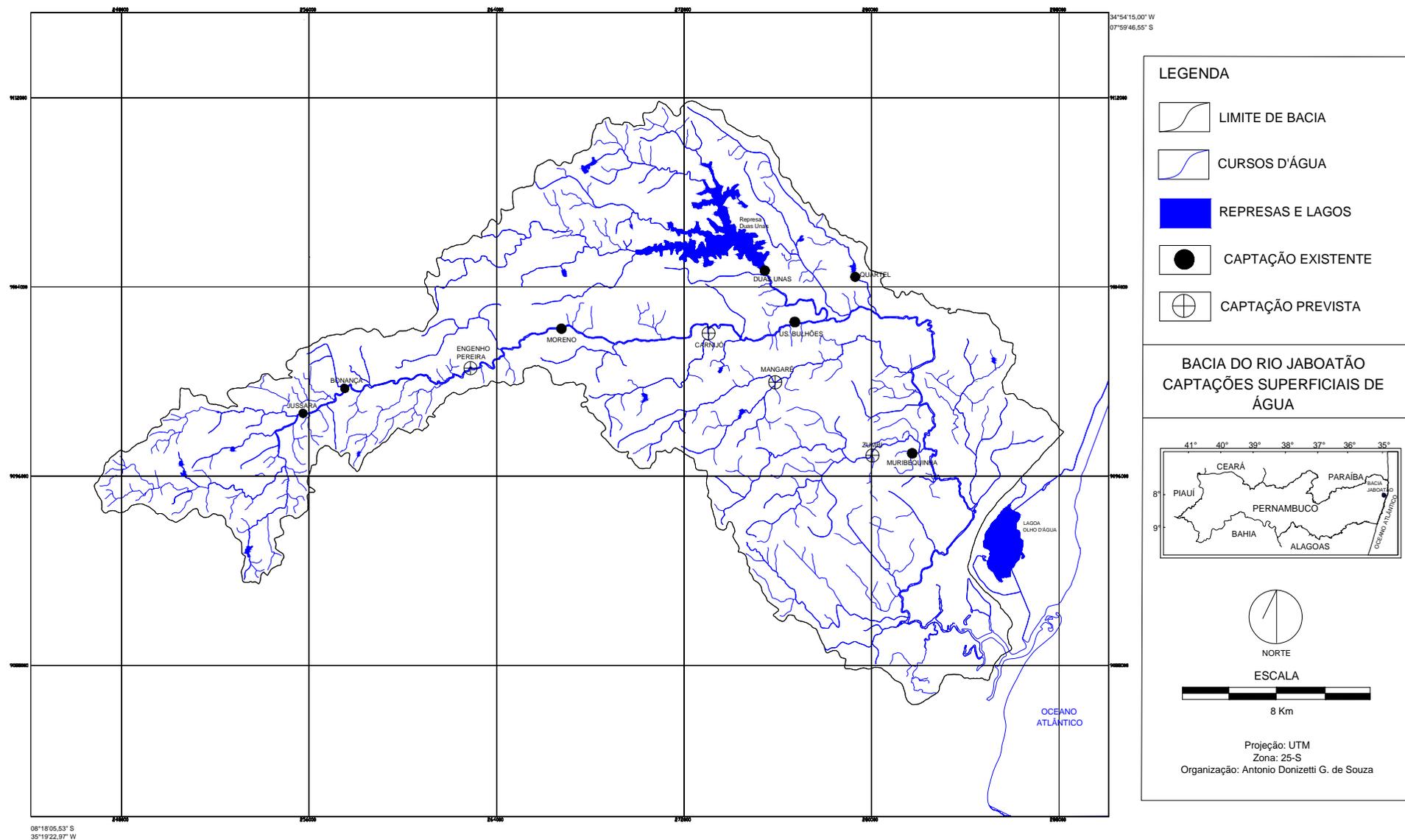


Figura 14. Bacia do rio Jaboatão - Captações superficiais de água existentes na bacia (atuais e futuras).

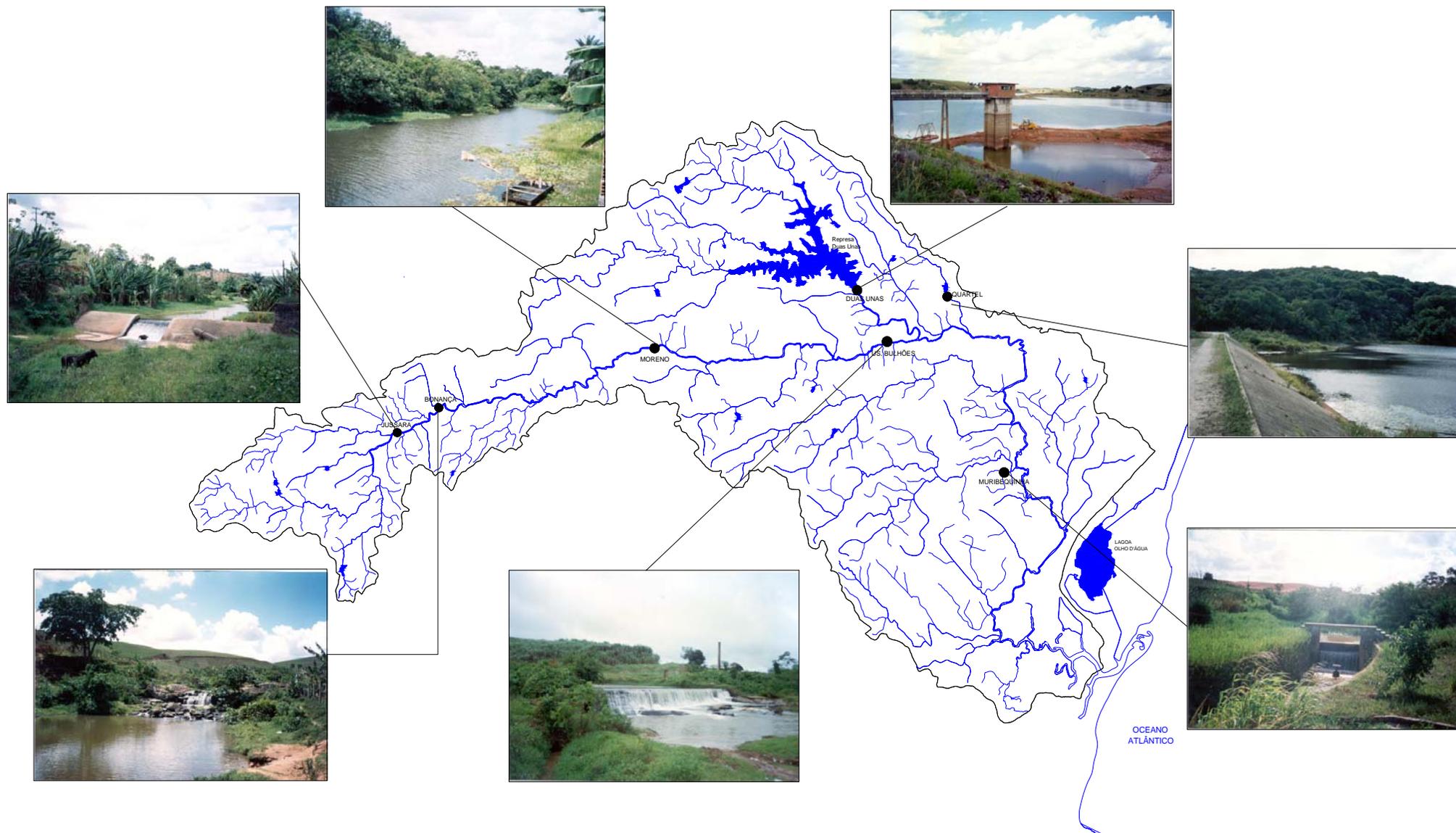


Figura 15. Bacia do rio Jaboatão - Registro fotográfico das captações superficiais de água. Sem escala.

A barragem de Duas Unas está inserida no Sistema Tapacurá e situa-se a cerca de 180 m a montante da travessia do rio Duas Unas sob a rodovia BR-232, à altura do seu km 20, e consta de uma barragem mista, com vertedor em concreto e alas laterais em terra compactada.

Por ocasião da elaboração do projeto desta barragem, em 1976, o regime hidrológico da bacia de contribuição e o efeito regulador da obra foram amplamente estudados, levando à conclusão que o valor da descarga garantida é de 1,0 m³/s para o abastecimento público.

O início da exploração deste manancial era previsto para o ano de 1985. No entanto, falhas no Sistema Tapacurá anteciparam a implantação das obras e operação para 1978.

A derivação industrial mais significativa da bacia é representada pela usina Bulhões. Esta derivação é feita através de uma barragem de nível que capta considerável volume no período de estiagem, onde a água é utilizada nos processos desta indústria.

A captação existente no rio Mussaíba localiza-se na área do quartel da Polícia Militar do estado e representa uma derivação para abastecimento de alguns bairros próximos. Por fim, há uma captação no rio Muribequinha, localizada a montante dos despejos de chorume provenientes do lixão da Muribeca. Esta captação supri parte do abastecimento d'água de um bairro com conjuntos habitacionais existente em Recife, bairro do Ibura.

Os principais impactos levantados com base nas visitas realizadas às captações superficiais no entorno deste mananciais são descritos abaixo.

Na captação Jussara a ocupação predominante do solo é de pastagens e pequenas culturas. A captação de Bonança encontra-se numa área de cana-de-açúcar e em períodos de seca (verão) o rio fica com nível muito baixo, dificultando a manutenção do regime para o abastecimento. Isto ocorre, segundo informações locais, devido a existência de captações clandestinas a montante, onde a água é utilizada para irrigar pequenas lavouras.

A captação Moreno está mais próxima ao núcleo urbano do município. Neste local existem algumas residências nas margens, onde há acúmulo de lixo e utilização da área para banhos de moradores e animais.

O entorno do lago da barragem de Duas Unas está inserido em uma região totalmente ocupada por canais, o que pode provocar aporte de fertilizantes e desenvolvimento de um processo acelerado de eutrofização.

Foi observado durante a estiagem que a captação industrial realizada pela usina Bulhões provoca um colapso a jusante no volume de água remanescente, o rio praticamente seca, sendo re-alimentado a 300m abaixo com as águas de lavagem da indústria com elevada temperatura.

A derivação existente no rio Muribequinha localiza-se muito próxima ao lixão da

Muribeca, que é o local onde são despejados os resíduos sólidos dos municípios de Recife e Jaboatão. O chorume é canalizado para este rio a jusante da captação, entretanto sua proximidade com o terreno do lixão apresenta elevados riscos de contaminação.

Na Figura 14 também estão representadas os mananciais a serem explorados futuramente para abastecimento público, segundo estudos desenvolvidos pela COMPESA (1985), sendo eles:

- a) Rio Jaboatão: barragem situada no Engenho Pereira, a montante da cidade de Moreno que poderá fornecer cerca de $0,920 \text{ m}^3/\text{s}$;
- b) Rio Carnijó: afluente da margem direita, localizado entre Moreno e Jaboatão dos Guararapes, podendo fornecer $0,055 \text{ m}^3/\text{s}$ numa captação próxima a sua foz;
- c) Rio Mangaré: afluente da margem direita, ponto situado cerca de 2 km a montante de sua foz no rio Jaboatão, vindo a fornecer $0,115 \text{ m}^3/\text{s}$;
- d) Rio Zumbi ou Salgadinho: afluente da margem direita, ponto também situado cerca de 2 km de sua desembocadura no rio Jaboatão, podendo fornecer $0,255 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dos mananciais mencionados acima, merece destaque a barragem do rio Jaboatão no Engenho Pereira. Esta obra já teve seu EIA/RIMA e projeto executivo elaborado, entretanto, dado o atraso em seu início, necessita de reavaliações.

A descarga regularizada com a construção desta obra foi estimada, nos estudos hidrológicos desenvolvidos, em $0,920 \text{ m}^3/\text{s}$, devendo ser totalmente destinada ao complexo de abastecimento metropolitano, incluindo a cidade de Moreno, uma vez que, nos cálculos, foram asseguradas as condições de atendimento às captações, já existentes, dos sistemas de Vitória de Santo Antão e Bonança, situadas a montante.

A Tabela 20 apresenta a população real existente na bacia com as respectivas projeções e o consumo de água distribuídos nos municípios. Observa-se que atualmente a bacia apresenta uma população influente de 520063 habitantes, sendo Jaboatão dos Guararapes, a cidade com maior número de habitantes na bacia e São L. da Mata o município de menor população (654 habitantes).

O percentual em perdas de água existente nos núcleos urbanos está representado na Tabela 21. A nucleação de Pontezinha, pertencente ao município do Cabo, ocorre um alto nível de perda (52,41%) seguido de Moreno com 45,43%.

O consumo das principais indústrias da bacia está representado na Tabela 22. A usina Bulhões se destaca como sendo o maior consumo dentre os relacionados. Cerca de 50% das indústrias utilizam um sistema misto de abastecimento representado pela rede pública e poço próprio.

Tabela 20. População efetivamente influente na bacia e consumo de água estimados para os anos 2000/2010/2020.

<i>Município</i>	2000		2010		2020	
	<i>População (hab.)</i>	<i>Consumo (m³/dia)</i>	<i>População (hab.)</i>	<i>Consumo (m³/dia)</i>	<i>População (hab.)</i>	<i>Consumo (m³/dia)</i>
Cabo Sto Agostinho	31736	5152585	36345	5888310	41458	6704765
Jaboatão dos Guar.	413810	62670825	477783	72514560	537932	81705475
Recife	49533	4953300	51499	5149900	53261	5326100
Moreno	25229	3532060	25865	3621100	26513	3711820
São L. Mata	654	91560	669	93660	685	95900
TOTAL	520962	76400330	592161	87267530	659849	97544060

Fonte: CDM/DIAGONAL (1997)

Tabela 21. Perdas de água na bacia registradas no abastecimento público no período de abril/96-dezembro/98.

<i>Localidades</i>	PERDAS DE ÁGUA (%)
Moreno	45,43
Jaboatão	36,39
Prazeres	35,76
Ponte dos Carvalhos	18,19
Pontezinha	52,41
<i>Média</i>	37,64

Fonte: COMPESA (1997,1998).

Tabela 22. Caracterização do uso da água entre as indústrias da bacia.

		<i>Consumo - m³/dia</i>				
Indústria	Fonte	Sanitário	Processo	Refrig.	Outros	Totais
Aganor	Rede Pública	40			26	66
	Poço Próprio		47	74		121
Agrofertil	Rede Pública				4	4
	Poço Próprio	10			10	20
Alpargatas	Poço Próprio	174,6	255,4	383,2	35,2	848,4
Basf/Suvinil	Rede Pública	15	52,25	4,5		71,75
	Poço Próprio				78	78
Fortilit	Rede Pública				10	10
	Poço Próprio	15	45	5		65
Iquine	Poço Próprio	0,32	12		0,15	12,47
Loriflex	Rede Pública	29				29
Ondunorte III	Rede Pública	2	600			602
	Rio/Córrego	4				4
Pernamb. Quimica	Rede Pública		19			19
	Poço Próprio	500	4500			5000
Porparella	Rede Pública	60				60
Pólvora Elefante	Rede Pública	9				9
	Poço Próprio	7				7
Portela	Rede Pública	32,2	5269			5301,2
Ref. Guararapes	Rede Pública	220	2066	270	145	2701
Simisa	Poço Próprio	173	237			410
Tec. Parahyba	Rede Pública	3	62			65
	Poço Próprio	3				3
Tec. São José	Rede Pública	5000	5000			10000
	Poço Próprio	45000	45000			90000
Tintas Wanda	Rede Pública	2				2
	Poço Próprio	2				2
Toalheiro Brasil	Rede Pública	4	30			34
Usina Bulhões	Rio/Córrego	10	52800	34800	3600	91210
White Martins	Rede Pública	5			0,22	5,22
	Poço Próprio		0,67	0,33	1	2
TOTAIS		51325,32	115998,0	35537,0	3929,87	206790,7

A bacia não apresenta postos fluviométricos para uma análise completa de sua disponibilidade hídrica. Entretanto com base em estudos provenientes do EIA/RIMA da barragem do Engenho Pereira, das medidas diretas feitas pela COMPESA e a adoção de uma descarga específica decenal de estiagem da ordem de $0,0037 \text{ m}^3/\text{s.km}^2$ (ACQUAPLAN, 1990), foi possível estimar as disponibilidades a fio d'água ao longo do rio apresentadas no diagrama unifilar da Figura 16. Na Tabela 23 é apresentado o balanço por trecho entre a disponibilidade natural e as interferências existentes (captações e retornos de esgotos). Esta estimativa foi feita apenas para o curso principal do rio não considerando trechos de afluentes.

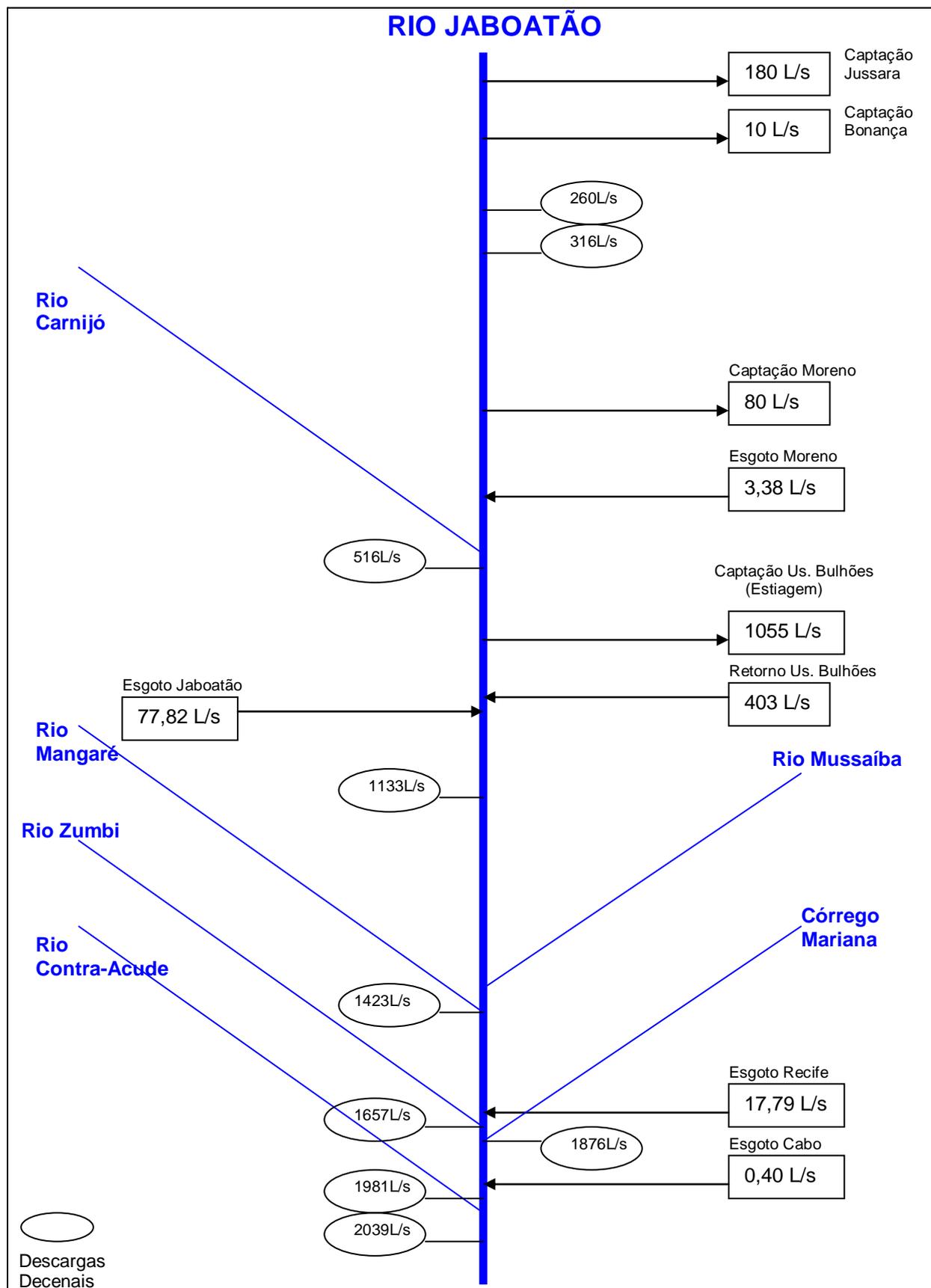


Figura 16. Diagrama unifilar do rio Jaboatão representando os volumes médios captados, retornos existentes e as disponibilidades a fio d'água baseadas na descarga de estiagem decenal ao longo do curso d'água (L/s). Sem escala.

Tabela 23. Estimativa da disponibilidade de água existente ao longo do rio Jaboatão com base no regime natural e artificial das vazões durante o período de estiagem. Todos os valores em L/s.

Locais de Referência	Distância Foz - km	Descarga decenal Estiagem ¹	Captações	Disponibilidade Real ²	Retornos Esgotos (Água Degradada)	Vazão Reman. no Trecho
Eng. Pereira	48	260	190	70		70
2 km jusante	46	316	80	46	3,38	49,38
Jusante rio Carnijó	34	516		246		246
Jusante Jaboatão G.	27	1133	1055	-192	475,82	283,82
Jusante rio Mangaré	19	1423		98		98
Jusante rio Zumbi	16	1657		332	17,79	349,79
Jusante C. Mariana	12	1876		551		551
Montante Cont-Açude	3	1981		656		656
Jusante Cont-Açude	2	2039		714	0,4	714,4

1: Estimativas retiradas de ACQUAPLAN (1990).

2: Diferenças entre os volumes incrementados às descargas decenais e os volumes captados no trecho.

Verifica-se uma situação grave após a captação da usina Bulhões e a área urbana de Jaboatão dos Guararapes, onde em períodos de safra da cana, ocorre um déficit de água e a predominância de águas degradadas (efluentes da usina e esgoto do município) como remanescentes no rio.

Quanto ao aproveitamento das águas subterrâneas, a Tabela 24 apresenta as relações dos poços cadastrados para a região da bacia. Na Figura 17 são plotados estes poços. Ao todo foram catalogadas 63 captações particulares subterrâneas distribuídas, principalmente, na região próximo ao limite litorâneo da bacia. Isto está relacionado com a presença da maior parte de hotéis e condomínios residenciais dos municípios de Jaboatão e Cabo Sto. Agostinho. Não existe na área da bacia poços profundos operados pela COMPESA para abastecimento público. Estes se localizam mais para região norte da RMR. Nos 63 poços particulares catalogados na bacia ocorre uma vazão média de 10,49 m³/h.

Embora o estado de Pernambuco já tenha regulamentado uma lei específica para águas subterrâneas com a exigência de cadastro, licença e outorga para sua utilização, o controle efetivo das perfurações é de difícil realização. Esta dificuldade é mais acentuada para os poços rasos que podem ser construídos com equipamentos manuais por empresas que executam a obra a baixo custo. Desta forma o número de poços deste tipo realmente existente deve ser bem superior ao apresentado. Esta falta de controle, além de não permitir um melhor conhecimento sobre as flutuações dos níveis piezométricos e da qualidade da água, também aumentam o risco de contaminação dos aquíferos devido a problemas construtivos (ausência de revestimento).

Tabela 24. Relação dos poços de captação da água existentes na bacia.

Número	Propriedade	Coordenadas UTM		Cota (m)	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)
		Leste	Norte			
1	Edf. Domec	290034	9099981	2,10	117,00	3,60
2	Edf. Veraneio	288512	9091859	3,00	S.I.	
3	Edf. Solar Souza Leão	289065	9096407	2,00	147,00	9,00
4	Hosp. da Aeronáutica	289316	9097760	2,50	S.I.	
5	Edf. Sonata	288819	9095851	3,00	115,00	6,00
6	Hosp. da Aeronáutica	289359	9097749	2,50	141,00	9,00
7	Hosp. da Aeronáutica	289345	9097795	2,50	153,00	8,00
8	Edf. Flamingo	288759	9095520	3,00	150,00	30,00
9	Petribu Sheriton H.	288586	9094871	3,00	144,00	
10	Edf. Areia Branca	288705	9095525	3,00	141,00	9,00
11	Edf. Princ. Sergóvia	288705	9095374	3,00	118,00	3,50
12	Edf. Massapê	288646	9095366	3,00	150,00	10,00
13	Catavento	288593	9094068	3,50	S.I.	
14	Ibiza	288738	9095475	3,00	140,00	8,60
15	2 Comar-I	289287	9098809	2,30	122,00	31,68
16	SESC	288596	9094122	3,50	152,00	9,00
17	Edf. Copenhage	289040	9091840	3,00	108,00	4,80
18	Refresco Guararapes	286263	9096265	6,00	98,00	8,80
19	Ref. Açuc. do Nordeste	286124	9095944	6,00	79,00	9,00
20	Ref. Açuc. do Nordeste	286183	9095943	7,00	130,00	18,00
21	Ref. Açuc. do Nordeste	286075	9095890	7,00	78,00	15,00
22	Ref. Açuc. do Nordeste	286139	9095881	7,00	120,00	40,00
23	Ref. Açuc. do Nordeste	286072	9095843	7,00	120,00	22,00
24	Ref. Açuc. do Nordeste	286025	9095796	7,00	130,00	12,00
25	Ref. Açuc. do Nordeste	286121	9095745	7,00	122,00	10,50
26	Ref. Açuc. do Nordeste	286192	9095807	7,00	120,00	7,54
27	Ref. Açuc. do Nordeste	286198	9095866	7,00	128,00	14,40
28	Ref. Açuc. do Nordeste	286136	9095805	7,00	105,00	19,80
29	Borlen do Nordeste	285951	9095779	6,50	123,00	8,80
30	Borlen do Nordeste	285959	9095725	6,50	90,00	10,00
31	Hotel Comodoro	285315	9095235	7,50	94,00	4,40
32	Alpargatas do Nordeste	285502	9095324	7,50	87,00	10,00
33	Alpargatas do Nordeste	285506	9095254	7,50	80,00	4,30
34	Alpargatas do Nordeste	285522	9095223	7,50	123,00	7,00
35	Alpargatas do Nordeste	285476	9095165	7,80	122,00	17,40
36	Alpargatas do Nordeste	285429	9095199	7,80	82,00	8,10
37	Ford do Brasil	283901	9093111	7,00	93,00	10,00
38	Ford do Brasil	283934	9093089	7,00	94,00	6,00
39	Caio Norte	283921	9093326	7,00	85,00	0,90
40	Caio Norte	283943	9093308	7,00	95,00	0,80
41	Caio Norte	283915	9093284	7,00	S.I.	
42	Plus Vita	283878	9092812	7,00	112,00	3,30
43	Agrofertil S/A	283663	9090413	2,00	75,00	5,00

Tabela 24. Continuação.....

Número	Propriedade	Coordenadas UTM		Cota (m)	Profundidade (m)	Vazão (m ³ /h)
		Leste	Norte			
44	Agrofertil S/A	283648	9090353	2,00	95,00	
45	COSINOR	283439	9090099	2,00	86,00	8,00
46	COSINOR	283486	9090102	2,00	100,00	20,00
47	Expresso Vera Cruz	286145	9096145	6,00	86,00	6,00
48	Glasurit do Brasil	285362	9095065	7,90	79,00	10,20
49	Glasurit do Nordeste	285215	9095025	7,90	137,00	25,50
50	Empresa Muribeca	286765	9096314	8,00	S.I.	
51	Fund. BRADESCO	283275	9102094	22,00	23,00	2,40
52	Edf. Monte Guararapes	288640	9095210	3,00	84,00	5,11
53	Edf. Tiberius	288590	9094790	3,00	132,00	6,30
54	Edf. Twin Towers	288610	9095080	5,00	132,00	6,80
55	Fiação e Téc.São José	286314	9096065	6,00	94,00	15,00
56	Edf.Caesar Towers	288834	9095975	3,00	133,00	7,20
57	Luciano Caldas Bivar	287973	9092511	3,00	140,00	7,92
58	Edf. Amalita	288890	9095940	3,00	137,00	8,30
59	Edf. Anquisis	288760	9092900	3,5	123,00	8,30
60	Edf. Príncipe de Ferrara	288620	9095140	3	122,00	3,80
61	Ondunorte III	269133	9101544	S.I.	S.I.	S.I.
62	Portela	278253	9102641	S.I.	S.I.	S.I.
63	Matadouro Jaboaão	280093	9101940	S.I.	S.I.	S.I.

S.I. = Sem Informação

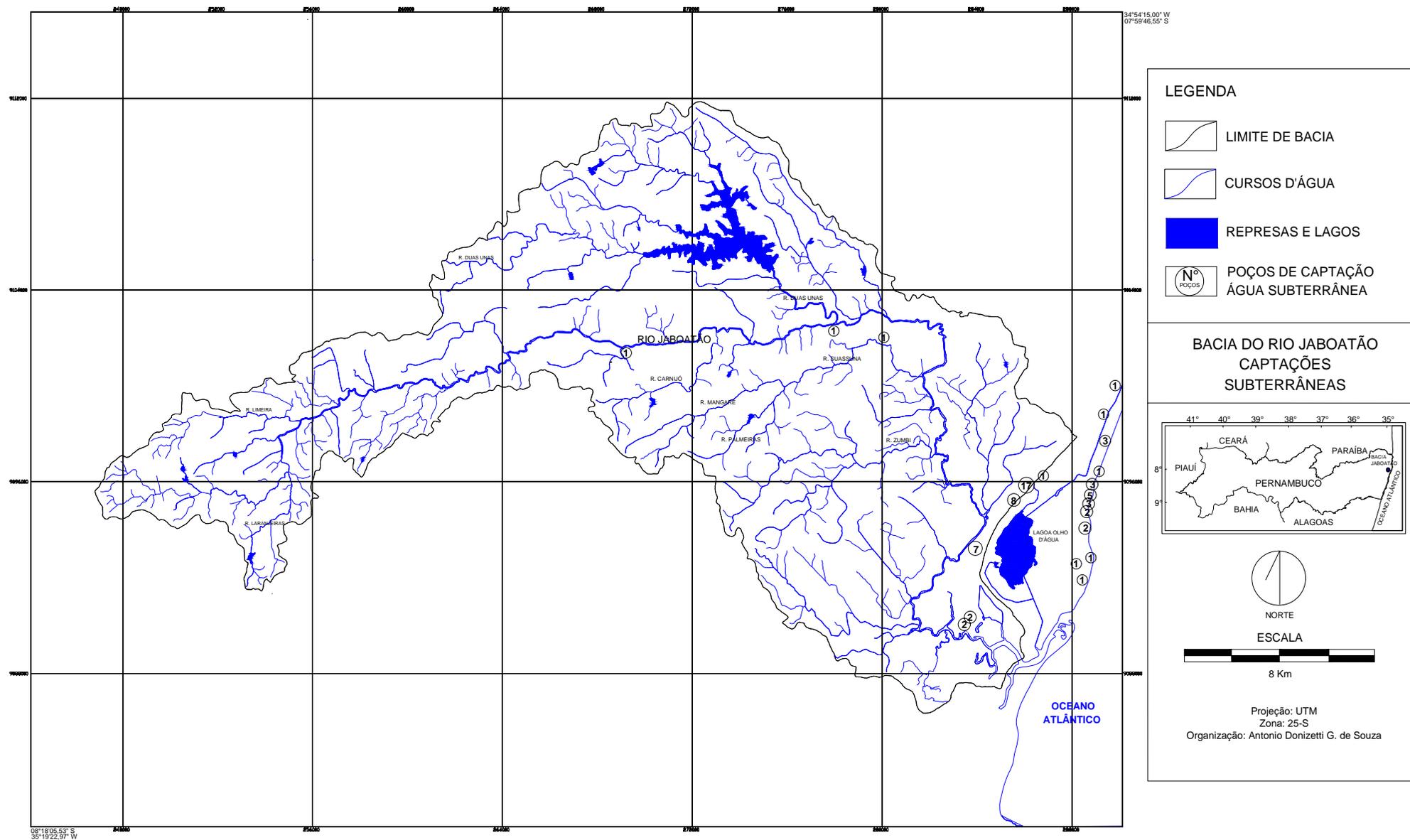


Figura 17. Bacia do rio Jaboatão - Captações subterrâneas de água existentes na bacia.

5.1.4 Aspectos Legais

No estado de Pernambuco as leis e decretos estaduais tem acompanhado, de forma geral, os marcos legais federais. Na Figura A2 (ANEXOS) são apresentados estes marcos ao longo do tempo. Na Tabela A1 (ANEXOS), é apresentado uma lista detalhando os normativos mais importantes existentes no estado.

Para a Região Metropolitana do Recife existe um conjunto de leis estaduais de proteção ambiental a ecossistemas remanescentes e de interesse especial para sua conservação. As principais leis referente a este tema são:

- Lei nº 9.860 (12/08/86) - Lei de Proteção dos Mananciais
- Lei nº 9.931 (12/12/86) - Lei de Proteção das áreas Estuarinas
- Lei nº 9.989 (13/01/87) - Lei de Criação das Reservas Ecológicas

A Lei de Proteção dos Mananciais delimita as áreas necessárias à proteção dos mananciais e disciplina condições básicas para preservação dos respectivos recursos hídricos visando assegurar o abastecimento d'água da RMR. O dispositivo legal define os critérios e as condições permitidas para a utilização, o uso e a ocupação do solo nas áreas prioritárias para a preservação dos mananciais. Estas foram escolhidas em função da sua importância para a manutenção das condições favoráveis à acumulação d'água, sejam os lençóis superficiais ou subterrâneos. De modo geral abrange as bacias hidrográficas, as zonas de recarga dos aquíferos e as concentrações de vegetação de grande porte.

A lei de proteção das áreas estuarinas dispõe que nestas áreas deverão ser observadas as seguintes restrições às condições de utilização:

- I - é vedado o parcelamento para fins urbanos e a ocupação com edificações;
- II - é vedado o desmatamento e a remoção da cobertura vegetal, bem como a movimentação de terras de qualquer título;
- III - é vedado o lançamento de lixo urbano ou individual;
- IV - é vedado o lançamento de despejo líquido urbano ou industrial sem tratamento adequado, previamente aprovado pela CPRH.

Para a bacia do rio Jaboatão, a lei delimita sua área estuarina em conjunto com o estuário do rio Pirapama.

Por fim, complementando a relação das áreas protegidas pelo estado, a lei nº 9.989 estabeleceu as reservas ecológicas, criadas como matas de preservação permanente da RMR. As condições gerais de utilização e manejo para tais áreas são as seguintes:

- I - é vedado o parcelamento para fins urbanos e a ocupação com edificações;

II - é vedado o desmatamento e a remoção da cobertura vegetal;

III - é vedada a movimentação de terras, bem como a exploração de pedra, areia, argila, cal ou qualquer espécie mineral;

IV - é vedado o emprego de fogo em práticas agro-pastoris ou em qualquer outra atividade que comprometa a integridade das reservas bem como de suas áreas limítrofes.

A lei dispõe que as condições específicas de preservação e de aproveitamento dos recursos naturais, serão objeto de regulamentação posterior.

Com referência as três leis comentadas acima, na Figura 18 estão representadas espacialmente a delimitação destas áreas protegidas para a bacia do rio Jaboaão. Na Tabela 25 encontram-se as respectivas áreas em km² e em percentual da bacia destas unidades.

Quanto a proteção dos mananciais são definidos os seguintes cursos d'água na bacia: rio Mussaíba, rio Duas Unas, rio Carnijó, rio Mangaré, rio Salgadinho e rio Jaboaão na área da futura barragem do Engenho Pereira. Observa-se que estas áreas ocupam 45,21% da área da bacia, sendo a maior unidade direcionada para a conservação existente.

As reservas ecológicas definidas na bacia são também contempladas pela lei de proteção de mananciais, sendo elas: Matas do Mussaíba, Manassú, Engenho Moreninho e Engenho Salgadinho. A Tabela 26 apresenta os critérios de preservação e a situação destas unidades. Verifica-se que todas são situadas em propriedades privadas e nenhum delas, até o momento, foi regulamentada, o que agrava a tendência de ocupação descontrolada. Ressalta-se que estas reservas devem ser revistas visando seu enquadramento no Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC) que já foi aprovado pela lei federal nº 9.985 (BRASIL, 2000).

A área estuarina existente na foz do rio Jaboaão é delimitada na lei em conjunto com a do rio Pirapama, pois o estuário é comum aos dois rios e representa 2,60% da área da bacia.

A ocupação do solo existente dentro dos limites de cada área protegida está representada nas Tabelas 27 a 29. Estas tabelas são provenientes das integrações realizadas entre a carta de uso do solo com a das áreas protegidas.

Na área de proteção de mananciais existe a predominância da cana-de-açúcar com 65,35% de ocupação seguida de culturas com 8,94%. A área de proteção estuarina apresenta dentro de seus limites 79,14% de mangue e uma pequena parcela de zona urbana (1,19% de sua área). Quanto às reservas ecológicas da bacia, a Tabela 29 registra dados de conflitos e inadequação de uso/ocupação. Como as reservas ainda não possuem um estudo específico de diagnóstico, plano de ocupação, bem como regulamentação por parte do órgão estadual, se encontram em estado de abandono.

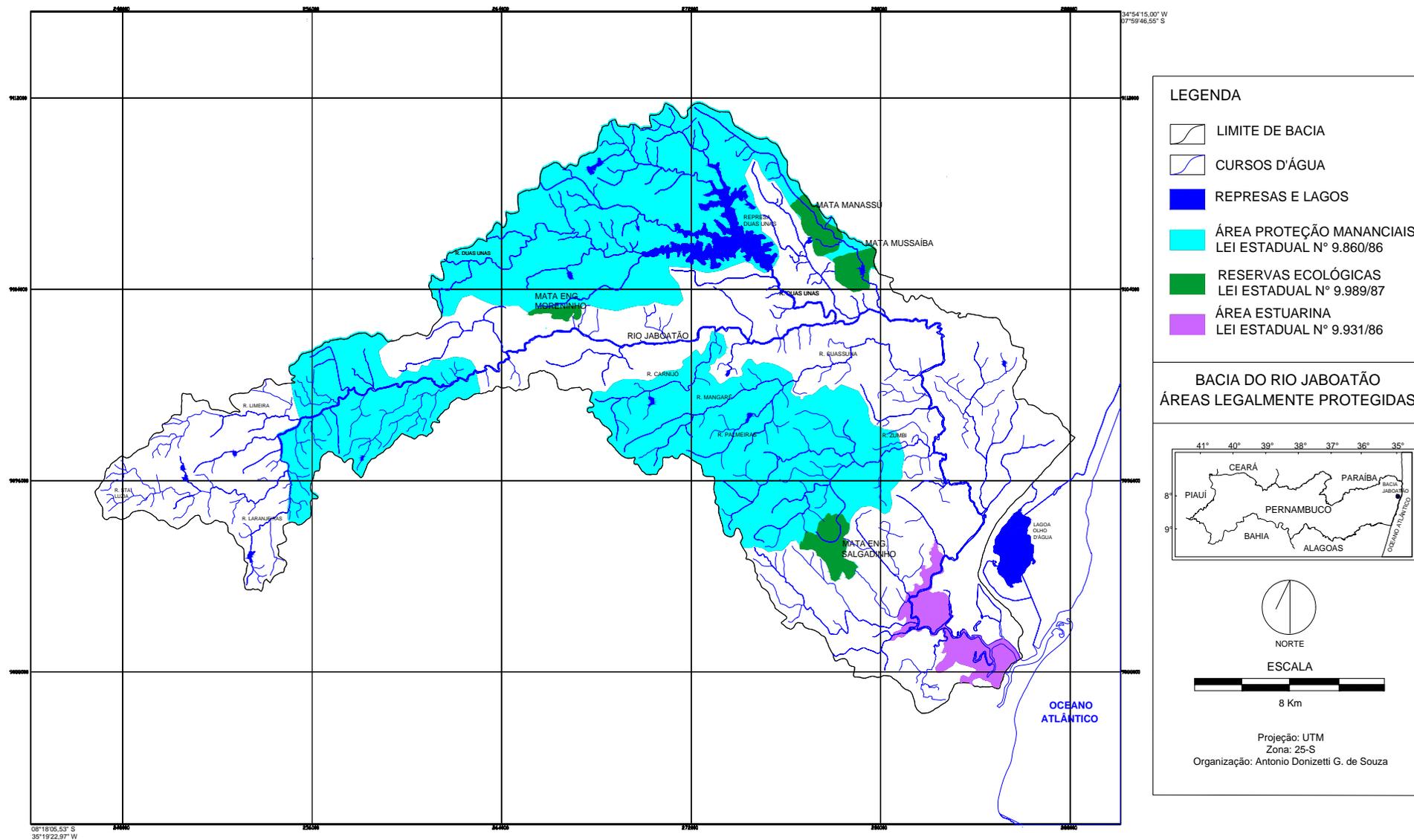


Figura 18. Bacia do rio Jaboatão - Áreas legalmente protegidas na bacia segundo legislação estadual referente à RMR.

Tabela 25. Distribuição das áreas protegidas na bacia segundo legislação estadual existente.

Área Protegida Leis Estaduais	Área na Bacia	
	km ²	%
Reservas Ecológicas	10,66	2,58
Área de Mananciais	186,89	45,21
Áreas Estuarinas	10,74	2,60
Total	208,29	50,39

Tabela 26. Caracterização das Reservas Ecológicas da bacia do rio Jaboatão com suas respectivas áreas segundo a Lei n° 9.989 (13/01/87).

<i>Reserva</i>	<i>Cobertura Vegetal</i>	<i>Crítérios de Preservação</i>	<i>Condição de Propriedade</i>	<i>Situação *</i>
Mata de Mussaíba	Remanescente de Mata Atlântica	-Protetora do sistema hidrográfico	Distribui-se em 6 propriedades, sendo uma pública e as restantes privadas	Apresenta-se em bom estado de conservação. Na periferia, mais próxima a áreas urbanizadas, encontra-se devastada em função da expansão urbana.
Mata de Manassu	Remanescente de Mata Atlântica	-Protetora do sistema hidrográfico -Protetora do relevo e solo -Refúgio de flora e fauna	Inserida em uma única propriedade privada	Consolidação de capoeira em grande parte da área, porém verifica-se a ocorrência de desmatamento em porções isoladas na região norte da reserva.
Mata Engenho Moreninho	Remanescente de Mata Atlântica com espécies de alto porte	-Protetora do sistema hidrográfico -Protetora do relevo e solo -Refúgio de flora e fauna	Distribui-se em 3 propriedades privadas	Apresenta indícios de desmatamento devido expansão da cana e retirada de espécimes vegetais.
Mata Engenho Salgadinho	Remanescente de Mata Atlântica	-Protetora do sistema hidrográfico -Protetora do relevo e solo	Distribui-se em 5 propriedades privadas	Encontra-se degradada em quase toda sua totalidade, devido expansão da cana.

(*) Fonte: FIDEM (1993).

A mata do Engenho Moreninho demonstra ser a que se apresenta com as melhores condições de ocupação com 77,53% de sua área ocupada por matas. As matas de Mussaíba e Manassú apresentam uma predominância de capoeiras (67,49% e 53,81% de área respectivamente) sendo que Manassú é menos diversificada, pois os 46,05% restante de sua área é ocupada por vegetação arbustiva e a reserva de Mussaíba ainda conserva 4,19% de

sua área em matas. A reserva do Engenho Salgadinho é a unidade que apresenta a maior área ocupada por canaviais (31,87% da área) e também ausência total de matas.

Tabela 27. Uso de solo encontrado na área de proteção de mananciais em % de área.

Ocupação Solo	(%) ÁREA PROTEÇÃO MANANCIAIS
Capoeira	5,2
Cultura	8,94
Mangue	0,41
Mata	0,77
Urbanização	0,79
Vegetação Arbustiva	15,8
Cana	65,35
Represa	2,74

Tabela 28. Uso de solo encontrado na área estuarina em % de área.

Ocupação Solo	(%) ÁREA ESTUARINA
Capoeira	0,22
Coqueiral	1,44
Cultura	3,28
Mangue	79,14
Urbanização	1,19
Vegetação Arbustiva	10,19
Cana	4,54

Tabela 29. Uso de solo encontrado nas reservas ecológicas em % de área.

Ocupação Solo	(%) RESERVAS ECOLÓGICAS			
	Eng. Salgadinho	Eng. Moreninho	Mussaíba	Manassú
Capoeira	4,75		67,49	53,81
Cultura		10,94	11,99	
Mangue	2,33			
Mata		77,53	4,19	
Vegetação Arbustiva	61,05	4,76	15,95	46,05
Cana	31,87	6,77	0,38	0,14

Com relação à classificação e enquadramento dos corpos d'água, o estado de Pernambuco ainda não dispõe de uma legislação referente a classificação dos seus cursos d'água com base na resolução CONAMA 20/86. Desta forma os rios estaduais estão enquadrados em classes de uso tendo como base um decreto fundamentado na antiga Portaria GM nº013 de 15/01/76 do Ministério do Interior (MINTER).

O decreto que serviu como base para o enquadramento atual é o de nº 7.269 (05/06/81) que classifica as águas da seguinte forma:

Classe 1 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção

Classe 2 - Águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) ao uso na agricultura irrigada, em produtos de consumo "in natura";
- c) a recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);

Classe 3 - Águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora;
- c) à dessedentação de rebanhos;

IV- Classe 4 - Águas destinadas:

- a) ao consumo doméstico após tratamento avançado;
- b) à navegação
- c) à harmonia paisagística;
- d) ao abastecimento industrial, irrigação e a usos menos exigentes.

Este normativo apresenta significativas disparidades e se encontra defasado frente a alguns aspectos da resolução CONAMA 20/86, tais como a ausência das classes especial, salobras e salinas e o reduzido número de substâncias a serem respeitadas nas classes impostas. O limite de 0,5 mg/L de oxigênio dissolvido para a classes 4, por exemplo, se mostra extremamente inadequado para pretensões de recuperação ambiental dos sistemas aquáticos e também fora de sintonia com a nova visão de que o enquadramento é tido como uma meta a ser atingida dentro de um amplo processo de planejamento.

Na bacia do rio Jaboatão foi realizado em 1986, antes da publicação da resolução CONAMA 20/86, o enquadramento de seus cursos d'água segundo a classificação mencionada acima. A Figura 19 representa este enquadramento onde as classes são diferenciadas por diferentes cores no mapa.

O enquadramento entrou em vigor em 29/04/86 (Decreto nº11.358/86) que estabeleceu as seguintes classes para os trechos dos rios existentes na bacia:

Classe 1:

- a) trecho do rio Jaboatão e todos os seus afluentes, desde sua nascente até o local previsto para a barragem, à montante da cidade de Moreno, no Engenho Pereira.
- b) Rio Duas Unas e todos os seus afluentes, desde a sua nascente até a barragem Duas Dunas.
- c) Rio Mussaíba, desde sua nascente até o açude do mesmo nome.
- d) Rio Carnijó, desde sua nascente até sua foz no Rio Jaboatão.
- e) Rio Mangaré, desde sua nascente até a Colônia Salesiana à montante da Usina Jaboatão.

f) Rio Zumbi e seus afluentes, desde sua nascente até sua foz no Rio Jaboatão.

Classe 2:

a) trecho do Rio Jaboatão e seus afluentes, desde o ponto previsto para a barragem no Engenho Pereira, até o ponto de captação de água da Usina Bulhões, à montante da mesma.

Classe 3:

a) trecho do Rio Jaboatão e todos os seus afluentes não incluídos nas classes anteriores, desde o ponto de captação de água da Usina Bulhões à montante da mesma até a foz.

5.1.5 Fontes Poluídoras aos Recursos Hídricos

Os principais impactos aos recursos hídricos existentes na bacia podem ser visualizados na Figura 20.

A população real existente na bacia e o nível de atendimento do esgotamento sanitário estão representados na Tabela 30. Nesta tabela também são representados os cenários futuros para os anos 2010 e 2020 com as projeções da população e a elevação gradativa do percentual de atendimento. Observa-se que atualmente as populações residentes na bacia apresentam um baixo nível de atendimento, sobretudo no Cabo Sto. Agostinho (0,84%). Os níveis de atendimento propostos para os anos de 2010 (60%) e 2020 (80%) a princípio podem parecer não factíveis face aos investimentos necessários, entretanto dentro de uma postura gradual, este problema pode caminhar para estas metas segundo estudos desenvolvidos.

As contribuições médias de esgoto segundo a população distribuída nos municípios são apresentadas na Tabela 31, onde também foram consideradas as projeções e metas no percentual de atendimento para os anos 2010 e 2020, segundo CDM/DIAGONAL (1997). Estas contribuições atuais embutem o percentual de atendimento da rede coletora existente. O município de maior contribuição é Jaboatão dos Guararapes devido ocupar a maior área na bacia e com a presença de sua sede urbana. Recife é o segundo município em contribuição, embora apresente apenas cerca de 1,04% de área na bacia, o que reflete o percentual de atendimento e uma alta densidade populacional existente nesta área.

As cargas orgânicas estimadas de origem doméstica para a bacia estão representadas na Tabela 32. Para a situação atual, onde há cerca de 520962 habitantes e uma carga potencial de 28132,01 kgDBO/dia, ocorre a predominância da carga não coletada. Nas projeções e metas para 2010 e 2020, inverte-se o processo, as cargas não coletadas são superadas pelo montante a ser destinado à rede de esgotos.

Quanto a poluição de origem industrial, a análise inicial do sistema de cadastro da CPRH revelou a presença de 110 indústrias existentes na bacia. Deste universo foram selecionadas 24, segundo o porte e potencial poluidor. Estas indústrias foram visitadas e plotadas em carta sendo apresentadas na Tabela 33 e Figura 21. A maior parte destes estabelecimentos se localiza próximo ao limite litorâneo da bacia e no município de Jaboatão dos Guararapes, refletindo o nível mais elevado de desenvolvimento desta cidade.

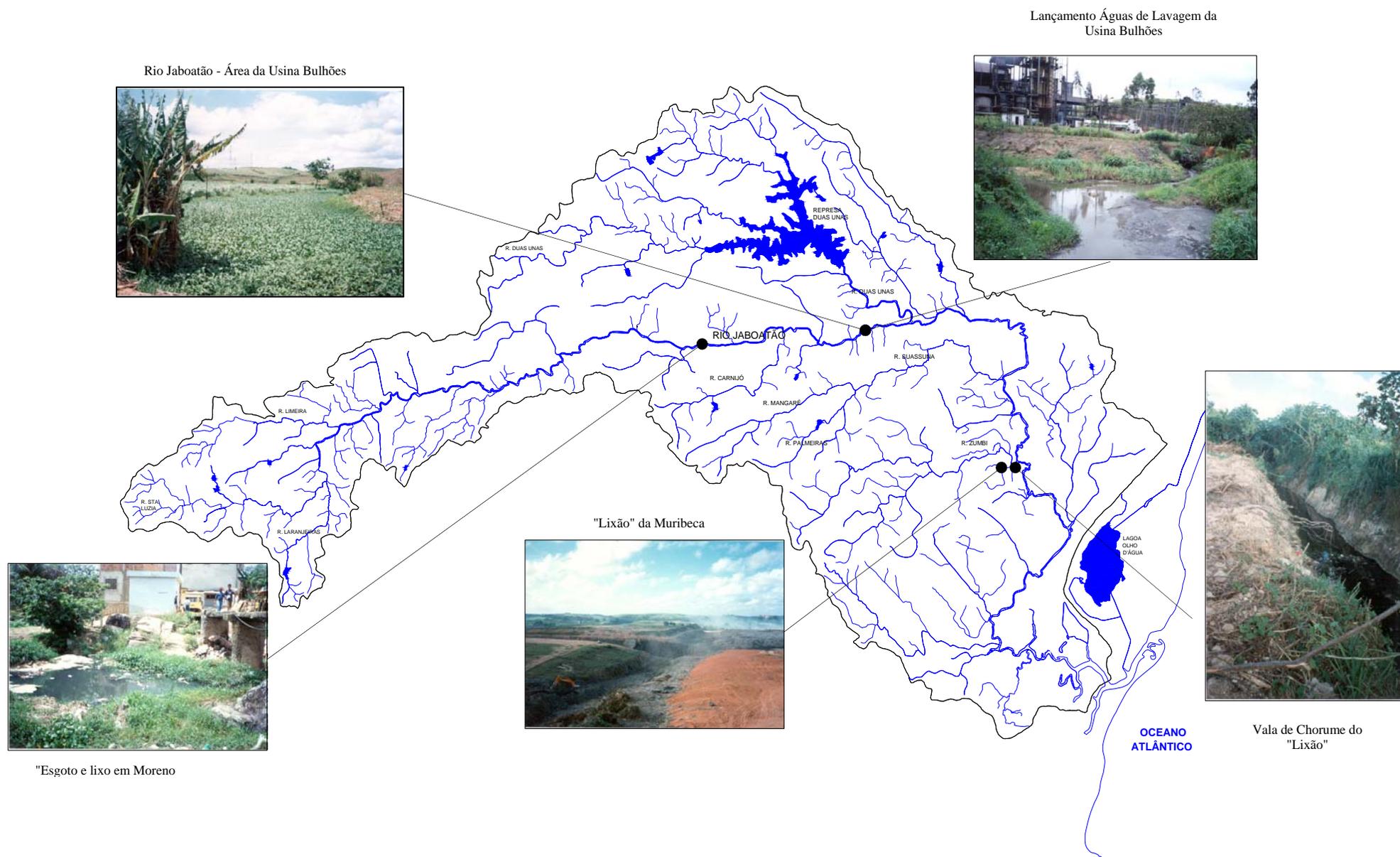


Figura 20. Bacia do rio Jabotão - Registro fotográfico de alguns impactos antrópicos na bacia. Sem escala.

Tabela 30. Atendimento de esgoto sanitário para a população efetiva da bacia e projeções do atendimento.

<i>Município</i>	<i>2000</i>		<i>2010</i>		<i>2020</i>	
	<i>Pop.</i>	<i>Atendimento (%)</i>	<i>Pop.</i>	<i>Atendimento (%)</i>	<i>Pop.</i>	<i>Atendimento (%)</i>
Cabo Sto Agostinho	31736	0,84	36345	60	41458	80
Jaboatão dos Guar.	413810	13,41	477783	60	537932	80
Recife	49533	38,78	51499	60	53261	80
Moreno	25229	10,35	25865	60	26.513	80
São L. Mata	654	17,58	669	60	685	80
TOTAL	520962		592161		659849	

Fonte: CCM/DIAGONAL 1997

Tabela 31. Contribuição média de esgoto coletado na bacia e estimativas futuras segundo % de atendimento projetado.

<i>Município</i>	<i>2000</i>		<i>2010</i>		<i>2020</i>	
	<i>Pop.</i>	<i>Esgoto (L/s) Contr. Méd.</i>	<i>Pop.</i>	<i>Esgoto (L/s) Contr. Méd.</i>	<i>Pop.</i>	<i>Esgoto (L/s) Contr. Méd.</i>
Cabo Sto Agostinho	31736	0,40	36345	32,71	41458	49,66
Jaboatão dos Guar.	413810	77,82	477783	402,86	537932	605,23
Recife	49533	17,79	51499	28,61	53261	39,45
Moreno	25229	3,38	25865	20,12	26513	27,49
São L Mata	654	0,15	669	0,52	685	0,71
TOTAL	520962	99,54	592161	484,82	659849	722,55

Fonte: CCM/DIAGONAL 1997

Tabela 32 Cargas orgânicas de origem doméstica na bacia em kgDBO/dia

	<i>Município</i>	<i>População Urbana</i>	<i>Carga Potencial</i>	<i>Carga Coletada</i>	<i>Carga Não Coletada</i>
2000	Cabo	31736	1713,75	14,39	1699,36
	Jaboatão	413810	22345,77	2989,87	19355,92
	Recife	49533	2674,79	1037,28	1637,51
	Moreno	25229	1362,37	141	1221,36
	S L Mata	654	35,33	6,21	29,11
	Total	520962	28132,01	4188,75	23943,26
2010	Cabo	36345	1962,63	1177,58	785,05
	Jaboatão	477783	25800,28	15480,17	10320,11
	Recife	51499	2780,95	1668,57	1112,38
	Moreno	25865	1396,71	838,03	558,68
	S L Mata	669	36,13	21,68	14,45
	Total	592161	31976,7	19186,03	12790,67
2020	Cabo	41458	2238,73	1790,98	447,75
	Jaboatão	537932	29048,32	23238,67	5809,66
	Recife	53261	2876,09	2300,88	575,22
	Moreno	26513	1431,7	1145,36	286,34
	S L Mata	685	36,99	29,59	7,4
	Total	659849	35631,83	28505,48	7126,37

Fonte: CCM/DIAGONAL 1997

Tabela 33 Principais indústrias existentes na bacia e tipo de poluição correspondente.

Indústria	Município	Atividade Principal	Coordenadas-UTM		Tipo de Poluição
			Leste	Norte	
Aganor	Jaboatão	Gases indúst e medicinais	285024	9094793	Solo
Agrofértil	Cabo	Fertilizantes	283763	9090451	Solo
Alpargatas	Jaboatão	Fabricação tecidos planos	285493	9095281	Hídrica
Basf/Suvinil	Jaboatão	Tintas, vernizes, esmaltes	285311	9095111	Hídrica
Fortilit	Jaboatão	Tubos e conexões	284335	9093616	Solo
Ind Malhas Jab	Jaboatão	Malharia	276764	9103491	Hídrica
Iquine	Jaboatão	Tintas e vernizes	286093	9096657	Hídrica/Atmosf
Matadouro Jab	Jaboatão	Carne bovina	280094	9101941	Hídrica
Morais de Castro	Jaboatão	Estocagem Prod Quím	285862	9095571	Hídrica/Solo
Ondunorte III	Moreno	Papel	269133	9101544	Hídric/Atmosf/Solo
Pern Química	Jaboatão	Produtos químicos	286637	9096285	Hídrica/Atmosf
Plus Vita	Jaboatão	Pães em geral	283981	9092809	Solo
Porparella	Jaboatão	Ind de polpas de frutas	276662	9103666	Hídrica/Solo
Pólvora Elefante	Cabo	Pólvora	282983	9090856	Atmosférica
Portela	Jaboatão	Papel, sacaria e celulose	278253	9102641	Hídric/Atmosf/Solo
Quimifar	Jaboatão	Prod farmacêutico	276686	9103433	Hídrica
Ref Guararapes	Jaboatão	Bebidas	286290	9096388	Hídric/Atmosf/Solo
Simisa	Cabo	Fundição mecân e cald	283698	9090021	Atmosf/Solo
Tec Parahyba	Moreno	Tecidos cobertores	269050	9102152	Hídrica
Tec São José	Jaboatão	Tecelagem de algodão	286817	9096931	Hídric/Atmosf/Solo
Tintas Wanda	Jaboatão	Com tintas, vern ,etc	285838	9098109	Atmosférica
Toalheiro Brasil	Jaboatão	Lavand e locação roupas	276796	9103633	Hídrica/Atmosf
Usina Bulhões	Jaboatão	Prod açúcar e álcool	276254	9102419	Hídric/Atmosf/Solo
White Martins	Jaboatão	Fabricação de acetileno	285195	9094954	Solo

Fonte: Cadastro CPRH.

Na sub-bacia do rio Duas Unas, a jusante da barragem de mesmo nome, se localiza o complexo multifabril de Jaboatão, onde existem várias indústrias com destaque para a Indústria de Malhas Jaboatão. Este complexo apresenta um sistema de tratamento único e centralizado, entretanto os efluentes são lançados no rio Duas Unas.

Seguindo uma maneira hierárquica, foi novamente realizado uma triagem cujo objetivo foi o de selecionar somente indústrias relacionadas à poluição hídrica. Estas empresas são apresentadas na Tabela 34, onde é feita, com base nas informações cadastrais, uma caracterização geral da tipologia e efluentes gerados.

As cargas orgânicas potenciais e remanescentes das indústrias se encontram na Tabela 35 sendo também representadas em diagrama unifilar da Figura 22. A usina Bulhões destaca-se com a maior carga poluidora potencial, seguida da Cia. Portela. A indústria com menor potencial poluidor é a Tecelagem São José (12 kgDBO/dia).

A hierarquização das cargas indústrias da bacia se encontra nas Tabelas 36 e 37. Quanto as cargas potenciais, a usina Bulhões é a principal poluidora na hierarquia, sendo responsável por 69,98% da carga potencial total. A Cia. Portela apresenta 23,29% e ocupa o segundo posto. Quando se trata de cargas remanescentes, a Cia. Portela assume a liderança com cerca de 67,15% da carga total e a usina Bulhões vem em seguida com 24,41%.

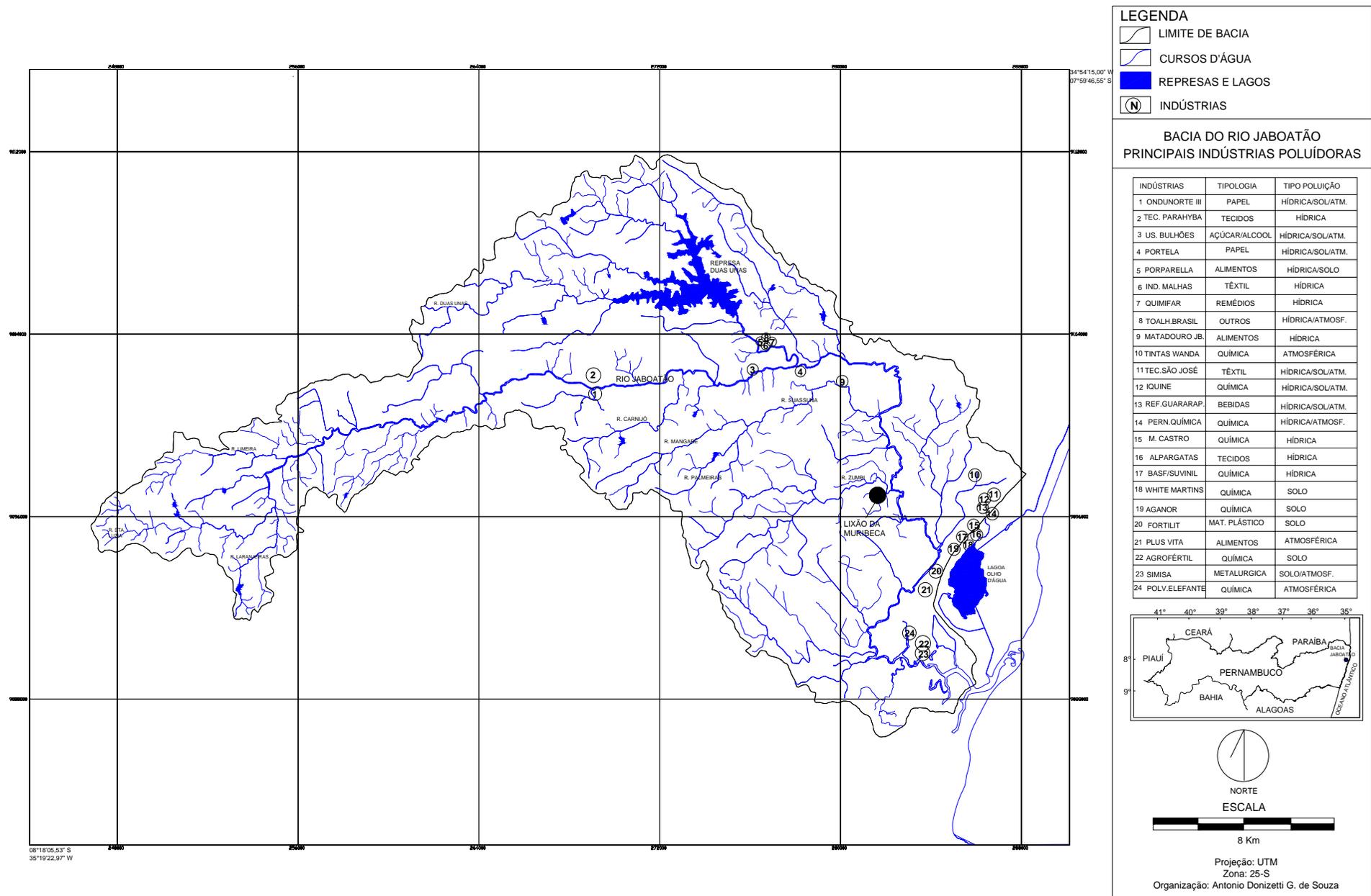


Figura 21. Bacia do rio Jaboatão - Principais fontes poluidoras industriais da bacia e localização do "lixão" da Muribeca.

Tabela 34. Caracterização das indústrias existentes na bacia relacionadas com a poluição hídrica.

Indústria	Produtos Principais	Sistema Tratamento	Características do Efluente Líquido
Alpargatas	Tecidos, calças e bermudas	Lodos ativados	
Basf/Suvinil	Tintas, latéx, massa corrida	Floculação e decantação	Matéria orgânica e sólidos totais
Ind Malhas Jab	Meia malha alvepada e meia tinta	Lagoas fotossintéricas	
Matadouro Jab	Carne bovina	Inexistente	Matéria orgânica, óleos/graxas e sólidos em suspensão
Ondunorte III	Papel semi-kraft e higiênico	Lagoa de decant e recuperação de fibras	Resíduo alcalino com sólidos dissolv e susp; resíduos limpeza de fibras, panos, etc
Portela	Papel kraft e sacaria	Clarificação, recuperação de soda, peneiras e prensas	Resíduos alcalinos com sólidos dissolv e susp; fibra de bagaço/bambu/sisal e impu-rezas das aparas
Ref Guararapes	Refrigerantes (Coca-Cola)	Lodos ativados	Resíduo alcalino com matéria orgânica; sólidos susp; residuo de açúcar, carvão ativo e terra diatomácea
Tec Parahyba	Cobertores		
Tec São José	Tecidos em algodão; algodão/poliéster; algodão viscoso	Decantação e enca-minhamento para galeria de águas	Resíduo com matéria orgânica e ácidos graxos; cascas de algodão com restos de fibras, sementes e folhas
Usina Bulhões	Açúcar e álcool	Circuito fechado e circuito aberto	Águas da coluna barométrica; lavagem de canas e equipamentos; vinhoto

Fonte: Cadastro CPRH

Tabela 35. Avaliação da carga orgânica industrial lançada na bacia.

<i>Indústria</i>	<i>Carga Poluidora - kgDBO/dia</i>			<i>Corpo Receptor</i>
	<i>Potencial</i>	<i>Remanescente</i>	<i>% Remoção</i>	
Alpargatas	250	39	84,6	Rio Jaboaão
Basf/Suvinil	126	20	84,4	Rio Jaboaão
Ind. Malhas Jab.	300	45	85	Rio Duas Unas
Matadouro Jab.	336	336	0	Rch. Suassuna
Ondunorte III	108	108	0	Rio Jaboaão
Portela	4971	4971	0	Rio Jaboaão
Refrescos Guararapes	241	5	97,8	Rch. Prata
Tec. Parahyba	68	68	0	Rio Jaboaão
Tec. São José	12	7	40	Rio Jaboaão
Usina Bulhões	14939	1807	87	Rio Jaboaão
TOTAL	21352	7403		

Fonte: Cadastro CPRH

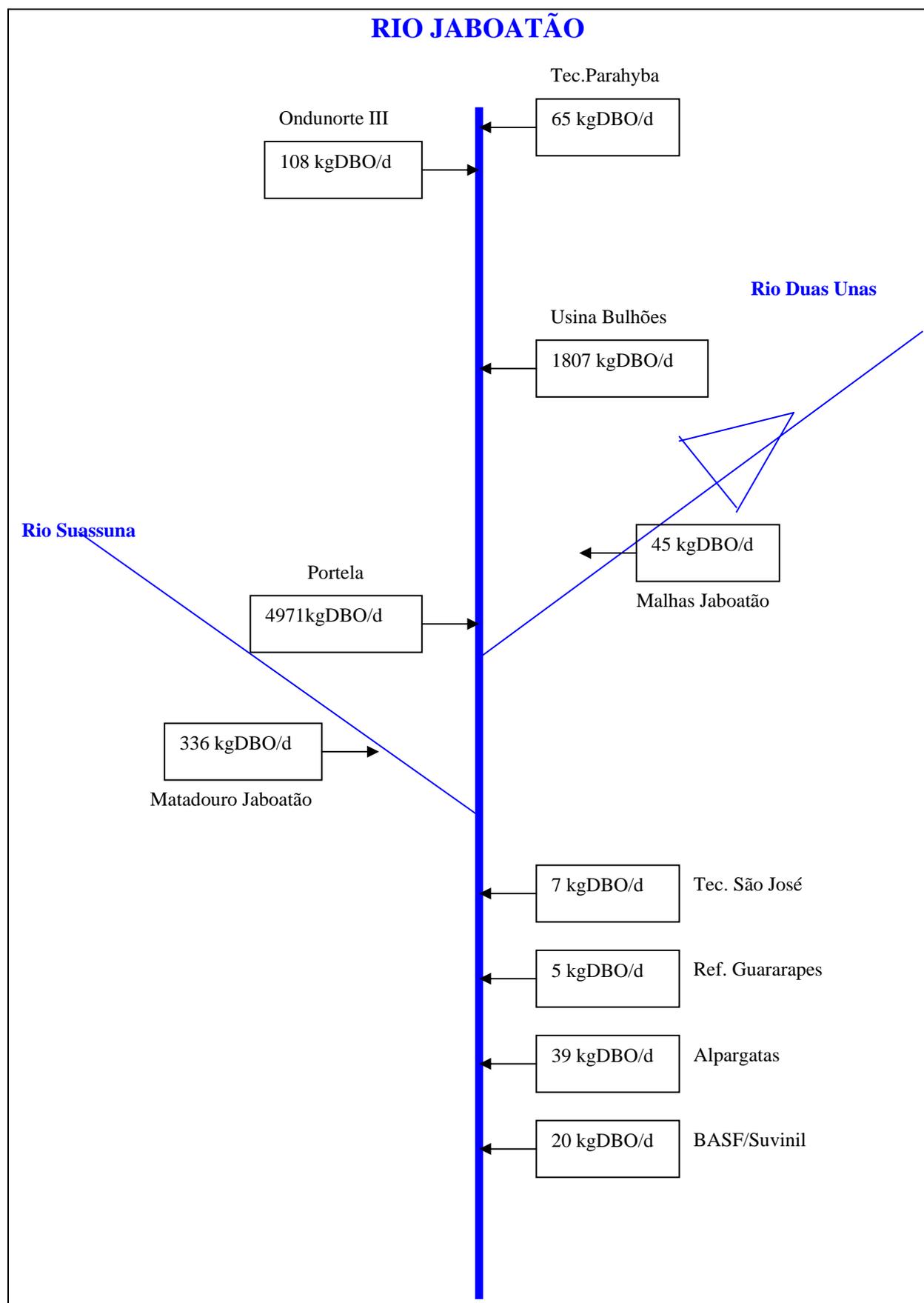


Figura 22 Diagrama unifilar do rio Jaboatão representando a carga pontual remanescente das indústrias em kgDBO/dia

Tabela 36. Hierarquização das indústrias da bacia segundo a carga poluidora potencial.

<i>Carga Poluidora Potencial</i>				
N°	Indústria	kgDBO/dia	%	Acumulado
1	USINA BULHÕES	14940	69,98	69,68
2	PORTELA	4971	23,29	93,27
3	MATAD JABOATÃO	336	1,57	94,84
4	MALHAS JABOATÃO	300	1,41	96,25
5	ALPARGATAS	250	1,17	97,42
6	REF GUARARAPES	241	1,12	98,54
7	BASF/SUVINIL	126	0,59	99,13
8	ONDUNORTE III	108	0,50	99,63
9	TEC PARAHYBA	68	0,32	99,95
10	TEC SÃO JOSÉ	12	0,05	100,00
	TOTAL	21352	100,00	

Tabela 37. Hierarquização das indústrias da bacia segundo a carga poluidora remanescente.

<i>Carga Poluídora Remanescente</i>				
N°	Indústria	kgDBO/dia	%	Acumulado
1	PORTELA	4971	67,15	67,15
2	USINA BULHÕES	1807	24,41	91,56
3	MATAD JABOATÃO	336	4,54	96,10
4	ONDUNORTE III	107	1,45	97,55
5	TEC PARAHYBA	68	0,92	98,47
6	MALHAS JABOATÃO	45	0,61	99,08
7	ALPARGATAS	38	0,51	99,59
8	BASF/SUVINIL	19	0,25	99,84
9	TEC SÃO JOSÉ	7	0,09	99,93
10	REF GUARARAPES	5	0,07	100,00
	TOTAL	7403	100,00	

As curvas ABC estão representadas nas Figuras 23 e 24. Pode-se observar nos dois casos (cargas potenciais e remanescentes) que as duas primeiras indústrias, usina Bulhões e Cia. Portela, são as que mais poluem a bacia sendo responsáveis por cerca de 95% da carga total lançada, se constituindo, portanto nas duas principais fontes pontuais de origem industrial.

A usina Bulhões se localiza as margens do rio Jaboaão e utiliza suas águas através de uma barragem de captação. A jusante desta barragem foi verificado em campo que ocorre o lançamento de águas de lavagem com alta temperatura na época da safra da cana. O rio após receber estas águas se mostra extremamente prejudicado, com odor característico de restilo da usina. A usina possui uma lagoa de vinhoto próxima ao rio, desta lagoa o resíduo é bombeado para um outro lago localizado no interior da cultura de cana. A partir deste lago é feita a fertirrigação das terras.

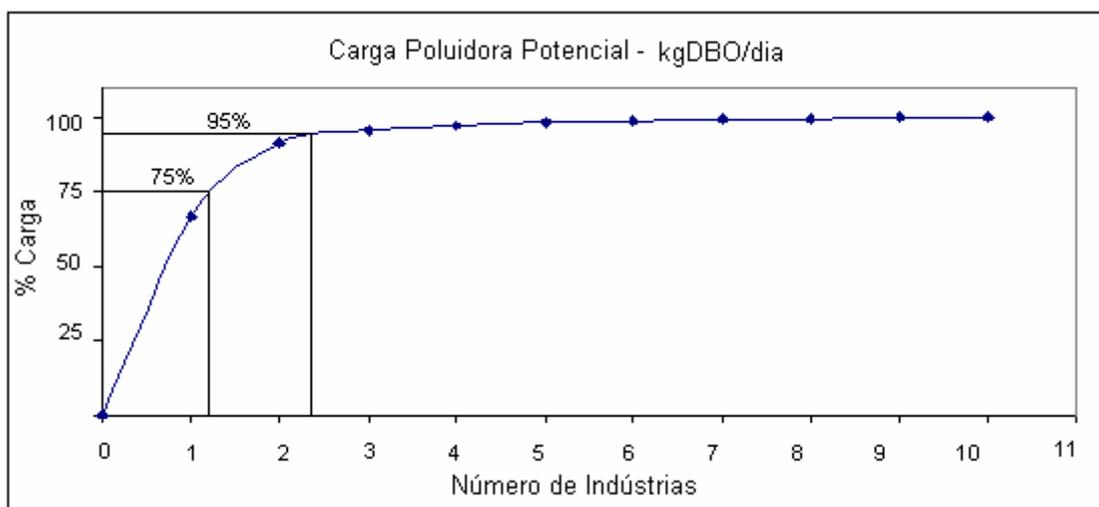


Figura 23. Bacia do rio Jaboatão - Hierarquização das cargas orgânicas industriais potenciais (kgDBO/dia) na bacia

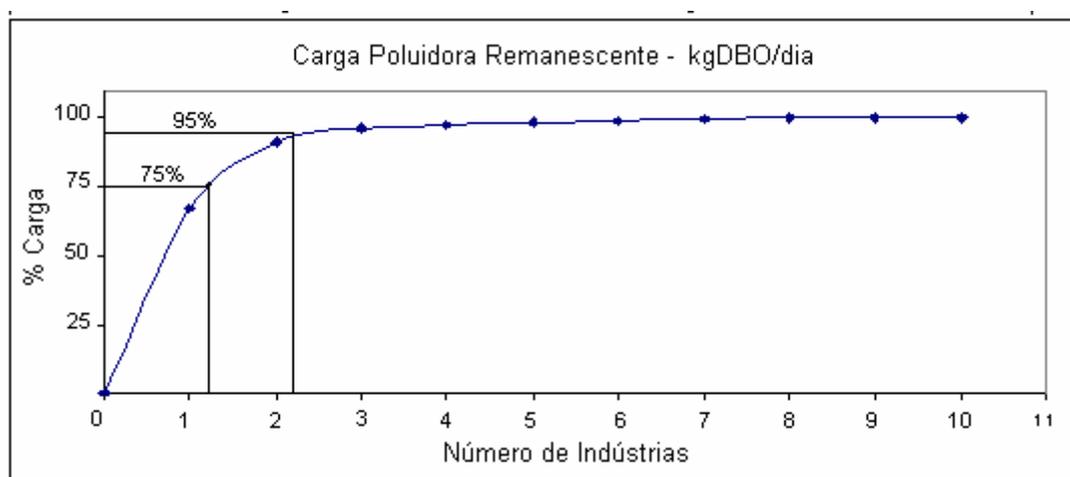


Figura 24. Bacia do rio Jaboatão - Hierarquização das cargas orgânicas industriais remanescentes (kgDBO/dia) na bacia.

A comparação realizada entre as cargas de origem doméstica e industrial está representada na Tabela 38 para uma situação onde a usina Bulhões se encontra em operação, e na Tabela 39 para uma época de entressafra. No período de safra da cana, tanto para as cargas potenciais como remanescentes, a poluição de origem doméstica supera a industrial com 56,85% a 43,15% e 79,17% a 20,83%, respectivamente. A diferença aumenta para as cargas remanescentes devido aos sistemas de tratamento existente em algumas indústrias e ausência total de tratamento para os esgotos domésticos. Para a época de entressafra a situação atinge maior disparidade, sendo que a carga sanitária corresponde a mais de 80% da carga total lançada na bacia. Esta situação indica, portanto, que em termos comparativos, a poluição de origem doméstica é a principal causadora do aporte de cargas orgânicas para a bacia do rio Jaboatão.

Tabela 38. Comparação entre cargas domésticas e industriais existentes na bacia durante o período de safra da cana.

<i>Origem</i>	<i>Carga Poluidora - kgDBO/dia</i>			
	Potencial	%	Remanescente	%
Industrial	21351	43,15	7403	20,83
Sanitário	28132	56,85	28132	79,17
Total	49483	100,00	35535	100,00

Tabela 39. Comparação entre cargas domésticas e industriais da bacia durante o período de entressafra da cana.

<i>Origem</i>	<i>Carga Poluidora - kgDBO/dia</i> <i>Entressafra</i>			
	Potencial	%	Remanescente	%
Industrial	6413	18,56	5596	16,59
Sanitário	28132	81,44	28132	83,41
Total	34545	100,00	33728	100,00

A Tabela 40 apresenta os tipos de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos encontrados nos municípios da bacia. A maior parte dos municípios da bacia apresentam deficiências ou ausência total de sistemas de tratamento de seus resíduos sólidos.

O lixão da Muribeca é o principal local de destinação final localizado na bacia e corresponde também a um dos principais centros de lixo da RMR como um todo. A Figura 21 localiza espacialmente esta área e a Tabela 41 apresenta a quantificação em toneladas/mês que a área recebe.

Segundo informações constantes em CONTÉCNICA (1998b), a área do lixão da Muribeca existe desde 1985 e fica localizada na Zona Rural do Município do Jaboatão dos Guararapes, denominada Muribeca dos Guararapes, junto a rodovia denominada de "Eixo de Integração" entre o bairro Prazeres localizado na região litorânea e a antiga sede do município, Jaboatão. Distanto cerca de 10,5 km do Município do Recife e em torno de 5 km do centro de massa da produção de lixo do Município do Jaboatão dos Guararapes.

O terreno ocupa uma área total de cerca de 60 hectares. Atualmente é usado conjuntamente pelas Prefeituras das Cidades do Recife, Moreno e Jaboatão dos Guararapes, sendo que esta última não tem nenhum ônus financeiro pela administração e operação do Aterro.

A topografia original da área foi significativamente alterada, devido aos constantes depósitos de lixo, os quais representam cerca de 40% de ocupação da área total do terreno. No local estima-se que já estejam dispostos mais de 5×10^6 toneladas de lixo. Além do problema da poluição ambiental, o lixão enfrenta o sério problema social dos catadores e também o risco de saturação da sua capacidade de receber resíduos, uma vez que, a

operação inadequada e a falta de planejamento esgotaram suas jazidas de material de cobertura e reduziram os espaços para o adensamento do lixo. Outro entrave, é a sua proximidade com o rio Muribequinha - atual manancial supridor de parte do abastecimento do bairro do Ibura pertencente ao Recife, que, por si só, já justificaria uma intervenção para cessar o risco de contaminação provocada pela má operação.

Tabela 40. Fluxo de resíduos sólidos nos municípios da bacia.

<i>Municípios</i>	<i>RESÍDUOS SÓLIDOS</i>	
	<i>Tratamento</i>	<i>Destinação Final</i>
Jaboatão Guararapes	Inexistente	Aterro da Muribeca *
Moreno	Inexistente	Aterro da Muribeca *
São L Mata	Inexistente	O destino final dos resíduos situa-se num sítio na zona urbana do município
Vitória S Antão	Unidade de tratamento de lixo (composteira), porém sem tratamento apropriado	Terreno da Prefeitura distante aproximadamente 7 km da área central da sede municipal
Cabo S Agost	Unidade simplificada de tratamento para triagem de materiais inorgânicos e orgânicos e compostagem da parcela orgânica, localizada em Pontezinha, a cerca de 13 km da Sede	Na localidade denominada Estrada Preta, área que dista cerca de 2 km (dois quilômetros) do centro de massa da Sede Municipal
Recife	Estação de Tratamento está sendo utilizadas para armazenar os materiais recicláveis da coleta seletiva e a unidade eletromecânica está desativada; apenas o forno crematório está em atividade	Aterro da Muribeca *

(*) Área localizada na bacia

Tabela 41. Quantidade de resíduos depositados no Aterro da Muribeca (1996).

MES	RECIFE (t)			OUTROS MUNICÍPIOS	TOTAL
	DLU	CONTRATADAS	FIRMAS*		
Janeiro	20271	56405	3747	10759	91182
Fevereiro	13986	46744	3138	10452	74320
Março	11233	50684	3587	11271	76775
Abril	11708	50260	2106	10812	74886
Maiο	16301	54274	1616	11239	83430
Junho	13741	50668	2019	10880	77308
Julho	14619	54837	1900	10942	82298
Agosto	14049	54993	1782	10898	81722
Setembro	12421	49549	2081	10930	74981
Outubro	14119	52141	1769	10937	78966
Novembro	14639	43571	1650	10883	70743
Dezembro	13445	45836	1723	10954	71958
TOTAL	170532	609962	27118	130957	938569

5.1.6 Qualidade da Água

5.1.6.1 Amostragens - Set/97-Fev/99

A estatística descritiva das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água medidas durante o período set/97 a fev/99 estão representadas nas Tabelas 42 a 49. Nas Figuras 25 a 32 é mostrada a variação espacial subdividida nos períodos de inverno e verão. As Tabelas A2 a A9 (ANEXOS) representam os resultados brutos destas análises.

Temperatura

Quanto a temperatura da água, os maiores valores foram registrados na estação JB-20 em dez/97 (44,50°C) e na estação JB-22 em nov/97 a fev/98 (38,00°C). O menor valor foi registrado na estação JB-10 em set/97 (25,00°C).

Temporalmente as temperaturas mais elevadas foram encontradas para o verão/97. Na Figura 25 pode-se verificar que espacialmente o sítio JB-20 seguido de JB-22, foram os que apresentaram os maiores valores medianos. Nas Tabelas s e s verifica-se também que as maiores variações de temperatura são encontradas para estes dois sítios.

pH

Os maiores valores de pH foram encontrados nas estações JB-35 (8,80) no mês de dez/98. A estação JB-20 registrou o menor valor (4,30) em fev/98 e fev/99. De forma geral o período de verão/97 registrou os menores níveis de pH. Espacialmente a estação JB-35 foi a que apresentou os maiores valores medianos durante praticamente todo o período de estudo, sendo encontrados nas estações JB-20 e JB-22 os valores mais baixos.

Condutividade

Os maiores valores de condutividade foram registrados nas estações JB-75, com valores superiores a 20000,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante os meses de março-abril/97 e set/98-jan/99, e JB-35 (1836,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) para fev/99. Temporalmente a condutividade foi mais elevada durante o período do verão/98 (estiagem). A variação espacial mostrou, de forma geral, um gradiente montante-jusante e maior variação para a estação JB-75.

Alcalinidade

A alcalinidade teve comportamento semelhante a condutividade durante o período de estudo. Os maiores valores foram registrados nas estações JB-35 com 646,40 mg/L em fev/99 e JB-41 com 400,00 mg/L para o mês de dez/98. O valor mais baixo foi registrado na estação JB-15 (26,90 mg/L) em set. e out/97. A variação temporal registrou maiores níveis

para o período de estiagem (verão/98) e especialmente, como a condutividade, as maiores medianas foram registradas na estação JB-35.

Íons

A composição iônica da água representada pelas concentrações dos íons cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), ferro (Fe) e cloreto (Cl) mostraram, de forma geral um comportamento homogêneo nos aspectos espacial e temporal.

O Ca apresentou um gradiente de concentração ao longo do rio, sendo os menores valores registrados nas estações de montante JB-10 (2,46 mg/L) e JB-15 (3,32 mg/L) nos meses de set/97 e nov/97 respectivamente. Os maiores valores foram encontrados nas estações JB-75, com 240,00 mg/L em out/98, seguido de JB-41 (45,60 mg/L) em jan/99 e JB-35 (44,00 mg/L) em mar/98. Temporalmente, como tem sido válido para outras variáveis relacionadas ao conteúdo iônico, o período de verão/98 apresentou os maiores valores. Já a comparação entre as medianas dos períodos inverno/98 e verão/97, mostrou um comportamento inverso, pois os valores foram mais altos durante o inverno, sobretudo para as estações JB-10, JB-15, JB-20, JB-41 e JB-55.

O íon Mg apresentou o maior valor absoluto para a estação JB-75 (778,60 mg/L) em dez/98 e as menores concentrações foram registradas nos sítios JB-10 e JB-15, com 1,52 mg/L e 2,02 mg/L, respectivamente e ambas para o mês de out/97.

Da mesma forma que o Ca, o íon Mg também apresentou um relativo gradiente nascente-foz nos valores medianos. O comportamento temporal também indicou os maiores valores para o verão/98.

O íon K variou de 242,00 mg/L na estação JB-75 em nov/98 a 1,38 mg/L para a estação JB-15 em out/97. Foram registrados altos valores nas estações JB-20 (62,60 mg/L) e JB-22 (70,30 mg/L). O verão/98 foi o período com as maiores concentrações de K e também houve uma inversão dos mais altos valores para o inverno/98 com relação ao verão/97 em praticamente todas as estações amostradas.

Para o Fe foram registradas as maiores concentrações nas estações JB-20 (11,70 mg/L) e JB-22 (10,30 mg/L) para o verão/98 em dez/98. O menor valor foi registrado na estação JB-75, com 0,30 mg/L também no mês de dez/98. Não foi registrado nenhum padrão de comportamento temporal nítido para este elemento, entretanto observa-se uma ligeira predominância de concentrações mais altas para os períodos de verão.

As maiores concentrações de Na foram encontradas nas estações JB-75 (8320,00 mg/L) em set/98 e JB-35 (375,00 mg/L) em fev/99. As estações JB-10 e JB-15 registraram o menor valor (13,40 mg/L) no mês de set/97. Este íon refletiu o mesmo comportamento com relação a predominância dos mais altos valores para o período de verão/98 e a exemplo do

Ca, houve o registro das maiores medianas para o inverno/98 com relação ao verão/97, isto se deu nas estações JB-15, JB-20, JB-22 e JB-55.

As maiores concentrações de cloreto (mg/L) foram registradas nas estações JB-75 (12653,00 mg/L) e JB-35 (227,20 mg/L) para os meses de nov/98 e fev/99 respectivamente. As estações JB-15 e JB-10 apresentaram os menores valores em out/97 e nov/97, respectivamente, 16 mg/L e 17,70 mg/L. Durante o verão/98 foram registrados os maiores valores medianos para todas as estações e, excluindo a JB-75, o sítio JB-35 foi o que apresentou a maior mediana se destacando das demais no gradiente nascente-foz.

Turbidez

A turbidez apresentou valores variando de 362,00 NTU, para a estação JB-20 em fev/99 a 3,90 NTU para a estação JB-15 em jul/98. De forma geral os maiores valores foram encontrados para os períodos de verão, sendo que o verão/98 apresentou os maiores valores medianos para todas as estações amostradas. A comparação espacial feita através das medianas obtidas para os sítios de coleta evidenciou uma elevação da turbidez, após as estações JB-10 e JB-15, e uma queda na estação localizada na foz do rio Duas Unas (JB-35), vindo a aumentar novamente a partir da estação JB-41.

Nitrato

A concentração de nitrato variou de 430,00 $\mu\text{g/L}$ para a estação JB-15 em out/97 a 1,00 $\mu\text{g/L}$ encontrado para a mesma estação em abr/98. Analisando os valores medianos ao longo dos períodos estudados, verifica-se um ligeiro predomínio de concentrações mais altas para as épocas de estiagem (verão). Espacialmente ocorreram grandes amplitudes de variação para as estações JB-20 e JB-22, registrando as medianas mais altas para os dois últimos sítios no período de verão.

Fósforo total

A concentração de fósforo total ($\mu\text{g/L}$) apresentou os valores mais altos para as estações JB-35 (4020,00 $\mu\text{g/L}$) e JB-20 (3950,00 $\mu\text{g/L}$) ambos em fev/99. O valor absoluto mais baixo foi registrado para a estação JB-75 (90,00 $\mu\text{g/L}$) em set/98. Não foram realizadas medidas desta variável para o período de verão/97. Para os dois outros períodos (inverno e verão/98), as medianas obtidas foram mais elevadas durante o período de verão para praticamente todas as estações (JB-10, JB-20, JB-22, JB-35, JB-41 e JB-75). Nos sítios JB-15 e JB-75, foram detectados valores medianos mais elevados no período de inverno.

Durante a estiagem, as estações JB-20, JB-35 e JB-22 apresentaram as maiores medianas (2585,00 $\mu\text{g/L}$, 2095,00 $\mu\text{g/L}$ e 2435,00 $\mu\text{g/L}$, respectivamente).

Saturação do Oxigênio Dissolvido (%)

A saturação do oxigênio dissolvido variou de 107,91% para a estação JB-75 em nov/98 a valores nulos (0,00%) encontrados em todas as estações e em todos os períodos de estudo (verão/97, inverno/98 e verão/98). As menores variações mínimo/máximo foram registradas para os sítios JB-41 e JB-55. A distribuição espacial da saturação de oxigênio dissolvido evidenciou um estado de anoxia em praticamente todo o trecho estudado. Os valores medianos encontrados variaram de 0,00% a 48,09%. O valor de 48,09% foi registrado na estação JB-75, local de influência das marés. Excluindo este sítio os valores variaram de 0,00 a 32,67%.

Temporalmente os índices medianos percentuais registraram diferenças de comportamento nas estações amostradas para os períodos de inverno e verão.

Para as estações JB-10, JB-35 e JB-55, os maiores valores medianos foram obtidos durante o verão/97, sendo que nos períodos seguintes ocorreu uma gradativa queda nestes valores, sobretudo para as estações JB-35 e JB-55 que apresentaram valores 0,00% nos dois períodos subsequentes (inverno e verão/98).

Demanda Bioquímica de Oxigênio

De forma geral os valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) acompanharam inversamente os registros obtidos para a saturação de oxigênio. O maior valor foi encontrado na estação JB-20 (1672,00 mg/L) em fev/99 sendo registrados valores < 2,00 mg/L para as estações JB-15, JB-55 e JB-75.

Os valores medianos temporais demonstraram que os índices mais elevados de DBO foram obtidos para os períodos de verão (97 e 98) em praticamente todas as estações (JB-10, JB-20, JB-22, JB-35 e JB-55).

Sólidos Totais

Os sólidos totais apresentaram os valores mais elevados para a estação JB-75 (27135,00 mg/L) em nov/98 e para a estação JB-35 (1147,00 mg/L) no mês de fev/99. Os menores valores foram registrados nos sítios JB-22 e JB-15 com 104,00 mg/L e 105,00 mg/L, para os meses de set/97 e nov/97, respectivamente. Na Figura 32 é possível verificar que ao longo do rio as maiores concentrações de sólidos totais foram registrados para o período do verão, sobretudo no verão/98.

Coliformes Fecais

Os coliformes fecais registraram valores máximos de 160000,00 NMP/100ml em todas as estações de amostragem e em todo o período de estudo. O menor valor foi encontrado para a estação JB-15 (200,00 NMP/100ml) no mês de out/98. As estações JB-10, JB-20, JB-22, JB-35 e JB-41 apresentaram os maiores valores medianos durante todo o período de estudo (1600000,00 NMP/100ml). Na estação JB-15 foram encontrados os menores valores medianos seguida dos sítios JB-55 e JB-75, onde pode-se verificar uma nítida queda nos valores medianos a partir da estação JB-41.

Tabela 42. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-10.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-10	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	25,00	6,30	8,50	29,80	105,10	17,70	2,60	5,60	30000,00	4,00	250,00	115,60	1,14	2,46	1,52	13,40	1,98	
	Máximo	34,50	7,00	29,00	64,70	197,00	27,80	95,25	31,10	160000,00	149,00	250,00	170,20	1,92	9,60	2,74	28,90	3,60	
	Verão/97	Mediana	29,75	6,60	14,00	51,30	144,35	19,95	23,86	16,00	160000,00	96,00	250,00	134,65	1,56	4,96	2,27	18,45	2,47
	Média	29,83	6,65	15,67	49,62	146,08	21,10	39,68	17,52	120000,00	84,50	250,00	140,17	1,53	5,33	2,22	19,40	2,63	
	Moda	–	6,60	14,00	–	–	–	–	–	–	160000,00	–	–	–	–	–	–	–	–
Desv.Pad.	2,81	0,24	7,13	12,09	31,85	3,60	38,09	10,48	56862,41	57,97	0,00	22,03	0,32	2,65	0,40	4,89	0,59		
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,00	6,50	6,00	42,00	151,60	22,20	0,00	3,90	1300,00	18,00	180,00	152,40	1,58	6,20	2,20	20,90	2,10	
	Máximo	29,50	6,90	25,00	74,40	232,00	32,30	20,08	18,70	160000,00	101,00	430,00	189,60	2,70	10,80	2,96	33,60	6,50	
	Verão/98	Mediana	27,25	6,65	17,50	54,50	181,25	25,40	15,06	8,75	160000,00	40,50	260,00	162,40	1,78	8,00	2,82	24,15	4,34
	Média	27,83	6,70	16,33	56,48	185,05	26,65	11,71	9,68	120325,00	50,17	286,00	165,73	1,92	8,22	2,69	25,40	4,23	
	Moda	27,00	6,60	–	–	–	–	20,08	–	160000,00	–	–	–	–	–	–	–	–	
Desv.Pad.	1,03	0,15	6,42	12,28	28,42	3,93	9,01	5,33	68719,12	30,05	86,86	14,07	0,39	1,85	0,29	4,36	1,34		
Verão/98	n	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
	Mínimo	28,00	6,80	21,00	49,50	172,10	23,20	0,00	9,30	160000,00	10,00	230,00	157,60	1,29	7,20	2,67	22,20	4,00	
	Máximo	29,00	7,80	78,00	260,00	715,00	76,60	35,77	87,60	160000,00	60,00	1740,00	529,00	2,49	48,40	17,30	73,20	13,80	
	Verão/98	Mediana	28,75	7,00	32,00	66,30	261,00	37,60	11,59	31,80	160000,00	42,50	370,00	200,40	1,86	15,20	3,89	28,70	11,10
	Média	28,63	7,24	47,20	124,36	378,82	45,06	14,74	38,30	160000,00	38,75	828,00	292,48	1,88	22,66	7,60	41,32	9,24	
	Moda	29,00	6,80	–	–	–	–	–	–	160000,00	–	–	–	–	–	–	–	–	
Desv.Pad.	0,41	0,46	24,60	82,31	213,31	20,32	13,06	27,57	0,00	20,12	634,74	140,79	0,43	15,25	5,57	19,97	4,29		

Tabela 43. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-15.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-15	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,00	6,20	6,90	26,90	102,40	16,00	5,20	2,00	800,00	2,00	90,00	105,00	1,30	3,32	2,02	13,40	1,38	
	Máximo	29,50	6,60	14,00	41,70	138,60	21,50	49,30	35,40	160000,00	430,00	90,00	135,60	2,14	5,05	4,20	18,60	3,61	
	Verão/97	Mediana	29,25	6,35	8,55	33,25	128,55	18,35	15,60	10,50	2650,00	242,00	90,00	123,60	1,81	4,02	2,18	16,17	2,74
	Média	28,67	6,40	9,47	32,87	122,80	18,72	23,70	15,28	30066,67	198,00	90,00	123,55	1,77	4,19	2,56	15,98	2,62	
	Moda	29,50	6,60	–	26,90	–	–	15,60	2,00	–	#N/D	–	122,00	–	–	2,16	–	–	
Desv.Pad.	1,25	0,15	2,38	5,08	13,30	1,81	15,76	14,09	58254,60	167,34	0,00	9,66	0,32	0,66	0,76	1,82	0,82		
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,00	6,30	3,90	37,00	140,90	21,30	0,00	2,00	1100,00	1,00	130,00	117,60	1,62	5,55	2,10	18,70	2,54	
	Máximo	29,00	6,80	12,00	54,30	162,50	26,80	80,32	6,70	7000,00	196,00	290,00	148,00	3,75	6,80	2,96	24,70	6,80	
	Verão/98	Mediana	27,50	6,55	5,25	41,50	150,90	23,25	1,23	3,35	4650,00	18,00	170,00	136,80	2,18	5,95	2,67	19,90	4,35
	Média	27,50	6,53	6,77	43,88	150,57	23,53	14,66	3,78	4350,00	48,20	188,00	134,87	2,55	6,11	2,63	20,83	4,52	
	Moda	29,00	6,60	–	41,50	–	–	23,20	0,00	2,00	7000,00	–	170,00	–	–	6,80	–	–	
Desv.Pad.	1,26	0,16	2,97	5,66	7,36	1,63	29,42	1,75	2683,75	74,38	53,81	9,84	0,82	0,52	0,27	2,07	1,40		
Verão/98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,50	6,30	8,00	41,00	140,90	20,50	0,00	2,00	200,00	10,00	100,00	138,00	2,01	5,60	2,82	19,10	3,20	
	Máximo	31,00	7,90	41,00	80,00	225,00	36,40	58,22	8,60	90000,00	23,00	250,00	200,00	6,54	14,00	4,25	27,30	16,80	
	Verão/98	Mediana	29,25	6,85	25,00	61,95	205,50	29,75	19,23	2,40	1700,00	20,00	135,00	178,15	2,66	10,70	3,71	25,00	4,60
	Média	29,17	6,93	26,33	61,82	199,65	29,65	21,22	4,20	20240,00	17,67	148,33	175,72	3,47	10,60	3,59	23,88	6,87	
	Moda	–	–	25,00	–	–	–	29,40	0,00	2,00	–	#N/D	–	–	–	–	–	–	
Desv.Pad.	1,18	0,55	11,51	11,83	27,89	4,75	20,00	2,67	34986,66	5,56	48,10	18,78	1,81	2,63	0,47	3,16	4,78		

Tabela 44. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-20.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-20	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,00	4,30	18,00	28,70	112,40	18,60	0,00	4,80	14000,00	5,00	920,00	114,50	1,40	3,90	2,36	14,20	2,50	
	Máximo	44,50	6,90	66,00	100,40	333,00	37,70	83,82	225,60	160000,00	243,00	920,00	827,00	3,24	21,70	4,37	25,20	25,10	
	Verão/97	Mediana	40,25	5,70	26,00	34,05	145,45	21,40	9,36	82,40	160000,00	25,00	920,00	202,20	2,59	5,05	2,75	17,16	3,88
	Média	37,33	5,72	31,33	45,80	175,03	23,75	24,27	97,13	117333,33	77,83	920,00	301,13	2,47	7,91	3,03	18,55	7,34	
	Moda	—	5,70	24,00	—	—	—	—	—	160000,00	—	—	—	—	—	—	2,75	—	—
	Desv.Pad.	6,57	0,82	15,86	25,09	73,89	6,55	30,39	68,87	61228,17	89,48	0,00	240,32	0,58	6,27	0,65	3,88	8,01	
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,50	4,70	5,60	45,00	164,60	24,10	0,00	2,40	24000,00	17,00	210,00	138,40	1,46	6,20	2,70	21,20	4,07	
	Máximo	38,00	7,00	25,00	102,00	445,00	64,50	45,99	293,00	160000,00	315,00	320,00	751,60	4,71	22,80	10,00	30,40	43,50	
	Mediana	28,00	6,85	8,75	48,25	176,05	25,95	32,68	4,10	160000,00	87,00	280,00	152,00	1,97	7,40	3,07	23,30	6,50	
	Média	29,50	6,52	13,27	56,67	218,45	32,20	30,56	52,13	126000,00	127,20	266,00	262,80	2,44	9,77	4,23	24,13	12,41	
	Moda	28,00	6,80	25,00	—	—	24,10	45,99	—	160000,00	—	210,00	—	—	—	—	—	—	
	Desv.Pad.	3,92	0,82	8,47	20,37	101,51	14,53	15,60	107,73	58889,73	110,57	47,58	220,90	1,11	5,86	2,59	3,19	14,01	
Verão/98	n	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	28,00	4,30	30,00	42,50	165,20	24,10	0,00	3,50	1300,00	6,00	350,00	154,40	1,73	7,20	3,40	21,50	4,20	
	Máximo	39,00	7,80	362,00	120,00	605,00	79,90	81,77	1672,00	160000,00	403,00	3950,00	933,00	11,70	24,00	10,70	42,50	62,60	
	Mediana	31,75	6,45	153,50	85,90	422,50	53,55	2,69	134,95	160000,00	320,00	2585,00	425,65	4,66	16,00	6,96	36,50	22,05	
	Média	32,50	6,28	152,00	76,08	384,37	51,90	26,87	398,17	128260,00	243,00	2221,67	473,25	5,69	15,77	6,92	34,33	24,32	
	Moda	—	—	—	#N/D	—	—	0,00	—	160000,00	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Desv.Pad.	3,54	1,18	111,09	29,11	147,44	18,66	36,22	589,21	63480,00	170,98	1394,73	280,89	4,01	5,64	2,30	7,65	19,82	

Tabela 45. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-22.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-22	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,00	5,10	12,00	31,80	124,00	19,50	0,00	4,00	2000,00	8,00	650,00	104,00	1,93	4,05	2,60	15,50	1,70	
	Máximo	38,00	6,80	21,00	76,40	268,00	33,70	75,30	71,90	160000,00	319,00	650,00	253,20	4,27	12,80	4,28	107,00	5,72	
	Verão/97	Mediana	38,00	6,10	15,00	48,60	192,60	27,50	0,00	48,65	160000,00	13,00	650,00	185,60	2,66	7,85	3,05	24,04	3,89
	Média	34,75	6,08	16,00	51,33	191,45	27,38	17,75	47,97	107533,33	81,83	650,00	187,07	2,83	7,78	3,25	35,95	3,88	
	Moda	38,00	6,10	12,00	—	—	#N/D	0,00	—	160000,00	8,00	—	—	—	—	—	—	—	
	Desv.Pad.	4,65	0,55	3,79	14,66	47,89	5,23	28,15	22,16	74199,88	114,71	0,00	51,82	0,82	2,83	0,62	31,99	1,27	
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,50	6,40	6,00	50,00	192,00	32,10	0,00	2,70	160000,00	25,00	300,00	163,20	1,60	4,00	3,20	25,50	4,54	
	Máximo	32,00	7,00	26,00	90,30	353,00	47,60	29,58	36,00	160000,00	170,00	480,00	276,40	3,30	12,80	5,30	39,50	11,60	
	Mediana	27,75	6,75	12,50	61,25	216,50	35,30	20,08	5,15	160000,00	109,00	350,00	178,20	1,99	8,45	3,88	29,55	7,55	
	Média	28,50	6,75	13,68	64,63	242,33	37,57	17,65	10,17	160000,00	98,80	372,00	194,13	2,25	8,92	4,06	30,73	7,52	
	Moda	—	6,70	—	—	—	32,10	20,08	—	160000,00	#N/D	—	—	—	8,45	—	—	—	
	Desv.Pad.	1,91	0,19	6,83	13,20	55,30	5,83	9,82	11,66	0,00	54,55	61,12	38,07	0,60	3,00	0,65	4,89	2,32	
Verão/98	n	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	28,00	4,60	22,00	52,00	203,00	32,10	0,00	5,60	160000,00	8,00	270,00	178,00	1,62	7,85	3,76	27,40	5,30	
	Máximo	36,00	7,30	230,00	120,00	756,00	106,50	45,99	278,00	160000,00	334,00	3100,00	879,50	10,30	30,40	15,50	51,50	70,30	
	Mediana	31,50	6,45	111,00	96,00	433,50	61,70	0,00	89,00	160000,00	136,00	2095,00	414,05	4,46	20,20	7,44	39,65	19,90	
	Média	31,75	6,27	108,67	89,76	427,50	64,15	12,78	97,18	160000,00	159,33	1795,00	430,33	5,21	18,71	7,79	39,72	24,22	
	Moda	—	6,90	—	120,00	—	—	0,00	—	160000,00	—	—	—	—	21,20	—	—	—	
	Desv.Pad.	3,11	0,90	70,43	28,75	179,90	22,41	18,60	99,30	0,00	134,11	1133,82	231,01	3,55	7,15	3,79	8,67	21,87	

Tabela 46. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-35.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-35	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,00	7,00	8,90	65,70	214,00	31,90	0,00	6,40	160000,00	5,00	1920,00	191,50	0,82	6,70	3,35	33,40	3,00	
	Máximo	33,00	7,70	15,00	351,40	931,00	124,30	53,84	23,20	160000,00	32,00	1920,00	667,00	3,14	19,10	7,70	204,00	12,90	
	Verão/97	Mediana	30,75	7,20	13,00	224,20	679,50	95,45	18,94	13,55	160000,00	9,00	1920,00	454,75	1,81	16,50	5,98	91,03	8,02
	Média	30,67	7,25	12,48	216,95	638,00	87,18	22,97	14,98	160000,00	16,80	1920,00	449,21	1,94	15,03	5,85	104,16	7,97	
	Moda	30,50	7,10	14,00	—	—	—	—	—	160000,00	#N/D	—	—	—	—	—	—	—	—
Desv.Pad.	1,86	0,23	2,09	100,31	254,58	32,59	17,39	5,81	0,00	11,69	0,00	164,00	0,94	4,26	1,42	62,24	3,77		
Inver./98	n	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
	Mínimo	26,00	6,80	4,40	135,50	438,00	59,80	0,00	4,80	160000,00	8,00	760,00	289,60	0,60	15,70	5,90	61,20	6,90	
	Máximo	29,00	7,30	21,00	326,30	976,00	129,00	10,04	12,00	160000,00	60,00	1170,00	605,00	1,60	44,00	9,53	148,00	13,00	
	Mediana	27,00	7,20	8,50	190,00	549,00	73,30	0,00	8,00	160000,00	26,00	980,00	376,00	1,17	18,80	8,10	92,50	9,90	
	Média	27,10	7,14	10,50	202,52	604,20	81,32	3,05	8,70	160000,00	27,40	972,50	396,44	1,16	23,06	7,64	94,16	9,92	
	Moda	26,00	7,20	—	—	—	—	0,00	8,00	160000,00	—	—	—	—	18,80	—	—	—	
Desv.Pad.	1,11	0,17	5,66	66,00	190,80	24,38	4,03	2,49	0,00	17,73	145,32	109,71	0,33	10,53	1,43	29,63	2,38		
Verão/98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	4,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,00	7,30	31,00	190,00	554,00	71,30	0,00	10,00	35000,00	10,00	780,00	385,60	0,64	16,00	5,35	101,20	7,60	
	Máximo	30,00	8,80	91,00	646,40	1836,00	227,20	4,93	29,80	160000,00	25,00	4020,00	1147,00	1,95	30,00	12,60	375,00	29,20	
	Mediana	29,00	7,75	58,00	414,85	1265,00	158,60	0,00	23,00	160000,00	16,50	2435,00	828,25	0,76	21,55	6,44	238,25	16,45	
	Média	28,58	7,88	60,17	408,52	1195,83	148,22	0,82	21,52	135000,00	17,00	2413,33	783,60	1,03	22,05	7,28	230,18	17,27	
	Moda	29,00	7,40	—	—	—	71,30	0,00	—	160000,00	—	—	—	—	—	—	—	—	
Desv.Pad.	1,30	0,56	20,84	150,12	425,98	59,68	1,84	6,58	50000,00	5,87	1119,43	252,03	0,54	4,33	2,45	88,73	8,00		

Tabela 47. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-41.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-41	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,00	6,20	11,00	56,70	176,30	23,10	0,00	8,20	3200,00	13,00	720,00	182,50	2,27	7,25	2,90	25,30	2,85	
	Máximo	33,50	6,80	28,00	185,70	486,00	50,20	26,00	48,90	160000,00	30,00	720,00	437,80	4,94	24,00	5,15	66,40	12,50	
	Verão/97	Mediana	32,25	6,50	16,00	89,95	281,00	38,15	0,00	26,50	160000,00	23,50	720,00	260,75	2,55	8,83	3,85	40,28	6,78
	Média	31,17	6,52	17,67	96,42	284,88	36,68	6,84	26,62	133866,67	23,00	720,00	269,25	3,01	11,19	3,87	40,61	6,83	
	Moda	—	6,80	16,00	—	281,00	—	0,00	—	160000,00	—	—	—	2,46	#N/D	—	—	—	
Desv.Pad.	2,36	0,23	5,31	42,45	100,63	8,98	10,18	14,76	58435,91	5,32	0,00	85,68	0,92	5,91	0,76	13,56	3,10		
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,50	6,40	14,00	107,00	306,00	35,70	0,00	13,30	160000,00	14,00	730,00	245,20	2,12	12,90	3,96	39,50	8,90	
	Máximo	33,00	7,20	34,00	286,10	595,00	80,70	0,00	80,00	160000,00	104,00	1590,00	637,50	3,57	38,40	10,60	93,40	33,40	
	Mediana	27,75	6,95	22,00	122,75	390,50	43,30	0,00	34,00	160000,00	45,50	890,00	351,00	2,79	20,70	4,70	51,30	9,80	
	Média	28,67	6,92	23,00	153,28	407,67	49,33	0,00	40,88	160000,00	47,33	984,00	381,72	2,70	21,83	5,60	56,73	14,43	
	Moda	27,00	6,90	15,00	—	—	—	0,00	28,00	160000,00	—	—	—	—	—	—	—	—	
Desv.Pad.	2,27	0,25	8,47	63,13	99,57	15,09	0,00	21,80	0,00	28,61	312,51	128,43	0,49	8,55	2,30	18,59	8,73		
Verão/98	n	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
	Mínimo	26,00	6,70	30,00	85,50	293,00	35,60	0,00	8,00	30000,00	5,00	490,00	42,70	2,17	12,40	4,62	35,90	6,30	
	Máximo	32,00	8,00	179,00	400,00	873,00	108,30	19,72	159,20	160000,00	50,00	2520,00	749,00	5,13	45,60	12,10	154,60	42,70	
	Mediana	30,00	6,90	130,00	202,00	794,00	80,20	0,00	135,40	160000,00	29,00	1770,00	334,00	3,11	33,50	7,85	98,90	25,90	
	Média	29,50	7,20	110,80	219,50	644,20	73,34	3,94	94,80	134000,00	28,00	1494,00	396,46	3,38	30,02	8,37	90,44	23,06	
	Moda	—	6,90	—	—	—	—	0,00	—	160000,00	—	—	—	—	—	—	—	—	
Desv.Pad.	2,00	0,48	57,39	113,19	249,53	25,83	7,89	64,71	52000,00	18,38	750,96	263,00	1,21	12,82	3,07	41,13	13,82		

Tabela 48. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-55.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-55	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,50	6,50	4,60	54,70	170,30	23,10	0,00	6,50	1700,00	11,00	670,00	156,50	2,67	6,45	2,65	22,40	2,94	
	Máximo	31,50	6,90	56,00	115,40	323,00	44,40	25,10	37,20	90000,00	50,00	670,00	326,50	4,58	15,50	4,20	46,80	10,10	
	Verão/97	Mediana	30,75	6,70	19,50	87,40	261,00	36,55	2,69	18,25	26000,00	19,50	670,00	236,85	3,36	9,45	3,72	35,84	7,03
	Média	30,08	6,68	23,43	86,75	258,72	35,48	7,25	18,85	29783,33	26,67	670,00	237,85	3,41	9,74	3,57	36,13	6,69	
	Moda	31,00	6,70	15,00	—	—	—	0,00	—	—	11,00	—	—	3,49	—	—	—	—	
Desv.Pad.	1,40	0,12	16,15	21,63	55,41	7,11	9,25	10,18	29056,29	16,52	0,00	54,15	0,59	3,10	0,53	8,34	2,43		
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,00	6,90	8,10	90,40	261,00	32,00	0,00	2,00	3000,00	3,00	330,00	221,20	1,65	14,10	3,52	32,10	5,80	
	Máximo	29,00	7,10	45,00	170,60	455,00	71,70	20,44	20,80	160000,00	93,00	750,00	402,00	3,20	39,60	6,70	56,70	12,00	
	Mediana	27,50	7,00	14,00	106,45	300,50	41,10	0,00	4,35	26900,00	22,00	480,00	275,40	2,63	19,55	4,64	38,60	8,75	
	Média	27,83	7,02	18,35	119,00	333,17	44,83	5,08	7,12	54200,00	30,33	526,00	295,73	2,55	21,70	4,79	41,87	8,97	
	Moda	27,00	7,00	—	—	—	—	0,00	—	—	22,00	—	—	—	—	—	—	—	
Desv.Pad.	0,90	0,07	12,35	29,18	73,64	13,64	7,79	6,41	63978,28	29,04	174,42	68,94	0,57	8,63	1,11	9,67	1,97		
Verão/98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,00	6,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	27,50	6,80	28,00	76,00	249,00	30,30	0,00	7,30	2700,00	9,00	330,00	194,40	2,02	13,20	3,56	29,80	5,90	
	Máximo	29,00	8,00	173,00	313,10	1009,00	127,80	15,33	40,00	160000,00	200,00	1600,00	674,00	4,69	34,40	16,90	130,80	47,30	
	Mediana	28,50	7,00	83,00	191,10	577,00	71,10	0,00	9,25	105000,00	31,00	1305,00	446,60	3,27	16,85	10,28	79,20	22,70	
	Média	28,42	7,22	87,67	183,05	581,00	72,27	3,41	17,32	35116,67	80,00	1058,33	445,10	3,31	18,93	10,12	77,03	24,50	
	Moda	28,50	6,90	—	—	—	—	0,00	—	—	—	—	—	—	—	14,60	—	—	
Desv.Pad.	0,53	0,44	46,46	81,70	258,99	31,52	5,65	12,99	56418,39	85,33	495,70	165,49	0,96	7,17	5,35	33,60	15,81		

Tabela 49. Estatística descritiva das variáveis da qualidade da água registradas durante o período 1997-1999 para a estação JB-75.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	TURB (NTU)	ALC (mg/L)	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)	Fe (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	
JB-75	n	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
	Mínimo	27,00	6,70	5,10	57,70	198,40	301,70	7,80	2,00	1700,00	28,00	—	679,50	0,34	13,10	16,80	133,60	7,00	
	Máximo	30,50	7,50	16,00	120,50	16440,00	6364,00	107,92	11,70	160000,00	211,00	—	13120,00	2,12	110,40	392,00	3674,00	81,20	
	Verão/97	Mediana	29,50	7,30	11,00	94,90	4730,00	1631,00	37,04	8,65	11000,00	40,00	—	3447,00	1,82	34,20	100,00	842,90	29,20
	Média	29,00	7,14	10,04	91,42	5546,68	2140,32	53,68	7,75	37740,00	92,80	—	4490,10	1,49	42,62	131,76	1195,40	33,98	
	Moda	29,50	7,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Desv.Pad.	1,18	0,29	4,01	23,12	5800,90	2191,86	35,74	4,04	61286,79	75,86	—	4487,73	0,68	35,69	135,47	1281,99	25,86		
Inver./98	n	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	4,00	6,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	
	Mínimo	26,00	6,90	6,00	89,00	482,00	106,90	0,00	2,00	28000,00	2,00	290,00	270,00	1,10	15,20	7,65	72,30	10,20	
	Máximo	30,00	7,20	16,00	170,70	20000,00	8427,00	21,17	6,60	90000,00	43,00	890,00	16695,00	5,12	171,00	580,00	4620,00	147,60	
	Mediana	27,75	7,00	12,00	105,40	833,00	213,40	7,62	3,95	40000,00	23,50	460,00	525,25	2,84	18,35	14,45	124,55	13,35	
	Média	28,00	7,02	11,83	118,27	7128,33	2802,85	9,60	4,25	49500,00	23,67	588,00	5687,05	3,04	65,87	162,63	1578,75	55,87	
	Moda	30,00	7,00	9,00	105,40	20000,00	—	21,17	—	—	—	—	—	—	15,20	—	—	—	
Desv.Pad.	1,61	0,11	3,98	29,71	9102,71	3729,37	8,88	1,74	24914,86	13,98	245,31	7455,35	1,35	69,56	223,39	2085,86	62,24		
Verão/98	n	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	
	Mínimo	26,50	7,00	12,00	110,00	20000,00	7455,00	36,41	2,00	8000,00	120,00	90,00	13772,00	0,30	156,00	72,40	5600,00	155,50	
	Máximo	29,00	7,90	24,00	336,30	20000,00	12653,00	54,23	5,30	50000,00	368,00	480,00	27135,00	1,21	240,00	778,60	8320,00	242,00	
	Mediana	27,75	7,20	20,00	125,00	20000,00	10692,00	48,10	2,60	31500,00	150,00	120,00	21435,00	0,69	213,60	612,00	5660,00	183,00	
	Média	27,75	7,38	18,60	168,26	20000,00	10678,20	46,71	3,08	30250,00	197,00	204,00	21749,80	0,72	208,32	523,80	6392,00	189,54	
	Moda	—	—	20,00	—	20000,00	—	—	—	50000,00	—	—	—	—	—	—	—	5600,00	—
Desv.Pad.	0,90	0,35	3,98	85,46	0,00	1846,79	6,62	1,17	19828,96	100,80	146,78	4558,38	0,33	28,00	246,23	1063,77	29,07		

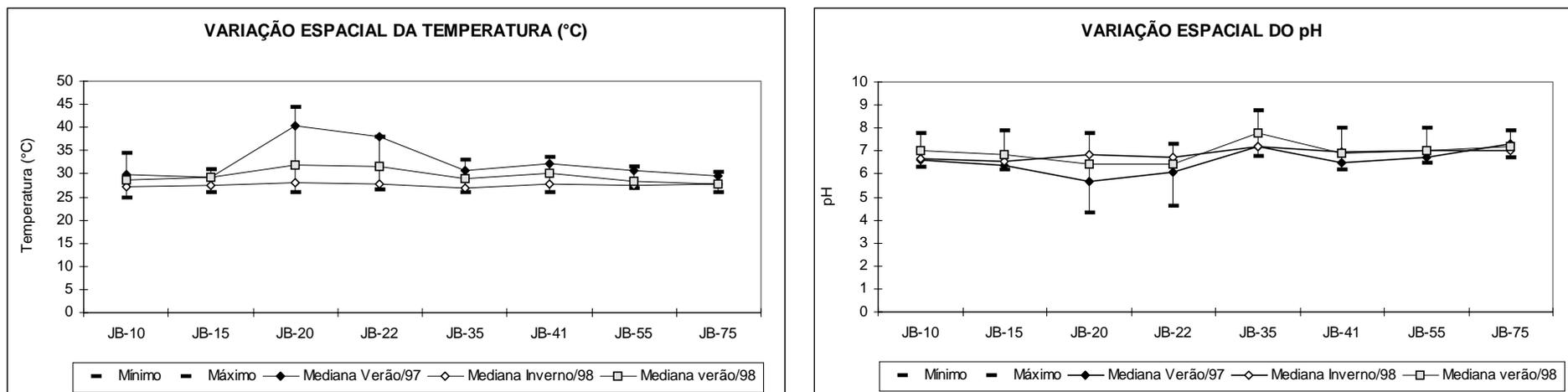


Figura 25. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da temperatura (°C) e do pH registrada no período 1997-1999.

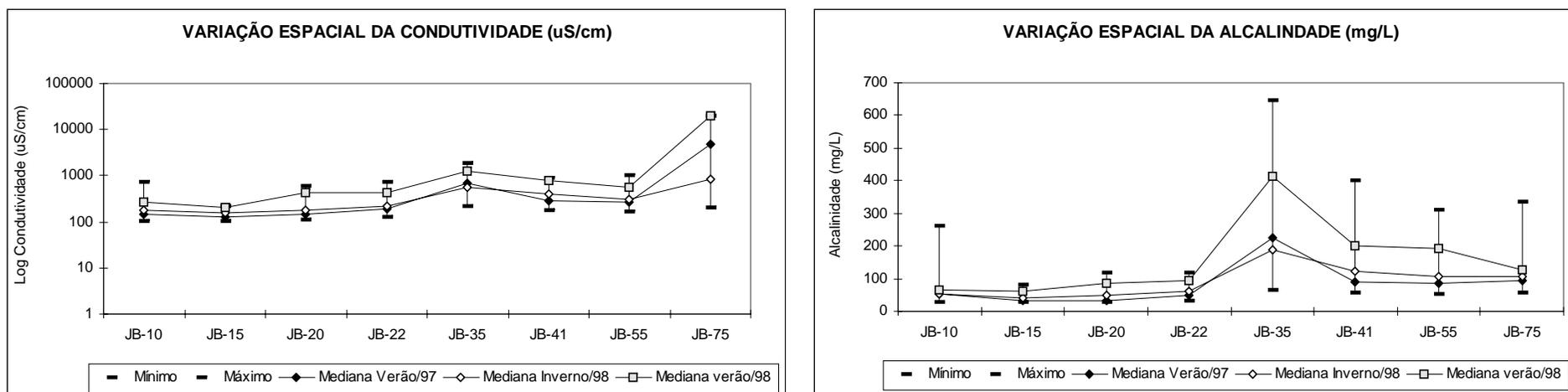


Figura 26. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e alcalinidade (mg/L) registrada no período 1997-1999.

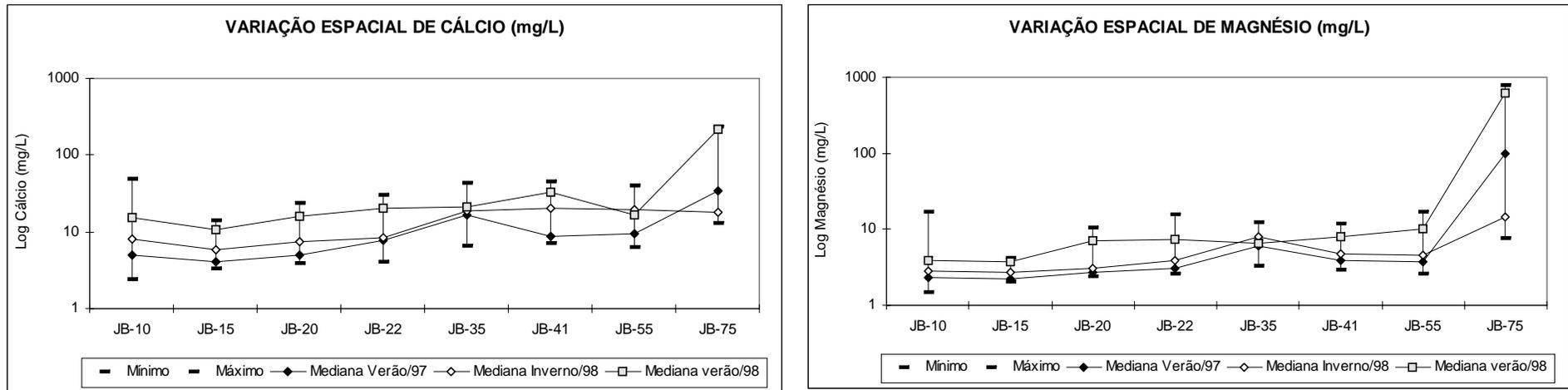


Figura 27. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de Ca (mg/L) e Mg (mg/L) registrada no período 1997-1999.

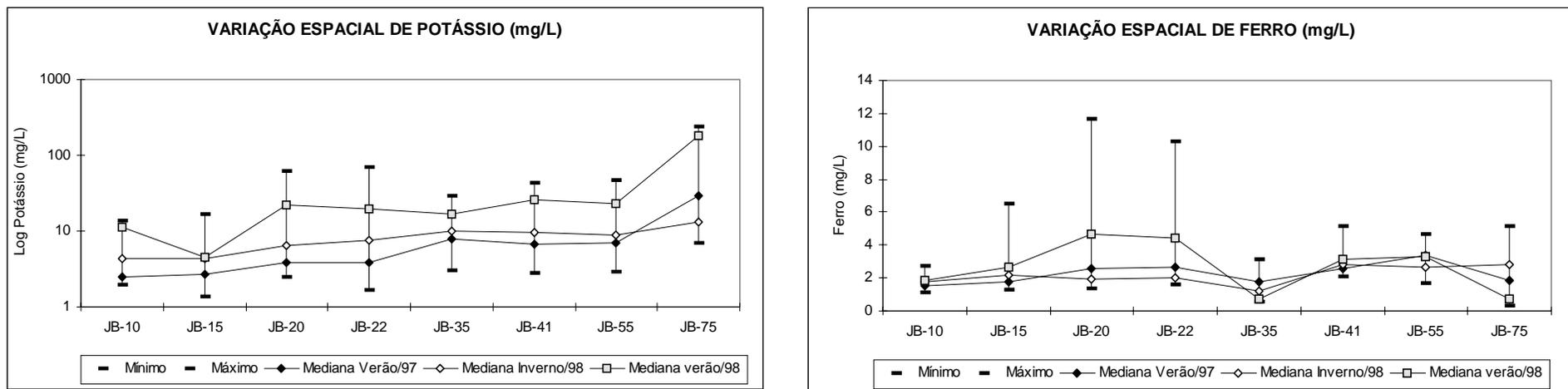


Figura 28. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de K (mg/L) e Fe (mg/L) registrada no período 1997-1999.

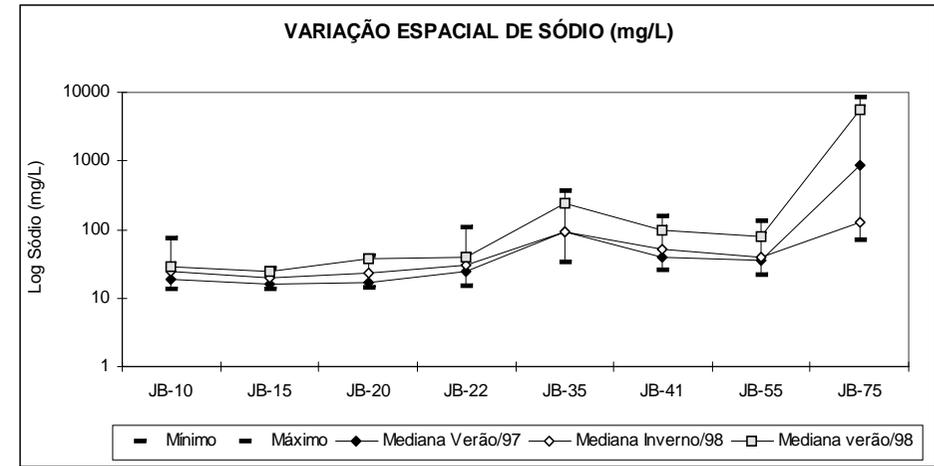
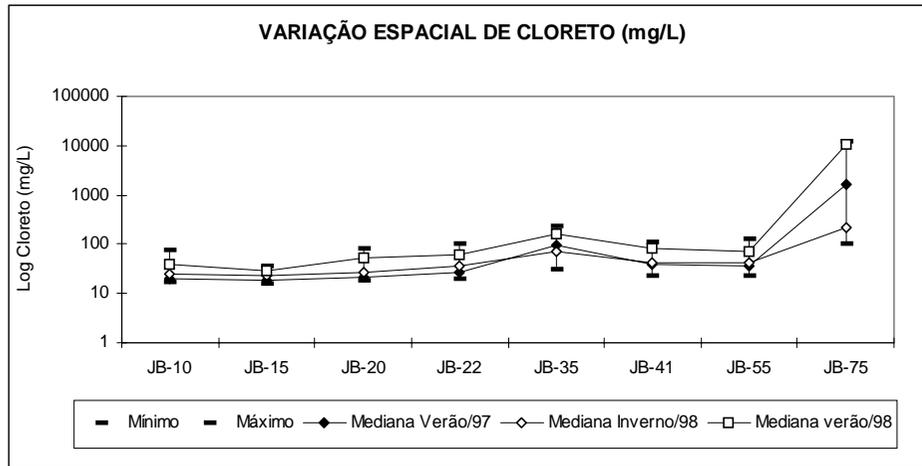


Figura 29. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de Cl (mg/L) e Na (mg/L) registrada no período 1997-1999.

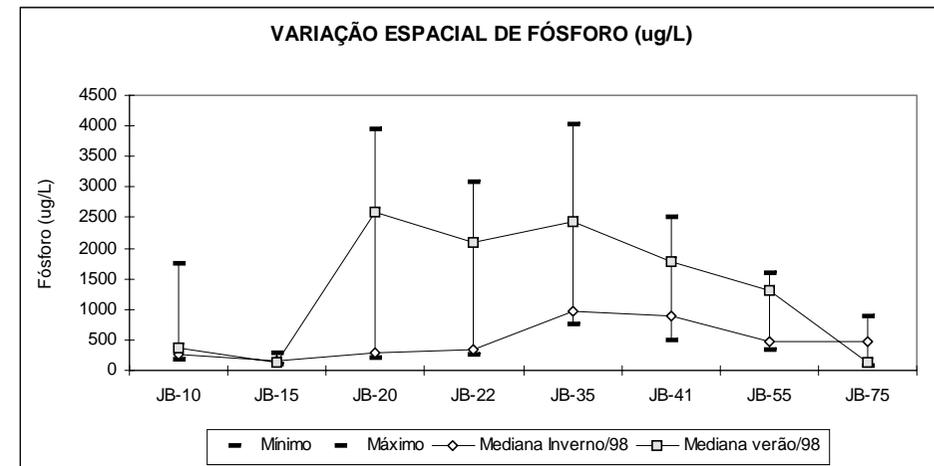
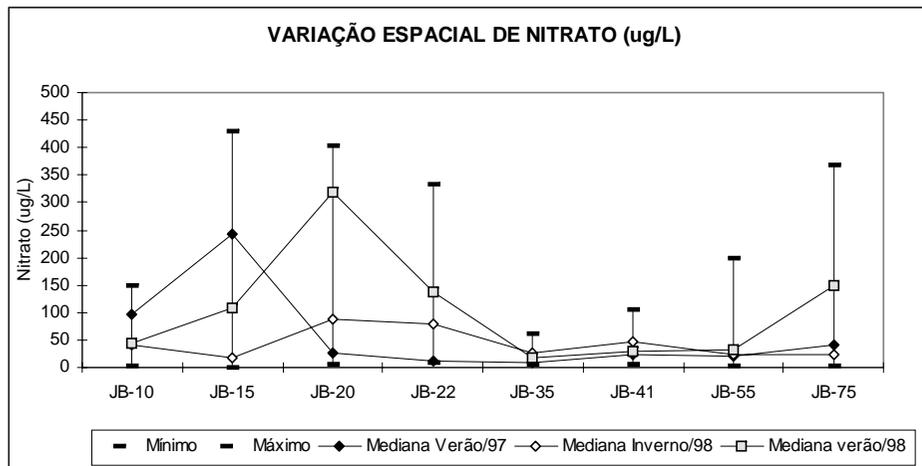


Figura 30. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de nitrato ($\mu\text{g/L}$) e fósforo total ($\mu\text{g/L}$) registrada no período 1997-1999.

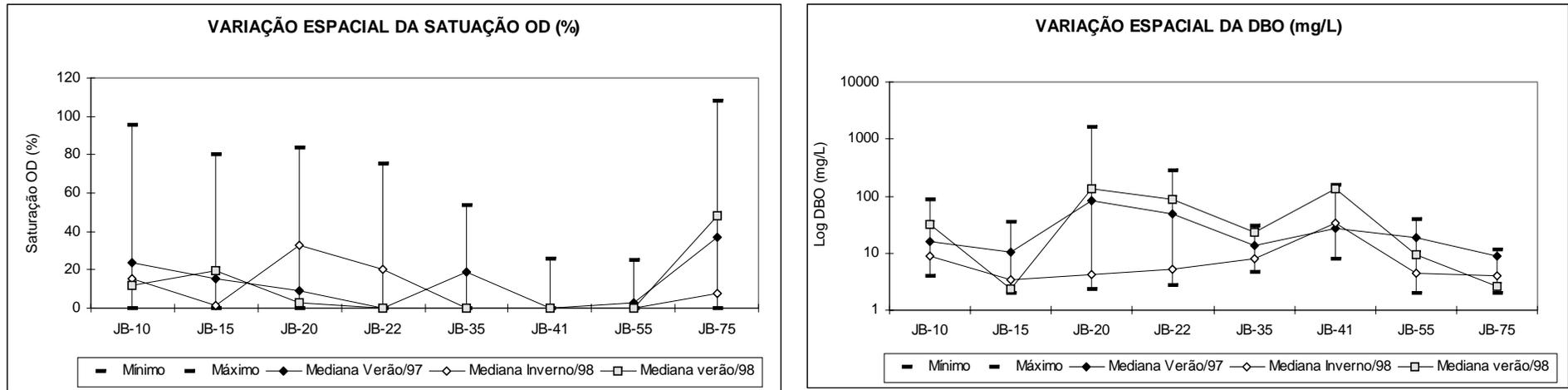


Figura 31. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da saturação de oxigênio (%) e da DBO (mg/L) registrada no período 1997-1999.

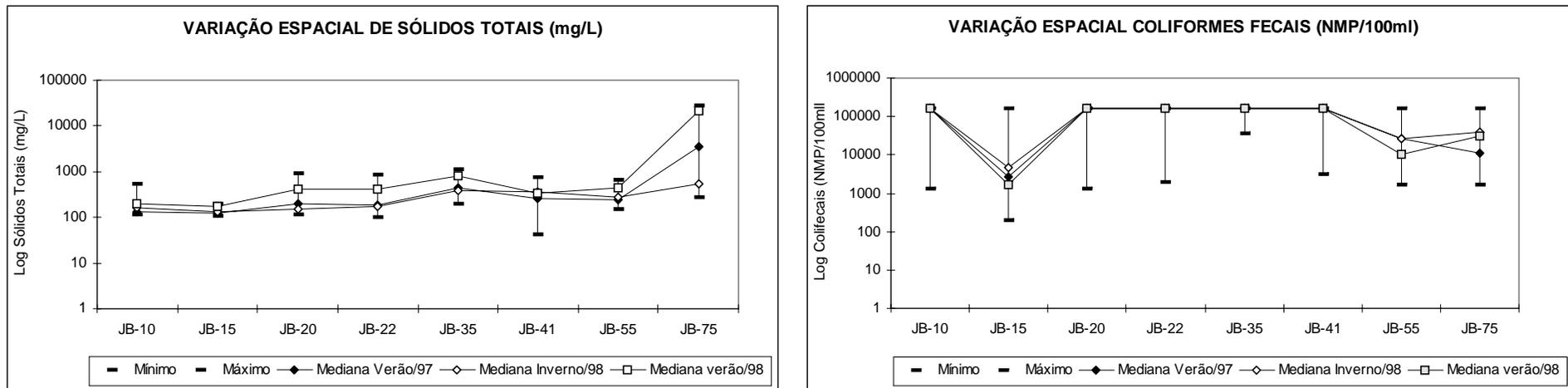


Figura 32. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de sólidos totais (mg/L) e de coliformes fecais (NMP/100 ml) registrada no período 1997-1999.

5.1.6.2 Análises Estatísticas - set/97-Fev/99

Os resultados da correlação de Spearman estão mostrados na matriz da Tabela 50. Observa-se significativas correlações ($p < 0,01$) entre as variáveis condutividade, cloreto, sólidos totais, alcalinidade, Ca, Mg, Na e K ($r = 0,713$ a $0,960$).

A saturação de oxigênio dissolvido mostrou correlações negativas significativas ($p < 0,01$) com a DBO, temperatura, turbidez, alcalinidade, condutividade, cloreto fósforo total, Ca, Mg, Na e K ($r = -0,669$ a $-0,276$).

O nitrato mostrou elevada correlação positiva com a saturação de oxigênio ($r = 0,544$) e o maior nível negativo de correlação com a temperatura ($r = -0,452$).

O fósforo total apresentou correlações significativas positivas com a DBO, condutividade e turbidez ($r = 0,594$ a $0,722$).

Os índices de coliformes fecais também apresentaram uma elevada correlação positiva com a DBO ($r = 0,455$).

As análises de agrupamento (*cluster analysis*) estão representadas nos dendogramas de similaridade espacial das estações de coleta para cada período sazonal, Figuras 33 a 35.

No verão/97 (Figura 33) observou-se a formação de dois grupos distintos. O primeiro grupo formado pelas estações JB-10 e JB-15. O segundo grupo formado pelos sítios JB-20, JB-22, JB-41, JB-55. As estações JB-35 e JB-75 se isolaram das demais, sendo que o isolamento da JB-75 foi mais significativo.

Para o período de inverno/98 (Figura 34), foi registrado novamente a formação de dois grupos, entretanto, um maior espalhamento das estações. O primeiro grupo manteve as estações JB-10 e JB-15 e o segundo apresentou apenas os sítios JB-20 e JB-22, isolando-se as estações JB-41 e JB-55. As estações JB-35 e JB-75 também se mantiveram isoladas.

O dendograma de similaridade espacial obtido para o verão/98 (Figura 35) demonstrou uma homogeneização das estações de coleta. Verificou-se a formação de um único grupo abrangendo todas as estações que se colocavam divididas em dois grupos para os outros períodos (JB-10, JB-15, JB-20, JB-22, JB-41 e JB-55), os sítios JB-35 e JB-75 permaneceram isoladas.

Tabela 50. Bacia do rio Jaboatão - Matriz de correlação entre as variáveis registradas durante o período 1997-1999. Correlação r de Spearman: Estão representadas somente as correlações significativas, onde (*)= $p < 0,05$ e (**)= $p < 0,01$.

	<i>TEMP</i>	<i>pH</i>	<i>TURB</i>	<i>ALC</i>	<i>COND</i>	<i>CLOR</i>	<i>%OD</i>	<i>DBO</i>	<i>CFEC</i>	<i>NO₃</i>	<i>FTOT</i>	<i>ST</i>	<i>Fe</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>
<i>TEMP</i>	1,000																
<i>pH</i>	-0,358**	1,000															
<i>TURB</i>	0,282**		1,000														
<i>ALC</i>		0,602**	0,263**	1,000													
<i>COND</i>		0,528**	0,292**	0,856**	1,000												
<i>CLOR</i>		0,534**	0,237**	0,807**	0,960**	1,000											
<i>%OD</i>	-0,318**		-0,375**	-0,461**	-0,373**	-0,290	1,000										
<i>DBO</i>	0,579**	-0,280**	0,541**	0,221**			-0,588**	1,000									
<i>CFEC</i>	0,317**		0,224*	0,288**	0,243**	0,198*	-0,243	0,455**	1,000								
<i>NO₃</i>	-0,452**			-0,327**	-0,230*		0,544**	-0,369**		1,000							
<i>FTOT</i>	0,347**	0,206*	0,594**	0,599**	0,607**	0,577**	-0,669**	0,722**	0,471**	-0,402**	1,000						
<i>ST</i>	0,248**	0,430**	0,340**	0,765**	0,907**	0,895**	-0,335**	0,214*	0,211*	-0,231*	0,598**	1,000					
<i>Fe</i>	0,177*	-0,232**	0,308**				-0,407**	0,311**		-0,246**	0,264*		1,000				
<i>Ca</i>		0,509**	0,315**	0,825**	0,930**	0,889**	-0,378**		0,230*	-0,208*	0,571**	0,868**		1,000			
<i>Mg</i>		0,495**	0,282**	0,758**	0,926**	0,937**	-0,276**				0,554**	0,876**		0,888**	1,000		
<i>Na</i>		0,581**	0,200*	0,858**	0,944**	0,948**	-0,320**			-0,221*	0,564**	0,867**		0,856**	0,889**	1,000	
<i>K</i>		0,369**	0,374**	0,713**	0,858**	0,863**	-0,383**		0,192*		0,564**	0,843**		0,862**	0,854**	0,793**	1,000

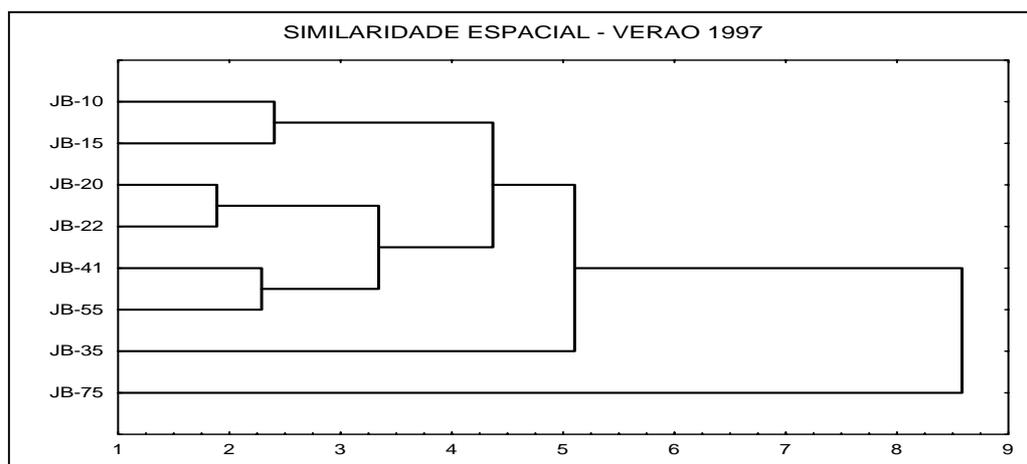


Figura 33. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão/1997.

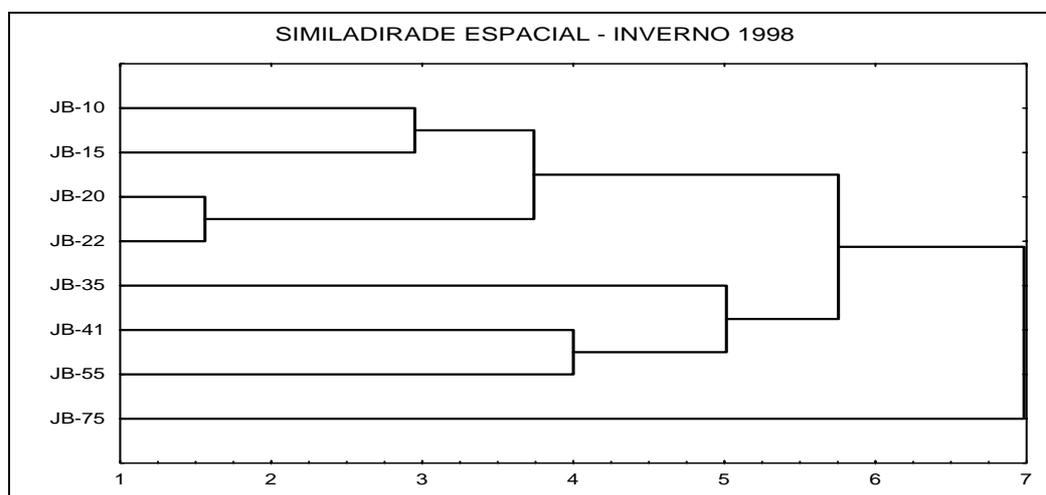


Figura 34. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de inverno/1998.

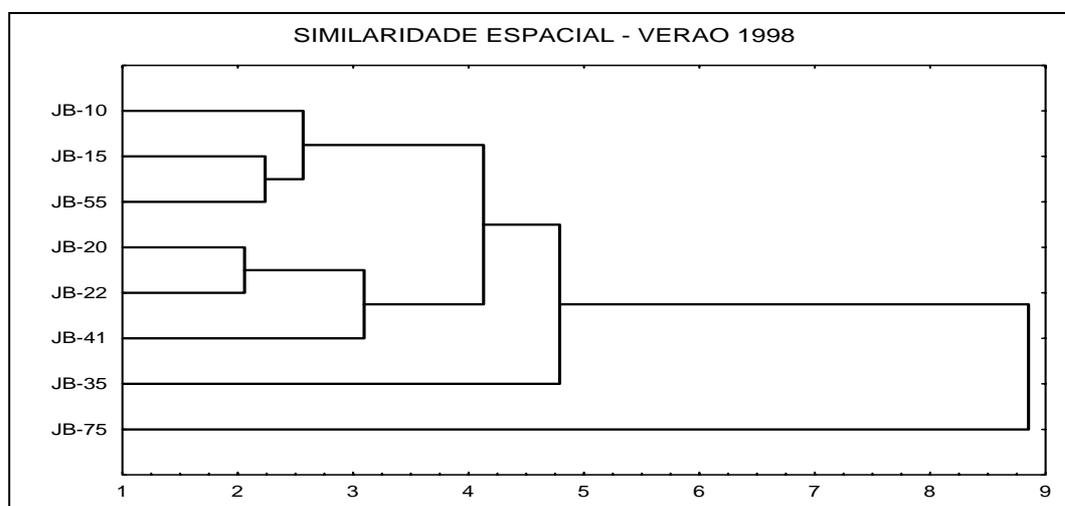


Figura 35. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão/1998.

Os resultados da análise fatorial estão apresentados na Tabela 51, onde podem ser observados as cargas fatoriais de cada variável da qualidade da água distribuídas nos fatores extraídos. O ordenamento das estações de coleta nos fatores 1 e 2, está representado nas Figuras 36 a 38.

Tabela 51. Bacia do rio Jaboatão - Análise Fatorial: cargas fatoriais das variáveis de qualidade da água distribuídas nos fatores 1 e 2 para os valores medianos de Verão/97, Inverno/98 e Verão/98.

<i>Variáveis</i>	<i>Verão/97</i>		<i>Inverno/98</i>		<i>Verão/98</i>	
	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>
TEMP	-0,55	0,54	-0,21	0,59	-0,46	-0,83
pH	0,78	0,06	0,83	-0,31	0,10	0,92
ALC	0,29	0,49	0,83	-0,53	-0,27	0,62
COND	0,97	0,15	0,94	0,23	0,97	0,14
CLOR	0,96	0,11	0,78	0,54	0,98	0,12
%OD	0,81	-0,21	-0,57	0,24	0,94	0,15
DBO	-0,56	0,46	0,24	-0,47	-0,34	-0,74
CFEC	-0,55	0,52	-0,16	-0,62	-0,45	-0,30
NO ₃	-0,01	-0,94	-0,51	-0,02	0,29	-0,82
FTOT	-0,28	0,69	0,72	-0,64	-0,56	-0,34
ST	0,96	0,15	0,98	0,14	0,98	0,12
Fe	-0,42	0,38	0,27	0,60	-0,44	-0,83
Ca	0,94	0,33	0,89	-0,22	0,97	0,11
Mg	0,95	0,11	0,87	0,39	0,98	0,11
Na	0,96	0,14	0,93	0,17	0,98	0,13
K	0,95	0,23	0,92	0,19	0,97	0,07
Autovalores	8,93	2,83	8,42	2,80	9,45	3,45
% Explicação	55,80	17,67	52,63	17,48	59,06	21,59

No verão/97, os dois fatores extraídos representaram uma explicabilidade de 73,47%, sendo 55,80% para o primeiro e 17,67% para o segundo. No primeiro fator, as variáveis mais correlacionadas positivamente foram: pH, condutividade, cloreto, saturação de oxigênio, sólidos totais, Ca, Mg, Na e K. O segundo fator foi influenciado negativamente apenas pelo nitrato. Na Figura 36 está representado a distribuição dos sítios de coleta ao longo dos fatores 1 e 2. Da mesma forma que foi registrado para a análise de agrupamento, pode-se observar a formação dos mesmos grupos no espaço de correlação com os fatores. A estação JB-75 foi a mais fortemente correlacionada com o fator 1, indicando valores medianos elevados do conteúdo iônico existente neste local. A segunda estação correlacionada com este eixo foi a JB-35 indicando também a presença de altos valores na composição iônica. As estações JB-20, JB-22, JB-41 e JB-55 se posicionaram afastadas do primeiro fator principalmente devido aos baixos valores de saturação do oxigênio. A estação que mais se correlacionou negativamente com o fator 2 foi a JB-15 refletindo o alto valor mediano registrado para o nitrato.

Para o inverno/98, os dois fatores extraídos representaram 70,11% da variabilidade total do conjunto de dados. Somente o fator 1 apresentou correlações significativas das variáveis medidas, todas positivas, sendo elas: pH, alcalinidade, condutividade, cloreto, fósforo, sólidos totais, Ca, Mg, Na e K. A distribuição das estações demonstrou novamente uma alta correlação da estação JB-75 com o fator 1 devido a alta riqueza iônica da água. Foi observado um gradiente da concentração iônica entre as estações JB-35, JB-41 e JB-55, com destaque para primeira com os mais altos valores de alcalinidade e condutividade. As estações restantes tiveram pouca correlação com este fator devido, além da menor riqueza iônica, aos menores valores medianos de fósforo com relação aos outros sítios.

No verão/98, a análise fatorial evidenciou que os dois fatores extraídos representaram 81,19% de explicação. O fator 1, que foi responsável por 59,06% da variabilidade total, demonstrou correlações positivas significativas com a condutividade, cloreto, saturação de oxigênio, sólidos totais, Ca, Mg, Na e K. O fator 2 foi correlacionado positivamente com o pH e negativamente com a temperatura, DBO, nitrato e Fe. A distribuição das estações pelos fatores 1 e 2 (Figura 38), indicou, de forma geral, o mesmo padrão encontrado para análise de agrupamentos. Novamente a estação JB-75 se mostrou isolada e fortemente correlacionada com o primeiro fator, neste caso além das condições iônicas, um ligeiro aumento na saturação de oxigênio com relação as demais. Todas as estações restantes mostraram pouca influência neste fator devido principalmente a sua correlação com a oxigenação da água (0,94). No fator 2, as estações JB-20 e JB-22 se destacaram como as mais correlacionadas devido aos altos valores medianos de DBO, nitrato e temperatura da água.

A Tabela 52 apresenta os resultados obtidos da aplicação do teste de *Kruskal-Wallis* (teste H), para as variáveis medidas. Foram fixados como fontes de variação as estações de coleta e os períodos de estudos (verão-97/inverno-98 e inverno-98/verão-98).

Tendo como base as estações de coleta houve a diferenciação do maior número de variáveis com valores de H significativos ($p < 5\%$), sendo que as únicas que não apresentaram diferenciação foram a temperatura e o nitrato.

Fixando-se com fonte de variação os períodos de estudo, observa-se que houve maiores diferenças entre os períodos inverno-98 e verão-98. Entre os períodos verão-97 e inverno-98 as seguintes variáveis não apresentaram diferenças significativas: turbidez, coliformes fecais, nitrato, fósforo, sólidos totais, Fe e Na. Já para entre os períodos inverno-98/verão-98 a saturação de oxigênio, coliformes, nitrato e Fe não mostraram valores significativos de diferenciação a $p < 5\%$.

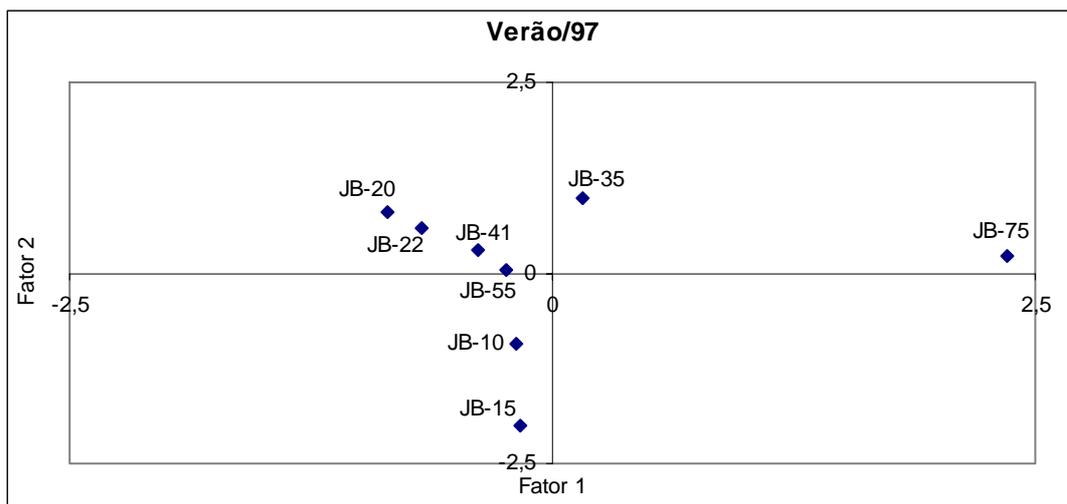


Figura 36. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no verão/97.

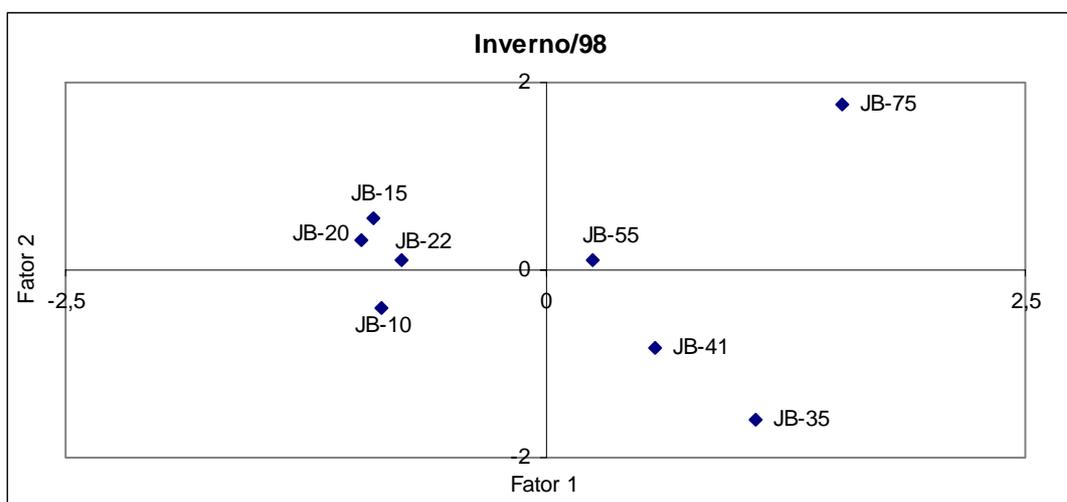


Figura 37. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no inverno/98.

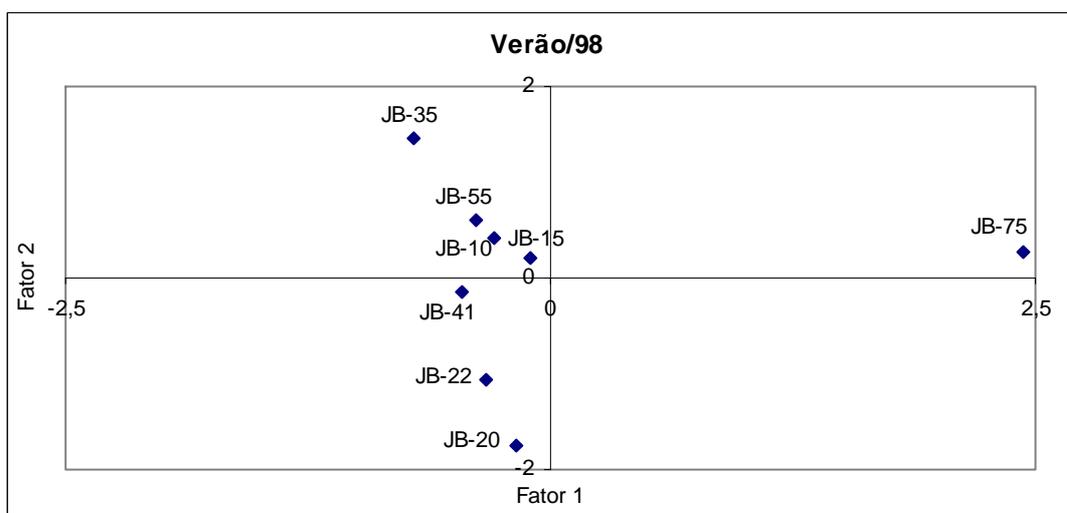


Figura 38. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos registrados no verão/98.

Tabela 52. Resultados encontrados no teste *Kruskal-Wallis* (teste H) para variáveis medidas durante o período 1997-1999. Em negrito, valores não significativos a $p < 0,05$.

<i>Variáveis</i>	<i>Fontes de Variação</i>		
	Sítios	Ver/97 - Inv/98	Inv/98 - Ver/98
TEMP	13,6718 p = 0,0574	23,2001 p = 0,0000	12,9932 p = 0,0003
pH	51,7864 p = 0,0000	8,5230 p = 0,0035	5,9750 p = 0,0145
TURB	22,7385 p = 0,0019	2,2487 p = 0,1337	48,5719 p = 0,0000
ALC	71,9573 p = 0,0000	4,1380 p = 0,0419	6,7661 p = 0,0093
COND	84,2725 p = 0,0000	4,1997 p = 0,0404	9,8885 p = 0,0017
CLOR	88,5038 p = 0,0000	4,7802 p = 0,0288	7,7997 p = 0,0052
%OD	28,3213 p = 0,0002	4,5829 p = 0,0323	0,0006 p = 0,9792
DBO	44,7004 p = 0,0000	13,5187 p = 0,0002	8,2106 p = 0,0042
CFEC	62,7587 p = 0,0000	0,4636 p = 0,4959	0,0436 p = 0,8345
NO ₃	12,5223 p = 0,0847	0,2618 p = 0,6088	1,7742 p = 0,1829
FTOT	44,9092 p = 0,0000	0,5167 p = 0,4722	5,0290 p = 0,0249
ST	77,8806 p = 0,0000	0,4840 p = 0,4866	10,5837 p = 0,0011
Fe	41,9966 p = 0,0000	0,0014 p = 0,9699	0,0868 p = 0,7683
Ca	59,7044 p = 0,0000	7,9145 p = 0,0049	9,2115 p = 0,0024
Mg	75,3839 p = 0,0000	4,0163 p = 0,0451	11,4659 p = 0,0007
Na	99,8983 p = 0,0000	3,1045 p = 0,0781	5,9011 p = 0,0151
K	52,7692 p = 0,0000	11,1721 p = 0,0008	9,0436 p = 0,0026

5.1.6.3 Dados Históricos de Qualidade da Água (1986-1996)

Na Tabela 53 encontra-se a distribuição da frequência de amostragem ao longo do período considerado. A frequência foi irregular em todas as estações o que dificulta uma análise mais detalhada das variações da qualidade da água. Ao longo do período observa-se que a maior frequência foi realizada para os sítios JB-10 (85 amostragens) e JB-20 (84 amostragens). Houve uma redução drástica da frequência em todos os sítios a partir de 1989 e ausência total de coletas nas estações JB-22 entre 1991-94 e JB-55 entre 1993-94.

Tabela 53. Bacia do rio Jaboatão - Variação da frequência de amostragem registrada no programa de monitoramento da CPRH durante o período 1986-1996.

ANOS	ESTAÇÕES - NÚMERO DE AMOSTRAS								
	JB-05	JB-10	JB-15	JB-20	JB-22	JB-35	JB-41	JB-55	JB-75
86	11	11	11	11	11	8	10	11	11
87	12	11	11	11	10	11	9	11	11
88	10	9	10	10	9	10	8	9	9
89	3	3	3	3	3	3	3	2	2
90	4	4	4	4	1	4	1	4	2
91	6	7	7	7	0	7	0	7	0
92	0	8	1	6	0	8	7	1	5
93	0	7	0	9	0	4	2	0	8
94	0	5	6	4	0	1	1	0	6
95	0	10	10	9	2	6	6	2	8
96	0	10	10	10	10	10	7	10	7
Totais	46	85	73	84	46	72	54	57	69

Nas Tabelas 54 a 56 está representada uma descrição estatística dos dados subdivididos nos períodos de inverno e verão. As Figuras 39 a 43 mostram a variação espacial para o período considerado.

De forma geral que os dados apresentaram comportamento semelhante aos resultados obtidos no período 1997-99.

Os valores medianos mais elevados para a temperatura foram registrados durante os períodos de verão. O sítio JB-20 apresentou a maior temperatura mediana (30,50°C) e um pico de 41,00°C durante o verão seguido da estação JB-22.

O pH não apresentou, para o conjunto das estações, um padrão nítido de variação entre os períodos de inverno e verão. Entretanto registrou-se para o sítio JB-20 o menor valor mediano (5,95) e um valor mínimo de 3,80, ambos durante o inverno.

A condutividade foi mais elevada para as épocas de verão com um nítido gradiente nascente-foz. Da mesma forma que os dados mais recentes, a estação JB-75 apresentou os maiores valores medianos de verão (3440,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$) com um pico de 20000,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na estação JB-05 foi obtida a menor variação máximo/mínimo e os menores valores medianos entre todos os sítios.

De forma geral a distribuição da concentração de cloreto acompanhou os níveis registrados para a condutividade. Foi obtido também um gradiente espacial e valores medianos mais elevados durante os períodos de verão. A estação JB-75 apresentou o maior valor máximo (11060,00 mg/L) e, do mesmo modo, no sítio JB-05 foi encontrado a menor variação e os menores valores medianos. O gradiente também apresentou um valor destacado para a estação JB-35 com 39,00 mg/L.

A saturação do oxigênio dissolvido apresentou os menores valores medianos para os períodos de verão e um acentuado decréscimo espacial a partir da estação JB-05. Os valores

mais baixos e nulos foram encontrados nas estações JB-20, JB-22, JB-41, JB-55 e JB-75 para épocas de estiagem.

Os valores de DBO praticamente acompanharam, de forma inversa, o comportamento dos níveis de saturação do oxigênio dissolvido tanto temporalmente, com os maiores valores para os períodos de seca, como o gradiente espacial encontrado para as estações de amostragem.

As concentrações de nitrato se mostraram altamente variáveis para as estações JB-10 a JB-22. Temporalmente os valores medianos mais elevados foram obtidos para os períodos de chuva (inverno) nas estações JB-15 a JB-35. No sítio JB-15 foi registrado um pico de 700,00 µg/L.

Quanto ao fósforo total também houve uma grande variação máximo/mínimo para os sítios de amostragem. De forma geral as concentrações foram mais elevadas para os períodos de verão nas estações JB-20 a JB-55.

As concentrações de sólidos totais revelaram, a exemplo da condutividade, um gradiente espacial ao longo das estações de coleta com valores mais elevados para os períodos de verão (seca). A estação JB-75 apresentou o maior valor mediano (964,00 mg/L) e um pico de 21260,00 mg/L. Os menores valores medianos foram encontrados para o sítio JB-05.

Os menores valores medianos de coliformes fecais foram encontrados para as estações JB-05 e JB-15, sendo registrado grande variação em todas as estações restantes e valores máximo de 160000,00 NMP/100ml em praticamente todas elas.

Apesar das falhas de frequência, como já mencionado, foram elaborados gráficos temporais para algumas variáveis para checagem da evolução do comportamento da qualidade da água na bacia que estão representados nas Figuras 44 a 47.

Para o sítio JB-10 observa-se que ao longo do período considerado, de forma geral, os valores da saturação de oxigênio dissolvido se mantiveram constantes. Entretanto os níveis de coliformes fecais apresentaram uma nítida tendência de aumento, tanto nas épocas de inverno como no verão. No ano inicial (1986) foram obtidos 605,00 NMP/100ml e 4100,00 NMP/100 ml para o inverno e verão, respectivamente. No final do período verifica-se que nas duas épocas os valores atingiram 160000,00 NMP/100ml, sendo este aumento gradativo ao longo dos anos.

A estação JB-15 apresentou comportamento semelhante a estação JB-10 quanto a saturação de oxigênio e também um aumento nos níveis de coliformes fecais ao longo do período, sobretudo para as épocas de inverno que variaram de 200,00 NMP/100ml em 1986 a 160000,00 NMP/100ml em 1996.

Para o sítio JB-20 a saturação de oxigênio dissolvido apresentou uma diminuição gradativa de 46,44%, no ano inicial, para valores nulos (0,00%) nos últimos quatro anos e nas épocas de verão. Da mesma forma, os valores de coliformes fecais tiveram tendência de aumento marcante nas duas épocas consideradas, passando de 450,00 NMP/100ml a 125000,00 NMP/100ml e 1310,00 NMP/100ml a 160000,00 NMP/100ml no inverno e verão respectivamente para os anos considerados.

No sítio JB-35 foi também detecta uma tendência de queda para os valores de saturação de oxigênio dissolvido, sobretudo nos períodos de estiagem que passaram de 69,68% a 15,33%. Os coliformes fecais, a exemplo das outras estações, também sofreram aumento gradativo ao longo dos onze anos históricos, pois os valores iniciais se mantiveram em torno de 2000,00 NMP/100ml, sendo atingido altos valores nos últimos anos (35000,00 NMP/100ml e 160000,00 NMP/100ml) para o mesmo período de verão (seca).

Tabela 54. Estatística descritiva dos dados históricos da qualidade da água registrados entre 1986-1996 para as estações JB-05, JB-10 e JB-15.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)
JB-05	n	25,00	25,00	8,00	25,00	24,00	25,00	23,00	5,00	23,00	24,00
	Mínimo	21,00	5,30	69,90	12,80	72,79	2,00	200,00	50,00	40,00	65,50
	Máximo	28,00	7,40	103,90	42,60	115,86	5,00	13000,00	190,00	2490,00	551,00
	Mediana	25,50	6,50	84,25	17,70	97,50	2,00	1700,00	50,00	330,00	115,05
	Média	25,46	6,46	87,13	20,60	97,35	2,56	2697,83	90,00	532,17	146,25
	Moda	27,00	6,50	84,30	24,80	93,68	2,00	1700,00	50,00	230,00	122,00
	Desv.Padrão	1,87	0,55	13,06	6,32	10,98	0,82	3566,52	55,14	605,54	97,64
Verão	n	19,00	21,00	6,00	22,00	21,00	21,00	22,00	3,00	19,00	21,00
	Mínimo	22,00	5,00	82,40	14,20	59,48	2,00	200,00	50,00	20,00	83,00
	Máximo	28,00	8,80	93,30	28,40	110,44	4,20	17000,00	100,00	1100,00	158,50
	Mediana	25,00	6,70	85,15	21,30	97,89	2,00	1300,00	50,00	230,00	102,00
	Média	25,11	6,80	87,05	22,16	94,60	2,45	2744,55	66,67	297,16	105,04
	Moda	27,00	6,70	84,30	24,80	97,89	2,00	1700,00	50,00	230,00	122,00
	Desv.Padrão	1,80	0,75	4,08	4,03	11,92	0,62	4098,32	23,57	279,88	17,67
JB-10	n	46,00	46,00	30,00	46,00	45,00	44,00	40,00	27,00	44,00	44,00
	Mínimo	22,00	5,00	67,00	11,10	0,00	2,00	400,00	50,00	90,00	99,00
	Máximo	30,50	7,80	201,00	47,90	111,34	17,50	160000,00	570,00	3190,00	309,50
	Mediana	26,00	6,60	102,50	19,70	87,14	4,55	19500,00	140,00	230,00	145,70
	Média	26,42	6,62	114,41	21,25	73,22	6,01	62374,75	171,48	399,09	157,06
	Moda	28,00	6,70	84,30	28,40	0,00	2,00	160000,00	50,00	170,00	155,00
	Desv.Padrão	2,03	0,58	31,55	6,81	28,62	3,88	70597,62	121,13	485,56	46,53
Verão	n	40,00	40,00	25,00	40,00	40,00	39,00	38,00	21,00	32,00	39,00
	Mínimo	22,00	5,30	92,30	15,80	0,00	2,00	360,00	50,00	20,00	74,50
	Máximo	30,00	7,70	352,00	50,10	108,60	55,00	160000,00	330,00	2110,00	618,00
	Mediana	27,00	6,70	115,50	22,65	66,44	4,70	160000,00	140,00	310,00	128,00
	Média	26,80	6,72	131,11	23,45	60,09	8,24	93315,08	139,05	414,69	153,78
	Moda	28,00	6,70	84,30	28,40	0,00	4,00	160000,00	50,00	170,00	155,00
	Desv.Padrão	1,80	0,49	50,35	6,04	30,36	9,70	73153,56	77,27	390,76	98,36
JB-15	n	37,00	37,00	20,00	37,00	37,00	34,00	32,00	17,00	35,00	35,00
	Mínimo	22,50	5,40	22,30	12,20	0,00	2,00	200,00	50,00	60,00	63,20
	Máximo	31,00	7,60	314,00	53,20	116,18	57,30	160000,00	700,00	2280,00	498,00
	Mediana	26,50	6,40	111,60	21,30	67,77	2,60	2650,00	160,00	340,00	137,70
	Média	26,66	6,46	114,82	22,24	53,50	7,19	27988,13	218,24	442,29	159,73
	Moda	28,00	6,50	83,70	24,80	0,00	2,00	1300,00	50,00	390,00	146,00
	Desv.Padrão	2,21	0,47	53,83	7,76	32,56	11,01	51603,82	164,50	448,37	80,77
Verão	n	34,00	35,00	20,00	35,00	34,00	35,00	34,00	16,00	28,00	34,00
	Mínimo	22,50	5,60	21,30	15,60	0,00	2,00	200,00	50,00	10,00	11,70
	Máximo	30,00	7,40	222,00	36,90	85,05	63,90	160000,00	500,00	860,00	225,00
	Mediana	27,25	6,60	110,05	24,20	32,53	8,20	1700,00	145,00	233,00	116,85
	Média	27,00	6,57	114,68	24,08	34,49	12,24	26373,53	185,00	304,32	124,04
	Moda	28,00	7,00	84,30	24,80	0,00	2,00	200,00	50,00	110,00	109,60
	Desv.Padrão	1,84	0,45	43,78	5,43	26,82	13,99	51880,89	141,73	230,95	34,32

Tabela 55. Estatística descritiva dos dados históricos da qualidade da água registrados entre 1986-1996 para as estações JB-20, JB-22 e JB-35.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)
JB-20	n	44,00	44,00	27,00	44,00	43,00	43,00	39,00	24,00	42,00	42,00
	Mínimo	22,50	3,80	79,80	10,60	0,00	2,00	200,00	50,00	60,00	101,00
	Máximo	40,50	7,90	280,00	58,60	108,92	302,40	160000,00	590,00	2010,00	2560,80
	Mediana	26,50	6,60	109,40	21,30	83,16	3,90	13000,00	185,00	355,00	147,10
	Média	27,64	6,50	124,08	22,88	75,69	22,50	53791,03	196,25	507,14	251,01
	Moda	26,00	6,60	84,90	24,80	0,00	3,20	160000,00	50,00	120,00	139,60
	Desv.Padrão	3,38	0,81	40,53	8,75	24,40	54,68	66572,62	131,84	441,31	380,55
Verão	n	40,00	40,00	25,00	40,00	40,00	39,00	38,00	21,00	33,00	39,00
	Mínimo	22,00	4,10	99,30	16,80	0,00	2,00	200,00	50,00	90,00	93,50
	Máximo	41,00	7,30	416,00	88,70	99,15	226,40	160000,00	340,00	2560,00	1406,50
	Mediana	30,50	5,95	157,70	25,65	5,38	54,60	32500,00	50,00	640,00	259,60
	Média	31,68	5,83	190,93	30,84	30,22	78,07	69962,37	98,10	811,76	342,61
	Moda	26,00	6,60	84,90	24,80	0,00	3,20	160000,00	50,00	120,00	139,60
	Desv.Padrão	5,43	0,87	90,06	14,08	37,25	70,86	70909,27	90,16	641,40	277,43
JB-22	n	23,00	23,00	7,00	23,00	23,00	23,00	21,00	5,00	21,00	22,00
	Mínimo	22,00	5,10	93,90	14,20	0,00	2,00	200,00	50,00	90,00	121,60
	Máximo	31,00	7,50	188,00	35,50	100,40	109,70	160000,00	620,00	1690,00	483,20
	Mediana	27,00	6,50	126,50	24,80	80,12	4,20	3700,00	350,00	350,00	170,70
	Média	27,17	6,39	138,16	24,34	60,90	18,09	55930,95	298,00	425,24	198,10
	Moda	27,00	6,40	28,40	28,40	0,00	2,70	160000,00	50,00	420,00	
	Desv.Padrão	2,16	0,55	37,05	6,09	33,87	28,00	73806,55	206,05	370,98	89,64
Verão	n	22,00	23,00	9,00	23,00	22,00	23,00	20,00	5,00	17,00	21,00
	Mínimo	23,00	4,40	119,00	21,30	0,00	2,80	200,00	50,00	80,00	98,80
	Máximo	38,00	7,40	260,00	78,10	90,93	477,20	160000,00	360,00	2660,00	2611,60
	Mediana	28,00	6,10	203,00	29,90	0,00	36,30	29200,00	50,00	770,00	168,40
	Média	30,07	6,03	188,46	34,26	21,17	75,58	64930,00	172,00	828,12	368,36
	Moda	27,00	6,40	28,40	28,40	0,00	5,30	160000,00	50,00	390,00	
	Desv.Padrão	4,00	0,79	46,66	12,03	32,81	106,61	69342,54	149,45	676,16	533,92
JB-35	n	40,00	41,00	24,00	39,00	39,00	38,00	36,00	20,00	38,00	38,00
	Mínimo	22,50	5,00	62,20	11,20	0,00	2,00	200,00	50,00	110,00	63,00
	Máximo	31,00	7,50	387,00	76,30	112,95	55,50	160000,00	480,00	1710,00	352,50
	Mediana	27,00	6,60	128,10	24,80	67,77	3,95	2700,00	110,00	410,00	147,00
	Média	27,31	6,59	170,03	28,39	58,72	7,38	35945,00	161,00	490,79	158,11
	Moda	29,00	6,50	219,00	17,70	0,00	2,00	160000,00	50,00	600,00	168,00
	Desv.Padrão	1,94	0,51	92,76	14,99	33,82	10,71	55773,25	134,16	335,82	59,82
Verão	n	32,00	32,00	20,00	33,00	32,00	32,00	31,00	13,00	26,00	31,00
	Mínimo	24,00	5,80	105,80	15,00	0,00	2,00	400,00	50,00	30,00	92,80
	Máximo	31,00	7,60	693,00	146,90	106,68	113,80	160000,00	440,00	2720,00	1076,00
	Mediana	27,50	6,70	280,00	39,00	40,33	6,60	6200,00	50,00	745,00	185,50
	Média	27,66	6,73	333,18	47,65	39,84	13,61	38699,03	117,69	751,62	245,47
	Moda	27,00	6,50	28,40	28,40	0,00	2,00	160000,00	50,00	800,00	240,00
	Desv.Padrão	1,68	0,46	182,62	29,17	35,38	21,05	57818,03	117,61	575,27	191,95

Tabela 56. Estatística descritiva dos dados históricos da qualidade da água registrados entre 1986-1996 para as estações JB-41, JB-55 e JB-75.

Estações	Estat. Desc.	TEMP (°C)	pH	COND (uS/cm)	CLOR (mg/L)	%OD (%)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)	NO ₃ (ug/L)	FTOT (ug/L)	ST (mg/L)
JB-41	n	32,00	31,00	17,00	32,00	31,00	31,00	29,00	15,00	30,00	30,00
	Mínimo	22,00	5,00	92,50	13,20	0,00	3,70	200,00	50,00	90,00	24,80
	Máximo	32,00	8,70	304,00	92,30	88,07	417,40	160000,00	300,00	2970,00	795,00
	Mediana	27,00	6,60	160,30	22,50	34,51	30,70	35000,00	130,00	500,00	264,60
	Média	27,09	6,53	180,83	26,09	33,20	58,45	75597,24	132,67	654,00	301,93
	Moda	29,00	6,80	17,70	17,70	0,00	4,10	160000,00	50,00	690,00	
	Desv.Padrão	1,97	0,70	65,90	14,06	29,66	78,52	73091,16	81,93	584,70	141,63
Verão	n	22,00	24,00	11,00	23,00	22,00	22,00	21,00	8,00	18,00	20,00
	Mínimo	23,00	5,20	165,90	19,80	0,00	16,40	200,00	50,00	200,00	174,00
	Máximo	33,00	7,30	494,00	56,80	37,65	359,40	160000,00	150,00	2410,00	1148,50
	Mediana	28,00	6,45	309,00	31,90	0,00	75,40	28000,00	50,00	670,00	367,15
	Média	28,66	6,40	317,00	35,25	5,39	102,03	62933,33	71,25	906,89	459,82
	Moda	28,00	6,60	28,40	28,40	0,00		160000,00	50,00		
	Desv.Padrão	2,50	0,46	123,40	12,04	11,97	83,98	69947,52	37,56	573,91	274,10
JB-55	n	29,00	29,00	13,00	29,00	29,00	29,00	25,00	10,00	27,00	28,00
	Mínimo	23,00	5,30	101,40	10,60	0,00	2,70	200,00	50,00	40,00	28,40
	Máximo	32,00	7,20	488,00	78,10	87,43	191,00	160000,00	340,00	3490,00	675,50
	Mediana	27,50	6,40	177,00	24,80	0,00	33,90	50000,00	50,00	520,00	234,60
	Média	27,84	6,41	220,50	26,29	14,68	45,12	65172,00	81,00	875,56	276,91
	Moda	29,00	6,50	24,80	24,80	0,00		160000,00	50,00	340,00	
	Desv.Padrão	2,33	0,34	109,03	12,53	25,12	44,62	66652,59	86,54	896,78	151,78
Verão	n	27,00	28,00	13,00	27,00	27,00	25,00	28,00	8,00	22,00	26,00
	Mínimo	24,00	5,60	24,30	21,30	0,00	11,80	200,00	50,00	130,00	148,80
	Máximo	32,00	7,50	1467,00	408,80	81,58	204,00	160000,00	120,00	3410,00	1572,00
	Mediana	29,00	6,55	230,00	33,50	0,00	56,20	35000,00	50,00	755,00	289,75
	Média	28,37	6,56	321,75	50,09	4,77	68,10	75474,29	58,75	1078,73	399,17
	Moda	29,00	7,00	31,90	31,90	0,00	30,00	160000,00	50,00	1340,00	
	Desv.Padrão	2,07	0,44	347,25	71,21	16,28	47,95	71442,38	23,15	857,53	299,24
JB-75	n	37,00	37,00	21,00	36,00	37,00	34,00	31,00	19,00	35,00	36,00
	Mínimo	23,00	5,00	91,00	17,70	0,00	3,10	200,00	50,00	30,00	21,30
	Máximo	31,00	7,60	20000,00	11060,00	68,90	290,60	160000,00	140,00	2210,00	21260,00
	Mediana	27,00	6,70	266,00	50,90	0,00	13,40	13000,00	50,00	320,00	210,50
	Média	27,14	6,59	3034,77	1014,76	9,31	33,30	49347,74	62,63	440,29	2026,61
	Moda	26,00	6,70	21,30	21,30	0,00	37,60	160000,00	50,00	120,00	155,00
	Desv.Padrão	1,97	0,54	5389,79	2408,82	18,45	53,95	61637,41	28,07	386,94	4616,00
Verão	n	32,00	32,00	17,00	33,00	31,00	32,00	31,00	16,00	26,00	31,00
	Mínimo	22,50	6,10	235,00	10,60	0,00	2,40	200,00	50,00	100,00	138,40
	Máximo	31,00	7,90	20000,00	10117,50	131,90	310,80	160000,00	170,00	1780,00	20450,00
	Mediana	27,75	7,00	3440,00	344,30	0,00	16,75	8000,00	50,00	380,00	964,00
	Média	27,66	6,94	5844,24	1261,25	19,59	43,21	40082,26	75,63	507,73	3155,44
	Moda	29,00	7,10	6306,08	2100,51	0,00	28,50	160000,00	50,00	640,00	
	Desv.Padrão	1,94	0,42	6306,08	2100,51	33,67	66,51	57495,05	38,24	390,00	4590,37

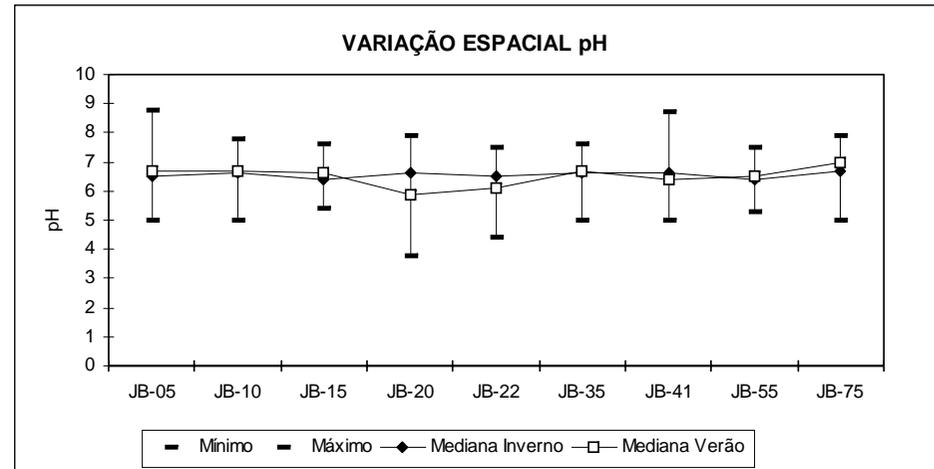
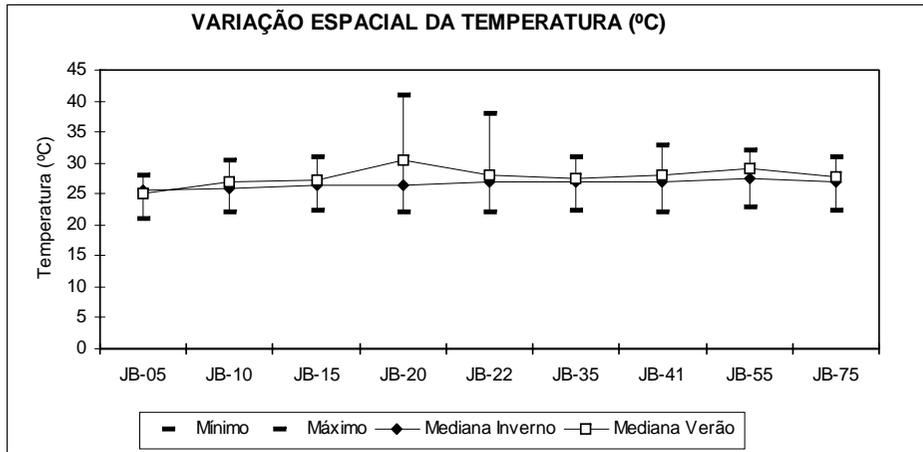


Figura 39. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da temperatura (°C) e do pH registrada no período 1986-1996.

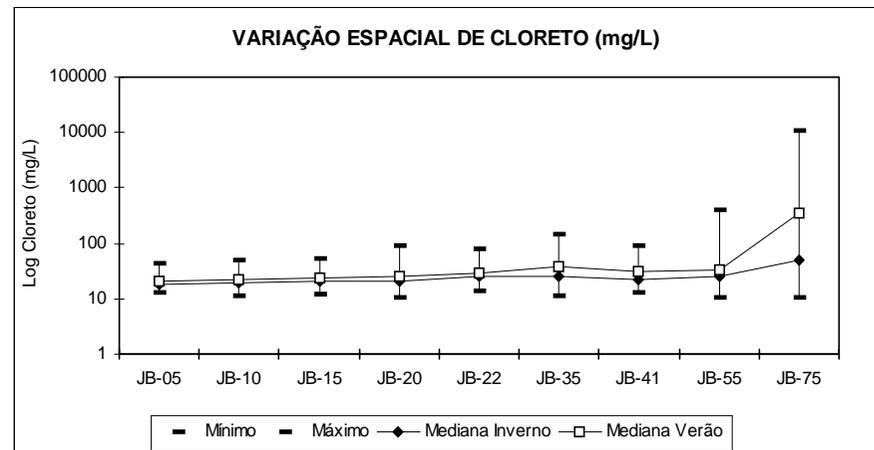
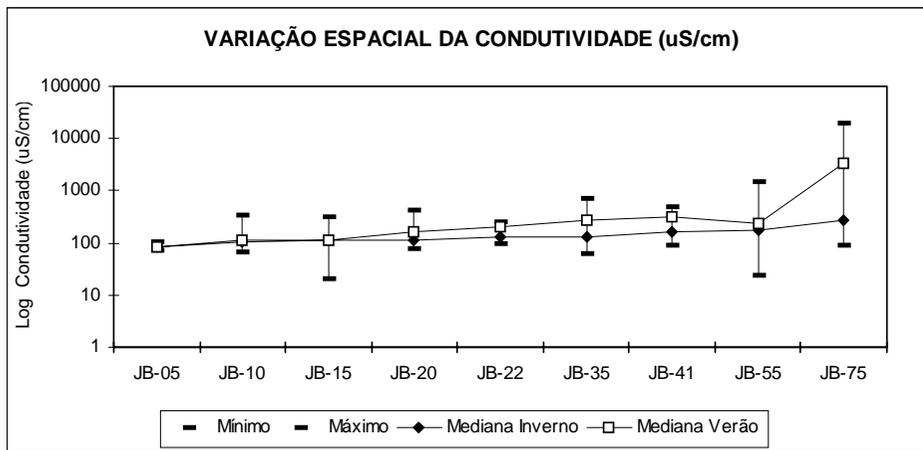


Figura 40. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da condutividade (µS/cm) e cloreto (mg/L) registrada no período 1986-1996.

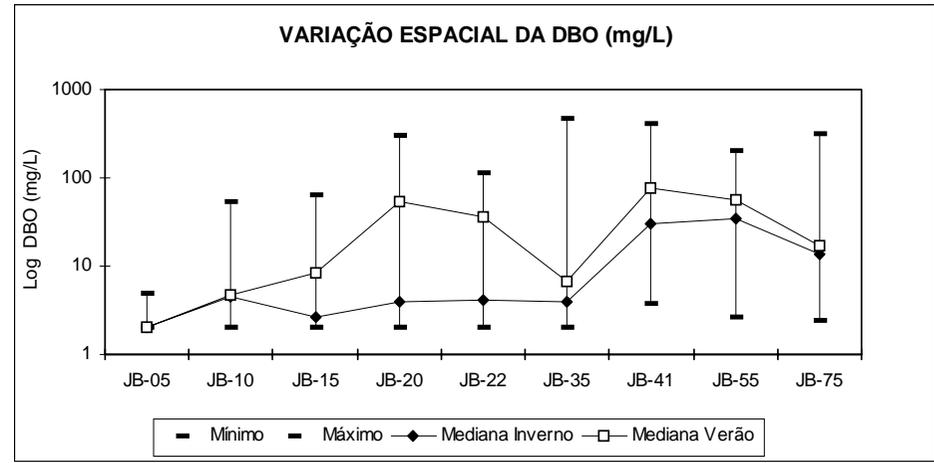
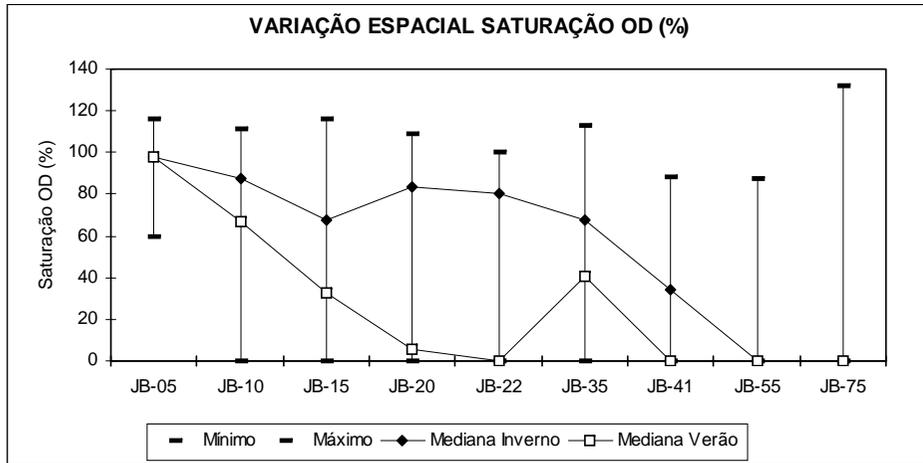


Figura 41. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial da saturação de oxigênio (%) e da DBO (mg/L) registrada no período 1986-1996.

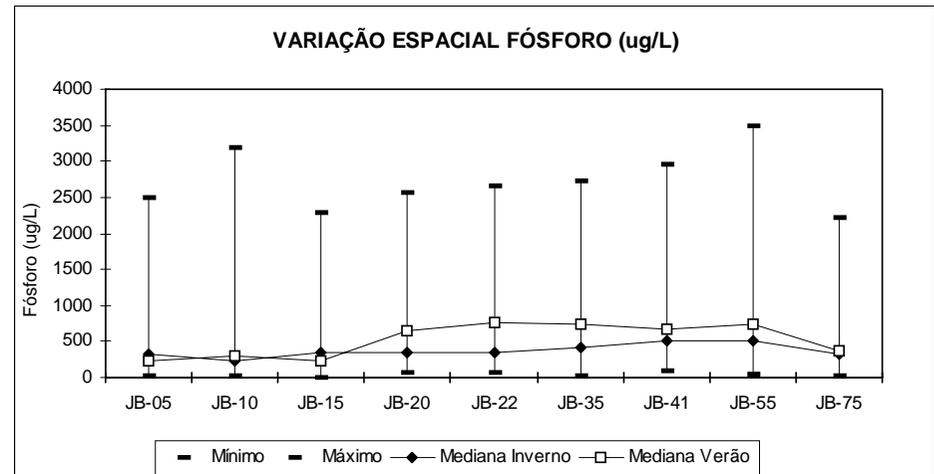
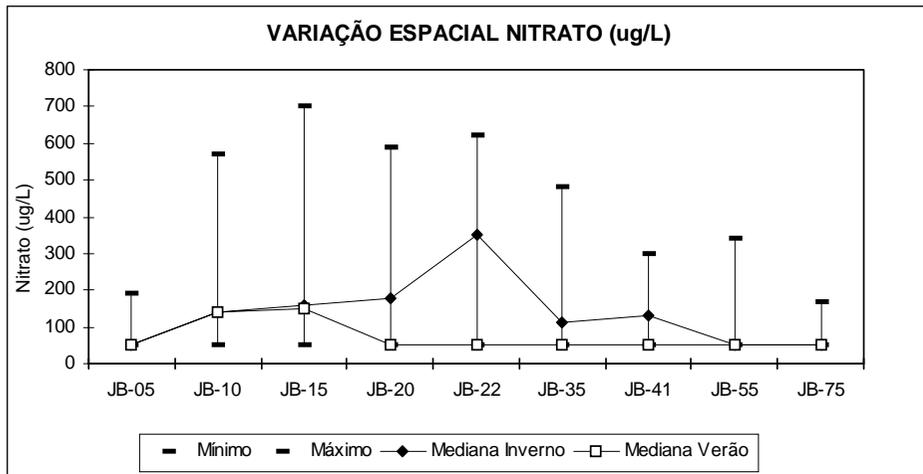


Figura 42. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de nitrato (ug/L) e fósforo total (ug/L) registrada no período 1986-1996.

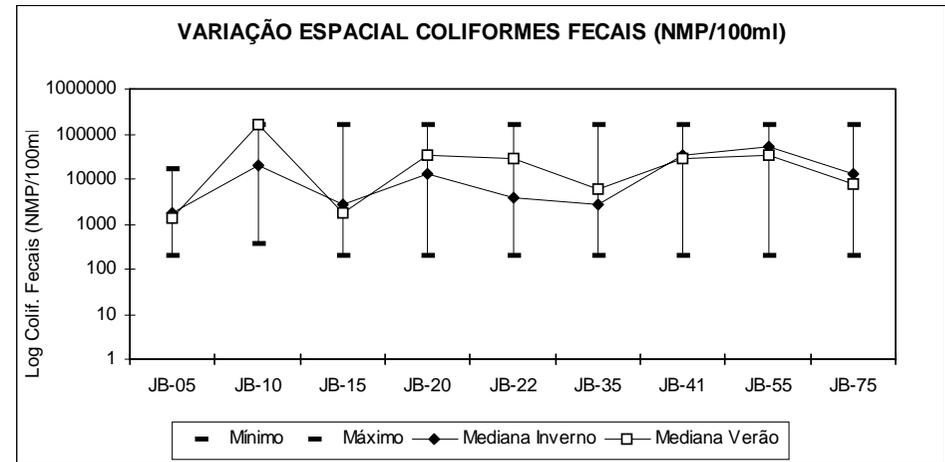
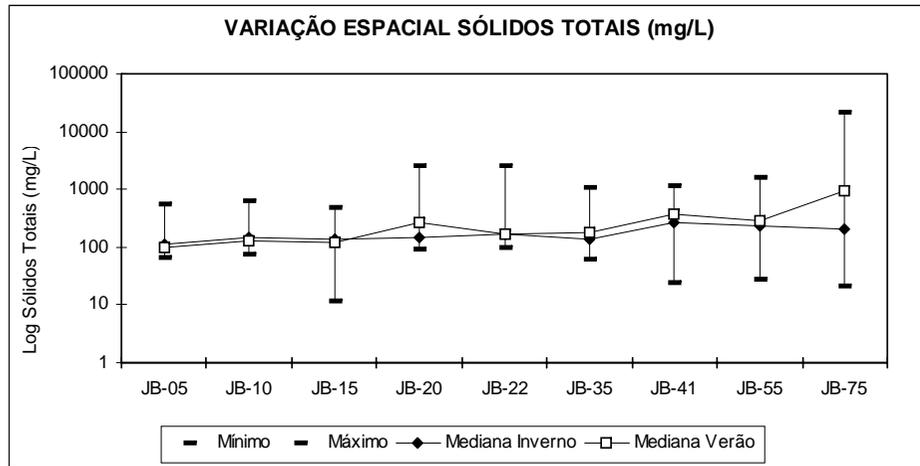


Figura 43. Bacia do rio Jaboatão - Variação espacial de sólidos totais (mg/L) e de coliformes fecais (NMP/100 ml) registrada no período 1986-1996.

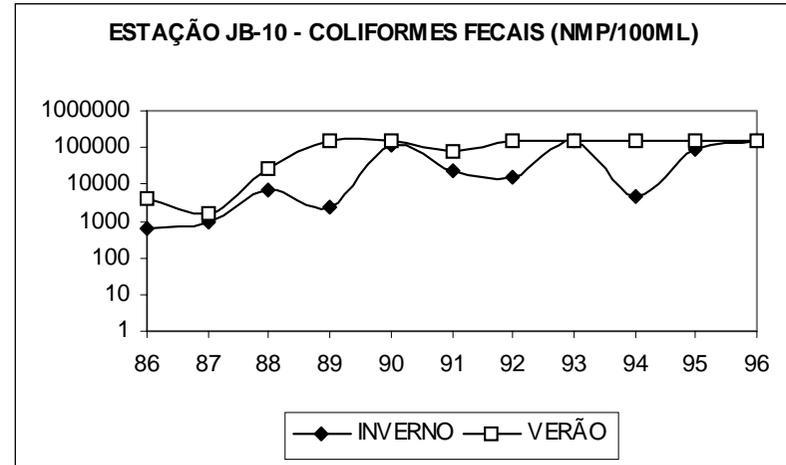
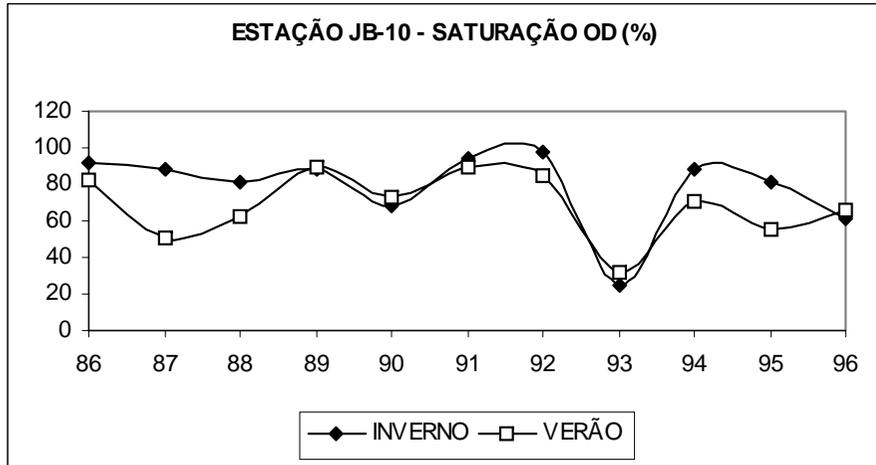


Figura 44. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-10 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.

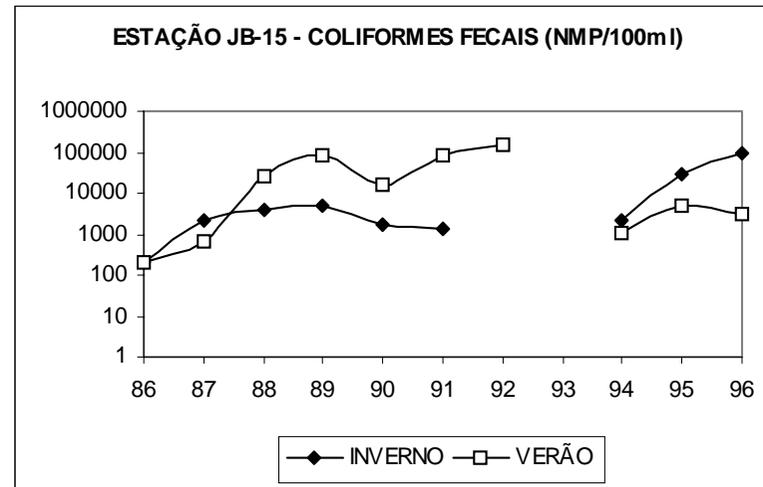
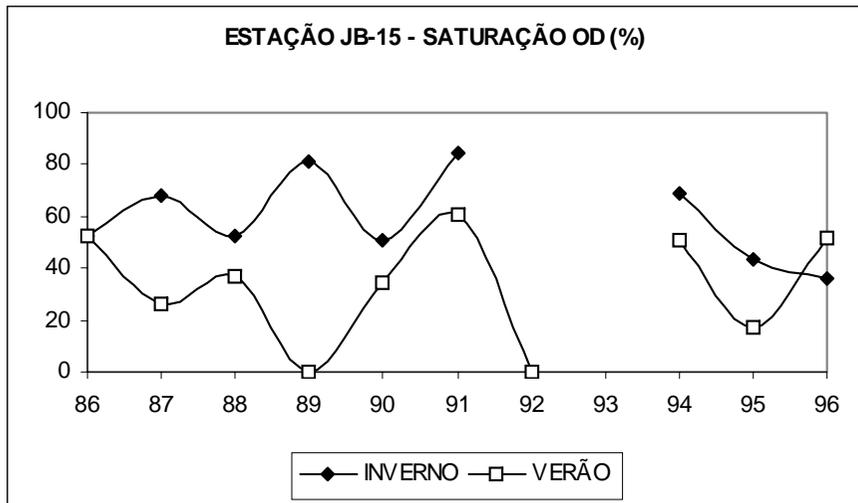


Figura 45. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-15 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.

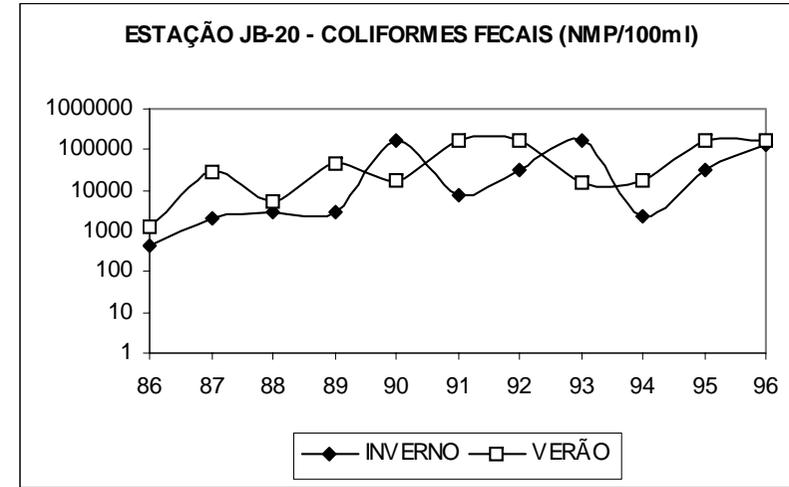
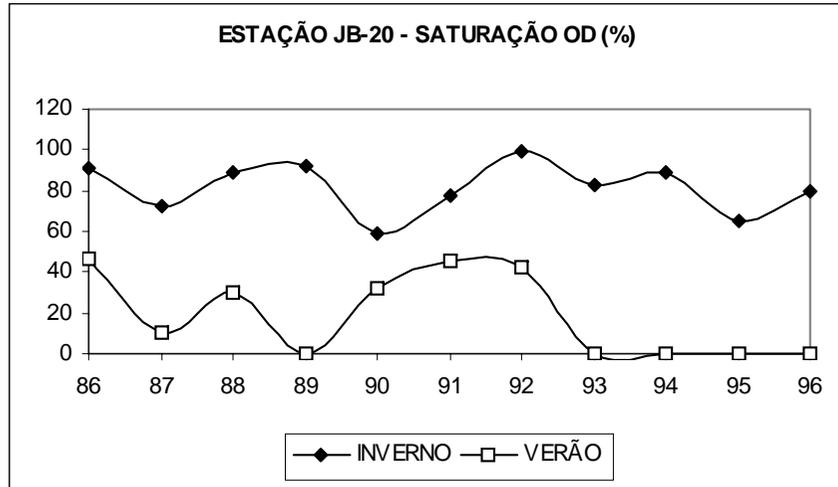


Figura 46. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-20 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.

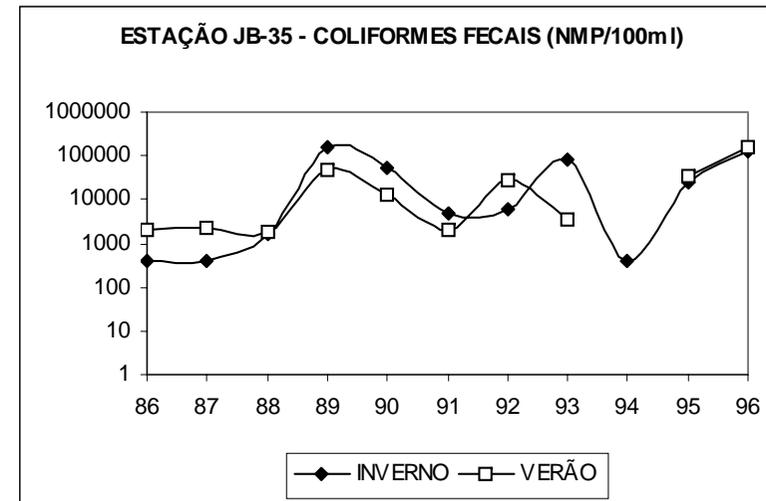
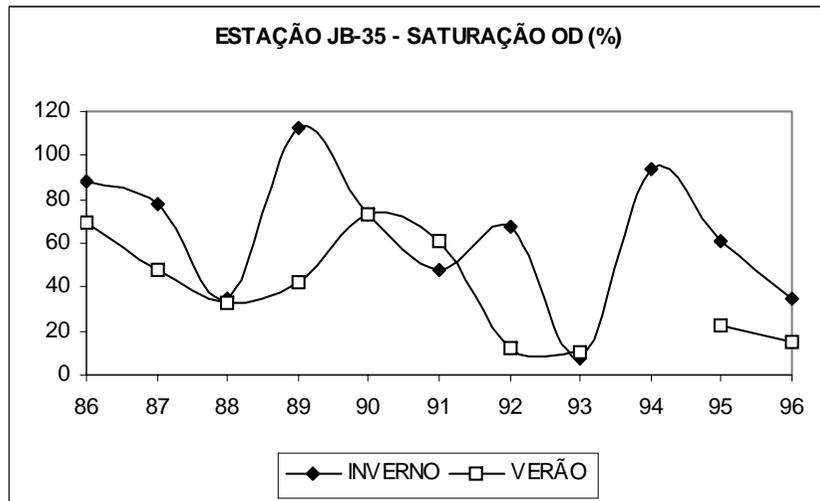


Figura 47. Bacia do rio Jaboatão - Variação temporal registrada na estação JB-35 para saturação de oxigênio e coliformes fecais durante o período de 1986-1996.

5.1.6.4 Análises Estatísticas - Dados Históricos (1986-1996)

Na Tabela 57 está representada a matriz de correlação entre as variáveis de qualidade da água selecionadas. Pode-se observar uma significativa correlação positiva entre as variáveis relacionadas com a composição iônica da água, condutividade, cloreto e sólidos totais ($r= 0,422$ a $0,873$). A saturação de oxigênio mostrou correlação positiva com o nitrato ($r= 0,606$) e correlações negativas com a temperatura, DBO, cloreto, condutividade, sólidos totais, coliformes fecais e fósforo total ($r= -0,763$ a $-0,257$).

Tabela 57. Bacia do rio Jabotão - Matriz de correlação entre as variáveis registradas durante o período 1986-1996. Correlação r de Spearman: Estão representados somente os valores significativos a $p < 0,01$.

	<i>TEMP</i>	<i>pH</i>	<i>COND</i>	<i>CLOR</i>	<i>%OD</i>	<i>DBO</i>	<i>CFEC</i>	<i>NO3</i>	<i>FTOT</i>	<i>ST</i>
<i>TEMP</i>	1,000									
<i>pH</i>	-0,134	1,000								
<i>COND</i>	0,571		1,000							
<i>CLOR</i>	0,542		0,873	1,000						
<i>%OD</i>	-0,519	0,185	-0,711	-0,619	1,000					
<i>DBO</i>	0,511	-0,208	0,583	0,531	-0,763	1,000				
<i>CFEC</i>	0,300		0,162	0,121	-0,257	0,232	1,000			
<i>NO3</i>	-0,388	0,298	-0,586	-0,584	0,606	-0,540		1,000		
<i>FTOT</i>	0,127	-0,284	0,230	0,210	-0,241	0,286		-0,412	1,000	
<i>ST</i>	0,302		0,704	0,422	-0,506	0,526	0,263	-0,460	0,378	1,000

Os dendogramas de similaridade espacial entre as estações de coleta, provenientes da análise de agrupamento, estão representados nas Figuras 48 e 49 para os períodos de inverno e verão. As cargas fatoriais obtidas na análise fatorial são apresentadas na Tabela 58, sendo que as Figuras 50 e 51 representam a ordenação das estações nos dois fatores extraídos.

Para as épocas de inverno, houve a formação de três grupos distintos. O primeiro formado pelos sítios JB-05 e JB-10, o segundo pelas estações JB-15, JB-20, JB-35 e JB-22 e o terceiro pelas estações JB-41 e JB-55. A estação JB-75 se isolou das demais.

Na análise fatorial, os dois fatores extraídos representaram uma explicabilidade de 76,96 % da variabilidade total, sendo 54,78 % para o primeiro e 22,18% para o segundo. No primeiro fator as variáveis mais correlacionadas positivamente foram: pH, DBO, coliformes fecais, fósforo total e sólidos totais, a saturação de oxigênio se correlacionou negativamente com este eixo. No segundo eixo houve forte correlação positiva das variáveis temperatura, condutividade e cloreto.

Tanto o dendograma de similaridade quanto o gráfico de ordenação das estações ao longo dos eixos refletiram o mesmo tipo de agrupamento. As estações JB-05 e JB-10 agruparam devido aos menores níveis de condutividade, cloreto e coliformes fecais e índices mais elevados de saturação de oxigênio com relação aos outros sítios. Para os períodos de

verão (seca) o dendograma de similaridade espacial e a distribuição das estações ao longo dos dois eixos extraídos na análise fatorial mostraram diferenças com relação às épocas de inverno.

Para o verão o dendograma mostrou a formação de dois grupos distintos. O primeiro contendo os sítios JB-05 e JB-15, o segundo com as estações JB-20, JB-22, JB-35, JB-41 e JB-55. As estações JB-10 e JB-75 se isolaram das demais com maior destaque para a última onde o isolamento foi mais significativo.

Na análise fatorial os dois fatores extraídos corresponderam a 73,97 % da variabilidade total dos dados. No primeiro fator somente a saturação de oxigênio mostrou correlação positiva significativa, sendo o pH, DBO e fósforo total correlacionados negativamente com este eixo. No fator 2 a condutividade, cloreto e sólidos totais também apresentaram correlação negativa.

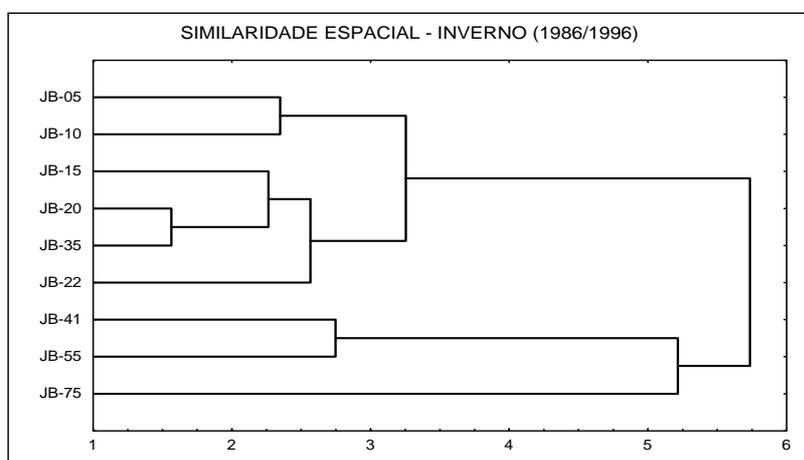


Figura 48. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de inverno registrados no período de 1986-1996.

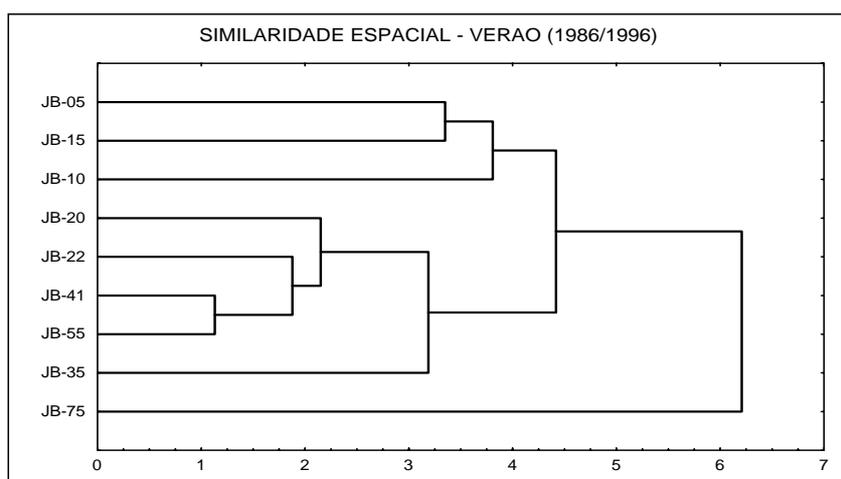


Figura 49. Bacia do rio Jaboatão - Dendograma de similaridade espacial entre as estações de coleta para os valores medianos de verão registrados no período de 1986-1996.

Tabela 58. Bacia do rio Jaboatão - Análise Fatorial: cargas fatoriais das variáveis de qualidade da água distribuídas nos fatores 1 e 2 para os valores medianos de inverno e verão registrados no período 1986-1996.

<i>Variáveis</i>	<i>Inverno</i>		<i>Verão</i>	
	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>	<i>Fator 1</i>	<i>Fator 2</i>
TEMP	-0,29	0,72	0,68	-0,56
pH	0,73	0,33	-0,85	-0,02
COND	0,43	0,88	0,05	-0,99
CLOR	0,07	0,97	0,06	-0,98
%OD	-0,75	-0,62	0,84	0,35
DBO	0,96	0,15	-0,88	0,07
CFEC	0,89	0,02	0,23	0,32
NO ₃	-0,25	-0,32	0,60	0,31
FTOT	0,89	-0,13	-0,86	0,12
ST	0,86	0,37	-0,18	-0,97
Autovalores	5,48	2,22	3,88	3,51
% Explicação	54,78	22,18	38,83	35,14

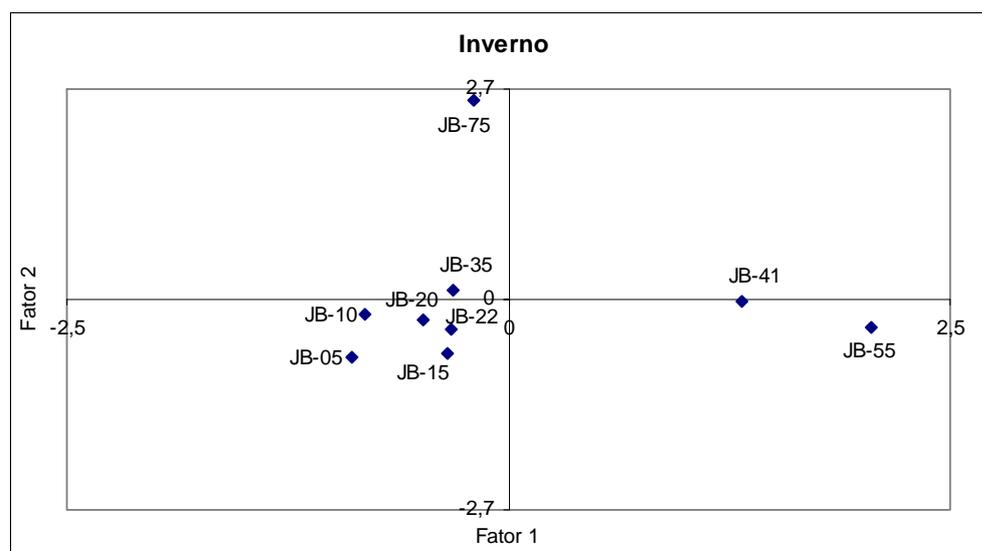


Figura 50. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos de inverno registrados no período 1986-1996.

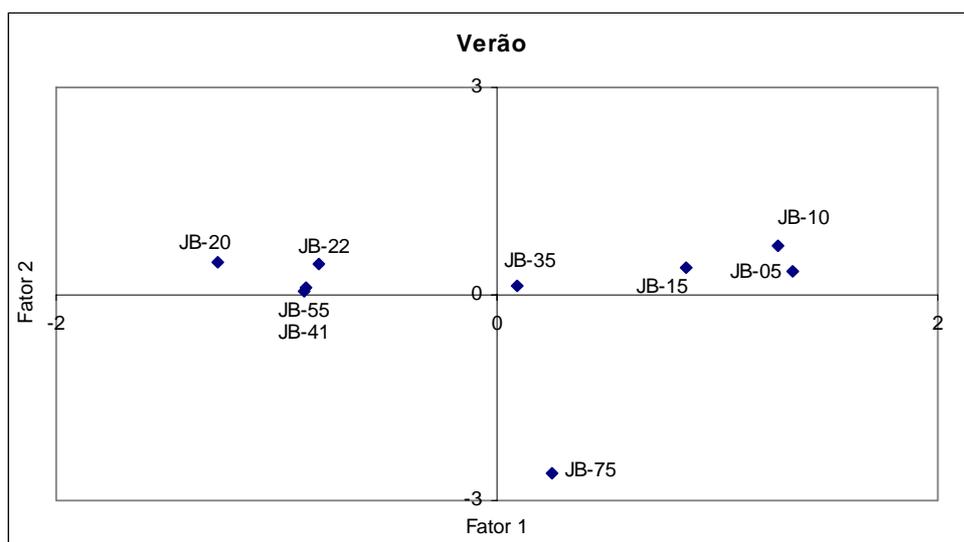


Figura 51. Bacia do rio Jaboatão - Distribuição das estações de coleta ao longo dos fatores 1 e 2 para os valores medianos de verão registrados no período 1986-1996.

O resultado do teste não-paramétrico de Kuskal-Wallis (teste H) está representado na Tabela 59. Fixando-se os sítios de coleta como fonte de variação houve a diferenciação de todas as variáveis de qualidade da água considerados com valores de H significativos ($p < 5\%$). Para os períodos sazonais o pH, coliformes fecais e sólidos totais não apresentaram diferenciação significativa a $p < 5\%$.

Tabela 59. Resultados encontrados no teste *Kruskal-Wallis* (teste H) para variáveis registradas durante o período 1986-1986. Em negrito, valores não significativos a $p < 0,05$.

Variáveis	Fontes de Variação	
	Sítios	Períodos (Inverno/Verão)
TEMP	60,8508 $p = 0,0000$	17,0852 $p = 0,0000$
pH	41,2559 $p = 0,0000$	0,4346 $p = 0,5097$
COND	127,2883 $p = 0,0000$	17,3340 $p = 0,0000$
CLOR	128,3692 $p = 0,0000$	46,5661 $p = 0,0000$
%OD	223,3233 $p = 0,0000$	30,7070 $p = 0,0000$
DBO	218,9380 $p = 0,0000$	27,7270 $p = 0,0000$
CFEC	67,3931 $p = 0,0000$	1,3150 $p = 0,2515$
NO ₃	39,9619 $p = 0,0000$	7,4669 $p = 0,0063$
FTOT	56,9816 $p = 0,0000$	5,4885 $p = 0,0191$
ST	211,9125 $p = 0,0000$	1,8160 $p = 0,1778$

5.1.7 Sedimento

Na Tabelas 60 e 61 e nas Figuras 52 a 55 se encontram os resultados das análises de metais pesados no sedimento coletado na bacia do rio Jaboatão.

Ferro

O ferro apresentou o maior valor para a estação JB-15 em fev/98 (68500,20 $\mu\text{g/g}$) e o menor nível registrado foi 5728,60 $\mu\text{g/g}$ na estação JB-20 em set/97. Não houve nenhum padrão temporal de variação, entretanto os maiores valores foram encontrados no sítio JB-15 durante todo o período de estudo.

Manganês

A exemplo do ferro, os maiores níveis de Manganês foram encontrados na estação JB-15 em todos os meses, onde ocorreu um pico em set/97 com 313,45 $\mu\text{g/g}$, para o restante dos sítios não houve variação significativa, sendo que os valores ficaram em torno de 50,00 $\mu\text{g/g}$.

Cobre

A concentração mais elevada de cobre foi registrada no sítio JB-15 em fev/98 e a mais baixa, em set/98, no sítio JB-55. Foi verificado um ligeiro gradiente inverso no sentido nascente-foz, com valores mais elevados para a estação JB-15 e menores para as estações de jusante. Além disto os maiores níveis foram mais elevados no mês de fev/98, final da época de estiagem para todas as estações.

Cádmio

As concentrações de cádmio foram as mais baixas com relação aos outros metais analisados. O maior valor foi de 0,76 $\mu\text{g/g}$ obtido no sítio JB-75 em set/98 e o menor foi de 0,09 $\mu\text{g/g}$, registrado em fev/98 para a estação JB-20. Temporalmente houve uma tendência de maiores concentrações no final da época de chuva (setembro). Espacialmente foi verificado um nítido gradiente de concentração no sentido da foz do rio, onde os maiores valores, de forma geral, foram encontrados na estação JB-75.

Chumbo

O chumbo variou de 34,07 $\mu\text{g/g}$ em set/97 para a estação JB-55 a 6,89 $\mu\text{g/g}$ para o sítio JB-20, no mesmo mês. De forma geral, os maiores valores foram encontrados na estação JB-55 e observou-se um queda na estação JB-20 para todo o período de estudo.

Níquel

A maior concentração de níquel foi registrada na estação JB-55 no mês de set/97 (8,26 µg/g) e a menor em fev/98 para o mesmo sítio (0,43 µg/g). De forma geral e da mesma forma que o chumbo, os maiores valores foram obtidos para a estação JB-55.

Zinco

O zinco apresentou um pico de concentração na estação JB-75 em set/98 (145,20 µg/g) e um valor mínimo na estação JB-20 (18,52 µg/g) para o mês de set/97. A exceção do pico registrado na estação JB-75, de forma geral os maiores valores foram encontrados na estação JB-15.

Cromo

Em termos absolutos, a maior concentração de cromo foi registrada em fev/98 na estação JB-15 com 31,70 µg/g e houve o registro de valores nulos (0,00 µg/g) em set/97 para as estações JB-20, JB-55 e JB-75. Especialmente observou-se um gradiente inverso com valores mais elevados para a estação JB-15. O final do período de estiagem (fev/98) foi o que apresentou os maiores níveis para todas as estações amostradas.

Tabela 60. Bacia do rio Jaboatão - Concentração de metais no sedimento (µg/g).

	Meses	Fe	Mn	Cu	Cd	Pb	Ni	Zn	Cr
JB2-15	Set/97	31447,69	313,45	23,33	0,16	25,60	6,01	78,37	9,04
	Fev/98	68500,2	255,78	41,42	0,12	31,89	1,22	103,53	31,70
	Set/98	10635,76	78,14	12,66	0,24	12,90	4,75	34,69	9,13
JB3-20	Set/97	5728,60	46,19	17,11	0,36	6,89	1,82	18,52	0,00
	Fev/98	13157	55,37	29,25	0,09	8,36	4,30	34,00	17,65
	Set/98	10563,46	75,12	20,51	0,25	9,37	3,23	30,49	9,67
JB3-55	Set/97	6042,96	54,29	11,66	0,63	34,07	8,26	31,44	0,00
	Fev/98	6132,992	44,68	15,27	0,22	29,50	0,43	29,06	14,31
	Set/98	5996,148	44,56	10,63	0,39	26,79	7,56	32,03	9,61
JB3-75	Set/97	7884,99	30,88	10,95	0,46	9,88	1,46	25,23	0,00
	Fev/98	13582,93	46,99	11,79	0,31	21,83	3,93	40,46	13,92
	Set/98	13022,72	46,66	22,59	0,76	16,40	5,30	145,10	11,86

Tabela 61. Bacia do rio Jaboatão - Valores médios de metais no sedimento (µg/g).

Sítios	Estatística Descritiva	Metais - µg/g							
		Fe	Mn	Cu	Cd	Pb	Ni	Zn	Cr
JB2-15	Média	36861,22	215,79	25,80	0,17	23,46	3,99	72,20	16,62
	Desvio-Padrão	23931,19	100,14	11,87	0,05	7,90	2,03	28,44	10,66
JB3-20	Média	9816,35	58,89	22,29	0,23	8,21	3,12	27,67	9,11
	Desvio-Padrão	3078,30	12,07	5,11	0,11	1,02	1,02	6,63	7,22
JB3-55	Média	6057,37	47,84	12,52	0,41	30,12	5,42	30,84	7,97
	Desvio-Padrão	56,79	4,56	1,99	0,17	3,00	3,54	1,28	5,96
JB3-75	Média	11496,88	41,51	15,11	0,51	16,04	3,56	70,26	8,59
	Desvio-Padrão	2564,21	7,52	5,30	0,19	4,89	1,59	53,28	6,13

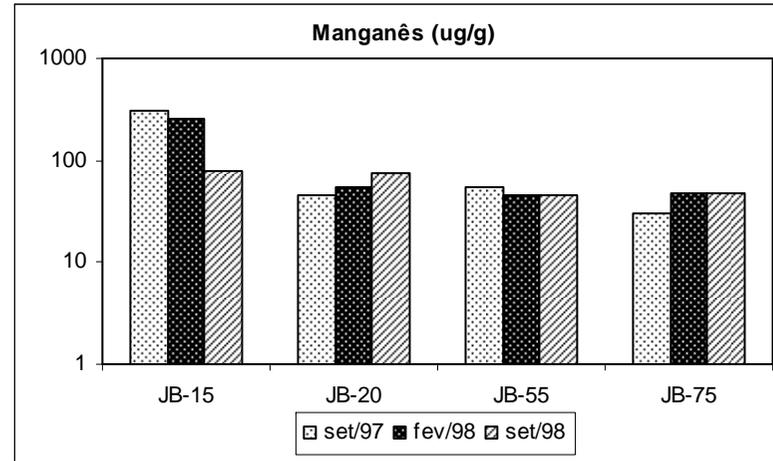
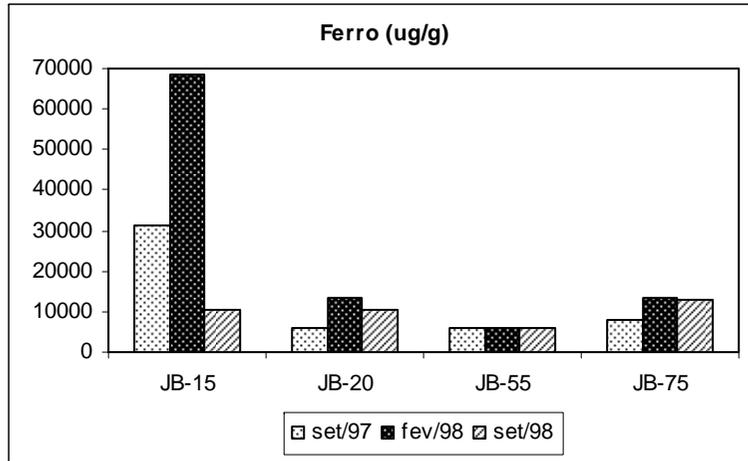


Figura 52. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Ferro (ug/g) e Manganês (ug/g) no sedimento.

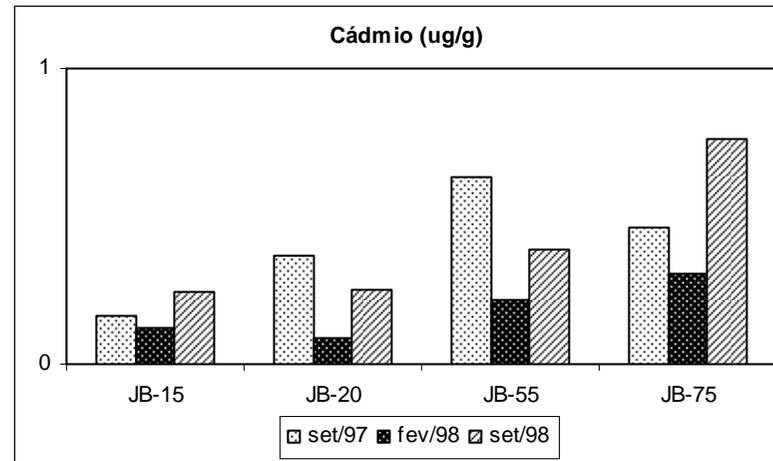
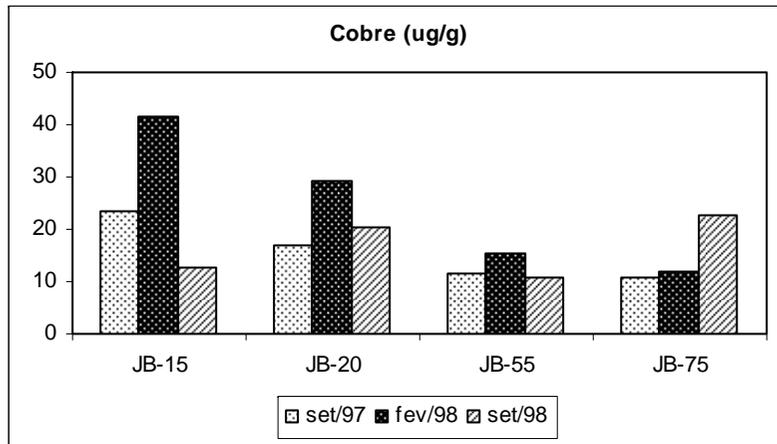


Figura 53. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Cobre (ug/g) e Cádmio (ug/g) no sedimento.

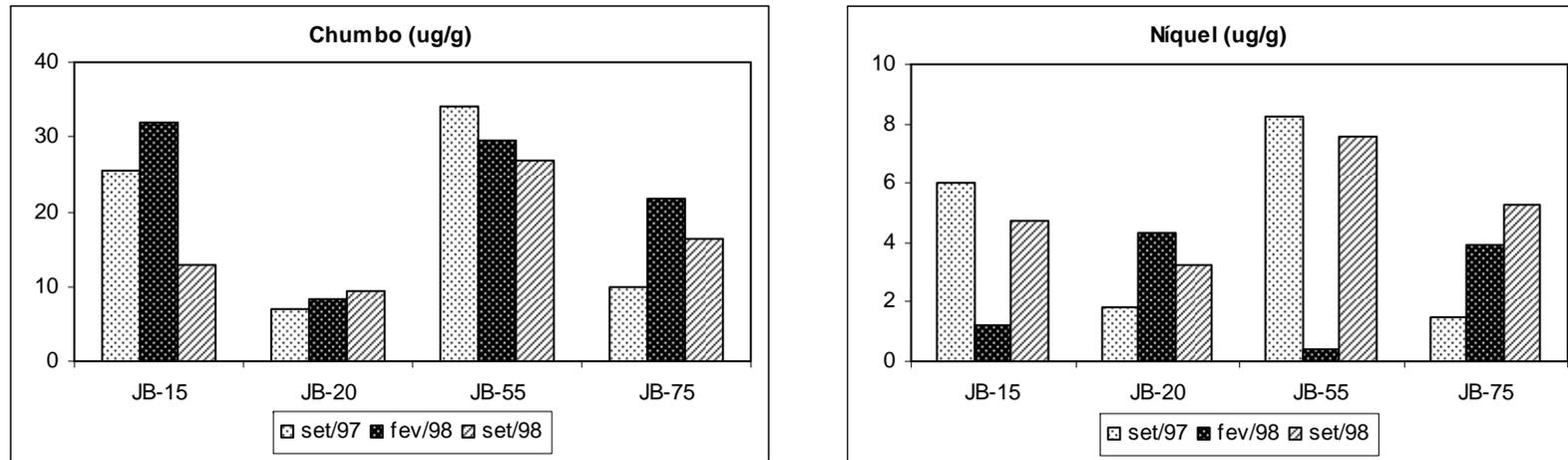


Figura 54. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Chumbo (ug/g) e Níquel (ug/g) no sedimento.

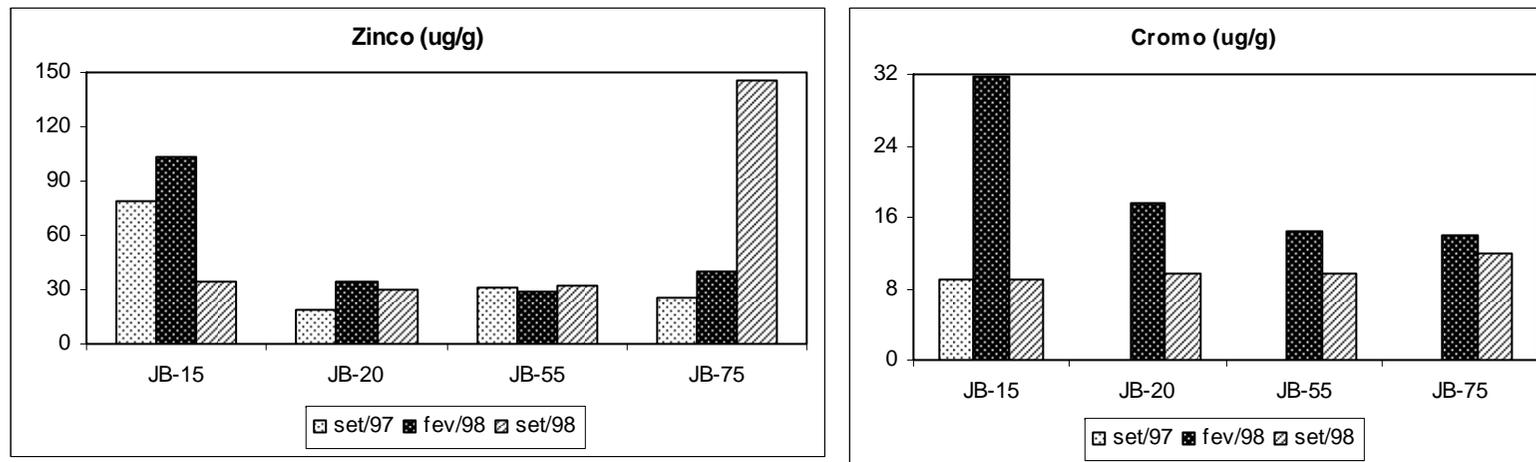


Figura 55. Bacia do rio Jaboatão - Variação espaço-temporal da concentração de Zinco (ug/g) e Cromo (ug/g) no sedimento.

Foram calculados os fatores de enriquecimento dos metais Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, utilizando-se os valores de abundância dos metais segundo BOWEN (1966) apud HAKANSON (1980). Os resultados estão representados na Tabela 62 e indicaram que a estação JB-15 apresentou o Cd com o maior fator de enriquecimento (4,00) para o mês de set/98 seguido dos metais Pb (3,19), Zn (2,07) e Cu (2,07). Para a estação JB-20 os maiores fatores foram obtidos para o Cd, sendo registrado 6,00 para o mês de set/97. Quanto ao sítio JB-55, o Cd e Pb apresentaram os maiores fatores (10,50 e 2,41 respectivamente), ambos para o mês de set/97. Na estação JB-75, novamente o Cd com 12,67 foi elemento com o maior fator de enriquecimento seguido do Pb (2,18) e Zn (2,90).

Tabela 62. Fatores de enriquecimento para as estações de coleta durante o período de estudo.

	Meses	FCu	FCd	FPb	FZn	FCr
JB2-15	Set/97	1,17	2,67	2,56	1,57	0,09
	Fev/98	2,07	2,00	3,19	2,07	0,32
	Set/98	0,63	4,00	1,29	0,69	0,09
JB3-20	Set/97	0,86	6,00	0,69	0,37	0,00
	Fev/98	1,46	1,50	0,84	0,68	0,18
	Set/98	1,03	4,17	0,94	0,61	0,10
JB3-55	Set/97	0,58	10,50	3,41	0,63	0,00
	Fev/98	0,76	3,67	2,95	0,58	0,14
	Set/98	0,53	6,50	2,68	0,64	0,10
JB3-75	Set/97	0,55	7,67	0,99	0,50	0,00
	Fev/98	0,59	5,17	2,18	0,81	0,14
	Set/98	1,13	12,67	1,64	2,90	0,12

5.2 SUBSÍDIOS AO ESTABELECIMENTO DE METAS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Na Tabela 63 está representado o enquadramento das estações de amostragem segundo o Decreto Estadual nº11.358/86 e os limites permitidos para as variáveis da qualidade da água. O Decreto mencionado enquadró os corpos d'água da bacia segundo a classificação estabelecida em outro normativo, o Decreto nº 7.269/81.

Tabela 63. Enquadramento das estações de coleta segundo Decreto Estadual nº11.358/86.

Estações	Classes Enquadramento	Variáveis - Limites			
		NO ₃ (mg/L)	OD (mg/L)	DBO (mg/L)	CFEC (NMP/100ml)
JB-10	2	≤ 10	≥ 5	≤ 5	≤ 1000
JB-15	2	≤ 10	≥ 5	≤ 5	≤ 1000
JB-20	3	≤ 10	≥ 4	≤ 10	≤ 4000
JB-22	3	≤ 10	≥ 4	≤ 10	≤ 4000
JB-35	3	≤ 10	≥ 4	≤ 10	≤ 4000
JB-41	3	≤ 10	≥ 4	≤ 10	≤ 4000
JB-55	3	≤ 10	≥ 4	≤ 10	≤ 4000
JB-75	3	≤ 10	≥ 4	≤ 10	≤ 4000

A Tabela 64 apresenta os valores medianos sazonais de 1998 e as desconformidades existentes entre o enquadramento legal e a situação da qualidade da água encontrada para as estações de coleta.

O nitrato foi a única variável que não apresentou desconformidade legal nos sítios de amostragem. Para o oxigênio dissolvido e coliformes fecais, todas as estações, e nas duas épocas consideradas, se encontram em desconformidade (fora das classes estabelecidas). Quanto a DBO, os sítios JB-10 e JB-41 apresentam desconformidade durante os dois períodos, as estações JB-20, JB-22 e JB-35 estão em desacordo durante o verão e os sítios restantes (JB-15, JB-55 e JB-75) não apresentaram desconformidade para esta variável.

Tabela 64. Comparação entre os valores medianos obtidos e o enquadramento da legislação estadual vigente (Decreto nº 11.358/86). (*)=Desconformidade.

Estações	NO ₃ (mg/L)		OD (mg/L)		DBO (mg/L)		CFEC (NMP/100ml)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
JB-10	0,040	0,042	1,20*	0,80*	8,75*	31,80*	160000,00*	160000,00*
JB-15	0,018	0,020	0,10*	1,50*	3,35	2,40	4650,00*	1700,00*
JB-20	0,087	0,320	2,60*	0,20*	4,10	134,95*	160000,00*	160000,00*
JB-22	0,109	0,136	1,60*	0,00*	5,15	89,00*	160000,00*	160000,00*
JB-35	0,026	0,016	0,00*	0,00*	8,00	23,00*	160000,00*	160000,00*
JB-41	0,045	0,029	0,00*	0,00*	34,00*	135,40*	160000,00*	160000,00*
JB-55	0,022	0,031	0,00*	0,00*	4,35	9,25	26900,00*	10500,00*
JB-75	0,023	0,150	0,60*	3,60*	3,95	2,60	40000,00*	31500,00*

Nas Figuras 56 a 59 estão representados os valores medianos da qualidade da água obtidos e os limites das classes da resolução CONAMA 20/86. Neste caso não se pode dizer em desconformidade uma vez que a bacia não se encontra enquadrada nas classes desta resolução.

Para os valores de inverno/98 as variáveis nitrato, pH, cloreto e turbidez não apresentaram variações entre os limites das classes incluindo todas as estações dentro da classe 1. Quanto a DBO, as estações JB-15, JB-20, JB-55 e JB-75 atenderiam os limites da classe 2, e as estações JB-10, JB-22 e JB-35, da classe 3. O sítio JB-41 ficou situado acima dos limites da classe 3 para esta variável. Para o oxigênio dissolvido, a estação JB-20 apresentou valor mediano dentro dos limites da classe 3 e todos os sítios restantes corresponderam a valores abaixo dos limites da classe 4. O fósforo total e coliformes fecais apresentaram valores que colocaram todas as estações acima dos limites da classe 3.

Analisando as medianas do verão/98 observou-se novamente que as variáveis críticas foram o oxigênio dissolvido, coliformes fecais e fósforo total. Todas as estações registraram valores abaixo dos limites da classe 4 para o oxigênio dissolvido, à exceção de JB-75 (classe 3). Do mesmo modo, os coliformes fecais apresentaram limites acima da classe 3 em todas as estações, exceto JB-15. Os dados de turbidez também foram críticos (acima da classe 3) para as estações JB-20, JB-22, JB-41. Para a DBO observa-se uma sensível piora nas condições de qualidade, sendo que, com exceção dos sítios JB-15 e JB-75, onde houve melhora (classe 1), todas as estações restantes situaram-se acima dos limites da classe 3. As variáveis pH, cloreto e nitrato novamente não apresentaram variações entre os limites das classes entre as estações de coleta.

Baseado nos levantamentos efetuados no diagnóstico ambiental realizado foi desenvolvida uma proposta visando auxiliar as discussões e um processo de estabelecimento de metas de qualidade dos corpos d'água da bacia segundo a resolução CONAMA 20/86. A bacia foi subdividida em regiões representativas do uso preponderante da água. Estas regiões estão representadas na Figura 60 e apresentam cursos d'água agregados em grupos com os seguintes condicionantes:

Grupo 1: Mananciais

Neste grupo se encontram os corpos d'água que são utilizados atualmente como mananciais de abastecimento urbano, bem como as futuras captações previstas para este fim. Esta região abrange os rios definidos na área de proteção de mananciais (lei estadual nº 9.860/86) e reservas ecológicas (lei estadual nº 9.989/87), além de outros corpos hídricos não contemplados, mas que dado sua localização de nascentes, foram englobados.

A região deste grupo evoca a necessidade de medidas de proteção e conservação, pois tem uma importância estratégica para a bacia. O controle do uso do solo é fundamental para a manutenção da qualidade da água, bem como dos aspectos do equilíbrio ecológico. As alterações e/ou degradação nesta área coloca em risco a produção de água de boa qualidade atual e futura. As classes a serem propostas para esta região devem refletir esta preocupação - classes especial e 1.

Grupo 2: Estuário

Os corpos d'água deste grupo situam-se na porção inferior da bacia, tendo como limites a área de proteção estuarina (lei estadual nº 9.931/86). Estes trechos pertencem a áreas de mangue e necessitam, a exemplo da área do grupo 1, de ações de proteção especial. Além disto, é necessário o desenvolvimento de estudos especiais para a determinação da zona de influência da maré visando o estabelecimento do enquadramento dos cursos d'água. Desta forma, face a ausência estes estudos, sugere-se que este trecho seja enquadrado entre as classes 7 e 8 (águas salobras).

Grupo 3: Urbana

Este grupo abrange os corpos hídricos que atravessam áreas urbanas consolidadas na bacia. Nestas regiões são necessários medidas de recuperação relacionadas ao disciplinamento e organização da expansão urbana, coleta e tratamento de efluentes domésticos, industriais e resíduos sólidos. Portanto são trechos críticos de qualidade da água onde deve ser estabelecida a classe 2 como meta a ser atingida.

Grupo 4: Industrial/Urbana

Estas regiões apresentam rios e córregos que cortam zonas industrializadas consolidadas e urbanas em expansão na bacia e áreas não contempladas no grupo 3. Nestas áreas o controle ambiental e fiscalização são preponderantes para o acompanhamento de melhorias e recuperação da qualidade da água. Os trechos também são críticos e deve ser estabelecida como meta a classe 2 em afluentes e 3 no curso principal do rio Jaboaão.

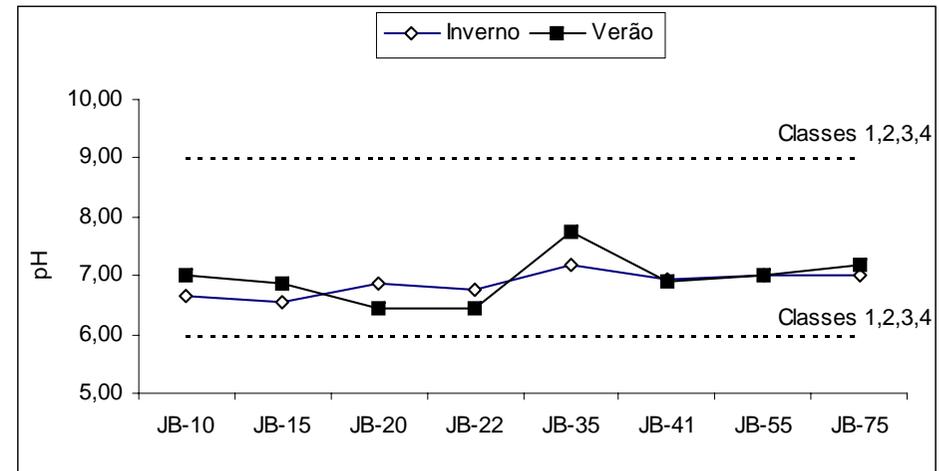
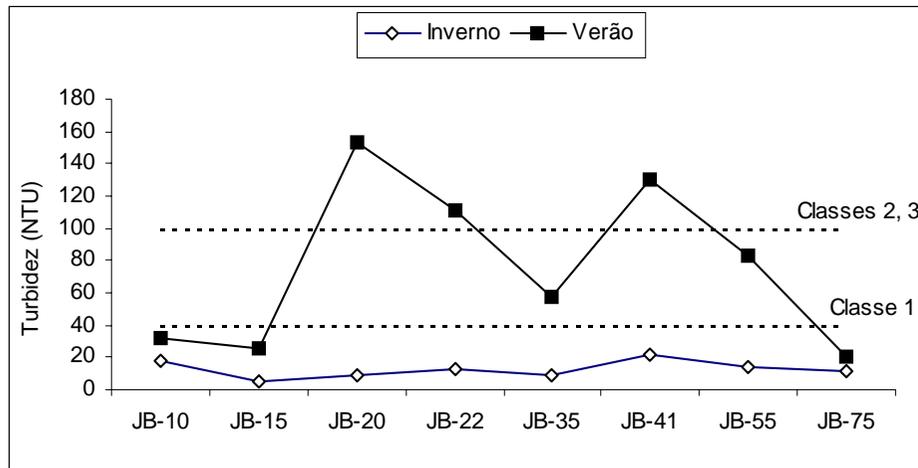


Figura 56. Comparação entre os valores medianos obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis turbidez e pH.

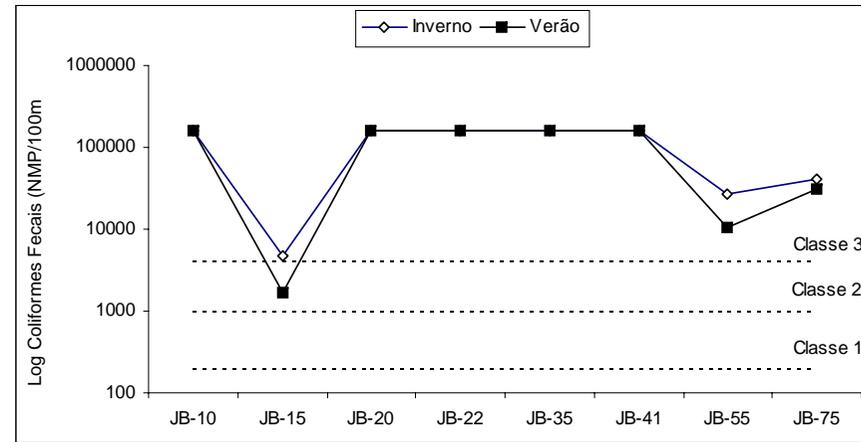
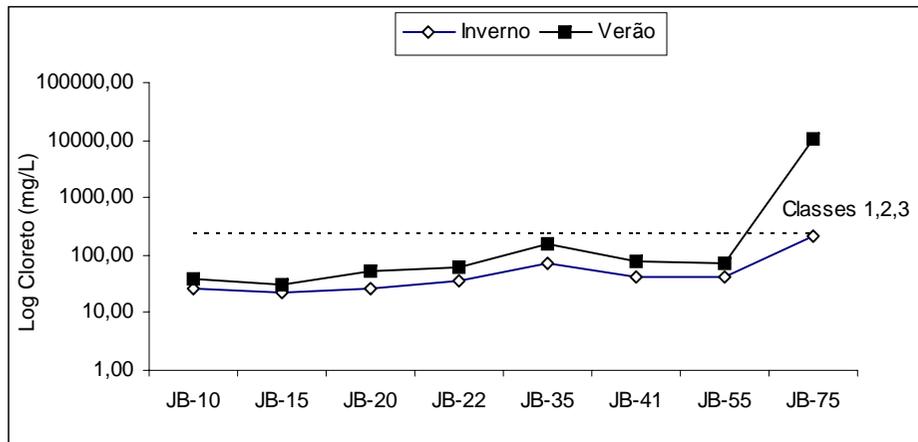


Figura 57. Comparação entre os valores medianos obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis cloreto e coliformes fecais.

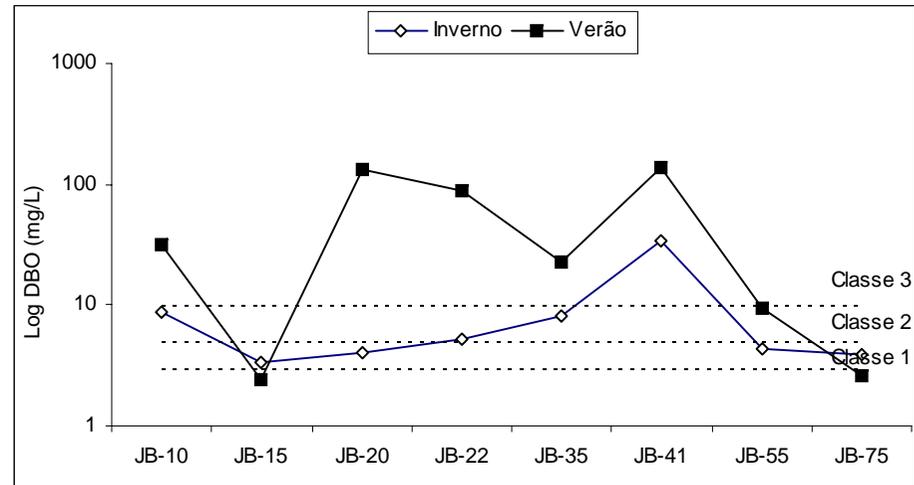
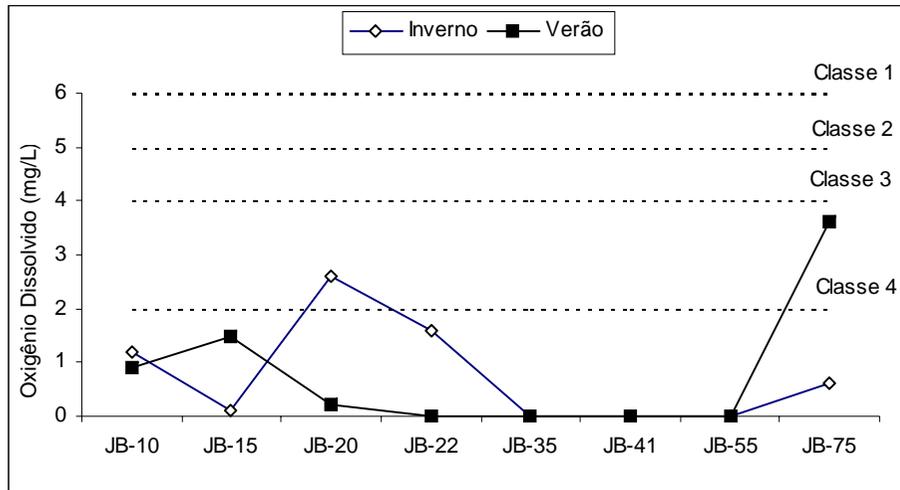


Figura 58. Comparação entre os valores médios obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis oxigênio dissolvido e DBO.

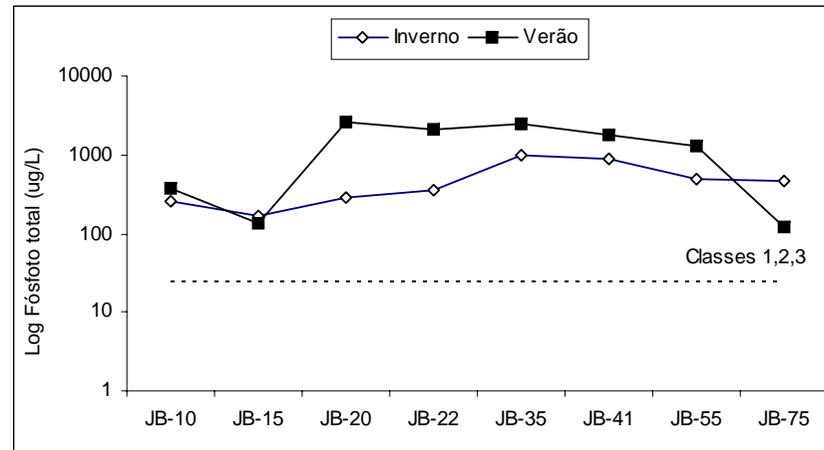
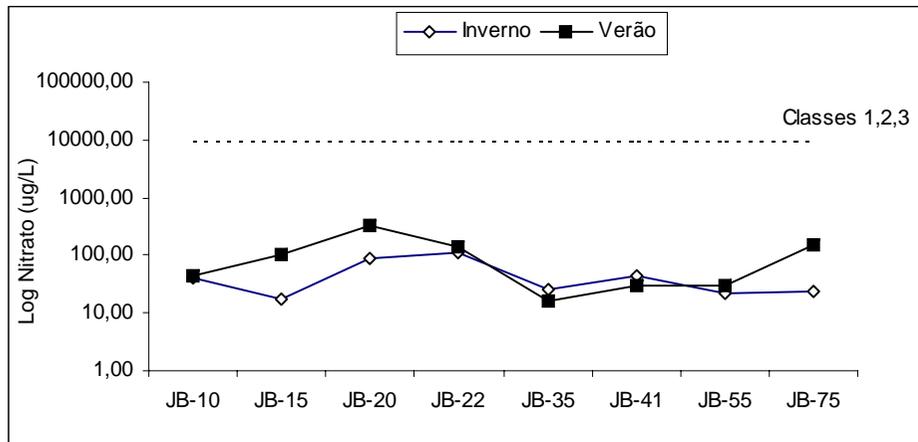


Figura 59. Comparação entre os valores médios obtidos e os limites da resolução CONAMA 20/86 para as variáveis nitrato e fósforo total

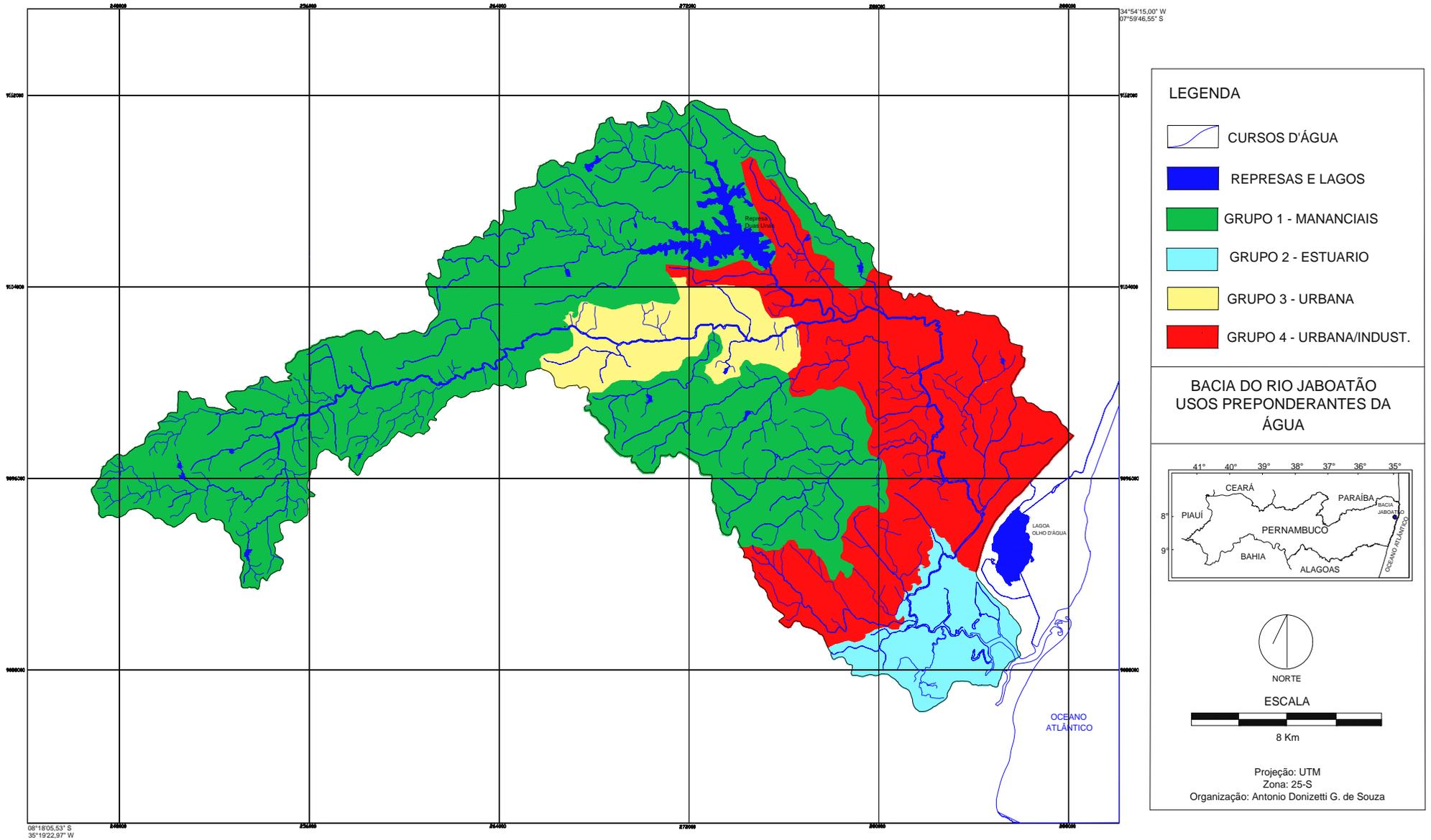


Figura 60. Bacia do rio Jaboatão - Grupos de corpos d'água segundo condicionantes de usos.

6. DISCUSSÃO

6.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INTEGRADO - SÍNTESE

Os estudos de diagnóstico ambiental em bacias hidrográficas requerem a integração de diversas áreas do conhecimento. Estes estudos, por serem segmentados em áreas e compartimentados em assuntos, podem-se revelar úteis nas respectivas áreas específicas, entretanto, necessitam de uma visão integrada para melhor compreensão das influências ocorridas na bacia, sobretudo na qualidade da água dos corpos hídricos.

A ausência de integração nos estudos pode ser considerada como uma das grandes deficiências do processo de gestão ambiental, aliados a outros que o serão subsequentes.

Segundo PEGRAM (1999), em regiões metropolitanas, a desorganização espacial, principalmente em países subdesenvolvidos, agrava a contaminação da água dos rios e córregos presentes. A contaminação ocasionada pela ocupação humana descontrolada nestas áreas é devida principalmente a deficiências de infra-estrutura (redes de esgotos, coleta de lixo, etc). Estas deficiências podem ser atacadas setorialmente, entretanto, estes problemas possuem raízes nas condições sociais, culturais, econômicas e institucionais que não são facilmente gerenciadas unicamente por agentes relacionados à qualidade da água.

Este tipo de desorganização e problema são encontrados na Região Metropolitana do Recife no âmbito da bacia do rio Jaboatão, e indicam uma vez mais a necessidade de uma abordagem sistêmica para o planejamento da bacia em estudo e tomada de decisões quanto à sua recuperação ambiental. Esta desorganização reflete o desordenado processo de urbanização e ocupação do solo existente nesta área.

Dentro deste contexto, MEYBECK & HELMER (1992) destacam a influência do desenvolvimento econômico sobre a qualidade da água que pode se extrapolado para rios que atravessam áreas intensamente urbanizadas. Para os autores, de forma geral, o aumento das atividades sócio-econômicas tem levado ao contínuo estresse e poluição dos sistemas aquáticos. Esta relação pode ser visualizada na Figura 61, onde é ilustrado o processo de deterioração da qualidade da água segundo a efetividade das decisões corretivas que possam ser tomadas durante o processo.

Na Figura supra citada, pode-se verificar vários pontos característicos de degradação (A a G). No início da degradação há perda da qualidade no ambiente que pode ser acelerado no decorrer do tempo (A-C). Se as atividades impactantes continuam a crescer e ultrapassam a capacidade de assimilação do ambiente (diluição e autodepuração), a degradação atinge um patamar de danos irreversíveis (C-D1). Entretanto se a sociedade e poder público despertam para o problema e tomam alguma medida, mesmo que insuficiente, os níveis de degradação sofrem um decréscimo (C-D2). Quando estas medidas corretivas

são tomadas a tempo e de forma apropriada, os níveis de poluição atingem um máximo (E) que dependerá da efetividade das medidas e controle constante das fontes poluidoras. Por último, um nível ambiental tolerável (F-G) pode eventualmente ser atingido, embora não equivalente a condição pristina (O).

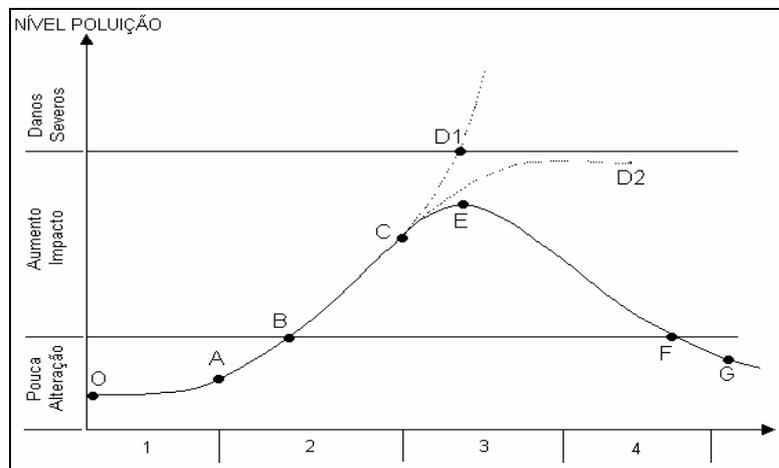


Figura 61. Modelo de degradação ambiental em sistemas aquáticos resultante de atividades econômicas (modificado de MEYBECK & HELMER, op. cit.).

Para os autores esse processo se desenvolve em quatro fases segundo o progresso de desenvolvimento socio-econômico, sendo elas:

- Fase 1: Ocorre um aumento linear de poluição com aumento da população;
- Fase 2: A poluição cresce exponencialmente com a produção industrial, consumo de energia e intensificação da agricultura;
- Fase 3: Há a implementação de estratégias de controle, onde a poluição pode ser contida;
- Fase 4: Redução dos problemas de degradação para níveis ecologicamente toleráveis que não interferem com os usos da água.

Na bacia do rio Jaboatão, os níveis de degradação ambiental atingem patamares críticos segundo o modelo descrito acima e o diagnóstico realizado revela que os problemas de ocupação desordenada do espaço refletiram em muitos nos níveis dos diversos indicadores obtidos.

Dentre os indicadores sociais, os índices de mortalidade infantil registrados em Moreno (80,60/1000) e Vitória de Santo Antão (73,43/1000) são comparáveis aos países mais subdesenvolvidos do mundo segundo informações da ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (WHO, 1995). O IBGE registrou para o Brasil uma taxa de 34,8/1000, sendo 52,8/1000 para a região nordeste (IBGE, 2001). Os valores superam os registros existentes no Quênia (65/1000), Namíbia (69/1000) e se igualam aos encontrados em Gana (80/1000),

Senegal (79/1000) e Haiti (86/1000). Estes níveis baixos podem estar relacionados a também precária situação dos sistemas de saneamento existentes. Vários estudos reportam que o acesso água e ao saneamento pode reduzir, em média, 55% da mortalidade infantil.

As taxas de analfabetismo encontradas também indicam uma situação crítica de instrução para a população acima de 15 anos. Estas taxas variaram de 14,90% a 38,70%. No Brasil estes valores são da ordem de 13,3% e 23,6% para o nordeste (IBGE, 2001). Da mesma forma que a mortalidade infantil, os dados encontrados em Vitória de Santo Antão, São L. da Mata e Moreno, se igualam ou até superam registros de países subdesenvolvidos da África, como por exemplo: Zaire (28%), Zâmbia (27%), Zimbaue (33%) Botswana (35%) e Gana (40%), (WHO, 1995).

Quanto aos usos da água para abastecimento urbano, a situação tende a se agravar sobretudo devido a problemas de perda de qualidade. Os principais mananciais estão sujeitos a ocupação desordenada de origem urbana e agrícola. Está última representada pela cultura canavieira, predominante em toda a bacia.

A futura barragem a ser construída no Engenho Pereira, além de todos os impactos inerentes a este tipo de obra, cabe mencionar as alterações a jusante sobre o ecossistema de mangue localizado na foz do rio Jaboatão. Sobre este manguezal, a futura operação da represa possivelmente terá uma ação no estreitamento do intervalo natural de variação dos afluxos de água doce na região. Como consequência e na busca do estabelecimento de um novo equilíbrio entre as águas continentais e salobras, poderá haver uma tendência de migração dos bosques de mangue na direção às porções estuarinas mais interiorizadas. Além disto a diminuição da vazão acarretará cargas orgânicas mais elevadas na calha do rio que poderão comprometer ainda mais a qualidade já crítica da água.

Face ao problema relacionado aos mananciais e as futuras captações de água superficial, merece destaque o alto percentual de perdas de água registrado nas localidades da bacia (37,63% em média).

Estas perdas são provenientes não apenas de desperdícios, como vazamentos na rede devido a falta de manutenção, mas também provocadas por ligações clandestinas (não faturadas). Entretanto os dados são preocupantes, sobretudo em uma região pautada por escassez e problemas cíclicos de racionamento de água. Geralmente, o valor máximo aceitável de perdas de água em países desenvolvidos é cerca de 15%.

A ocupação do solo em espaços protegidos legalmente no âmbito de marcos legais da RMR e seu reflexo na bacia (leis de proteção aos mananciais, reservas ecológicas e área estuarina) registram sérios conflitos de ocupação do solo. No caso da área de proteção de mananciais, o fato é preocupante, pois esta zona abrange bacias de captação já existentes como a barragem de Duas Unas, um dos mananciais mais importantes da RMR e também

futuras captações previstas, como no caso dos rios Carnijó, Mangaré e barragem do Engenho Pereira. Da mesma forma, as fontes poluidoras de origem doméstica e industrial aos cursos d'água também revelaram um significativo aporte de cargas orgânicas que causam perda de qualidade da água e outros impactos conseqüentes.

Uma síntese dos principais problemas e conseqüências à qualidade da água da bacia resultantes dos elementos do diagnóstico ambiental é representa na Tabela 65.

Tabela 65. Principais problemas relacionados a qualidade da água na bacia do rio Jaboatão.

<i>PROBLEMA EXISTENTE</i>	<i>CONSEQUÊNCIAS/RISCOS</i>
1. Despejos de efluentes domésticos	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de qualidade da água para usos múltiplos; - Problemas de saúde pública devido a doenças de veiculação hídrica; - Perda de diversidade biológica; - Aumento custos de tratamento da água para diversos usos; - Diminuição do O₂ dissolvido, aumento de DBO e nutrientes.
2. Lançamentos efluentes industriais	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de qualidade da água para usos múltiplos; - Risco de contaminação tóxica (metais, fenóis, etc); - Perda de diversidade biológica.
3. Captação e lançamento de águas de lavagem da Usina Bulhões	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da vazão do rio com queda da capacidade de autodepuração; - Aumento da temperatura, DBO e queda do O₂ dissolvido (anoxia); - Perda de diversidade biológica.
4. Ocupação do solo no entorno do reservatório de Duas Unas	<ul style="list-style-type: none"> - Eutrofização pelo aporte de fertilizantes; - Contaminação por pesticidas; - Carreamento de sólidos com assoreamento e diminuição da vida útil do reservatório; - Aumento nos custos de tratamento da água.
5. Ocupação desordenada do solo em área de mananciais e reservas ecológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da produção de água; - Erosão e assoreamento dos corpos hídricos; - Riscos de eutrofização e contaminação por agrotóxicos.
6. Ocupação desordenada do solo em área estuarina	<ul style="list-style-type: none"> - Perda de diversidade biológica; - Perda de funções ambientais do mangue; - Poluição orgânica e contaminação tóxica do mangue.
7. Predomínio da cultura canavieira em toda bacia	<ul style="list-style-type: none"> - Erosão e assoreamento dos cursos d'água; - Eutrofização e contaminação por aporte de fertilizantes e pesticidas; - Poluição orgânica pelo vinhoto.
8. Futura barragem de Engenho Pereira	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da vazão do rio e capacidade de autodepuração de cargas orgânicas; - Alteração no regime hidrológico no manguezal; - Alteração na diversidade biológica do manguezal.
9. "Lixão" da Muribeca	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminação de chorume aos corpos d'água superficiais e lençóis subterrâneos; - Proliferação de doenças;

6.2 QUALIDADE DA ÁGUA E SEDIMENTO

A avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas representa um aspecto básico para qualquer processo de gerenciamento integrado de recursos hídricos. Entretanto a identificação e diferenciação das principais causas das variações encontradas são de difícil determinação.

As bacias apresentam além de suas características próprias, refletidas principalmente em variáveis conservativas, aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo. Estes últimos podem provocar perturbações que tornam complexo o trabalho de isolar causas e efeitos da variabilidade encontrada na qualidade da água (PERONA et al. 1999).

Para EYRE & PEPPERELL (1999), a qualidade da água é altamente variável, tanto espaço como temporalmente devido a diversos "inputs" pontuais e não-pontuais, além das características intrínsecas do rio relacionados aos processos físicos, químicos e biológicos.

Segundo STUMM & MORGAN (1981), historicamente, com o passar dos anos houve um aumento de carga poluidora sobre as águas naturais bem como significativas alterações em suas características. Enquanto há poucas décadas, a maior parte dos despejos era composta por catabólicos (excreta de humanas e animais) atualmente eles são compostos de descartes de uma moderna sociedade industrial (químicos sintéticos, produtos minerais, isótopos radiativos, etc). Esta mudança na composição dos efluentes é evidente em relação ao crescimento da população humana e atividades industriais. Para MADDOCK, (1999), devido a gama de impactos que os sistemas hídricos urbanos vem sofrendo, raramente pode-se encontrar rios nestas áreas em condições naturais.

Dentro deste contexto e sobretudo em regiões intensamente urbanizadas e industrializadas, como é o caso da bacia do rio Jaboação, a qualidade da água sofre interferências diversas que muitas vezes, dado o grau de usos e impactos, fazem com que o rio não apresente mais sua "identidade natural".

Qualidade da Água (1997-99)

Os resultados das medidas realizadas na bacia do rio Jaboação durante o período 1997-99 demonstraram variações espaço-temporais significativas que refletem, sobremaneira as atividades humanas e ocupação do solo existentes.

Geralmente a temperatura da água nos rios é menor nas nascentes apresentando um aumento gradual ao longo do curso. Além da radiação solar direta, a entrada de afluentes e fontes poluidoras também contribuem para as variações de temperaturas nos ambientes lóticos.

De forma geral a temperatura da água encontrada nas estações de coleta acompanhou o registro da temperatura do ar, onde no verão/97 foram encontrados os

valores mais elevados com relação ao inverno/98 e verão/98. As altas temperaturas registradas na estação JB-20, sobretudo o pico de 44,50°C em dez/97, pode estar relacionado aos despejos das águas de lavagem provenientes da usina Bulhões. Estes lançamentos ocorrem no período de safra (verão) a cerca de 200m a montante do local desta estação. No sítio seguinte, JB-22, esta influência ainda é presente como demonstra os valores encontrados. A CPRH registrou valor máximo de 33,00°C em um sítio da bacia do rio Pirapama, localizado a jusante de uma destilaria de álcool, que foi relacionado aos despejos do mesmo tipo de lançamento (CPRH, 1999). O resíduo contendo as águas de lavagem da cana é considerado como o segundo maior efluente poluidor de usinas, após o vinhoto, devido ao processo de arraste de açúcar, terra, restos de cana e palha CETESB (1985) *apud* OMETTO (2000).

Para PORTO (1991), o pH comanda a especiação química das águas e geralmente os critérios de proteção da vida aquática fixam o pH entre 6 e 9. Segundo ESTEVES (1988), no Brasil, valores elevados de pH podem ser encontrados em regiões onde os corpos hídricos sofrem influências do mar em diferentes graus de intensidade, recebendo grandes contribuições de carbonatos e bicarbonatos. Rios que recebem despejos orgânicos podem apresentar grandes flutuações de pH devido a decomposição da matéria orgânica lançada (SOUZA, 1996).

Na bacia do rio Jaboação não houve um padrão nítido de variação de pH entre as épocas de estiagem e chuva, mas comportamentos indicativos de possíveis impactos antrópicos.

Os menores valores de pH encontrados na estação JB-20 em épocas de estiagem, chegando a um valor mínimo de pH 4,30, indicaram a influência dos lançamentos da usina Bulhões, uma vez que nesta época do ano, este empreendimento realiza sua operação de processamento da cana colhida e lançamento de águas de lavagem. A estação JB-35 apresentou altos valores medianos para todo o período de estudo que podem estar relacionados com o distrito industrial de Jaboação dos Guararapes, a montante desta estação, e a intensa urbanização existente no local. DIMITROVA et al. (1998) também reportam picos de pH em sítios de amostragem após áreas industrializadas em rios da Bulgária.

Na Tabela 66, estão representados resultados comparativos dos principais rios litorâneos que atravessam a RMR (rios Pirapama, Ipojuca e Capibaribe). Os valores foram extraídos de estação localizadas próximo a foz destes rios, na própria RMR. Quanto ao pH observa-se que de maneira geral, os valores medianos são semelhantes ao obtidos para a bacia do rio Jaboação.

Tabela 66. Resultados comparativos obtidos em rio litorâneos de Pernambuco. Valores medianos de inverno e verão para sítio localizados na RMR.

<i>Rios</i>	<i>Períodos</i>	<i>Variáveis</i>					
		TEMP	pH	COND	%OD	DBO	CFEC
Pirapama	Inverno/98	27,00	6,50	116,75	7,58	3,00	160000,00
	Verão/98	29,13	6,95	152,85	15,69	13,15	160000,00
Ipojuca	Inverno/98	26,00	7,10	118,60	7,40	2,00	2000,00
	Verão/98	30,20	6,30	103,50	10,80	23,10	160000,00
Capibaribe	Inverno/98	29,00	7,10	1300,00	56,22	6,20	30000,00
	Verão/98	30,00	7,25	5125,00	70,24	10,50	18500,00

Fonte: Monitoramento realizado pela CPRH (CPRH, 1999)

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. As variações de condutividade podem ser provocadas pela concentração de íons (Ca, Mg, Na, K, etc), fontes poluidoras ou entrada de tributários.

As estações amostradas apresentaram os maiores valores de condutividade nos períodos de estiagem, com destaque para o verão/98, que foi um verão mais rigoroso em termos de precipitação. Este comportamento pode ser explicado pela maior concentração dos íons na água. Na época de inverno ocorre o fenômeno inverso, a diluição destes elementos provocada pelas chuvas com conseqüente decréscimo da condutividade. MAIER (1977) encontrou este tipo de comportamento para rio Mogi-Guaçu (SP) da mesma forma que ZANATA (1999) para afluentes do reservatório de Salto Grande (SP). Com relação aos resultados comparativos da Tabela 66, os rios Pirapama e Capibaribe também apresentaram valores mais elevados de condutividade para o período de seca (verão), o mesmo não ocorreu para o rio Ipojuca.

Especialmente as estações apresentaram variações de condutividade relacionadas aos impactos e localização próxima ao estuário. Esta última explica os altos valores e a grande variação encontrada para a estação JB-75, pois ela se encontra na foz do rio. A presença de um gradiente nascente-foz pode estar relacionado, além da área de drenagem, ao aumento gradativo das áreas urbanizadas e industriais que o rio atravessa ao longo de seu curso, sobretudo para as estações JB-20 a JB-41. O sítio JB-35 registrou um pico de 1836 $\mu\text{S}/\text{cm}$ devido, provavelmente, à zona industrial existente a montante e a área urbana de Jaboatão dos Guararapes. Esta estação se localiza na foz do rio Duas Unas, que apresenta menor vazão na calha com relação ao rio Jaboatão, esta característica pode ser um elemento a mais de concentração dos elementos lançados, sobretudo em épocas de estiagem. PRAT & MUNNÉ (2000), também encontraram um gradiente longitudinal de condutividade de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 6600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ocasionado pelos usos urbanos e industriais distribuído ao longo da área de drenagem de ambientes lóticos estudados.

A alcalinidade da água é a medida de sua capacidade para neutralizar ácidos ou bases fracas. Esta variável em águas naturais é devido primariamente aos sais de ácidos fracos e em águas poluídas, os sais de ácido acético, propiônico e sulfeto de hidrogênio também contribuem para a elevação de valores (SAWYER, 1994)

As medidas da alcalinidade da água na bacia do rio Jaboatão acompanharam, de forma geral, o comportamento da condutividade. Temporalmente as maiores medianas foram encontradas para as épocas de estiagem, refletindo a concentração de elementos no corpo hídrico.

Na estação JB-35 foram obtidas as maiores medianas e amplitude de variação para a alcalinidade, que refletem provavelmente, o distrito industrial localizado a montante e a área urbana de Jaboatão dos Guararapes, embora muitas indústrias podem também, dependendo do efluente, causar diminuição da alcalinidade. RIOS (1993) e BUBEL (1998) registraram aumento de alcalinidade em amostragens onde ocorria lançamentos de efluentes para o ribeirão do Feijão (SP) e rio do Peixe (SP), respectivamente. A variação espacial registrou altos valores medianos para a estação JB-41, sobretudo no verão, que podem estar relacionados com a presença da Cia. Portela de Celulose e Papel a montante. Segundo LEITÃO (1991) e GUAGLIANONI (1998), as indústrias de papel e celulose poluem as águas com enormes quantidades de substâncias dificilmente degradáveis que são utilizadas durante os processos de polpação e branqueamento. Durante estes processos a madeira sofre alterações mecânica e química para remoção da lignina sendo utilizados para isto reagentes contendo Cl e NaOH.

Normalmente o aumento da concentração de cloretos na água é indicador de uma possível poluição por esgotos ou por despejos industriais (CETESB, 1999).

De forma geral, a concentração de cloreto encontrada na bacia do rio Jaboatão apresentou o mesmo padrão de variação temporal registrado para a condutividade e alcalinidade, sendo mais elevada nos períodos de seca.

As estações de montante, JB-10 e JB-15, apresentaram os menores valores medianos para todo o período de estudo devido a menor área de drenagem e magnitude dos impactos antrópicos, que são característicos das demais estações de jusante. O progressivo aumento da concentração obtido a partir da estação JB-22, reflete as perturbações das atividades humanas existentes nestas áreas sobretudo os esgotos de origem doméstica. Da mesma forma que os resultados de condutividade e alcalinidade, a estação JB-75 apresentou os maiores níveis de cloreto devido a influência das águas marinhas. O sítio JB-35 também se destacou com as maiores medianas e amplitude de variação, refletindo, da mesma forma que para outras variáveis já analisadas, o distrito industrial e as áreas urbanizadas existentes a montante.

A análise da composição iônica da água de sistemas lóticos são de grande importância para o entendimento de suas características próprias como detecção de influências externas.

Segundo PAYNE (1986), a concentração total de íons em um rio é resultado das interações entre a pluviosidade, solo e área da bacia. Além disto as atividades antrópicas também influenciam a composição e distribuição espacial de vários íons. Para TEIXEIRA (2000) as concentrações de íons em locais onde há lançamentos industriais e urbanos geralmente são muito altas.

A variação temporal dos íons analisados (Ca, Mg, Na, K e Fe) nas estações da bacia registrou comportamento semelhante as outras variáveis relacionadas ao conteúdo iônico da água, sendo a época de verão/98 a que apresentou os maiores valores medianos. Este comportamento indicou, uma vez mais, o efeito da concentração durante esta época. Entretanto, quando comparados os períodos anteriores, as maiores medianas foram encontradas durante o inverno/98 com relação ao verão/97, mostrando um comportamento inverso ao esperado. Este fato pode estar relacionado a pouca precipitação ocorrida no inverno/98, a qual pode não ter sido suficiente para causar o efeito diluidor nas águas do rio, tendo prevalecido o carreamento de material às águas.

As estações JB-20 e JB-22 apresentaram altos valores de K que podem estar relacionados aos despejos provenientes da usina Bulhões, pois nestes sítios também foram registrados as maiores variações máximo/mínimo. Este tipo de impacto também foi encontrado por GANDOLFI (1968) em um estudo físico-químico no rio Mogi-Guaçu (SP), que registrou altos valores de K em afluentes poluídos por resíduos de usinas de açúcar.

Os impactos também foram refletidos na concentrações de Fe encontradas. Os altos valores medianos durante o verão e maior amplitude de variação para as estações JB-20 e JB-22, podem estar relacionados, a exemplo do que ocorreu com o K, com os lançamentos de resíduos da lavagem da cana e outros despejos da usina Bulhões.

Valores elevados de Na e K na água de rios geralmente são relacionados a áreas urbanas onde ocorrem despejos de esgotos doméstico e industrial (CHAPMAN, D. 1992). Este é o caso do rio Jaboatão para o trecho compreendido entre as estações JB-20 a JB-55. SALATI (1996) realizou um diagnóstico na bacia do rio Corumbataí (SP) e também registrou um gradiente nítido nascente-foz para os elementos Ca e Na, que embora proporcionalmente os valores foram inferiores aos obtidos no presente estudo, indicaram, da mesma forma, o aumento gradativo de fontes antrópicas ao longo daquele rio (despejos domésticos e industriais). Uma clara relação entre os impactos antrópicos e as concentrações de Na e K também foram encontradas por NAKANE et al. (1981) no rio Han na Coréia do Sul.

A concentração dos íons Ca, Mg, Na e K foi mais alta na estação JB-75 devido sua localização e as influências do estuário.

Segundo MAIER (1978) a turbidez da água está relacionada a fenômenos de dispersão e absorção da luz através da presença de materiais em suspensão. Nos rios, a quantidade desses materiais depende, em grande parte, de sua capacidade de vazão, bem como das características físicas e geológicas da bacia.

De forma geral, os maiores valores de turbidez foram encontradas nos períodos de verão, indicando, a exemplo da composição iônica, a concentração de elementos na calha do rio.

As maiores medianas de turbidez foram encontradas para as estações JB-20, JB-22 e JB-41 que podem estar relacionadas aos impactos pontuais e difusos de materiais carreados para o rio originados da ocupação humana neste locais. Os valores mais baixos foram obtidos no sítio JB-35 devido, provavelmente, as características geomorfológicas existentes, pois ela se localiza na sub-bacia do rio Duas Unas que, embora possua um distrito industrial a montante, é um rio com baixa velocidade de corrente e presença de afloramentos magmatitos, sobretudo próximo a foz, isto pode favorecer os processos de deposição de materiais suspensos ao longo de seu curso.

Os sólidos totais correspondem as substâncias remanescentes na amostra de água após sua evaporação total. Segundo CHAPMAN, D. (1992), os valores obtidos para esta variável são aproximadamente equivalentes a soma dos sólidos suspensos e sólidos dissolvidos na amostra. A medida não pode ser considerada como a soma exata porque cerca da metade do bicarbonato (ânion dominantes na maioria das águas) é transformado em CO₂ durante o processo de sua determinação.

As maiores concentrações de sólidos totais foram encontradas para os períodos de verão, corroborando os resultados encontrados para as variáveis que refletem a condição iônica da água e da mesma forma o efeito da diluição do rio pelas águas das chuvas do período de inverno.

Especialmente, os valores medianos mais elevados registrados na estação JB-75 confirmam a influência das marés e o recebimento de toda carga na foz do rio, pois o sítio se localiza no estuário.

A estação JB-35 apresentou as maiores medianas de sólidos totais, indicando a interferência de despejos provenientes das indústrias localizadas a montante e a menor vazão do rio Duas Unas com relação ao curso principal.

Dentre as diferentes formas de nitrogênio presente nos ambientes aquáticos, o nitrato assume grande importância, uma vez que representa, juntamente com o íon amônio,

uma das principais fontes deste elemento aos organismos produtores primários (ESTEVES, 1988).

De forma geral não houve um padrão claro de variação temporal para o nitrato durante o período de estudo para a bacia do rio Jaboaão.

Na estação JB-15 foi encontrada uma grande amplitude de variação e altos valores medianos de nitrato que podem estar relacionadas com a área de plantio da cana-de-açúcar da usina Bulhões, pois o sítio situa-se a jusante desta área. Neste local, que é uma barragem de captação da usina, a água mais estagnada e o baixo fluxo podem ter contribuído para uma maior mineralização e disponibilização de nitrato para a coluna d'água. HUTCHINS et al. (1998) também registraram uma forte correlação entre locais ocupados com agricultura intensiva e altas concentrações de nitrato na água em um estudo comparado realizado na Inglaterra. O mesmo comportamento foi encontrado por VEGA et al. (1998) em uma bacia da região central da Espanha.

A variação espacial de nitrato também registrou, para as estações JB-20 e JB-22, altos valores medianos para o verão/98 (320 $\mu\text{g/L}$ e 136 $\mu\text{g/L}$, respectivamente) e amplitude de variação, que refletem, provavelmente, os lançamentos de cargas pontuais e difusas representados pelos esgotos domésticos do município de Jaboaão e pela usina Bulhões. TEIXEIRA (2000) estudando o lago artificial da represa de Salto Grande em Americana (SP) detectou a montante deste, ainda no rio Atibaia, valores entre 581,7 a 2123,3 $\mu\text{g/L}$ de nitrato, sendo reflexo dos despejos doméstico e industrial localizados próximos.

O transporte e estoque de fósforo em sistemas fluviais são importantes para o entendimento do impacto de fontes pontuais e difusas de poluição (SHARPLEY et al. 1995 *apud* HOUSE & DENISON, 1998). Para ESTEVES (1988), em muitas regiões, notadamente industrializadas e com elevada densidade populacional, as fontes artificiais de fosfatos são mais importantes que as naturais.

De forma geral, a concentração de fósforo total foi mais elevada durante o período de verão/98 com relação ao inverno do mesmo ano, já que não foram realizadas medidas para o verão/97. Este comportamento indicou a concentração das cargas poluidoras na época de estiagem. Os sítios JB-20 e JB-22 apresentaram aumento de cerca de 9 e 5 vezes para esta época, respectivamente, com relação às concentrações medianas encontradas para o período do inverno. ARHEIMER & LIDÉN (2000), também encontraram menores níveis de fósforo em bacias hidrográficas da Suécia para as épocas de chuva, pois segundo os autores, o efeito de diluição da concentração é típico para rios que apresentam alta influência de fontes pontuais de poluição. Este mesmo comportamento também é reportado por KAYABALI et al. (1999) e OSBORNE & WILEY (1988).

As estações JB-15 e JB-75 apresentaram um padrão inverso de variação temporal segundo o exposto acima. Na estação JB-15, os valores medianos de fósforo mais altos para o período de inverno se devem, provavelmente, as influências do manuseio do solo para o plantio da cana realizado em área montante, dentro dos limites da usina Bulhões. A utilização de fertilizantes e vinhoto para fertirrigação aliado ao fato desta estação se encontrar em ambiente estagnado (barragem) pode ter propiciado, durante as chuvas, a ocorrência da elevação da concentração do fósforo total na água. Já na estação JB-75, os níveis de fósforo mais altos durante o período de chuvas pode ter sido ocasionado pelo arraste de material circundante presente na área de manguezal próxima a este sítio.

Especialmente os menores valores de fósforo total foram encontrados nas estações JB-10 e JB-15 devido a pouca influência e impactos que estão sujeitos. As maiores medianas foram registradas nas estações localizadas no trecho mais urbanizado e industrializado da bacia, que por sua vez, refletem o maior aporte dos lançamentos orgânicos presente no corpo d'água. Estes despejos orgânicos são provenientes, provavelmente da usina Bulhões, durante a estiagem (safra da cana) e também do esgoto doméstico da área urbana de Jabotão. VEGA et al. (1998) registraram altos níveis de fósforo na água em áreas urbanas e relacionaram este fato as descargas domésticas pois este elemento se encontra na composição de muitos detergentes. FISHER et al. (2000) estudando o comportamento do fósforo total em uma bacia da Georgia (EUA) observaram que este elemento teve sua concentração duplicada entre sítios sem e com influências de despejos domésticos.

Vários fatores contribuem para a perda ou ganho de oxigênio pelas águas dos rios, entre eles: pressão atmosférica, turbulência, temperatura, fotossíntese, respiração dos organismos, oxidação de matéria orgânica, reações inorgânicas e águas de afluentes (MAIER, 1978).

A saturação de oxigênio dissolvido na bacia do rio Jabotão foi, de forma geral, mais elevada, durante os períodos de inverno. Isto se deve, provavelmente a maior turbulência e diluição do material orgânico no rio que ocorre nos períodos de chuva, favorecendo a maior oxigenação da água nesta época.

As estações JB-15 e JB-75 mostraram comportamento inverso, segundo o descrito acima, tendo registrado menores percentuais medianos para o inverno/98. Estes resultados podem estar relacionados ao efeito das chuvas no carreamento de material oxidável para o rio com conseqüente diminuição do oxigênio dissolvido nestes dois locais. A estação JB-15 situa-se na barragem de captação da usina Bulhões, local de água represada, onde quando da ocorrência de chuvas há, além do carreamento de sólidos e deposição de material neste local, o revolvimento do material autóctone, e maior consumo do oxigênio disponível. No

sítio JB-75, localizado no estuário, pode ter ocorrido processo semelhante devido ao carreamento e revolvimento ocasionado também pela influência marinha.

Nas estações JB-20 e JB-22, os percentuais medianos foram mais elevados durante o período de inverno/98 (chuvas), refletindo o processo de diluição e maior turbulência da água ocasionada pela pluviometria e a ausência dos despejos da usina Bulhões durante este período. No período de estiagem, os valores foram baixos devido, como já mencionado, a concentração das cargas orgânicas e aos despejos das águas de lavagem da usina Bulhões. Estes lançamentos, além da matéria orgânica, também provocaram um aumento da temperatura registrada na água, o que diminui ainda mais os níveis de saturação do oxigênio dissolvido. Para FARRIMOND (1980), o aumento de temperatura na água leva a maior rapidez da degradação da matéria orgânica. Segundo KLEIN (1972), quando ocorre despejos de efluentes com alta temperatura em rios já poluídos por matéria orgânica, o oxigênio dissolvido não desaparece apenas devido a diminuição da solubilidade, mas também com o aumento da taxa de utilização pelas reações bioquímicas, as quais são muito mais rápidas com temperaturas mais elevadas. Além da carga lançada, deve-se mencionar o fato que a usina neste período capta considerável volume de água a montante o que provoca uma diminuição da vazão do rio e conseqüente agravamento e queda de sua capacidade de diluição.

Como já citado anteriormente, as águas de lavagem da cana utilizadas pelas usinas representam elevado potencial poluidor. A Tabela 67 apresenta algumas características deste tipo de efluente, que se diferenciam segundo o tipo de sistema empregado nas usinas. O sistema pode ser fechado (com circulação) ou aberto (sem circulação). Na bacia do rio Pirapama (PE) também foram registrados valores nulos de saturação do oxigênio dissolvido em estação de coleta a jusante de uma indústria alcooleira (CPRH, 1999).

Quanto ao problema da poluição de rios da RMR causada pelas usinas de cana-de-açúcar no estado de Pernambuco, BRAGA (1984) registrou um dos maiores impactos causados por este tipo de fonte ocorrido em agosto de 1983. Naquele momento três destilarias despejaram cerca de 1,4 bilhões de litros de vinhoto em rios da RMR, causando grande desastre ecológico e econômico na área. Portanto, apesar da evolução nas normas legais ao longo deste período, este problema ainda persiste.

A estação JB-41 se destacou das demais quanto a saturação de oxigênio, pois não registrou variação temporal em seus valores medianos, sendo que durante todos os períodos (inverno e verões), o percentual de saturação obtido foi 0,00%, indicando um trecho crítico de qualidade com relação a cargas orgânicas originadas da área urbana de Jaboatão dos Guararapes e também de despejos industriais existentes na região. BALLESTER et al. (1999) estudando a distribuição dos gases O_2 e CO_2 na bacia do rio Piracicaba (SP) também

encontraram os menores valores de oxigenação da água em regiões caracterizados por despejos de esgotos domésticos.

Tabela 67. Caracterização físico-química das águas de lavagem da cana em usinas.

<i>Variáveis</i>	<i>Unidade</i>	<i>Sem Circulação</i>	<i>Com Circulação</i>
DBO	mg/L	180-500	3000-8000
DQO	mg/L	220-700	5000-15000
N total	mg/L	1-8	45
P total	mg/L	0,02-0,07	7
pH	-	4-6	4-6
Temperatura	°C	20-40	20-40

Fonte: CETESB (1985) *apud* OMETTO (2000)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) avalia a quantidade de oxigênio dissolvido em mg/L de O₂ que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica (PORTO, 1991).

De forma geral, as medianas de DBO acompanharam inversamente os valores do percentual de saturação do oxigênio dissolvido, sendo que os maiores níveis de DBO foram encontrados para o períodos de verão (97 e 98), indicando a maior concentração de cargas orgânicas nestes períodos com relação ao inverno/98, época de chuvas. Estas cargas são provenientes dos lançamentos de esgotos domésticos e da operação da usina Bulhões durante este período. KAYABALI et al. (1999) estudando o rio Ankara (Turquia) também registraram aumento de DBO após área de despejos de esgotos e concentrações mais elevadas em meses de baixa pluviosidade.

Os valores encontrados para as outras bacia litorâneas de Pernambuco (Tabela 66) foram, de forma geral, menores com relação a bacia do rio Jaboatão tornando-se às estações localizadas próximo a fontes poluidoras (JB-20 a JB-41). Para os sítios JB-10 e JB-15, os valores apresentaram praticamente a mesma magnitude e comportamento temporal semelhante, sendo mais elevados na época de estiagem.

O teste de coliformes fecais indica o potencial de contaminação da água por patogênicos de origem fecal (esgotos domésticos). Esta variável também assume importância como indicadora da possibilidade da existência de microorganismos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (CETESB, 1999).

Em praticamente todas as estações de amostragem e em todos os períodos de estudo foram encontrados valores máximos de coliformes fecais (1600000 NMP/100ml), refletindo a intensa contaminação e degradação de praticamente todo o trecho estudado.

A estação JB-15 apresentou os menores valores medianos, provavelmente devido a não proximidade com área de ocupação urbana a que esta sujeita.

Temporalmente, nas estações JB-15, JB-55 e JB-75 ocorreram os maiores valores medianos para o período de inverno/98 (chuvas). Isto provavelmente está relacionado a maior ocorrência de aporte de esgotos domésticos sem tratamento para o rio durante este período. OLIVEIRA (1993) em um estudo realizado no rio Lavapés, um dos afluentes do reservatório de Barra Bonita, também encontrou maiores os níveis para o período de chuva, mesmo se tratando de coliformes totais, onde houve o registro de um pico de 240000 NMP/100ml.

Especialmente os maiores valores medianos foram encontrados nas estações JB-10, JB-20, JB-22, JB-35 e JB-41 (160000 NMP/100ml), que representam os locais mais urbanizados da bacia. Com relação a estas estações, os sítios JB-55 e JB-75 apresentaram menores valores medianos durante todo o período de estudo. Isto pode estar refletindo a maior distância destes sítios com relação as áreas urbanas, ao aumento da salinidade e diluição das fontes poluidoras. MALLIN et al. (2000), estudando a distribuição de coliformes fecais em bacias costeiras encontraram o mesmo comportamento de diminuição da contaminação fecal em estações afastadas de áreas urbanas e mais próximas ao estuário dos rios estudados. Segundo os autores, os sítios de montante são mais influenciados pelas cargas poluidoras devido à sua proximidade com as áreas urbanizadas, ao passo que as estações estuarinas refletem já um processo de diluição desta carga e a maior salinidade presente. Vários estudos tem demonstrado que os coliformes fecais têm um curto período de sobrevivência em águas com alta salinidade (HANES & FRAGALA, 1967; EVISON, 1988).

Os valores de coliformes fecais registrados para os rios Pirapama, Capibaribe e Ipojuca (Tabela 66) também demonstraram altos níveis de contaminação, sobretudo para o rio Pirapama, onde foi obtido para as duas épocas do ano os valores de 1600000 NMP/100 ml.

Análises Estatísticas

As análises numéricas exploratórias (agrupamento e fatorial) e o teste de *Kuskal-Wallis* permitiram um melhor entendimento das variações encontradas na qualidade da água.

A matriz de correlação obtida entre as variáveis da qualidade da água analisadas indicaram o grau de dependência e, de forma geral, comportamentos esperados para as variáveis medidas.

O conteúdo iônico da água representados pela condutividade, Cl, sólidos totais, alcalinidade, Ca, Mg, Na e K mostraram elevadas correlações positivas entre si, corroborando o fato destes elementos serem os responsáveis pelo grau de riqueza iônica da água.

A saturação de oxigênio dissolvido apresentou alta correlação negativa com a temperatura e DBO devido a diminuição da solubilidade do oxigênio com aumento da

temperatura e ao seu consumo devido a quantidade de matéria orgânica existente no rio. Ressalta-se também correlações negativas desta variável com elementos da composição iônica da água, refletindo também a diminuição da oxigenação da água pela interferência da salinidade.

Os coliformes fecais apresentaram correlação positiva com a DBO indicando a influência dos despejos de esgotos domésticos sobre estas duas variáveis.

O nitrato apresentou correlação positiva com a saturação de oxigênio dissolvido devido, provavelmente, aos processos de oxidação das formas mais reduzidas (amônia e nitrito) que ocasionam uma certa dependência do nitrato para com o oxigênio existente na água. CHAMIXAES (1991) encontrou o mesmo tipo de correlação em rios da bacia do Ribeirão do Lobo (SP).

O fósforo total apresentou alta correlação positiva com a DBO, condutividade, turbidez e correlação negativa com a saturação de oxigênio, que pode estar refletindo a interferência dos despejos de esgotos como principal fator da dinâmica desta variável.

As análises exploratórias de agrupamento e fatorial realizadas revelaram, praticamente, o mesmo padrão de distribuição das estações e formação de grupos segundo a qualidade da água encontrada. Desta forma, os grupos formados na análise de agrupamento e as cargas fatoriais obtidas na análise fatorial serão analisadas em conjunto.

A distribuição das estações obtida para o período de verão/97 indicou que o primeiro grupo formado (JB-10 e JB-15) ainda mantém estações com uma qualidade de água ligeiramente superior, sobretudo em variáveis relacionadas ao oxigênio dissolvido, contaminação fecal e quantidade de íons. Já o segundo grupo (JB-20, JB-22, JB-41 e JB-55) se mostrou influenciado pelos baixos níveis de saturação de oxigênio, alta DBO, coliformes fecais e fósforo, caracterizando um trecho crítico de impactos pontuais e difusos. A estação JB-35 se isolou dos demais grupos devido aos altos valores medianos das variáveis relacionadas ao conteúdo iônico da água (condutividade, cloreto, alcalinidade e os íons analisados), evidenciando a influência do distrito industrial de Jaboatão dos Guararapes localizado a montante. O sítio JB-75, localizado no estuário, foi o que se mostrou mais isolado entre todos os outros, refletindo a forte influência das águas marinhas com os valores mais elevados de condutividade, cloreto e dos íons medidos.

Para o período de inverno/98, as estações JB-20 e JB-22 agruparam devido a uma ligeira melhora nos níveis de saturação de oxigênio, DBO e diminuição de fósforo. Isto indicou a ocorrência dos processos de reaeração e diluição ocasionada pelas chuvas do período, além do não funcionamento da usina Bulhões, que permanece fora de operação nesta época. As estações JB-41 e JB-55 se destacaram pela baixa qualidade da água mantida, sendo que os maiores níveis de coliformes fecais, nitrato e fósforo foram

preponderantes para a diferenciação da estação JB-41. Esta separação com relação a JB-55 reflete a proximidade maior deste sítio à área urbana de Jaboatão dos Guararapes.

Neste mesmo período, o isolamento da estação JB-35, foi devido aos fatores do conteúdo iônico aliado a um aumento nos níveis de contaminação fecal. Da mesma forma, o sítio JB-75 refletiu a interferência da maré nos altos valores medianos das variáveis relacionadas a composição iônica da água.

Durante o período de verão/98, houve a homogeneização das estações que se mostravam separadas nos períodos anteriores formado um único grupo. O grupo foi formado pelos sítios JB-10, JB-15, JB-20, JB-22, JB-41 e JB-55. Esta homogeneização refletiu uma queda na qualidade da água em praticamente todas as variáveis medidas, sobretudo com relação aos níveis de oxigênio, DBO, nitrato e fósforo. Além da manutenção dos níveis de contaminação fecal. As estações JB-35 e JB-75 se mostraram uma vez mais isoladas, mantendo a tendência das influências antrópicas, para a primeira, e do estuário para a segunda.

Portanto a análise de agrupamento e a análise fatorial de componentes principais apresentaram uma significativa classificação das variáveis hidroquímicas baseadas tanto no aspecto espacial como sazonal. Ambas as técnicas multivariadas permitiram uma ordenação similar dos sítios de amostragem.

Para checar os efeitos de diferentes fontes de variação atuantes sobre a qualidade da água, foi aplicado o teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis*. Segundo HELSEL (1987) e CHAPMAN, D. (1992) os testes não paramétricos apresentam muitas vantagens com relação aos paramétricos, entre estas: a) não requerem que os dados sejam normalmente distribuídos; b) seus resultados não são influenciados por valores extremos e valores ausentes; c) permite a utilização de resultados reportados abaixo do limite de detecção (< ou >), comum em programas de monitoramento de qualidade da água.

Os resultados do teste de *Kruskal-Wallis* (teste H) evidenciaram maiores diferenças entre as estações de coleta que os períodos de estudo.

Na análise de *Kruskal-Wallis*, praticamente todas as variáveis de qualidade da água mostraram diferenciação quando foi fixado o fator sítios de amostragem, a exceção foram a temperatura e o nitrato. A temperatura não diferenciou as estações, provavelmente devido a proximidade espacial, não sendo caracterizadas estações de nascentes com matas de galeria e proteção da luz solar. Quanto ao nitrato, MITCHELL et al. (2000) aplicando o teste de *Kruskal-Wallis*, também não registraram diferenças entre as estações de coleta para esta variável. Para os autores isto sugere que toda a bacia de drenagem contribui igualmente para a carga existente de nitrato.

Fixando como fonte de variação os períodos de estudo houve maior número de variáveis de diferenciação entre os períodos inv/98-ver/98 que ver/97-inv/98. Estes resultados podem estar relacionados ao comportamento climático registrado para os períodos em questão.

O inverno/98 pode ser considerado um inverno atípico com menor precipitação com relação aos dados da média histórica. Este fato pode ter contribuído para o menor número de variáveis diferenciadas entre este período e o verão/97. Desta forma, o efeito diluidor ou de carreamento, dependendo da variável, não foi suficiente para causar diferenças significativas estatisticamente entre estes períodos. Além disto merece destaque na análise entre o inverno-98/verão-98, o fato do teste não apresentar a saturação de oxigênio e coliformes fecais com diferenças significativas entre estes períodos. Isto indicou que nos dois períodos sazonais, estas variáveis permaneceram em uma condição crítica quanto a seus valores para a qualidade da água, ou seja, não houve melhoria significativa para estas duas variáveis com as alterações sazonais.

Em conclusão, as coletas realizadas durante o período 1997-99, distribuídas entre os períodos de inverno e verão, mostraram um cenário de degradação ambiental para diversas variáveis da qualidade da água analisados. Nas estações que representam as áreas mais urbanizadas da bacia, JB-10, JB-20, JB-22, JB-35 e JB-41, foram encontrados as piores condições de qualidade, que refletem não somente as fontes pontuais mas também difusas representadas pelo escoamento superficial que carregam todo tipo de poluentes aos corpos d'água.

Qualidade da Água - Dados Históricos (1986-1996)

Os dados históricos do monitoramento da CPRH foram resgatados para o período compreendido entre 1986-1996. As falhas existentes na amostragem durante este período prejudicaram uma análise mais detalhada dos dados, entretanto, permitiram o reconhecimento de tendências gerais para algumas variáveis da qualidade da água.

Os dados históricos revelaram, de forma geral, variações temporais semelhantes ao registrado no período 1997-1999 para as dez variáveis analisadas.

As variações espaciais também indicaram correlação com os dados medidos mais recentemente. Destaca-se entre estas medidas, a já presente influência das águas de lavagem da usina Bulhões durante estes anos, a qual foi detectada através dos altos valores medianos de temperatura e baixo pH para os períodos de verão, obtidos na estação JB-20.

Foram feitas análises gráficas de tendências para as variáveis saturação de oxigênio e coliformes fecais, no sentido de estabelecer uma relação entre a tendência observada na qualidade da água do rio e a atividade humana desenvolvida na bacia de drenagem.

A tendência de diminuição da saturação do oxigênio para os sítios JB-20 e JB-35 reflete as observações já constatadas nos dados atuais e indica a degradação que o trecho do rio sofre ao longo destes anos. CUN & VILAGINES (1997) analisaram uma série histórica de noventa anos existente para o rio Seine, próximo a Paris, e também encontraram uma tendência de queda nos valores de oxigênio dissolvido, que foi relacionada a evolução sócio-econômica ocorrida na bacia, representada pelo aumento da urbanização e atividades industriais.

Houve um aumento gradativo dos níveis de coliformes fecais em praticamente todas as estações de coleta ao longo dos anos de estudo. Considerando os períodos de inverno/86 e inverno/96, o aumento nos níveis de coliformes fecais foi da ordem de 26.346% para a estação JB-10, 79.900% para a estação JB-15, 27.677% para o sítio JB-20 e 7.900% para a estação JB-35.

Esta tendência pode estar relacionada ao crescimento da população e a ocupação desordenada cada vez mais freqüente na área, tendo como conseqüência, a deposição de esgotos nas águas de todo trecho estudado.

Resultados inversos a esta tendência foram encontrados por SMITH et al. (1987), que realizaram uma análise de dados históricos de qualidade da água em rios dos EUA durante o período 1974-81 e detectaram tendências de diminuição nos níveis de coliformes fecais na água, que foram relacionados a um melhor tratamento de esgotos domésticos.

A matriz de correlação entre as variáveis da qualidade da água provenientes dos dados históricos mostraram semelhança com a matriz obtida para os resultados das coletas recentes (1997-99).

As variáveis relacionadas à composição iônica, representadas pela condutividade, cloreto e sólidos totais, mostraram significativas correlações como esperado. Da mesma forma, a saturação de oxigênio demonstrou correlações inversas com a temperatura, DBO, coliformes fecais, fósforo total e as variáveis da composição iônica, o que revelou a influência negativa que estas elementos têm sobre a solubilidade do oxigênio na água e os impactos de despejos antrópicos ao longo do trecho estudado.

As análises estatísticas de agrupamento e fatorial realizadas com os dados históricos do período 1986-96 foram divididas nos períodos de inverno e verão.

Para os períodos de inverno houve a formação de três grupos com as estações de coleta. O primeiro formado pelos sítios JB-5 e JB-10, o segundo pelas estações JB-15, JB-20, JB-35 e JB-22 e o terceiro pelas estações JB-41 e JB-55. A estação JB-75 se isolou das demais.

As estações do primeiro grupo refletiram, para os períodos de inverno, a pouca influência das atividades humanas, pois estão localizadas a montante dos principais

impactos. Após estes sítios, destaca-se um gradiente de degradação refletido nas estações seguintes com aumento da condutividade, sólidos totais e nitrato para os sítios JB-15, JB-20, JB-22 e diminuição da saturação do oxigênio, aumento de DBO, coliformes fecais, fósforo e sólidos totais para as estações JB-41 e JB-55. Estes últimos apresentam alta correlação com o fator 1 da análise fatorial evidenciando os valores elevados de pH, DBO, coliformes fecais, fósforo total, sólidos totais e baixos de saturação do oxigênio dissolvido. Da mesma forma e por último, a estação JB-75 apresentou-se isolada e fortemente correlacionada com o fator 2 devido as influências das águas marinhas com altos valores medianos de condutividade e cloreto.

Durante as épocas de verão houve, de forma geral, uma queda na qualidade da água do trecho estudado devido a maior concentração de cargas poluidoras. Este comportamento pode ser constatado nas análises exploratórias realizadas onde a homogeneização do grupo formado pelos sítios JB-20 a JB-55 refletiu os valores elevados de DBO, cloreto, fósforo e baixos níveis de oxigenação da água. A estação JB-10 se mostrou isolada devido a um alto valor mediano de coliformes fecais registrado para o período considerado. Da mesma forma a estação JB-75 mostrou-se fortemente influenciada pelos altos níveis de condutividade, cloreto e sólidos totais devido a influência das águas estuarinas.

No teste de *Kruskal-Wallis* todas as variáveis mostraram diferenciação entre os sítios de amostragem. Já para os períodos sazonais, o pH, coliformes fecais e sólidos totais, não evidenciaram diferenciação significativa. Com relação aos dados recentes (97-99) verificou-se uma melhor qualidade da água para a saturação do oxigênio dissolvido que diferenciou para as duas épocas em questão, refletindo a diluição do período chuvoso. Entretanto, a tendência da contaminação fecal durante os anos analisados parece ter sido responsável por sua não diferenciação entre os períodos sazonais.

Sedimento

O sedimento pode ser considerado como o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático, além de ser, devido à sua capacidade de acumulação de compostos, um dos mais importantes compartimentos na avaliação do nível de contaminação ambiental (ESTEVEZ, 1988).

Geralmente a concentração de elementos provenientes de despejos pontuais ou difusos são maiores no sedimento que na coluna d'água, o que reforça a importância e necessidade de se adicionar a avaliação deste compartimento em programas de monitoramento da qualidade da água. Para LITERATHY et al. (1987), uma alta proporção de poluentes tóxicos em ambientes aquáticos é associada com o material particulado, que após deposição, se acumulam nos sedimentos de fundo. Devido este processo, os sedimentos

representam uma fonte potencial secundária de poluição e sua análise tem se tornado cada vez mais importante no monitoramento ambiental.

Sob o ponto de vista de toxicidade e abundância no meio ambiente, segundo FOSTNER & WITTMANN (1981), os metais podem ser classificados em três categorias: a) não críticos como Na, K, Ca, Mg, Fe e Al; b) tóxicos mas muito raros como W, Zr, Ba e Ti e c) muito tóxicos e relativamente disponíveis como Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg e Pb.

Na bacia do rio Jaboaão foram feitas análises da presença metais no sedimento em quatro sítios de amostragem JB-15, JB-20, JB-55 e JB-75 durante o período 1997-99.

Para estas análises foi utilizado o método de digestão com ataque ácido forte, no caso, água-régia (HCl+HNO₃ 3:1). Este tipo de digestão é normalmente utilizado para a obtenção da fração potencialmente móvel dos metais, ou seja, a digestão ácida extrai a maior parte dos metais considerados biologicamente disponíveis (HERSHELMEN et al., 1981 *apud* DORNELLES, 1998).

Dentro deste contexto tomou-se o cuidado, neste estudo, de comparar os resultados com trabalhos onde o método de extração também foi o ataque ácido forte, visando, desta forma, eliminar distorções. Além disto, para a comparação dos resultados, o ideal, segundo ZAMBONI (2000), é contar com níveis de referência locais, obtidos a partir de medidas no próprio ambiente (*background*). Entretanto, quando há ausência de estudos deste tipo, geralmente compara-se os níveis obtidos de metais pesados com referências mundiais ou outros ambientes próximos. Desta forma foi adotado inicialmente os critérios de aceitabilidade indicados por THOMAS (1987), os quais são fornecidos pela EPA-USA (Environmental Protection Agency), mostrados na Tabela 68.

Na bacia do rio Jaboaão a variação temporal dos metais no sedimento não registrou nenhum padrão nítido de comportamento para os elementos Fe, Mn, Pb e Zn. Houve uma ligeira tendência de maiores concentrações de Cu e Cr no final da época de estiagem (fev/98) e os maiores níveis de Cd e Ni para o final do período chuvoso (set/97 e set/98).

As maiores concentrações de Cu e Cr durante o final da estação seca podem estar relacionados a substituição do material provocado pelas chuvas, o que poderia ocasionar uma diminuição destes metais no sedimento. Já para o Cd e Ni, os níveis mais elevados no final da época chuvosa podem ter origem no arraste de material adjacente existentes nas margens.

Os metais apresentaram significativas variações entre as estações de coleta que indicam condições geomorfológicas e graus de impactos a que estão sujeitas.

As maiores concentrações de Fe, Mn, Cu e Cr foram registradas no sítio JB-15. Isto se deve provavelmente às características locais, pois o sedimento foi coletado no lago formado para a captação superficial de água da usina Bulhões. Neste local o processo de

sedimentação do material de montante é facilitado pelo barramento do rio, o que não ocorre nos outros sítio amostrados. No caso do Cr, o uso de fertilizantes na cultura de cana, também pode ter influenciado estes níveis. ZAMBONI (2000) encontrou níveis elevados de Cr em sedimentos localizados próximos a indústrias deste tipo.

O Cd mostrou um gradiente espacial marcante a partir da estação JB-15 que pode estar relacionado a influência das áreas mais urbanizadas e industrializadas de jusante, sobretudo as estações JB-55 e JB-75 que refletem o distrito industrial de Jaboatão dos Guararapes e grande número de indústrias na porção final de seu curso localizadas na BR-101, respectivamente.

O Pb apresentou as maiores concentrações para estação JB-55 que pode estar relacionado com sua localização, pois este sítio situa-se a jusante da zona urbana de Jaboatão dos Guararapes e também muito próximo ao lixão da Muribeca. Para ZAMBONI (2000) o chumbo pode estar presente, entre outros efluentes, em muitos resíduos urbanos como o lixo e também na forma particulada existente na poeira.

A distribuição espacial registrada para o Ni provavelmente também está relacionada a área urbana e industrial de Jaboatão e ao lixão da Muribeca, sobretudo com relação aos valores encontrados para o sítio JB-55.

De forma geral o Zn apresentou valores mais elevados para a estação JB-15 que refletiram, a exemplo do Fe, Mn, Cu e Cr, o processo de sedimentação de material no lago da barragem de derivação da usina Bulhões.

Comparando-se os valores médios obtidos neste estudo com os critérios adotados por THOMAS (1987), Tabela 68, pode-se verificar que a maior parte dos metais se encontra abaixo do nível "não poluído". A estação JB-15 foi a que apresentou as maiores exceções para os elementos Mn, Cu, Zn e Cr, que, segundo os níveis obtidos, corresponderiam a ambientes "moderadamente poluídos".

Tabela 68. Limites da concentração de metais em sedimentos segundo limites utilizados pela EPA (THOMAS, 1987).

<i>Metais</i>	<i>Não Poluídos</i>	<i>Moderadamente Poluídos</i>	<i>Altamente Poluídos</i>
Cádmio	-	-	> 6,0
Cobre	< 25,0	26,0-50,0	> 50,0
Cromo	< 25,0	25,0-75,0	> 75,0
Níquel	< 20,0	20,0-50,0	> 50,0
Chumbo	< 90,0	90,0-200,0	> 200,0
Zinco	< 90,0	90,0-200,0	> 200,0
Fe	< 17000,0	17000,0-25000,0	> 25000,0
Mn	< 300,0	300,0-500,0	> 500,0

Os fatores de enriquecimento foram calculados com base nos níveis de referência propostos por BOWEN (1966) *apud* HAKANSON (1980). Este fator de enriquecimento apresenta o seguinte gradiente de classificação para os metais:

- $F_i < 1$: Contaminação baixa;
- $1 \leq F_i < 3$: Contaminação moderada;
- $3 \leq F_i < 6$: Contaminação considerável;
- $F_i > 6$: Contaminação muito alta.

Os resultados indicaram o Cd com altos níveis de contaminação para as estações estudadas durante todo o período de estudo, refletindo o gradiente espacial montante-jusante, onde na estação JB-75 foi obtido o maior fator (12,67). Da mesma forma, o Pb, foi o elemento que apresentou fatores de contaminação acima de 1 em praticamente todas as estações e em todas as coletas realizadas. Estes dois metais refletiram os impactos antrópicos da bacia já mencionados anteriormente.

A Tabela 69 mostra alguns estudos realizados no Brasil objetivando comparações com os resultados obtidos neste trabalho. Dentre estes, merece destaque o estudo de BRAYNER (1998) que realizou um levantamento nos estuários dos rios Capibaribe (PE) e Pina (PE), locais muito próximos a bacia do rio Jaboatão e também localizados na RMR.

Com relação aos estudos de BRAYNER (1998) e PERIN et al. (1997), os resultados comparativos presentes na Tabela 69, indicam que a bacia do rio Jaboatão apresentam valores mais baixos dos metais em questão. Comparando-se com o estudo de MACHADO (2000) realizado na planície costeira do Rio Grande do Sul, a maior parte dos metais analisados apresentam valores mais altos, sobretudo para o Cd e Pb.

Tabela 69. Comparação entre a concentração média de metais em sedimentos ($\mu\text{g/g}$) para alguns locais do Brasil.

Locais	Metais ($\mu\text{g/g}$)							Autores
	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>	<i>Cr</i>	
Rio Tramandaí (RS) - Planície Costeira		20,56	0,09	13,62		47,19	23,65	MACHADO (2000)
Baía Guanabara (RJ)	466,8	79,5		122,9	34,2	237,5	81,5	PERIN et al. (1997)
Estuário rio Capibaribe (PE)	360,3			104,4		108,8	88,4	BRAYNER (1998)
Estuário rio Pina (PE)	177,8			40,9		111,8	18,2	BRAYNER (1998)
Rio Jaboatão (PE)								Presente Estudo
JB-15	215,8	25,8	0,2	23,5	3,9	72,2	16,6	"
JB-20	58,9	22,3	0,2	8,2	3,1	27,6	9,1	"
JB-55	47,8	12,5	0,4	30,1	5,4	30,8	7,9	"
JB-75	41,5	15,1	0,5	16,0	3,5	70,2	8,5	"

Segundo HAKANSON (1980) a escolha dos níveis de referência, visando comparações dos resultados, poder ser tratada basicamente por duas abordagens: a) utilização de níveis geológicos mundiais e b) estabelecimento de níveis pré-industriais na própria região. Quando não existem níveis locais, é recomendável o emprego da primeira abordagem, pois as variações locais podem ser significativas devido principalmente as atividades humanas já desenvolvidas.

Dentro do contexto exposto acima, o trabalho de BRAYNER (1998) realizado no estuário do rio Capibaribe (PE) não pode ser utilizado como *background* local, pois os níveis de urbanização e industrialização existentes nesta área prejudicam esta análise. Desta forma, mesmo não contando com estes níveis locais, a comparação com os valores de BOWEN (1966) *apud* HAKANSON (1980), permitem afirmar que os dois principais metais de contaminação da bacia são do Cd e Pb.

6.3 SUBSÍDIOS AO ESTABELECIMENTO DE METAS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Aclassificação e o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo usos preponderantes é um dos instrumentos de gestão mais direcionados a permitir na prática a conciliação entre a gestão ambiental e a gestão dos recursos hídricos. Segundo SEAGER et al. (1993), este instrumento fornece a base para a proteção da qualidade da água e permite a seleção de medidas corretivas onde são necessárias.

As desconformidades verificadas na bacia do rio Jaboatão entre as medidas registradas nos períodos de inverno/98 e verão/98 e o Decreto Estadual nº 11.358/86 indicaram oxigênio dissolvido e coliformes fecais como as variáveis mais críticas para o enquadramento da bacia. Da mesma forma, a comparação entre as medidas realizadas e os limites das classes preconizadas na resolução CONAMA 20/86 revelaram como variáveis críticas em todos os sítios, o oxigênio dissolvido, coliformes fecais e fósforo total. Estas variáveis apresentaram valores medianos correspondentes aos limites classes 3 e 4. Estes resultados refletem os despejos pontuais e difusos que o trecho estudado está sujeito.

GAMA et al. (1998) realizaram uma checagem semelhante da situação da qualidade da água na bacia do rio Pirapama (PE), que tem limites divisores com a bacia do rio Jaboatão, e também encontraram dentre as variáveis mais críticas, os coliformes fecais e oxigênio dissolvido, sendo o nitrato a única variável mantida dentro dos limites das classes estabelecidas. PEREIRA & LANNA (1998) estudando uma proposta de enquadramento para a bacia do rio dos Sinos (RS) através de modelagem matemática verificaram, como variáveis críticas, da mesma forma, os coliformes fecais e o fósforo total.

Foi proposto uma divisão da bacia em áreas com grupos de cursos d'água (Figura 60). Esta abordagem visou fornecer um ponto de partida para as discussões necessárias

entre todos os atores envolvidos na elaboração de alternativas de enquadramento segundo a classificação da resolução CONAMA 20/86. A abordagem dividiu espacialmente a bacia em quatro principais grupos: Mananciais, Estuário, Urbana, Industrial/Urbana.

É importante salientar que os grupos de usos propostos, bem como as sugestões das classes a serem estabelecidas em cada um deles são indicativos gerais básicos para dar suporte a estudos mais detalhados a serem realizados. Estes estudos requerem a participação de equipe multidisciplinar e o acompanhamento e discussão ampla com a comunidade da bacia em questão.

Com relação ao mencionado acima, POLYCANSKY (1998) coloca que o conhecimento técnico-científico em problemas relacionados aos recursos hídricos é apenas um componente da solução, embora essencial. Isto deve ser levado em conta principalmente porque as decisões para proteção, recuperação, tratamento de efluentes, etc, são, antes de tudo, decisões políticas que envolvem não apenas a ciência mas também fatores econômicos, sociais, etc. Desta forma, é recomendável que os tomadores de decisão ponderem estes fatores para o efetiva melhoria e resolução dos problemas existentes nas bacias hidrográficas.

Neste contexto o enquadramento dos corpos hídricos em bacias hidrográficas não deve ser pautado somente por estudos técnicos deixando alheia a participação da população da bacia em questão.

Segundo LANNA (2000), os estudos de enquadramento não devem possuir natureza excessivamente tecnicista, pois o perigo é que os recursos e esforços possam acabar sendo dirigidos a levantamento de informações, estudos e não ao que, estrategicamente, seria mais relevante: usar o enquadramento para estimular a sociedade a se informar e a se mobilizar, tornando o comitê de bacia o que se almeja.

GOLDENSTEIN (2000), também discutindo este assunto, reporta que é inútil pretender manipular tamanha quantidade de informação para a tomada de decisão: elas não estão disponíveis e, com freqüência, os dados disponíveis não tem a consistência necessária a tanta sofisticação metodológica. É preciso aprender com as dificuldades apresentadas pela resolução CONAMA 20/86: "A sua aplicação exigia a avaliação de cerca de 70 parâmetros, sendo que, no nosso cotidiano, não avaliamos mais do que meia dúzia. É inútil formatar modelagens complexas e alimenta-las com informações que não tem séries históricas, que não terão seqüência de monitoramento e que, freqüentemente, simplesmente não são suficientemente consistentes" (GOLDENSTEIN, op. cit.)

Dentro deste contexto, o presente trabalho reflete este tipo de pensamento indicando a necessidade da realização diagnósticos em bacias hidrográficas que efetivamente subsidiem as discussões com os vários atores envolvidos. Estes estudos podem ser

simplificados com complementações e detalhamento posteriores, sendo o mais importante deflagrar o início do processo de discussão.

Um exemplo onde houve a predominância da participação da sociedade em detrimento de uma visão tecnicista pode ser encontrado em HAASE et al. (1998). Neste trabalho, os autores indicam a necessidade de um relatório técnico para subsidiar as reuniões e debates com a sociedade existente nas bacias do Rio Grande do Sul. A experiência de enquadramento no estado mostrou que pode ser feito algo competente sem que estudos tão abrangentes sejam necessários, onde foi privilegiada a participação da sociedade informada por um relatório técnico sucinto.

No Brasil, historicamente, como coloca MACIEL JR (2000), ocorre uma separação institucional entre dois grupos distintos de órgãos públicos responsáveis pela gestão ambiental. Na maior parte dos estados brasileiros existem órgãos que realizam a gestão ambiental de forma geral, tendo como base principalmente a Lei 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) e um outro conjunto de instituições que realiza a gestão dos recursos hídricos segundo o modelo da Lei 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos).

Segundo a descrição acima, a qualidade da água é gerida pelo primeiro grupo, sendo os aspectos relacionados a quantidade gerida pelo segundo. Mesmo sabendo que a vazão afeta a qualidade das águas, assim como a qualidade afeta a disponibilidade para os diversos usos, esta separação dificulta sobremaneira a gestão desse recurso natural. Além de pulverizar os escassos recursos humanos e financeiros existentes, induz à falta de diretrizes operacionais e articulação de ações que propiciem benefícios concretos.

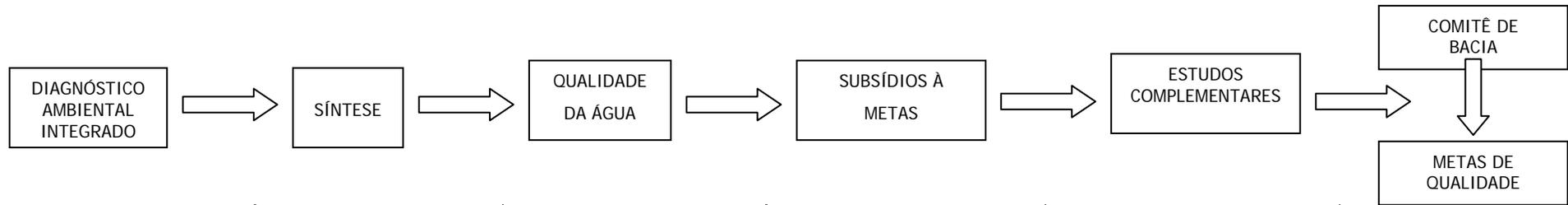
Neste sentido, segundo a denominação de BARTH (2000), a integração entre os chamados "verdes" (órgãos de gestão ambiental) e "azuis" (órgãos gestores de recursos hídricos), se faz necessária para a efetiva implementação do processo de enquadramento dos corpos hídricos.

Dentro deste contexto, no estado de Pernambuco, a CPRH é o órgão responsável pela gestão ambiental e a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) tem como função primordial a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual nº 11.426/97). Na bacia do rio Jaboatão foi implantado recentemente (março/2001) o comitê da bacia hidrográfica.

A abordagem utilizada neste estudo pode ser utilizada como subsídio ao início de um processo de discussão entre o comitê de bacia e os órgãos gestores estaduais tendo como objetivo final o estabelecimento de diretrizes e ações voltadas para a proteção e recuperação da bacia em questão. Além disto, reforçar a necessidade de integração institucional entre os órgãos gestores públicos.

A Figura 62 apresenta um roteiro conceitual que foi desenvolvido segundo as etapas realizados neste trabalho. Parte dos estudos requerem complementações, entretanto este quadro pode servir como resumo de sintético e de orientação para futuros estudos nesta linha.

Figura 62. Modelo conceitual aplicado na bacia do rio Jaboatão visando subsidiar propostas ao estabelecimento de metas de qualidade da água segundo as classes da resolução CONAMA 20/86.



R E S U M O D A S A T I V I D A D E S			E T A P A S F U T U R A S		
<p>1. Meio Físico Geografia Hidrografia Climatologia Geologia Pedologia</p> <p>2. Sócio- Economia Municípios Uso/Ocupação Solo População Infra-estrutura Saúde/Educação</p> <p>3. Aspectos Legais Áreas Protegidas Classificação Águas</p> <p>4. Uso Recursos Hídricos Disponibilidades/Consumos Captações superficiais (atuais/previstas) Poços</p> <p>5. Fontes Poluidoras Principais indústrias Cargas domésticas/industriais Resíduos Sólidos</p> <p>Levantamento de Campo (GPS) Digitalização: Cartas temáticas (maxiCAD; autoCAD; IDIRISI) Informação tabular Levantamento dados primários/secundários Hierarquização de cargas industriais (ABC)</p>	<p>1. Análise interpretativa</p> <p>2. Principais impactos na bacia</p> <p>3. Identificação de conflitos</p>	<p>1. Dados históricos Sistematização dos dados (1986-96)</p> <p>2. Dados recentes Coletas água: 1997-99 Frequência: mensal Variáveis: temperatura, turbidez, pH, condutividade, alcalinidade total, cloreto, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, nitrato, fósforo total, sólidos totais, Ca, Mg, Na, K, Fe</p> <p>3. Análise do sedimento Metais: Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn</p> <p>4. Análises Estatísticas Matriz de Correlação, Cluster Analysis, Análise Fatorial, Kruskal-Wallis</p> <p>5. Desconformidade legislação estadual; Comparação CONAMA 20/86 Valores Medianos de inverno/verão</p>	<p>Grupos de Corpos Hídricos Delimitação de áreas na bacia segundo usos da água e indicações de restrições e metas de qualidade preliminares Grupos: G1-Mananciais G2-Estuarina G3-Urbano G-4Urbano/Industrial</p>	<p>Estudos Complementares Indicações de estudos a serem feitos na bacia - Regionalização de vazões - Modelagem matemática qualidade da água - Modelagem matemática do estuário - Outros</p>	<p>1. Discussão com atores envolvidos no âmbito do comitê da bacia</p> <p>2. Estabelecimento normativo das metas de qualidade da água</p> <p>3. Captação de recursos para a implementação das metas de qualidade no âmbito de um Plano de Bacia</p>

7. CONCLUSÕES

1. A degradação ambiental e as precárias condições de vida da população dos municípios da bacia foram refletidas nos níveis encontrados dos principais indicadores sociais analisados: mortalidade infantil, rendimento das famílias, analfabetismo e esgotamento sanitário.
2. Quanto aos usos da água, a captação da usina Bulhões durante o período de estiagem e o alto percentual médio de perdas na distribuição do abastecimento urbano foram os principais problemas detectados.
3. A ocupação do solo existente em áreas legalmente protegidas na bacia indicou sérios conflitos e inadequações para os três normativos analisados: área de proteção de mananciais, área de proteção estuarina e reservas ecológicas.
4. A comparação entre as cargas pontuais de poluição doméstica e industrial revelou que a carga doméstica predomina sobre a industrial tanto para o período de safra da cana como para entre-safra (79,14% e 83,40% da carga total, respectivamente).
5. A hierarquização das fontes poluidoras de origem industrial da bacia indicou a usina Bulhões como a indústria com maior carga potencial (69,98% da carga total) e Cia. Portela com a maior carga remanescente (67,15% da carga total). Estas duas indústrias são responsáveis por cerca de 90,00% da carga industrial total lançada na bacia.
6. A análise temporal da qualidade da água durante o período 1997-99 revelou que em épocas de estiagem foram encontradas os maiores valores para as variáveis condutividade, alcalinidade, cloreto, íons, turbidez, sólidos totais, fósforo total e DBO, sendo reflexo da concentração e ausência do efeito diluidor ocasionado pelas chuvas.
7. O gradiente espacial registrado para as variáveis condutividade, alcalinidade, Cl e íons refletiu a progressiva influência das áreas urbanas e impactos antrópicos pontuais e difusos.
8. A contaminação sanitária ocasionada pelas áreas urbanas foi identificada em praticamente todo o trecho de estudo através dos elevados níveis de coliformes fecais registrados nas estações de coleta.

9. A estação JB-20 apresentou elevados níveis de temperatura, DBO, K, fósforo total, nitrato, e baixa saturação de oxigênio dissolvido na época de estiagem (verão) devido as influências do lançamento das águas de lavagem da usina Bulhões.

10. O sítio JB-35 apresentou altos níveis de alcalinidade, condutividade, pH, cloreto, sólidos totais e Na, devido ao distrito industrial de Jaboatão dos Guararapes existente a montante.

11. As águas marinhas tiveram forte influência sobre a estação JB-75 quanto às variáveis de conteúdo iônico: condutividade, Ca, Mg, Na, K, sólidos totais e cloreto.

12. As análises estatísticas de agrupamento e fatorial permitiram a reunião dos sítios de coleta em grupos característicos segundo as influências antrópicas. De forma geral as estações JB-35 e JB-75 não se agruparam com as demais devido a altos níveis de riqueza iônica da água, sendo reflexo dos impactos antrópicos e influências das águas marinhas, respectivamente. As estações JB-10 e JB-15 se agruparam devido a condições ligeiramente melhores de qualidade da água, sobretudo para as variáveis saturação de oxigênio, coliformes fecais e riqueza iônica. Os sítios restantes (JB-20, JB-22, JB-41 e JB-55) se agruparam devido as influências das fontes pontuais e difusas existentes neste trecho provenientes das áreas urbanas e indústrias do municípios da bacia.

13. Os dados históricos do monitoramento indicaram uma tendência de degradação na qualidade da água para as variáveis saturação de oxigênio dissolvido e coliformes fecais.

14. Os sedimentos analisados na bacia indicaram a níveis de contaminação ambiental para os metais Cd e Pb.

15. A comparação entre a situação atual da qualidade da água com a classificação preconizada no Decreto Estadual vigente revelou que todas as estações de amostragem apresentam desconformidades. Da mesma forma, com relação a resolução CONAMA 20/86, os sítios apresentaram valores correspondentes aos limites das classes 3 e 4. As variáveis críticas para o enquadramento da bacia foram o oxigênio dissolvido, coliformes fecais e fósforo total.

16. O agrupamento dos corpos hídricos propostos na bacia mostrou-se uma ferramenta importante para dar início à discussão do enquadramento dos corpos d'água da bacia segundo a resolução CONAMA 20/86.

8. RECOMENDAÇÕES

As sugestões e recomendações estão representadas na tabela 70, onde foram selecionados os principais estudos complementares e programas de gerenciamento da bacia. Estas recomendações na verdade são integradas e visam dar suporte para a gestão ambiental da bacia como um todo. As sugestões para o programa de monitoramento da qualidade da água são apresentadas a parte.

Tabela 70. Principais elementos que visam subsidiar um projeto de gerenciamento para a bacia do rio Jaboatão.

<i>Elementos</i>	<i>Descrição</i>
1. Estudos Especiais	<p>1.1 Estudo da qualidade da água enfocando sub-bacias correlacionado aos dados fisiográficos de cada uma delas;</p> <p>1.2 Estabelecimento de sítios de amostragem nas regiões dos grupos delimitados neste estudo (G1 a G4) para complementar a proposta desenvolvida;</p> <p>1.3 Avaliação da disponibilidade hídrica e regionalização de vazões através da transposição de dados de bacias vizinhas;</p> <p>1.4 Caracterização limnológica e posterior monitoramento da represa Duas Unas com ênfase em: dinâmica de nutrientes/eutrofização, algas tóxicas e pesticidas;</p> <p>1.5 Caracterização comunidade bentônica em trechos específicos e avaliação dos efeitos dos poluentes aos corpos hídricos através de testes de toxicidade;</p> <p>1.6 Estudo específico da qualidade da água na região estuarina para determinação da distância da influência da maré e hidrodinâmica existente;</p> <p>1.7 Estudos e aplicação de modelo matemático da qualidade da água (QUAL2E, p. ex.) para trechos específicos visando simulação tendo como base a resolução CONAMA 20/86;</p> <p>1.8 Atualização através de sensoriamento remoto e levantamento de campo da situação das áreas protegidas da bacia: área de proteção dos mananciais, reservas ecológicas, área estuarina;</p> <p>1.9 Estudo da qualidade da água subterrânea e caracterização dos aquíferos existentes na bacia.</p> <p>1.10 Estudo da contaminação ambiental de metais pesados, nitrogênio e fósforo nos sedimentos da área de mangue, represa de Duas Unas e no curso principal nas estações JB-05, JB-20 e JB-55;</p> <p>1.11 Realização de estudos de simulação de cobrança pelo uso dos recursos hídricos (previsto na lei estadual 11.426/97) visando subsidiar as discussões sobre a adoção ou não deste instrumento.</p>

Tabela 70. Continuação....

<i>Elementos</i>	<i>Descrição</i>
2. Fortalecimento Institucional	<p>2.1 Fortalecimento do Comitê da Bacia do rio Jaboaão através de capacitação, cursos de treinamento e dotação de equipamentos básicos para o seu efetivo funcionamento;</p> <p>2.2 Campanhas, cursos e treinamentos dirigidos aos técnicos de prefeituras, industriais, ruralistas, etc, voltadas a sensibilização e melhor uso da água;</p> <p>2.3 Envolvimento público e institucional para o desenvolvimento de um Plano de Recursos Hídricos para a bacia através da realização de seminários, workshops e discussões no âmbito do comitê da bacia;</p> <p>2.4 Fortalecimento do sistema de controle e fiscalização da CPRH e incentivar programas de automonitoramento nas indústrias da bacia;</p> <p>2.5 Fomento a programas voltados a educação ambiental em escolas dos municípios e ações contínuas à comunidade em geral.</p>
3. Suporte Técnico	<p>3.1 Fomento de parcerias para a implantação e operação de uma rede hidrométrica na bacia (convencional e automática);</p> <p>3.2 Monitoramento da qualidade das águas subterrâneas;</p> <p>3.3 Cadastramento dos usuários de água: irrigação, industrial e abastecimento;</p> <p>3.4 Desenvolvimento de um Sistema de Informações específico a fim de subsidiar a tomada de decisões; Este sistema deve integrar dados espaciais, qualidade da água, cadastros de usuários, modelos matemáticos, etc.</p>
4. Serviços e Infra-estrutura	<p>4.1 Discussão de alternativas, projetos e parcerias visando o tratamento esgotamento sanitário dos municípios da bacia, por exemplo, Programa de Despoluição de Bacias da ANA (Agência Nacional de Águas);</p> <p>4.2 Implementação de programa de recuperação da vegetação na faixa de proteção das captações existentes na bacia bem como no entorno da represa Duas Unas, além do controle do uso de agrotóxicos, fertilizantes e acesso da população e animais nas proximidades destes locais.</p>

Monitoramento da qualidade da água:

1. Estações de amostragem:

- Estabelecimento de uma estação de referência a montante da estação JB-05;
- Reativação da estação JB-05;
- Estabelecimento de um sítio a jusante do rio Muribequinha para avaliação do chorume proveniente do "lixão" da Muribeca;

2. Frequência de Amostragem:

- Adotar a frequência mensal.

3. Variáveis:

- Temperatura, pH, condutividade, cloreto, sólidos totais e suspensos, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, nitrato e amônia.

Para a área estuarina estabelecer campanhas específicas com frequência quadrimestral avaliando, além das variáveis mencionadas acima, metais pesados na água e no sedimento.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUAPLAN, 1990, *Barragem do rio Jaboatão - Estudo de Impacto Ambiental*. COMPESA/ACQUAPLAN. Recife.
- ALONSO, L.R., 1996, Industrial depollution project of Tiete river. *Water Science and Technology*, 33(3): 153-167.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1995, *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Byrd Prepress Springfield, Washington, DC. 19th ed, 412p.
- ARHEIMER, B. & LIDÉN, R. 2000, Nitrogen and phosphorus concentrations from agricultural catchments-influence of spatial and temporal variables. *Journal of Hydrology*, 227:140-159.
- ASMUS, H.E., ASMUS, M.L., FACCINI, U. & FRÓES, J.C., 1994, Abordagem metodológica para caracterização, diagnóstico e planejamento ambiental de bacias hidrográficas: estudo de caso. *Anais I Encontro Brasileiro de Ciências Ambientais*, UFRJ/COPPE/PANGEA, Rio de Janeiro, v. I, pp. 42-61.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, *Poluição das águas: Terminologia - NBR 9896*. ABNT, Rio de Janeiro.
- AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND ENVIRONMENT AND CONSERVATION COUNCIL, 1992, Australian water quality guidelines for freshwater and marine waters. ANZECC.
- BALLESTER, M.V.; MARTINELLI, L.A. ; KRUSCHE, A.V. & VICTORIA, R.L., 1999, Effects of increasing organic matter loading on the dissolved O₂ free dissolved CO₂ and respiration rates in the Piracicaba river basin, Southeast Brazil. *Water Research*, 33(9): 2119-2129.
- BARTH, F.T., 1987, Fundamentos para gestão de recursos hídricos - Conceitos básicos e fundamentais, pp. 1-16. *In*: F.T. Barth (org), *Modelos para gerenciamento de recursos hídricos*. Coleção ABRH de recursos hídricos, Nobel, São Paulo.
- BARTH, F.T., 1999, Aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos, pp. 565-599 *In*: A.C. Rebouças, B. Braga & J.G. Tundisi, (orgs.), *Águas doces do Brasil*. Escrituras Editora, São Paulo.
- BARTH, F.T., 2000, Lista de discussão da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS-ABRH. <http://groups.yahoo.com/group/ABRH-Gestao>. (data da mensagem: 24/08/2000).
- BARTH, F.T., 2001, Lista de discussão da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS-ABRH. <http://groups.yahoo.com/group/ABRH-Gestao>. (data da mensagem: 06/01 /2001).
- BITTENCOURT, A.G., PEREIRA, C.A.A.O., TAKIISHI, M., JESUS, J.A.O., OLIVEIRA, L.H.W., LARAMIE, R., MERCER, G. & MINDY, R., 1997, Desenvolvimento de modelo matemático de qualidade da água para implantação da agência de bacia do rio das Velhas. *Anais XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, pp. 2019-2027.
- BRAGA, R. A. P. 1984, Impacto da poluição por vinhoto na Região Metropolitana do Recife. *Ciência e Cultura*, 37(9): 1415-1419.

- BRANCO, S. M. 1991a. A água e o homem, pp.3-26. *In: R.L.L Porto. (org.). Hidrologia ambiental*. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, ABRH, São Paulo.
- BRANCO, S. M.,1991b. Aspectos institucionais e legais do controle da poluição, pp. 349-373. *In: R.L.L. Porto (org.). Hidrologia ambiental*. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, ABRH, São Paulo.
- BRASIL, 1997, Lei n° 9433 de 08/01/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- BRASIL, 2000, Lei n.º 9.985 de 18/06/2000. Cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- BRAYNER, F.M.M., 1998, *Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 103p.
- BUBEL, A. P. M., 1998, *Caracterização limnológica do rio do Peixe (microrregião geográfica de Botucatu)*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 130p.
- CAMPO, J.F.F. 1975. Utilização de método "ABC" para o planejamento e controle objetivo da poluição das águas. *Anais VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, ABES.
- CASTRO, M.G.G.M., ARAÚJO, L.F.P. & SOUZA, J.W.H., 1997, Sistema de Monitoramento e controle dos recursos hídricos da região metropolitana de Fortaleza - Ceará. *Anais XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, pp. 2203-2207.
- CDM/DIAGONAL, 1997, *Relatório Técnico - Estudo de Concepção do Sistema de Esgoto Metropolitano. POA - Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica*. Convênio: Governo Federal/Governo Pernambuco/MMA/BIRD, Recife, 263p.
- CHAMIXAES, C.B.C.B., 1991, *Variação temporal e espacial da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo (Itirapina/SP)*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 334p.
- CHAPMAN, D., 1992, *Water quality assessment*. UNESCO/WHO/UNEP, Chapman & Hall Ltda., London, 585p.
- CHAPMAN, P.M.,1992, Ecosystem health synthesis: can we get there from here ? *Journal of Aquatic Ecosystem Health*, 1: 69-79.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1999, *Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 1998*. CETESB, São Paulo, 371p.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO, 1997, *Relatório Técnico: Sistema de Informações Operacionais*. Divisão de Informações Operacionais (DIP). COMPESA, Recife.

- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO, 1998, *Relatório Técnico: Sistema de Informações Operacionais*. Divisão de Informações Operacionais (DIP). COMPESA, Recife.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO, 1985, *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Recife*. COMPESA, Recife.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE, 1999, *Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Litorâneas do Estado de Pernambuco*. CPRH, Recife.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE, 1995. *Relatório Anual de Atividades*. CPRH, Recife.
- CONTÉCNICA, 1997b, *Relatório N° 7: Disponibilidade e Situação dos Mananciais para o Abastecimento Metropolitano. PQA - Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica*. Convênio: Governo Federal/Governo Pernambuco/MMA/BIRD, Recife.
- CONTÉCNICA, 1998b, *Relatório N° 5: Diagnóstico Sobre Resíduos Sólidos Urbanos e Sua Disposição Final na Região Metropolitana do Recife. PQA - Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica*. Convênio: Governo Federal/Governo Pernambuco/MMA/BIRD, Recife.
- CONTÉCNICA, 1997a., *Relatório N° 1: Inventário das Fontes Poluidoras: PQA - Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica*. Convênio: Governo Federal/Governo Pernambuco/MMA/BIRD, Recife.
- CONTÉCNICA, 1998a, *Relatório N° 3: Caracterização do Uso e Ocupação do Solo. PQA - Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica*. Convênio: Governo Federal/Governo Pernambuco/MMA/BIRD, Recife.
- CUN, C. & VILAGINES, R. 1997, Time series analysis on chlorides, nitrates, ammonium and dissolved oxygen concentrations in the Seine river near Paris. *The Science of Total Environment*, 208: 59-69.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL, 1995, *Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana do Recife*. DNPM, Recife.
- DIMITROVA, I.; KOSTURKOV, J. & VATRALOVA, A. 1998, Industrial surface water pollution in the region of Devnya, Bulgaria. *Water Science & Technology*, 37(8): 45-53.
- DORNELLES, L.M.A. 1998, Spatial distribution of heavy metals in the bottom sediments and suspended material: Sepetiba Bay, RJ, Brazil. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 70 (2): 291-302.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1999, *Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco - Mapa de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade de Solos, carta de Recife (Folha SC.25-V-A-3) e carta de Vitória de Santo Antão (Folha SC.25-V-A-2), Escala 1:100.000*. EMBRAPA, Recife.
- ESTEVES, F.A., 1988, *Fundamentos de Limnologia*. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro, 575p.
- EVISON, L. M. 1998, Comparative studies on the survival of indicator organisms and pathogens in fresh and sea water. *Water Science and Technology*, 20: 309-315.

- EYRE, B.D. & PEPPERELL, P. 1999, A spatially intensive approach to water quality monitoring in the Rous River catchment, NSW, Australia. *Journal Environmental Management*, 56: 97-118.
- FARRIMOND, M. S., 1980, Impact of man in catchment: domestic and industrial waste, pp. 113-144. In: A. M. Gower, *Water quality in catchment ecosystem*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester.
- FISHER, D.S.; STEINER, J.L.; ENDALE, D.M.; STUEDEMANN, J.A.; SCHOMBERG, H.H.; FRANZLUEBBERS, A.J. & WILKINSON, S.R., 2000, The relationship of land use practices to surface water quality in the Upper Oconee Watershed of Georgia. *Forest Ecology and Management*, 128: 39-48.
- FOSTNER, U.; & WITTMANN, G.T.W., 1981, *Metal pollution in the aquatic environment*. Berlin. Springer-Verlag, New York, 486p.
- FUNDAÇÃO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE, 1993, *Monitoramento das reservas ecológicas*. FIDEM, Recife.
- _____. 1987a, *Proteção dos mananciais. Série Desenv. Urbano e Meio Ambiente*. FIDEM, Recife.
- _____. 1987c, *Proteção das Áreas Estuarinas. Série Desenv. Urbano e Meio Ambiente*. FIDEM, Recife.
- _____. 1987b, *Reservas Ecológicas. Série Desenv. Urbano e Meio Ambiente*. FIDEM, Recife.
- _____. 1995, *Mapa da cobertura vegetal da Região Metropolitana do Recife, escala 1:100.000*. FIDEM, Recife.
- _____. 1998, *Perfil Municipal*. FIDEM, Recife.
- GAMA, A.M.C.F.; CAVALCANTI, D.J. & FARIAS, V., 1998, O enquadramento e a classificação da qualidade atual dos rios da bacia do rio Pirapama. *Anais Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos*, ABRH, Gramado (RS).
- GANDOLFI, N., 1968, *Bacia do Mogi-Guaçu: morfometria da drenagem, sedimentologia e investigações físico-químicas*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 124p.
- GOLDESSTEIN, S., 2000, Lista de discussão da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS-ABRH. <http://groups.yahoo.com/group/ABRH-Gestao>. (data da mensagem: 07/08/2000).
- GOWER, A. M. 1980, *Water quality in catchment ecosystem*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, 335p.
- GUAGLIANONI, L.G., 1998, *A remoção de compostos organoclorados tetraclorocatecol e tetracloroquianicol contidos em efluentes da indústria de papel e celulose*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 135p.

- GUAZZELLI, M.R., MARTINS, R.H. & DERÍSIO, J.C., 1991, Enquadramento dos cursos d'água: uma abordagem prática. *Anais IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, ABRH, v. II, pp106-113.
- HAASE, J. & SILVA, M.L.C., 1998, Participação da sociedade no processo de enquadramento dos recursos hídricos: experiência no Rio Grande do Sul, Brasil. *Anais Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos*, ABRH, Gramado (RS).
- HAKANSON, L. 1980, An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Research*, 14: 975-1001.
- HANES, N. B. & FRAGALA, R. 1967, Effect of seawater concentration on survival of indicator bacteria. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 39: 97-104.
- HART, B.T.; MAHER, B. & LAWRENCE, I., 1999, New generation water quality guidelines for ecosystem protection. *Freshwater Biology*, 41: 347-359.
- HELSEL, D. R., 1987, Advantages of nonparametric procedures for analysis of water quality data. *Hydrological Sciences - Journal - des Sciences Hydrologiques*, 32 (2): 179-190.
- HOUSE, W.A. & DENISON, F.H., 1998, Phosphorus dynamics in a lowland river. *Water Research*, 32(6): 1819-1830.
- HUFSCHMIDT, M.M. & McCAULEY, D.S., 1991, Water resources management planning and implementation pp. 53-82. *In: M. Hashimoto & B. F. D. Barret (eds), Guidelines on Lake Management*. Vol. 2. ILEC Foudation, Otsu, Japão.
- HUTCHINS, M.G.; SMITH, B.; RAWLINS, B.G. & LISTER, T.R., 1999, Temporal and spatial variability of stream waters in wales, the welsh borders and part of the west miklands, UK - 1. Major ion cocentrations. *Water Research*, 33(16): 3479-3491.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2001, Censo 2000. <http://www.ibge.br>.
- IRWIN, F. & WILLIAMS, I.R., 1986, Catchments as planning units. *Journal of Soil Conservation*, 42(1): 6-9.
- KAYABALI, K.; ÇELIK, M.; KARATOSUN, H.; ARIGÜN, Z. & KOÇBAY, A. 1999, The influence of a heavily polluted urban river on the adjacent aquifer systems. *Environmental Geology* 38(3): 233-243.
- KETTELHUT, J.T.S., AMORE, L. & LEEUWSTEIN, J.M., 1998, *A experiência brasileira de implementação de comitês de bacias hidrográficas*. *Anais Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos*, ABRH, Gramado (RS).
- KLEIN, L., 1972, Nature and effects of pollution, pp.22-109. *In: L. Klein, River pollution 2: causes and effects*. 5 ed., Butterworths & Co. Ltd., London.
- LANNA, A. E., 2000, Lista de discussão da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS-ABRH. <http://groups.yahoo.com/group/ABRH-Gestao>. (data da mensagem: 06/08/2000).
- LANNA, A.E. 1999, *Gestão das Águas*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), UFRGS, Porto Alegre, 228p.

- LEITÃO, R.C., 1991, *Avaliação do processo eletrolítico para remoção de cor devida lignina*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 178p.
- LITERATHY, P.; NASSER ALI, L.; ZARBA, M.A. & ALI, M.A. 1987, The role and problems of monitoring bottom sediment for pollution assessment in the coastal marine environment. *Water Science Technology*, 19: 781-792.
- LOTSPEICH, F. & PLATTS, W. 1982, An integrated land-aquatic classification system. *North A. J. Fish. Management*, 2: 38-149.
- LUCHINI, A. M., 1999, Os desafios à implementação do sistema de gestão dos recursos hídricos estabelecido pela Lei 9.433. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, ABRH, Belo Horizonte.
- MACHADO, N.A.F., 2000, *Análise multi-escalonada e diagnóstico ambiental aplicado ao litoral norte da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil - utilização da morfometria, sedimentometria, geoquímica dos sedimentos, física e química da água das lagoas costeiras*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, v. 1, 330p.
- MACIEL JR, P., 2000, *Zoneamento da águas*. RC Ed. Gráfica, PROÁGUA/BIRD, Belo Horizonte, 112p.
- MADDOCK, I. 1999, The importance of physical habitat assessment for evaluating river health. *Freshwater Biology*, 41: 373-391.
- MAIER, M. H., 1977, *Estudo da variação sazonal das condições físicas e químicas ao longo de um trecho do rio Mogi-Guaçu - Cachoeiras de Emas, Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências/USP, São Paulo, 104p.
- MAIER, M. H., 1978, Considerações sobre características limnológicas de ambientes lóticos. *Boletim do Instituto de Pesca*, 5(2): 75-90.
- MALLIN, M.A.; WILLIAMS, K.E.; ESHAM, E.C. & LOWE, R.P., 2000, Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological Applications*, 10(4): 1047-1056.
- MATO GROSSO DO SUL, 1995, *Proposta de enquadramento dos corpos d'água das sub-bacias dos rios Miranda, Taquari e Imbiruçu*. Secretaria do Meio Ambiente, Campo Grande, 71p.
- MEYBECK, M. & HELMER, R. 1992. An introduction to water quality, pp.1-17. In: D. Chapman, *Water quality assessment*. UNESCO/WHO/UNEP, Chapman & Hall Ltda., London.
- MITCHELL, J.K.; MCISAAC, G.F.; WALKER, S.E & HIRSCHI, M. C., 2000, Nitrate in river and subsurface drainage flows from the east central Illinois watershed. *Transactions of the ASAE*, 43(2): 337-342.
- MOTA, S. 1997. *Introdução a Engenharia Ambiental*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro.
- NAKANE, K., KANG, H., HONG, S. & HINO, K., 1981. Dynamics of nutrients and heavy metals in the Han river and its basin in the Korean Peninsula: I dynamics of nutrients (Na, K, Mg, Ca and P). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 21: 886-893.

- NASCIMENTO, L.V., 1998, *Análise dos padrões de qualidade das águas e de lançamento de efluentes líquidos estabelecidos pela resolução CONAMA n° 20/1986. Uma abordagem para águas doces*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 128p.
- NATIONAL RIVERS AUTHORITY, 1994, *Water quality objectives*. NRA, Bristol, 11p.
- NORRIS, R.H. & THOMS, M., 1999, What is river health ? *Freshwater Biology*, 41: 197-209.
- 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 fitoplanctônica*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 328p.
- OMETTO, A. R., 2000, Discussão sobre os fatores ambientais impactados pelo setor sucroalcooleiro e a certificação socioambiental. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 255 p.
- OSBORNE, L. L. & WILEY, M.J., 1988, Empirical relationship between land use-cover and stream water quality an agricultural watershed. *Journal of Environmental Management*, 26: 9-27.
- PAYNE, A. I., 1986, *The ecology of tropical lakes and rivers*. John Wiley & Sons, Chichester, 301p.
- PEGRAM, G.C.; QUIBELL.G. & HINSCH, M., 1999, The nonpoint source impact of per-urban settlements in South Africa: implications for their management. *Water Science & Technology*, 39(12): 283-290.
- PEREIRA, J.S. & LANNA, A.E., 1998, O enquadramento dos corpos d'água em classe de uso como um instrumento de gestão e a necessidade de revisão da resolução CONAMA 20/86. *Anais Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos*, ABRH, Gramado (RS).
- PERIN, G.; FABRIS, R.; MANENTE, S.; WAGENER, R. A.; HAMACHER, C. & SCOTTO, S., 1997, A five study on the heavy metal pollution of Guanabara Bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. *Water Reserach*, 31(12): 3017-3028.
- PERONA, E. ; BONILLA, I. & MATEO, P.,1999, Spatial and temporal changes in water quality in Spanish river. *The Science of Total Environment*, 241: 75-90
- PETERS, N.E. & MEYBECK, M., 2000, Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. *Water International*, 25(2): 214-221.
- PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E., 1995, Bacias hidrográficas: Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. *Ciência Hoje*, 19(110): 40-45.
- POLICANSKY, D., 1998, Science and decision making for water resources. *Ecological Applications*, 8(3): 610-618.

- PORTO, M. A.; BRANCO S. M. & DE LUCA, S. J., 1991, Caracterização da Qualidade da Água, pp.27-66. *In*: R.L.L. Porto (org.). *Hidrologia ambiental*. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, ABRH, São Paulo.
- PRAT, N. & MUNNÉ, A., 2000, Water use and quality and stream flow in a mediterranean stream. *Water Resource*, 34(15): 3876-3881.
- RAPPORT, D.J., 1989, What constitutes ecosystem health ? *Perspective in Biology and Medicine*, 33: 120-132.
- RIOS, L., 1993, *Estudo limnológico e fatores ecológicos em ribeirões e córregos da bacia hidrográfica do ribeirão do Feijão (Estado de São Paulo)*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 146p.
- ROCHA, D.E.G.A., 1990, *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta geológica metalogenética/previsional, Folha SC.25-V-A-II, Vitória Sto. Antônio, Escala 1:100.000*. DNPM/CPRM, Brasília.
- ROCHA, O; PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E., 2000, A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento, pp.1-16. *In*: E.L.G. Espindola (org.), *A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar*. RIMA, São Carlos.
- SALATI, E., 1996, *Diagnóstico ambiental sintético e qualidade da água como subsídio para o planejamento regional integrado da bacia hidrográfica do rio Corumbataí SP*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 199p.
- SÃO PAULO, 1994, *Bacia do rio Piracicaba - estabelecimento de metas ambientais e re-enquadramento dos corpos d'água*. Secretaria do Meio Ambiente, Série Relatórios, São Paulo, 81p.
- SAWYER, C. N., 1994, *Chemistry for environmental engineering*. Mcgraw-Hill International Edition, Singapura, 658p.
- SEAGER, J., 1993, Statutory water quality objectives and river water quality. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, 7(5): 556-563.
- SMITH, R.A.; ALEXANDER, R.B. & WOLMAN, M.G., 1987, Water quality trends in the nation's rivers. *Science*, 235: 1607-1615.
- SOMLYÓDY, L.; YATES, D. & VARIS, O., 2001, Challenges to freshwater management. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 1(1-2): 65-95.
- SOUZA, A.D.G., 1996, *Subsídios ao planejamento e operacionalidade de sistema de monitoramento da qualidade da água - estudo de caso - bacias dos rios Jaú e Jacaré-Guaçu SP*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 184p.
- SOUZA, M.P., 2000, *Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática*. Ed. Riani Costa, São Carlos, 108p.
- STATSOFT INC., 1995, *Statistica release 5. Statistica for the Windows™ operating system*. Statsoft, Inc.

- STEINER, F., 1991, Landscape planning: A method applied to a growth management example. *Environmental Management*, 15(4): 519-529.
- STUMM, W. & MORGAN, J.J., 1981, Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. John Wiley & Sons, Inc., New York, 780p.
- SUPERINTENDÊNCIA DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE, 1972a, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Pacas, SC.25-V-A-II-1-SE, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1972b, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Massaranduba, SC.25-V-A-II-2-SO, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1972c, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Santo Agostinho, SC.25-V-A-III-3-NO, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1972d, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Tapacurá, SC.25-V-A-II-2-NO, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1972e, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Jaboatão, SC.25-V-A-II-2/NE, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1972f, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Gurjaú, SC.25-V-A-II/2-SE, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1974, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Ponte dos Carvalhos, SC.25-V-A-III-1-SO, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- _____.1985, *Região nordeste do Brasil. Folha topográfica de Recife, SC.25-V-A-III/1-NO, Escala 1:25.000*. SUDENE, Recife.
- TEIXEIRA, D., 2000, *Avaliação da qualidade da água e levantamento de custos do tratamento de efluentes visando a recuperação de um sistema eutrofizado (represa de Salto Grande - Americana/SP)*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 187 p.
- THOMAS, R.L., 1987, A protocol for the selection of process oriented remedial options to control in situ sediment contaminants. *Hydrobiologia*, 19: 247-258.
- TUCCI, C.M.E.; HESPANHOL, I. & CORDEIRO NETTO, O.M., 2000, Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água". *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 5(3): 31-44.
- VEGA, M., PARDO, R., ENRIQUE, B. & DEBÁN, L., 1998, Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, 32(12): 3581-3592.
- VIANA, L.P.S. & MARTINS, M.R. 1987, Metodologia para estudos dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. *Anais VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, Salvador, ABRH, V I: 181-186.
- VON SPERLING, C. & COSTA, M., 1997, O controle da poluição hídrica industrial na região metropolitana de Belo Horizonte/PROSAM - particularidades de interesse. *Anais XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES, 1983-1990.

- VON SPERLING, C., 1998, Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamentos de efluentes líquidos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3 (1): 111-132.
- WILS, C., SCHNEIDERS, A., BERVOETS, L., NAGELS, A., WEISS, L. & VERHEYEN, R.F. 1994, Assessment of the ecological value of rivers in Flanders Belgium. *Water Science Technology*, 30(10): 37-47.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1995, *The world health report 1995: bridging the gaps*. WHO, Geneva, 118p.
- ZAMBONI, A. J., 2000, *Caracterização ecotoxicológica da Lagoa dos Patos no entorno de Rio Grande, RS: fundamentos e técnicas*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 185p.
- ZANATA, L. H., 1999, *Heterogeneidade ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana/SP), com ênfase na distribuição da população de cladocera*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos, 171p.

10. ANEXOS

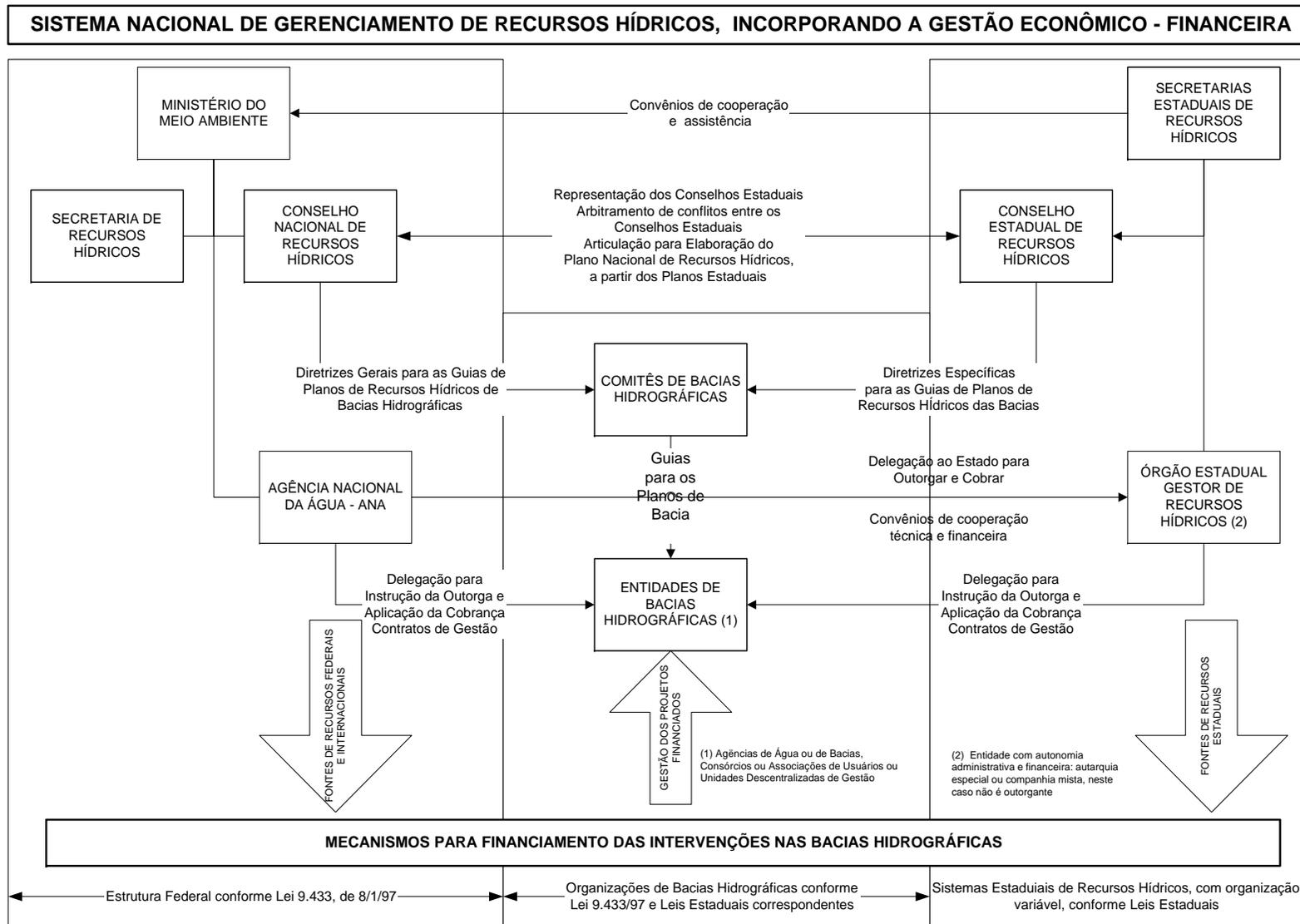


Figura A1. Fluxograma institucional do modelo de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil segundo BARTH (2001).

Quadro A1. Histórico dos principais marcos legais ambientais existentes no Brasil e seu reflexo no estado de Pernambuco.

30-70	80	90	2000
LEGISLAÇÃO FEDERAL			
<ul style="list-style-type: none"> - Código de Águas (1934) - Criação da SEMA - Secretaria Especial do Meio Ambiente (1973) 	<ul style="list-style-type: none"> - Política Nacional do Meio Ambiente (1981) - Criação do SISNAMA (1981) - Resolução CONAMA 01/86 EIA/RIMA (1986) - Resolução CONAMA 20/86 Classificação das Águas (1986) - Criação do IBAMA (1989) 	<ul style="list-style-type: none"> - Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) - Resolução CONAMA 237 Revisão do Licenciamento Ambiental (1997) - Lei de Crimes Ambientais (1998) 	<ul style="list-style-type: none"> - Criação da ANA - Agência Nacional de Águas (2000) - Estabelecimento do SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000) - Resolução CNRH 12/2000 Enquadramento dos corpos d'água (2000)
LEGISLAÇÃO ESTADUAL			
<ul style="list-style-type: none"> - Criação da CPRH (1976) - Normas de Proteção Ambiental (1977) 	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciamento Ambiental e Classificação das Águas (1981) - Lei Proteção dos Mananciais da RMR (1986) - Lei de Proteção das Áreas Estuarinas (1986) - Enquadramento dos corpos d'água da bacia do rio Jaboatão (1986) - Criação das Reservas Ecológicas da RMR (1987) 	<ul style="list-style-type: none"> - Criação do CONSEMA (1991) - Política Florestal Estadual (1995) - Política Estadual de Recursos Hídricos (1997) - Licenciamento Ambiental (1998) - Criação da Secretaria de Recursos Hídricos-SRH (1999) 	

Tabela A1. Principais leis estaduais referente a proteção ambiental.

Dispositivo Legal	Conteúdo
Constituição Estadual (05/10/89)	Art. 204 e 205: Explicita os princípios e objetivos considerados para a proteção ambiental Art. 206 Seção I: Explicita os instrumentos a serem constituídos para implementação de um processo permanente de gestão ambiental. Sistema de Meio Ambiente; Política Estadual de Meio Ambiente; Plano Estadual de Meio Ambiente. Art. 209: Explicita os princípios da Política Estadual de Meio Ambiente a ser definida pelo órgão colegiado e deliberativo constituído pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente. Destaca a adoção de medidas para a utilização racional da natureza e redução da poluição resultante das atividades humanas, o Plano Estadual de Meio Ambiente emerge como principal instrumento para implementação da política estadual. Art. 214: Prevê a adoção de uma política florestal para o estado. Art. 215: Prevê a exigência de EIA/RIMA. Art. 218 e 217: Prevê a proteção do solo e a execução de programas estaduais, regionais e setoriais de recuperação e conservação do solo agrícola.
Leis Estaduais:	
Lei nº 7.267 (16/12/76)	Cria a Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos - CPRH. Órgão ambiental do estado responsável pela execução da Política Estadual de Meio Ambiente, atuando no controle da poluição urbano-industrial-rural, na proteção do uso do solo e dos recursos hídricos e florestais. A CPRH executa suas funções mediante: licenciamento, fiscalização, monitoramento, gestão de recursos naturais.
Lei nº 7.541 (12/12/77)	Dispõe sobre a prevenção e controle da poluição ambiental e estabelece normas disciplinadoras (delegação de poderes à CPRH; atividades sujeitas ao licenciamento; penalidades). As leis 8.361/80 e 9.988/87 lhe dá nova redação.
Lei nº 8.361 (26/09/80)	Define fontes de poluição e <u>licenças ambientais</u> a serem concedidas pela CPRH. Institui o cadastramento de indústrias e atividades potencialmente poluidoras e a <u>classificação dos cursos d'água do estado</u> .
Lei nº 9.377 (30/11/83)	Estabelece medidas de proteção com relação a instalação de destilarias de álcool e <u>proibição do lançamento de vinhoto nos cursos d'água</u> . Regulamento a nível estadual a Portaria do MINTER nº158/80.
Lei nº 9.860 (12/08/86)	Delimita as áreas <u>de proteção de mananciais</u> de interesse da Região Metropolitana do Recife e estabelece condições para preservação dos recursos hídricos. Estas condições se expressam na forma da categorização de áreas em termos de faixas marginais aos corpos d'água, topografia, vegetação, áreas protegidas e rede hidrográfica, indicando-se limitações e critérios para ocupação do solo. Em anexo a lei são relacionadas Áreas de Interesse Especial e Áreas de Proteção Ecológica (Reservas Florestais ou Biológicas) devidamente identificadas e referenciadas em mapa.
Lei nº 9.931 (12/12/86)	Define como áreas de proteção ambiental as <u>Áreas Estuarinas</u> classificadas como "reservas biológicas". Nesse sentido, resultaram identificadas, mapeadas e relacionadas como áreas de proteção ambiental, 13 áreas estuarinas. A lei atribui à CPRH competência administrativa para fiscalizar podendo qualquer cidadão apresentar denúncia sobre violações a seus dispositivos.
Lei nº 9.960 (17/12/86)	Define Áreas de Interesse Especial e dispõe sobre procedimentos básicos relativos ao seu parcelamento para fins de ocupação urbana. Essas áreas são definidas para fins de controle do uso e sua compatibilização com a preservação enquanto expressão do Patrimônio Natural Paisagístico. São definidas 6 trechos da orla marítima do estado.
Lei nº 9.988 (13/01/87)	Dispõe sobre a proibição do lançamento de efluentes líquidos gerados nas atividades agro-industriais alcooleira e açucareira, direta ou indiretamente, em qualquer corpo hídricos do estado.

Tabela A1. Continuação.....

Dispositivo Legal	Conteúdo
Lei nº 9.989 (13/01/87)	Dispõe sobre a criação de <u>Reservas Ecológicas</u> constituídas por remanescentes de Mata Atlântica situados na Região Metropolitana do Recife, visa também a proteção dos mananciais que abastecem a RMR. Foram identificadas, mapeadas e relacionadas 40 áreas de Mata. A fiscalização preventiva e repressiva dessas áreas é atribuída à CPRH.
Lei nº 10.560 (10/01/91)	Dispõe sobre a criação do CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente. Órgão colegiado e deliberativo encarregado da Política Estadual de Meio Ambiente.
Lei nº 11.206 (31/03/95)	Dispõe sobre a <u>Política Florestal</u> do Estado de Pernambuco, definindo conceitos, estabelecendo objetivos, diretrizes e instrumentos para a proteção florestal, fauna silvestre, unidades de conservação, reserva legal, exploração florestal, reposição, ecoturismo, fiscalização, infrações e sanções.
Lei nº 11.426 (17/01/97)	Dispõe sobre a <u>Política Estadual de Recursos Hídricos</u> e o Plano Estadual de Recursos Hídricos. Cria o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH). Institui os instrumentos da outorga e cobrança pelo uso da água, além do sistema de informações e o fundo estadual de recursos hídricos. O SIGRH constituiu-se do Conselho Estadual, Comitê Estadual, Comitês de Bacias Hidrográficas, Órgão Gestor (SECTMA) e demais órgãos executores do estado que atuam nesta área.
Lei nº 11.427 (17/01/97)	Dispõe sobre a Conservação e Proteção das <u>Águas Subterrâneas</u> no estado estabelecendo a outorga e licenças de execução de obras destinadas a captação de águas subterrâneas, além do cadastramento de poços e licença de exploração.
Lei nº 11.516 (30/12/97)	Dispõe sobre o <u>licenciamento ambiental</u> (LP,LO,LI), taxas, infrações ao meio ambiente e dá nova denominação à CPRH que passando a ser Companhia Pernambucana do Meio Ambiente.
Lei nº 11.629 (28/01/99)	Dispõe sobre a criação da <u>Secretaria de Recursos Hídricos</u> - SRH. Órgão responsável pelo planejamento, coordenação e execução da Política Estadual de Recursos Hídricos.
Decretos Estaduais:	
Decreto nº 4.553 (12/12/77)	Regulamenta o Controle da Poluição (Lei nº7.541).
Decreto nº 7.269 (05/06/81)	Regulamenta a Lei nº8.361 (26/09/80): a) As licenças e processo de licenciamento ambiental; b) A classificação das águas interiores situadas no Estado; c) O cadastramento de estabelecimentos poluidores.
Decreto nº 11.358 (29/04/86)	Enquadra os cursos d'água das Bacias dos rios Jaboatão e Pirapama na classificação que trata do Decreto nº7.269 (05/06/81)
Decreto nº 20.269 (24/12/97)	Regulamenta a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº11.426).
Decreto nº 20.423 (26/03/98)	Regulamenta a Lei de Proteção e Conservação das Águas Subterrâneas (Lei nº11.427).
Decreto nº 20.586 (28/05/98)	Regulamenta a Lei sobre o Licenciamento Ambiental (Lei nº11.516).
Decreto nº 21.281 (14/02/99)	Dispões sobre a estrutura básica da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH).

Tabela A2. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-10.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	25,00	30,00	29,00	31,00	34,50	29,50	29,00	29,50	27,50	27,00	27,00	27,00	28,50	29,00	29,00	-	28,00	
pH	7,00	6,90	6,30	6,50	6,60	6,60	6,60	6,50	6,60	6,70	6,90	6,90	7,00	6,80	7,80	7,80	6,80	
Turbidez (NTU)	14,00	14,00	8,50	29,00	20,00	8,50	21,00	15,00	25,00	6,00	20,00	11,00	32,00	29,00	76,00	78,00	21,00	
Alcal. (mg/L CaCO3)	29,80	64,70	39,30	53,30	49,30	61,30	74,40	68,00	42,00	47,00	62,00	45,50	49,50	66,00	180,00	260,00	66,30	
Cond. (uS/cm)	105,10	119,10	126,20	166,60	162,50	197,00	232,00	207,00	157,20	170,40	192,10	151,60	172,10	203,00	543,00	715,00	261,00	
Cloreto (mg/L)	17,90	18,60	17,70	21,30	23,30	27,80	32,30	31,40	23,20	24,10	26,70	22,20	23,20	27,60	60,30	76,60	37,60	
OD (mg/L)	7,20	7,20	2,80	0,40	0,80	0,20	0,00	0,00	1,60	1,60	0,80	1,60	2,80	0,80	0,00	0,00	1,00	
DBO (mg/L)	6,00	5,60	31,10	30,40	19,80	12,20	10,00	18,70	7,50	4,00	14,00	3,90	9,30	17,40	45,40	87,60	31,80	
Colifec. (NMP/100ml)	30000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	50000,00	>160000,00	>160000,00		>160000,00	1300,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	160000,00	>160000,00	>160000,00	
Nitrato (ug/L)	138,00	149,00	133,00	59,00	24,00	4,00	18,00	28,00	53,00	76,00	25,00	101,00	30,00	55,00	10,00	60,00		
Fósforo (ug/L)				250,00				430,00	230,00	260,00	330,00	180,00	230,00	350,00	1450,00	1740,00	370,00	
Sólidos Totais (mg/L)	117,50	130,50	115,60	138,80	168,40	170,20	189,60	174,80	153,20	152,40	171,60	152,80	157,60	200,40	378,40	529,00	197,00	
Ferro total (mg/L)	1,85	1,92	1,73	1,14	1,15	1,39	1,58	2,06	1,87	2,70	1,60	1,69	1,90	1,82	2,49	1,29		
Cálcio (mg/L)	2,46	2,90	3,16	6,75	7,10	9,60	9,20	10,80	6,20	6,80	10,00	6,30	7,20	11,20	31,30	48,40	15,20	
Magnésio (mg/L)	2,06	1,52	2,02	2,50	2,48	2,74	2,20	2,92	2,40	2,90	2,96	2,74	2,67	3,89	10,40	17,30	3,72	
Sódio (mg/L)	13,40	16,80	16,50	20,10	20,68	28,90	33,60	27,70	21,90	22,40	25,90	22,20	22,20	26,20	56,30	73,20	28,70	
Potássio (mg/L)	2,26	2,11	1,98	2,67	3,17	3,60	4,70	4,07	6,50	4,60	2,10	3,40	4,20	4,00	13,10	13,80	11,10	

Tabela A3. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-15.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	26,00	28,50	29,00	29,50	29,50	29,50	29,00	29,00	27,00	28,00	26,00	26,00	27,50	30,00	28,00	29,00	29,50	31,00
pH	6,60	6,60	6,20	6,30	6,40	6,30	6,30	6,40	6,80	6,50	6,60	6,60	6,70	7,00	7,90	7,30	6,30	6,40
Turbidez (NTU)	14,00	11,00	7,80	8,50	6,90	8,60	4,60	5,40	12,00	9,60	3,90	5,10	25,00	19,00	25,00	8,00	41,00	40,00
Alcal. (mg/L CaCO3)	26,90	26,90	33,30	41,70	35,20	33,20	54,30	41,00	37,00	41,50	48,00	41,50	41,00	60,30	63,60	80,00	68,80	57,20
Cond. (uS/cm)	102,40	107,00	128,40	138,60	131,70	128,70	162,50	147,40	143,60	154,40	154,60	140,90	140,90	204,00	207,00	225,00	222,00	199,00
Cloreto (mg/L)	17,90	16,00	17,70	20,40	21,50	18,80	23,40	23,30	26,80	23,20	23,20	21,30	20,50	29,40	29,40	32,10	36,40	30,10
OD (mg/L)	4,00	3,20	1,20	1,20	0,40	1,20	0,40	0,00	6,40	0,00	0,00	1,20	4,40	4,40	2,40	1,80	0,00	0,00
DBO (mg/L)	2,40	< 2,00	31,30	35,40	18,60	< 2,00	2,70	5,30	2,00	4,00	2,00	6,70	2,00	2,40	6,00	< 2,00	8,60	
Colifec. (NMP/100ml)	2300,00	800,00	>160000,00	1300,00	3000,00	13000,00	7000,00			7000,00	2300,00	1100,00	1300,00	200,00	8000,00	1700,00	9000,00	
Nitrato (ug/L)	242,00	430,00	304,00	ND	12,00	2,00	3,00	1,00	23,00		196,00	18,00	356,00	107,00	15,00	ND	ND	
Fósforo (ug/L)				90,00				170,00	180,00	290,00	170,00	130,00	120,00	130,00	100,00	140,00	150,00	250,00
Sólidos Totais (mg/L)	131,50	122,00	105,00	125,20	135,60	122,00	141,60	117,60	139,60	148,00	128,40	134,00	138,00	174,80	178,80	200,00	177,50	185,20
Ferro total (mg/L)	1,94	1,45	2,10	1,67	2,14	1,30	3,60	2,10	1,62	3,75	2,25	1,98	2,36	2,01	2,95	6,54		
Cálcio (mg/L)	3,78	3,70	3,32	4,26	5,05	5,03	6,80	5,60	5,80	6,80	6,10	5,55	5,60	10,00	12,60	14,00	10,20	11,20
Magnésio (mg/L)	2,16	2,02	2,20	4,20	2,60	2,16	2,10	2,67	2,60	2,80	2,96	2,66	2,82	3,64	3,77	3,89	4,25	3,15
Sódio (mg/L)	13,40	14,30	15,20	18,60	17,27	17,13	24,70	20,10	19,40	19,70	22,40	18,70	19,10	24,70	25,30	27,30	26,80	20,10
Potássio (mg/L)	3,40	1,38	2,37	3,11	3,61	1,82	4,30	2,54	6,80	5,70	3,40	4,40	4,10	3,20	3,50	5,10	8,50	16,80

Tabela A4. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-20.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	26,00	31,00	40,00	44,50	40,50	42,00	38,00	29,50	28,00	28,00	27,00	26,50	28,00	30,00	31,00	34,50	32,50	38,00
pH	6,90	6,40	5,70	5,70	5,30	4,30	4,70	6,80	6,80	6,90	7,00	6,90	7,00	7,20	7,80	5,50	5,90	4,30
Turbidez (NTU)	24,00	24,00	28,00	28,00	18,00	66,00	25,00	6,50	25,00	11,00	5,60	6,50	33,00	30,00	146,00	161,00	180,00	362,00
Alcal. (mg/L CaCO3)	30,80	33,80	34,30	46,80	28,70	100,40	102,00	50,00	45,00	46,00	50,50	46,50	42,50	45,00	87,00	120,00	85,90	
Cond. (uS/cm)	112,40	130,30	140,00	183,60	150,90	333,00	445,00	182,30	164,60	172,80	179,30	166,70	165,20	230,00	399,00	446,00	461,00	605,00
Cloreto (mg/L)	18,60	19,50	19,50	23,90	23,30	37,70	64,50	26,90	25,00	24,10	28,60	24,10	24,10	34,60	49,20	57,90	65,70	79,90
OD (mg/L)	6,80	3,20	0,40	0,00	0,80	0,00	0,00	2,00	3,60	3,60	2,80	2,40	6,40	5,60	0,40	0,00	0,00	0,00
DBO (mg/L)	4,80	56,40	73,10	131,20	91,70	225,60	293,00	4,60	2,80	2,40	6,40	3,60	3,50	7,60	57,20	436,00	212,70	1672,00
Colifec. (NMP/100ml)	50000,00	>160000,00	14000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00			160000,00	>160000,00	24000,00	1300,00	160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	
Nitrato (ug/L)	243,00	154,00	17,00	5,00	15,00	33,00	17,00	33,00	87,00		315,00	184,00	403,00	320,00	6,00	ND	ND	
Fósforo (ug/L)				920,00				210,00	310,00	320,00	280,00	210,00	390,00	350,00	2540,00	3470,00	2630,00	3950,00
Sólidos Totais (mg/L)	114,50	179,50	188,40	281,40	216,00	827,00	751,60	138,40	234,00	153,20	148,80	150,80	154,40	194,40	316,80	706,40	534,50	933,00
Ferro total (mg/L)	2,50	2,18	2,68	3,24	2,83	1,40	4,71	1,68	2,12	2,84	1,46	1,81	2,39	1,73	6,93	11,70		
Cálcio (mg/L)	4,32	4,80	3,90	7,45	5,30	21,70	22,80	8,00	6,20	7,20	6,80	7,60	7,20	10,80	15,20	20,60	16,80	24,00
Magnésio (mg/L)	2,36	2,75	2,75	3,24	2,70	4,37	10,00	2,92	2,70	3,12	3,02	3,64	3,40	5,20	6,56	8,30	7,35	10,70
Sódio (mg/L)	14,20	15,40	16,90	22,20	17,41	25,20	30,40	24,40	22,20	21,30	25,30	21,20	21,50	27,20	42,50	37,90	41,80	35,10
Potássio (mg/L)	3,00	2,50	3,84	5,65	3,92	25,10	43,50	4,07	7,70	5,30	9,10	4,80	4,30	4,20	17,80	30,70	26,30	62,60

Tabela A5. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-22.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	27,00	29,50	38,00	38,00	38,00	38,00	32,00	30,00	28,00	27,50	27,00	26,50	28,00	28,50	30,00	36,00	35,00	33,00
pH	6,80	6,60	5,80	6,10	5,10	6,10	6,40	6,80	6,70	6,70	7,00	6,90	6,90	6,90	7,30	5,90	6,00	4,60
Turbidez (NTU)	12,00	12,00	16,00	14,00	21,00	21,00	26,00	14,00	11,00	18,00	6,00	7,10	31,00	22,00	108,00	114,00	147,00	230,00
Alcal. (mg/L CaCO3)	31,80	39,80	48,40	62,80	48,80	76,40	90,30	70,00	50,00	55,00	65,00	57,50	52,00	60,80	120,00	120,00	96,00	
Cond. (uS/cm)	124,00	147,50	179,20	224,00	206,00	268,00	353,00	270,00	192,00	206,00	225,00	208,00	203,00	249,00	490,00	430,00	437,00	756,00
Cloreto (mg/L)	19,50	24,00	27,50	33,70	32,20		47,60	43,00	32,10	32,10	36,70	33,90	32,10	52,60	70,30	59,50	63,90	106,50
OD (mg/L)	6,00	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	2,00	1,60	1,60	2,40	3,60	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO (mg/L)	4,00	71,90	47,80	49,50	45,80	68,80	36,00	8,00	2,70	4,00	5,50	4,80	7,30	5,60	89,00	278,00	106,00	
Colifec. (NMP/100ml)	2000,00	>160000,00	3200,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00			160000,00	160000,00	160000,00	>160000,00	>160000,00	160000,00	>160000,00	>160000,00	
Nitrato (ug/L)	319,00	130,00	15,00	8,00	11,00	8,00	25,00	ND	109,00	141,00	49,00	170,00	334,00	136,00	8,00			ND
Fósforo (ug/L)				650,00				480,00	300,00	340,00	350,00	390,00	300,00	270,00	1980,00	3100,00	2210,00	2910,00
Sólidos Totais (mg/L)	104,00	150,00	175,20	196,00	244,00	253,20	276,40	195,60	163,20	173,20	174,80	181,60	178,00	209,20	381,60	487,20	446,50	879,50
Ferro total (mg/L)	1,93	2,01	2,81	2,51	3,47	4,27	3,30	2,05	1,60	2,82	1,82	1,92	2,17	1,62	6,75	10,30		
Cálcio (mg/L)	4,05	7,50	5,10	9,05	8,20	12,80	12,40	7,40	4,00	8,45	8,45	8,45	7,85	12,40	21,20	21,20	19,20	30,40
Magnésio (mg/L)	2,60	2,75	3,35	3,80	2,74	4,28	5,30	4,37	3,20	3,84	3,72	3,92	3,76	4,62	7,78	8,00	7,10	15,50
Sódio (mg/L)	15,50	18,90	107,00	26,20	22,73	25,35	39,50	34,20	25,50	26,10	30,80	28,30	27,40	31,30	48,80	41,50	37,80	51,50
Potássio (mg/L)	3,20	1,70	4,08	3,70	5,72	4,90	11,60	4,50	8,40	6,70	8,50	5,40	5,60	5,30	18,60	21,20	24,30	70,30

Tabela A6. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-35.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	27,00	31,00	32,00	33,00	30,50	30,50	29,00		27,50	27,00	26,00	26,00	26,00	29,00	29,00	30,00	29,50	28,00
pH	7,00	7,10	7,30	7,30	7,10	7,70	7,20		7,30	6,80	7,20	7,20	7,30	7,40	8,10	8,80	7,40	8,30
Turbidez (NTU)	15,00	14,00	14,00	11,00	12,00	8,90	7,60		21,00	4,40	8,50	11,00	42,00	54,00	31,00	81,00	91,00	62,00
Alcal. (mg/L CaCO3)	65,70	120,00	230,00	316,20	218,40	351,40	326,30		200,80	135,50	160,00	190,00	190,00	285,00	355,00	500,00	474,70	646,40
Cond. (uS/cm)	214,00	422,00	638,00	902,00	721,00	931,00	976,00		549,00	438,00	499,00	559,00	554,00	787,00	1175,00	1355,00	1468,00	1836,00
Cloreto (mg/L)	31,90	59,50	86,10	124,30	104,80	116,50	129,00		70,50	59,80	73,30	74,00	71,30	71,30	149,70	167,50	202,30	227,20
OD (mg/L)	2,80	4,00	0,80	1,20	1,60	0,00	0,40		0,00	0,80	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO (mg/L)	6,40	13,90	21,70	23,20	13,20	11,50	8,00		8,00	4,80	10,70	12,00	10,00	24,80	23,00	29,80		20,00
Colifec. (NMP/100ml)	160000,00	>160000,00	160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00			160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	35000,00	160000,00	>160000,00	
Nitrato (ug/L)	32,00	5,00	8,00	30,00	9,00	ND	8,00		27,00	16,00	60,00	26,00	25,00	13,00	10,00		20,00	ND
Fósforo (ug/L)				1920,00					990,00	760,00	970,00	1170,00	1420,00	780,00	2030,00	2840,00	3390,00	4020,00
Sólidos Totais (mg/L)	191,50	314,00	421,00	667,00	488,50	613,25	605,00		376,00	289,60	328,00	383,60	385,60	567,00	746,00	945,50	910,50	1147,00
Ferro total (mg/L)	3,14	1,58	2,03	0,90	0,82	3,14	0,60		1,17	1,60	1,11	1,31	1,95	0,86	0,66	0,64		
Cálcio (mg/L)	6,70	12,80	15,90	17,10	19,10	18,60	44,00		15,70	18,00	18,80	18,80	16,00	19,20	21,80	21,30	24,00	30,00
Magnésio (mg/L)	3,35	5,10	6,45	7,00	7,70	5,50	8,10		8,60	5,90	9,53	6,07	5,35	5,83	6,80	7,05	12,60	6,07
Sódio (mg/L)	33,40	64,90	45,50	160,00	117,16	204,00	148,00		95,00	61,20	74,10	92,50	101,20	149,40	221,00	279,00	255,50	375,00
Potássio (mg/L)	3,00	3,68	7,83	12,20	8,20	12,90	13,00		12,10	7,70	6,90	9,90	7,60	8,70	14,20	18,70	25,20	29,20

Tabela A7. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-41.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	27,00	29,00	33,00	33,50	32,50	32,00	33,00	30,00	28,50	27,00	27,00	26,50	26,00	29,00	30,00	30,50	32,00	
pH	6,60	6,80	6,20	6,30	6,40	6,80	6,90	7,10	6,90	7,20	6,40	7,00	6,90	6,90	8,00	7,50	6,70	
Turbidez (NTU)	16,00	11,00	20,00	15,00	28,00	16,00	15,00	31,00	29,00	14,00	34,00	15,00	30,00	58,00	130,00	157,00	179,00	
Alcal. (mg/L CaCO3)	56,70	62,20	90,90	89,00	94,00	185,70	286,10	130,50	170,70	110,40	107,00	115,00	85,50	125,00	285,00	400,00	202,00	
Cond. (uS/cm)	176,30	193,00	281,00	292,00	281,00	486,00	595,00	443,00	439,00	306,00	342,00	321,00	293,00	393,00	794,00	868,00	873,00	
Cloreto (mg/L)	23,10	28,40	35,50	40,80	42,10	50,20	80,70	53,80	43,80	35,70	42,80	39,20	35,60	53,50	80,20	89,10	108,30	
OD (mg/L)	1,20	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	
DBO (mg/L)	19,40	8,20	48,90	38,30	33,60	11,30	40,00	28,00	56,00	13,30	80,00	28,00	8,00	24,70	146,70	135,40	159,20	
Colifec. (NMP/100ml)	3200,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00			160000,00	>160000,00	>160000,00	30000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	>160000,00	
Nitrato (ug/L)	30,00	24,00	21,00	13,00	23,00	27,00	51,00	104,00	24,00	14,00	42,00	49,00	50,00	29,00	5,00			ND
Fósforo (ug/L)				720,00				1590,00	770,00	940,00	730,00	890,00	490,00	780,00	1770,00	1910,00	2520,00	
Sólidos Totais (mg/L)	183,50	182,50	270,00	251,50	290,20	437,80	637,50	375,60	424,00	245,20	326,40	281,60	215,60	334,00	641,00	749,00	42,70	
Ferro total (mg/L)	2,46	2,27	3,29	2,64	4,94	2,46	2,12	3,57	2,80	2,81	2,77	2,15	2,34	2,17	5,13	3,87		
Cálcio (mg/L)	7,45	7,25	7,35	10,90	10,20	24,00	38,40	24,40	18,20	13,90	12,90	23,20	12,40	18,00	33,50	40,60	45,60	
Magnésio (mg/L)	2,90	3,15	3,55	4,15	4,34	5,15	10,60	5,59	4,80	4,60	4,02	3,96	4,62	5,59	12,10	7,85	11,70	
Sódio (mg/L)	25,30	26,90	44,50	39,70	40,85	66,40	93,40	54,50	65,00	39,50	48,10	39,90	35,90	57,60	105,20	154,60	98,90	
Potássio (mg/L)	4,00	2,85	7,14	6,42	8,05	12,50	33,40	9,57	15,10	8,90	9,60	10,00	6,30	8,70	25,90	31,70	42,70	

Tabela A8. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-55.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	27,50	29,00	31,00	31,00	30,50	31,50	29,00	29,00	28,00	27,00	27,00	27,00	28,50	28,00	29,00	28,50	29,00	27,50
pH	6,70	6,90	6,50	6,70	6,60	6,70	6,90	7,10	7,00	7,00	7,10	7,00	6,80	6,90	8,00	7,60	7,10	6,90
Turbidez (NTU)	26,00	15,00	15,00	56,00	24,00	4,60	45,00	8,10	11,00	12,00	18,00	16,00	28,00	77,00	110,00	49,00	89,00	173,00
Alcal. (mg/L CaCO3)	54,70	67,70	78,80	107,90	96,00	115,40	170,60	145,60	107,90	90,40	105,00	94,50	76,00	97,00	160,00	230,00	313,10	222,20
Cond. (uS/cm)	170,30	220,00	233,00	317,00	289,00	323,00	455,00	412,00	292,00	261,00	309,00	270,00	249,00	327,00	485,00	669,00	1009,00	747,00
Cloreto (mg/L)	23,10	31,10	33,70	44,40	41,20	39,40	71,70	51,00	40,20	32,10	42,00	32,00	30,30	46,30	60,60	81,60	127,80	87,00
OD (mg/L)	2,00	1,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	0,80	0,00	0,00	1,20	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO (mg/L)	23,20	6,50	14,40	37,20	22,10	9,70	5,30	3,40	< 2,00	3,20	20,80	8,00	7,30	7,70	40,00	30,40	10,60	7,90
Colifec. (NMP/100ml)	1700,00	24000,00	30000,00	5000,00	28000,00	90000,00	>160000,00			3000,00	3800,00	50000,00	3000,00	2700,00	24000,00	17000,00	>160000,00	4000,00
Nitrato (ug/L)	49,00	50,00	20,00	11,00	11,00	19,00	22,00	3,00	93,00	22,00	27,00	15,00	9,00	200,00	31,00		ND	ND
Fósforo (ug/L)				670,00				710,00	360,00	480,00	750,00	330,00	330,00	420,00	1230,00	1390,00	1600,00	1380,00
Sólidos Totais (mg/L)	156,50	226,50	197,20	326,50	247,20	273,20	402,00	299,60	230,80	369,60	251,20	221,20	194,40	305,00	400,80	492,40	674,00	604,00
Ferro total (mg/L)	3,49	2,67	3,22	4,58	3,03	3,49	2,30	2,12	1,65	3,20	3,10	2,95	3,01	3,52	4,69	2,02		
Cálcio (mg/L)	8,30	6,65	6,45	10,60	10,95	15,50	39,60	23,20	20,30	14,10	14,20	18,80	13,20	14,00	18,30	15,70	34,40	18,00
Magnésio (mg/L)	2,65	3,10	3,65	4,20	4,02	3,78	4,90	5,59	6,70	3,62	4,38	3,52	3,56	5,10	5,95	16,90	14,60	14,60
Sódio (mg/L)	22,40	33,80	30,90	46,80	37,87	45,00	56,70	52,80	35,90	32,40	41,30	32,10	29,80	45,10	69,70	98,10	130,80	88,70
Potássio (mg/L)	4,40	2,94	8,64	10,10	7,45	6,60	12,00	10,60	9,10	7,90	8,40	5,80	5,90	7,20	17,70	27,70	47,30	41,20

Tabela A9. Bacia do rio Jaboatão - Variáveis físicas, químicas e bacteriológicas da água registradas no período set/97-fev/99 para a estação JB-75.

VARIÁVEIS	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV
Temperatura (°C)	27,00	28,50	29,50		29,50	30,50	30,00	30,00	28,50	27,00	26,50	26,00	26,50	27,50	28,00	29,00		
pH	6,70	7,50	7,30		6,90	7,30	7,00	7,20	7,00	6,90	7,10	6,90	7,20	7,10	7,90	7,70	7,00	
Turbidez (NTU)	11,00	16,00	12,00		6,10	5,10	6,00	9,00	15,00	9,00	16,00	16,00	17,00	20,00	20,00	12,00	24,00	
Alcal. (mg/L CaCO3)	57,70	73,60	94,90		120,50	110,40	145,60	170,70	105,40	89,00	105,40	93,50	110,00	115,00	125,00	155,00	336,30	
Cond. (uS/cm)	1045,00	5320,00	198,40		4730,00	16440,00	>20000,00	>20000,00	952,00	714,00	622,00	482,00	>20000,00	>20000,00	>20000,00	>20000,00	>20000,00	
Cloreto (mg/L)	301,70	1828,00	576,90		1631,00	6364,00	7710,00	8427,00	248,20	178,60	146,40	106,90	12296,00	10295,00	12653,00	10692,00	7455,00	
OD (mg/L)	2,80	6,30	8,30		0,60	2,80	1,60	1,60	0,80	0,40	0,00	0,00	4,40	4,00	3,60	2,80	3,00	
DBO (mg/L)	11,40	< 2,00	5,90		11,70	< 2,00	2,60	< 2,00	4,00	3,90	6,60	6,40	2,40	2,00	2,60	3,10	5,30	
Colifec. (NMP/100ml)	11000,00	>160000,00	1700,00		13000,00	3000,00	30000,00			90000,00	28000,00	50000,00	13000,00	50000,00	50000,00	8000,00		
Nitrato (ug/L)	211,00	155,00	28,00		30,00	40,00	43,00	2,00	14,00	17,00	36,00	30,00	127,00	368,00	173,00		120,00	
Fósforo (ug/L)								290,00	430,00	460,00	870,00	890,00	90,00	120,00	100,00	480,00	230,00	
Sólidos Totais (mg/L)	679,50	3922,00	1282,00		3447,00	13120,00	15750,00	16695,00	600,50	270,00	450,00	356,80	25064,00	21435,00	27135,00	21343,00	13772,00	
Ferro total (mg/L)	1,82	2,12	2,05		1,10	0,34	1,10	2,08	2,40	3,27	4,27	5,12	0,80	0,58	1,21	0,30		
Cálcio (mg/L)	13,10	41,60	13,80		34,20	110,40	171,00	157,10	19,60	15,20	17,10	15,20	220,00	240,00	212,00	213,60	156,00	
Magnésio (mg/L)	16,80	116,00	34,00		100,00	392,00	348,00	580,00	16,00	12,90	11,20	7,65	72,40	680,00	612,00	778,60	476,00	
Sódio (mg/L)	133,60	1021,00	305,50		842,90	3674,00	4435,00	4620,00	141,60	107,50	96,10	72,30	8320,00	5660,00	6780,00	5600,00	5600,00	
Potássio (mg/L)	7,00	29,20	15,20		37,30	81,20	140,00	147,60	15,80	10,20	10,90	10,70	193,60	173,60	242,00	183,00	155,50	

