



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE ATUAÇÃO TECNOLOGIA AMBIENTAL
E RECURSOS HÍDRICOS

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA
BACIA DO RIO JABOATÃO: SUGESTÃO DE
ENQUADRAMENTO PRELIMINAR

HELENA ALVES MOREIRA
Recife, 2007.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE ATUAÇÃO TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO JABOATÃO: SUGESTÃO DE ENQUADRAMENTO PRELIMINAR

Dissertação que apresenta à Pós-graduação em Engenharia Civil do Centro de Tecnologia e Geociência da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelo Prof. Dr. Edmilson Santos Lima, e co-orientada pela Prof. Dra. Maria de Lourdes Florêncio, como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, área e concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos.

Recife, PE
2007

M838d

Moreira, Helena Alves

Diagnóstico da qualidade ambiental da Bacia do Rio Jaboatão: sugestão de enquadramento preliminar / Helena Alves Moreira. - Recife: O Autor, 2007.

101 folhas, il : figs., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2007.

Inclui bibliografia e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Qualidade da água-Rio Jaboatão. 4. Recursos hídricos. Título.

UFPE

624

CDD (22. ed.)

BCTG/2007-125

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO JABOATÃO: SUGESTÃO DE ENQUADRAMENTO PRELIMINAR

Helena Alves Moreira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL

Aprovada por:



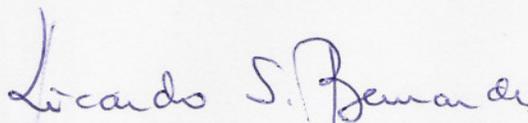
Professor Doutor Edmilson Santos de Lima, Ph. D.
(orientador)



Professora Doutora Maria de Lourdes Florêncio dos Santos, Ph. D.
(co-orientador e examinador interno)



Professora Doutora Letícia Maria de Oliveira, D. Sc.
(Examinador Interno)



Professor Doutor Ricardo Silveira Bernardes, Ph. D.
(Examinador Externo)

Recife, PE – Brasil
Março de 2007

*A minha FAMÍLIA e Toninho pelo amor, carinho,
paciência e compreensão quando muitas vezes estive
ausente nas suas vidas, no decorrer deste caminho.*

RESUMO

A Bacia do Rio Jaboatão, que juntamente com a Bacia do Rio Pirapama formam o grupo de pequenos rios litorâneos GL-2, situa-se na região da mata sul do Estado de Pernambuco. A bacia compreende parte dos municípios de Vitória de Santo Antão, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho e Recife. A quase inexistência de infra-estrutura sanitária na área de abrangência da bacia do rio Jaboatão, o lançamento de efluentes industriais inadequadamente tratados, a disposição inadequada dos resíduos sólidos e o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes químicos, principalmente motivados pelas culturas temporárias de cana de açúcar, faz com que a qualidade da água do rio esteja comprometida em diversos locais ao longo do seu curso.

A elaboração da dissertação teve como objetivo a avaliação da qualidade da água da Bacia do Rio Jaboatão com o intuito de subsidiar a futura realização do enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderante e propor um enquadramento preliminar, como hipótese de trabalho para o enquadramento definitivo.

O trabalho utilizou os resultados do programa de monitoramento da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recurso Hídricos – CPRH relativos aos anos de 1997 a 2005. Os resultados do monitoramento foram comparados com os valores dos limites das classes definidas pela resolução CONAMA 357/05. Foi utilizada a análise multivariada de dados através da técnica de projeção em componentes principais (PCA), e calculado o índice de qualidade da água (IQA) nesses dados, como também foi elaborado mapa em AutoCad Map, contendo informações de uso do solo, fontes poluidoras, usuários de água, pontos de coleta da CPRH, estações fluviométricas e pluviométricas.

Como resultado verifica-se que os parâmetros monitorados encontram-se na sua maioria fora do limite da classe 2, o IQA variou de aceitável a péssimo ao longo do rio e a análise multivariada dos dados mostrou que os parâmetros que mais influenciam a má qualidade do rio são o OD, a DBO e o Coliforme fecal, o que evidencia o pouco ou a falta de investimento em políticas de controle da poluição nesta bacia.

PALAVRAS-CHAVE: enquadramento, qualidade da água, bacia hidrográfica, Rio Jaboatão, IQA, análise multivariada, PCA.

ABSTRACT

The Basin of Jaboatão river together with the Basin of Pirapama river forms the group of small littoral rivers GL-2, is placed in the region of the south bush of the State of Pernambuco. In this basin are included part of the cities of Vitória de Santo Antão, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho and Recife. Almost the sanitary infrastructure inexistence in the area of all of the basin of the Jaboatão river, the launching of inadequately treaty industry effluent, the inadequate disposal of the solid waste and the indiscriminate use of agrotoxic and chemical fertilizers, mainly motivated for the temporary cultures of sugar cane, makes the quality of the water of the river is compromised in diverse places throughout its course.

The objective of this dissertation was the evaluation of the quality of the water of the Basin of Jaboatão river with intention to subsidize the future accomplishment of the framing of the water bodies in classes of preponderant use and to consider a preliminary framing, as hypothesis of work for the definitive framing.

The work used the results of the program of monitory of the State Agency of Environment and Water Resource - CPRH relative to the years of 1997 the 2005. The results of the monitory had been compared with the values of the limits of the classes defined for resolution CONAMA 357/05. It was used multivaried analysis of data through the technique of Principal Component Analysis (PCA), and calculated the index of quality of the water (IQA) in these data, as well as was elaborated map in AutoCad Map, contend information of use of the ground, polluting sources, using of water, points of collection of the CPRH, fluviometric station and data rain.

As result is verified that the monitored parameters meet in its majority are of the limit of class 2, the IQA varied of acceptable bad throughout the river and it analyzes it multivaried of the data showed that the parameters that more influence the bad quality of the river are the OD, the DBO and the fecal coliform, what evidences the little or lacks of investment in politics of control of the pollution in this basin.

PALAVRAS-CHAVES: framing, quality of the water, hydrograph basin, Jabotão river, IQA, multivariate analysis, PCA.

AGRADECIMENTOS

A Deus por colocar pessoas como estas no meu caminho; Antonius Feeburg Junior e Joana Aureliano;

A minha família, pelo amor, paciência e imenso apoio;

Aos professores Dr. Edmilson Lima e Dra. Lourdinha Florêncio, por terem sido além de professores, amigos e incentivadores;

A todo corpo docente do mestrado, que contribuiu para o meu desenvolvimento científico e pessoal;

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, pelas informações repassadas;

A Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente, por ter me dado a oportunidade de realizar o mestrado;

Aos meus amigos de trabalho, Fabio Aquino, Abigail Silveira, Antônio Rolim e Simone Freitas, pelo apoio dado durante essa jornada;

Aos meus amigos que usaram um BOM DIA como incentivo.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

LISTA SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

FACEPE – Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco

FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IQA – Índice de Qualidade de Água

ITEP – Instituto de Tecnologia de Pernambuco

LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco

MINTER – Ministério do Interior

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NSF – National Sanitation Foundation

PCA – Análise de Componentes Principais

RMR – Região Metropolitana do Recife

SECTMA – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

Dedicatória	
Resumo	
Abstract	
Agradecimentos	
Lista de Siglas	
Índice de Figura	
Índice Fotos	
Índice de Tabelas	
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1 Objetivo Geral.....	04
2.2 Objetivos Específicos.....	04
3. METODOLOGIA.....	04
4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO RIO JABOATÃO.....	07
5. ASPECTOS LEGAIS.....	17
6. USOS DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JABOATÃO.....	22
6.1 Industrial.....	23
6.2 Consumo Humano/Abastecimento Público.....	25
6.3 Irrigação.....	26
6.4 Lazer.....	27
7. FONTES POLUIDORAS NA BACIA DO RIO JABOATÃO.....	28
7.1 Despejos Líquidos Industriais.....	28
7.2 Despejos Líquidos Domésticos.....	29
7.3 Resíduos Sólidos Industriais.....	32
7.4 Resíduos Sólidos Urbanos.....	32
7.5 Outras Fontes Poluentes.....	33
8. QUALIDADE DA ÁGUA.....	35
8.1 Plano de monitoramento.....	36
8.1.1 Local de amostragem.....	37
8.1.2 Procedimento de coleta.....	37
8.1.3 Frequência e período de amostragem.....	38

8.2 Monitoramento da qualidade da água realizado no estado de Pernambuco.....	39
8.2.1 Planejamento.....	39
8.2.2 Locação das estações.....	40
8.2.3 Coleta e análise.....	40
8.2.4 Parâmetros.....	40
8.2.5 Tratamento dos dados e disponibilização dos resultados.....	41
8.3 Análise da situação do monitoramento da qualidade da água nos estados Brasileiros.....	41
8.3.1 Aspectos analisados.....	41
8.3.2 Critérios de classificação dos estados.....	43
8.3.3 Classificação dos estados.....	43
8.4 Monitoramento da qualidade da água realizado na Bacia do Rio Jaboatão.....	47
8.5 Análise dos Resultados dos Monitoramentos de Qualidade da Água.....	49
8.5.1 Temperatura.....	50
8.5.2 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	51
8.5.3 Oxigênio Dissolvido (OD).....	52
8.5.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	54
8.5.5 Condutividade Elétrica	55
8.5.6 Cloreto.....	57
8.5.7 Salinidade.....	58
8.5.8 Fósforo.....	59
8.5.9 Amônia.....	60
8.5.10 Coliformes.....	61
9. INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	67
9.1 Índice de Horton.....	69
9.2 Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Soudation (IQA-NSF).....	70
9.3 Índice de Toxidez (It).....	72
9.4 Índice de Prati.....	72
9.5 Índice de Dinius.....	73
9.6 Índice de Smith.....	74
9.7 Calculo do IQA.....	77

10. MÉTODOS MULTIVARIADOS.....	81
10.1 Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA).....	81
10.2 Regressão Linear múltipla de componentes principais.....	83
10.3 Análise de componentes principais (PCA).....	83
10.4 Análise estatística de dados de monitoramento das águas da Bacia do Rio Jaboatão.....	85
11. SUGESTÃO DE ENQUADAMENTO DOS CORPOS DE AGUA PARA A BACIA DO RIO JABOATÃO	92
12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

ANEXO

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº		
1	– Mapa de localização do grupo de pequenos rios litorâneos GL-2.....	07
2	– Mapa da Bacia do Rio Jaboatão e divisão municipal.....	08
3	– Imagens de satélite da Lagoa Olho D’água.....	13
4	– Temperaturas médias anual	14
5	– Precipitação média mensal na estação pluviometria Jaboatão dos Guararapes, no período de 1993-2005.....	15
6	– Distribuição dos usos da água na bacia do Rio Jaboatão	23
7	– Distribuição da captação de água por uso industrial por município.....	25
8	– Situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil.....	45
9	– Mapa de qualidade das bacias monitoradas pela CPRH	46
10	– Variação da temperatura ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	50
11	– Variação de pH ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	52
12	– Concentração de OD ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	53
13	– Concentração de DBO ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	55
14	– Concentração de condutividade elétrica ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	56
15	– Concentração de cloreto ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	58
16	– Concentração de salinidade ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 2002- 2005.....	59
17	– Concentração de fósforo ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	60

18 – Concentração de amônia ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	61
19 – Concentração de coliforme fecal ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.....	62
20 – Detalhe do mapa estação JB-10.....	64
21 – Detalhe do mapa estação JB-20, JB-35 e JB-41.....	64
22 – Detalhe do mapa estação JB-55.....	65
23 – Variação temporal de Coliforme.....	66
24 – Variação temporal de OD.....	66
25 – Variação espacial e temporal do IQA no Rio Jaboatão.....	79
26 – Localização dos pontos de coleta.....	80
27 – Diagrama de similaridade.....	82
28 – Representação gráfica de uma componente principal.....	84
29 – DBO na Bacia do Rio Jaboatão.....	87
30 – Cloreto na Bacia do Rio Jaboatão.....	87
31 – Pesos das componentes principais.....	91
32 – Escores das componentes principais.....	91

ÍNDICE DE FOTOS

Nº	
1 – Nascente do Rio Jaboatão.....	09
2 – Aterro controlado da Muribeca.....	10
3 – Reservatório duas Unas.....	12
4 – Ponto de captação de indústria de papel em Jaboatão dos Guararapes.....	24

5 – Ponto de captação de indústria de malhas em Jaboatão dos Guararapes..	24
6 –Ponto de captação da barragem da COMPESA.....	27
7 – Irrigação por aspersão móvel.....	26
8 – Sistema de tratamento de indústria localizada em Jaboatão dos Guararapes.....	28
9 – Lançamento de esgoto “in natura” no Rio Jaboatão.....	30
10 - Lançamento lixo doméstico no Rio Jaboatão.....	32
11 – Ponte sobre o Rio Jaboatão.....	34

ÍNDICE DE TABELA

Nº

1 – Área dos municípios incluído na Bacia do Rio Jaboatão.....	08
2 – População dos municípios que compõem a Bacia do Rio Jaboatão.....	11
3 –Uso da água por município.....	22
4 – Áreas cultivadas com cana-de-açúcar por usina.....	26
5 – Carga orgânica potencial e remanescente total na bacia do Rio Jaboatão.....	31
6 – Classificação dos Estados.....	44
7 – Descrição das estações de amostragem da rede de monitoramento da CPRH na Bacia do Rio Jaboatão.....	48
8 – Comparação entre os IQA´s.....	75

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes de qualidade tem por objetivo assegurar a qualidade requerida para os usos preponderantes, sendo mais restritivos quanto mais nobre for o uso pretendido e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Há de se considerar também que o enquadramento dos corpos da água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir ou serem mantidos, para atender às necessidades da comunidade.

De acordo com esta mesma lei, o Comitê de Bacia Hidrográfica é o responsável pela aprovação da proposta de enquadramento dos corpos de água em classes de uso, para posterior encaminhamento ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos Estadual. O enquadramento deve ser elaborado de acordo com a Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005, que substitui a Resolução CONAMA nº20/86.

O enquadramento dos cursos de água estaduais foi feito através do Decreto nº 11.760 de 27 de agosto de 1986, com base na classificação estabelecida pelo Decreto nº 7.269 de 05 de junho de 1981. O Decreto nº 7.269 regulamenta a Lei nº 8.361, de 26 de setembro de 1980, que por sua vez dá nova redação a dispositivos da Lei nº 7.541 de 12 de dezembro de 1977. No entanto, como as Leis nº 8.361 e 7.541 não tratavam do enquadramento, o Decreto nº 7.269 não poderia regular um assunto não tratado na Lei, e conseqüentemente o Decreto 11.760 foi revogado. Atualmente, no Estado de Pernambuco, a classificação dos corpos d'água superficiais é estabelecida pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. No Art. 42, da mencionada Resolução, encontra-se a citação “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1.” Em parte, um dos motivos da pouca utilização do enquadramento se deve à própria deliberação que prevê esse artigo. Se por um lado a norma procurou trabalhar de forma diferenciada cada bacia hidrográfica com suas peculiaridades, por outro, jogou tudo por terra ao considerar todos os corpos d'água como Classe 1 ou 2 sem fixar um prazo para o reenquadramento.

Com a revogação do Decreto nº 11.760, que enquadrava os cursos de água estaduais, o gerenciamento dos recursos hídricos perdeu um poderoso instrumento no controle da poluição das águas, uma vez que o enquadramento visa assegurar a qualidade das águas compatível com os usos mais exigentes e diminuir os custos de combate à poluição. A outorga de direito de uso da água e o licenciamento ambiental estão condicionados a classe em que o corpo de água está enquadrado. A falta do enquadramento dos corpos de água compromete o gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de Pernambuco.

A poluição das águas origina-se de fontes variadas, dentre as quais destacam-se os efluentes domésticos, os efluentes industriais e o deflúvio superficial agrícola, estando portanto associada, principalmente, ao tipo de uso e ocupação do solo. Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carregam, sendo que os esgotos domésticos apresentam contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias. Já a grande diversidade de indústrias existentes, faz com que haja uma variabilidade mais intensa nos contaminantes lançados aos corpos d'água, incluindo-se os já citados e muitos outros que dependem das matérias primas e dos processos industriais utilizados.

Em contraste com o aumento populacional, os investimentos em saneamento básico (água, esgoto, drenagem e lixo) não crescem na mesma proporção. Para se ter uma idéia, no Estado de Pernambuco, apenas 30% dos domicílios da Região Metropolitana do Recife (RMR) estão ligados à rede pública de coleta de esgoto sanitário e desse total, menos da metade recebe algum tipo de tratamento. A maior parte é lançada *in natura* no meio ambiente. A maioria da população utiliza fossas sépticas, ou mesmo joga seus resíduos na rede de drenagem ou nos logradouros. Tal situação conduz à poluição das massas hídricas, degradação dos recursos ambientais e à formação de focos de veiculação de doenças como cólera, filariose, hepatite, febre tifóide e dengue (IBGE, 2000).

A quase inexistência de infra-estrutura sanitária na área de abrangência da bacia do rio Jaboatão, faz com que sejam muitos os pontos de poluição ao longo do rio. Soma-se a este fato o lançamento de efluentes industriais inadequadamente tratados, a disposição inadequada de resíduos sólidos e o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes químicos, principalmente motivados pelas culturas temporárias de cana de açúcar, aumentando o impacto sobre as águas do rio Jaboatão.

Logo, a importância de se estudar a bacia do rio Jaboatão advém de fatos como ser esta uma das mais importantes do Estado, com uma população estimada em cerca de 446.426 habitantes (CPRH,2001) além de ser uma bacia com grande potencial econômico dentro do estado de Pernambuco. Apresentando um caráter fortemente metropolitano, com um grande número de indústrias. Outro ponto importante é o da existência da Barragem Duas Unas, atualmente a segunda maior barragem em vazão aduzida (cerca de 1000 L/s) para o abastecimento público da RMR. Em contraste com sua capacidade de desenvolvimento econômico e social, a bacia do rio Jaboatão tem sido uma das que mais sofre com a degradação ambiental e a poluição dos seus rios devido à inexistência de um programa de gestão ambiental e hídrico eficaz.

De acordo com a Resolução CNRH nº 12, de 19 de julho de 2000, que estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, para a elaboração da proposta de enquadramento observa-se as seguintes etapas; elaboração do diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia, como também a elaboração do prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia.

Nesse estudo, foi realizada uma avaliação dos recursos hídricos e dos parâmetros de qualidade da água na bacia do rio Jaboatão, a fim de dar subsídios para a definição de uma proposta de enquadramento da Bacia.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Devido à revogação do Decreto nº 11.760, que enquadrava os cursos de água estaduais, e a importância de se estudar a bacia do rio Jaboaão, por esta ser uma das mais importantes do Estado, o objetivo geral da pesquisa foi realizar uma avaliação dos recursos hídricos da bacia do rio Jaboaão, propor uma divisão em sub-bacias baseada num enquadramento preliminar, e sugerir futuros estudos para elaboração de uma proposta de enquadramento definitivo para a bacia.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterização da bacia do rio Jaboaão;
- Levantamento dos aspectos legais;
- Levantamento dos usuários de água;
- Identificação das fontes poluidoras;
- Avaliação do estado atual dos corpos hídricos;
- Apresentar mapa do uso e ocupação do solo, contendo as fontes poluidoras, pontos de captação de água e pontos de amostragem de água georeferenciados, como suporte para a avaliação da qualidade da água;
- Apresentar sugestão de enquadramento preliminar.

3. METODOLOGIA

Tendo em vista os objetivos expostos, o procedimento adotado na pesquisa contou, de forma geral, de seis etapas:

1 – Levantamento de dados; nessa fase foi realizada a revisão do material bibliográfico referente à caracterização da bacia do rio Jaboatão, legislação sobre enquadramento e classificação dos corpos de água, qualidade da água, índices de qualidade da água e métodos estatísticos, como também foi realizado o levantamento cartográfico sobre o uso do solo da Bacia, levantamento de dados de pluviometria, fontes poluidoras, usuários da água e qualidade da água na Bacia do rio Jaboatão, na Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), na Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio ambiente (SECTMA), no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) e na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

2 – Desenvolvimento do mapa Georeferenciado; após o levantamento de dados foi inserido no mapa de uso e ocupação de solo da bacia do rio Jaboatão as estações de monitoramento da CPRH, as fontes poluidoras e pontos de lançamento de efluente, os pontos de captações de água e os postos pluviométricos.

3 – Análise dos dados; com os dados de pluviometria analisamos a interferência do clima nas condições ambientais da bacia, o mesmo ocorreu com os dados de fontes poluidoras e usuários da água. Com os dados de qualidade da água foram realizadas análises estatísticas, tanto de forma isolada por parâmetro de qualidade, como também, com todos os parâmetros juntos, para isso foi utilizada a análise multivariada de dados empregando a técnica de componentes principais (PCA). Com esses dados foram realizados, também, o cálculo do índice de qualidade da água (IQA). O mapa desenvolvido serviu de suporte para a consolidação da análise dos dados.

4 – *Sugestão de enquadramento preliminar*; a análise de dados permitiu o conhecimento atual das condições ambientais da bacia, assim foi possível realizar uma proposta preliminar de enquadramento.

5 – *Redação da dissertação*: após a conclusão dos trabalhos relativos a levantamento e análise de dados foi realizada a redação final da dissertação.

A bacia do Rio Jaboatão drena áreas dos municípios de Vitória de Santo Antão, Jaboatão, Moreno, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho e Recife (tabela 1 e figura 2).

Tabela 1 – Área dos municípios incluído na Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão.

MUNICÍPIOS	ÁREA PERTECENTE A BACIA	
	km ²	%
Recife	4	0,9
Jaboatão dos Guararapes	225	50,9
São Lourenço da mata	46	10,4
Moreno	98	22,2
Cabo de Santo Agostinho	27	6,1
Vitória de Santo Antão	42	9,5
TOTAL	442	100

Fonte: CPRH/FACAPE. 2001.

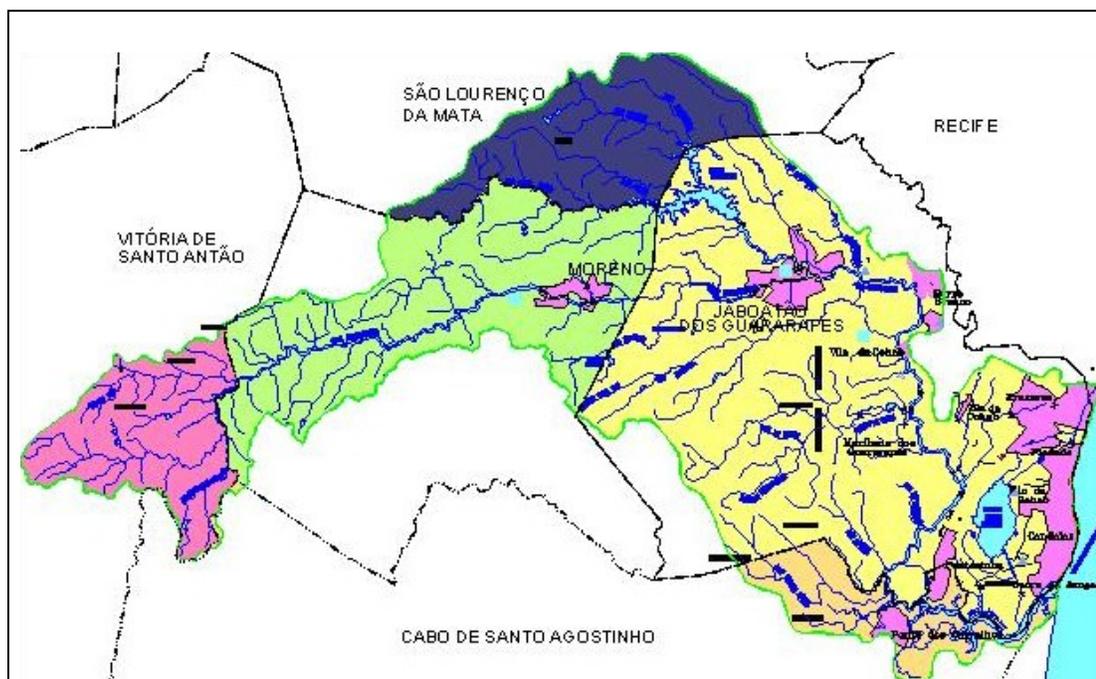


Figura 2 – Mapa da Bacia do Rio Jaboatão e divisão municipal.

O Rio Jaboatão nasce no município de Vitória de Santo Antão, em terras à montante do Engenho Pedreira (foto1). Seus principais afluentes tributários, pela margem da direita são: Riacho Laranjeiras, Rio Carnijó, Rio Suassuna e o Rio Zumbi. E pela margem esquerda recebe a contribuição do Riacho Limeira, do Riacho Duas Unas (seu principal afluente) e Rio Mussafba. É uma bacia estreita em sua parte inicial, até as proximidades da cidade de Moreno, alargando-se à medida que se aproxima do litoral.

Foto 1 – Nascente do Rio Jaboatão.



A Bacia do Rio Jaboatão tem uma área de drenagem de 442 km², perímetro de 129 km e comprimento do rio principal de 75 km, uma população estimada em mais de 400.000 habitantes, com características de uma bacia urbana (tabela 2). Possui áreas urbanas densamente povoadas, principalmente no município de Jaboatão dos Guararapes (ao longo da BR-101 e BR-232, nas áreas de morro, na região costeira, principalmente em Barra de Jangada, Piedade e nas áreas de planície de inundação), extensas áreas de monocultura (cana-de-açúcar), importante distrito industrial, áreas de proteção ambiental (Mata do Engenho Jardim e o estuário do Rio Jaboatão), reservas ecológicas (Mata do Eng. Jangadinha, Mata de Mussaíba, Mata do Manassu e Mata do Eng. Salgadinho localizadas no município de Jaboatão dos Guararapes e o Eng. Moreninha localizado no município de Moreno), sítios históricos e o aterro controlado da Muribeca, localizado no município de Jaboatão dos Guararapes. O aterro controlado da Muribeca possui área de 60 hectares, recebe cerca de 3000 toneladas/dia de resíduo sólido proveniente dos municípios de Jaboatão dos Guararapes e Recife. Sua operação teve início em 1985 e funcionou até 1994, como um depósito de resíduos a céu aberto (lixão). Nesse ano, começou o processo de biorremediação da área, que consistiu na transformação do lixão em um aterro sanitário (foto2).



Foto 2 –Aterro controlado da Muribeca.

Tabela 2 – População dos municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL	POPULAÇÃO NA ÁREA DA BACIA
Jaboatão dos Guararapes	581.556	568.474	13.082	400.211
Moreno	49.205	38.294	10.911	16.356
Vitória de Santo Antão	117.609	99.342	18.267	2.387
São Lourenço da Mata	90.402	83.543	6.859	1.909
Recife	1.422.905	1.422.905	0	24.618
Cabo de Santo Agostinho	152.977	134.486	18.491	945
			TOTAL	446.426

Fonte: IBGE, 2000. CPRH/FACEPE, 2001.

Estudos realizados na bacia (PQA, 1997) mostram que a vazão mínima dos cursos de água é da ordem de 300 m³/dia/km² e, que a descarga regularizada situa-se em torno de 1.000 m³/dia/km².

O reservatório Duas Unas (foto 3), localizado no Engenho Duas Unas, município de Jaboatão dos Guararapes, é responsável juntamente com o reservatório de Tapacurá pelo abastecimento de quase 60% da RMR. O reservatório Duas Unas possui uma área de drenagem de cerca de 300 km², um espelho d'água com aproximadamente 1,3 km², apresentando volume máximo de 24.000.000 m³ e profundidade máxima de 18 m. Embora mais protegido dos lançamentos de esgotos doméstico que o rio Jaboatão, o reservatório Duas Unas localiza-se em área onde predomina plantação de cana de açúcar, pequenos vilarejos e algumas áreas desmatadas, sofrendo assim impactos negativos na qualidade da água de seu manancial.

De acordo com SANTOS (2000), o estado trófico do reservatório Duas Unas, baseado no modelo simplificado de SALAS E MARTINO (1991), que utiliza o balanço de massa do fósforo no reservatório, apresenta-se em estado inicial de eutrofização. Este dado é confirmado através da análise da curva de distribuição probabilística de estado trófico para lagos tropicais baseada no fósforo total.

Os maiores condicionantes do processo de eutrofização são: os lançamentos de efluentes domésticos e industriais ricos em nutrientes, decorrentes do processo desordenado de urbanização das grandes cidades; as características edáficas das regiões onde encontram-se os mananciais, por muita vezes em solos ricos em micro e macro nutrientes e o uso indiscriminado de fertilizantes ou de defensivos agrícolas, que terminam sendo carregados para o corpo d'água.

Logo, a necessidade de serem implantadas, a curto e médio prazo, ações corretivas no reservatório de Duas Unas, torna-se evidente. E uma das possibilidades é o controle do aporte de nutrientes, em especial de fósforo.

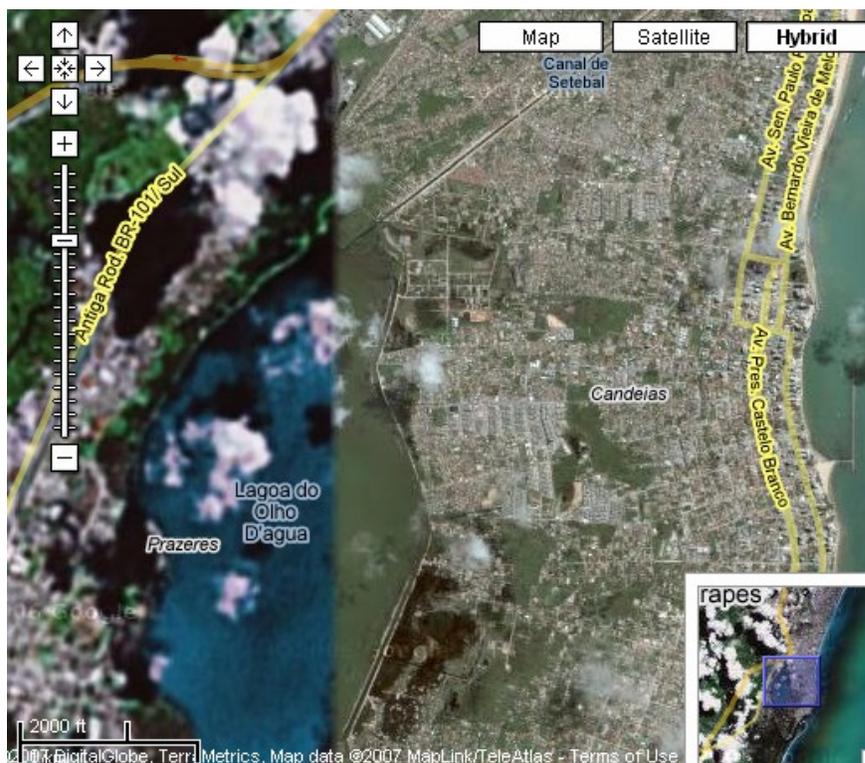
Foto 3 – Reservatório Duas Unas.



Fonte: COMPESA.

Na porção sudeste do município de Jaboatão dos Guararapes, e a 17 km da cidade do Recife, está situada a Lagoa Olho D'Água (também denominada de Lagoa do Náutico ou Lagoa das Garças) (figura 3), com uma área aproximadamente de 3,7 km², possui dois canais artificiais um a norte, o Canal de Setúbal, e outro a sul, o Canal Olho D'água. É uma lagoa formada numa depressão entre duas barreiras arenosas e alongadas e atingindo 1,50 m de profundidade na área central.

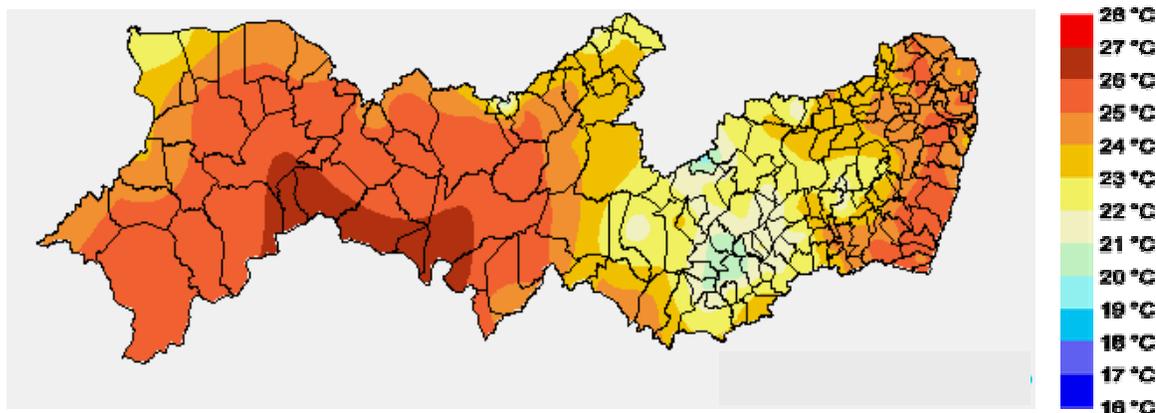
A ocupação desordenada da área do entorno da lagoa trouxe como consequência o acúmulo de resíduos sólidos e o assoreamento da lagoa, o que tem provocado inundações, eutrofização, e danos ao ecossistema local. A eutrofização também tem atingido os dois canais artificiais presentes na área, sobretudo, o canal de Setúbal.



Fonte: <http://maps.google.com>

Figura 3 – Imagem de satélite da lagoa Olho D'água.

A bacia do Rio Jaboatão situa-se numa área de predomínio do clima As' (quente e úmido com chuvas de outono-inverno) segundo a classificação internacional Köppen, com temperatura média anual em torno de 25° (figura 4).



Fonte: LAMEPE – ITEP, 2006.

Figura 4 – Temperaturas médias anual.

O Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE) do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), órgão responsável pela operação da Rede de Estações Meteorológicas no Estado, possui atualmente uma estação pluviométrica na Bacia do Rio Jaboatão, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes. De acordo com dados pluviométricos coletados (no período de 1997 a 2005) no LAMEPE, a precipitação média mensal na região é de 129 mm, com maior precipitação (366 mm) ocorrendo no mês de junho e menor precipitação (22 mm) ocorrendo no mês de novembro (figura 5). Para os valores de precipitação anuais da série em análise, o ano 2000 foi o que apresentou a maior média anual com valor 225mm e o ano de 1999 a menor média anual com valor de 60mm.

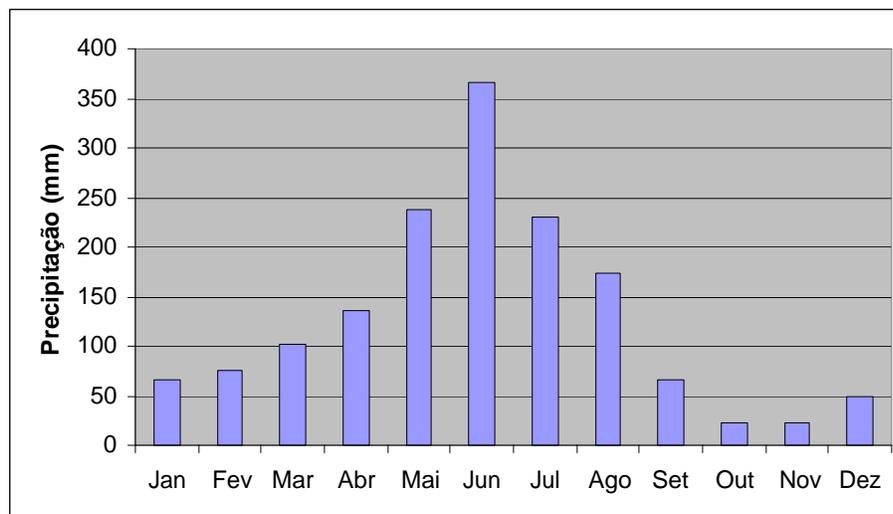


Figura 5 –Precipitação média mensal na estação pluviométrica Jaboatão dos Guararapes, no período de 1997-2005.

A área da bacia hidrográfica do rio Jaboatão é constituída por rochas Pré-cambrianas do embasamento cristalino (90%), rochas sedimentares e sedimentos de cobertura terció-quaternária.

As rochas cristalinas Pré-Cambrianas constituem um substrato formados por granitos, migmatitos, gnaisses e cataclasitos, rochas ricas em quartzo e fedspato, contendo também biotitas, homblendas e outros minerais secundários.

As rochas do embasamento ocorrem na área do alto e médio Jaboatão, enquanto as rochas sedimentares e os sedimentos treco-quartenarios ocorrem no baixo curso do rio Jaboatão.

As rochas sedimentares ocupam toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, assim aparecendo na borda leste da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão.

Entre as unidades geomorfológicas encontradas na bacia dão-se destaque ao *modelado cristalino* (ocupa a maior parte da bacia, formado pelas chãs e morros de topos arredondados), *tabuleiros costeiros* (relevo predominantemente plano a suavemente ondulado) e a *faixa*

litorânea que compreende os seguintes domínios geomórficos; terraços (apresenta altitudes variando entre 2 a 8 m, apresentando dois níveis distintos o terraço superior, Terraço Marinho Pleitocênico, e o terraço inferior, Terraço Marinho Holocênico) e planície do qual fazem parte formas marinhas (praia, restinga e recifes de arenito), formas fluviais (planície e terraços) e formas de transição (mangue, banco de areia, planície flúvio-lagunar e os depósitos de assoreamento).

5. ASPECTOS LEGAIS

No Brasil, o enquadramento de corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, foi inicialmente instituído pela portaria n° GM 0013/76, do Ministério do Interior, substituída em 1986 pela resolução n°20 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

A Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, definiu o enquadramento dos corpos de água em classes, como um dos cinco instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Segundo a citada lei o enquadramento dos corpos d'água, em classes de qualidade tem por objetivo assegurar a qualidade requerida para os usos preponderantes, sendo mais restritivos quanto mais nobre for o uso pretendido, e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Há de se considerar também que o enquadramento dos corpos da água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir ou serem mantidos, para atender às necessidades da comunidade.

De acordo com esta mesma lei, o Comitê de Bacia Hidrográfica é o responsável pela aprovação da proposta de enquadramento dos corpos de água em classes de uso, para posterior encaminhamento ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos Estadual.

Na Bacia do Rio Jaboatão o Comitê de Bacia Hidrográfica (COBH/Jaboatão) foi criado em 15 de março de 2001 e sua homologação se deu através da resolução n.º03 de 24 de setembro de 2002 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Desde então, realiza reuniões sistemáticas e mensais, e vem se firmando como fórum de debate e decisões sobre as questões da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão.

O COBH/Jaboatão é constituído por 30 membros, e representativo dos 06 Municípios participantes da bacia hidrográfica (Moreno, Jaboatão dos Guararapes, Recife, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão). Na sua composição têm representantes dos Usuários de Águas e da Sociedade Civil Organizada na área de abrangência da bacia, na proporção de 50% do total de integrantes; do Poder Público Municipal (Executivo e Legislativo) da área de abrangência da bacia; do Poder Público

Estadual, Administração Direta e Indireta, envolvidos diretamente com os Recursos Hídricos; de Órgãos do Governo Federal envolvidos direta e/ou indiretamente com Recursos Hídricos. A representação dos poderes públicos, Municipal, Estadual e Federal corresponde aos outros 50% do colegiado. Sua estrutura executiva é composta por 1 (um) Presidente, 1 (um Vice-presidente) e 1 (um) Secretário Executivo, eleitos por maioria simples, para um mandato de 2 (dois) anos, renováveis por mais um período.

As ações prioritárias do COBH/Jaboatão são: elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos; levantamento Sócio-Econômico; fortalecimento da atuação dos órgãos fiscalizadores como CPRH, SECTMA, CIPOMA e IBAMA; cadastramento dos usuários; criação de câmaras Técnicas / Grupos de Trabalhos para dar suporte ao Comitê nas questões de conflitos de uso da água e outros assuntos de interesse do Comitê; monitoramento da qualidade e quantidade das águas; apoiar e assessorar os municípios na obtenção de recursos para efetivação de sistemas de coleta e tratamento de resíduos sólidos e esgotamento sanitário; cobrar a efetivação da fiscalização das indústrias no lançamento de seus efluentes; fortalecer o papel do COBH/Jaboatão como um fórum permanente; articular e mobilizar prefeituras e órgãos para reflorestamento das áreas de preservação da Bacia; articular e solicitar dos órgãos competentes identificação e quantificação dos produtos agrotóxicos e fertilizantes; verificar o cumprimento da legislação referente ao uso de agrotóxico; cobrar dos órgãos fiscalizadores quanto ao cumprimento da lei de uso do solo; promover a integração dos órgãos gestores das políticas agrícolas e empresas implantadas na bacia (fazendas, usinas, destilarias); educação Ambiental; incentivo à pesquisa e trabalhos universitários referentes à Bacia Hidrográfica do rio Jaboaão.

O enquadramento deve ser elaborado de acordo com a Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005, que substitui a Resolução CONAMA n°20/86. Os procedimentos para o enquadramento dos cursos d'água em classes de qualidade definindo as competências para elaborar / aprovar a respectiva proposta e as etapas a serem observadas são estabelecidos pela Resolução CNRH n° 12, de 19 de julho de 2000 (Conselho Nacional de Recursos Hídricos /CNRH, 2000).

As entidades envolvidas no processo decisório de enquadramento são; Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA/MMA, Conselho Nacional e Estadual de Recursos Hídricos,

Secretaria de Recursos Hídricos – SRH/MMA, Agência Nacional de Águas – ANA/MMA, Comitês de Bacia Hidrográfica, Agências de Água, órgãos estaduais de recursos hídricos e meio ambiente, representantes dos usuários de água e da sociedade civil.

O CONAMA é a instância responsável por normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com vistas ao uso racional de recursos ambientais, principalmente os hídricos (Portaria n.º6, de 15 de dezembro de 1994).

O IBAMA/MMA é o órgão executor do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA e tem a atribuição de dar apoio ao Ministério do Meio Ambiente - MMA na execução da Política Nacional de Meio Ambiente. É também responsável pela proposição de normas e padrões de qualidade ambiental e pelo disciplinamento, cadastramento, licenciamento, monitoramento e fiscalização dos usos e acessos aos recursos ambientais, bem como pelo controle da poluição e do uso de recursos hídricos em águas de domínio da União (Decreto n.º 3.059, de 14 de maio de 1999).

Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, de acordo com a Lei n.º 9.433/97: Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, Conselhos do Distrito Federal e Estaduais de Recursos Hídricos, Secretaria Executiva do CNRH, Comitês de Bacia Hidrográfica, Agências de Água, órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos e organizações civis de recursos hídricos. Pela Lei n.º 9.984/00, recentemente foi criada a Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

O órgão de maior hierarquia na estrutura do Sistema Nacional de Recursos Hídricos é o CNRH. Compete ao CNRH estabelecer diretrizes complementares para implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e aplicar seus instrumentos (Lei n.º 9.433/97). Em âmbito nacional, o CNRH aprova o enquadramento dos corpos de água em consonância com as diretrizes do CONAMA, de acordo com a classificação estabelecida na legislação ambiental (Decreto n.º 2.612/98).

A Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente é órgão coordenador e supervisor da política de recursos hídricos. Cabe à SRH, como Secretaria

Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, apoiar o Conselho no estabelecimento de diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e aplicação de seus instrumentos, e instruir os expedientes provenientes dos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Comitês de Bacia Hidrográfica (Decreto n.º 2.612/98).

Compete à Agência Nacional de Águas - ANA disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e propor ao CNRH incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos (Lei n.º 9.984/2000). As contribuições quanto ao instrumento de enquadramento serão definidas oportunamente.

No âmbito de bacia hidrográfica, reconhecem-se os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências da Água como instâncias atuantes na gestão das águas. O Comitê é um foro democrático responsável pelas decisões a serem tomadas na bacia e a Agência é reconhecida como braço executivo do Comitê. Os Comitês e suas Agências de Água procuram solucionar conflitos de usos da água na bacia e dependem da política formulada pelo CNRH ou CERH e pelos órgãos federais e estaduais gestores de recursos hídricos e de meio ambiente.

Compete às Agências de Água, no âmbito de sua área de atuação, propor, ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica, o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao Conselho Nacional ou Conselho Estadual ou do Distrito Federal de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes. Consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas poderão receber delegação dos Conselhos, por prazo determinado, para exercer funções de competência das Agências de Água, enquanto esses organismos não estiverem constituídos.

Órgãos estaduais gestores de recursos hídricos e de controle ambiental, municípios, usuários e sociedade civil têm direito a voz e voto no Comitê de Bacia Hidrográfica nas decisões referentes aos recursos hídricos na bacia. Os órgãos estaduais de meio ambiente e de recursos hídricos recebem diretrizes do CNRH ou CERH e têm como competências o controle, o monitoramento e a fiscalização dos corpos de água.

O enquadramento é muito importante para o planejamento integrado de uma bacia hidrográfica e traz benefícios sócio-econômicos e ambientais para as populações que moram

na região. As propostas de enquadramento deverão ser elaboradas de maneira participativa e descentralizadas para os corpos hídricos de bacia.

O enquadramento dos cursos de água estaduais foi feito através do Decreto nº 11.760 de 27 de agosto de 1986, com base na classificação estabelecida pelo Decreto nº 7.269 de 05 de junho de 1981. O Decreto nº 7.269 regulamenta a Lei nº 8.361, de 26 de setembro de 1980, que por sua vez dá nova redação a dispositivos da Lei nº 7.541 de 27 de dezembro de 1977. No entanto, como as Leis nº 8.361 e 7.541 não tratavam do enquadramento, o Decreto nº 7.269 não poderia regular um assunto não tratado na Lei, e conseqüentemente o Decreto 11.760 foi revogado. Atualmente, no Estado de Pernambuco, a classificação dos corpos d'água superficiais é estabelecida pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que em seu artigo 42, estabelece que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1.”

6. USOS DA ÁGUA NA BACIA DO RIO JABOATÃO

O levantamento dos usuários da água da bacia do Rio Jaboatão foi elaborado a partir do cadastro de usuários outorgados ou em processo de outorga elaborado pela Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA. Atualmente o banco de dados apresenta 65 usos distribuídos no pequeno grupo de bacias litorâneas GL-2, onde a bacia do Rio Jaboatão está inserida. Desses 65, apenas 24 fazem parte da bacia do rio Jaboatão e estão distribuídos entre os municípios de Moreno, Jaboatão dos Guararapes e Vitória de Santo Antão. A tabela 3 mostra a distribuição de usos por município.

Tabela 3 – Usos da água por município.

MUNICÍPIO	USOS DA ÁGUA				
	Uso Industrial	Consumo Humano e Abast. Público	Irrigação	Lazer	TOTAL
Moreno	02	05	02		09
Jaboatão dos Guararapes	07	04	01	01	13
Vitória de Santo Antão	01		01		02
TOTAL	10	09	04	01	24

O banco de dados traz as seguintes informações: município, localidade, latitude, longitude, curso d'água, finalidade de uso, vazão requerida, vazão outorgada da água dentre outras informações. A vazão outorgada atualmente é de 620,25 l/s. Posteriormente ao levantamento de dados foi realizada a conversão do sistema de coordenadas geográficas para o sistema de coordenadas UTM (utilizando o programa GT-87) e em seguida o lançamento dos usos identificados na base cartográfica (mapa em anexo) utilizando o programa AutoCad.

Os usos da água levantados na bacia do Rio Jaboatão foram: consumo humano/abastecimento público; irrigação; industrial e lazer. Os dados analisados mostram que o uso predominante na bacia é o industrial seguido do consumo humano, enquanto que o lazer é o uso menos freqüente (figura 6).

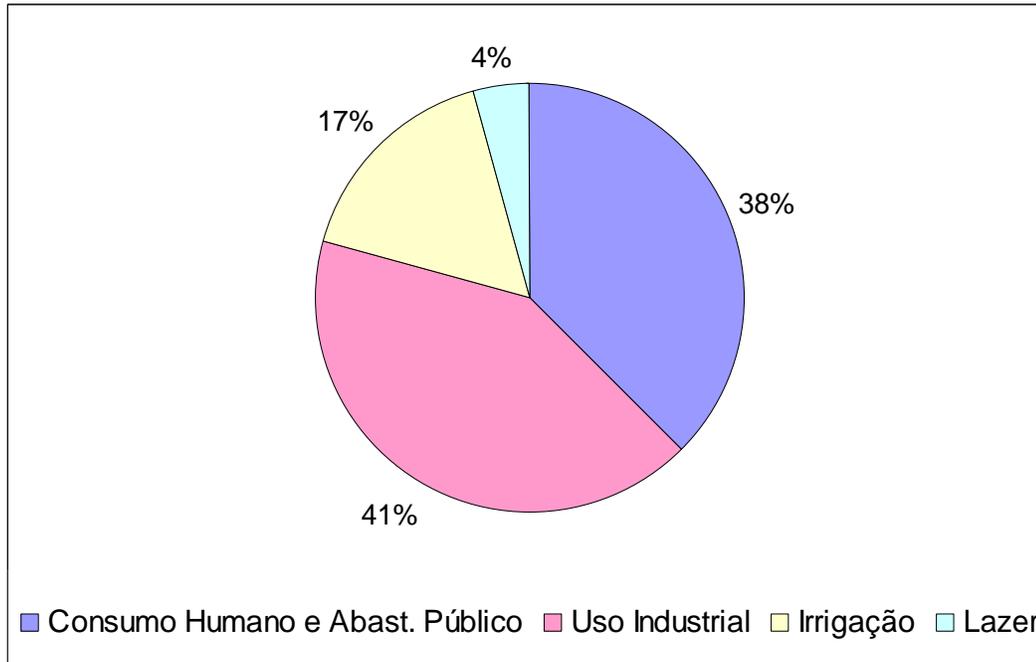


Figura 6 – Distribuição dos usos da água na bacia do Rio Jaboatão.

6.1 Industrial

A água utilizada nos processos industriais pode ser definida como a água que entra em contato direto com os produtos intermediários, ou mesmo com o produto final, e pode ser subdividida nas frações de água agregada ao produto final e na água que serve a propósitos funcionais nos processos tecnológicos.

Na maioria dos estabelecimentos industriais, a água é usada em mais de um dos propósitos mencionados. É também interessante esclarecer, que previamente ou durante os seus vários usos, o tratamento de água (filtração, coagulação, cloração, etc.) é frequentemente necessário para que a água atenda aos padrões qualitativos da indústria.

No setor industrial da bacia as indústrias de papel CEPASA (antiga Portela) e ONDUNORTE (foto 4) exigem grande demanda de água seguidas da indústria de malhas Jaboatão (foto 5).

Foto 4 – Ponto de captação da indústria de papel em Jaboatão dos Guararapes.



Fonte: SECTMA.

Foto 5 – Ponto de captação da indústria de malhas em Jaboatão dos Guararapes.



Fonte: SECTMA.

Dos usos identificados para uso industrial, 70% estão situados no município de Jaboaão dos Guararapes, 20 % no município de Moreno e 10% em Vitória de Santo Antão. A figura 7 mostra a distribuição das captações industrial por municípios.

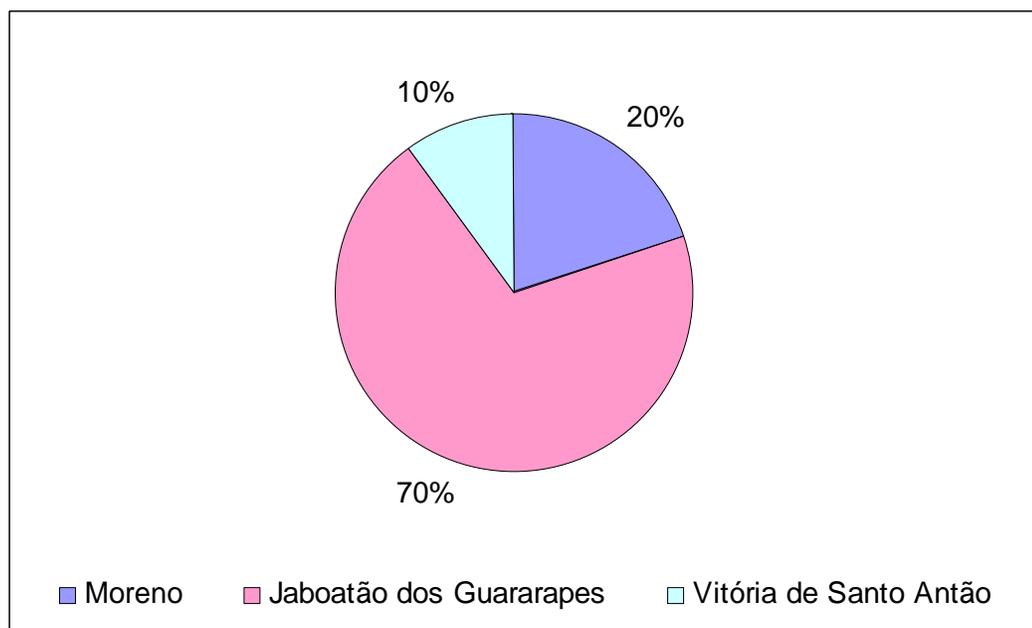


Figura 7 – Distribuição da captação de água por uso industrial por município.

6.2 Consumo Humano/Abastecimento Público

Neste tipo são incluídas as captações destinadas ao abastecimento público e ao consumo humano em geral. Representa o segundo uso mais freqüente com um total de 09 usos identificados, incluindo captações públicas e privadas. Cerca de 98% das captações são públicas, pertencem a COMPESA e são constituídas por barragens (foto 6).

A captação hídrica com maior capacidade de acumulação é o açude Duas Unas com capacidade máxima de acumulação de 24.000.000 m³ situado no município de Jaboaão dos Guararapes.

Foto 6 – Ponto de captação da barragem da COMPESA.



6.3 Irrigação

A água utilizada para irrigação praticamente é para atender as demandas das usinas existentes na bacia. A bacia conta atualmente com duas usinas em operação, a Usina Bom Jesus (Dourados empreendimentos) em Moreno e a Usina Bulhões em Jabotão dos Guararapes.

Na Tabela 4 são apresentadas as áreas cultivadas com cana-de-açúcar por usina situada na bacia.

Tabela 4 – Áreas cultivadas com cana-de-açúcar por usinas.

MUNICÍPIO	USINA	ÁREA DE CANA (ha)		DEMANDA HÍDRICA (m ³)
		Cultivada	Irigada	
Moreno	U. Bom Jesus	5.800	400	400.000
Jabotão dos Guararapes	U. Bulhões	6.500	1.800	490.000
TOTAL		12.300	2200	890.000

Fonte: Diagnóstico dos Recursos Hídricos da bacia GL-2, SECTMA. 2005.

O sistema de irrigação mais utilizado na bacia é a aspersão convencional móvel (foto 7), pressurizada por motobomba, que resulta em maior desperdício de água. Essas irrigações são efetuadas entre os meses de outubro a fevereiro, quando são realizados os plantios.

Foto 7 – Irrigação por aspersão móvel.



6.4 Lazer

Neste tipo de uso, classificado como não consuntivo (quando a água não é consumida, mas mantida em determinadas condições que implicam em restrições aos demais usos) foi registrada apenas uma captação, situada no município de Jaboatão dos Guararapes.

7. FONTES POLUIDORAS NA BACIA DO RIO JABOATÃO

As principais fontes de poluição hídrica provenientes de ações antrópicas impactantes podem ser agrupadas, segundo sua origem, como urbana, industrial, agro-industrial. A poluição hídrica de origem industrial apresenta uma diversidade de poluentes tão mais variada quanto diferenciados forem os processos adotados.

7.1 Despejos Líquidos Industriais

Do total de indústrias existentes na bacia hidrográfica do Jaboaão, 75% só geram efluentes sanitários e 25 % geram efluentes industriais e sanitários. Destas, 14 % são localizados no distrito industrial de Jaboaão dos Guararapes; 8 % possuem sistemas de tratamento específico para cada tipologia industrial (foto 8); e 2% das indústrias são do setor sucroalcooleiro e utilizam o processo de fertirrigação para tratamento do vinhoto e água de lavagem de cana.

Foto 8 – Sistema de tratamento de indústria localizada em Jaboaão dos Guararapes.



Fonte: CPRH.

O destino final dos efluentes sanitários gerados pelas indústrias (1.260 m³/dia), depois de tratados pelo sistema clássico de fossa séptica/sumidouro, é o solo. O destino final dos efluentes industriais (4.719,87 m³/dia) é o rio Jaboaão. A parcela de efluente gerada pelas indústrias do setor sucroalcooleiro tem como destino o solo através do processo de fertirrigação. Do total gerado pelo setor sucroalcooleiro 10 % atinge o rio Jaboaão através do processo de escoamento superficial (run-off) (CPRH,2001).

As indústrias pertencentes ao setor sucroalcooleiro são as que mais contribuem em termos de carga orgânica potencial poluidora (79%), decorrente do processo de fabricação do álcool-vinhaça, como consequência de possuírem as maiores concentrações de matéria orgânica, maiores volumes de efluentes gerados, além de temperaturas elevadas (> 40 ° C).

Em segundo e terceiro lugar, aparecem as indústrias do setor de papel e papelão e de produtos alimentícios com 9,2% e 8,1% respectivamente. A carga da indústria alimentícia é representada quase que totalmente pelo matadouro municipal de Jaboaão. A contribuição do restante das empresas é de apenas 3,5%.

7.2 Despejos Líquidos Domésticos

A proteção dos cursos de água contra os agentes poluidores de origem sanitária é um problema complexo. A presença de coliformes fecais nos cursos de água indica o lançamento de esgotos sanitários oriundos da ocupação urbana (foto 9). As populações rurais e urbanas utilizam geralmente soluções isoladas com fossas negras e sépticas ou às vezes nenhuma das duas, que contaminam direta ou indiretamente, os corpos de água. A inexistência do tratamento de esgotos sanitários na maioria dos municípios, as soluções individuais mal operadas e incompatíveis com a região, a interface negativa com o sistema de drenagem bem como a expansão dos assentamentos sub-normais nas áreas ribeirinhas tem contribuído para a poluição/contaminação dos recursos hídricos.

Foto 9 - Lançamento de esgoto “in natura” no Rio Jaboatão.



As cargas orgânicas provenientes dos efluentes domésticos na bacia do rio Jaboatão foram estimadas a partir dos dados de população do censo IBGE-2000, do número de ligações da COMPESA publicados na "Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000", da compatibilização de alguns fatores e da fixação de alguns parâmetros baseados na literatura disponível, sejam eles:

- Eficiência do sistema de tratamento: Lagoa de Estabilização com remoção de 70% da DBO;
- Carga de DBO = 0,054 kg/pessoa/dia;
- População atendida = número de ligações fornecidas pela COMPESA x 4,8.

As cargas orgânicas potenciais foram estimadas pelo produto da população inserida na bacia pela carga diária per capita de DBO. As populações rurais dos municípios foram desmembradas entre as bacias através de proporção entre áreas, enquanto as populações urbanas foram consideradas nas bacias em que se localizavam as sedes municipais. No caso da bacia do rio Jaboatão, as populações urbanas das cidades de Jaboatão e Moreno foram contabilizadas no cálculo das cargas orgânicas domésticas.

Para as cargas orgânicas remanescentes considerou-se que a poluição gerada pela população são despejadas em fossas sépticas, valas, dentre outras alternativas, assim foi adotado uma atenuação de 40%, valor baseado em estudos antecedentes, como o PERH/PE e o Plano de Monitoramento dos Recursos Hídricos Superficiais da Bacia do Rio Jaboatão.

Assim, verifica-se que os valores das cargas orgânicas potencial e remanescente recalculadas na bacia hidrográfica do rio Jaboatão apresentam valores de 35.225 e 19.534 kgDBO/dia, respectivamente.

Verifica-se que o município de Jaboatão dos Guararapes é o principal poluidor de origem doméstica na bacia hidrográfica do rio Jaboatão. Este fato está associado à presença da sede municipal de Jaboatão dos Guararapes, cidade que se caracteriza como um centro urbano densamente povoado gerando grande quantidade de despejo de efluente sem tratamento.

As cargas orgânicas de origem industrial e doméstica são apresentadas a seguir na tabela 5.

Tabela 5 - Carga poluidora orgânica potencial e remanescente total na bacia do Rio Jaboatão.

POLUIÇÃO ORGÂNICA (Kg DBO/dia)	POTENCIAL	REMANESCENTE
Industrial	6.679	3.590
Agroindustrial	25.435	2.544
Doméstica	35.226	19.534
Total	67.339	25.667

Fonte: Diagnóstico dos Recursos Hídricos da bacia GL-2, SECTMA. 2005.

7.3 Resíduos Sólidos Industriais

As indústrias dos setores sucroalcooleiro, papel e papelão e produtos alimentares são as que mais geram resíduos sólidos industriais, com uma contribuição de 40% 30 % e 22% respectivamente.

Do total de resíduos gerados, 80,6 % são resíduos de classe II (256.669 Kg/dia), 19 % são resíduos de classe III (60.533 Kg/dia) e 0,4% de classe I (0,4 Kg/dia). Dos resíduos industriais da classe II, 50% são devido aos resíduos gerados pelas indústrias do setor sucroalcooleiro.

7.4 Resíduos Sólidos Urbanos

Os dados da geração dos resíduos sólidos urbanos foram obtidos através do levantamento das possíveis fontes geradoras de poluição por resíduos sólidos urbanos, tanto na zona urbana como rural.

Verifica-se que 90 % dos resíduos sólidos urbanos são gerados pela população localizada no município de Jaboatão dos Guararapes (260,1 ton/dia), 5,5 % são gerados pela população de Recife (16ton/dia) e 3,3 % são gerados pela população do município de Moreno (9,5ton/dia), a foto 10 mostra o lançamento de lixo doméstico no rio Jaboatão.

Foto 10 - Lançamento lixo doméstico no Rio Jaboatão.



7.5 Outras Fontes Poluentes

No Plano de Monitoramento dos Recursos Hídricos Superficiais da Bacia do Rio Jaboaão (2001) foi realizado um diagnóstico das emissões atmosféricas resultantes da utilização de combustíveis pelas indústrias da bacia do rio Jaboaão. O relatório afirma que as emissões atmosféricas não afetam a qualidade das águas da bacia do rio Jaboaão, considerando que mesmo que os parâmetros de emissão, segundo a legislação pertinente, sejam ultrapassados como no caso do óleo combustível, não há evidências de impactos ambientais diretos e imediatos, considerando a topografia da região e boas condições da dispersão das emissões na atmosfera.

No PQA / PE de Julho de 1998 foram identificadas várias fontes de poluição na bacia hidrográfica do rio Jaboaão. Dentre as fontes poluentes identificadas no PQA / PE estava a poluição por nutrientes proveniente do escoamento superficial. Esta poluição ocorre a partir das águas pluviais, que ao escoarem pelo solo, podem carrear impurezas de toda espécie, tais como matéria orgânica, sólidos inorgânicos, agroquímicos e microrganismos patogênicos, entre outros, causando modificações na qualidade da água do corpo hídrico receptor.

Os valores de nitrogênio (N) e fósforo (P) totais, para áreas urbanas, foram estimados no PQA/PE tendo-se por base os fatores citados por Mota (1995): 8,8 e 1,1 kg/ha/ano para N total e P total, respectivamente. Com base nestes fatores as contribuições de nitrogênio e fósforo totais das áreas urbanas para a bacia do rio Jaboaão apresentaram valores de 11.160 kg/ano em N e 1.395 kg/ano em P.

A contribuição potencial de nitrogênio e fósforo, das áreas rurais onde se pratica a cultura da cana-de-açúcar, foi estimada no PQA/PE em 1.393.200 Kg/ano de N e 325.080 Kg/ano de P, utilizando-se os índices apresentados por Mota (1995) de 30 e 7 kg/ha/ano para nitrogênio total e para fósforo total, respectivamente.

Outras fontes poluentes identificadas no PQA/PE para a bacia do rio Jaboaão, que foram somente caracterizadas, mas não quantificadas, foram: Agrotóxicos, Rodovias e Pontes (foto 11), Postos de Combustíveis e Lubrificação de Veículos, Empresas de Transporte Coletivo, Marinas, Lixo Plástico e Casas de Farinha de Mandioca.

Foto 11 - Ponte sobre o Rio Jaboatão.



8. QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é um dos aspectos que assegura determinado uso ou conjunto de usos. A qualidade é representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica.

Essas características, se mantidas dentro dos limites, viabilizam determinado uso. Esses limites constituem os critérios (recomendações), ou padrões (regras legais) da qualidade da água.

Inúmeras razões justificam a realização de trabalhos de avaliação de qualidade da água. Uma delas tem a ver com o interesse em constatar a observância ou a violação dos padrões de qualidade da água. Neste sentido, a Organização Mundial de Saúde sugere três formas básicas de obtenção de dados de qualidade da água:

- Monitoramento;
- Vigilância; e
- Estudo especial.

O monitoramento prevê o levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados, de modo a acompanhar a evolução das condições de qualidade da água ao longo do tempo, fornecendo séries temporais de dados.

A vigilância implica em uma avaliação contínua da qualidade da água. Busca detectar alterações instantâneas de modo a permitir providências imediatas para resolver ou contornar o problema.

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

8.1 Plano de monitoramento

A poluição a que os corpos d'água estão constantemente expostos leva à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental. Programas de monitoramento são iniciados para avaliar as substâncias presentes na água, medida por meio de parâmetro que traduzem as características físicas, químicas e biológicas.

A caracterização espacial e temporal da qualidade da água de um corpo d'água através de um programa de monitoramento exige esforços diferenciados, que variam de acordo com os propósitos de utilização dos dados gerados, definidos de acordo com os objetivos do programa.

Os propósitos de planejamento incluem:

- Fornecimento de informações sobre a qualidade da água disponível potencialmente para satisfazer necessidades futuras.
- Prognóstico dos efeitos de novas captações ou lançamento de despejos sobre a qualidade da água.
- Auxílio na avaliação dos efeitos de variações hidrológicas sobre o regime de escoamento do curso d'água, provocado por obras hidráulicas.
- Considerações preliminares na formulação de modelos matemáticos.
- Informações sobre casos e tendências de surgimento de substâncias perigosas.

Os propósitos de controle incluem:

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

8.1.1 Local de amostragem

O local de coleta deve ser definido de acordo com os objetivos a serem alcançados, considerando-se o problema que está sendo analisado e a natureza do fenômeno ou processo em estudo.

O conhecimento da bacia hidrográfica é imprescindível na definição dos locais de coleta. Deve-se considerar a localização das fontes potenciais de poluição, que podem ser definidas pelos usos do solo, sendo eles: indústrias (descargas de efluentes), atividades rurais (escoamento superficial com cargas de nutrientes e agrotóxicos), centros urbanos (descargas de efluente doméstico).

Na determinação de danos ambientais, pontos a montante (sem impactos) e a jusante (com impacto) de fontes poluentes devem ser amostrados. Na modelagem são também prioritários os pontos a montante e a jusante de grandes afluentes.

A localização do ponto de amostragem é também dependente do acesso ao local, que deve ser possível a qualquer hora do dia, com veículo ou embarcação, mesmo sob condições de tempo adversas. Um local de bom acesso nem sempre coincide com o objetivo do monitoramento, por isso, uma análise da área de estudo por meio de cartas topográficas e visitas ao local para esclarecimento das condições existentes se fazem necessárias.

Em alguns casos, após as primeiras campanhas e dependendo do comportamento dos parâmetros analisados, faz-se necessário redefinir os locais de coleta, cancelando alguns pontos onde a qualidade da água não tenha variado em relação a outro, por exemplo.

8.1.2 Procedimento de coleta

Existe uma grande variedade de equipamentos, que permitem a coleta das amostras mecanicamente e de acordo com instruções determinadas. As amostras podem ser obtidas a intervalos fixos ou continuamente e podem ser descarregadas em recipientes individuais ou em um só, para formar uma amostra composta. Esta metodologia apresenta restrições quanto ao custo e não aplicabilidade em todas as variáveis de qualidade.

De forma mais difundida, as coletas de água superficiais são feitas manualmente através de simples fracos ou de amostradores mais complexos. Em ambos os casos devem ser evitadas as coletas de amostras em áreas estagnadas ou em locais próximos às margens, e os equipamentos devem ser de material tal que não afete a composição da água amostrada. As coletas manuais, feitas através de frascos de vidro ou polietileno, somente são recomendadas para as coletas de superfície (até 50 cm).

Como procedimento de coleta, sugere-se o mergulho, manual e rápido, do frasco de coleta com a boca voltada para baixo, até a profundidade desejada, de modo a evitar a introdução de contaminantes superficiais. Com o posicionamento na profundidade desejada, o frasco é direcionado de modo que sua boca fique em sentido contrário à correnteza, quando, então, será inclinado lentamente para cima, a fim de permitir a saída do ar e o conseqüente enchimento do mesmo. Após retirar o frasco do corpo d'água, despreza-se uma pequena porção de amostra, deixando espaço suficiente, que permita a homogeneização da mesma para análise.

8.1.3 Frequência e período de amostragem

No monitoramento de corpos receptores com finalidade de avaliação e controle da qualidade, recomenda-se, no mínimo, amostragem mensal. Em situações em que existe grande variação de qualidade, recomenda-se frequência maior de amostragem.

Tratando-se de estudos de cargas pontuais, devem-se cobrir períodos críticos de vazão. Para modelagem de qualidade da água com ênfase em cargas pontuais são necessários pelo menos três eventos de estiagem e no mínimo dois de cheias, sendo o inverso nos estudos de cargas difusas. É esperado que mudanças em eventos de estiagem ocorram lentamente. Neste caso, os intervalos das coletas podem ser entre 1 e 2 horas. Dois dias consecutivos de amostragem com intervalos de 2 horas são mais eficientes que coletas em um dia com intervalo de 1 hora.

Como se pode ver a frequência de amostragem é programada de acordo com os objetivos e com as características de corpo d'água em estudo.

8.2 Monitoramento da qualidade da água realizado no estado de Pernambuco

A CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, foi criada em 1976, como uma organização responsável pela gestão ambiental no Estado de Pernambuco. Licenciamento, legislação, monitoramento, fiscalização e educação ambiental são algumas das atribuições da CPRH.

A CPRH vem realizando o monitoramento sistemático das bacias hidrográficas que drenam para o Oceano Atlântico desde 1984. Durante este período foram implantadas cerca de 200 estações de amostragem. Atualmente estão ativas 76 estações localizadas em 12 bacias hidrográficas, além de outras duas estações localizadas no Canal de Santa Cruz e no Rio São Francisco.

Inicialmente, a avaliação da qualidade das águas, feita pela CPRH, tomava como base os usos preponderantes decorrentes do enquadramento dos cursos de águas, estabelecido pelos Decretos do Governo do Estado de Pernambuco nº 11.358, de 29/04/86 (rios Jaboatão e Pirapama), nº 11.515 de 12/06/86 (rio Capibaribe) e nº 11.760, de 27/08/86 (demais rios).

Esse enquadramento foi elaborado a partir da classificação de qualidade d'água, estabelecida através do Decreto nº 7.269 de 05/06/81, Governo do Estado de Pernambuco, baseando-se na Portaria GM nº 13, de 15/01/76, do Ministério do Interior.

Por motivos de ordem legal, atualmente, no Estado de Pernambuco, a classificação dos corpos d'água superficiais é estabelecida pela Resolução nº 357 do ano de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA

8.2.1 Planejamento

Nesta atividade são desenvolvidas as tarefas de localização de estações e determinação de parâmetros que são desenvolvidas por técnicos da Supervisão de Licenciamento, fiscalização e monitoramento de recursos hídricos, Supervisão de laboratório e monitoramento e padrões.

8.2.2 Locação das estações

A locação das estações de amostragem da água nos corpos d'água foi estabelecida em função da presença de fontes potencialmente poluidoras, com lançamento de efluentes nos cursos d'água; corpos d'água afluentes; reservatórios, entre outros.

A variação ao longo do tempo do número de estações ativas ocorridas desde a implantação do monitoramento tem sido, em sua grande maioria, em função da instalação ou desativação de fontes potencialmente poluidoras, dificuldades de acesso e otimização de recursos financeiros.

A primeira redução ocorreu em 1993. Em 1992 eram 144 estações e em 1993 foram reduzidas a 61. Outro corte ocorreu em 1998 ficando apenas 58 estações e os parâmetros monitorados passaram de 22 para 10. Esta redução provocou a paralisação do monitoramento nas bacias do Tapacurá e Tejipió.

8.2.3 Coleta e análise

Na realização das atividades de amostragem, a CPRH vem efetuando coletas com frequência mensal, bimensal e semestral. As coletas de amostra em campo e análise físico-química e bacteriológica são realizadas pela equipe da Supervisão de Laboratório. O método de ensaio adotado pelo laboratório é o descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1995).

8.2.4 Parâmetros

O planejamento das análises laboratoriais foi definido por equipe multidisciplinar da CPRH, considerando um conjunto básico (Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Cloreto, OD, DBO e Fósforo) de parâmetros físico-químicos que é realizado em todas as estações de amostragem e complementado com a determinação de coliforme fecal, conjunto de metais (Cádmio, Chumbo, Cromo, Zinco, Manganês e Níquel) e parâmetros específicos, conforme a característica do recurso hídrico ou projeto em desenvolvimento. A partir de setembro de 2002, foi acrescida ao conjunto básico a medição da salinidade.

8.2.5 Tratamento dos dados e disponibilização dos resultados

A tarefa de tratamento dos dados, arquivamento em meio digital, disponibilização da informação e atendimento ao público é realizada pela equipe da Supervisão de licenciamento, fiscalização e monitoramento de recursos hídricos. As informações sobre a qualidade da água encontra-se no site da CPRH, em relatórios elaborados anualmente desde 1995 e em projetos específicos como por exemplo, os Planos de Bacias Hidrográficas, Plano Estadual de Recursos Hídricos, PQA, PROMATA, PRODETUR, PNMA II, GERCO/PE e Projeto Pirapama.

8.3 Análise da situação do monitoramento da qualidade da água nos estados Brasileiros

O Ministério do Meio Ambiente efetuou no período de outubro de 2000 a julho de 2001, uma análise da situação do monitoramento da qualidade da água nos estados brasileiros. As informações foram retiradas de Diagnóstico da Gestão Ambiental nas Unidades da Federação realizada pelo Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais do Programa Nacional do Meio Ambiente - PNMA II e foram complementadas por informações obtidas junto aos estados, por meio de formulário apropriado para tal fim.

Buscou-se focar os trabalhos desenvolvidos pelos órgãos de meio ambiente e de recursos hídricos estaduais, cujos objetivos estão voltados para o controle ambiental. Esses órgãos são parceiros do Ministério do Meio Ambiente no desenvolvimento de projetos no âmbito PNMA II, dirigidos ao aprimoramento do monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas críticas, de forma a disponibilizar informações úteis ao controle ambiental e gestão de recursos hídricos.

8.3.1 Aspectos analisados

Foram analisados quatro aspectos, os quais em conjunto, demonstram o nível de implementação do monitoramento qualitativo.

Porcentagem de amostragem das bacias hidrográficas – Esse aspecto avaliou a dispersão do monitoramento no estado por meio de porcentagem de bacias que estão sendo alvo dessa atividade, levando em conta quatro níveis:

- Monitoramento de mais de 80% das bacias do estado – 25 pontos;
- Monitoramento entre 50 e 80% das bacias do estado – 20 pontos;
- Monitoramento entre 10 e 50% das bacias do estado – 10 pontos;
- Monitoramento pontual ou inexistente – 5 pontos.

Tipos de parâmetros analisados – Esse aspecto procurou avaliar o nível de conhecimento que o estado possui a respeito da qualidade da água, por meio de tipos de parâmetros coletados e analisados:

- Parâmetro suficiente para cálculo do índice de qualidade da água – IQA (OD, DBO, pH, Coliforme Fecal, Nitrato, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais), mais metais pesados e teste de toxicidade em organismo vivos – 25 pontos;
- Parâmetro suficiente para cálculo do IQA, mais metais pesados – 20 pontos;
- Parâmetro suficiente para cálculo do IQA – 10 pontos;
- Alguns parâmetros ou inexistente – 5 pontos.

Frequência de amostragem – Esse aspecto avaliou o número de vezes que o monitoramento é realizado ao longo de cada ano:

- Frequência de amostragem trimestral ou superior – 20 pontos;
- Frequência de amostragem semestral – 10 pontos;
- Frequência de amostragem anual – 5 pontos;
- Frequência de amostragem esporádica ou inexistente – 0 pontos.

Disponibilização da informação – Esse aspecto avaliou os meios utilizados pelo estado para disponibilizar a informação:

- Elaboração de relatórios anuais contendo mapas de qualidade e disponibilização em Internet – 30 pontos;
- Elaboração de relatórios anuais contendo mapas de qualidade – 25 pontos;
- Elaboração de relatórios anuais – 20 pontos;
- Elaboração de relatórios esporádicos ou informação restrita – 5 pontos.

8.3.2 Critérios de classificação dos estados

Para classificação dos estados quanto à situação atual de implementação do monitoramento da qualidade da água estabeleceram-se cinco níveis de classificação com graduação que varia de cinco em cinco pontos, referente à somatória da pontuação estabelecida para cada critério já mencionado, sendo:

- Ótimo – 90 a 100 pontos;
- Muito bom – 70 a 85 pontos;
- Bom – 50 a 65 pontos;
- Regular – 30 a 45 pontos;
- Fraco ou incipiente – 0 a 25 pontos .

8.3.3 Classificação dos estados

A tabela abaixo apresenta um resumo dos níveis de classificação dos estados de acordo com a somatória dos pontos obtidos para cada critério analisado.

Tabela 6 – Classificação dos estados.

ÓTIMO (90-100)	MUITO BOM (70-90)	BOM (50-70)	REGULAR (30-50)	FRACO OU INICIPIENTE (0-30)
São Paulo	Bahia	Distrito Federal	Goiás	Acre Alagoas
Minas Gerais	Pernambuco	Paraná	Mato Grosso	Amazonas Ceará
Mato Grosso do Sul	Espírito Santo		Tocantins	Maranhão Pará
	Rio Grande do Sul			Paraíba Piauí
	Rio de Janeiro			Rio Grande do Norte Rondônia
	Amapá			Roraima Santa Catarina
				Sergipe

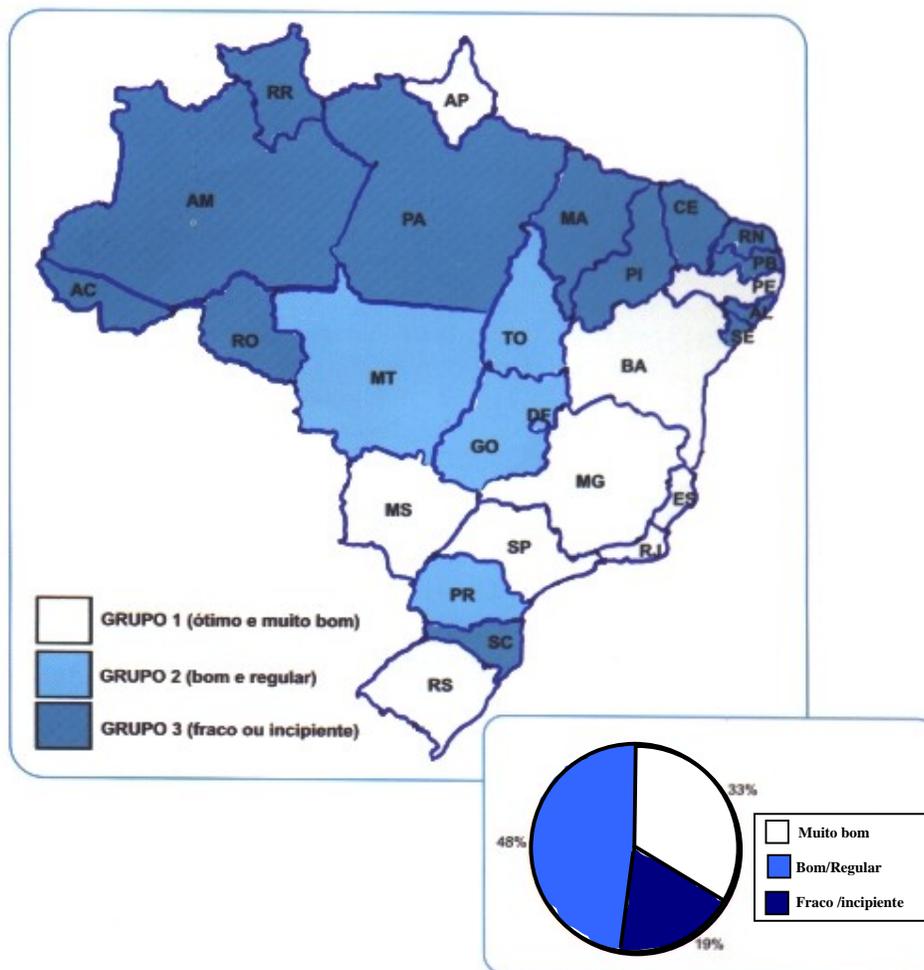
Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2001

Para uma melhor visualização da situação de implementação do monitoramento da qualidade da água, reuniu-se os estados em três grupos :

Grupo 1 – Estados com classificação nos níveis muito bom ou ótimo, estados possuem redes de monitoramento bem consolidadas.

Grupo 2 – Estados que apresentaram classificação no nível bom e regular, estados necessitam de aprimoramento e de ampliação dos trabalhos já efetuados.

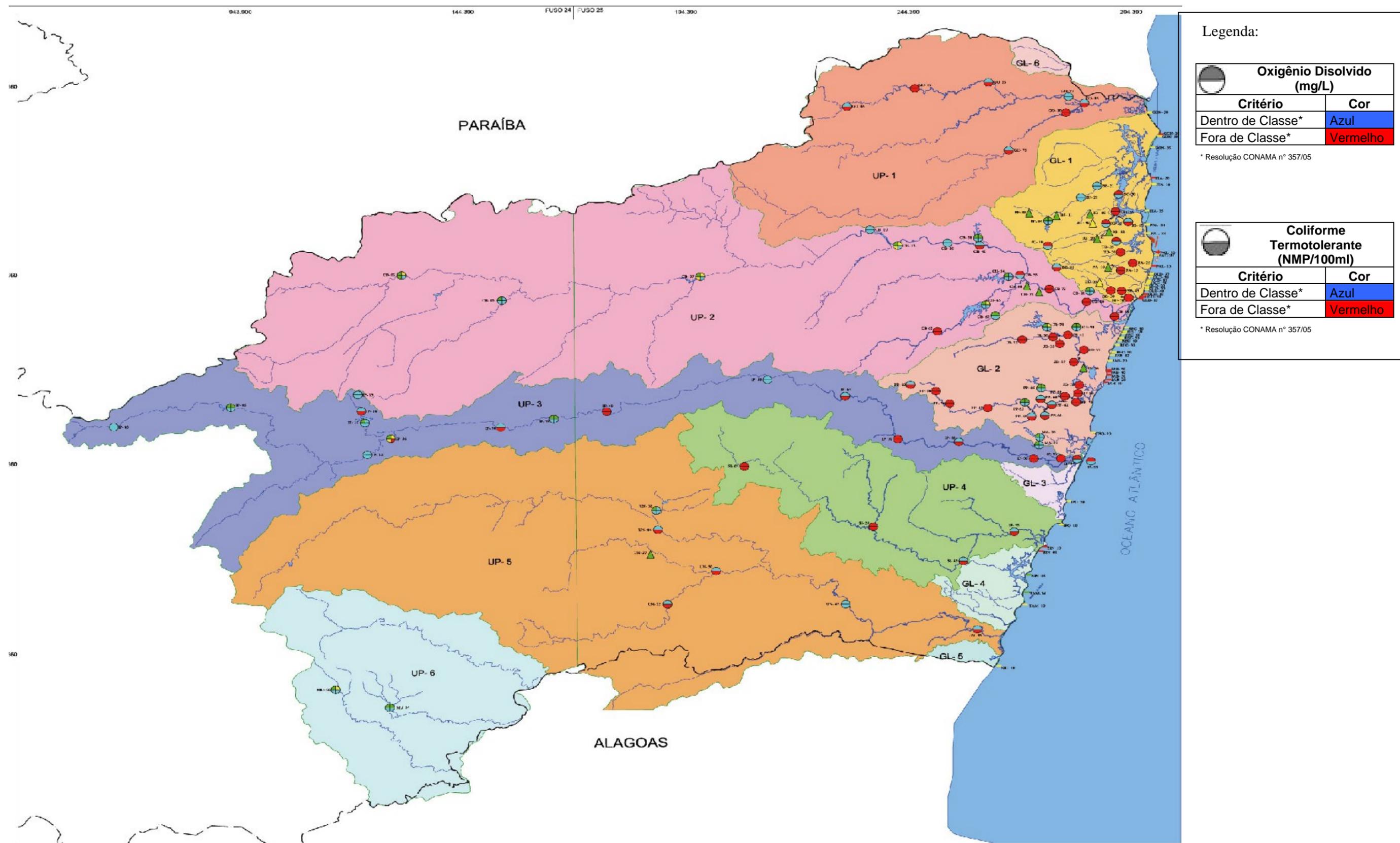
Grupo 3 – Estados com classificação nos níveis fraco ou incipiente, estados em estágio inicial de implementação das atividades de monitoramento da qualidade da água.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

Figura 8 – Situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil.

Na época da pesquisa a CPRH ainda não realizava teste de toxicidade e o cálculo do IQA como também não possuía mapa de qualidade. Atualmente a CPRH publica o mapa de qualidade (figura 9), faz teste de toxicidade e cálculo de IQA em algumas bacias, de modo que atualmente o programa de monitoramento da CPRH encontra-se numa posição melhor do que a estabelecida na época da pesquisa.



Fonte: CPRH, 2005

Figura 9 – Mapa de qualidade das bacias monitoradas pela CPRH.

8.4 Monitoramento da qualidade da água realizado na Bacia do Rio Jaboatão

O rio Jaboatão começou a ser monitorado pela CPRH a partir do ano de 1990. Nos anos de 1990 a 1993, 1995 e 1996 os parâmetros analisados foram somente DBO, OD e Coliformes Fecais, e a partir de 1997 foram também analisados outros parâmetros: Temperatura, pH, Cor, Turbidez, Nitrato, Amônia, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais, Metais, Alcalinidade, Fósforo, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Cloreto, Sólido Suspensos, Ferro, Nitrito e Salinidade.

Na estrutura da rede de monitoramento foi adotada uma nomenclatura (composta de 5 letras) que indicava: o nome do rio (1 e 2 ° letras), classe do rio segundo o decreto Estadual Nº 11.358 de 29/04/86 (3° letra) e número da estação (4 e 5 ° letras). Atualmente, foi suprimida da nomenclatura a letra referente à classe do corpo d'água, pois o enquadramento de que trata o decreto não tem mais validade.

A rede de amostragem da CPRH contemplou 20 estações ao longo do tempo na bacia do rio Jaboatão. No ano de 2006, apenas 9 estações estavam ativas. A tabela 7 mostra a descrição das estações de amostragem da CPRH no rio Jaboatão.

Vale ressaltar que o decreto Estadual Nº 11.358, de 29/04/86 enquadrava os cursos de água da bacia do rio Jaboatão, em consonância com o Decreto Nº 7.269, de 05 de Junho de 1981. Este decreto foi posteriormente revogado e atualmente não existe enquadramento oficial dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Jaboatão.

Entretanto, para se ter uma melhor idéia do nível de poluição das águas, é interessante comparar os valores observados nos monitoramentos realizados com os limites das classes definidas pela resolução CONAMA 357/05 e seus usos preponderantes.

Tabela 7 – Descrição das estações de amostragem da rede de monitoramento da CPRH na bacia do Rio Jaboatão.

ESTAÇÃO	RIO	LOCAL
JB-05	Jaboatão	Montante da cidade de Moreno e jusante da Barragem de nível, atual captação de água da COMPESA.
<i>JB-10</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>Jusante da cidade de Moreno, em Moreno</i>
JB-15	Jaboatão	Montante da Usina Bulhões e no lago da barragem de captação de água da indústria.
<i>JB-20</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>Na ponte de pedestre, próximo à Av. Dantas Barreto, a jusante da Usina Bulhões, em Jaboatão dos Guararapes.</i>
JB-22	Jaboatão	Dentro da cidade de Jaboatão, antes da confluência com o Duas Unas.
JB-25	Duas unas	Ponte na estrada de acesso à localidade de Matriz da Luz.
<i>JB-29</i>	<i>Duas unas</i>	<i>Na barragem Duas Unas, de captação da COMPESA.</i>
JB-30	Duas unas	Jusante da barragem de Duas Unas, captação de água da COMPESA, na ponte da BR- 232.
<i>JB-35</i>	<i>Duas unas</i>	<i>Próximo a sua foz, perto do Ginásio de REFNE, em Jaboatão dos Guararapes.</i>
JB-40	Jaboatão	Na ponte de acesso à Fazenda Vila Natal, a jusante da Fabrica Portela, em Jaboatão dos Guararapes.
<i>JB-41</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>Na ponte da Rua Armindo Moura, por trás do 14 BIZM do Exército, em Jaboatão dos Guararapes.</i>
JB-45	Suassuna	Afluente do Jaboatão pela margem direita, ponte sobre o mesmo, mais próximo a sua confluência com o rio.
JB-50	Jaboatão	Na localidade do antigo Engenho Guarani, montante da confluência com o Rio Suassuna.
<i>JB-55</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>Após receber o Rio Suassuna, na ponte próximo à antiga Usina Muribeca, em Jaboatão dos Guararapes.</i>
<i>JB-56</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>Na Captação Muribequina COMPESA.</i>
<i>JB-58</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>A jusante do Aterro da Muribeca.</i>
JB-60	Jaboatão	Ponte em estrada carroçável, antes de receber o afluente Rio da Prata, na margem esquerda.
JB-65	Jaboatão	Jusante das indústrias do D.I. de Prazeres.
JB-70	Jaboatão	Próximo à cidade de Pontezinha, no ponto de influência forte da incursão da maré - estuário de Barra de Jangada.
<i>JB-75</i>	<i>Jaboatão</i>	<i>Na ponte da BR - 101 em Pontezinha – Estuário.</i>

Fonte: CPRH

Obs: Estações em negrito e itálico são as monitoradas em 2006

8.5 Análise dos Resultados dos Monitoramentos de Qualidade da Água

Para analisar os dados de qualidade de água foram escolhidos os parâmetros e as estações de monitoramento que possuem uma constância de dados, relativos aos anos de 1997 à 2005. Os parâmetros utilizados foram: Temperatura, pH, OD, DBO, Condutividade elétrica, Cloreto, Salinidade, Fósforo, Amônia e Coliforme, e as estações de monitoramento foram: JB-10, JB-20, JB-35, JB-41 e JB-55.

No Estado de Pernambuco, como não existe enquadramento, a classificação dos corpos d'água superficiais é estabelecida pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005, que estabelece em seu Artigo 42 que: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as salinas e salobras classe 1”. A análise da Qualidade da água foi efetuada a partir da comparação dos resultados do monitoramento com os padrões para Classe 2 definidos na Resolução 357/05 do CONAMA.

Os dados receberam tratamento estatístico, e foram representados em gráficos de caixa (parâmetro versus estações de amostragem), utilizando o programa *Statistica 6*. Os gráficos de caixas mostram o comportamento dos diversos parâmetros monitorados nas bacias hidrográficas, através da variação dos parâmetros ao longo do corpo d'água, uma vez que a numeração das estações cresce da nascente para o estuário.

Nos gráficos de caixa são representadas: a amplitude (indicada pelos valores mínimo e máximo), a mediana como representante da tendência central (ponto que separa os 50% dos valores inferiores do conjunto de dados dos 50% dos valores superiores). A escolha da mediana se deve a assimetria de alguns conjuntos de valores. A distância interquartílica que é a região abaixo do qual estão os 25% dos valores mais baixos e acima da qual estão os 25% dos valores mais altos do conjunto de dados para a variável e as estações representada, e os limites de classe dos parâmetros representados no gráfico por uma linha vermelha.

8.5.1 Temperatura

Medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas).

Em praticamente todas as amostras coletadas entre 1997 a 2005 a temperatura da água situou-se dentro do intervalo de 22,0 a 32,0 °C. O valor máximo (42°C) ocorreu na estação JB-20 em fevereiro de 1998, estação que se localiza a jusante da Usina Bulhões (figura22), essa alta temperatura evidencia o lançamento de efluente líquido da mesma, nos anos com menor precipitação houve um aumento nos valores de temperatura, a exemplo do ano de 1998 com média mensal em fevereiro de 24mm e anual de 64mm. O valor mínimo (21°C) ocorreu na estação JB-35 em março de 1999. A figura 10 apresenta a distribuição dos valores de temperatura ao longo das diversas estações de monitoramento. Os valores da mediana e de 50% das amostras encontram-se no intervalo de 26,0 a 30,0 °C.

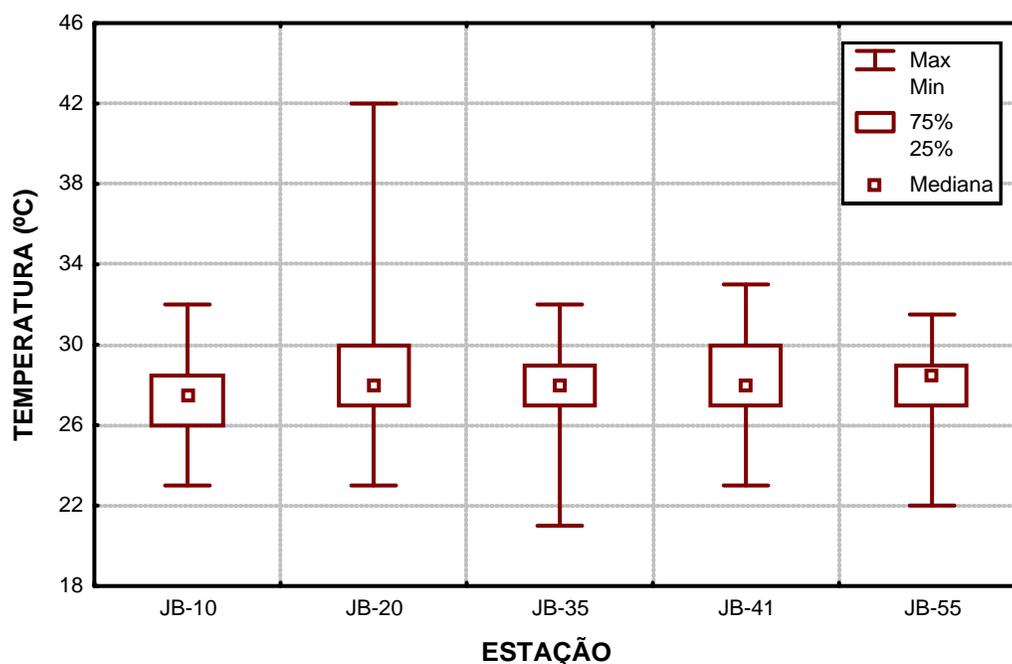


Figura 10 – Variação da temperatura ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Este, por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em consequência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres presentes na mesma. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para corrosão do sistema de distribuição de água, ocorrendo com isso, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, e dificultar o tratamento das águas. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

Em relação ao pH, foram observadas ocasiões em que os valores estiveram fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para as águas doces, ou seja, o intervalo de 6 a 9 (figura 11).

Na estação JB-10, verificou-se um valor de pH de 5,8, em novembro de 2005. Na estação JB-20 foi registrado vários valores abaixo de 6,0, entre os meses de novembro a maio em todos os anos de coleta. Foi observado também, valor inferior a 4, nesta estação, em novembro de 2002. Esta estação é a que apresenta maior amplitude dos dados como também maior dispersão interquartilica. A observação de águas ácidas a jusante da Usina Bulhões, pode estar associada a despejos industriais na época da safra de cana-de-açúcar.

Na estação JB-35, em janeiro e novembro de 2001, foi registrado valores de pH acima de 9,0, e em março de 2000 também foi encontrado pH de 9,5, indicando que as águas do rio Duas Unas possuíam caráter básico na ocasião.

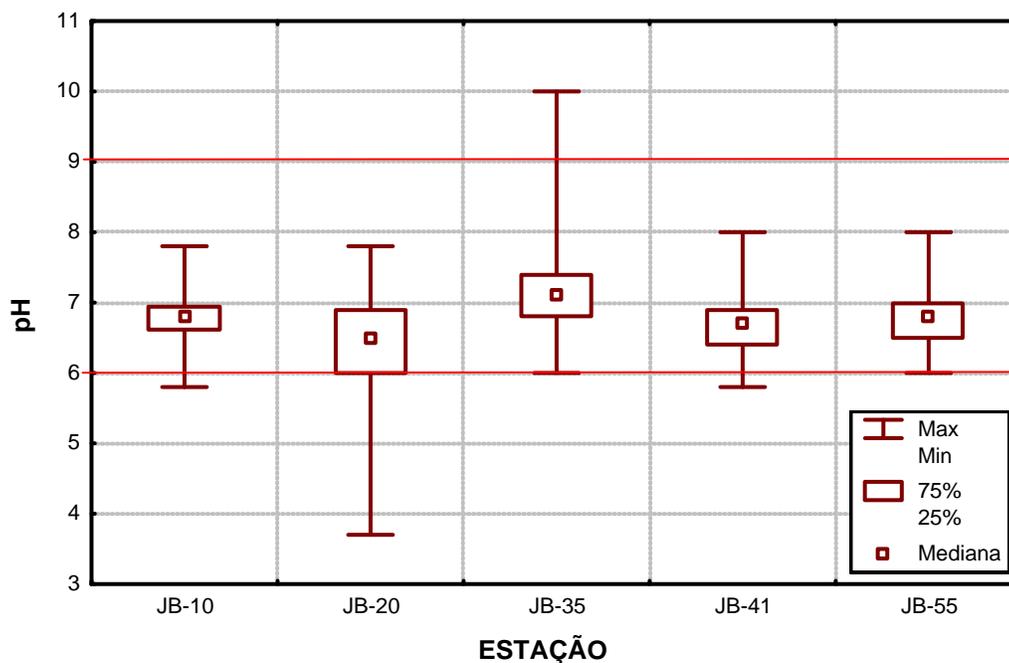


Figura 11 – Variação de pH ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

É indispensável aos organismos aeróbios; a água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica; a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios. Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros.

Em relação à OD, foram observados em todas as estações valores nulos de OD e também que os valores estiveram abaixo dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para as águas doces, ou seja, menor que 5mg/L.

As maiores frequências de valores nulos e fora do padrão estabelecido de OD foram observadas na estação JB-35, JB-41 e JB-55, em que os valores durante os anos de observação apresentaram a depleção total do oxigênio na maioria das amostras. A figura 12 evidencia este fato através da mediana e do gráfico de caixa. Isto pode ser consequência da poluição causada por lançamento de efluentes doméstico ou industrial sem o devido tratamento, uma vez que essas estações estão localizadas em áreas urbanas que apresentam infra-estrutura deficitária, os esgotos são lançados em fossas sépticas e não existe rede de esgoto, e também recebem influencia da CEPASA (estação JB-41, figura 21) e do aterro sanitário da Muribeca (JB-55, figura 22).

Os valores mediano das estações JB-35, JB-41 e JB-55 foram inferiores ao limite da Classe 4 (2 mg/L), o que demonstra o alto grau de poluição dos rios Jaboatão e Duas Unas.

No ano de 1997 verifica-se as maiores concentrações de OD em todas as estações, quase sempre acima de 5,0 mg/L (limite da Classe 2), e principalmente nas estações JB-10, JB-20 e JB-35.

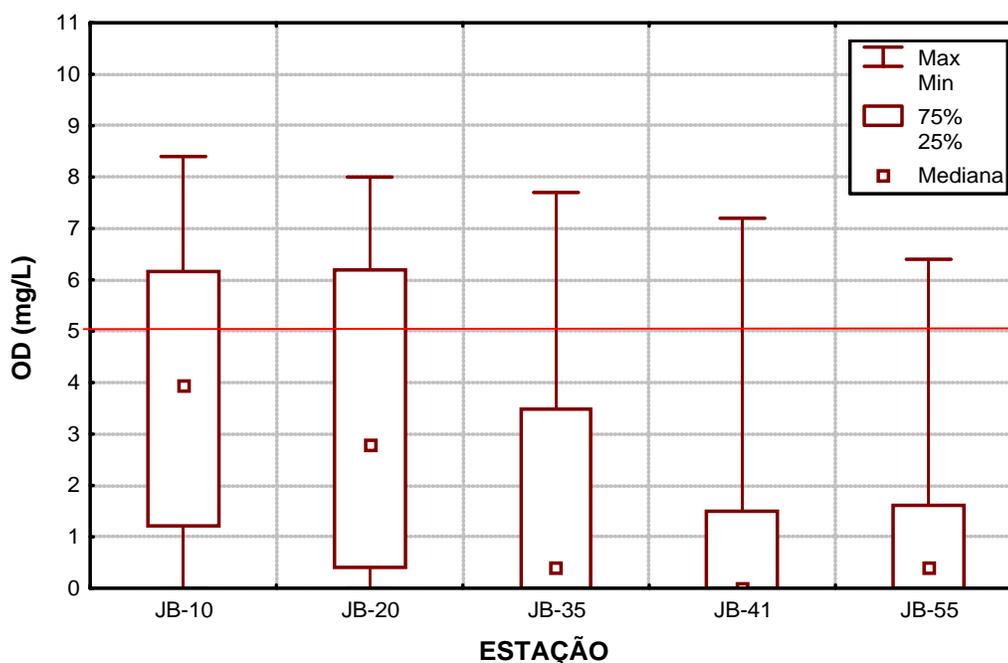


Figura 12 – Concentração de OD ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é freqüentemente usado e referido como DBO₅^{20°}. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores.

Pelo fato da DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

Em relação ao monitoramento, verifica-se valores de concentração de DBO bem acima do limite da Classe 3 (10 mg/L). As estações JB-20, JB-35 e JB-41, são as que possuem os maiores valores de DBO, como podemos observar no gráfico de caixa da figura 13. Essas estações estão localizadas em áreas urbanas e conseqüentemente esse fator está influenciando os altos valores de DBO. O valor mediano das estações JB-10 e JB-20 não ultrapassam o limite de classe 2 (5 mg/L), e das estações JB-35 e JB-55 não ultrapassam o limite de classe 3 (10mg/L), o que não acontece na estação JB-41 com valor mediano bem acima do limite de classe 3.

Elevados valores de DBO ocorreram nas estações no período da safra da agroindústria canavieira, com valores máximos de DBO acima de 60 mg/L (figura14).

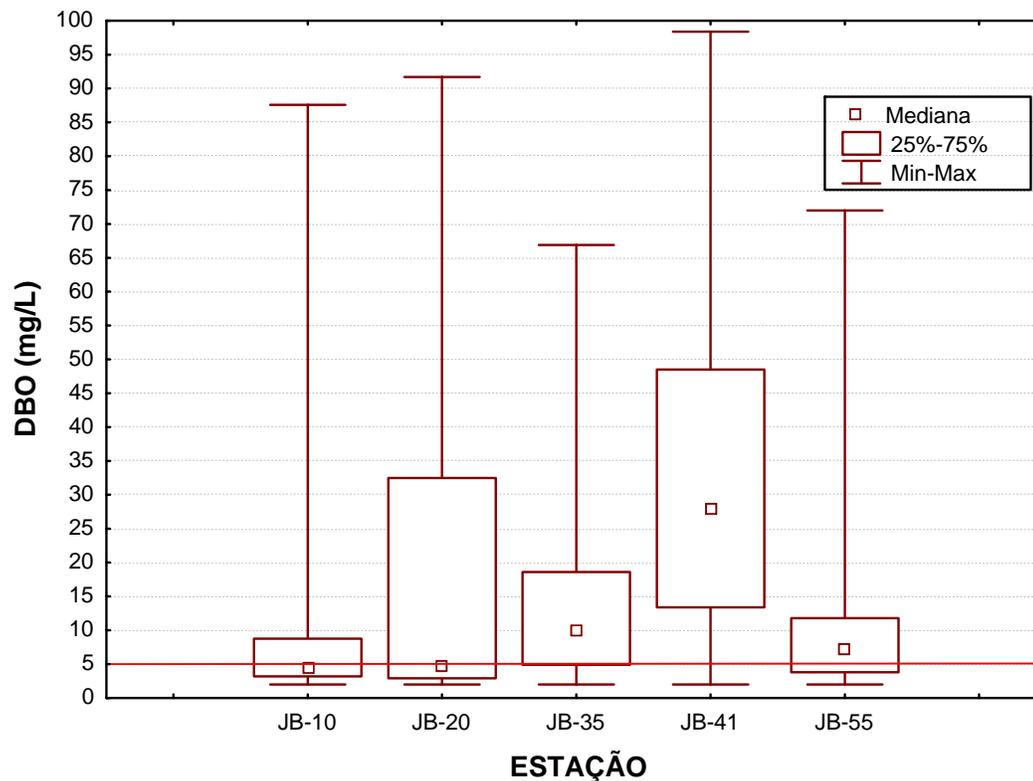


Figura 13 – Concentração de DBO ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.5 Condutividade Elétrica

É uma expressão numérica da capacidade de uma solução aquosa para conduzir corrente elétrica. Esta capacidade depende da presença de íons, de sua concentração total, mobilidade, valência e de suas concentrações relativas, assim como da temperatura em que é efetuada a medição. Em geral, a condutividade das águas naturais varia de 50 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Um dos fatores que influencia a condutividade nos corpos de água é a formação geológica da área em questão. Altos índices de condutividade são ocasionados por meio de fontes pontuais como efluente de áreas residenciais/urbanas, águas de sistema de drenagem de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas.

Avaliando as análises de condutividade elétrica realizadas no rio Jaboatão, verifica-se que os valores medianos e o gráfico de caixa encontram-se abaixo de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, exceto na estação JB-35 (localizada no rio Duas Unas), onde foram registrados valores máximos de 1836 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em janeiro de 1999. No ano de 1999 foram registrados os maiores valores da condutividade, onde os valores máximos em todas as estações estão muito acima de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nos anos com menor precipitação houve um aumento nos valores da condutividade, a exemplo do ano de 1999 com menor média anual de série de dados, 60mm.

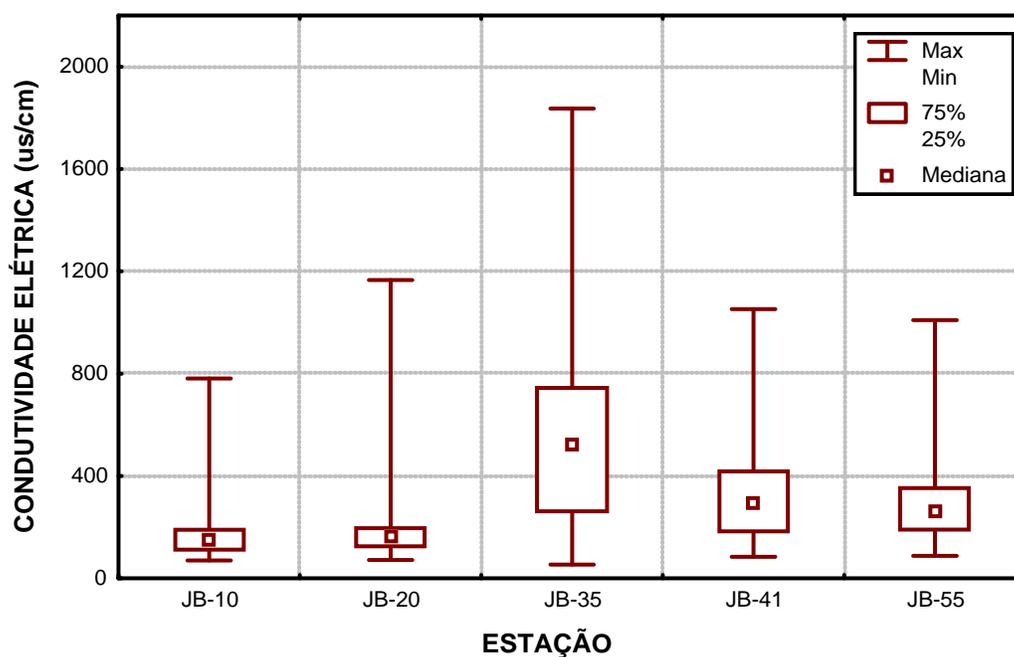


Figura 14 – Concentração de condutividade elétrica ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.6 Cloreto

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais. Em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas.

Os despejos domésticos contribuem para incrementar o grau de cloretos no corpo d'água receptor. O teor de cloretos encontrado nos esgotos sanitários é de cerca de 50 mg/l. Por sua vez, na maioria dos despejos de origem industrial os teores de cloretos são quase que inexistentes, excluindo os despejos de frigoríficos, beneficiamento de peles e fabricação de carnes prensadas.

As análises de cloretos realizadas no rio Jaboatão apontam valores observados inferiores a 250 mg/L, abaixo do limite de classe estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para a classe 2 (250mg/L). O que significa que o rio não sofre influencia marinha no trecho onde estão localizadas as estações de monitoramento.

Em fevereiro de 1999 foi registrado valor máximo de 227 mg/L na estação JB-35. Os valores medianos e as caixas encontram abaixo de 50 mg/L, nas outras estações. Nos anos com menor precipitação houve um aumento nos valores de cloreto, a exemplo do ocorrido com a condutividade.

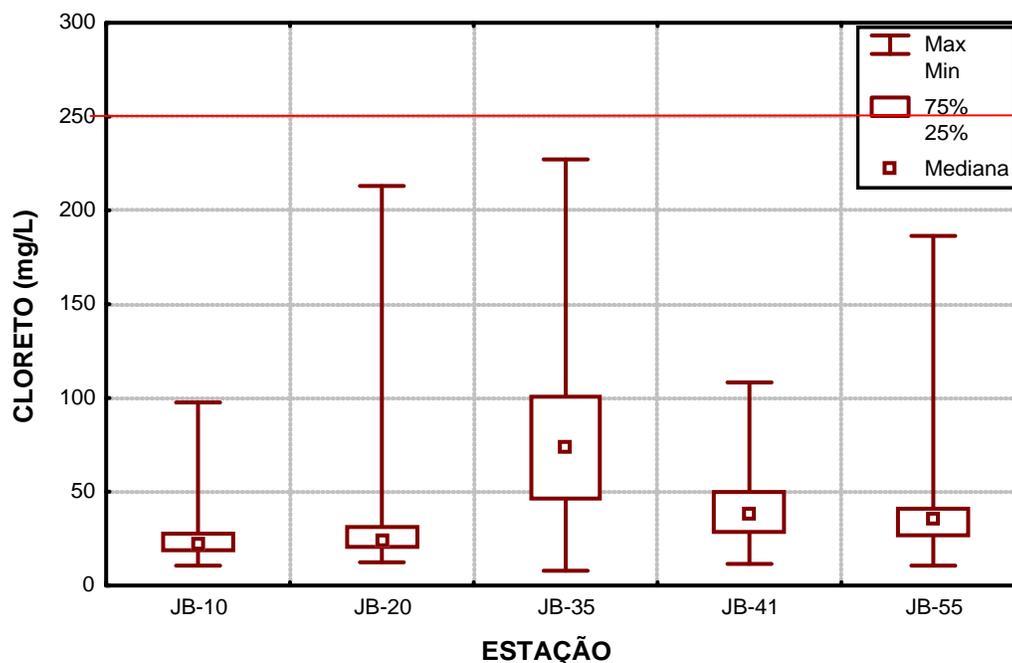


Figura 15 – Concentração de cloreto ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.7 Salinidade

Medida da quantidade de sal em solução, classificando as águas em doce (com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰), salobra (salinidade entre 0,5 e 30 ‰) e salina (salinidade igual ou superior a 30 ‰).

Em relação à salinidade foram realizadas análises a partir de setembro de 2002. Todas as estações do rio Jaboatão apresentaram valores de salinidade entre o intervalo de 0,10 a 0,50 ‰. A estação do rio Duas Unas (JB-35) apresentou os valores mais altos de salinidade (figura 16). Toda bacia monitorada caracteriza-se por águas doces.

Podemos observar que o gráfico de cloreto, condutividade e salinidade têm a mesma tendência, no que se refere aos valores máximos, as medianas e a caixa, o que era esperado uma vez que estes parâmetros possuem um alto grau de correlação entre si.

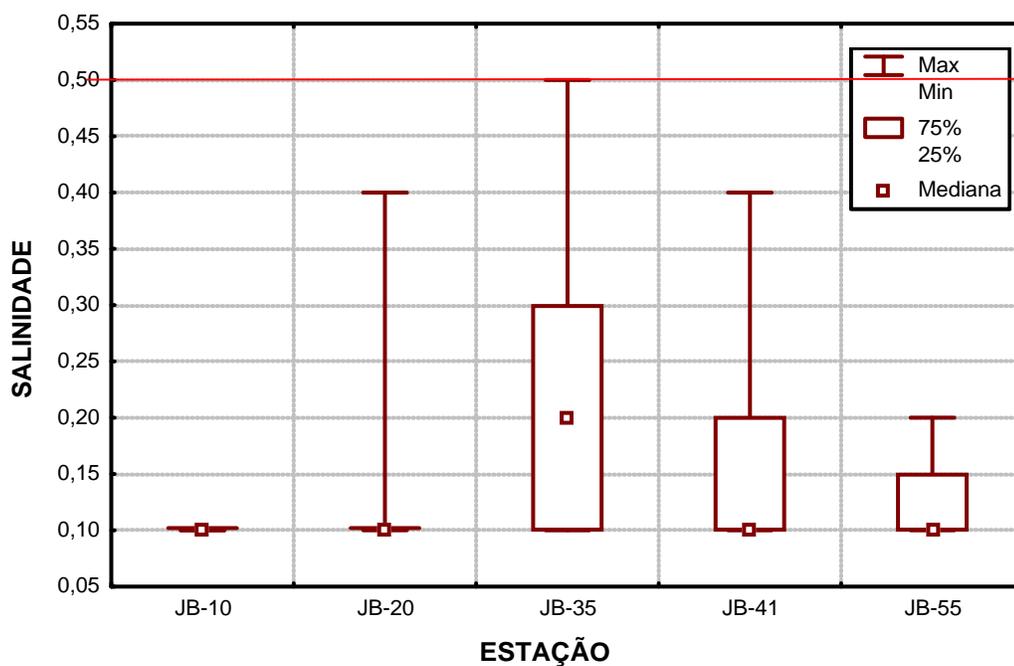


Figura 16 – Concentração de salinidade ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 2002- 2005.

8.5.8 Fósforo

Encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico; é essencial para o crescimento de algas, mas, em excesso, causa a eutrofização; suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo; decomposição da matéria orgânica, esgotos domésticos e industriais; fertilizantes; detergentes; excrementos de animais.

Os valores medianos de fósforo estiveram na faixa entre 0,1 e 0,5 mg/L, nas estações JB-10, JB-20 e JB55. A estação JB-35 apresentou os maiores valores de concentração de fósforo, como podemos conferir na figura 17, porém o valor máximo foi observado na estação JB-20 (4,43 mg/L) no ano de 1999.

Todos os valores de fósforo estão fora do limite da classe 2 (0,1 mg/L). Os elevados níveis de fósforo indicam um grau de poluição por nutrientes significativo na bacia hidrográfica do rio Jaboatão, o que pode representar um risco do aumento da produtividade primária em ambientes lênticos nesta bacia.

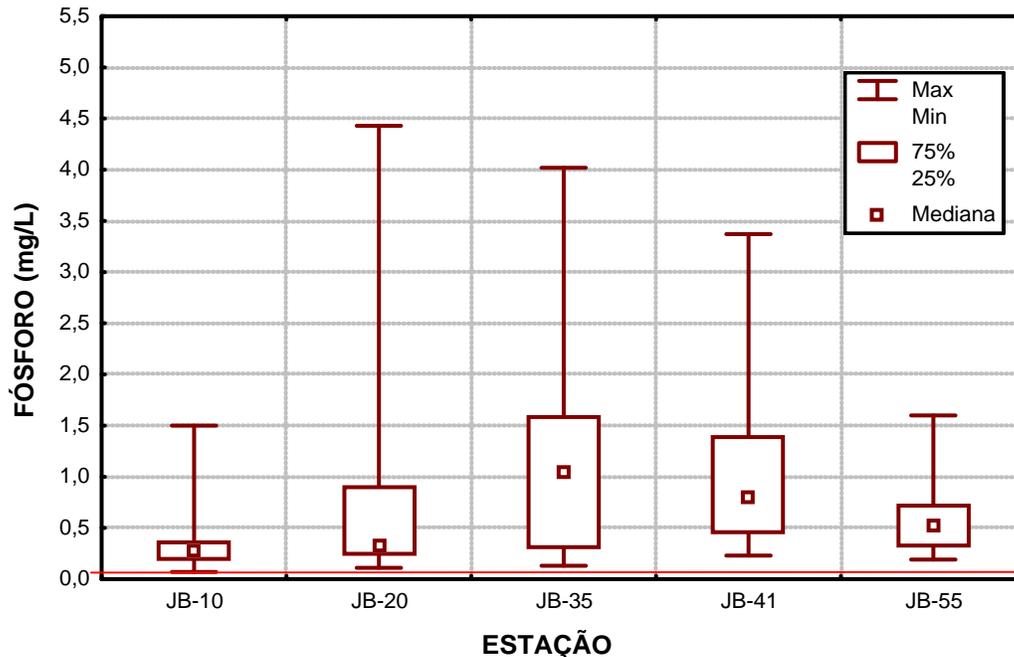


Figura 17 – Concentração de fósforo ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.9 Amônia

É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e, sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar mortandade de peixes. A amônia, quando presente em corpos d'água em determinadas concentrações, acarreta a super produção de algas com conseqüente aparecimento de floração. A presença de amônia é indicadora de poluição recente por esgotos sanitários.

Os valores medianos de concentração de amônia encontraram-se dentro do intervalo entre 0,10 e 2,0 mg/L. As maiores concentrações de amônia ocorreram nas estações JB-35 e JB-55, como podemos observar no gráfico de caixa da figura 18. O valor máximo observado (7,66 mg/L em N) foi na estação JB-35, em março de 1997. As menores concentrações de amônia ocorreram nas estações JB-10 e JB-20.

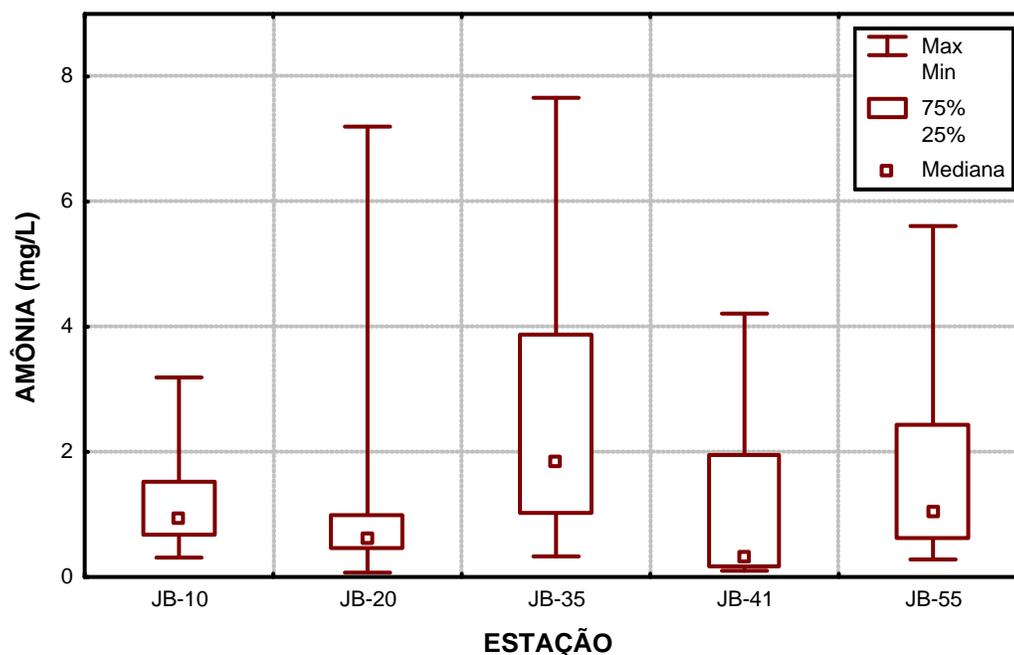


Figura 18 – Concentração de amônia ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

8.5.10 Coliformes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os generos *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

A estação JB-55 é a que apresenta as menores concentrações de coliforme, como podemos observar na figura 19. Nos anos de observação (1997-2005) somente foram observadas concentrações inferiores ao limite da classe 2 (1.000 mg/L) na estação JB-55, em Janeiro de 2003 e setembro de 2005.

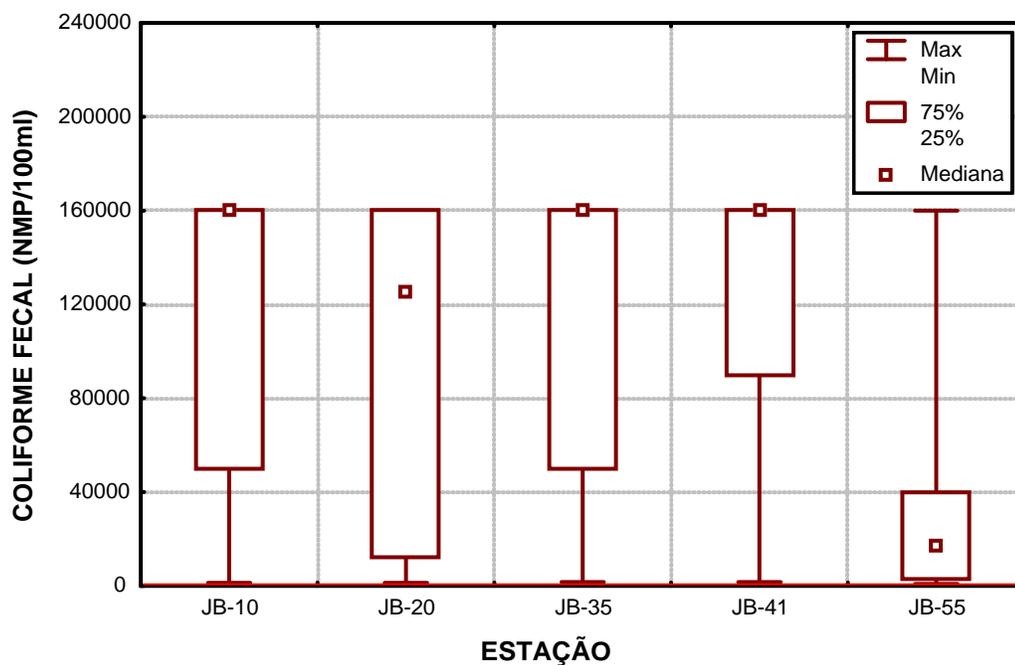


Figura 19 – Concentração de coliforme fecal ao longo do curso do rio Jaboatão no período de 1997- 2005.

A partir da análise dos dados de qualidade das águas da bacia do rio Jaboaão, verifica-se que:

- Os níveis de Coliforme Fecal e Fósforo evidenciam o lançamento de esgotos de origem doméstica em todas as estações, desde a jusante de Moreno até após a sede de Jaboaão.
- Toda Bacia monitorada caracteriza-se por águas doces.
- O trecho do rio monitorado não sofre influencia marinha.
- A qualidade das águas da bacia do rio Jaboaão apresenta-se comprometida em toda a sua extensão monitorada, comprovada por valores baixos de OD e altos valores de DBO. Podem ser citadas como fontes poluidoras o lançamento de esgoto de origem doméstica, atividade agroindustrial e industrias.
- Observaram-se águas com valores de $\text{pH} < 6,0$ na estação a jusante da Usina Bulhões (JB-20), possivelmente devido ao aporte de efluente da mesma. E águas de caráter básico ($\text{pH} > 6,0$) no rio Duas Unas.

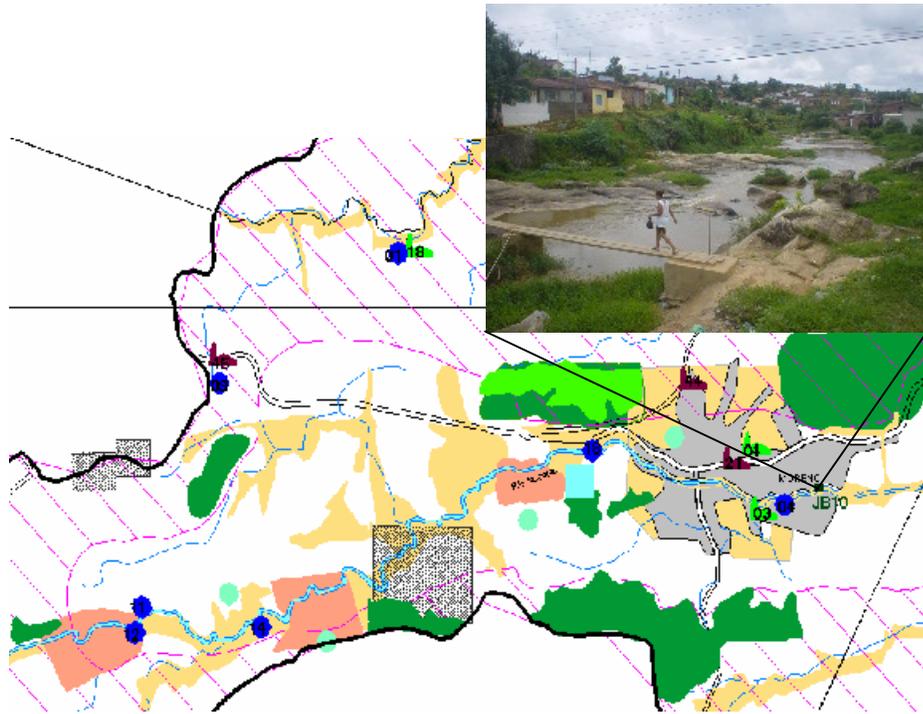


Figura 20 – Detalhe do mapa estação JB-10.

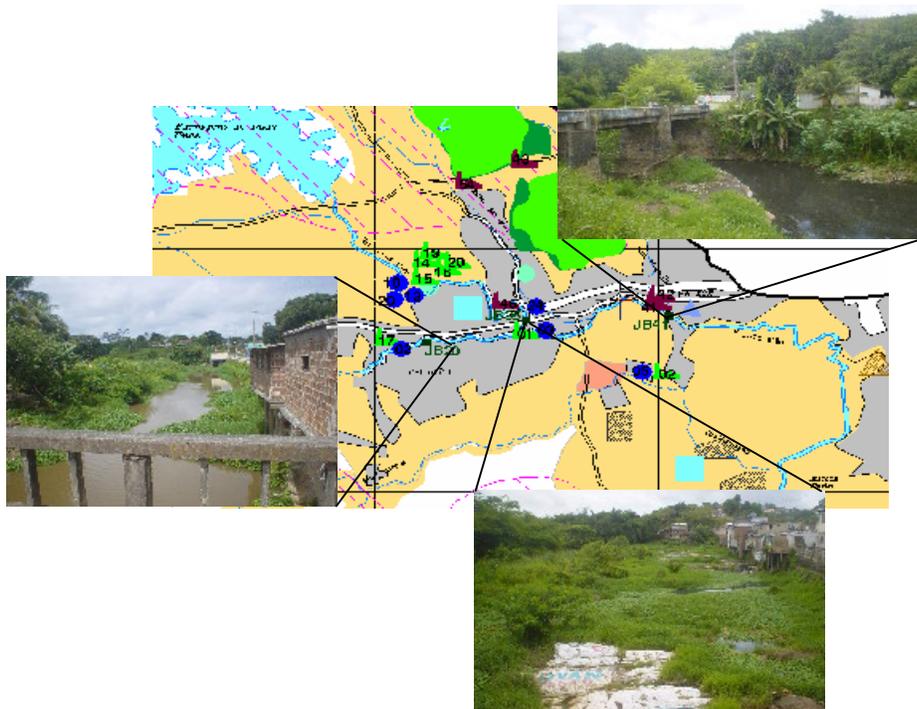


Figura 21 – Detalhe do mapa estação JB-20, JB-35 e JB-41.

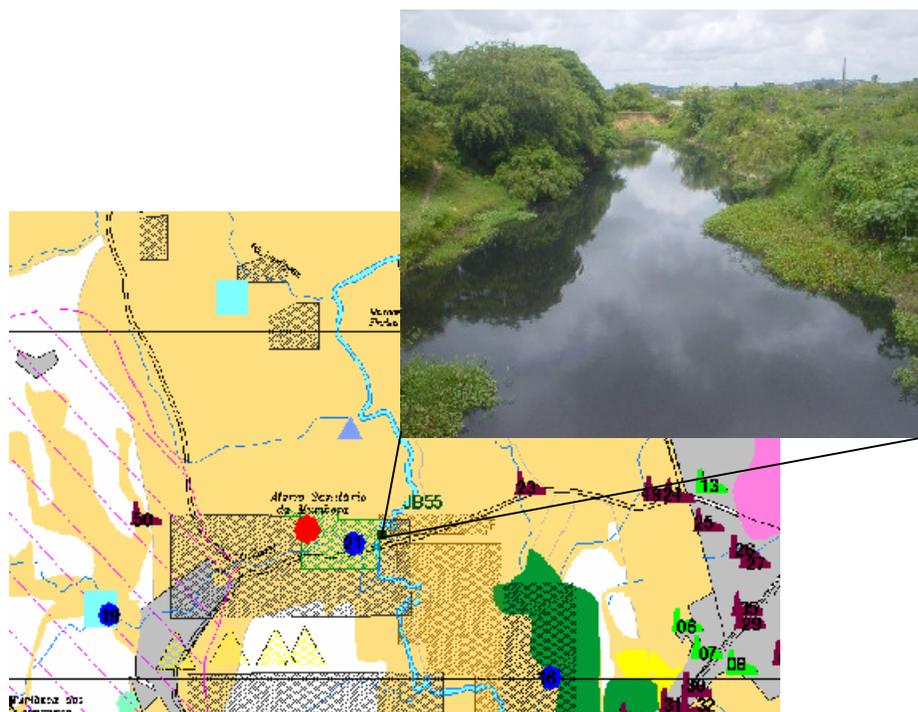


Figura 22 – Detalhe do mapa estação JB-55.

Em 2005, na cidade de Moreno, foi implantado o sistema de esgotamento sanitário. Até agora foram saneados os bairros da Cohab e 40% do bairro do Matadouro (que inclui N. S. de Fátima e Conceição) o que corresponde a aproximadamente 30% da área urbana de Moreno.

A CPRH avaliou a melhoria sobre a qualidade da água do Rio Jaboatão com a implantação do sistema de esgotamento sanitário - SES de Moreno, analisando os parâmetros monitorados, e concluiu que após a implantação do SES em Moreno, como podemos observar nas figuras 23, os valores medianos de Coliformes foram reduzidos a partir da implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Moreno (2005 e 2006). Podemos observar que com apenas 30% da área urbana da cidade saneada tivemos melhorias significativas na qualidade da água, confirmando que a poluição causada por efluentes doméstico é uma das principais fontes de poluição do rio Jaboatão.

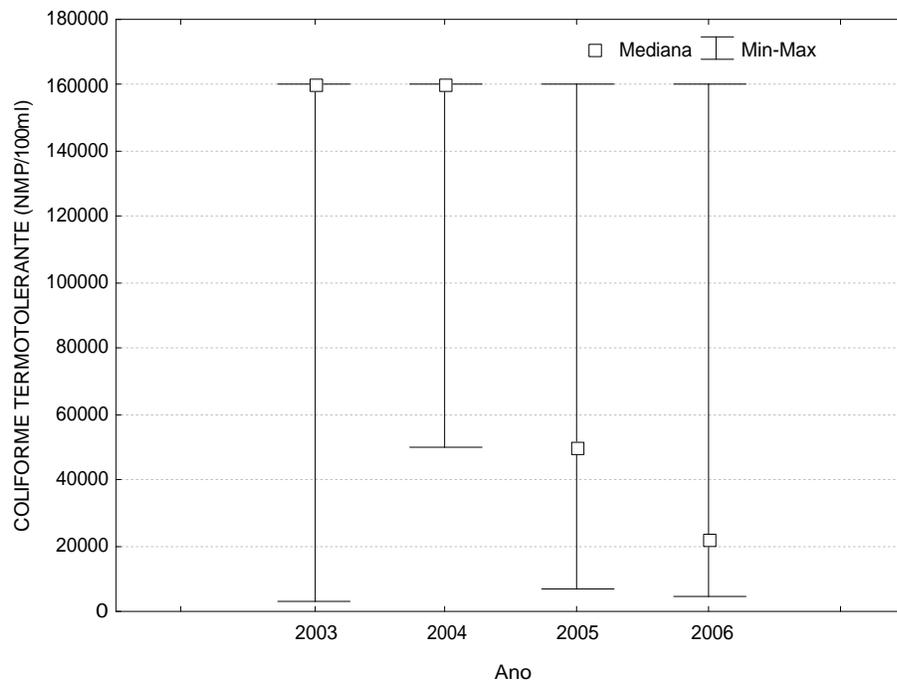


Figura 23 – Variação temporal de Coliforme.

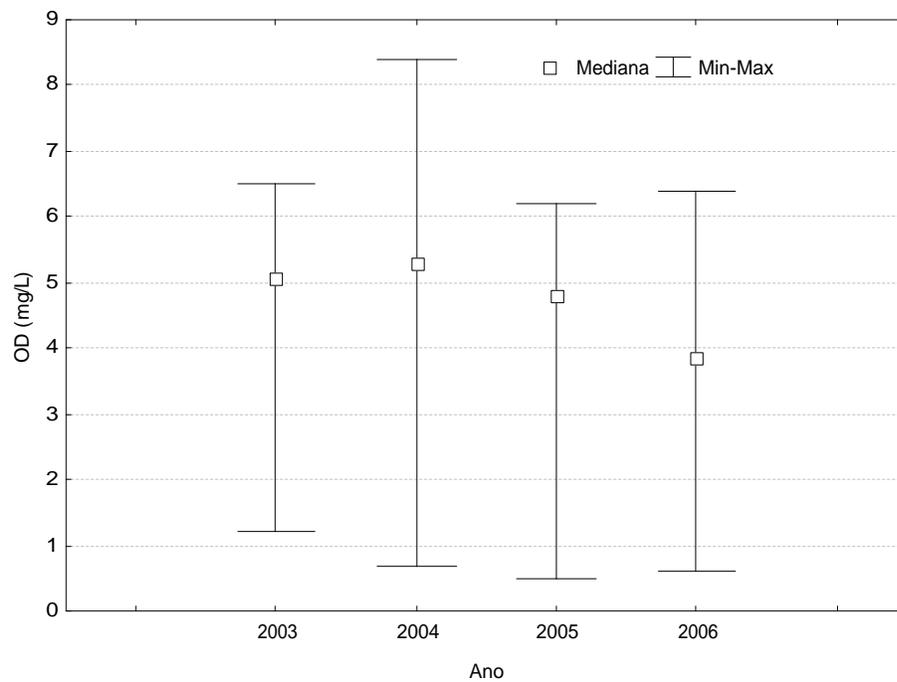


Figura 24 – Variação temporal de OD.

9. INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Todo programa de acompanhamento da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço, gera um grande número de dados analíticos que precisam ser transformados em um formato sintético, para que descrevam e representem de forma compreensível e significativa o estado atual e as tendências da água, e assim possam ser utilizados como informações gerenciais e como ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos.

Uma forma de agregação dos dados em um formato sintético é o uso de indicadores que transfiram informações de um sistema a outro, levando a melhoria na tomada de decisões. Os indicadores são características específicas da água, podendo ser, física, química ou biológica. Como por exemplo, oxigênio dissolvido, temperatura, fósforo, Coliformes, etc.

Os índices de qualidade de água são importantes no acompanhamento da qualidade, entretanto deve-se levar em conta que existem incertezas nas variáveis que os compõem e que são agregados ao índice. Índice é a agregação de dois ou mais indicadores.

Os primeiros estudos relacionando o nível de pureza e a poluição da água foram realizados na Alemanha em 1848 (OTT, 1978). Segundo DERÍSIO (1992), estes estudos procuraram sintetizar os dados de qualidade da água, através da relação entre o nível de pureza da água e a poluição, com a ocorrência de determinadas comunidades de organismos aquáticos. Em lugar de um valor numérico, a qualidade da água era categorizada por uma classe, entre várias, de poluição.

Índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilitassem analisar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que servisse para facilitar a interpretação de extensas listas de variáveis ou indicadores (GASTALDINI & SOUZA, 1994).

O interesse do Brasil por tais índices cresceu desde que o Conselho Nacional de Meio Ambiente em seu relatório anual de 1972, manifestou a necessidade da utilização de índices para qualificar as condições do meio ambiente.

Para *Fonseca (1994)* índices de qualidade de água podem ser utilizados para diversas finalidades, tais como:

- *distribuição de recursos*: repartição de verbas e determinação de prioridades;
- *ordenação de áreas geográficas*: comparação de condições ambientais em diferentes áreas geográficas;
- *imposição de normas*: determinação do cumprimento ou não da legislação ambiental;
- *análise de tendências*: avaliação de mudanças na qualidade ambiental, em determinado período de tempo e acompanhamento da qualidade dos recursos hídricos superficiais;
- *informação ao público*: informe à população sobre as condições de qualidade ambiental em determinado ecossistema;
- *pesquisa científica*: redução de uma grande quantidade de dados, atuando como ferramenta para o estudo dos fenômenos ambientais;
- *Identificar problemas de qualidade de água* que demandem estudos especiais em trechos de rios;
- *Servir de instrumentos* para a gestão dos recursos hídricos

Em geral, um Índice de Qualidade de Água (IQA) é um número adimensional que exprime a qualidade da água para os diversos fins. Esse número é obtido da agregação de dados físico-químicos e bacteriológicos por meio de metodologias específicas.

Na escolha das variáveis para composição do índice são incorporados elementos estatísticos ou métodos de pesquisa de opinião entre especialistas que conhecem o tema.

Para a determinação e interpretação dos dados de qualidade ambiental podem ser utilizadas *aplicações estatísticas* - Análise da Matriz Correlação (MC), Análise de Componentes Principais (ACP), Análise Fatorial (AF), Procedimento de Classificação Não Paramétricos (CNP).

Os principais Índices de Qualidade Geral são os de Horton, o da National Sanitation Foundation (NSF) e o de Prati. Todos baseados na suposição de que a qualidade das águas é um atributo geral das águas superficiais, independente do uso para o qual a água é posta (RIBEIRO et al, 1999).

9.1 Índice de Horton

Horton, pesquisador alemão, foi quem fez a primeira apresentação formal de um IQA em 1965, referindo-se aos índices como ferramenta para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública (DERÍSIO, 1992).

Horton (*apud* OTT, 1978) propôs o primeiro índice formal para qualidade de água selecionando 8 parâmetros de qualidade (OD, pH, coliformes fecais, alcalinidade, cloreto, condutividade, tratamento de esgoto, CCE-Carbono e Cloriforme) e atribuiu a cada um deles um peso que variou de 1 a 4. A escala adotada por Horton é de 0 (pior qualidade) a 100 (melhor qualidade).

Este índice não leva em consideração as substâncias tóxicas. Segundo DERÍSIO (1992), a justificativa é que em “nenhuma circunstância os cursos de água deveriam conter substâncias que fossem prejudiciais aos seres humanos, animais ou à vida aquática”.

A equação abaixo é usada para o cálculo do IH:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \cdot M_1 \cdot M_2$$

onde:

W_i = peso de cada parâmetro (i) que entra no cálculo;

l_i = subíndice do parâmetro (i);

M_1 = coeficiente que reflete a temperatura;

$M_1 = 1$ se $T < 34^\circ\text{C}$;

$M_1 = 0,5$ se $T \geq 34^\circ\text{C}$;

M_2 = coeficiente que reflete a poluição aparente;

$M_2 = 1$ se sólidos sedimentáveis $< 0,1$ ml/l;

$M_2 = 0,5$ se sólidos sedimentáveis $> 0,1$ ml/l.

9.2 Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation (IQA-NSF)

De acordo com DERÍSIO (1992), em 1970, Brown, McClelland, Deininger e Tozer, em estudo financiado pela National Sanitation Foundation, apresentaram um índice de qualidade de água bastante similar em sua estrutura ao Índice de Horton.

Este índice, IQA-NSF, combinou as opiniões de 142 especialistas, baseado na técnica de Delphi da Rand Corporation, através das respostas a vários questionários, tabuladas e retornadas a cada participante, para comparação de sua resposta com a dos demais participantes a fim de se chegar a um consenso.

O resultado desta pesquisa foi a indicação das variáveis de qualidade de água que deveriam entrar no cálculo, o peso relativo das mesmas e a condição em que se apresentava cada uma delas, de acordo com uma escala de valores. Inicialmente, foram selecionadas 35 variáveis indicadoras de qualidade da água e destas, nove foram selecionadas para compor o IQA-NSF: temperatura (T), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais (coli), nitrogênio total (NT), resíduo total (RT), fósforo total (FT) e turbidez (Tbd). Para cada variável foi estabelecida curvas de variação da qualidade da água, de acordo com o estado ou condições de cada variável.

A estrutura proposta originalmente por BROWN et al. (1970) resulta de uma combinação linear com pesos dos subíndices. A forma aditiva para cálculo do IQA está apresentada na equação abaixo.

$$\text{IQA-NSF} = \sum_{i=1}^n W_i l_i$$

onde:

IQA = um número entre 0 e 100;

W_i = peso relativo do i -ésimo parâmetro;

l_i = valor do subíndice relativo ao i -ésimo parâmetro.

Apesar da forma aditiva ser muito utilizada, foi proposta também por LANDWEHR & DEININGER (1976) uma forma multiplicativa para evitar eventuais problemas de resultados mascarados, que ocorriam quando um subíndice apresentava valores extremamente baixos de qualidade de água. Na forma multiplicativa, os mesmos pesos tornam-se potências dos subíndices.

Neste caso, se qualquer dos subíndices aproxima-se de zero, o índice global também se aproxima de zero.

$$\text{IQA-NSF} = \prod_{i=1}^n l_i^{W_i}$$

9.3 Índice de Toxidez (IT)

Este índice complementa o IQA-NSF. Em geral os índices não consideram a existência de substâncias tóxicas. BROWN et al. (1970) recomendam a utilização de um índice de toxidez, cujo valor é 0 ou 1, indicando, respectivamente, a presença de poluentes acima do seu limite máximo admissível, ou a ausência destes poluentes. O valor de IT deve ser multiplicado pelo IQA, confirmando o seu valor (IT=1), ou anulando o seu valor (IT=0).

Os sete metais integrantes do IT são os seguintes: cádmio, chumbo, cobre, mercúrio, "cromo total", níquel e zinco. Os metais ferro e manganês também são analisados, mas foram excluídos do IT, devido à sua baixa toxicidade e as suas concentrações naturais, em solos e rochas, que ultrapassam os padrões existentes propostos para regiões com características diferentes.

9.4 Índice de Prati

Prati, Pavanello e Pesarin propuseram em 1971 um índice para águas superficiais, também denominado Índice Implícito de Poluição de Prati, baseado nos sistemas de classificação da qualidade da água usado em vários países da Europa e alguns estados dos EUA.

O sistema de classificação envolveu 13 parâmetros e classifica a qualidade da água considerando cinco categorias, tendo sido designado para cada categoria limites de variação dos parâmetros. Para cada parâmetro foi determinado um subíndice utilizando equações matemáticas, consistentes com a classificação através dos limites da variação, baseadas em critérios pessoais quanto à severidade dos efeitos da poluição.

Foram utilizadas equações lineares para os parâmetros: DBO₅, DQO e manganês; funções não lineares para: sólidos em suspensão, amônia, nitrato e ferro; e para os demais parâmetros foi utilizada uma série de outras equações definidas em função de diferentes limites de variação de cada parâmetro, resultando em equações não lineares segmentadas. O índice é calculado como a média aritmética dos 13 subíndices. É um índice crescente que varia de 0 a 14, quanto maior for o seu valor, pior a poluição.

$$I = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{13} li$$

9.5 Índice de Dinius

DINIUS (APUD OTT, 1978) propôs o desenvolvimento de um sistema rudimentar de contabilidade social que mediria os custos e impactos das medidas de controle de poluição. Considerava que um sistema de contabilidade social facilitaria a divulgação de informações de dados de qualidade ambiental ao público e administradores, e permitiria que dinheiro e tempo fossem gastos mais efetivamente no controle da poluição.

O índice inclui 11 parâmetros e é baseado no somatório ponderado dos subíndices, determinados através de funções matemáticas, sendo que cada um deles foi desenvolvido a partir de pesquisa na literatura científica. Dinius elaborou 11 equações para os subíndices, baseadas em estudos realizados por vários especialistas. Os pesos também foram baseados em estudos da importância de cada parâmetro poluente. Considerava que usos específicos da água poderiam ser adaptados através da interpretação do valor do índice para cada uso da água.

Este índice obedece a uma escala que varia de 0 a 100% representada por funções matemáticas explícitas. A distribuição dos pesos é referente a uma escala básica de importância denotada por: muito pequena (1), pequena (2) média (3), grande (4), importância muito grande (19) tendo como somatório de pesos 21.

O Cálculo do índice de Dinius é realizado segundo equação abaixo.

$$I = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{11} Wi li$$

9.6 Índice de Smith

SMITH (1987) propôs um índice geral para uso específico de qualidade de água, cuja elaboração baseou-se na metodologia Delphi, seguindo uma forma não ponderada, pois considera igualdade de importância entre os parâmetros que entra no cálculo do IQA. Estes índices foram relacionados com a legislação da Nova Zelândia, viabilizando sua maior aceitabilidade. Trata-se de um índice composto de dois ou mais subíndices, em escala decrescente.

Por este método o valor final do IQA é equivalente ao menor valor entre dois subíndices. SMITH (1987) afirma a adequabilidade do uso da água é governada por suas características mais pobres e não pelo conjunto de variáveis.

A equação do IS é a seguinte:

$$IS = \min(I_1, \dots, I_2, \dots, I_i, \dots, I_n)$$

Onde :

IS = valor do índice;

li= valor do subíndice.

Tabela 8 - Comparação entre os IQA's

IQA	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS/LIMITAÇÕES
Horton	<p>Parâmetros avaliados: OD, pH, coliformes fecais, condutividade, alcalinidade, cloretos e temperatura;</p> <p>Formulação básica: estrutura linear escalonada;</p> <p>Escala de avaliação: 0 (pior) a 100 (melhor)</p>	<p>Vantagens: criado para ser de uso geral, independente da utilização do recurso hídrico; serve para avaliação da qualidade da água no tempo e no espaço.</p> <p>Limitações: Não avalia o potencial tóxico da água, pois não inclui em seus parâmetros os metais pesados e alguns compostos orgânicos</p>
NSF	<p>Parâmetros avaliados: temperatura, OD, fosfatos, nitrato, coliformes fecais, sólidos totais, turbidez, pH e DBO.</p> <p>Formulação: multiplicativa.</p> <p>Escala de avaliação: 0 (pior) e 100 (melhor)</p>	<p>Vantagens: criado para ser de uso geral, independente da utilização do recurso hídrico; serve para avaliação da qualidade da água no tempo e no espaço. Pode incluir a avaliação de parâmetros tóxicos, através da utilização do Índice de Toxicidade.</p> <p>Limitações: Todos os parâmetros básicos têm de ser avaliados, não permite a inclusão de novos parâmetros e a inclusão dos parâmetros tóxicos limita a avaliação apenas para o grau de poluição do rio.</p>
DINIUS	<p>Parâmetros avaliados: OD, DQO5, Coliformes totais, Condutividade Específica, Cloretos, Dureza, Alcalinidade, pH, Temperatura, Cor, Coliforme fecal.</p> <p>Formulação: funções matemáticas explícitas.</p> <p>Escala de avaliação: 0 (pior) a 100 (melhor)</p>	<p>Vantagens: criado para ser de uso geral, independente da utilização do recurso hídrico; serve para avaliação da qualidade da água no tempo e no espaço.</p> <p>Limitações: Não avalia o potencial tóxico da água, pois não inclui em seus parâmetros os metais pesados e alguns compostos orgânicos.</p>

PRATI	<p>Parâmetros avaliados: OD, DQO, pH, DBO, Aço, Manganês, Amônia, Nitrato, Cloretos, Surfactantes, Sólidos Suspensos e Ferro.</p> <p>Formulação: calculado como a média aritmética dos 13 subíndices.</p> <p>Escala de avaliação: 0 (melhor) a 14(pior)</p>	<p>Vantagens: pode ser usado como comparativo da qualidade da água em diversas regiões ou países.</p> <p>Limitações: não é ser utilizado para tomar decisões quanto a sistemas de tratamento de águas residuárias.</p>
SMITH	<p>Parâmetros avaliados: os mesmo utilizados no cálculo do IQA-NSF.</p> <p>Formulação: seguindo uma forma não ponderada, pois considera igualdade de importância entre os parâmetros que entra no cálculo do IQA.</p> <p>Escala de avaliação: 0 (pior) a 100 (melhor)</p>	<p>Vantagens: criado para uso específico de qualidade de água</p> <p>Limitações: índices foram relacionados com a legislação da Nova Zelândia.</p>

9.7 Calculo do IQA

O IQA-NSF tem sido um dos mais utilizados por aquelas localidades onde ainda não existem IQA`s desenvolvidos. Segundo DEUS ET AL, 1999 E RIBEIRO ET AL, 1999, em estudos realizados nas bacias hidrográficas dos rios Taquari/Antas e do rio Caí, ambas localizadas no Rio Grande do Sul, onde foram utilizados os IQA`s de Horton, Prati et al e o NSF, este último foi o que apresentou maior representatividade em relação a verdadeira situação de qualidade de águas nas bacias hidrográficas estudadas.

A Companhia Tecnológica de Saneamento Ambiental – CETESB, a partir dos estudos realizados pela “National Sanitation Fundation” dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o IQA adotado no Brasil. Assim como no IQA-NSF, foram selecionados nove parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público.

Com os dados levantados na CPRH ao longo dos anos de 1997 a 2005 não foi possível calcular o IQA, por não possuir os parâmetros necessários para o seu calculo. A Universidade Federal de Pernambuco-UFPE possui um programa de monitoramento na bacia do rio Jaboatão com dados de qualidade da água a partir do ano de 1998, utilizamos esses dados para o calculo do IQA – NSF.

No monitoramento realizado pela UFPE a bacia do rio Jaboatão foi dividida em três zonas distintas, de acordo com os principais tipos de atividades desenvolvidas em cada uma delas, e foram escolhidas ao longo do rio Jaboatão sete estações de monitoramento, conforme localização na figura 26.

Área A: Caracterizada como uma área de drenagem agrícola, eminentemente rural, com atividade canavieira e cultivo de hortaliças. Pertencem a esta sub-área as Estações 1 (próxima à nascente do rio) e 2 (Engenho Juçara -Captação da COMPESA); nesta área não possui estação correspondente no monitoramento realizado pela CPRH

Área B: Estão localizadas nesta sub-área os municípios de Moreno e Jaboatão, caracterizando-a como uma zona densamente povoada. As atividades industriais na região são de Usinas Canavieira e Fábricas de Papel. Foram alocadas nesta sub-área as Estações 3 e 4,

respectivamente à montante e jusante (Engenho Bom Dia) da cidade de Moreno e a Estação 5 à jusante de Jaboaão Centro, incluindo a sub-bacia do Rio Duas Unas; esta área possui estações de monitoramento correspondente na CPRH são o caso das estações JB-10, JB-20 (coincide com a 4), JB-35 e JB-41 (coincide com a 5).

Área C: Onde estão as localidades de Prazeres, Pontezinha e Ponte dos Carvalhos, além do Aterro Sanitário da Muribeca, está a sub-área que classifica-se como tipicamente industrial. As Estações desta sub-área são as Estações 7 (à jusante do Aterro Sanitário da Muribeca- Vaquejada/COHAB) e 8 (na ponte da BR 101-Sul – Prazeres). Nesta área temos uma estação de monitoramento da CPRH coincidindo com a estação 7 (JB-55).

Os IQA's obtidos no Rio Jaboaão estão na faixa de regular a péssimo, tendo sua qualidade piorada à medida que o rio avança de sua nascente a sua foz (figura 25). Nos mês de março de 1999, setembro e novembro de 2003 e janeiro e abril de 2004 apresentaram os piores índices variando de ruim a péssima a qualidade da água. Em novembro de 2003, no ponto P5, foi onde encontramos o IQA mais baixo atingindo o valor 9.

Os resultados evidenciam a grande influência das áreas urbanas e industriais na degradação da qualidade da água do rio Jaboaão, que a partir do ponto P4 passa a apresentar qualidade de ruim a péssima (figura 26), comprometendo o uso da água para abastecimento público e a vida aquática no rio. Observou-se que o parâmetro que mais influenciou estes resultados foi o OD, DBO e coliforme fecal.

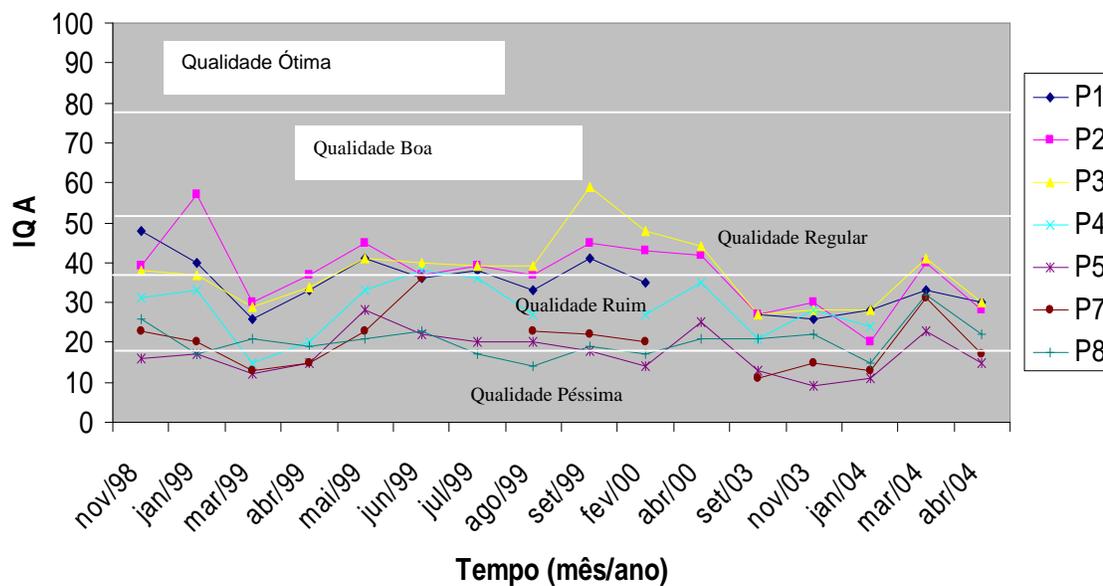


Figura 25 – Variação espacial e temporal do IQA no Rio Jaboatão.

Quando se compara a avaliação da qualidade da água no rio Jaboatão, com a classificação de suas águas de acordo com a classe 2 da Resolução nº 357 do CONAMA, em relação ao oxigênio dissolvido, à DBO e às bactérias coliformes fecais, conforme realizado no capítulo anterior, percebe-se que os níveis de qualidade obtidos pelo IQA refletem com veracidade a má qualidade das águas dos rios, demonstrando a aplicabilidade do IQA para avaliações de qualidade do ponto de vista sanitário.

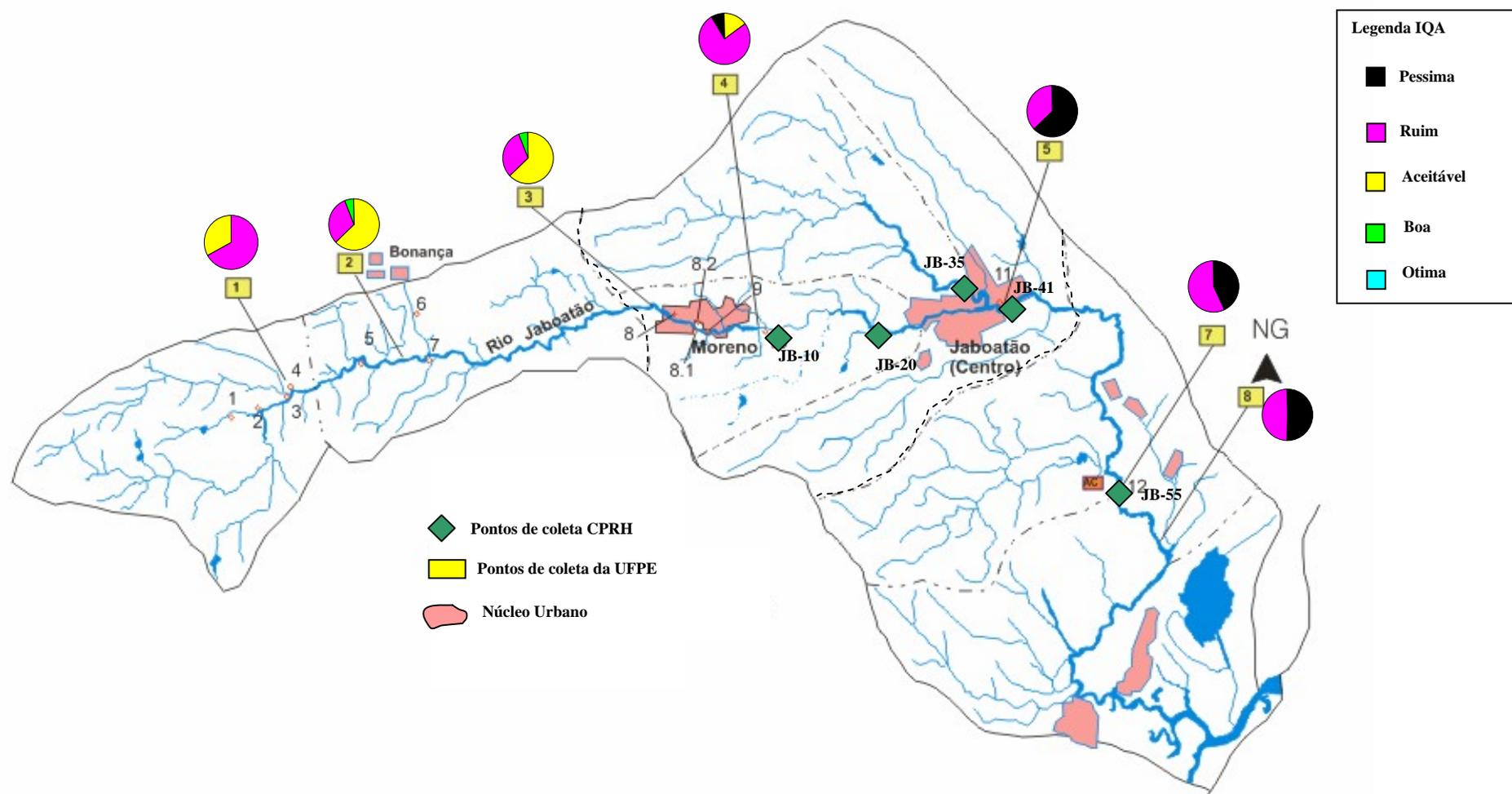


Figura 26 – Localização dos pontos de coleta e resultados da aplicação do IQA na bacia do rio Jaboatão.

10. MÉTODOS MULTIVARIADOS

Existem vários métodos de análise multivariada com finalidades bem diversas entre si. Portanto, é necessário saber que conhecimento se pretende gerar, ou melhor, o que se pretende afirmar a respeito dos dados. Quando o interesse é verificar como as amostras se relacionam, ou seja, o quanto estas são semelhantes segundo as variáveis utilizadas no trabalho, dois métodos podem ser utilizados: a análise por agrupamento hierárquico (HCA) e a análise por componentes principais (PCA). Quando a finalidade principal é fazer previsão, por exemplo, quando temos muitas variáveis independentes e queremos encontrar uma variável dependente, a regressão linear múltipla e redes neurais são métodos indicados para esta situação. Com uma finalidade bem diversa, existem métodos de análise multivariada que podem ser usados na etapa inicial de uma pesquisa, na própria escolha das variáveis que descreverão o sistema. Isto é muito comum nos casos em que um processo necessita ser otimizado. Dentre os métodos que servem para otimização, citamos o simplex e o planejamento fatorial. Os métodos estatísticos são escolhidos de acordo com os objetivos da pesquisa, por isto, mostrar, prever ou otimizar são obtidos por diferentes métodos.

10.1 Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA)

A análise de agrupamento hierárquico consiste no tratamento matemático de cada amostra como um ponto no espaço multidimensional descrito pelas variáveis. Também é possível, nesta técnica, tratar cada variável como um ponto no espaço multidimensional descrito pelas amostras, ou seja, podemos ter agrupamento de amostras ou de variáveis de acordo com o interesse em cada situação. Quando uma determinada amostra é tomada como um ponto no espaço das variáveis, é possível calcular a distância deste ponto a todos os outros pontos, constituindo-se assim uma matriz que descreve a proximidade entre todas as amostras estudadas.

Existem várias maneiras de calcular a distância entre dois pontos, a mais conhecida e utilizada é a distância euclidiana, pois corresponde ao sentido trivial de distância no plano. Lembrando que, para duas variáveis, corresponde a aplicação do teorema de Pitágoras ($a^2=b^2 + c^2$): O comprimento da hipotenusa (a) é igual à raiz quadrada da soma dos quadrados dos comprimentos dos catetos (b e c). Baseado nesta matriz de proximidade entre as amostras, se constrói um diagrama de similaridade denominado dendrograma (dendr(o) = árvore), como

podemos conferir na figura 27. Existem várias maneiras de aglomerar matematicamente estes pontos no espaço multidimensional para formar os agrupamentos hierárquicos. Cada um corresponde a um algoritmo específico, que usa as informações da matriz de proximidade para criar um dendrograma de similaridade. A interpretação de um dendrograma de similaridade entre amostras fundamenta-se na intuição: duas amostras próximas devem ter também valores semelhantes para as variáveis medidas. Ou seja, elas devem ser próximas matematicamente no espaço multidimensional. Portanto, quanto maior a proximidade entre as medidas relativas às amostras, maior a similaridade entre elas. O dendrograma hierarquiza esta similaridade de modo que podemos ter uma visão bidimensional da similaridade ou dissimilaridade de todo o conjunto de amostras utilizado no estudo. Quando o dendrograma construído é das variáveis, a similaridade entre duas variáveis aponta forte correlação entre estas variáveis do conjunto de dados estudado. Os dendrogramas de amostras são mais comuns.

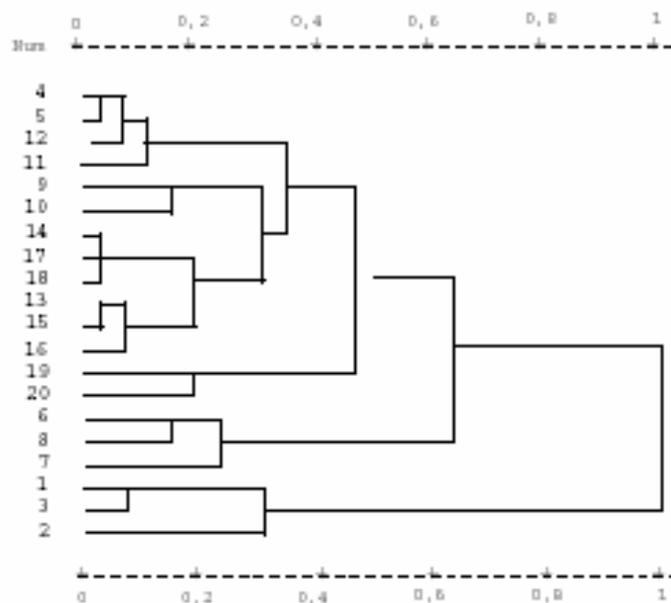


Figura 27– Diagrama de similaridade.

A aplicação da análise de agrupamento hierárquico, quando temos variáveis de escalas diferentes, deve ser precedida por um tratamento prévio dos dados. Quando não é feito o pré-tratamento, as variáveis com valores numéricos mais altos serão mais importantes no cálculo que as variáveis com valores numéricos mais baixos. O pré-tratamento mais comumente empregado é a transformação Z, que transforma as medidas de cada variável de tal modo que o conjunto de dados tenha média zero e variância um. A finalidade deste procedimento é equalizar a importância estatística de todas as variáveis utilizadas.

10.2 Regressão Linear múltipla de componentes principais

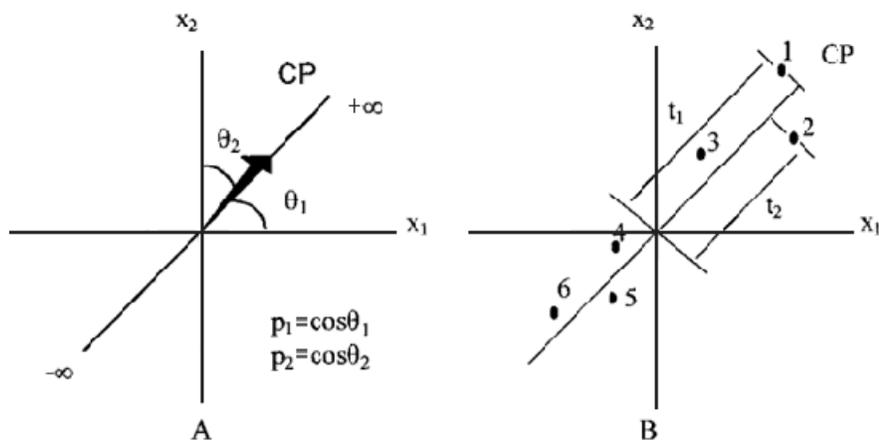
A regressão linear múltipla também é uma técnica multivariada cuja finalidade principal é obter uma relação matemática entre uma das variáveis (a variável dependente) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (variáveis independentes). Sua principal aplicação, após encontrar a relação matemática é produzir valores para a variável dependente quando se têm as variáveis independentes, ou seja, ela pode ser usada na predição de resultados. Obviamente, a soma das contribuições de diversas variáveis para uma determinada predição pode também ser feita usando as componentes principais, pois as mesmas têm a vantagem de poder ser tratadas de modo completamente independente. Portanto, é possível também fazer regressão linear múltipla das componentes principais.

10.3 Análise de componentes principais (PCA)

A análise de componentes principais é uma técnica estatística bastante utilizada para redução do número de variáveis e para fornecer uma visão estatisticamente privilegiada do conjunto de dados. Esta técnica estatística (a análise de componentes principais) fornece as ferramentas adequadas para identificar as variáveis mais importantes no espaço das componentes principais.

A análise de componentes principais consiste em reescrever as variáveis originais em novas variáveis denominadas componentes principal (figura 28), através de uma

transformação de coordenadas. A transformação de coordenadas é um processo trivial quando feito usando matrizes. A transformação matemática das coordenadas pode ser feita de diversas maneiras conforme o interesse. A transformação das variáveis originais em componentes principais tem algumas especificidades.



(A) os “loadings” são ângulos do vetor direção; (B) os “scores” são as projeções das amostras na direção da componente principal.

Figura 28 – Representação gráfica de uma componente principal.

As componentes principais são as novas variáveis geradas através de uma transformação matemática especial realizada sobre as variáveis originais. Esta operação matemática está disponível em diversos softwares estatísticos especializados. Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais. Por exemplo, um sistema com oito variáveis, após a transformação, terá oito componentes principais. Cada uma destas componentes principais, por sua vez, será escrita como uma combinação linear das oito variáveis originais. Nestas combinações, cada variável terá uma importância ou peso diferente.

Dois são as características das componentes principais que as tornam mais efetivas que as variáveis originais para a análise do conjunto das amostras. As variáveis podem guardar entre si correlações que são suprimidas nas componentes principais, ou seja, as componentes principais são ortogonais entre si. Deste modo, cada componente principal traz uma informação estatística diferente das outras. A segunda característica importante é decorrente do processo matemático-estatístico de geração de cada componente que maximiza a informação estatística para cada uma das coordenadas que está sendo criada. As variáveis

originais têm a mesma importância estatística, enquanto que as componentes principais têm importância estatística decrescente. Ou seja, as primeiras componentes principais são tão mais importantes que podemos até desprezar as demais. Assim podemos compreender como a análise de componentes principais: I) podem ser analisadas separadamente devido à ortogonalidade, servindo para interpretar o peso das variáveis originais na combinação das componentes principais mais importantes II) podem servir para visualizar o conjunto da amostra apenas pelo gráfico das duas primeiras componentes principais, que detêm maior parte da informação estatística.

A análise de componentes principais e a análise de agrupamento hierárquico são técnicas de análise multivariada com fundamentos teóricos bem diferentes, podendo ser aplicadas independentemente. Estas técnicas podem até ser complementares na informação sobre o conjunto de dados, dependendo do sistema analisado. Ambas fornecem a visão mais global possível das amostras dentro do conjunto de dados, conforme as variáveis usadas.

10.4 Análise estatística de dados de monitoramento das águas da Bacia do Rio Jaboatão

Para a análise estatística dos dados de monitoramento utilizamos a análise de componentes principais, por ser uma técnica de redução da dimensionalidade que permite projetar o máximo de informação no menor número possível de dimensões não correlacionadas. Analisando-se os gráficos dos escores e dos pesos resultantes dessa análise, pode-se identificar facilmente padrões de associação e similaridade tanto entre amostras quanto entre variáveis. Esses padrões servem de base para estabelecer relações espaciais e/ou temporais entre os parâmetros de qualidade de águas monitoradas, bem como entre as estações de monitoramento.

Na primeira etapa da análise, procedeu-se à formatação do banco de dados disponibilizado, de forma a torná-los compatíveis com o exigido pelos programas computacionais empregados na análise estatística, *Statistica 6.1*. Depois de verificados os valores registrados, e corrigidos ou excluídos os valores anômalos, chegou-se a planilha que serviu de base para todos os procedimentos estatísticos. O conjunto de dados relativos ao Rio Jaboatão ficou com 318 amostras e 12 variáveis. Tal conjunto apresenta um número

considerável de dados ausentes, isto aparentemente é uma consequência de mudanças nos procedimentos de coleta ou de registro de dados ocorridas ao longo dos anos.

Os dados fornecidos pela CPRH foram digitados em planilha eletrônica, no formato convencional da análise multivariada, onde cada linha corresponde a uma amostra e cada coluna corresponde a uma variável.

A planilha foi convertida para o do programa computacional *Statistica*, onde foram realizadas todas as análises subsequentes. O conjunto de dados resultantes dessa operação foi então submetido a uma análise gráfica preliminar, com o objetivo de identificar e retificar incorreções. Vários problemas foram detectados e corrigidos, entre os quais podemos mencionar:

- Linhas ou colunas totalmente vazias
- Dados de texto lidos como se fossem valores numéricos
- Ponto decimal deslocado ou com notação tipográfica inadequada
- Valores ausentes tomados como nulos

A análise preliminar permitiu a identificação de algumas amostras anômalas, em algumas variáveis. Tais amostras, embora representadas por valores legítimos, apresentam um comportamento visivelmente diferente das demais. Esse aspecto também foi levado em conta durante a realização das análises, já que amostras anômalas podem distorcer gravemente determinados testes estatísticos. Alguns exemplos de anomalias são mostrados nas figuras 29 e 30.

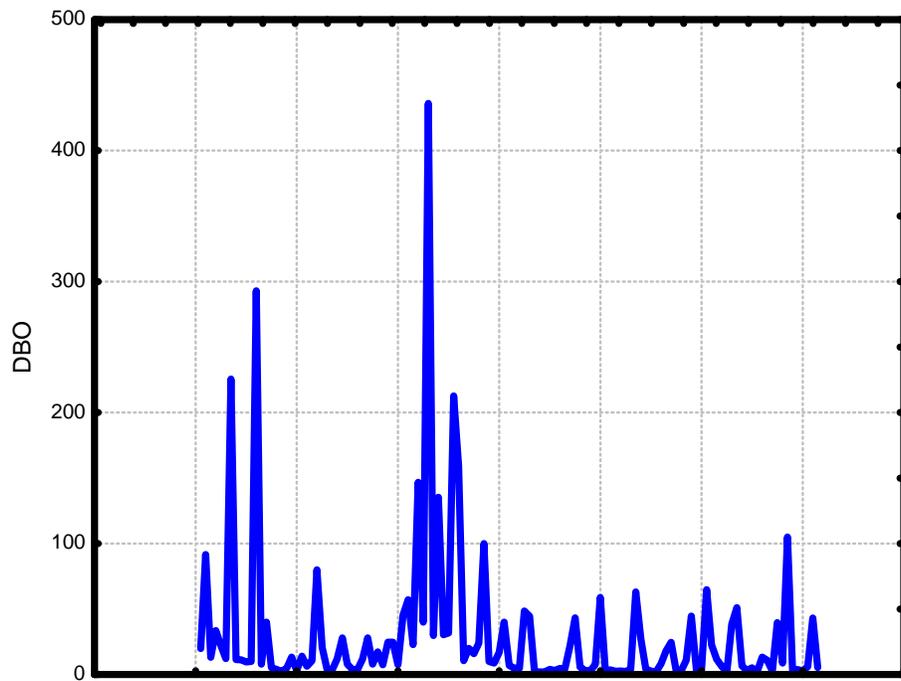


Figura 29 – DBO na Bacia do Rio Jaboatão.

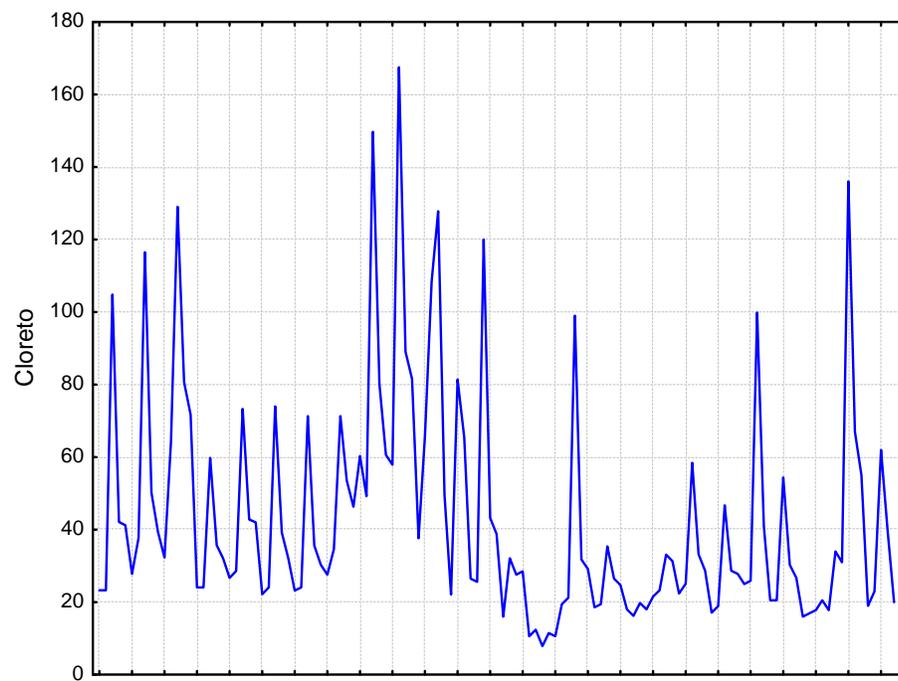


Figura 30 – Cloreto na Bacia do Rio Jaboatão.

Os dados relativos ao Rio Jaboatão, levantados para essa análise, constituem uma série histórica contendo um total de 318 amostras, a primeira das quais colhida em janeiro de 1990, e a mais recente obtida em novembro de 2005. Considerando-se o conjunto como um todo, vinte pontos de coleta estão representados. Ao longo do tempo, com as modificações ocorridas na estrutura da rede de monitoramento, apenas cinco estações de coleta (JB-10, JB-20, JB-35, JB-41 e JB-55) contêm registros para todo o período. Mesmo estas estações apresentam lacunas em diversas variáveis, o que, aliás, se verifica em todo o conjunto de dados. Nenhuma variável teve o seu valor registrado para todas as 318 amostras. As que mais se aproximaram disto foi o OD e a DBO, sendo assim a análise estatística multivariada foi realizada com um número bastante reduzido de valores.

Para a realização de uma análise multivariada qualquer, os conjuntos de dados não podem conter lacunas. Como consequência, tivemos de restringir o conjunto de dados de 318 para 123 amostras, representando as cinco estações onde existe uma constância de dados, e varrendo o período de 1997 a 2005. Dessas amostras, 80 foram coletadas durante o verão, e as outras 43 no período de inverno. A análise multivariada foi realizada com as seguintes variáveis: Temperatura, DBO, OD, Cloreto, pH, Coliforme e Condutividade. As demais variáveis foram excluídas da análise pela escassez de valores. Tentativas de incluir mais variáveis foram feitas, mas acarretaram numa significativa diminuição do número de amostra válidas, o que por sua vez torna os resultados estatísticos menos representativos.

A Figura 31 mostra o resultado da análise de componentes principais (PCA) realizada com o conjunto de todas as amostras do Rio Jaboatão. Nesta análise, como o conjunto de dados contém sete variáveis, cada amostra pode ser imaginada, em termos geométricos, como um ponto localizado num sistema de sete dimensões. A PCA visa projetar o máximo da informação contida nesse espaço multidimensional no mínimo de dimensões, o que permite, por inspeção dos gráficos produzidos na análise, detectar padrões de associação entre amostras ou variáveis.

A figura 31 mostra o gráfico dos pesos das duas primeiras componentes principais (PC1= 49% e PC2=24%), que juntas representam 73% de toda informação. A primeira componente PC1, mostra a influencia dos parâmetros: DBO, Temperatura, Condutividade, Coliforme, Cloreto e pH, todos com pesos positivos, e OD com peso negativo. A proximidade dos pontos que representam o Cloreto e a Condutividade, e a Temperatura e DBO indica que

estas variáveis têm uma alta correlação positiva. Da mesma forma, a localização do OD. no quadrante oposto ao DBO indica correlações negativas. A segunda componente PC2 mostra as influências positiva dos parâmetros: DBO, Temperatura e Coliforme, e negativa dos parâmetros: OD, pH, Cloreto e Condutividade. Em uma análise sucinta destas componentes, pode-se dizer que em relação a PC1, as amostras mais à direita possuem valores mais altos dos parâmetros com pesos positivos, e vice-versa. No tocante a PC2, pode-se dizer que as amostras mais acima possuem valores mais altos dos parâmetros com pesos positivos e vice-versa.

A figura 32 mostra os escores da PCA feita com as amostras do rio Jaboatão, estas identificadas por estações. Podemos observar a formação de quatro grupos: Grupo 1 (Estação JB-10 e JB-20), Grupo 2 (estações JB-35), Grupo 3 (JB-41) e Grupo 4 (JB-55).

De acordo com a Figura 31, o grupo 1 é representado principalmente em PC1, pois encontra-se a esquerda desta componente, influenciado principalmente pelo parâmetro OD (baixos valores), porém no ano de 1998 e 1999 no mês de fevereiro a estação JB-20 apresentou altos valores de DBO, caso que podemos observar na figura dos escores, esse grupo está inserido numa área onde predomina as atividades ligadas a agroindústria, fato que explica os baixos valores de OD e altos valores de DBO na época da moagem de cana-de-açúcar. O grupo 2 é principalmente representado ao longo do eixo de PC2, encontrando-se abaixo deste eixo, influenciado pelos parâmetros pH, OD, Condutividade e Cloreto, em maior proporção pelo pH como podemos observar no gráfico de caixa da figura 12, esse grupo caracteriza-se por está inserido numa área urbana, onde encontra-se indústrias de alimentos, plástico, malhas, farmacêutica e de papel que geram efluentes líquidos industriais e conseqüentemente influenciando nos altos valores de pH. O grupo 3 é representado ao longo PC1, sendo influenciado pelos parâmetros DBO e Coliforme altos e OD baixo, caracteriza-se por está inserido numa área de ocupação urbana. O grupo 4 está representado ao longo PC1 e PC2, influenciado em menor proporção pelos parâmetros, uma vez que seus respectivos valores encontram-se nas proximidades dos dois eixos (valores próximos de zero).

Podemos concluir com os resultados encontrados na análise multivariada dos dados do monitoramento, que algumas estações poderiam ser reduzidas como, por exemplo, no grupo 1 que possui duas estações (estações JB-10 e JB-20) com características semelhantes, bastaria uma estação para representar esse trecho do rio e a estação JB-55 do grupo 4, não estaria bem representada, já que sofre pouca influencia dos parâmetros monitorados, essa estação deveria ser relocada, e também alguns parâmetros poderiam ser excluídos do monitoramento já que possuem alta correlação entre eles é o caso da Condutividade e Cloreto; Temperatura e DBO.

Deve-se ressaltar, contudo, que esta conclusão é de natureza estatística, e se baseia apenas nos parâmetros usados para a PCA (OD, DBO, Temperatura, Coliforme, pH, Cloreto e Condutividade). A implantação de um esquema de redução de parâmetros e estações certamente terá de levar em conta, além de questões de logística, outros parâmetros de interesse ambiental. Também podemos observar que os parâmetros que mais influenciaram na análise estatística foram o OD, DBO e Coliforme fecal.

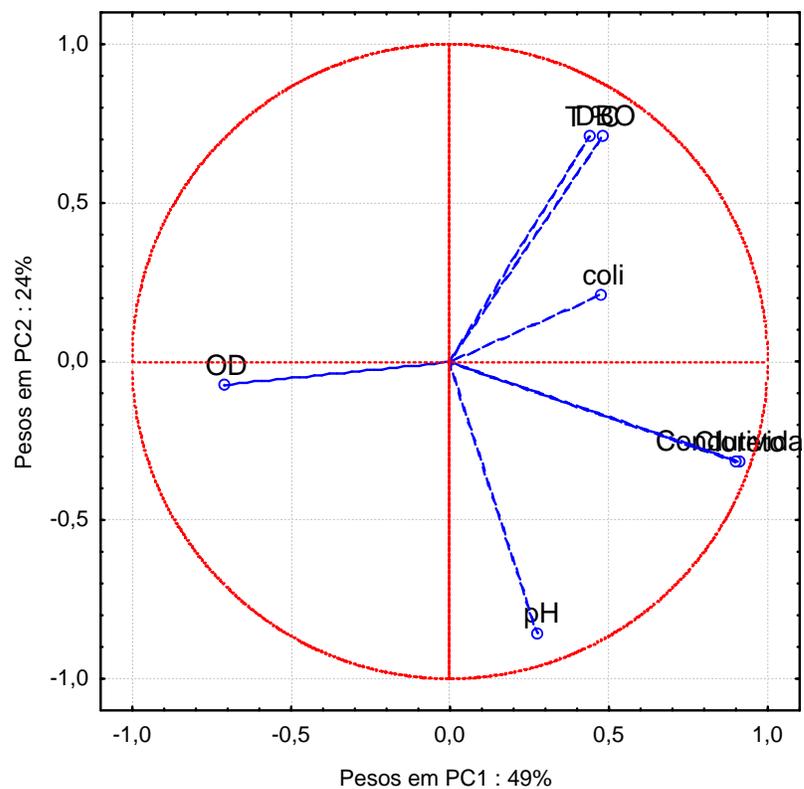


Figura 31 – Pesos das componentes principais.

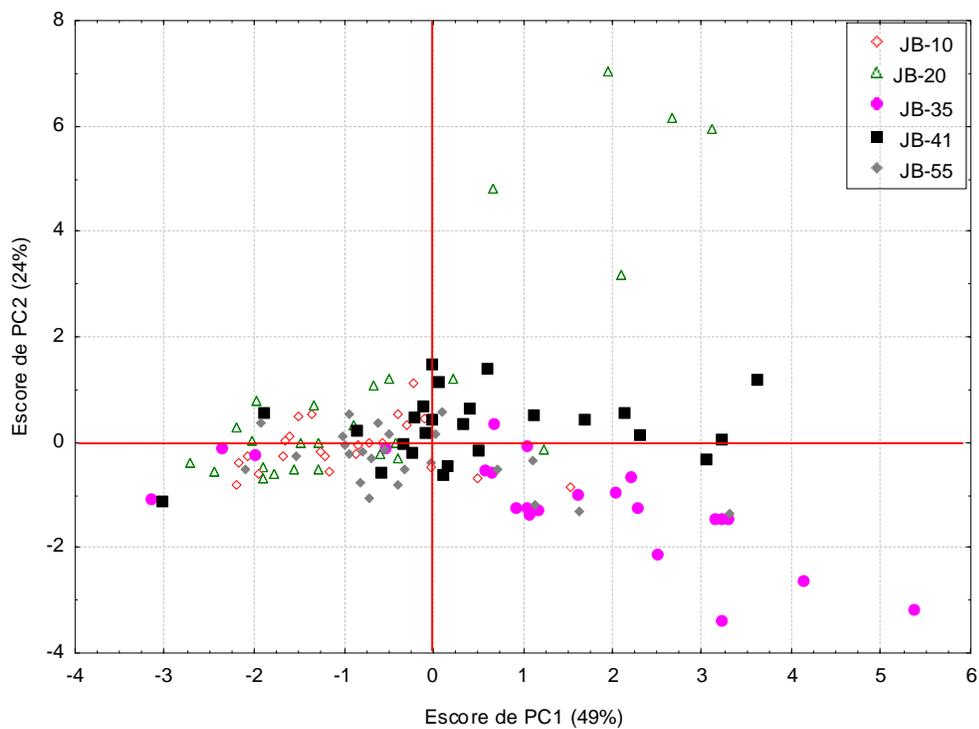


Figura 32 – Escores das componentes principais.

11. SUGESTÃO DE ENQUADAMENTO DOS CORPOS DE AGUA PARA A BACIA DO RIO JABOATÃO

A avaliação dos recursos hídricos na bacia do rio Jaboatão permitiu identificar os locais e parâmetros mais críticos; as principais causas da degradação ambiental; classificar o rio Jaboatão quanto a sua qualidade conforme padrões da Resolução CONAMA n° 357/2005 e, através de índices de qualidade da água, expressar o estado das águas desta bacia, no intuito de auxiliar no seu futuro enquadramento.

Em termos de qualidade das águas, as parâmetros físico-químicos e biológico analisados indicam que o rio Jaboatão atendem a padrões de qualidade correspondente a classe 4 da resolução CONAMA n° 357/2002, incompatíveis com os usos atuais dos recursos hídricos (abastecimento domestico e industrial, irrigação e lazer).

O mapa de uso e ocupação do solo, fontes poluidoras e de usos da água (anexo), serviu como base para uma proposta preliminar de enquadramento do rio Jaboatão, visto que para a realização de uma proposta definitiva é necessária a elaboração do prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia. Esse mapa permitiu a delimitação de trechos de acordo com a localização dos usos, limites de sub-bacias, estações de medição, confluência de cursos de água, barramentos e limites de unidades de conservação.

Conforme mencionado anteriormente, o enquadramento estabelece a classe de qualidade a ser alcançada e mantida em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. O alcance dessa qualidade deve garantir os usos atuais e futuros naquele trecho.

Assim para a proposta preliminar de enquadramento da bacia do rio Jaboatão consideramos classe 1 o trecho da nascente até a montante do ponto P3 da UFPE, por ser uma área de drenagem agrícola, eminentemente rural, com atividade canavieira e cultivo de hortaliças, por apresentar sítios históricos, mata atlântica, área de proteção de manancial e uso prioritário da água para abastecimento humano. Também classe 1 o rio Duas Unas até a jusante da Barragem Duas Unas.

O trecho a jusante do ponto P3 da UFPE até a montante da cidade de Jaboatão dos Guararapes, classe 2, por ser uma área densamente povoada com poucas atividades industriais, nessa área apresenta usinas canavieira e fábricas de papel, possui área de mata atlântica e uso da água para abastecimento humano e industrial.

A partir da cidade de Jaboatão dos Guararapes até sua foz o rio Jaboatão poderia ser classificado como classe 3, por ser uma área tipicamente industrial, densamente povoada, onde se encontra o aterro controlado da Muribeca e o usos prioritário da água são para abastecimento industrial.

A necessidade de reenquadrar o rio Jaboatão é notável, uma vez que considerar todo o trecho do rio como classe 2, dificulta o gerenciamento dos recursos hídricos na bacia. É essencial que o processo de enquadramento ocorra de forma participativa, pois a participação da sociedade é a garantia de que este instrumento obterá os resultados esperados.

12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Decreto 11.760 de 27 de agosto de 1986 que trata do enquadramento dos cursos de água estaduais foi revogado e atualmente, no Estado de Pernambuco, a classificação dos corpos d'água superficiais é estabelecida pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. O Art. 42, da citada Resolução, estabelece que “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2 e as salinas e salobras, classe 1.”

O art. 42 acabou consolidando-se como uma regra geral e a não obrigatoriedade de realização do enquadramento predispõe a ocorrência de diversos problemas:

- Inexistência de objetivos de qualidade adequados aos usos das águas e conseqüente falta de padrões de referência para o monitoramento da bacia;
- Falta de mecanismos para proteção aos usos que necessitam águas de melhor qualidade;
- Unificação de padrões para os projetos de controle de fontes potencialmente poluidoras em processo de licenciamento;
- Falta de motivação para a realização do Enquadramento das bacias hidrográficas;
- Usos das águas para fins industriais e agroindustriais acabam preponderando sobre usos de caráter social e ecológico.

Com a avaliação da qualidade da água na bacia do rio Jaboatão verifica-se que os parâmetros monitorados encontram-se na sua maioria fora do limite da classe 2, estabelecida pelo CONAMA 357/05, o que evidencia a má qualidade das águas ao longo do rio Jaboatão, e a necessidade do enquadramento do mesmo. Comparação dos resultados do monitoramento com o uso e ocupação do solo, fontes poluidoras e usuários de água (mapa anexo) mostra que o rio Jaboatão possui trecho, onde pode ser considerado como classe 1, como por exemplo o trecho a montante do ponto P3 do programa de monitoramento da UFPE, que possui área de mata atlântica, captação de água para abastecimento humano e onde se encontra a nascente do rio Jaboatão, e trecho que pode ser enquadrado como Classe 3, a jusante do Distrito de Jaboatão Centro até sua foz, por se tratar de uma área de intensa ocupação urbana e industrial.

Os níveis de qualidade obtidos pelo IQA (aceitável a péssimo) refletem com veracidade a má qualidade das águas do rio Jaboatão, demonstrando a aplicabilidade do IQA para avaliações de qualidade do ponto de vista sanitário. Isto pode ser confirmado quando comparamos OD, DBO e coliformes com a classificação de suas águas de acordo com a classe 2 da Resolução nº 357 do CONAMA

A análise multivariada (PCA) dos dados do monitoramento mostra que alguns parâmetros influenciam mais em determinado trecho do rio, como por exemplo, OD e DBO no trecho onde está localizada a estação JB-10 e JB-20; os parâmetros pH, OD, Condutividade e Cloreto no rio Duas Unas onde está localizada a estação de monitoramento JB-35; e OD, DBO e Coliforme são os parâmetros de maior influência no trecho do rio Jaboatão onde se encontra as estações JB-41. Quando se comparam essas informações com a avaliação da qualidade da água para cada parâmetro individualmente verifica-se a eficácia da utilização da PCA. A partir da análise de componentes principais pode-se concluir ainda que algumas estações possam ser reduzidas como, por exemplo, no trecho onde estão localizadas as estações JB-10 e JB-20. Os resultados mostram que bastaria uma estação para representar esse trecho do rio já que as mesmas apresentam características semelhantes. Apontam também para a relocação da estação JB-55, pois neste ponto não está bem representada, já que sofre pouca influência dos parâmetros monitorados. Também se verifica que alguns parâmetros poderiam ser excluídos do monitoramento já que possuem alta correlação entre si, como é o caso da Condutividade e Cloreto, e Temperatura e DBO.

De acordo com a Resolução CNRH nº 12, que estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, para a elaboração da proposta de enquadramento observa-se as seguintes etapas; elaboração do diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia, como também a elaboração do prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia.

Deste modo, espera-se que o resultado encontrado nesta dissertação possa servir como base para uma futura elaboração de proposta de enquadramento na bacia por possuir elementos para a realização do diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos.

Considerando a necessidade de assegurar a qualidade das águas na bacia do rio Jaboatão, e a elaboração de enquadramento definitivo dos corpos d'água, recomenda-se:

- Elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, envolvendo um programa de despoluição do rio e recuperação da mata ciliar, preservando parte da Mata Atlântica que existe ainda na bacia.
- Promover a avaliação da capacidade de autodepuração do rio Jaboatão com o objetivo de determinar as cargas máximas de lançamento no rio, por indústria.
- Realização do prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia.
- Utilização do IQA na avaliação da qualidade das águas no rio Jaboatão.
- Implantação de sistema de esgotamento sanitário nas cidades de Moreno e Jaboatão do Guararapes.
- Aumentar a frequência de coleta dos parâmetros mais representativos na bacia, OD, DBO e coliforme fecal, e diminuir a frequência de parâmetros menos representativos tais como cloreto e condutividade.
- Relocação de algumas estações de monitoramento.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL (Agência Nacional de Águas e Energia Elétrica). 2001. Diagnóstico da situação do monitoramento da qualidade da água da bacia do Prata em território brasileiro. Brasília, DF. 88p.

BARROS Neto, benício de; SCARMINIO, leda Apacino; BRUNS, Roy Edward. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. São Paulo: Editora da Unicamp, 2001, 401p.

BRAGA, B. et. al. Introdução a Engenharia Ambiental. São Paulo; Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRANCO, S. M. Hidrologia aplicada à engenharia sanitária. 3ª ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 1986. 640p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357 - 17 de março de 2005..

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução n. 12, de 19 de junho de 2000. Brasília, 2000b.

BRASIL. Lei Nº 9433, 08 de Janeiro de 1997: Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos Hídricos. Brasília. 1997. Diário Oficial da União.

BRITO, C.; ALVES, V.P.; SABBAG, S., 2001. Diagnóstico da situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil. XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Aracaju, SE.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM (1986). Deliberação Normativa n. 10, de 16 de dezembro de 1986.

DERÍSIO,J.C.,1992. Introdução ao controle da poluição ambiental. São Paulo : Editora da CETESB.

DEUS,A.B.S.;RIBEIRO,M.L.;LUCA,S.J.,1999. Bacia hidrográfica do rio Caí/ RS: índices podem mascarar avaliação da qualidade da água. 20^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. ABES. Rio de Janeiro, RJ.

FARIAS, S. S. MARIA, 2006. Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo. João Pessoa, 2006.

FERRIER, R. C., EDWARDS, A. C., HIRST, D., et al., 2001, "Water Quality of Scottish Rivers: Spatial and Temporal Trends", The Science of the Total Environment, v. 265.

FERREIRA,I.M; IDE,C.N.,2001. Avaliação comparativa da sensibilidade do IQA-NSF, IQA-Smith e IQA-Horton, aplicados ao Rio Miranda, MS. 21 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental:1-16.

GASTALDINI,M.C.C.;SOUZA,M.D.S.,1994. "Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí-Mirim através de Índices de Qualidade de Água", 1º Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre.

GOMES, C. SUZANA, 2005. Diagnóstico Ambiental do Meio Físico da Bacia do Rio Jaboatão. Recife, 2005.

Kowalski, B. R.; (Ed.) Chemometrics: Mathematica land Statistics in Chemistry. NATO ASI series. Série C; vol. 138. D. Riedel Publishing Company, Dordrecht, 1984.

LEEUWESTEIN, J. M., MONTEIRO, R. A.. Procedimento Técnico para Enquadramento de Corpos de Água – Documento Orientativo. Brasília: MMA, 2000.

MACIEL Jr., Paulo. Zoneamento das águas: um instrumento de gestão dos recursos hídricos. Belo Horizonte: 2000.112p.

Malinowski, E. R.; e Howery, D. G.; Factor Analysis in Chemistry. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1980.

MEYBECK M. The Global Change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities. Water Sci. Technol. 2004

MOTA, SUETÔNIO (1996); Introdução à engenharia ambiental; ABES – Associação brasileira de engenharia sanitária; 1ed..

MOTA, SUETÔNIO (1995); Preservação e conservação dos recursos hídricos; 2 ed., ABES – Associação brasileira de engenharia sanitária.

OTT, W. R. 1978. Environmental Indices: theory and practice, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, 371 p.

PQA- PROGRAMA DE QUALIDADE DA ÁGUA (1997);, Estudos de consolidação e complementação de diagnóstico sobre a qualidade das águas, relativos à preparação do programa de investimentos nas bacias dos rios Beberibe, Capibaribe, Jaboatão e Ipojuca; Relatório no 2.

Pimentel, M. Fernanda, 2003. Análise Estatística de Dados do Monitoramento da Qualidade das Águas do Rio Ipojuca e do Reservatório Tapacurá.

PORRECA, Lúcia Maria. Enquadramento dos corpos d'água: instrumento de gestão ambiental e de gestão de recursos hídricos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. 24p.

PERNAMBUCO (1997^a). Lei n. 11.426, de 17 de janeiro de 1997.

RIBEIRO, M. L., DEUS, A . B. S., LUCA, S. J.(1999); Índices de qualidade da água aplicados à bacia do rio Taquari/Antas: qual deles é o mais apropriado?; Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária: resumo dos trabalhos técnicos,-Rio de Janeiro; ABES.

Santos, Keyla, 2000. Avaliação da Qualidade da Água em Ambientes Lântico e Lótico Pertencentes à Bacia do Rio Jaboatão. Recife, 2000.

SECTMA – SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE (1998); Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-PE); volume 1.

SÃO PAULO (Est). COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade das águas Interiores no Estado de São Paulo, 2001**. São Paulo: CETESB, 2002. 2v.

SOBRAL, M.C.M.; MONTENEGRO, S.M.G.L., 2001. Diagnóstico do Monitoramento da Qualidade da Água no Estado de Pernambuco. Relatório para o MMA- PNMA II, Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. Recife, PE.

TORRES, L.A.F.; BATISTA,R.A.N; MEDEIROS,Y. ,2001. Índices de qualidade das águas na gestão de Recursos Hídricos. XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Aracaju, SE. CD- rom.

VON SPERLING, MARCOS (1995); Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos; vol 1, SEGRAC, Minas Gerais.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 1997**. Recife, 1998.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 1998**. Recife, 1999.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 1999**. Recife, 2000.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2000**. Recife, 2001.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2001.** Recife, 2002.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2002.** Recife, 2003

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2003.** Recife, 2004.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2004.** Recife, 2005.

_____. **Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco – 2005.** Recife, 2006. 97p.

_____. FACEPE. **Plano de Monitoramento dos Recursos Hídricos Superficiais – Bacia do Rio Jaboatão.** Recife: CPRH/FACEPE, 2000. 78p.

ANEXO

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)