



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO BOTIJA NO
MUNICÍPIO DE PARACURU/CE

MÁRIO SÉRGIO DE OLIVEIRA PAZ

FORTALEZA – CEARÁ

2011



MÁRIO SÉRGIO DE OLIVEIRA PAZ

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO BOTIJA NO
MUNICÍPIO DE PARACURU/CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Rita Mickaela Barros de Andrade

Co-Orientador: Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo

FORTALEZA – CEARÁ

Fevereiro de 2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P348d Paz, Mário Sérgio de Oliveira.
Diagnóstico da qualidade da água do Riacho Botijo no município de Paracuru/Ce / Mário Sérgio de Oliveira Paz. - 2011.
112 f. : il. color.

Orientação: Profa. Dra. Rita Mickaela Barros de Andrade.

1. Gestão Ambiental - Dissertação. 2. Riacho Botija - Paracuru (Ce). 3. Água - Qualidade. 4. Poluentes das Águas - Pesticidas. I. Título.

CDD 628

MÁRIO SÉRGIO DE OLIVEIRA PAZ

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIACHO BOTIJA NO
MUNICÍPIO DE PARACURU/CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em 02/02/2011

BANCA EXAMINADORA



Profª. Dra. Rita Mickaela Barros de Andrade (Orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE



Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE



Profª. Dra. Maria Irlles de Oliveira Mayorga

Universidade Federal do Ceará - UFC

À minha mãe: Margarida Paz por ser o
meu pilar ativo nesse grandioso mar da vida.

*“A água é o olhar da terra, seu aparelho
de observar o tempo.”*

Paul Claudel.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus, a quem sempre recorri nos momentos difíceis da minha caminhada.

À minha orientadora Profa. Dra. Rita Mickaela Barros de Andrade por sua orientação, paciência e compreensão, sempre com suas palavras incentivadoras que me conduziram a finalização deste trabalho.

Sinceros agradecimentos ao meu co-orientador Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo, exemplo de profissional a ser seguido, pelos os seus ensinamentos e imprescindível auxílio em todas as etapas deste trabalho.

À professora Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral pelas suas valiosas contribuições e sugestões na banca de qualificação.

À professora Dra. Kelly de Araújo Rodrigues por disponibilizar o laboratório de Tecnologia Ambiental para a determinação das análises físico-químicas e microbiológicas.

À professora Dra. Maria Irles de Oliveira Mayorga pela a sua pronta disponibilidade em aceitar o convite para compor e enriquecer a banca examinadora.

Aos amigos Israel Pessoa, Jacqueline e José Cleiton pela a ajuda nas etapas de coleta das amostras da água na área de estudo.

Meu especial agradecimento a amiga Bárbara Chaves Aguiar que esteve presente em todas as etapas deste trabalho dando suporte nas análises microbiológicas, além do companheirismo e palavras de apoio.

A colega Mira Raia pela a ajuda nas análises cromatográficas.

As minhas amigas Jacqueline Nascimento e Kátia Silva pelo o carinho, ajuda e incentivo durante todo este trabalho.

Aos colegas do curso pelos os momentos de descontração e estudos.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) pela a indicação da área de estudo.

À CAPES pelo o suporte institucional e apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE), que foi minha segunda casa, pelo acolhimento durante todo desenvolvimento de meus estudos.

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

RESUMO

A intensa exploração antrópica, resulta em problemas que comprometem, principalmente, a qualidade dos corpos aquáticos. Diante desse quadro, os recursos hídricos requerem um constante acompanhamento das alterações de sua qualidade. O riacho Botija localizado no município de Paracuru, no Estado do Ceará foi o manancial escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa, a qual teve como objetivo efetuar o diagnóstico da qualidade da água, durante o período de julho de 2010 a dezembro de 2010, por meio da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, pela identificação de resíduos de pesticidas organoclorados e pela detecção dos principais impactos ambientais em torno do corpo aquático estudado, contribuindo para determinar o índice de qualidade da água (IQA) e tomada de decisões pelos os órgãos ambientais no que diz respeito ao gerenciamento dos recursos hídricos. Experimentalmente os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos basearam-se nos métodos estabelecidos pelo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, a caracterização dos resíduos de pesticidas organoclorados foi realizada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM), o diagnóstico dos impactos ambientais foi realizado através do levantamento fotográfico da área em estudo e a determinação do IQA baseou-se no Guia de Avaliação da qualidade estabelecido pela Rede de Águas. Os resultados encontrados foram analisados segundo a Resolução N° 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O estudo revelou que os parâmetros temperatura, cloreto, pH, amônia e nitrato apresentaram conformidade com a legislação vigente. A água do riacho Botija foi considerada como dura. Os valores referentes a nitrito e ortofosfato foram insignificantes. As análises microbiológicas apresentaram em alguns meses um valor superior ao estipulado pelo padrão CONAMA. Na água analisada não foi detectado a presença de pesticidas organoclorados até o limite de concentração de 0,1µg/L em nenhuma das campanhas realizadas. O IQA encontrado foi aceitável, porém em uma faixa limítrofe. Desta forma, o levantamento sistemático dos dados analíticos foi importante para estabelecer o diagnóstico do manancial contribuindo para o equilíbrio sustentável desse corpo aquático.

Palavras-Chave: Qualidade da água; diagnóstico; riacho Botija; pesticidas organoclorados.

ABSTRACT

The intense antropic exploration, results in problems that compromise, mainly, the quality of the aquatic bodies. Ahead of this picture, the hidric resources require one constant monitoring of the quality alterations. The Botija stream located in the city of Paracuru, in the State of Ceará was the source chosen for the development of this research, having as objective to effect the diagnosis of the water quality, during the period from July of 2010 to December of 2010, by means of the analysis of the physicochemical and microbiological parameters, identification of organochlorine pesticides residues and detention of the main ambient impacts around the studied aquatic body, contributing for determining the water quality index (WQI) and taking of decisions for the ambient agencies in what the management of the hidric resources is related to. The analyses of the physical, chemical and microbiological parameters had been based on the methods established for the Standard Methods will be Examination of Water and Wastewater, the characterization of the organochlorine pesticides residues was performed by gas chromatography coupled with mass spectrometer (GC-MS), the diagnosis of the ambient impacts through the photographic research of the area in study and the determination of the WQI was based on the Guide of Evaluation of the quality established for the Water Net. The results were analyzed according to Resolution No. 357/05 of the National Environment Council (CONAMA). The study showed that the parameters temperature, chloride, pH, ammonia and nitrate presented conformity with the current law. The water of the Botija river was considered as hard. The referring values of nitrite and ortophosphate had indicated absence of these components. The microbiological analyses had in few months presented a superior value than the stipulated one for standard CONAMA. In the analyzed water organochlorine pesticides residues were not detected until the concentration limit of $0.1\mu\text{g/L}$ in none of the carried through campaigns. The WQI was acceptable, however in a bordering line. In such a way, the systematic survey of the analytical data was important to establish the diagnosis of the source contributing for the sustainable balance of this aquatic body.

Key-Words: Diagnosis of the quality of the water; Index of quality of the water; Botija stream.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estruturas Moleculares de alguns pesticidas organoclorados.....	41
Figura 2 - Estruturas Moleculares de alguns pesticidas organofosforados.....	42
Figura 3 - Estrutura química geral de um carbamato.....	43
Figura 4 - Estrutura química de uma triazina.....	43
Figura 5 - Estrutura química de uma dinitroanilina.....	44
Figura 6 - Acumulação de DDT na cadeia alimentar.....	49
Figura 7 - Distribuição dos pesticidas no Meio Ambiente.....	50
Figura 8 - Dinâmica dos pesticidas no Ecossistema Aquático.....	51
Figura 9 - Mapa para acesso de Fortaleza/CE ao município de Paracuru/CE onde se situa o riacho Botija.....	56
Figura 10 - Localização do riacho Botija em Paracuru/CE.....	57
Figura 11 - Identificação dos pontos de coleta P1 e P2 e a caracterização no entorno do riacho Botija, Paracuru/CE, 2010.....	58
Figura 12 - Identificação do ponto de coleta P3 e a caracterização do riacho Botija, Paracuru/CE, 2010.....	59
Figura 13 - Cartucho SPE-C18 usado nas etapas de concentração e purificação das amostras.....	69
Figura 14 - Cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massa usado na quantificação dos pesticidas organoclorados.....	70
Figura 15 - Variação dos valores de temperatura da água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	73
Figura 16 - Potencial hidrogeniônico da água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	75

Figura 17 - Ponto de coleta P3 da água do riacho Botija/CE utilizado por banhistas.....	76
Figura 18 - Ponto de coleta P3 da água do riacho Botija/CE em que há limpeza de animais.....	76
Figura 19 - Teor de cloreto na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	78
Figura 20 – Mapas meteorológicos do Estado do Ceará no período entre Agosto a Novembro de 2010.....	79
Figura 21 - Teor de cálcio na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	81
Figura 22 - Teor de magnésio na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	82
Figura 23 - Teor de dureza total na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	83
Figura 24 - Variação do teor de amônia na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	85
Figura 25 - Variação de nitrato na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	87
Figura 26 - Variação de DQO na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	89
Figura 27 - Variação de NMP/ 100mL de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	90
Figura 28 - Cromatograma padrão dos pesticidas organoclorados.....	94
Figura 29 – Cromatograma das amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das Águas Doces, conforme Resolução CONAMA Nº 357/05 no Brasil.....	29
Tabela 2 - Classificação da dureza das águas.....	31
Tabela 3 - Classificação dos pesticidas segundo as vias de entrada e toxicidade aguda expressa em DL ₅₀	39
Tabela 4 - Classificação dos agrotóxicos quanto a sua categoria e grupo químico.....	45
Tabela 5 - Limites máximos permissíveis de pesticidas organoclorados em água no Brasil.....	55
Tabela 6 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta do riacho Botija, Paracuru/CE, 2010.....	58
Tabela 7 - Índice da qualidade da água por pontuação estabelecida pela a Rede de Águas, 2002.....	65
Tabela 8 - Propriedades físico-químicas dos pesticidas organoclorados.....	66
Tabela 9 - Resumo das variáveis e das metodologias utilizadas para as análises das amostras de água do riacho Botija/CE.....	71
Tabela 10 – Valores de temperatura nas amostras de água do Riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	72
Tabela 11 - Valores referentes ao potencial hidrogeniônico das amostras de água do Riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	74
Tabela 12 - Valores médios de cloreto nas amostras de água do Riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	77
Tabela 13 - Valores médios de cálcio nas amostras de água do Riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	80

Tabela 14 - Valores médios de magnésio nas amostras de água do Riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	81
Tabela 15 - Valores médios de dureza total nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	83
Tabela 16 - Valores médios de amônia nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	84
Tabela 17 - Dados da análise de nitrito nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	86
Tabela 18 - Valores médios de nitrato nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	86
Tabela 19 - Valores de ortofosfato nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	88
Tabela 20 - Valores de DQO nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	88
Tabela 21 - Valores de NMP/100mL encontrados nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.....	90
Tabela 22 - Pontuação dos parâmetros realizados no riacho Botija/CE durante as campanhas de Julho a Dezembro de 2010 segundo a ficha do guia de avaliação da qualidade da água.....	92
Tabela 23 - Índices da qualidade da água do riacho Botija/CE estimados durante o período estudado.....	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas
CEE - Comunidade Econômica Européia
CEEIBH - Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacia Hidrográfica
CG - Cromatografia Gasosa
CG - EM - Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massa
CLAE - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DDT/ DDE/ DDD - Dicloro-Difenil-Tricloroetano/ Dicloro-Difenil-Dicloro/ Dicloro-Difenil-Dicloroetano
DL - Dose Letal
DQO - Demanda Química de Oxigênio
EDTA - Sal Dissódico do Ácido Etilenodiaminotetraacético
FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
FUNASA - Fundação Nacional de Saúde
HCH - Hexaclorociclohexano
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IQA - Índice de Qualidade da Água
LATAM - Laboratório de Tecnologia Ambiental
LTQ - Laboratório de Tecnologia Química
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NMP - Número Mais Provável
OMS – Organização Mundial da Saúde
pH - Potencial hidrogeniônico
PISQ - Programa Internacional de Segurança Química
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente
PNRH - Política Nacional dos Recursos Hídricos
SEMACE - Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SPD - Sistema de Plano Direto
USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
UV -Vis - Ultravioleta-visível

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiv
1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo Geral	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3 REVISÃO DA LITERATURA	22
3.1 Água e Monitoramento	22
3.1.1 Aspectos legais da água	24
3.1.2 Qualidade ambiental da água	27
3.1.2.1 Parâmetros de qualidade da água	29
3.1.2.2 Índice de qualidade da água (IQA)	33
3.2 Pesticidas	34
3.2.1 Breve histórico dos pesticidas	36
3.2.2 Classificação dos pesticidas	37
3.2.2.1 Quanto a periculosidade ambiental	37
3.2.2.2 Quanto ao grau de toxicidade	38
3.2.2.3 Quanto ao modo de ação dos pesticidas	39
3.2.2.4 Quanto a persistência	39
3.2.2.5 Quanto à natureza química	40

3.2.2.6 Quanto à espécie que se pretende combater.....	44
3.2.3 Uso dos pesticidas.....	45
3.2.4 Dinâmica dos pesticidas no meio ambiente.....	47
3.2.5 Ocorrência de pesticida no meio natural.....	52
3.2.6 Procedimentos analíticos para determinação de resíduos de pesticidas.....	53
3.2.7 Limites máximos de pesticidas em água.....	54
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.1 Localização e Determinação da área de estudo.....	56
4.2 Levantamento de Uso e Ocupação da Área em Estudo.....	59
4.3 Logística, Preservação e Transporte das amostras.....	60
4.4 Análises dos Parâmetros Físico-Químicos.....	60
4.4.1 Temperatura.....	60
4.4.2 Potencial hidrogeniônico.....	61
4.4.3 Cloreto.....	61
4.4.4 Dureza total, cálcio e magnésio.....	61
4.4.5 Amônia.....	62
4.4.6 Nitrito.....	62
4.4.7 Nitrato.....	62
4.4.8 Ortofosfato.....	62
4.4.9 Demanda química de oxigênio.....	63
4.5 Análise Microbiológica.....	63
4.6 Estimativa do Índice de Qualidade da Água (IQA).....	64
4.7 Análise de Pesticidas Organoclorados.....	65
4.7.1 Aspectos Estruturais e Propriedades.....	65
4.7.2 Extração.....	69

4.7.3 Análise cromatográfica.....	69
4.7.4 Recuperação.....	70
4.7.5 Análise das amostras de água.....	71
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
5.1 Análises Físico-Químicas.....	72
5.1.1 Temperatura.....	72
5.1.2 Potencial hidrogeniônico.....	74
5.1.3 Cloreto.....	77
5.1.4 Dureza total, cálcio e magnésio.....	80
5.1.5 Amônia.....	84
5.1.6 Nitrito.....	85
5.1.7 Nitrato.....	86
5.1.8 Ortofosfato.....	87
5.1.9 Demanda química de oxigênio.....	88
5.2 Análise Microbiológica.....	89
5.3 Determinação do Índice de Qualidade da Água.....	91
5.4 Estudo de Recuperação e Quantificação dos pesticidas.....	93
6 CONCLUSÕES.....	96
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXO.....	109

1 INTRODUÇÃO

A água, por ser um bem absolutamente necessário à sobrevivência dos seres vivos, atrai para as margens dos mananciais hídricos, o estabelecimento de agrupamentos humanos, coletividades, comunidades, cidades e nações que dependem desse recurso natural para a sua existência e para a melhoria das condições econômicas e sociais (MACHADO, 2003).

Apesar de a água ser um recurso renovável, a mesma não deve ser usada de forma ilimitada e segundo Medeiros (2003), a crescente demanda da mesma associada ao decréscimo da qualidade são fatores que ameaçam a manutenção de seus suprimentos.

De acordo com Heller e Pádua (2006), a falta de proteção dos ecossistemas aquáticos pode implicar em sérios problemas para diversas atividades contribuindo desfavoravelmente sobre a fauna, a flora, às condições estéticas e sanitárias. Constanzi e Daniel (2002) ressaltam que a degradação dos recursos hídricos é decorrente do desenvolvimento desordenado, urbanização caótica, políticas industriais e do crescimento urbano incompatível com desenvolvimento sustentável.

A qualidade dos recursos hídricos está cada vez mais comprometida pela ação de agentes patogênicos e por substâncias químicas nocivas que indiscriminadamente são lançadas nos mesmos, destacando-se os pesticidas, que por menor que seja a quantidade presente no meio natural, são prejudiciais.

Os maiores riscos causados pelo emprego de agrotóxicos relacionam-se a saúde da população e a contaminação do meio ambiente, os quais muitas vezes passam despercebidos pela sociedade diante dos benefícios econômicos gerados. No entanto, tem-se observado ao longo dos anos, que o uso indiscriminado desses agentes químicos tem levado ao aparecimento de resíduos nos diferentes compartimentos do meio natural: água, solo e ar (FARIAS, 2004).

Segundo Macedo (2002), a contaminação do meio ambiente por pesticidas é agravada ainda devida à permanência destes por muito mais tempo do que o necessário após sua ação. Assim, a carga contaminante imposta a um manancial por qualquer atividade antrópica, que promova algum tipo de alteração física, química e/ou biológica na sua qualidade, torna-o impróprio para diversos fins, exigindo a necessidade de gerenciamento do ecossistema aquático.

Dentro da esfera de sustentabilidade o diagnóstico das condições dos recursos hídricos torna-se efetivo por meio do monitoramento o qual atua como instrumento eficaz contribuindo para garantir o controle da qualidade da água, conforme mencionado na Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH).

O uso da água de forma intensiva e a poluição resultam na necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade. Para que se possa atuar sobre as causas das alterações encontradas é preciso entender os processos ambientais, e isso só é possível quando se dispõe de um conjunto de informações confiáveis obtidas a partir de observações do que está ocorrendo no meio. E isto se faz através do monitoramento da qualidade da água, que deve não somente verificar se os padrões legais estão sendo obedecidos, mas também responder o que está alterado e porque estas modificações estão ocorrendo (BRAGA; PORTO e TUCCI, 2002).

O monitoramento resulta de uma série de dados e suas interpretações permitem melhor compreensão da qualidade do meio natural, além da correlação com outros fenômenos, climáticos ou econômicos, indicando prioridades para a elaboração de ações de controle, fiscalização, investimentos, ou de legislações específicas, que levem à proteção e/ou à melhoria do meio ambiente.

Para Lamparelli (2004), a qualidade da água deve ser monitorada não somente com o enfoque do uso para o abastecimento público, mas também para a preservação da biodiversidade aquática e outros usos como recreação ou geração de energia.

Assim, estudos que visem à caracterização e compreensão da dinâmica dos mananciais hídricos são de fundamental importância, tanto para o entendimento dos processos metabólicos que ocorrem nesses ecossistemas, como para o estabelecimento de programas com fins de conservação e utilização racional. Dessa maneira o uso de informações obtidas com as análises da qualidade física, química e microbiológica auxilia no monitoramento dos corpos hídricos contribuindo para o efetivo gerenciamento desses recursos de forma a impedir ou minimizar os impactos.

A presente dissertação tem como objetivo efetuar o diagnóstico da qualidade da água do riacho Botija, localizado no município de Paracuru, no Estado do Ceará, por meio da análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológico da água, pela identificação de resíduos de pesticidas organoclorados e pela detecção dos principais impactos ambientais em torno do corpo aquático estudado.

O interesse pelo manancial monitorado deve-se ao fato de que próximo dele localiza-se uma empresa exportadora de plantas ornamentais da família das Bromélias, conhecida popularmente como abacaxi ornamental, cuja cultura utiliza diferentes tipos de agrotóxicos, conforme mencionado no relatório da Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) em inspeção técnica realizada em setembro de 2004. A SEMACE relata que as plantações estão situadas em locais distintos, perfazendo a área de aproximadamente 13 hectares, apresentando declividade para o riacho Botija/CE. Além disso, este corpo aquático dista 30 m de uma residência e várias pessoas da região utilizam essa água para lazer.

Dentro do exposto é possível que haja a possibilidade de riscos de contaminação que comprometam a saúde humana, a qualidade e a capacidade de suporte do recurso hídrico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Efetuar o diagnóstico da qualidade da água do riacho Botija, localizado no município de Paracuru, no Estado do Ceará, contribuindo na tomada de decisões pelos os órgãos ambientais em relação às medidas de gerenciamento deste recurso hídrico.

2.2 Objetivos Específicos

Detectar as principais fontes poluidoras em torno do riacho analisado;

Analisar os parâmetros físicos e químicos (temperatura, pH, cloreto, cálcio, magnésio, dureza total, amônia, nitrato, nitrito, demanda química de oxigênio e ortofosfato) da água do riacho Botija/CE para a determinação da qualidade deste manancial;

Quantificar o número mais provável (NMP) de coliformes na água do riacho monitorado por meio da análise microbiológica;

Determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA) do riacho Botija/CE visando compreender a situação atual do corpo aquático.

Identificar a presença de pesticidas organoclorados utilizando a cromatografia gasosa acoplada à espectroscopia de massa (CG-EM);

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Água e Monitoramento

A água é um elemento essencial à vida, tanto como constituinte biológico dos seres vivos como ambiente de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (COIMBRA et al., 1999).

Entre os recursos naturais que o Homem dispõe, a água se apresenta como um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência. Em suas múltiplas atividades, os seres humanos precisam de água, sendo que a utilização cada vez maior dos recursos hídricos tem produzido problemas, não só de carência dos mesmos, como também de degradação de sua qualidade (MOTA, 1997). Nesse sentido, verifica-se que já passou o tempo em que se acreditava na abundância ilimitada da água e na sua inesgotável capacidade de renovação (COIMBRA et al., 1999).

De acordo com Heller e Pádua (2006), as necessidades de uso da água ao longo da história da humanidade, foram se tornando cada vez mais diversificadas. Com o desenvolvimento das diversas culturas, as sociedades foram se tornando complexas e a garantia da sobrevivência passou a exigir, simultaneamente, mais segurança no suprimento de água e maiores aportes tecnológicos que, por sua vez, também vieram a demandar maior quantidade desse precioso bem natural.

Dentro desse contexto, Esteves (1998) ressalta que a formação de aglomerados urbanos e industriais, com crescente necessidade de água para o abastecimento doméstico e industrial, além de irrigação e lazer, faz com que, hoje, quase a totalidade das atividades humanas seja cada vez mais dependente da disponibilidade das águas continentais.

Apesar da inquestionável importância dos corpos aquáticos, os processos de urbanização, de industrialização e de produção agrícola não têm levado em conta a capacidade de suporte desse ecossistema, gerando consequências que afetam a quantidade e principalmente a qualidade. Assim, a poluição dos corpos de água adquire dimensões e complexidade cada vez maiores, exigindo-se medidas preventivas e corretivas para seu controle.

A qualidade ambiental de um recurso hídrico pode ser avaliada através de sua caracterização física, química ou biológica. De maneira ideal, devem-se abordar todos

estes aspectos, de forma a se obter um amplo espectro de informações, a serem utilizadas tanto no monitoramento ambiental quanto na avaliação da efetividade das medidas de controle de poluição e, conseqüentemente, ao gerenciamento adequado do uso das águas (CARDOSO et al., 1997).

Bartram e Balance (1996) definem o monitoramento da qualidade da água como coleta de informações em locais pré-determinados em intervalos temporais regulares com o objetivo de obterem dados que possa ser utilizado para representar as condições atuais e estabelecer tendências.

Segundo Ward (1999), um sistema de monitoramento ou um sistema de informações de qualidade da água consiste de amostragem (localização dos pontos de coleta, escolha das variáveis, determinação da frequência e tipo de amostragem estatística), análise laboratorial, manuseio de dados, análise de dados, preparação de relatórios e utilização dos dados obtidos para efeito de tomada de decisão.

Para Zagatto e Bertolotti (2006), o monitoramento da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos é o modo de detectar alterações em suas características por meio de propriedades biogeoquímicas e biológicas de distintas fases abióticas e bióticas.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 357/05 define o monitoramento como uma medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água.

Segundo Derísio (1992), a rede de monitoramento é um conjunto de estações de amostragem estrategicamente localizadas na área de uma bacia hidrográfica, com o intuito de representarem, com boa aproximação, as condições e tendências de evolução da qualidade das águas. Portanto, o projeto da rede de monitoramento significa a definição dos pontos de amostragem, da frequência temporal e da seleção das variáveis a serem medidas.

De acordo com Lamparelli (2004), a idealização e manutenção do sistema de monitoramento contam com restrições, inclusive de ordem material. Desta forma, é primordial uma discussão criteriosa de sua composição, considerando as variáveis analisadas, os pontos de amostragem, a periodicidade e a apresentação dos dados, incluindo neste tópico os índices de qualidade adotados.

O monitoramento de um recurso hídrico visa o acompanhamento da variação de indicadores da qualidade de água (ZUMACH, 2003), a elaboração de previsões de

comportamento, o desenvolvimento de instrumentos de gestão, bem como a obtenção de subsídios para as medidas saneadoras que se fizerem necessárias (LEITE et al., 1996).

3.1.1 Aspectos legais da água

Considerando o meio ambiente como um bem jurídico e com a finalidade de proteção, gerenciamento e manutenção da qualidade dos recursos naturais de nosso país, a legislação brasileira estabeleceu em 1981 a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) por meio da Lei Nº 6.938/81.

A disponibilidade e a qualidade da água são tuteladas pelo ordenamento jurídico do Artigo 2º da Lei 9.433 de 08 de janeiro de 1997 “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.”

Segundo Torres (2004), “a legislação ambiental brasileira é muito ampla e constitui-se de leis, decretos, portarias, normas, resoluções em níveis, federal, estadual e municipal”. Diante da necessidade cada vez maior da preservação qualitativa dos recursos hídricos, existem atualmente inúmeros instrumentos legais.

Para Souza (2004), a preocupação em proteger a água e sua qualidade não é recente, remota a tempos distantes. Os romanos já haviam estabelecido um sistema de gestão de águas, as quais eram classificadas como públicas e privadas.

Sob o ponto de vista legal, a mais antiga abordagem foi tratada superficialmente na primeira Constituição do Brasil de 1891, mas de acordo com o documento elaborado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente:

...continha somente uma referência indireta ao uso dos recursos hídricos, ao mencionar a navegação. Assim, a preocupação em regulamentar o uso e as múltiplas finalidades dos recursos hídricos ficou relegada ao Código Civil, que só veio à luz em 1916, contendo disposições quanto às relações entre particulares e à prevenção ou solução de conflitos gerados pelo uso da água (Brasil, PNRH, 1997).

No âmbito Federal podem ser salientadas as seguintes Leis, Decretos, Resoluções e Portarias relativas aos recursos hídricos do Brasil:

Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934 - sanciona o Código das Águas.

Lei Nº 3.824, de 23 de novembro de 1960 - regulamenta a obrigatoriedade de limpeza das bacias hidráulicas de açudes ou lagos superficiais.

Decreto Nº 79.389, sancionado em 03 de outubro de 1975 - dispõe sobre as medidas de prevenção e controle da poluição industrial.

Decreto Nº 79.367, de 9 de março de 1977 - estabelece normas e o padrão de potabilidade de água.

Portaria Interministerial Nº 90, de 29 de março de 1978 - institui o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacia Hidrográfica (CEEIBH).

Decreto Nº 94.076, de 05 de março de 1987 - institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas.

Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Lei Nº 9.984/2000 - cria a Agência Nacional de Águas (ANA).

Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 - institui a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Decreto Presidencial de 22 de março de 2005 - institui a Década Brasileira da Água.

Decreto Nº 5.440, de 4 de Maio de 2005 - institui definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano.

A Lei 9.433/97, conhecida como a Lei das Águas, veio disciplinar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e implementar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Os princípios básicos que fundamentam a Política Nacional dos Recursos Hídricos (Art. 1º) são os seguintes:

- I – a água é um bem de domínio público – reitera o princípio constitucional de que a propriedade privada da água já não existe mais, a água é um bem tipicamente ambiental, de uso comum do povo;
- II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico – sinaliza a importância desse recurso ambiental natural finito e vulnerável. Quanto a ser dotado de valor econômico, trata-se de um princípio que induz ao uso racional, pois na realidade não está pagando pela água, e sim pelo tratamento a ela dispensado e a prestação pelo serviço de captação;
- III – em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas – visa esse princípio impedir qualquer outorga que implique privilégio de um setor usuário sobre os demais;
- V – a bacia hidrográfica passa a ser a unidade territorial para implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – torna-se então mais fácil fazer-se o confronto entre as disponibilidades e as demandas, essenciais para o que se denomina balanço hídrico;
- VI – a gestão deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades – esse módulo de gestão pressupõe a institucionalização dos Comitês de Bacia, das Agências de Água e ainda dos Conselhos Nacionais e Estaduais de Recursos Hídricos.

Entre os objetivos dessa Lei destacam-se:

Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água com qualidade adequada para seu uso;

O uso racional dos recursos hídricos, com vista ao desenvolvimento sustentável;

A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, quer sejam de origem natural, quer decorrentes de uso inadequado.

Estes objetivos são executados por meios de instrumentos que colocam em prática os escopos anteriormente propostos. Inserido na Lei das Águas pode-se destacar um instrumento que viabiliza as ações propostas pela legislação, conhecido como, o enquadramento dos corpos aquáticos em classes de uso que por sua vez conta com a ajuda do monitoramento baseado em análises físicas e químicas auxiliando no controle ambiental dos corpos aquáticos.

Em relação ao Estado do Ceará, a Política das águas é definida pela Lei Estadual de Recursos Hídricos Nº 11.996/1992, a qual visa proporcionar meios para que a água, recurso essencial ao desenvolvimento sócio econômico, seja usada de forma racional e justa pelo conjunto da sociedade, no território do Ceará.

Segundo Oliveira (2005), o Estado do Ceará tem a Política Estadual de Recursos Hídricos prevista no Artigo Nº 326 da Constituição Estadual e institui seu sistema por meio da Lei Nº 11996/92, que tem vários pontos convergentes com a Lei Federal Nº 9433/97.

3.1.2 Qualidade ambiental da água

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados. Porém, a qualidade da água demonstra sua composição afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química e biológica da água, causada por ação antrópica, que podem ser prejudiciais ao uso presente e futuro do recurso hídrico (BILICH, 2007).

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2006) especifica a poluição hídrica em três estágios:

1º Estágio - Poluição Patogênica: nessa fase, as exigências da qualidade da água são pequenas, gerando contaminação por doenças de veiculação hídrica.

2º Estágio - Poluição Total: ocorre geralmente, a partir do crescimento demográfico acelerado ou desenvolvimento industrial, acarretando lançamento indiscriminado de carga poluidora em mananciais hídricos.

3º Estágio - Poluição Química: caracteriza-se pelo uso indiscriminado e contínuo da água devido ao crescimento populacional e industrial. Os poluentes químicos podem ser:

- a) Biodegradáveis: são produtos químicos que ao final de um determinado tempo decompõem-se por ação de bactérias.
- b) Persistentes: são produtos químicos que se mantêm por longo período no meio ambiente e nos organismos vivos.

Observa-se que a qualidade dos corpos aquáticos está cada vez mais comprometida pela ação de poluentes que indevidamente são lançados, destacando-se os esgotos domésticos, efluentes industriais e outras fontes decorrentes do carreamento de contaminantes pela água das chuvas que escoam para os mananciais (SOARES e MAIA, 1999).

A falta de proteção a estes ecossistemas pode implicar em sérios problemas relacionados a potabilidade da água, aumentando os riscos sanitários e inviabilizando o emprego de tecnologias de tratamento mais simples e menos onerosas, que poderiam ter sido utilizadas antes da deterioração da qualidade do manancial (HELLER e PÁDUA, 2006).

Segundo Bilich (2007), a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e

biológicas nos quais são capazes de refletir direta ou indiretamente a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microrganismos que possam comprometer seu uso.

Conforme Duarte (1999), a água sendo um nutriente essencial à vida, deve, portanto, atender aos padrões de qualidade adequados ao consumo da população, objetivando garantir a manutenção da saúde humana e preservação do ecossistema.

Para os critérios ou padrões estabelecidos para a qualidade de águas, Derisio (1992) afirma que:

Os padrões não permanecem imutáveis ao longo do tempo, pelo contrário, é preciso que reflitam adequadamente os objetivos, a tecnologia e as condições econômicas da sociedade em cada estágio do seu desenvolvimento. As exigências de saúde pública são prioritárias e têm menor flexibilidade em termos de se afrouxar os limites estabelecidos (DERISIO, 1992).

Há diversas metodologias que ponderam esses parâmetros e caracterizam a qualidade da água. Uma delas é denominada de Índice de Qualidade de Água (IQA). Por meio desse índice é possível estabelecer classes e padrões de qualidade, que possibilita o enquadramento dos cursos de água (TOLEDO e NICOLELLA, 2004).

Tendo em vista que o presente estudo versa sobre a qualidade de um manancial hídrico, são utilizados como referenciais os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05. Esta Resolução considera o enquadramento que os corpos de água deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade e ainda indica alguns valores das variáveis de qualidade da água a serem obedecidos. A Resolução citada anteriormente substitui a Resolução CONAMA Nº 020/86, e no seu artigo 2º, parágrafos I, II e III, de acordo com a concentração de sais, classifica as águas do território brasileiro em águas doces, salinas e salobras. Em sua seção I, artigo 4º determina a classificação das águas doces, objeto deste estudo, em 5 (cinco) classes de acordo com seus usos preponderantes: Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV, que estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das Águas Doces, conforme Resolução CONAMA N° 357/05 no Brasil.

CLASSE	USOS PREPONDERANTES
Classe Especial	Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe I	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; À proteção das comunidades aquáticas; À recreação de contato primário; À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película.
Classe II	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; À proteção das comunidades aquáticas; À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; À aquicultura e à atividade de pesca.
Classe III	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; À recreação de contato secundário; À dessedentação de animais.
Classe IV	À navegação; À Harmonia paisagística.

Fonte: BRASIL, 2005.

3.1.2.1 Parâmetros de qualidade da água

Os parâmetros da qualidade da água são definidos a partir da observação e análise de sua composição química, física e bacteriológica. Segundo Bilich (2007) esses parâmetros são indicadores de qualidade e representam impurezas quando alcançam concentrações superiores aos estabelecidos para determinado uso.

Conforme Macedo (2002), os parâmetros que indicam alteração no grau de pureza da água podem ser retratados a partir de diversos componentes em termos das seguintes características:

Características físicas: sob este ponto de vista, as impurezas estão associadas, principalmente, aos sólidos suspensos, dissolvidos ou sob a forma coloidal.

Características químicas: devem-se à natureza orgânica ou inorgânica das substâncias presentes.

Características biológicas: estas são evidenciadas pela presença na água de microrganismos patogênicos ou não.

Alguns desses parâmetros de qualidade são ressaltados a seguir.

a) Parâmetro Físico:

Temperatura: é uma medida da intensidade de calor (SPERLING, 2005).

Vaitsman e Vaitsman (2005) afirmam que é importante o estudo da temperatura porque esta atua acelerando as reações químicas, acentuando a sensação de sabor e odor e reduzindo a solubilidade de gases. A temperatura é alterada devida a fatores como latitude, altitude, estação do ano, profundidade, aumento do consumo de água, fluoretação, solubilidade, ionização das substâncias coagulantes, mudança de pH e desinfecção. Além disso, essa variável física é uma medida que fornece o sentido do fluxo de energia (calor) entre os corpos, exercendo um importante papel sobre o controle do meio aquático e está relacionada a vários parâmetros físicos e químicos. Conforme Oliveira (2005) quando se analisa ambientes aquáticos, a temperatura deve ser um dos primeiros parâmetros físicos a ser avaliado, visto que influencia diretamente a cinética dos processos metabólicos, tais como a respiração, além de contribuir para solubilização de importantes gases dissolvidos na água, como o oxigênio. Garrison (2009) enfatiza que a cada acréscimo de 10°C, a taxa metabólica de organismos vivos aumenta cerca de duas vezes.

b) Parâmetros Químicos:

Cloreto: presente em águas naturais em concentrações que variam dependendo das condições geoquímicas dos mananciais (VASCONCELOS, 1999). Altas concentrações deste íon ocorrem em áreas próximas a depósitos salinos naturais. Se a presença do íon não for de origem geológica, teores acentuados podem ser indicativos de contaminação antrópica. Conforme Oliveira (2005) geralmente,

em águas doces a concentração de cloreto varia de 10 a 250 mg/L. Essa concentração pode variar mais acentuadamente a partir da poluição dos mananciais pelo despejo de esgotos domésticos e/ou despejos industriais.

Dureza: é uma característica conferida à água, sobretudo, pela presença de íons cálcio e magnésio. Estes íons apresentam-se combinados com carbonato e bicarbonato, e em menor extensão com sulfatos e cloretos. É conhecida pela sua propriedade de evitar a formação de espuma (RICHTER e NETTO, 1995). Uma água dura não produz espuma por ação do sabão, o que dificulta as operações de lavagens e banhos, criando problemas higiênicos e econômicos, causados por um maior consumo de sabão. Com relação à dureza, as águas naturais podem ser classificadas conforme a concentração de CaCO_3 expressa em mg/L, como especificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação da dureza das águas.

Grau de Dureza	ppm de CaCO_3
Moles	50
Moderadas	50-150
Duras	150-300
Muito Duras	> 300

Fonte: RICHTER e NETTO, 1995.

Potencial hidrogeniônico (pH): representa a concentração de hidrogênio, dando a indicação de acidez, neutralidade e alcalinidade da água (SPERLING, 2005). O conhecimento desse parâmetro é importante para o monitoramento de diversas etapas do tratamento da água (coagulação, desinfecção, controle da corrosividade, remoção da dureza). O tempo recomendado para a medida do pH é de no máximo 24 horas após a coleta da amostra de água, devido a algumas substâncias presentes no ar que podem interferir no seu real valor, ou em virtude do desprendimento de espécies voláteis presentes na amostra. De um modo geral, as águas naturais possuem valores de pH situados entre 5 a 9.

Nitrito: As formas de nitrogênio presentes em águas naturais de superfície e residuárias de maior interesse são em ordem decrescente de oxidação, nitrato, nitrito e amônia. Todas essas formas são bioquimicamente interconvertíveis e

fazem parte do ciclo do nitrogênio. A formação de nitritos constitui uma etapa intermediária do processo de nitrificação altamente tóxica, e a sua presença nos corpos aquáticos além de prejudicar as funções vitais da biota local, caracteriza uma poluição recente (MOTA, 1997).

Nitrato: as concentrações de nitrato configuram uma poluição remota e quando contínuas, representam condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte nitrato são os dejetos humanos e animais. Outro aspecto importante é que a presença de íons nitrato em ambientes aquáticos estimula o desenvolvimento de plantas e algas. Quando esse crescimento é exagerado as cargas orgânicas e a concentração de nutrientes está além da capacidade de autodepuração do sistema aquático, caracterizando um aumento no consumo de oxigênio dissolvido, desencadeando a eutrofização. Desta forma, quando se analisa esses íons, os resultados ajudam a estimar o grau de poluição e de comprometimento aeróbio do sistema (MOTA, 1997).

Demanda química de oxigênio (DQO): é um parâmetro que diz respeito a quantidade de oxigênio consumido por materiais e substâncias orgânicas e minerais que se oxidam sob condições definidas. No caso de água, este torna-se particularmente importante por estimar o potencial poluidor (no caso consumidor de oxigênio) de efluentes domésticos e industriais, assim como por estimar o impacto do mesmo sobre os ecossistemas aquáticos. Na impossibilidade prática de quantificar a demanda de tal oxigênio, o mesmo é convencionalmente substituído por substâncias químicas oxidantes que, tendo sua quantidade medida antes e depois do contato com o material em estudo, revelam o poder redutor ou demandador de oxigênio do mesmo (Rocha et al., 1990).

Ortofosfato: fosfatos são compostos que possuem o fósforo (P) em sua estrutura molecular. O fósforo está presente em águas naturais e em efluentes domésticos e indústrias, quase exclusivamente na forma de fosfatos. Estes são classificados como ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta e outros polifosfatos) e fosfatos orgânicos. As formas podem estar solubilizadas, em partículas, ou em corpos de organismos aquáticos. O fósforo, na água, apresenta-se principalmente na forma de ortofosfatos, que estão diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. Quanto à origem, os fosfatos presentes nas águas podem ser divididos em natural (devido à

dissolução de compostos do solo, carregados pela chuva e pela decomposição de matéria orgânica) e antropogênica (MOTA, 1997).

c) Parâmetros Biológicos:

A água é habitada por vários microrganismos que utilizam o meio aquático como fonte de nutrientes e/ou veículo de transmissão de doenças (ANA, 2005). Estes organismos podem ser de vida livre (que retiram da água apenas elementos necessários e indispensáveis para sobrevivência) e parasitas e/ou patogênicos (que usam a água como veículo para causar doenças). Dentre os principais organismos patogênicos destacam-se bactérias, cianobactérias, vírus, protozoários e helmintos (FUNASA, 2006).

Diante das dificuldades na identificação dos vários organismos patogênicos, geralmente, utiliza-se como indicador as bactérias do grupo coliformes. Estas podem ser encontradas no intestino do homem (cerca de 100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e demais animais de sangue quente. Além disso, estas bactérias são excretadas pela matéria fecal e são usadas como referência para o grau de poluição de um corpo aquático (FUNASA, 2006).

3.1.2.2 Índice de qualidade da água (IQA)

A utilização sustentável dos mananciais implica na adoção de medidas de gestão adequadas, como por exemplo, um programa de acompanhamento da qualidade da água, permitindo a sua proteção, especialmente em zonas sujeitas a maior risco de poluição (ARAUJO e SANTAELLA, 2001). Segundo Gonçalves (2008) tal programa ao longo do tempo e do espaço, gera um grande número de dados analíticos que ao serem transformados em um formato sintético origina um instrumento de gestão ambiental denominado Índice de Qualidade de Água (IQA). Este índice descreve e representa de forma compreensível e significativa o estado atual e as tendências da água, bem como pode ser utilizado como informações gerenciais e como ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos.

As primeiras tentativas de sintetizar as informações relativas à qualidade da água, com a finalidade de torná-las facilmente interpretáveis, remontam a 1948, na Alemanha. Tentou-se relacionar o nível de pureza da água e a poluição com a ocorrência de determinadas comunidades de organismos macro e microscópicos (peixes, organismos bentônicos e plantas). Em lugar de atribuir um valor numérico, a

qualidade da água era categorizada por uma classe, entre várias de poluição (DERISIO, 2000).

Em 1970 o Índice de Qualidade de Água foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos (MOREIRA e RIBEIRO, 2001), que selecionou parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e atribuiu, para cada um deles, um peso relativo (CARVALHO et al., 2004). No Brasil o interesse pela utilização do IQA aumentou a partir de 1972, quando o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) manifestou a necessidade de utilização dessa ferramenta para os ecossistemas naturais.

Assim, o IQA pode ser definido como um número adimensional que exprime a qualidade da água para os diversos fins sendo obtido através da agregação de dados físico-químicos e bacteriológicos. Por meio de metodologias específicas o IQA torna-se importante no acompanhamento da qualidade da água devendo sempre levar em conta as incertezas que existem na determinação das variáveis que os compõem (GONÇALVES, 2008).

Segundo Gonçalves (2008), o índice pode ser utilizado para diversas finalidades tais como, ferramenta para estudo dos fenômenos ambientais, comparação de condições ambientais em diferentes áreas geográficas, determinação do cumprimento ou não da legislação ambiental, informe à população sobre as condições de qualidade ambiental em determinado ecossistema e identificação de problemas de qualidade de água que demandem estudos especiais em trechos de rios.

Dessa forma, o IQA atua como um instrumento eficiente contribuindo para a sustentabilidade dos mananciais, além de facilitar a interpretação e a comunicação com o público não técnico no que diz respeito a situação de um determinado corpo aquático

3.2 Pesticidas

Os termos pesticidas, biocidas, defensivos agrícolas, praguicidas e agrotóxicos são denominações que ocupam posição singular dentre as substâncias químicas sintéticas ou naturais, uma vez que são adicionados intencionalmente ao ambiente para destruir ou controlar algumas formas de vida (animal, planta ou microrganismos) que são consideradas indesejáveis, ou seja, as chamadas pestes ou pragas, nas culturas agrícolas, na pecuária, nas casas, nos jardins, na saúde pública e no combate de vetores de doenças transmissíveis (RIBAS e MATSUMURA, 2009).

A nomenclatura dessa gama de insumos químicos é bastante ampla o que mostra a multiplicidade de visões que os cercam. O nome *pesticide* (em português pesticida) é uma denominação largamente utilizada na literatura internacional em língua inglesa (PERES e MOREIRA 2003). A denominação mais popular, usado atualmente no Brasil, no meio agrícola e na sociedade como um todo, é agrotóxico.

Segundo a Lei Federal Nº 7.802 de 11 de julho de 1989, antes regulamentada por meio do Decreto Nº 98.816, no seu artigo 2º, Inciso I, agrotóxicos são:

produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativa ou implantada, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes estimuladores e inibidores do crescimento (BRASIL, 1989).

Mais extensa do que a lista das denominações dessas substâncias produzidas ou manipuladas pelo Homem são os impactos gerados por esses insumos químicos na saúde humana e aos segmentos bióticos e abióticos do ecossistema.

Algumas constatações prejudiciais pela utilização de agrotóxicos ao meio ambiente podem ser citadas:

Em sua maioria, os agrotóxicos são voláteis, portanto, têm a propriedade de serem carreados pelas correntes aéreas para locais e distâncias indesejadas, contaminando extensões incalculáveis do solo, das águas e do ar;

As aplicações aéreas, geralmente feitas sem maiores cuidados, representam foco de intensa degradação ambiental, afetando todas as espécies de vida. É hábito lavar os tanques dos aviões, embalagens usadas e equipamentos de aplicação em cursos da água (rios e lagos);

Muitos agrotóxicos permanecem no solo por muitos anos, transferindo-se para a cultura seguinte e contaminando também as pastagens. Estas pastagens são ingeridas pelo gado, contaminando sua carne, que ainda é o alimento preferido da maioria da população;

Com o emprego de agrotóxicos, ocorre a seleção de organismos-praga resistentes, exigindo aplicações cada vez maiores de produtos ou novas formulações. Do universo de insetos destruídos, muitos são benéficos, úteis ou inimigos naturais;

É ainda, excessiva a concentração de resíduos de agrotóxicos nos alimentos de origem vegetal e animal, principalmente em razão da inobservância do número correto de aplicações, das dosagens recomendadas ou período de carência dos compostos (MONTEZANI, 2007).

3.2.1 Breve histórico dos pesticidas

Os seres humanos usam pesticidas para impedir danos a suas colheitas desde aproximadamente 500 A.C. As antigas civilizações gregas, romanas e chinesas já conheciam a três mil anos atrás, a capacidade do pó de enxofre, primeira substância química introduzida na agricultura para combater pragas e ou doenças (MARICONE, 1977).

De acordo com o autor acima referenciado, o primeiro marco na história dos pesticidas sintéticos foi a descoberta do “Verde de Paris” para combater o escaravelho da batata. Em 1874, o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano) foi sintetizado pelo químico alemão Zeidler, mas somente em 1939, houve a descoberta das propriedades inseticidas do DDT pelo suíço Paul Herman Müller, desde então, iniciou-se o uso desse pesticida sintético no mundo.

Nas décadas de 40 e 50 as indústrias químicas produziram vários outros princípios ativos utilizados principalmente como inseticidas sendo na maioria pesticidas organoclorados (SHIMTZ, 1996).

No Brasil, as principais razões da introdução dos chamados inseticidas sintéticos foram as culturas de café e algodão. A demanda para esses produtos levou ao aparecimento da indústria brasileira de formulações, em 1948 que importava os ingredientes ativos e os misturavam a inertes para adequar a sua aplicação no campo. Dos compostos inicialmente usados em maior escala que eram os organoclorados, passou-se ao uso de outros pesticidas abrangendo os organofosforados, carbamatos e piretroídes. No entanto, foi com a introdução maciça nos mercados dos inseticidas organofosforados e carbamatos, que começaram a surgir os primeiros sinais de alarme quanto a sua toxicidade (LARA e BATISTA, 1992).

Na década de 1970, houve transformações na produção agrícola brasileira. A política de estímulo do crédito rural, associada às novas tecnologias, impulsionou várias culturas, principalmente aquelas destinadas à exportação. Pacotes tecnológicos ligados ao financiamento bancário estavam atrelados à aquisição de equipamentos e insumos. Entre os insumos estavam os agrotóxicos, que eram recomendados para o controle de pragas e doenças, como forma de ampliar o potencial produtivo das lavouras. Esse método obrigava aplicações sistemáticas daqueles produtos, mesmo em situações em que não se evidenciava a ocorrência de pragas ou doenças, resultando em pulverizações excessivas e muitas vezes desnecessárias (RUEGG, 1991).

Com o passar do tempo, entretanto, observou-se que o uso ampliado e irrestrito das técnicas e produtos que caracterizaram o modelo de agricultura industrial resultou em sérios problemas de contaminação, não só do meio ambiente, como especialmente de pessoas que trabalham diretamente na aplicação desses produtos no campo (CANTOS, 2008). Segundo Cardona (2004), uma das primeiras manifestações sobre a utilização de agrotóxicos na agricultura foi apontada pela a bióloga americana Rachel Carson com a obra *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) publicada em 1962. A autora foi a mais bem sucedida do ponto de vista do debate público ao ressaltar os efeitos adversos da utilização dos pesticidas químicos sintéticos, as implicações da atividade humana sobre o ambiente e o custo ambiental dessa contaminação para a humanidade que depositava confiança cega no progresso tecnológico.

Dentro do exposto, Maraschin (2003) afirma que o desafio da atualidade consiste em desenvolver pesticidas cada vez mais seletivos e menos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente, assim como possibilitar a substituição dos pesticidas pelo controle com agentes biológicos naturais.

3.2.2 Classificação dos pesticidas

Os pesticidas podem ser classificados em função de vários aspectos que os diferenciam em classes, segundo critérios, a saber:

3.2.2.1 Quanto à periculosidade ambiental

De acordo com a legislação brasileira, os agrotóxicos são classificados de acordo com o potencial de periculosidade ambiental cabendo ao Ministério do Meio Ambiente

(MMA), por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA) avaliar esse critério (CANTOS, 2008 e MOREIRA, 2003).

Conforme Peres (1999) o potencial de periculosidade de um pesticida é determinado com base em resultados de testes ou estudos sobre mobilidade e persistência nos solos, fotólise e hidrólise, testes de toxicidade aguda e crônica realizados com diferentes organismos não-alvos (microrganismos, minhoca, algas, peixes, abelhas, aves e mamíferos), além dos resultados dos estudos de bioconcentração em peixes e do potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico do produto. Assim, de acordo com esses critérios, os agrotóxicos são classificados em:

Classe I – produto altamente perigoso ao meio ambiente;

Classe II – produto muito perigoso ao meio ambiente;

Classe III – produto perigoso ao meio ambiente;

Classe IV – produto pouco perigoso ao meio ambiente.

Cabe advertir que a classificação apenas por este critério é limitada, pois não nos indica nada sobre seus efeitos crônicos. Um agrotóxico que apareça, por exemplo, na categoria IV, como “aparentemente inócuo”, pode, no entanto, ter potencial de causar efeitos crônicos graves (CARDONA, 2004).

3.2.2.2 Quanto ao grau de toxicidade

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda uma classificação, sujeita a atualizações periódicas, que considera três fatores:

A dose letal média (DL 50) do agrotóxico formulado, que considera a quantidade da substância tóxica que produz uma mortalidade de 50% dos animais de prova, em condições controladas por um tempo de 24 horas (a DL₅₀ é expressa em miligrama de agrotóxico por quilograma de peso do animal);

A forma de contato do pesticida que pode ser oral ou dérmica;

O tipo de formulação, podendo ser sólida ou líquida.

Com base no que foi exposto na Tabela 3 apresenta a classificação do pesticida quanto à toxicidade aguda.

Tabela 3 - Classificação dos pesticidas segundo as vias de entrada e toxicidade aguda expressa em DL₅₀.

DL₅₀ para ratas (mg /Kg de peso corporal)				
Classe	Oral		Dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
I Extremamente tóxica (faixa vermelha)	< 5	< 20	< 10	< 40
II Altamente tóxica (faixa amarela)	5 - 50	20 - 200	10 -100	40 - 400
III Medianamente (faixa azul)	50 - 500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
IV Pouco tóxica (faixa verde)	>500	>2000	>1000	> 4000

Fonte: GARCIA, 1997.

3.2.2.3 Quanto ao modo de ação dos pesticidas

Outro critério de classificação dos pesticidas diz respeito a forma de ação frente aos organismos alvo, podendo ser de contato quando o organismo é atingido diretamente pelo pesticida; de ingestão quando o agrotóxico atua após ser ingerido pelo organismo alvo; ou sistêmico quando o pesticida é absorvido por uma parte da planta e translocado para todos os tecidos vasculares, exercendo uma ação fitotóxica no caso de herbicidas ou agindo contra insetos quando estes se alimentam da seiva que contém quantidade suficiente de pesticidas para uma ação tóxica (MARASHIN, 2003).

3.2.2.4 Quanto à persistência

De acordo com Branco (2003), os agrotóxicos quanto a persistência são classificados segundo a meia vida, que é o tempo necessário, após aplicado, para que tenha sua eficiência reduzida a metade. Consideram-se persistências:

Curta - até 90 dias;

Média - de 91 a 180 dias;

Longa - maior que 180 dias.

3.2.2.5 Quanto à natureza química

Os pesticidas também se agrupam em classes de substâncias cujo princípio ativo é formado por estruturas moleculares semelhantes, como, por exemplo, os organoclorados, compostos orgânicos sintéticos que possuem o elemento cloro em suas moléculas, são muito persistentes no ambiente e têm a tendência de se acumular nos tecidos gordurosos dos organismos; os organofosforados, derivados orgânicos do ácido fosfórico, constituintes da maioria dos inseticidas atuais que apresentam alta toxicidade aguda ao organismo alvo e alta taxa de degradação no ambiente; os carbamatos que são derivados do ácido carbâmico e são empregados como inseticidas, fungicidas, nematicidas e herbicidas, possuem alta toxicidade relativa (GARCIA 1997).

Os principais grupos químicos dos pesticidas são:

a) Organoclorados

Os pesticidas clorados são contaminantes onipresentes no ambiente, e devido a lipofilicidade e persistência, acumulam-se na cadeia alimentar (BAIRD, 2002). O problema da contaminação por organoclorados tem se agravado e adquirido proporções dramáticas, tanto pela a sua intensificação do uso quanto pela sua extensão geográfica. Outrora, as zonas contaminadas eram muito reduzidas e atualmente tendem a cobrir o planeta inteiro (FLORES et al., 2004).

A toxicidade dessa classe de composto vem do fato de serem estruturalmente diferentes das substâncias normalmente encontradas na natureza e, portanto, alguns organismos contaminados não têm capacidade de metabolizá-los, causando a acumulação (BAIRD, 2002).

Em tempo, foi atestada a contaminação do ar por meio da volatilização de organoclorados. Seus resíduos permanecem na superfície da terra e com a chuva ou irrigação intensifica-se a vaporização, fazendo com que as partículas tóxicas elevem-se à atmosfera onde ficam suspensas. Os ventos podem conduzir por longas distâncias grandes quantidades dessas partículas, para depois lança-las novamente no solo e nas águas superficiais (GASPARINI, 2005).

A Figura 1 mostra as estruturas moleculares de alguns pesticidas organoclorados.

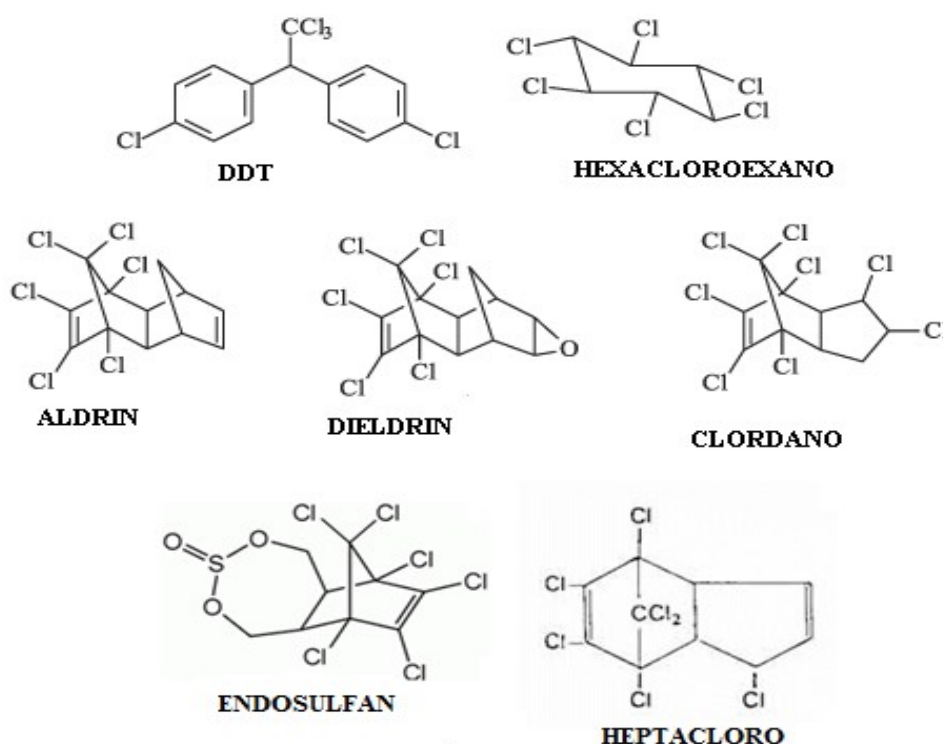


Figura 1 - Estruturas Moleculares de alguns pesticidas organoclorados.

Na literatura são relatadas com características gerais dos pesticidas organoclorados a baixa solubilidade em água, a elevada solubilidade em solventes orgânicos e a alta estabilidade química, que levam estes compostos e seus derivados a se acumular nos tecidos gordurosos dos seres vivos e a persistirem no ambiente (VERDES et al., 1990).

De acordo com Tajara e Nunes (2004), os organoclorados pertencem a três classes distintas de químicos, incluindo: diclorodifeniletano; ciclodieno clorado; e estruturas relacionadas ao benzeno clorado e ciclohexano clorado. Alguns compostos organoclorados apresentam propriedades inseticidas, incluindo os seguintes grupos: HCH (hexaclorociclohexano) e isômeros; DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano), DDE (Dicloro-Difenil-Dicloro) e DDD (Dicloro-Difenil-Dicloroetano); ciclodienos (aldrin, dieldrin, endrin, heptacloro, clordano e endosulfan); dodecacloro e clordecone e outros compostos como o toxafeno.

b) Organofosforados

Os organofosforados pertencem à classe dos pesticidas não-persistentes e representam um avanço sobre os organoclorados. No entanto, eles apresentam uma toxicidade aguda mais elevada para humanos e outros mamíferos do que os da classe

anterior. Vários organofosforados representam uma periculosidade à saúde dos trabalhadores que aplicam e a outros que possam entrar em contato com os mesmos (WHO, 1986).

Como os organoclorados, os representantes desse grupo químico são lipossolúveis, porém decompõem-se dentro de dias ou semanas, e por esta razão é raramente encontrado na cadeia alimentar (BAIRD, 2002).

A exceção do diclorvós, muitos organofosforados possuem baixa volatilidade. A dispersão dos organofosforados por pulverização pode ser provocada pelo vento sem evidências de contaminação além dos limites de 1 a 2 km da fonte de pulverização. Na água são possíveis três fontes de entrada: a primeira é o despejo de resíduos industriais ou descarga de efluentes na água; a segunda é por infiltração de resíduos tóxicos no solo, contaminando os reservatórios de água (lençol freático) e terceiro o escoamento superficial durante a pulverização. Os dois primeiros não deveriam ser tolerados, antes de um tratamento prévio dos resíduos (WHO, 1986).

A Figura 2 mostra as estruturas moleculares de alguns pesticidas organofosforados.

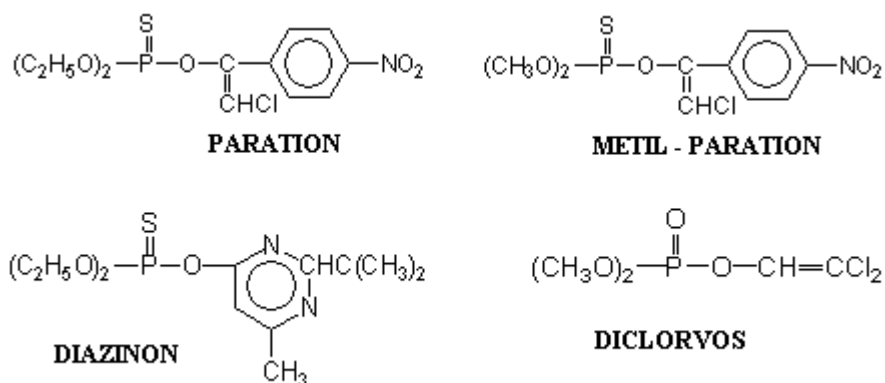


Figura 2 - Estruturas Moleculares de alguns pesticidas organofosforados.

c) Carbamatos

Os carbamatos são derivados do ácido carbâmico, H_2NCOOH , introduzido como inseticida em 1951 (BAIRD, 2002). Os carbamatos podem contaminar as águas superficiais por rotas diretas e indiretas, ou ainda por resíduos industriais ou derramamentos acidentais. No entanto, o perigo deste é limitado por sua rápida decomposição em ambientes aquáticos. Deste modo, a contaminação em longo prazo

por este tipo de composto não é razoável, sendo que efeitos adversos em animais aquáticos podem resultar de direta adição ou de escoamento em pouco tempo após aplicação. Os carbamatos em água estão sujeitos à fotodegradação sob os efeitos da radiação ultravioleta (GARCIA, 1997).

A Figura 3 mostra a estrutura molecular de um carbamato.

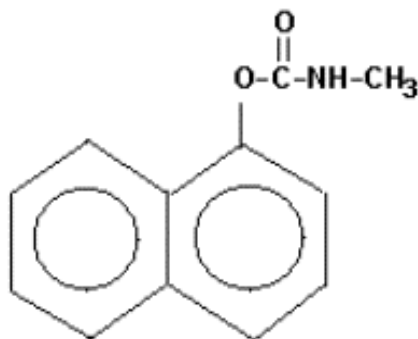


Figura 3 - Estrutura química geral de um carbamato.

d) Triazinas

Estes pesticidas são do tipo herbicidas, sendo os exemplos mais comuns a atrazina, a ametrina e a simazina. A atrazina e a ametrina são mais solúveis em água que a simazina. A ação destas substâncias está relacionada com seu comportamento no solo. A decomposição das triazinas é influenciada pela quantidade de matéria orgânica no solo, pois favorece a adsorção e o desenvolvimento de microrganismos que aceleram a decomposição do produto (GARCIA, 1997).

A Figura 4 representa a estrutura molecular de uma das triazinas mais comum.

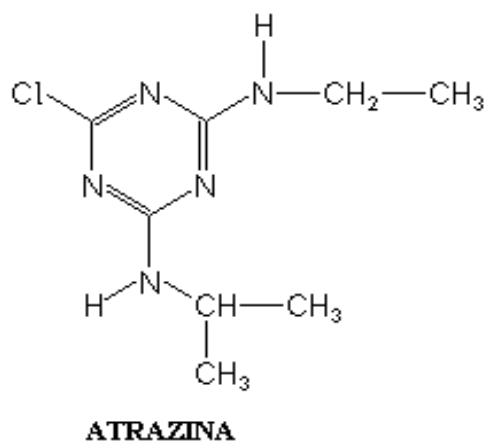


Figura 4 - Estrutura química de uma triazina.

e) Dinitroanilinas

As dinitroanilinas são herbicidas que geralmente se aplicam no solo com ação pré-emergente de gramíneas e de ervas de folha larga em diversas culturas. Em geral, apresentam alta lipofilicidade e baixa solubilidade em água, por isso estão escassamente presentes em águas superficiais e subterrâneas. Algumas dinitroanilinas têm notável pressão de vapor, sendo a volatilização um importante caminho de transporte do solo para a atmosfera (TADEO et al., 1996).

A Figura 5 mostra a estrutura molecular de uma dinitroanilina.

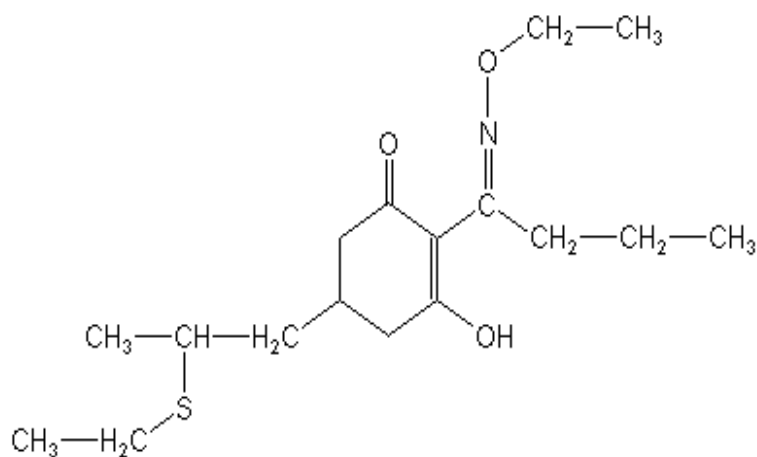


Figura 5 - Estrutura química de uma dinitroanilina.

3.2.2.6 Quanto à espécie que se pretende combater

Neste caso, podem-se destacar seis grupos principais:

Inseticidas - quando as espécies-alvo são insetos;

Herbicidas - quando as espécies-alvo são plantas;

Fungicidas - se destinam a eliminar fungos;

Acaricidas - para eliminação de ácaros;

Moluscicidas - para combater de moluscos;

Rodenticidas - para combater roedores;

Além disso, costuma-se relacionar duas categorias básicas, uma que identificam a natureza da praga que se pretende combater e outra que identifica o grupo químico ao qual se integram (SUCEN, 2009). A Tabela 4 mostra a categoria mais utilizada dos pesticidas associado aos seus grupos químicos.

Tabela 4 - Classificação dos agrotóxicos quanto a sua categoria e grupo químico.

CATEGORIA	GRUPO
INSETICIDAS	Organofosforados
	Carbamatos
	Organoclorados
	Piretróides
FUNGICIDAS	Ditiocarbamatos
	Fentalamidas
	Organomercurais
HERBICIDAS	Benzonitrilas
	Dinitroanilinas
	Dinitrofenóis

Fonte: SÁ e CESTANA, 2004.

3.2.3 Uso dos pesticidas

Os pesticidas são resultados do desejo do Homem de livrar-se das pragas que invadem seu modo de vida. De acordo com Himel (1990) muitos são os argumentos usados em favor da utilização desses insumos, tais como:

Aumento da produtividade na agricultura, com melhoria na qualidade e quantidade de alimentos e fibras;

Controle de pragas na silvicultura;

Uso no setor comercial, industrial, municipal e militar para controle de ervas daninha, ratos e diversos insetos;

Uso em campanhas de saúde pública, para o controle de mosquitos e ratos que transmitem doenças;

Uso em residências e em jardins para o combate a diversos insetos.

Segundo o Programa Internacional de Segurança Química – PISQ, oriundo da Conferência Mundial das Nações Unidas em Estocolmo em 1972, existem mais de 750.000 substâncias conhecidas no meio ambiente, sendo de origem natural ou antrópica. Cerca de 70.000 estão sendo utilizados todos os dias, com aproximadamente 40.000 em significantes quantidades comerciais. Calcula-se que apenas 6.000 destas possuam avaliação considerada satisfatória sobre os riscos à saúde do homem e do meio ambiente, levando-se também em consideração que, a cada ano, entre 1.000 e 2.000 novas substâncias são liberadas para o mercado (FREITAS e SÁ, 2003).

A movimentação favorável aos venenos agrícolas ganha força junto com o crescimento do mercado nacional, que foi de 27% apenas entre 2007 e 2008. Com grande área plantada e baixo controle sobre produtos legais e ilegais, o consumo interno de agrotóxicos está no topo do ranking mundial, ultrapassando o dos Estados Unidos (ANVISA, 2009).

O faturamento líquido do mercado brasileiro de agrotóxicos chegou a US\$ 7,1 bilhões no ano passado, ou mais de 14 bilhões de reais. No período, foram usadas 674 mil toneladas, mais da metade em herbicidas. No Brasil estão liberados para uso na agricultura 1412 agrotóxicos, elaborados com quase 500 substâncias. Os agroquímicos são apontados como necessários para manter a produção em lavouras convencionais e transgênicas (ANVISA, 2009).

Existem, somente no Brasil, 33 fabricantes de produtos técnicos, sete indústrias (multinacionais) produtoras de agrotóxicos, com 475 princípios ativos divididos em 537 produtos comerciais (MENTEM, 2010).

Não se pode negar o crescimento, em termos de produtividade (MOREIRA, 2002), entretanto, a facilidade de acesso às novas tecnologias não apresenta o amparo necessário para a qualificação dos trabalhadores que usam esses insumos, sobretudo em países em desenvolvimento, expondo as comunidades rurais a um conjunto de riscos, dos quais muitos ainda desconhecidos, gerados pelo uso extensivo de diversas substâncias químicas perigosas (PERES, 2003).

O uso indevido e inadequado de agrotóxicos é responsável pelos altos índices de intoxicação verificados entre os produtores e trabalhadores rurais, provocando a contaminação dos alimentos consumidos pela população, causando ainda grandes danos econômicos e ambientais à sociedade (MONTEZANI, 2007).

Dentro desse contexto, o Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas registrou, no ano de 2007, aproximadamente 10 mil casos de intoxicações por agrotóxicos (SINITOX, 2009). Assim, os níveis de contaminação ocupacional por pesticidas em áreas rurais brasileiras, traduzem um alerta à necessidade de melhoria da qualidade da saúde do trabalhador rural (STOPPELLI, 2005).

Os efeitos ambientais de um agrotóxico, no entender de Spadotto (2004), dependem da sua ecotoxicidade a organismos terrestres e aquáticos e das concentrações atingidas nos diferentes compartimentos ambientais (solo, água, planta e atmosfera),

que por sua vez dependem do modo e das condições de aplicação, da quantidade ou dose usada e do comportamento e destino do agrotóxico no meio ambiente.

Assim, o uso constante, sem critérios técnicos adequados, ou mesmo desnecessário, pode causar a contaminação do ambiente afetando principalmente as águas superficiais e subterrâneas, ocasionando sérios problemas ao meio ambiente e a saúde da população através dos alimentos, da água de consumo ou pela exposição ocupacional, ocasionando desde disfunções orgânicas até intoxicações, podendo levar a morte.

3.2.4 Dinâmica dos pesticidas no meio ambiente

Uma vez no ambiente, os pesticidas podem se distribuir, degradar ou se acumular nos diversos compartimentos do ambiente. Os fatores determinantes da dinâmica dos pesticidas no ecossistema são a forma de uso dos mesmos, características ambientais e propriedades físico-químicas do princípio ativo (DORES e DELAMONICA-FREIRE, 1999).

As condições ambientais do local de estudo também influenciam a dinâmica de insumos químicos no ambiente. As características e propriedades do solo ou do sistema aquático são determinantes na dissipação e degradação dos pesticidas. O potencial hidrogeniônico (pH) do ambiente (solo, água) pode influenciar também na degradação desses insumos (BARCELÓ e HENNION, 1997).

Os pesticidas quando aplicados sobre as plantas, cerca de 50% da dose total adicionada poderá ter como destino final o solo, independente da forma como foi realizada essa aplicação. Após chegar ao solo, o pesticida pode ter seu destino influenciado por três formas principais de dispersão: volatilização, lixiviação e escoamento superficial (MURTI e NAG, 1991).

Esses processos são descritos por Murti e Nag (1991) como a seguir:

a) A volatilização corresponde à transferência do pesticida do solo para a atmosfera. Os pesticidas mais voláteis necessitam ser incorporados ao solo para diminuir sua perda por volatilização. Embora, o número de pesticidas voláteis atualmente utilizados na agricultura seja pequeno, diversos estudos têm mostrado que as perdas por volatilização, logo após a aplicação, podem chegar a 90% da dose aplicada. Com relação à contaminação dos recursos hídricos (água superficial), a volatilização de pesticidas

possibilita o carreamento desses compostos através da atmosfera e, posteriormente, sua deposição nas águas superficiais através da chuva.

Um estudo envolvendo 10 países europeus mostrou que de um total de 99 pesticidas monitorados, 48 pesticidas diferentes foram detectados na água da chuva. Outra conclusão importante dessa pesquisa foi que alguns desses pesticidas detectados não eram utilizados nas áreas agrícolas em que as amostras da água da chuva foram coletadas, evidenciando o transporte a grandes distâncias desses compostos pela atmosfera.

b) A lixiviação corresponde ao transporte vertical dos pesticidas no perfil do solo juntamente com a água da chuva ou irrigação que desce pelos poros. Esta forma de transporte tem sido apontada como a principal causadora da contaminação de águas subterrâneas. Estudos têm demonstrado que, de uma maneira geral, o transporte de pesticidas por lixiviação chega a 1% da dose aplicada podendo, em casos excepcionais, chegar a 5%. É importante mencionar que diversos fatores relacionados ao solo, ao clima e à molécula do pesticida influenciam essa descida no solo. Por exemplo, solos com maior teor de matéria orgânica tendem a reter maior quantidade de pesticidas na camada superficial, diminuindo assim a sua movimentação.

Além disso, solos com maior teor de matéria orgânica possuem maior atividade microbiana, o que possibilita uma degradação mais rápida dos pesticidas pela ação dos microrganismos. No entanto, alguns pesticidas possuem baixa afinidade com a matéria orgânica do solo e, portanto, apresentam um alto potencial de lixiviação, devido a uma menor retenção pelo solo. Diante disso, ao analisar a possibilidade de contaminação do lençol freático por pesticidas é necessário que se leve em conta todos os fatores envolvidos.

c) O escoamento superficial corresponde ao transporte dos pesticidas através da água de enxurrada na superfície do solo, que poderá ter como destino final os rios e lagos, ocasionando suas contaminações. Chuvas mais intensas podem causar perdas substanciais de pesticidas por escoamento superficial.

Estudos têm mostrado que perdas em torno de 1% a 2% da dose aplicada de um pesticida têm sido comum, considerando-se apenas uma única chuva. Medidas que visam diminuir a formação de enxurradas terão efeito direto na diminuição do escoamento superficial de pesticidas e consequentemente, na poluição dos rios e lagos. Um exemplo dessas medidas na agricultura moderna é a adoção da prática do Sistema

de Plano Direto (SPD), que preconiza a permanência constante de cobertura vegetal no solo.

Na agricultura, a contaminação pode ocorrer pelas perdas na aplicação do produto, pelos ventos e pela evaporação atingindo a atmosfera e distribuindo os contaminantes para outros compartimentos ambientais como o solo ou as águas superficiais (MARASCHIN, 2003).

A entrada de pesticidas nos rios a partir do uso agrícola depende da ação desses compostos no solo, já que além do carreamento pela ação dos ventos com posterior precipitação, a mobilidade dos pesticidas a partir do solo contribui de forma significativa para sua chegada ao rio (HIMEL, 1990).

A distribuição dos resíduos de pesticidas também pode ocorrer por meios biológicos, através da ingestão de alimentos contendo resíduo de biocidas, que pode se acumular nos tecidos na forma original ou pode ser metabolizada em órgãos ou tecidos específicos, sendo que estes organismos após a morte liberam novamente o produto para o ambiente (ESSER et al., 1998). Segundo Peres (1999), a acumulação de agrotóxicos ao longo da cadeia alimentar leva a um fenômeno ecológico denominado de biomagnificação, que é o aumento das concentrações de uma determinada substância de acordo com o aumento do nível trófico. Um exemplo pode ser visualizado na Figura 6 que mostra o acúmulo de DDT em uma cadeia alimentar.

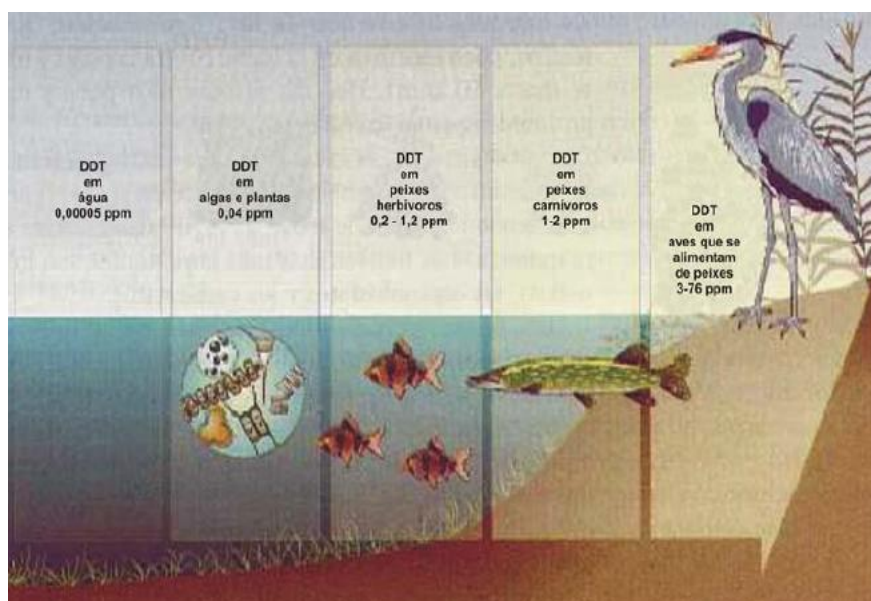


Figura 6 - Acumulação de DDT na cadeia alimentar. Fonte: Disponível em <<http://www.google.com.br/images>>. Acessado em Julho de 2010.

Por seu vasto aspecto deletério, os agrotóxicos não se limitam a um determinado local, apesar de serem aplicados numa área, deslocam-se por vários caminhos. A translocação das substâncias tóxicas pode se realizar por meio biológico, pelos processos químicos e físicos, através da atmosfera, do solo, das águas subterrâneas e superficiais (TANABE, 2000).

A Figura 7 ilustra os meios de distribuição dos pesticidas nos diversos compartimentos ambientais e a Figura 8 ilustra a dinâmica do pesticida no meio aquático.

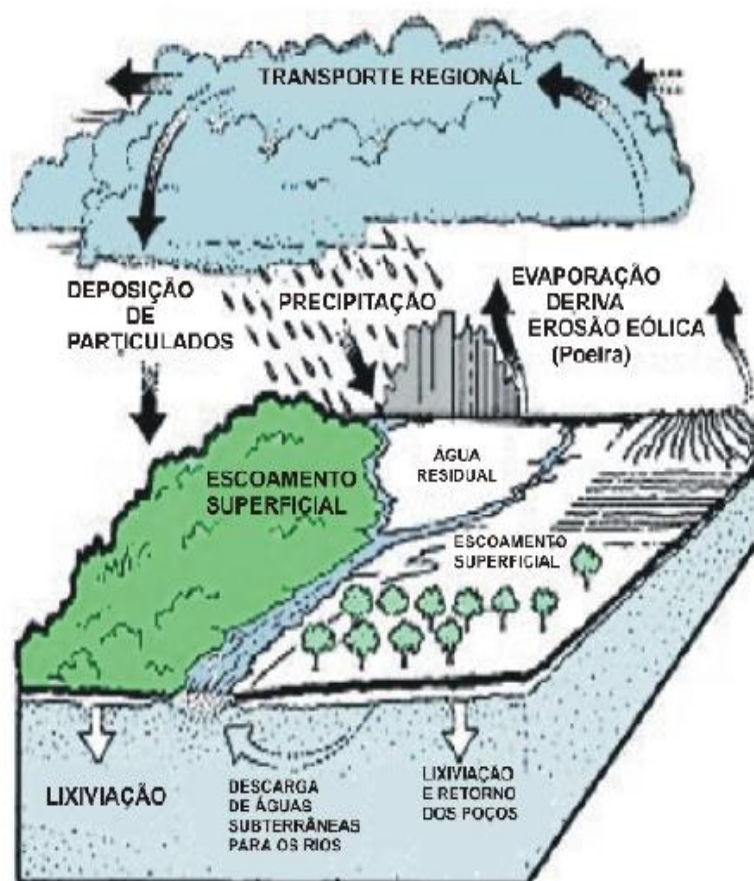


Figura 7 - Distribuição dos pesticidas no Meio Ambiente. Fonte: Disponível em:<<http://www.google.com.br/images>>. Acessado em julho de 2010.

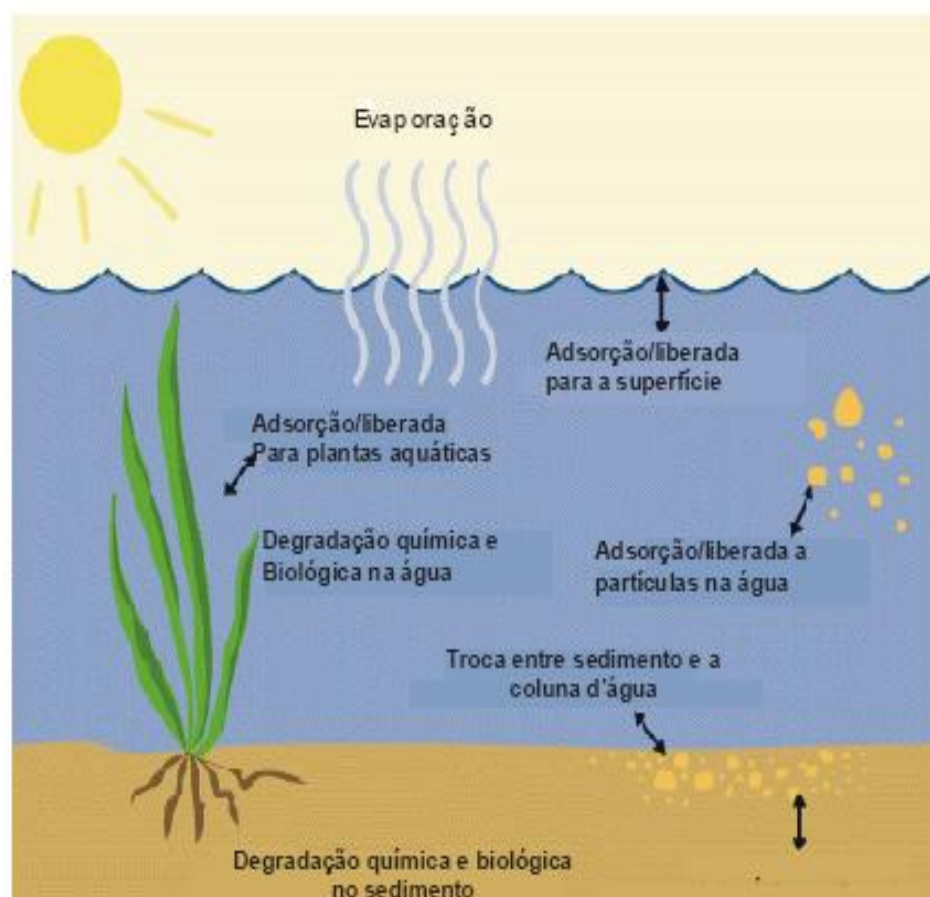


Figura 8 - Dinâmica dos pesticidas no Ecossistema Aquático. Fonte: MARASCHIN, 2003.

As moléculas de alta persistência (baixa taxa de degradação) podem se adsorvidas nas partículas do solo, dessorvidas a partir destas mesmas partículas, sofrer lixiviação e atingir lençóis subterrâneos ou ser carregadas e atingir águas superficiais. Nos ambientes aquáticos os agrotóxicos podem sofrer adsorção ou dessorção das partículas de sedimentos, podendo ser degradados (química ou biologicamente, ou por fotólise). No ar as moléculas na forma de vapor ou gás poderão ser transportadas por quilômetros (ARAÚJO et al., 2004).

Esses fatos levam a perceber a diversidade e complexidade dos impactos provocados pela utilização de agentes químicos, principalmente quando se trata da utilização ilícita de pesticidas altamente tóxicos. Dessa maneira, a contaminação por esses insumos tem sido alvo de constantes preocupações no âmbito ambiental e da saúde pública.

3.2.5 Ocorrência de pesticidas no meio natural

Estudos sobre contaminação ambiental são reportados nos últimos trinta anos, sendo que, parte destes estudos está direcionada aos pesticidas de modo geral. Um compartimento mais atingido é o ambiente aquático, para onde grande parte dos pesticidas é destinada, sendo a biodiversidade também afetada (MARASCHIN, 2003).

Laabs et al., (2002) analisaram 29 pesticidas e 3 metabólitos em amostras de água superficiais na região nordeste do Pantanal Mato-grossense, onde foram detectadas em 68% das amostras (n=139) pelo menos um pesticida; sendo os mais encontrados o endosulfan, a ametrina, o metolaclor e a metribuzina, todos em concentrações abaixo de 0,1 g/L.

Em estudos elaborados por Filizola et al., (2002) foram analisados pesticidas em amostras de água superficial e subterrânea na região de Guaíra sendo detectados ocasionalmente a presença de captan, cialotrina, clorotalonil, e 4,4-dicloro-benzofenona em concentrações variando de 0,20 a 5,66 g/L.

Veiga et al., (2006) selecionou 27 pontos dos sistemas hídricos superficiais e subterrâneos do município de Paty do Alferes, Rio de Janeiro, Brasil para análise de pesticidas organofosforados e carbamatos nas águas. O resultado encontrado foi que em 19 dos 27 pontos selecionados houve contaminação detectável, sendo que em duas ocasiões essas contaminações ultrapassaram o permitido pela legislação comprovando a contaminação dos sistemas hídricos na região estudada.

Bortoluzzi (2006) quantificou a presença de agrotóxicos em águas superficiais de três unidades paisagísticas com diferentes configurações de uso, em uma microbacia hidrográfica de cabeceira em Agudo, Rio Grande do Sul. O estudo não apresentou nenhuma concentração detectável de agrotóxico nas amostras analisadas.

Grützmacher et al., (2008) avaliou e monitorou a presença de resíduos dos agrotóxicos quinclorac, carbofuran, clomazone, fipronil e betaciflutrina nas águas do canal São Gonçalo e do rio Piratini, localizados na região Sul do Estado do Rio Grande do Sul. Os resultados mostraram que os inseticidas carbofuran e o herbicida quinclorac foram os detectados com maior frequência.

Rios (2009) detectou a presença de pesticidas organoclorados (HCH, aldrin, dieldrin, DDE, DDT, DDD, endosulfan sulfato e mirex) em concentrações superiores as permitidas na legislação CONAMA N° 357/05 no manguezal localizado na bacia hidrográfica do rio Cocó, em Fortaleza/CE.

3.2.6 Procedimentos analíticos para determinação de resíduos de pesticidas

Para análise de resíduos de pesticidas na água, os procedimentos após a amostragem envolvem o pré-tratamento da amostra e a análise propriamente dita, que compreende a extração, concentração, identificação e quantificação do analito. O prévio tratamento da amostra de água para posterior análise pelos métodos cromatográficos baseia-se na extração em fase sólida que consiste na passagem da amostra aquosa através de um adsorvente pré-definido que tem como função reter os pesticidas que posteriormente serão eluídos com solvente orgânico adequado. Outra técnica de pré-tratamento é a extração do pesticida em fase líquida que consiste na partição com solvente orgânico, tendo como vantagem a simplicidade e o baixo custo dos equipamentos além de extrair os pesticidas adsorvidos ao material em suspensão na amostra de água (TANABE et al., 2000).

Segundo Tadeo et al., (1996) a cromatografia é a técnica analítica mais utilizada para separação de misturas complexas, sendo a cromatografia a gás e a líquida, as de uso mais rotineiro na análise de resíduos de pesticidas em água. A cromatografia gasosa (CG) de alta resolução com uso de colunas capilares contendo diversas fases estacionárias e o uso de detectores seletivos tem sido a técnica mais usada para a análise de resíduos de pesticidas voláteis e termoeestáveis. A identificação e quantificação dos pesticidas são determinadas pelo detector que pode ser diferenciado dependendo da estrutura química a ser analisada. Para pesticidas em água usam-se os seguintes detectores:

Detector de captura de elétrons, seletivo para compostos organoclorados, alguns organofosforados, ácidos fenoxiacéticos e triazinas;

Detector de nitrogênio e fósforo, indicado para detecção de compostos que possuem átomos de nitrogênio e fósforo na sua estrutura, como por exemplo, os organofosforados, carbamatos, triazinas e dinitroanilinas;

Detector fotométrico de chama, seletivo para compostos que contenham fósforo e enxofre;

Detector de ionização de chama, considerado como detector universal, apresenta alta sensibilidade, mas possui baixa seletividade, sendo pouco usado em análise de resíduos de pesticidas;

Espectrômetro de massa acoplado a cromatógrafo que permite o reconhecimento seletivo dos compostos separados através do espectro de massa característico de

cada substância. A vantagem desta técnica é a alta sensibilidade e a possibilidade de identificar a substância pelo tempo de retenção e pelo espectro de massa, além de sua aplicação em métodos que analisam simultaneamente vários pesticidas pelo mesmo método.

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) é também usada para separar e identificar as substâncias termo-sensíveis, não-voláteis e de alta polaridade. Os detectores comumente usados são o detector ultravioleta, de fluorescência e eletroquímico:

Os detectores no ultravioleta-visível (UV-Vis) são os mais utilizados e seu uso se baseia na absorção da luz ultravioleta ou visível por parte da amostra. Tecnicamente, existem três tipos diferentes de equipamentos: os fotômetros com comprimento de onda fixo, os espectrofotômetros que permitem a escolha do comprimento de onda mais adequado para uma determinada análise e os detectores por arranjo de fotodiodos que fornecem espectros no UV-Vis em determinados intervalos de tempo. São especialmente úteis para o desenvolvimento de métodos por possibilitarem uma varredura da região UV-Vis em uma única corrida cromatográfica;

O detector de fluorescência é bastante seletivo e sensível e tem aplicações principalmente na detecção de carbamatos;

O detector eletroquímico é usado para determinar compostos que contenham grupos funcionais que são facilmente reduzidos ou oxidados, porém seu uso é restrito na análises de resíduos de pesticidas (CASS e DEGANI, 2001).

3.2.7 Limites máximos de pesticidas em água

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da Resolução N° 357/05, dentre as suas competências, fixa limites máximos de contaminantes na água, dentre esses alguns pesticidas organoclorados, organofosforados e carbamatos.

Fora do Brasil a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e a Comunidade Econômica Européia (CEE) têm seus próprios limites máximos permissíveis para concentrações ambientais e de consumo humano.

A Tabela 5 mostra os limites máximos permissíveis de alguns pesticidas organoclorados (grupo estudado nessa pesquisa) em água, estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/05.

Tabela 5 - Limites Máximos Permissíveis de pesticidas organoclorados em água no Brasil.

PESTICIDAS	BRASIL (CONAMA N° 357/05)
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L g/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L g/L
Endossulfan (I e II)	0,056 µg/L g/L
Endrin	0,004 µg/L g/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,010 µg/L g/L
Lindano (γ-HCH)	0,020 µg/L g/L
Metoxicloro	0,030 µg/L g/L

Fonte: BRASIL, 2005.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O diagnóstico da qualidade da água do riacho Botija/CE foi realizado a partir dos seguintes estudos: o levantamento dos impactos em torno do manancial em estudo, análises físico-químicas e microbiológica da água coletada, a determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) a partir dos parâmetros estimados e caracterização de resíduos (traços) de pesticidas organoclorados pela técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massa (CG/EM).

O tratamento dos dados obtidos foi realizado por meio de estudo estatístico efetuado com o uso da planilha eletrônica Microsoft Excel.

4.1 Localização e Delimitação da Área de Estudo

O riacho Botija está localizado próximo a Estrada de São Pedro, no município de Paracuru, no Estado do Ceará. A região na qual esta localizada a área de estudo desta pesquisa dista 91 km da Região Metropolitana de Fortaleza/CE. A Figura 9 mostra o acesso da cidade de Fortaleza/CE ao município de Paracuru/CE pela a BR 222.

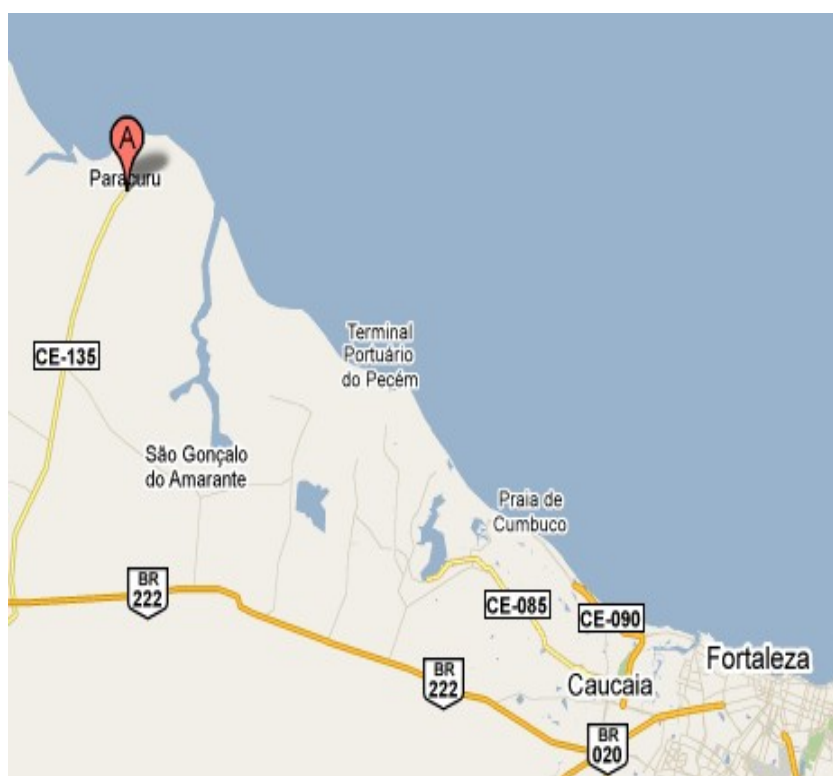


Figura 9 – Mapa para acesso de Fortaleza/CE ao município de Paracuru/CE onde se situa o riacho Botija. Fonte: <http://maps.google.com.br> Acessado em dezembro de 2010.

A Figura 10 mostra a localização por satélite do corpo aquático em estudo.



Figura 10 – Localização do riacho Botija em Paracuru/CE. Fonte: Google Earth, 2010.

Para a caracterização do espaço em estudo foram estabelecidos os locais de amostragem considerando-se, sobretudo, áreas específicas que apresentavam aparente grau de poluição e de maior acesso humano. Essa preocupação com a acessibilidade se deve ao fato de que os pontos de coleta possam ser usados no futuro para um monitoramento de longo prazo.

Os locais estabelecidos para as coletas foram demarcados em três pontos: dois na margem - P1 e P3 e um ponto de centro - P2 do riacho os quais tiveram suas coordenadas geográficas registradas com auxílio de um GPS (modelo Tracker), conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta do riacho Botija, Paracuru/CE, 2010.

Ponto	Coordenadas
1	S 18° 22' 0.2" W 56° 44' 30"
2	S 18° 55' 26.5" W 56° 40' 27"
3	S 17° 20' 0.2" W 57° 40' 29"

As Figuras 11 e 12 mostram os locais de amostragem (Pontos P1 e P2) e a caracterização visual do riacho Botija, Paracuru/CE.

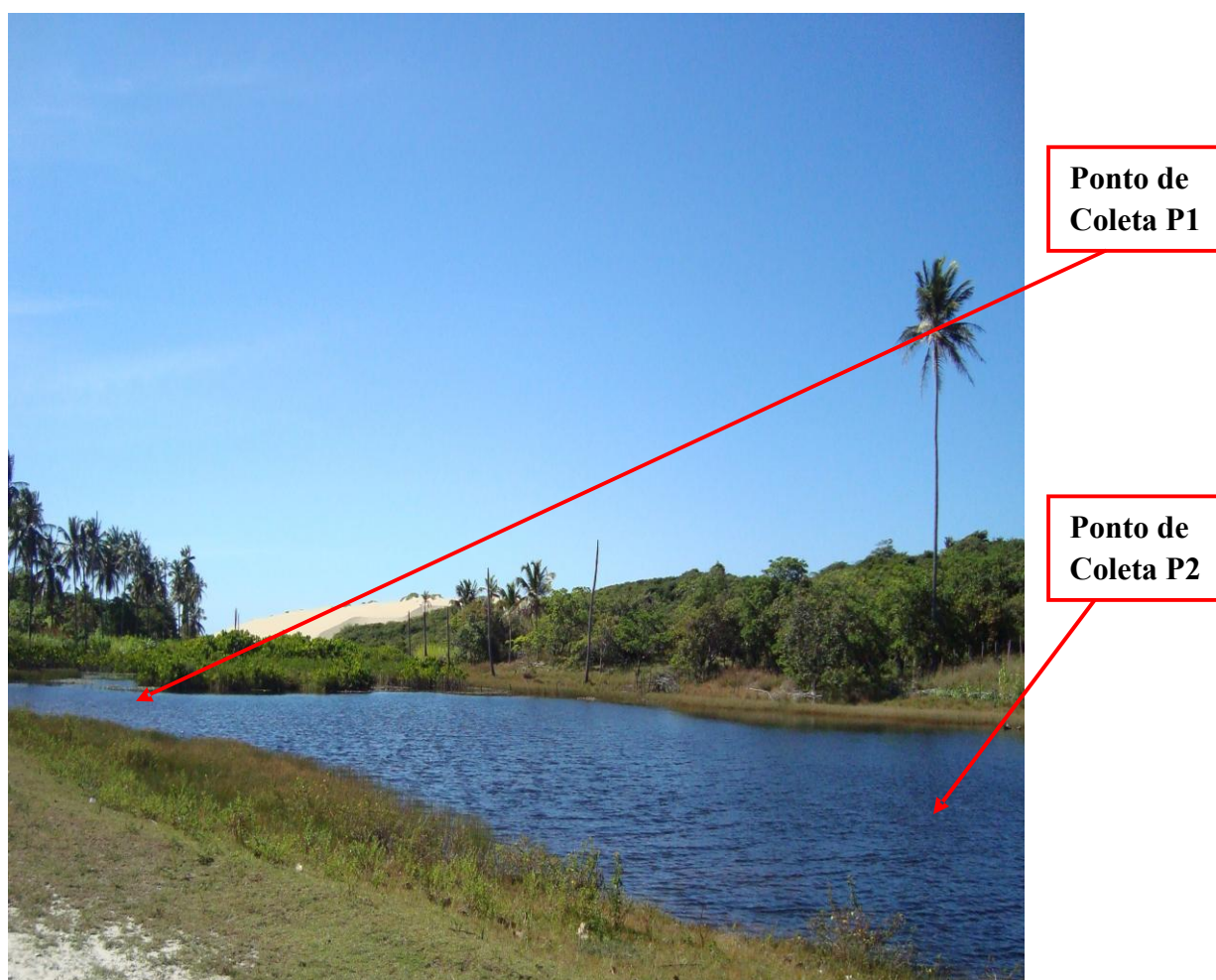


Figura 11 – Identificação dos pontos de coleta P1 e P2 e a caracterização no entorno do riacho Botija, Paracuru/CE, 2010.

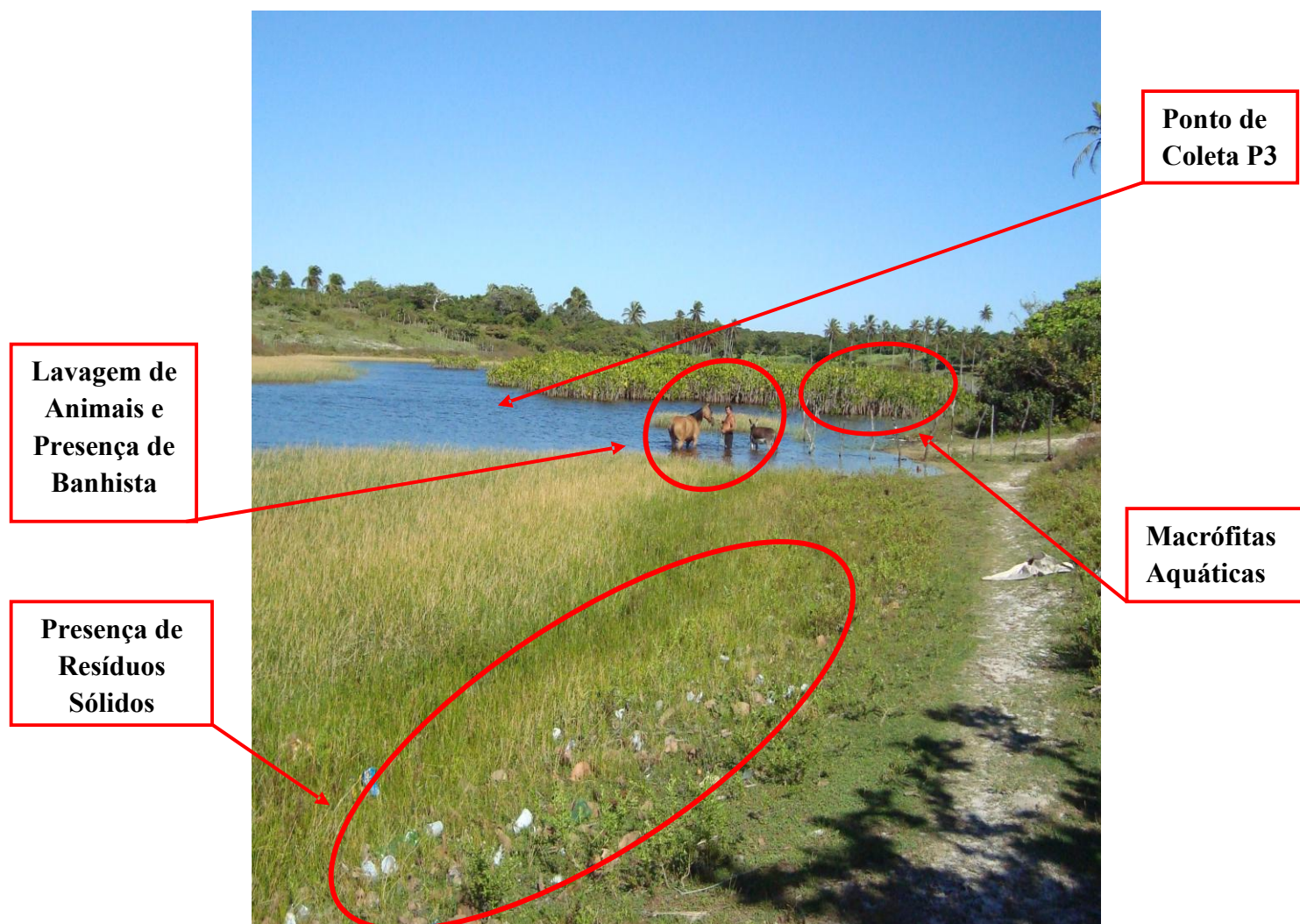


Figura 12 – Identificação do ponto de coleta P3 e a caracterização entorno do riacho Botija, Paracuru/CE, 2010.

4.2 Levantamento de Uso e Ocupação da Área em Estudo

Nas primeiras visitas ao riacho Botija/CE, realizadas em Março e Junho de 2010, para a delimitação da etapa anterior foi efetuado um levantamento no entorno do manancial em estudo com a finalidade de identificar possíveis fontes pontuais e/ou difusa de despejos indústrias e domésticos, presença de resíduos sólidos, ocupação indevida em desacordo com os parâmetros estabelecidos pelo arcabouço jurídico baseado na Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e principalmente detectar ações impactantes de origem antrópica causadas ao corpo aquático.

Uma avaliação sistêmica foi realizada *in situ* por meio de anotações baseadas nos aspectos citados anteriormente e registradas por fotografias que facilitaram o entendimento dos dados obtidos a partir das análises das amostras da água do riacho.

4.3 Logística, Preservação e Transporte das Amostras

A realização das coletas para as análises das amostras de água do riacho Botija/CE ocorreram em seis campanhas de amostragem no período de Julho a Dezembro de 2010 com frequência mensal e no horário matutino (iniciadas entre 08:00 – 08:30h e concluídas por volta das 09:00 – 09:30h). A sequência de execução das coletas seguiu a mesma ordem, começando sempre pelo ponto P1, depois o ponto P2 e finalmente o ponto P3.

Para a preservação das amostras utilizou-se frascos de vidro previamente rotulados e autoclavados visando às análises microbiológicas e dos resíduos de pesticidas. Para as análises físico-químicas frascos de polietileno convenientemente lavados em solução diluída de ácido nítrico (HNO_3) foram utilizados.

Ao longo do período de transporte até os laboratórios de Tecnologia Ambiental (LATAM) e Tecnologia Química (LTQ) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) as amostras foram mantidas em condições de baixas temperaturas (entre 5°C e 10°C), objetivando mantê-las em adequado estado de conservação.

4.4 Análises dos Parâmetros Físico-Químicos

As análises realizadas basearam-se nos métodos analíticos estabelecidos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

Os valores obtidos com essas variáveis tiveram um tratamento estatístico, efetuado com o uso da planilha eletrônica Microsoft Excel, incluindo a média aritmética das triplicatas em cada um dos pontos de coleta e a estimativa de desvio padrão.

Os resultados obtidos a partir dessas análises foram comparados com a Resolução do CONAMA Nº 357/05 (anexo 1) e a interpretação dos mesmo foi comprovada com base no levantamento das características ambientais (aspectos visual e fotográfico) observadas no entorno do manancial em estudo.

4.4.1 Temperatura

A temperatura foi medida *in situ* usando-se um termômetro de filamento de mercúrio.

4.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A análise foi realizada através do método potenciométrico direto usando-se um potenciômetro modelo Quimis, calibrado previamente com soluções tampões de pH = 4,0 e pH = 9,0.

4.4.3 Cloreto

A determinação foi feita através do método de Mohr, o qual consiste em um método argentimétrico de titulação direta por precipitação, usando como indicador cromato de potássio. Segundo Vasconcelos (1999) a volumetria de precipitação é muito empregada na determinação de haletos destacando-se o método acima mencionado.

4.4.4 Dureza Total, cálcio e magnésio

Determinação de Dureza Total

A determinação da dureza total foi realizada através da volumetria de complexação utilizando como agente titulante a solução padrão do sal dissódico do ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) e empregando o indicador Negro de Eriocromo T na detecção do ponto final.

Determinação de Cálcio

O teor de cálcio foi determinado usando murexida em pó como indicador e de hidróxido de potássio (KOH) a 10% para tornar o meio muito alcalino. A titulação foi efetuada com solução padrão de EDTA 0,0200 mol/L. Conforme recomendações da literatura os indicadores metalocrômicos devem ser usados na forma sólida, tendo em vista que suas soluções são muito instáveis (OHLWEILER, 1985 e BACCAN et al., 2001).

Determinação simultânea de Cálcio e Magnésio

As constantes de formação dos complexos Ca-EDTA e Mg-EDTA são respectivamente de $5,0 \times 10^{10}$ e $4,9 \times 10^8$. Por possuírem valores muito próximos, ao usar-se o indicador Negro de Eriocromo T, os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} são titulados conjuntamente até mesmo sob rigoroso controle do pH. Durante a titulação o complexo Ca-Eriocromo forma-se primeiramente e a reação final ocorre com a formação do complexo Mg-Eriocromo. Assim, nessa titulação esses íons são determinados conjuntamente, enquanto que na titulação anterior que usa murexida, apenas o Ca^{2+} é titulado. As concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} na amostra são determinadas a partir do

volume de titulante consumido na primeira titulação (somente Ca^{2+}) e pela diferença entre os volumes envolvidos nas duas titulações (Ca^{2+} e $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$). Na determinação usando o indicador negro de eriocromo T as amostras de água foram tratadas com solução tampão de pH - 10 ($\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$) e tituladas com solução padrão de EDTA 0,02 mol/L. Tendo em vista que nessa titulação Ca^{2+} e Mg^{2+} são determinados simultaneamente, o cálculo da concentração de Mg^{2+} é efetuado subtraindo-se os volumes gastos nas duas titulações.

4.4.5 Amônia

Essa análise foi realizada pelo o método de Nessler com leitura das amostras em espectrofotômetro Biospectro SP-220 no comprimento de onda de 420 nm. A quantidade de amônia foi calculada através da curva de calibração obtida a partir de soluções padrões com concentrações na faixa de 0 a 5 mg/L.

4.4.6 Nitrito

A determinação de nitrito foi realizada na amostra fresca logo após a coleta pelo método colorimétrico via formação de um corante azóico púrpura avermelhado, produzido a pH entre 2,0 e 2,5 por meio da Sulfanilamida diazotizada com N- (1 Naftil) - dihidroclorato de etilenodiamina (NED dihidroclorato). As análises foram lidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 543 nm e as quantidades de NO_2^- foram obtidas a partir da correspondente curva de calibração.

4.4.7 Nitrato

O método do salicilato de sódio se baseia na evaporação de uma alíquota da amostra, que reage em condições ácidas com o salicilato de sódio formando paranitrosalicilato de sódio, o qual na presença de tartarato de sódio e potássio formam uma coloração amarelada típica. A leitura das amostras foi feita em espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm e os valores dessas leituras foram plotados na curva de calibração para obtenção das concentrações deste íon

4.4.8 Ortofosfato

A análise foi realizada pelo o método espectrofotométrico do ácido ascórbico, no qual a amostra sofre uma digestão ácida sendo em seguida misturada a uma solução

desenvolvedora de cor formada por ácido sulfúrico, tartarato misto de antimônio e potássio, mobilidato de amônio e ácido ascórbico. Posteriormente, a leitura é feita em espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm e os resultados obtidos a partir da curva de calibração correspondente.

4.4.9 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Essa análise foi realizada pelo o método espectrofotométrico do dicromato de potássio. Amostras de água contendo substâncias orgânicas e inorgânicas oxidáveis são oxidadas com solução de dicromato de potássio e ácido Sulfúrico (volume por volume), sob refluxo. O excesso de dicromato de potássio é titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal, utilizando ferroína como indicador. A quantidade de matéria orgânica oxidável é proporcional ao dicromato de potássio consumido e é medida como oxigênio equivalente. Através da leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 600 nm os resultados são obtidos a partir da curva de calibração correspondente.

4.5 Análise Microbiológica

O método dos tubos múltiplos é o procedimento comumente empregado na quantificação de coliformes e foi o empregado nesta pesquisa. Os resultados foram expressos em Número Mais Provável de Coliformes em 100 mL de amostra (NMP/100mL). Através da técnica do Número Mais Provável (NMP) é estimada a densidade de microrganismos viáveis em águas. Através de quadros apropriados, o NMP pode ser estimado para diferentes séries de inoculações. Para a determinação do NMP para coliformes é utilizada a técnica padrão da fermentação em tubos múltiplos: volumes de 10mL, 100mL e 1000mL da amostra de água são inoculados no meio de caldo lactosado contido em tubos de Durhan em série de 5 tubos, que são incubados a 35°C por 24 a 48h. Se ocorrer produção de gás, é confirmada a presença de coliformes, os quais são quantificados por comparação com os quadros de McGrady, disponíveis em Macedo (2003). Analiticamente é realizada a semeadura das amostras em tubos contendo caldo lactosado em dupla concentração durante o período de 24h, mantendo-se a temperatura a 35°C.

4.6 Estimativa do Índice de Qualidade da Água (IQA)

A estimativa do IQA permite o acompanhamento da evolução da qualidade da água auxiliando no diagnóstico do manancial analisado. Neste, estudo o IQA foi estimado por meio da pontuação de uma ficha do guia de avaliação da qualidade da água disponibilizada pela a REDE DAS ÁGUAS, 2002 .

O índice estimado através da ficha acima citada encontra-se no anexo e apresenta 14 parâmetros:

- Transparência da água;
- Espumas;
- Lixo flutuante ou acumulado nas margens;
- Cheiro;
- Material sedimentável;
- Peixes;
- Larvas e vermes vermelhos;
- Larvas e vermes transparentes ou escuros, conchas;
- Coliformes;
- Oxigênio dissolvido;
- Demanda Química de Oxigênio;
- Potencial hidrogeniônico;
- Nitrato;
- Fosfato.

De acordo com o somatório da pontuação estabelecida para cada parâmetro desta ficha o IQA é classificado em faixas, conforme apresentado na Tabela 7. Vale ressaltar que na impossibilidade de medir alguns parâmetros, deve-se efetuar o seguinte procedimento para estimar o IQA: dividir o número total de pontos obtidos (referente ao somatório dos pontos de cada parâmetro que foi possível determinar) pelo número de pontos medidos (referente a quantidade de parâmetros que foi possível determinar). Em seguida multiplicar o resultado por 14 (o nº total de parâmetros) e conferir com os valores estipulados na Tabela 7.

Tabela 7 – Índice da Qualidade da Água por pontuação estabelecida pela Rede de Águas, 2002.

Índice de Qualidade da Água	
Pontuação	Qualidade
Entre 14 e 20 pontos	Péssima
Entre 21 e 26 pontos	Ruim
Entre 27 e 35 pontos	Aceitável
Entre 36 e 40 pontos	Boa
Acima de 40 pontos	Ótima

Os resultados obtidos a partir das análises físico-químicas e microbiológicas, bem como com as informações do levantamento em torno da área da pesquisa permitiram preencher a ficha do guia de avaliação durante todas as campanhas da pesquisa estimando o índice de qualidade da água do riacho Botija/CE em cada período de coleta.

4.7 Análise dos Pesticidas Organoclorados

4.7.1 Aspectos Estruturais e Propriedades

Os pesticidas organoclorados estudados foram representados pelo heptacloro, aldrin, dieldrin, endrin, 2,4-DDE, 4,4-DDT, 2,4-DDD, 4,4-DDD, 4,4 DDE, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, metoxicloro, endosulfan I, endosulfan II, metoxicloro e mirex.

Experimentalmente foram usados no procedimento analítico padrões de pesticidas de marca Ultra MSDS, e os solventes acetato de etila, diclorometano, metanol e n-hexano da marca Merk com grau de pureza para análise de resíduos de pesticidas. A água usada foi desmineralizada através de uma unidade Milli-Q. As soluções estoques foram preparadas a partir dos padrões de referência certificados (pureza $\geq 98\%$) e as soluções de trabalho foram obtidas a partir da diluição destas solução estoques. Para a lavagem dos frascos de coleta, vidrarias e demais utensílios de laboratório utilizou-se detergente Extran alcalino.

A Tabela 8 mostra algumas propriedades dos pesticidas estudados nessa pesquisa.

Tabela 8 - Propriedades físico-químicas dos pesticidas organoclorados

Nome Comercial	Peso Molecular (g/mol)	Solubilidade	Pressão de Vapor mPa (25°C)	Ponto de Fusão
Aldrin	364,93	Etanol	$1,4 \times 10^{-4}$	104 (grau puro) (grau técnico)
Dieldrin	380,9	Etanol	$5,4 \times 10^{-6}$	175 (grau puro) (grau técnico)
Endrin	380,9	Acetona, benzeno e etanol	d.n.e	245
2,4-DDD	320,04	Etanol e tetracloreto de carbono	d.n.e	d.n.e
2,4-DDE	318,03	Acetona, benzeno e piridina	d.n.e	d.n.e
2,4-DDT	354,49	Acetona, benzeno e piridina	$1,5 \times 10^{-7}$	109

d.n.e: dado não encontrado.

Tabela 8 - Propriedades físico-químicas dos pesticidas organoclorados

Nome Comercial	Peso Molecular (g/mol)	Solubilidade	Pressão de Vapor mPa (25°C)	Ponto de Fusão (°C)
4,4-DDD	320,05	Acetona, benzeno e piridina	d.n.e	d.n.e
4,4-DDE	318,03	Acetona, benzeno e piridina	d.n.e	d.n.e
4,4 DDT	354,49	Acetona, benzeno e piridina	d.n.e	d.n.e
Endosulfan I	406,93	Solvente Orgânico	d.n.e	70 -100
Endosulfan II	406,93	Solvente Orgânico	d.n.e	70 -100
Heptacloro	373,34	Etanol	53	d.n.e

d.n.e: dado não encontrado.

Tabela 8 - Propriedades físico-químicas dos pesticidas organoclorados

Nome Comercial	Peso Molecular (g/mol)	Solubilidade	Pressão de Vapor mPa (25°C)	Ponto de Fusão
α -HCH	290,83	Acetona e benzeno	$4,5 \times 10^5$	158
β -HCH	290,83	Acetona e benzeno	d.n.e	d.n.e
γ -HCH	290,83	Acetona e benzeno	d.n.e	d.n.e
Metoxicloro	345,70	Acetona e benzeno	d.n.e	89
Mirex	545,49	Benzeno	$3,0 \times 10^{-7}$	485

d.n.e: dado não encontrado.

4.7.2 Extração

As etapas de concentração e purificação das amostras de água foram realizadas por extração em fase sólida, usando cartuchos de marca ODS SPE-C-18 como adsorvente. A Figura 13 mostra o cartucho utilizado nesta fase do estudo.



Figura 13 – Cartucho SPE-C18 usado nas etapas de concentração e purificação das amostras.

Inicialmente os cartuchos SPE foram condicionados com 5mL de metanol (duas vezes) e 5mL de água deionizada (duas vezes). Em seguida inseriu-se 100 mL da amostra de água mantendo o fluxo em 10mL/min. Após esse procedimento, o cartucho foi lavado com 10mL de água deionizada e seco por 20 minutos. Posteriormente, os pesticidas foram recuperados por eluição do cartucho com 5 mL de acetato de etila e depois com 5mL de diclorometano. As alíquotas finais foram combinadas (10mL de eluentes), concentradas por fluxo de N₂ (nitrogênio) até a secura e o volume ajustado a 1mL com n-hexano, sendo em seguida submetido a análise cromatográfica.

4.7.3 Análise cromatográfica

Os extratos hexânicos obtidos foram submetidos à análise por cromatografia a gás em um cromatógrafo de modelo Thermo FOCUS equipado com detector seletivo de massas, apresentado na Figura 14. A coluna utilizada foi do tipo SGE com especificações de: 30 m de comprimento x 0,25 mm diâmetro e espessura do filme de 0,25µg/L .



Figura 14 - Cromatógrafo a gás acoplado a espectrômetro de massa usado na quantificação dos pesticidas organoclorados.

As condições do cromatógrafo empregadas nas análises foram as seguintes:

Programação da temperatura do forno: 60°C a 25° C/min até 100°C, seguido de aquecimento a 5°C/min até 300°C e permanência nesta temperatura por 5min;

Temperatura do injetor: 250°C;

Gás de arraste: hélio (He);

Volume de injeção: 1 µg/L L;

Modo de operação: splitless.

Os parâmetros de espectrometria de massa foram: modo de impacto de elétrons a 70 eV, temperatura da fonte de 250°C, linha de transferência a 300°C, eletromultiplicadora a 1200V, velocidade de varredura de 1,5 scans/s e intervalo de massas de 50-500 m/z .

4.7.4 Recuperação

O procedimento nesta fase foi realizado segundo Rissato et al., (2006), e por eles as amostras foram fortificadas pipetando-se diferentes alíquotas da solução de trabalho contendo os pesticidas estudados na concentração de 1 mg/L. Alíquotas de 0,1; 0,5 e 1,0 mL foram adicionadas a 1L de amostras de água para as concentrações finais de 0,1; 0,5

e 1,0 µg/L, respectivamente. Experimentalmente, cinco recuperações foram realizadas para cada concentração e submetidas a extração com cartuchos SPE.

4.7.5 Análise das amostras de água

As amostras de água foram analisadas de acordo com os procedimentos citados nos itens 4.7.2 e 4.7.3. Os pesticidas organoclorados quando presentes são identificados por comparação de seus tempos de retenção com os dos padrões e seus espectros de massa com aqueles existentes na biblioteca de dados do equipamento. A quantificação foi realizada pelo o método do padrão externo.

A Tabela 9 expressa um resumo das variáveis analisadas nesta pesquisa e as suas metodologias para avaliação da qualidade da água do riacho Botija/CE.

Tabela 9 – Resumo das variáveis e das metodologias utilizadas para as análises das amostras de água do riacho Botija/CE.

Variável	Metodologia
Temperatura	Potenciométrico
Potencial hidrogeniônico (pH)	Potenciométrico
Cloreto	Volumetria de Precipitação (Método de Mohr)
Dureza (cálcio e magnésio)	Volumetria de Complexação com EDTA
Amônia	Espectrofotométrico (Método de Nessler)
Nitrato	Espectrofotométrico (Método do salicilato de sódio)
Nitrito	Espectrofotométrico (Método da sulfanilamida)
Ortofosfato	Espectrofotométrico (Método do ácido ascórbico)
Demanda química de oxigênio(DQO)	Espectrofotométrico (Método do dicromato de potássio)
Coliformes	Tubos Múltiplos
Pesticida	Cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massa

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises Físico-Químicas

Os valores obtidos na determinação dos parâmetros físico-químicos das amostras de água do riacho Botija, Paracuru/CE são mostrados nas Tabelas 10 a 20. Os valores apresentados correspondem a média aritmética das triplicatas em cada um dos pontos de coleta e as respectivas estimativas médias de desvio padrão.

As interpretações dos resultados tiveram como base as condições e padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005. É importante ressaltar que o Estado do Ceará não possui ainda o enquadramento de corpos aquáticos em classes de acordo com o uso preponderante. Esse instrumento de gestão está previsto pela Lei 9.433/07 que estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cujo escopo geral é assegurar a qualidade da água conforme a sua utilização. Assim, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, neste trabalho, particularmente, as águas doces do Estado do Ceará são classificadas como Classe 2 por força da determinação da Resolução CONAMA acima citada.

5.1.1 Temperatura

As variações dos valores obtidos para a temperatura da água nos três pontos estudados são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores de Temperatura nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Temperatura (°C)				
Período	Amostragem			Estimativa Média de Desvio Padrão
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	
Jul/10	28,00	28,00	29,00	±0,57
Ago/10	28,00	28,00	29,00	±0,57
Set/10	28,50	28,70	29,30	±0,41
Out/10	29,00	28,00	29,50	±0,76
Nov/10	29,00	28,50	29,50	±0,50
Dez/10	29,50	29,00	31,00	±1,04

A temperatura é um dos parâmetros relevantes para o diagnóstico da qualidade da água, pois interfere na dinâmica do corpo aquático. A Figura 15 mostra a variação desse parâmetro ao longo das campanhas monitoradas.

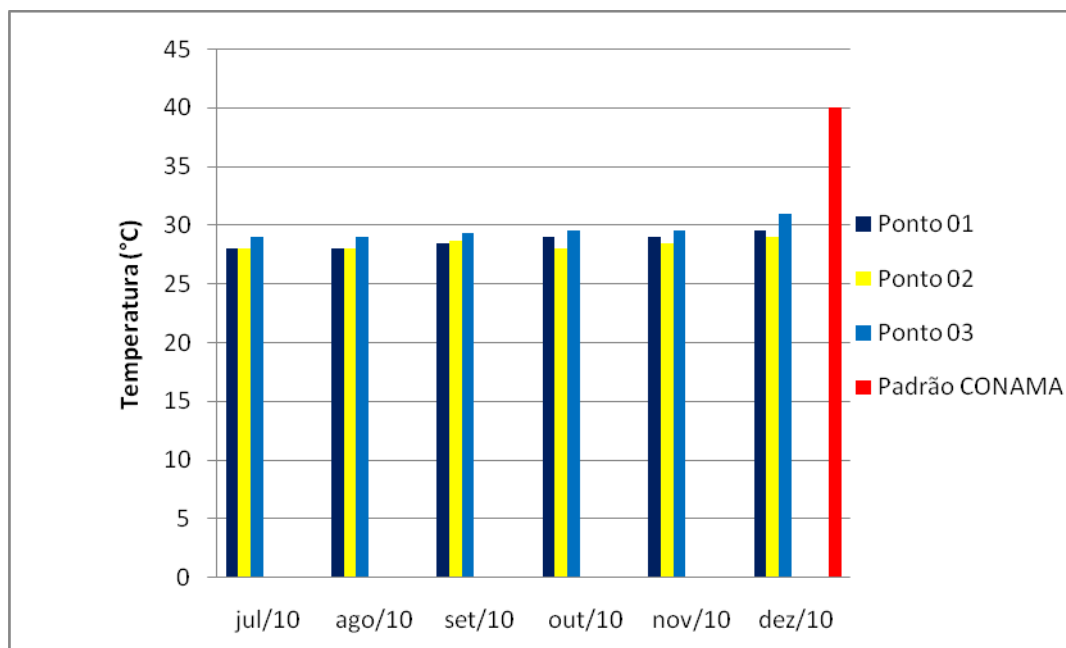


Figura 15 – Variação dos valores de temperatura da água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

No período estudado, julho a dezembro de 2010, a temperatura da água apresentou flutuações em um mesmo ponto de coleta e entre os diferentes pontos. Os valores desse parâmetro variaram de 28°C a 31°C, com resultados próximos entre os pontos P1 e P2. Dos pontos analisados a máxima temperatura foi sempre verificada no ponto P3, principalmente no mês de dezembro, da ordem de 31°C. Isto pode ser explicado pelo fato do ponto P3 situar-se próximo a local onde há intensa proliferação de macrófitas aquáticas. Segundo Carneiro (2002) a presença de plantas herbáceas reduzem o efeito do vento sobre a massa d'água neste local, acarretando diminuição da circulação e, conseqüentemente, acúmulo de calor, causando a elevação da temperatura.

A Resolução do CONAMA N° 357/05 no Art. 34 §4 inciso II afirma que os padrões de lançamento de efluentes no corpo aquático deverá ser inferior a 40°C, logo entende-se que a temperatura de um manancial não deve ultrapassar ao valor referenciado na legislação.

Elevadas temperaturas aumentam a taxa dos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no manancial e reduzem a quantidade de oxigênio presente no meio aquático, podendo causar a mortandade dos seres vivos que vivem naquele ambiente, o que pode gerar odores desagradáveis. Assim, com base no perfil observado o corpo aquático estudado não possui temperatura capaz de causar as consequências anteriormente citadas, uma vez que os valores medidos encontram-se dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA.

5.1.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

Outro critério importante para indicar a qualidade do manancial é o pH, pois permite uma indicação da acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. Os valores medidos de pH nos pontos analisados são apresentados na Tabela 11 e o comportamento do pH no período em estudo na Figura 16.

Tabela 11 – Valores referentes ao Potencial hidrogeniônico das amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Potencial hidrogeniônico (pH)				
Período	Amostragem			Estimativa Média de Desvio padrão
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	
Jul/10	7,09	7,17	6,72	±0,23
Ago/10	6,90	7,00	6,85	±0,07
Set/10	6,58	6,95	6,73	±0,19
Out/10	6,40	6,89	6,60	±0,25
Nov/10	6,60	7,00	6,50	±0,26
Dez/10	6,90	7,10	6,50	±0,30

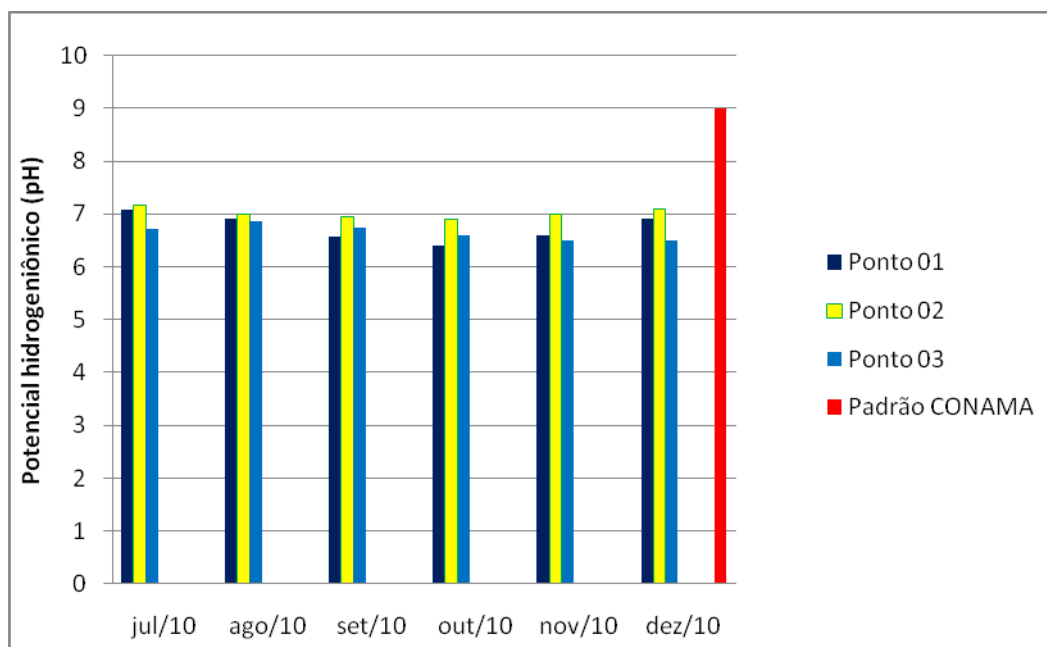


Figura 16 – Potencial hidrogeniônico da água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Os resultados obtidos mostram que os valores de pH variaram de 6,40 (ponto P1) a 7,17 (ponto P3) com características levemente ácidas e com tendência a neutralidade. Os perfis de pH durante as campanhas do mês de agosto/10 a outubro/10 apresentaram valores mais baixos, todos na ordem de 6,00. Nos dois últimos meses de monitoramento registrou-se discreto aumento entre os pontos P1 (na faixa de 6,60 a 6,90) e P2 (na faixa de 7,00 a 7,10) não mostrando aparentemente nenhuma alteração ambiental significante em termos de ação antrópica nestes pontos de coleta.

O ponto P3 foi o que apresentou em todas as campanhas leve processo de acidificação, o que pode estar relacionado a um maior crescimento microbiano em virtude desse ponto de amostragem ser o mais utilizado para banho de pessoas e limpeza de animais, conforme mostrado nas Figuras 17 e 18.



Figura 17 - Ponto de coleta P3 da água do riacho Botija/CE utilizado por banhistas. Fonte: PAZ, 2010.

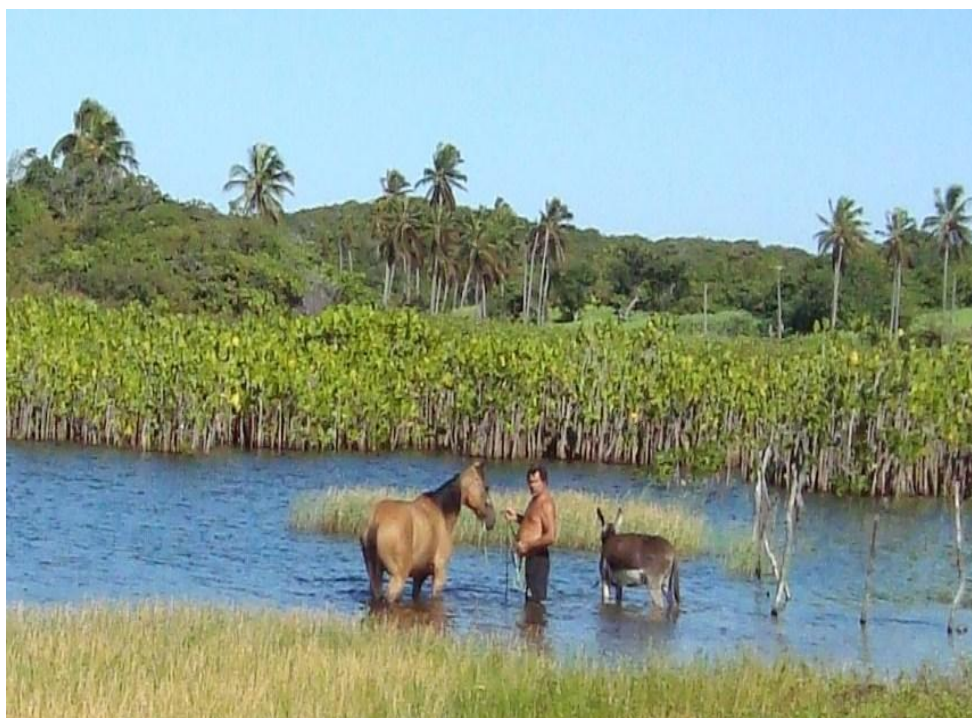


Figura 18 – Ponto de coleta P3 da água do riacho Botija/CE em que há limpeza de animais. Fonte: PAZ, 2010.

No entanto, apesar dessas flutuações ao longo de toda a campanha, se compararmos os valores obtidos desse parâmetro, com os estabelecidos pela a Resolução CONAMA N° 357/2005, no qual determina que o valor do pH situe-se entre 6,0 a 9,0 para as águas doces (Classe II), pode-se inferir que o manancial em estudo encontra-se dentro das variações de limites estabelecidos pela legislação, não indicando aparentemente presença de elevadas descargas de material orgânico que ao serem degradados pelos os organismos decompositores presentes no ecossistema aquático, liberam CO₂ e ácidos orgânicos que provocam a diminuição do pH.

5.1.3 Cloreto

O íon cloreto é um dos principais constituintes aniônicos das águas e efluentes. A Tabela 12 mostra os valores médios de cloreto e a estimativa média do desvio padrão nos diferentes pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE.

Tabela 12 – Valores médios de Cloreto nas amostras do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Período	Cloreto (mg/L)					
	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	80,10	±0,10	70,90	±0,10	70,90	±0,10
Ago/10	85,10	±0,10	87,20	±0,10	89,30	±0,10
Set/10	90,00	±0,10	88,60	±0,10	89,30	±0,10
Out/10	92,20	±0,10	93,60	±0,20	95,00	±0,10
Nov/10	94,30	±0,12	97,85	±0,10	99,30	±0,10
Dez/10	99,70	±0,10	100,40	±0,10	100,90	±0,20

A concentração de cloreto é um parâmetro relevante, pois pode funcionar como indicador da contaminação por esgotos sanitários. A Figura 19 mostra a interpretação gráfica desse íon durante o período estudado.

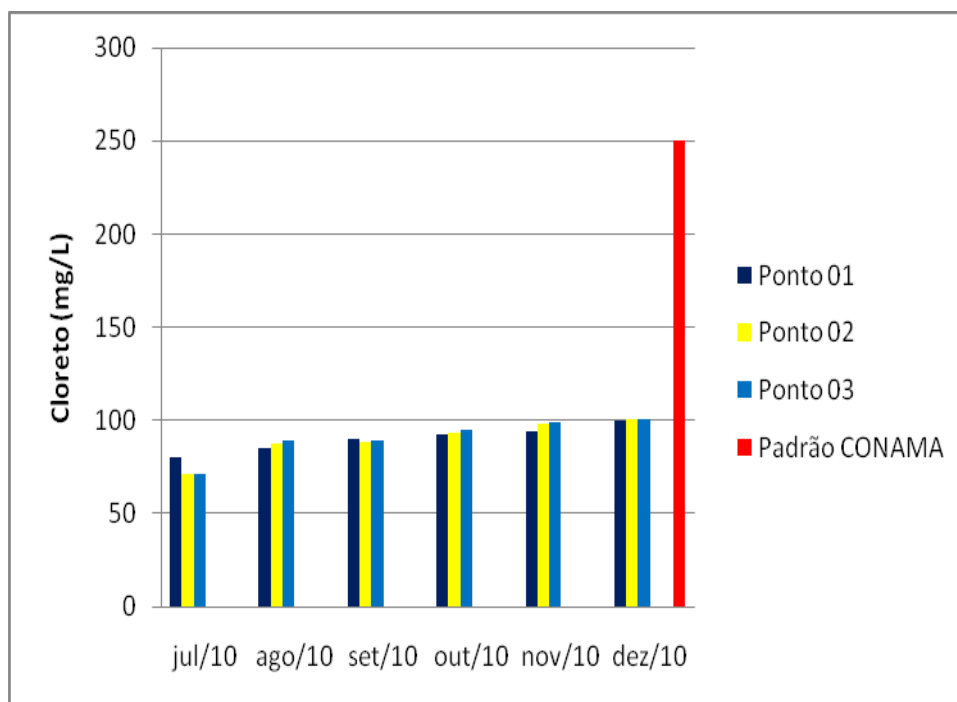


Figura 19 – Teor de cloreto na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

O estudo mostra que o teor de cloreto encontrado nas amostras de água do riacho Botija/CE, durante a campanha realizada, variou de 70,90 mg/L (Ponto P2) a 100,90 (Ponto P3). O ponto P3 apresentou sempre os maiores valores a partir do segundo mês de coleta (agosto). Isto pode ser interpretado pelo fato desse ponto possuir intensa atividade humana, principalmente para lazer, havendo a possibilidade dos banhistas eliminarem excretas dentro do manancial, pois segundo Sawyer et al., (1994) cada pessoa pode eliminar cerca 6g de cloretos diariamente através da urina.

O progressivo aumento da concentração desse íon em todos os pontos analisados pode ser atribuído a ausência de chuva na região e uma elevada evaporação contribuindo para o acúmulo de sais no manancial durante o período estudado. O monitoramento mensal de chuvas dos municípios do Estado do Ceará realizado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) registrou ausência de chuva durante as campanhas de agosto a novembro de 2010. A Figura 20 mostra os mapas meteorológicos do Estado do Ceará, destacando o município de Paracuru/CE.

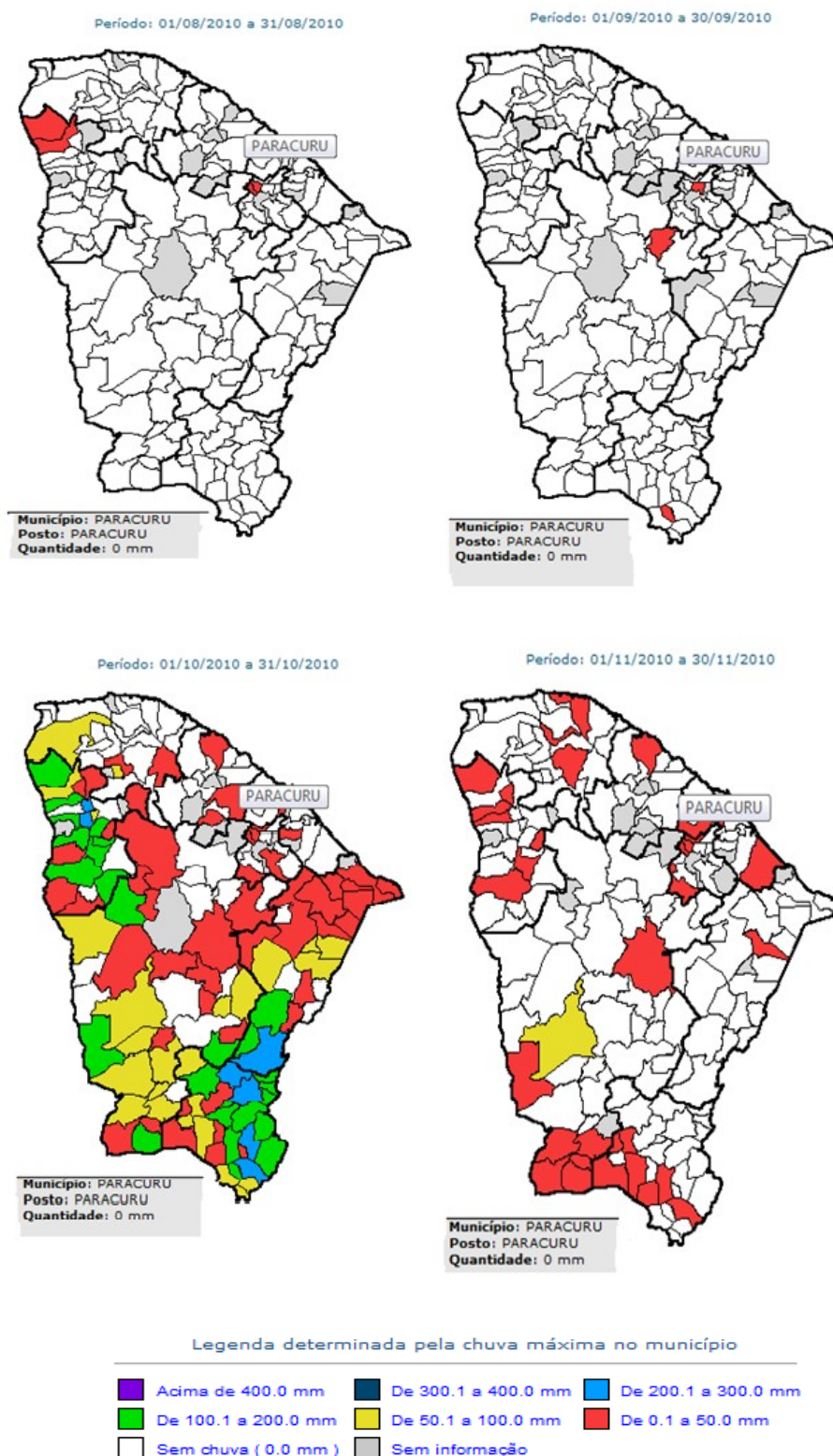


Figura 20 - Mapas meteorológicos do Estado do Ceará no período entre Agosto a Novembro de 2010. Fonte: FUNCEME. Disponível em <<http://www.funceme.br>>. Acessado em dezembro de 2010.

De acordo com os padrões do CONAMA Nº 357/05 o teor de cloreto permitido é de 250 mg/L (padrão), pois quando este valor é ultrapassado confere-se um acentuado sabor salgado a água. Assim, a pesquisa mostra que o teor de Cl⁻ encontrado nas amostras da água do riacho Botija/CE está em conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente.

5.1.4 Dureza Total, cálcio e magnésio

Segundo Sperling (2005), a dureza da água está relacionada diretamente a presença dos íons bivalentes de cálcio e magnésio. As Tabelas 13, 14 e 15 mostram os resultados encontrados, respectivamente, para o cálcio, o magnésio e a dureza total, seguida da interpretação gráfica para cada análise, conforme as Figuras 21, 22 e 23.

Tabela 13 - Valores médios de Cálcio nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Cálcio (mg/L)						
Período	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	32,00	±0,20	34,40	±0,20	26,40	±0,30
Ago/10	40,00	±0,20	48,00	±0,30	56,00	±0,30
Set/10	40,00	±0,20	48,00	±0,30	52,00	±0,40
Out/10	50,40	±0,30	64,00	±0,30	52,80	±0,30
Nov/10	56,00	±0,30	60,80	±0,20	64,00	±0,30
Dez/10	64,00	±0,30	74,40	±0,20	76,80	±0,30

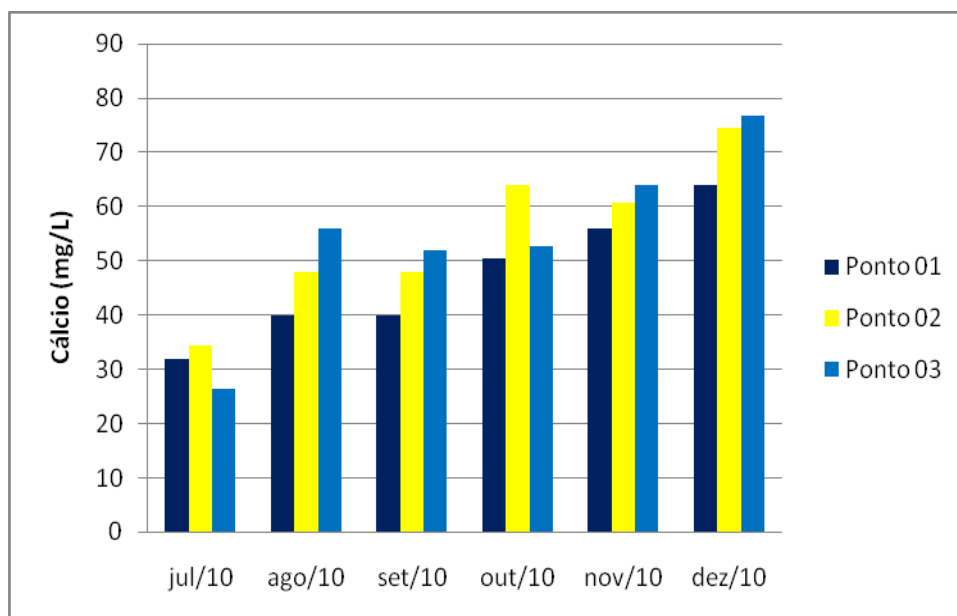


Figura 21 – Teor de cálcio na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Tabela 14 – Valores médios de Magnésio nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Período	Magnésio (mg/L)					
	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	20,89	±0,20	17,50	±0,20	19,44	±0,30
Ago/10	34,02	±0,20	27,70	±0,30	40,34	±0,30
Set/10	35,48	±0,20	41,80	±0,30	42,77	±0,40
Out/10	42,28	±0,30	38,88	±0,30	55,40	±0,30
Nov/10	59,78	±0,30	58,81	±0,20	58,32	±0,30
Dez/10	92,34	±0,30	87,48	±0,20	79,70	±0,30

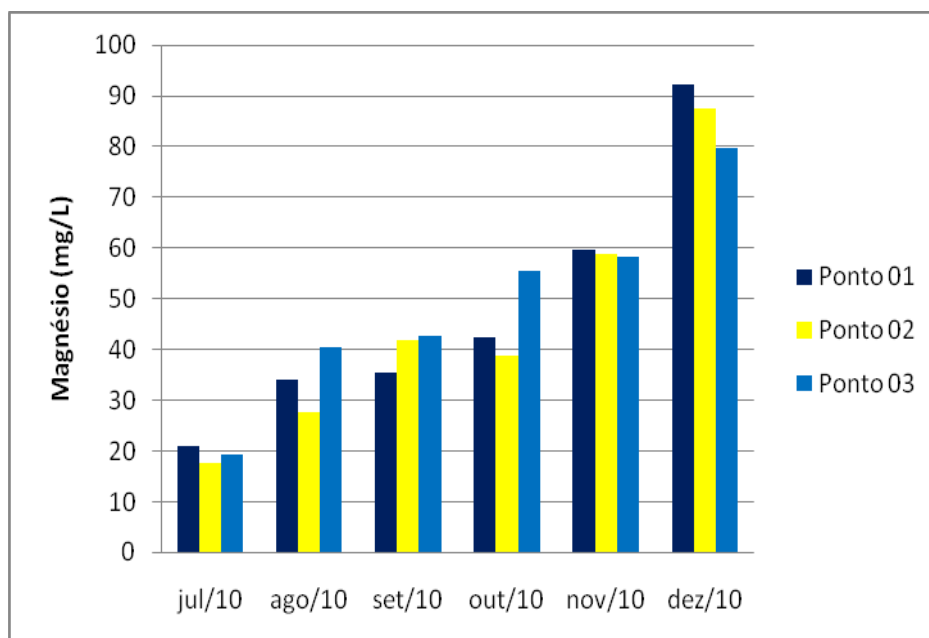


Figura 22 – Teor de magnésio na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Para os metais alcalinos terrosos cálcio e magnésio, não há na Resolução do CONAMA N° 357/05 nenhum valor padrão estabelecido. Entretanto, é fato conhecido que estes íons contribuem para aumentar a dureza da água. De acordo com Sperling (2005) a elevada concentração de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} podem ser de origem antrópica, principalmente, devido à influência por despejos industriais ou origem natural. Em geral, não foi possível atribuir com certeza a nenhum desses fatores o aumento de concentração desses íons em relação ao manancial monitorado.

Tabela 15 – Valores médios de Dureza Total nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Dureza Total (mg CaCO₃/L)						
Período	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	186	±0,30	192	±0,40	220	±0,30
Ago/10	220	±0,30	200	±0,50	240	±0,30
Set/10	246	±0,40	292	±0,50	306	±0,40
Out/10	300	±0,40	320	±0,40	360	±0,40
Nov/10	386	±0,50	394	±0,40	400	±0,40
Dez/10	540	±0,50	546	±0,40	520	±0,50

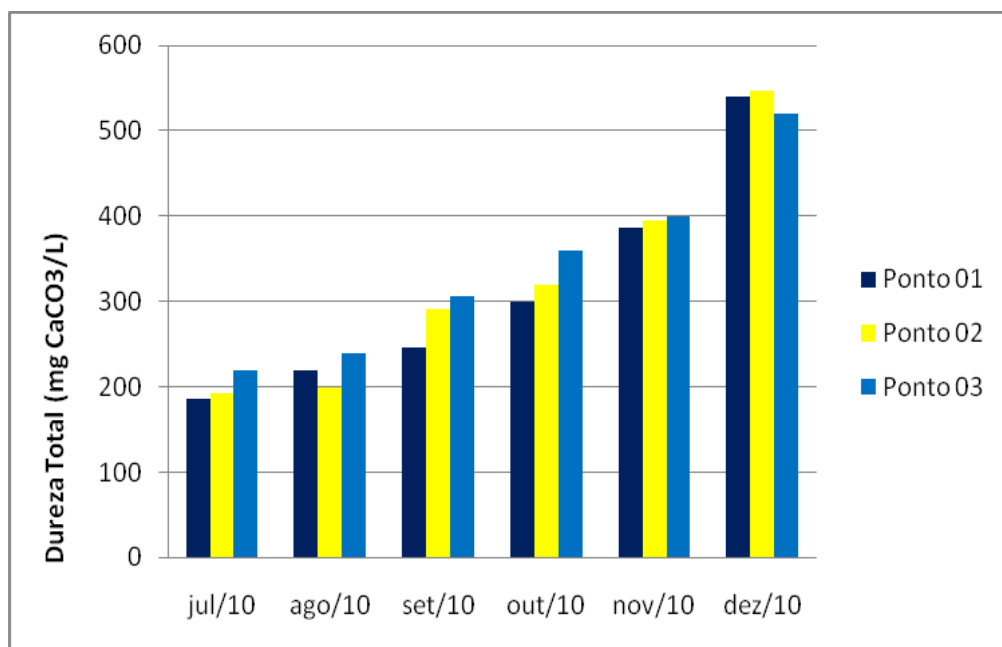


Figura 23 – Teor de dureza da água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

A dureza total da água corresponde ao somatório das concentrações dos íons cálcio e magnésio sendo expressa como a variação da concentração de CaCO₃.

De acordo com os resultados encontrados, observou-se para este parâmetro, um aumento ao longo de todos os períodos estudados principalmente, na campanha de dezembro/2010 (P1: 540 mg/L; P2: 546mg/L e P3: 520mg/L) devido a maior concentração de cálcio e magnésio presentes na água do riacho Botija/CE, conforme observados nas Tabelas 10 e 11. Para esse parâmetro não há registros na Resolução CONAMA N° 357/05 sobre o valor máximo permitido. Assim, de acordo com Richter e Netto (1995), a partir das análises de julho/2010 a dezembro/2010 as águas do riacho analisado é uma água que se enquadra na classificação do tipo dura.

5.1.5 Amônia

A Tabela 16 e a Figura 24 mostram os valores médios de amônia nos diferentes pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE.

Tabela 16 – Valores médios de Amônia nas amostras de água do riacho Botija/CE CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Amônia (mg/L)						
Período	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	0,389	±0,40	0,330	±0,30	1,200	±0,50
Ago/10	0,499	±0,50	0,348	±0,40	1,225	±0,40
Set/10	0,496	±0,50	0,329	±0,40	1,226	±0,50
Out/10	0,399	±0,40	0,359	±0,50	1,310	±0,40
Nov/10	0,400	±0,50	0,200	0,30	1,229	±0,50
Dez/10	0,310	±0,50	0,210	0,30	1,221	±0,50

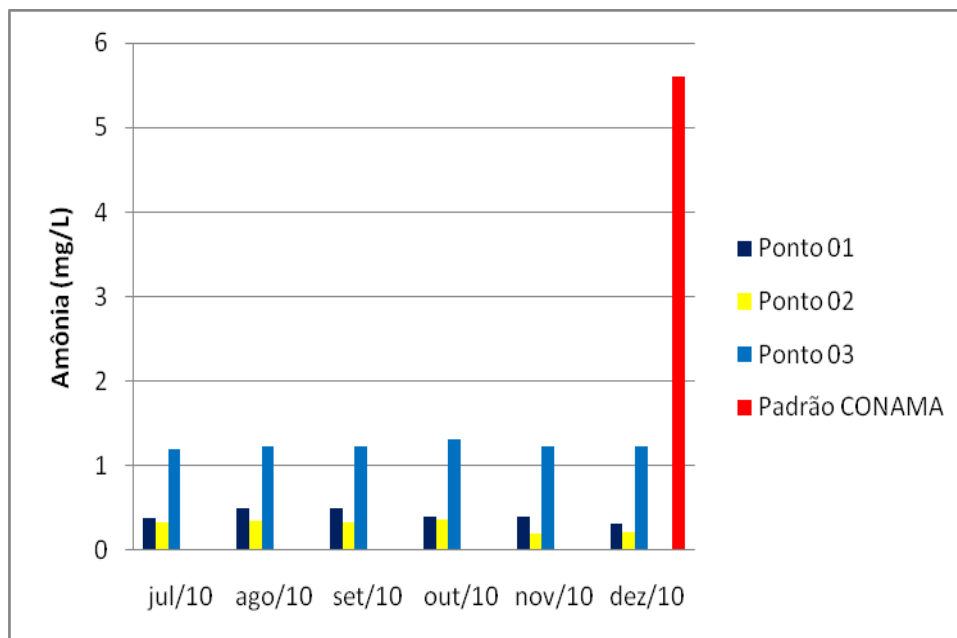


Figura 24 - Variação do teor de amônia na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Os valores de amônia estiveram na faixa de 0,200 mg/L (ponto P2) a 1,310 mg/L (Ponto P3). As maiores concentrações foram observadas no P3, evidenciando a entrada de nutrientes de fonte alóctone, provavelmente devido a frequência nesse ponto de atividades de limpeza de animais. No entanto, os dados encontrados estão abaixo dos valores estipulados pela Resolução CONAMA Nº 357/05, em que o limite para nitrogênio amoniacal é de 5,6 mg/L para pH entre 7,5 e 8,0.

5.1.6 Nitrito

O íon nitrito representa uma fase intermediária entre a amônia e o nitrato podendo ser utilizado pelas plantas como uma fonte de nitrogênio. Os valores de nitrito encontrados para o Riacho Botija/CE não foram significativos permitindo inferir que possivelmente a água em análise possa não apresentar processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica recente. A Tabela 17 mostra os resultados dessa análise no estudo desenvolvido.

Tabela 17 – Dados da análise de Nitrito nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Nitrito (mg/L)			
Período	Amostragem		
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
Jul/10	traço	traço	traço
Ago/10	traço	traço	traço
Set/10	traço	traço	traço
Out/10	traço	traço	traço
Nov/10	traço	traço	traço
Dez/10	traço	traço	traço

5.1.7 Nitrato

Dentre as diferentes formas de compostos nitrogenados, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. A Tabela 18 e a Figura 25 apresentam os valores obtidos para esse parâmetro.

Tabela 18 – Valores médios de Nitrato nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Nitrato (mg/L)						
Período	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	0,29	±0,30	0,23	±0,10	0,25	±0,10
Ago/10	0,39	±0,30	0,25	±0,10	0,26	±0,20
Set/10	0,35	±0,30	0,27	±0,20	0,26	±0,20
Out/10	0,37	±0,30	0,23	±0,10	0,26	±0,20
Nov/10	0,31	±0,30	0,26	±0,20	0,29	±0,30
Dez/10	0,20	±0,10	0,21	±0,10	0,22	±0,10

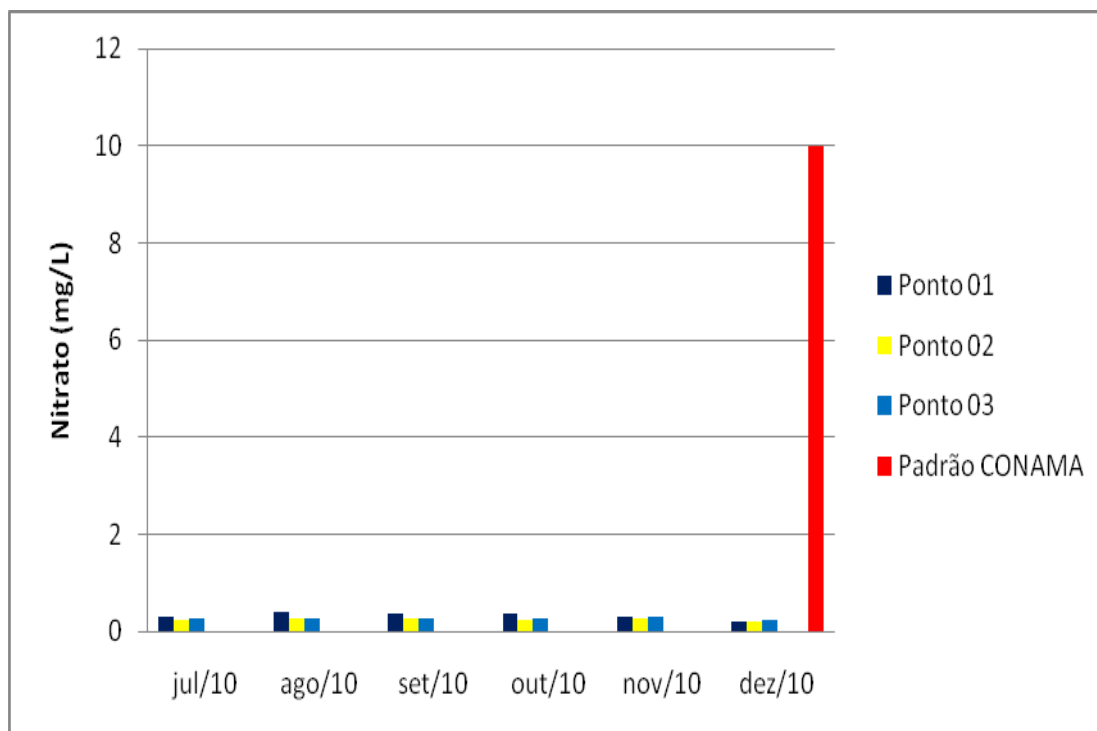


Figura 25 - Variação de nitrato na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Com relação ao teor de nitrato nas amostras de água do Riacho Botija/CE pode-se observar que em todas as campanhas do estudo as concentrações são bem próximas e com valores abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05, na qual o limite máximo é de 10 mg/L. Estes resultados em relação ao nitrato, que é a forma mais oxidada de nitrogênio, podem indicar que possivelmente o manancial em estudo não tenha poluições antigas e/ou difusas.

5.1.8 Ortofosfato

O fósforo constitui elemento importante nos processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, sendo o principal responsável pela eutrofização artificial das águas. Com base nos dados mostrados na Tabela 19 os valores encontrados de ortofosfato foram insignificantes.

Tabela 19 - Valores de Ortofosfato nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Período	Ortofosfato (mg/L)		
	Amostragem		
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
Jul/10	traço	traço	traço
Ago/10	traço	traço	traço
Set/10	traço	traço	traço
Out/10	traço	traço	traço
Nov/10	traço	traço	traço
Dez/10	traço	traço	traço

5.1.9 Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO expressa a quantidade de O₂ utilizada para oxidar quimicamente a matéria orgânica. Por meio desse parâmetro pode-se estimar o potencial poluidor oriundos de efluentes domésticos e industriais. A Tabela 20 mostra os valores obtidos para essa análise e suas estimativas médias de desvio padrão, os quais estão representados graficamente na Figura 26.

Tabela 20 – Valores da DQO nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Período	Demanda Química de Oxigênio (mg/L)					
	Amostragem					
	Ponto 01		Ponto 02		Ponto 03	
Jul/10	200,40	±0,20	210,10	±0,20	471,40	±0,40
Ago/10	253,10	±0,30	263,40	±0,30	499,10	±0,40
Set/10	282,70	±0,40	282,70	±0,30	583,90	±0,50
Out/10	285,00	±0,40	284,00	±0,40	580,10	±0,50
Nov/10	279,30	±0,50	283,30	±0,50	345,80	±0,50
Dez/10	282,80	±0,50	261,80	±0,30	496,90	±0,50

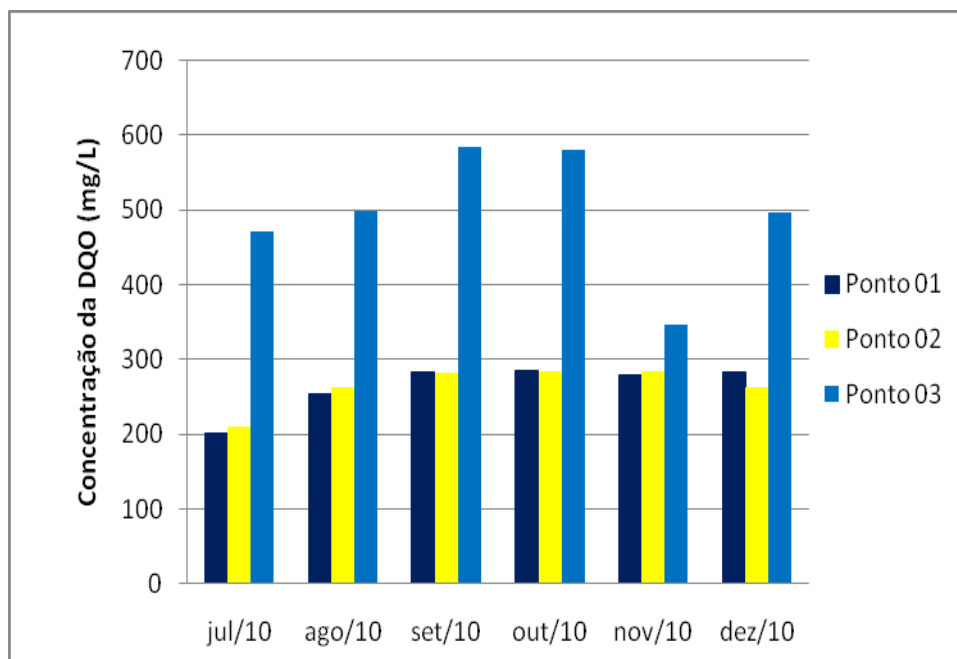


Figura 26 - Variação da DQO na água nos pontos P1, P2 e P3 do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Os valores encontrados dessa variável para o riacho em análise variaram entre 220,40 mg/L (ponto P1) e 583,90 mg/L (Ponto P3), sendo novamente os maiores valores observados no ponto P3. A média aritmética dos resultados ficou em torno de 332 mg/L. Levando-se em consideração que a média encontrada representa um valor significativo, inferi-se que o expressivo resultado pode ser causado pela presença de dejetos animais. Com relação aos outros pontos observou-se que as concentrações ficaram em média 45% menores que no ponto P3, fato este que pode corroborar a influência negativa do acesso descontrolado de animais no riacho monitorado, já que neste caso o Riacho é utilizado para fins de uso direto da comunidade circunvizinha. Para esse parâmetro não há registros na Resolução CONAMA N^o 357/05 sobre o valor máximo permitido.

5.2 Análise microbiológica

Quanto às análises microbiológicas, a Resolução CONAMA N^o 357/05 determina que quando o manancial for utilizado em recreação de contato primário (esqui aquático e mergulho), que não é o caso do corpo aquático estudado, deve ser seguido o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA N^o 274/00. Para as demais

atividades o limite permitido é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100mL (NMP/100 mL).

A Tabela 21 mostra os valores obtidos de NMP/100 mL durante o período monitorado, enquanto a Figura 27 apresenta variação dos dados nos pontos investigados.

Tabela 21 - Valores de NMP/100mL encontrados nas amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

Período	Coliformes NMP/100mL		
	Amostragem		
	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
Jul/10	700	700	3200
Ago/10	2400	2400	3200
Set/10	700	700	1000
Out/10	700	940	1200
Nov/10	1200	940	1400
Dez/10	1300	940	1700

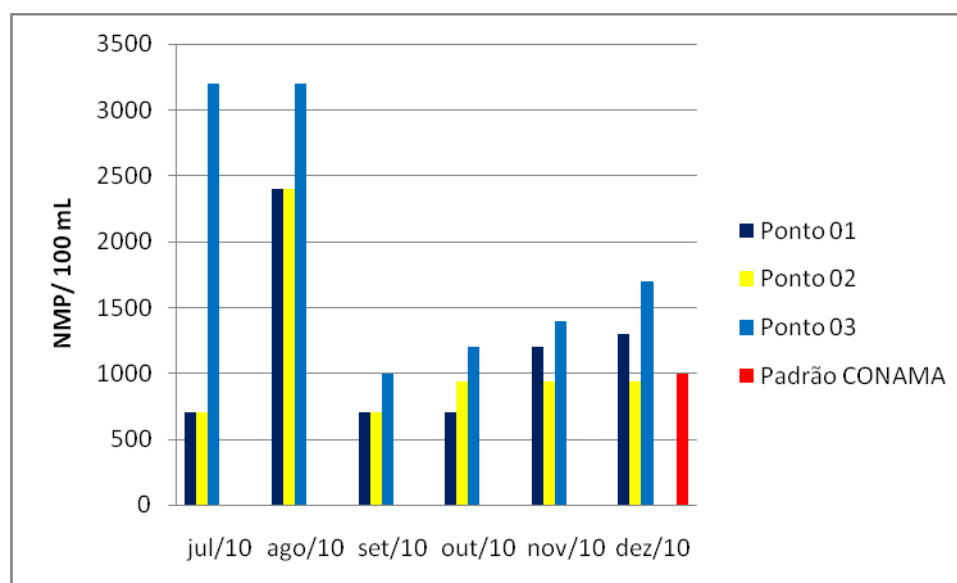


Figura 27 - Variação de NMP/ 100mL da água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

No primeiro mês de campanha (julho/10) apenas o ponto P3 apresentou um valor superior ao estabelecido pela legislação, correspondente a um NMP de 3200/100 mL. Isto pode ser explicado pelo fato do ponto P3 ser o local mais utilizado para o lazer da população e para limpeza de animais. No mês de agosto os pontos P1 e P2 apresentaram um significativo aumento passando de 700 para 2400 NMP/100mL e o ponto P3 manteve-se com a mesma quantidade do mês anterior (3200 NMP/100mL). Neste caso, em particular, evidenciou-se nesse período, especificamente nas margens do riacho Botija/CE, próximo aos pontos P1 e P2 a presença de dejetos animais. No mês de setembro (3º período de coleta) os valores de NMP/100mL para os três pontos investigados enquadraram-se no valor estipulado pela Resolução CONAMA Nº 357/05. No mês de outubro apenas o ponto P3 ultrapassou ao limite estabelecido pela legislação, fato esse já explicado anteriormente. Os meses de novembro e dezembro apresentaram leves aumentos nos pontos P1 e P3 ultrapassando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA.

5.3 Determinação do Índice de Qualidade da Água

A Tabela 22 mostra a pontuação obtida por meio dos resultados analíticos inseridos na ficha do Guia de Avaliação da Qualidade da Água (anexo), durante todas as campanhas realizadas.

Tabela 22 - Pontuação dos parâmetros realizados no riacho Botija/CE durante as campanhas de Julho a Dezembro de 2010 segundo a ficha do Guia de Avaliação da Qualidade da Água.

Parâmetros	Campanhas de 2010					
	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Transparência da água	1	1	1	1	1	1
Espumas	3	3	3	3	3	3
Lixo flutuante ou acumulado nas margens	1	2	2	2	1	1
Cheiro	3	3	3	3	3	3
Material sedimentável	*	*	*	*	*	*
Peixes	1	1	1	1	1	1
Larvas e vermes vermelhos	3	3	3	3	3	3
Larvas e vermes transparentes ou escuros, conchas	1	1	1	1	1	1
Coliformes	1	1	1	1	1	1
Oxigênio dissolvido	*	*	*	*	*	*
Demanda Química de Oxigênio	1	1	1	1	1	1
Potencial hidrogeniônico	3	3	3	3	3	3
Nitrato	3	3	3	3	3	3
Fosfato	3	3	3	3	3	3
Somatório da Pontuação	24	25	25	25	24	24
TOTAL DE PONTOS	28	29,2	29,2	29,2	28	28

* Parâmetros não efetuados.

Seguindo a ficha do guia de avaliação dois parâmetros não foram efetuados nesta pesquisa, sendo que o total de pontos que serviram para a determinação da estimativa do IQA, conforme mostrado na Tabela 23, seguiu os procedimentos descritos na metodologia.

Tabela 23 - Índices da Qualidade da Água do riacho Botija/CE estimados durante o período estudado.

Índice de Qualidade da Água		
Campanhas	Pontuação	IQA
Jul/10	28	Aceitável
Ago/10	29,2	Aceitável
Set/10	29,2	Aceitável
Out/10	29,2	Aceitável
Nov/10	28	Aceitável
Dez/10	28	Aceitável

Com base na caracterização da Rede de Águas o riacho Botija/CE apresenta um IQA aceitável, porém demanda um certo cuidado porque está na condição limítrofe.

5.4 Estudos de Recuperação e Quantificação dos pesticidas

As recuperações para os pesticidas organoclorados foram superiores a 90% apresentando estimativas de desvio padrão inferior a 5%. O limite de detecção do método variou para cada composto, mas foi sempre inferior a 0,1µg/L g/L conforme relatado por Rissalto et al., (2006).

A Figura 28 apresenta o cromatograma dos padrões de pesticidas organoclorados no qual serviu de comparação para que pudesse inferir a presença dos pesticidas estudados durante o período monitorado.

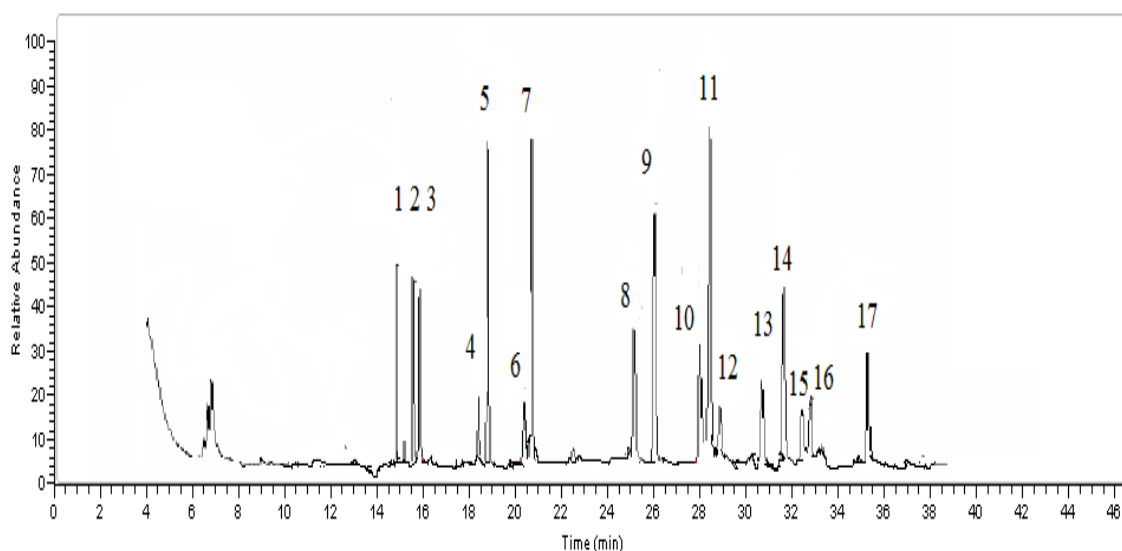


Figura 28 - Cromatograma padrão dos pesticidas organoclorados.

Os pesticidas numerados na Figura 28 são discriminados como a seguir: 1: α -HCH, 2: β -HCH, 3: γ -HCH, 4: Metoxicloro; 5: Heptacloro; 6: Mirex; 7: Aldrin; 8: 2,4 DDE; 9: Endosulfan I; 10: 4,4 DDD; 11: Dieldrin; 12: 2,4 DDD; 13: Endrin; 14: Endosulfan II; 15: 4,4 DDE; 16: 2,4 DDT e 17: 4,4 DDT

A Figura 29 representa o cromatograma das amostras de água do riacho Botija/CE durante o período estudado, no qual: **a.** campanha de julho/10; **b.** campanha de agosto/10; **c.** campanha de setembro/10; **d.** campanha de outubro/10; **e.** campanha de novembro/10; **f.** campanha de dezembro/10.

Comparando-se os cromatogramas das amostras da água do riacho Botija/CE com o do padrão podemos observar que não foram identificados a presença de pesticidas organoclorados até o limite de concentração de $0,1\mu\text{g/L}$ em nenhuma das campanhas realizadas na presente pesquisa.

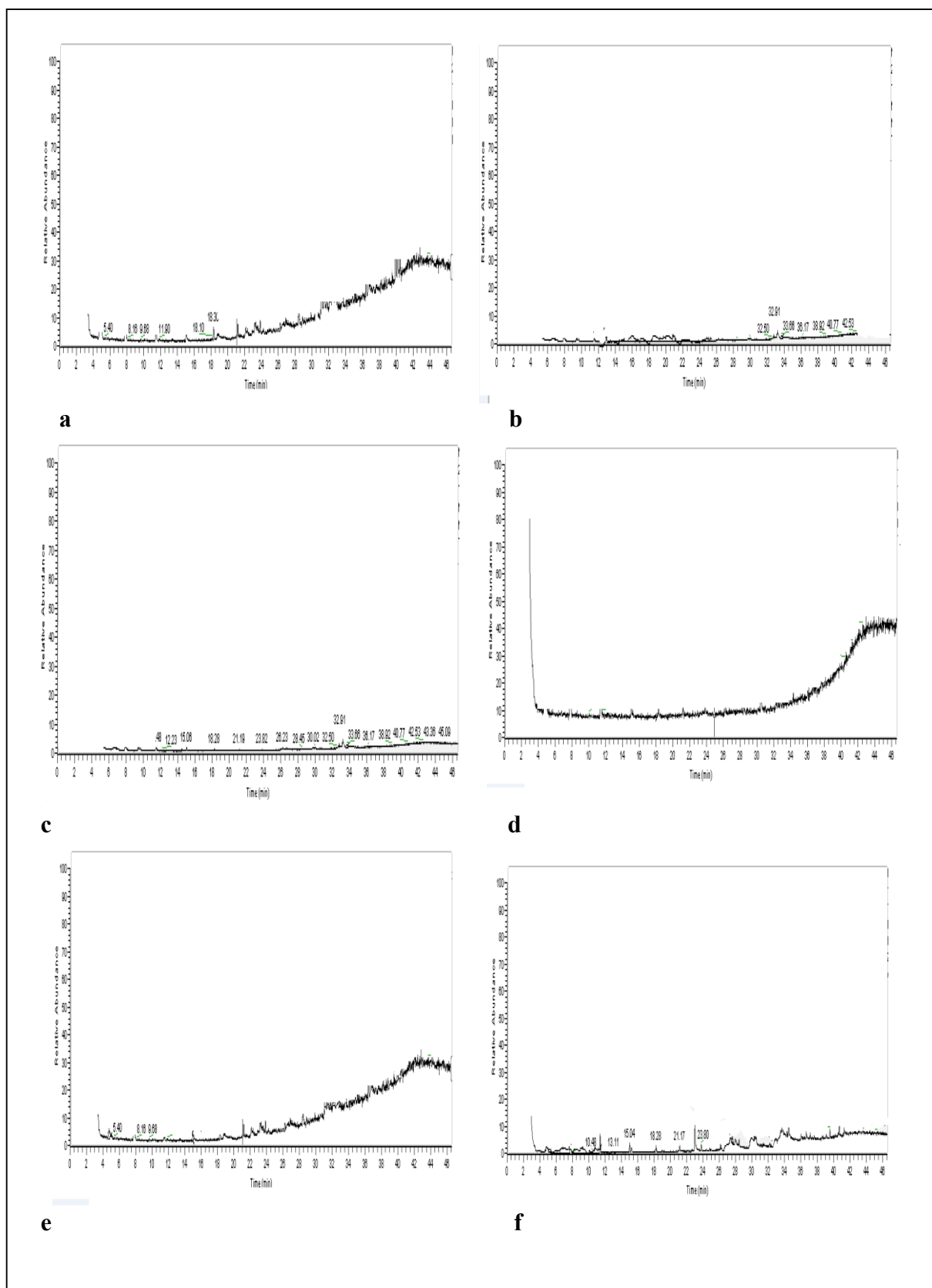


Figura 29 - Cromatograma das amostras de água do riacho Botija/CE no período entre Julho a Dezembro de 2010.

6 CONCLUSÕES

Considerando as investigações analíticas realizadas nesta pesquisa e tomando por base os resultados encontrados, pode-se inferir que a qualidade da água do riacho Botija/CE apresentou conformidade em relação aos parâmetros temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), cloreto, amônia e nitrato com os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05.

Os valores de nitrito e ortofosfato indicaram ausência nas amostras de água do manancial analisado durante todas as campanhas deste estudo.

Baseando-se nas concentrações de CaCO_3 obtidas, a água analisada do riacho é do tipo dura tendo um significativo aumento dos íons cálcio e magnésio no período monitorado. Quanto a demanda química de oxigênio (DQO) o valores obtidos mostram um aumento gradativo deste parâmetro. Convém salientar que esses parâmetros não possuem valores padrões estabelecidos pela a Resolução CONAMA N° 357/05.

Com relação às análises microbiológicas, o riacho Botija/CE apresentou na maioria dos meses um valor superior ao estabelecido pela Resolução CONAMA em virtude da utilização desordenada do corpo aquático pela a população circunvizinha.

O Índice da Qualidade da Água (IQA) do riacho monitorado, baseado no guia de avaliação da Rede de Águas, encontra-se em condição aceitável, porém na faixa limite de sua adequação.

Em geral, o levantamento de dados de forma sistemática em torno do corpo aquático analisado foi primordial para a compreensão dos resultados analíticos e para a determinação do IQA.

Nas amostras de água do riacho Botija/CE não foram identificados a presença de pesticidas organoclorados até o limite de concentração de $0,1\mu\text{g/L}$ em nenhuma das campanhas realizadas.

Considerando a importância do gerenciamento do corpo aquático em relação aos parâmetros investigados com vistas à preservação e acompanhamento da qualidade das águas, o presente trabalho pode contribuir na tomada de decisões pelos os órgãos ambientais para tornar efetivo os instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

A manutenção do equilíbrio do manancial em estudo representa um resgate ao patrimônio natural e uma contribuição para as atividades de irrigação e de lazer, destacando-se a balneabilidade, além de preservar o valor paisagístico do espelho d'água e da cobertura vegetal em seu entorno.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos no período chuvoso;

Determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) no período chuvoso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Brasília, 2005.

ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <www.anvisa.gov.br>. Acessado em outubro de 2009.

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21ª edição, Washington: American Public Health association, 2005.

ARAÚJO, J. C.; SANTAELLA, S. T. **Gestão das águas: princípios e práticas**. Porto Alegre: ABRH, 2001.

ARAUJO, A. B.; FELIX, E. P.; BRITO, N. M.; AMARANTE, J. O. P. Interações e destino de pesticidas no ambiente. **Série Ciências da Engenharia Ambiental**. Rima Editora, cap. 2, p. 17 - 32, 2004.

BACCAN, N.; ANDRADE, J. C., GODINHO, O. E. S., BARONE, J. S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**. Edgard Blücher LTDA Editora, São Paulo, 2001.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª edição, Porto Alegre, 2002.

BARCELÓ, D.; HENNION, M. C. Trace determination of pesticides and their degradation products in water. **Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry**. v. 19, n. 4, p. 1-94, 1997.

BARTRAM, J.; BALANCE, R. **Water Quality Monitoring**. London, 1996.

BILICH, M. R. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia Ribeirão Mestre D'armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias. Universidade de Brasília, 2007.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; ZANELLA, R.; COPETTI, A. C. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 10, n. 4, p. 1807-1929, 2006.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento de Quantidade e Qualidade das Águas**. 2ª edição, São Paulo, 2002.

BRANCO, S. M. **Natureza e Agroquímicos**. 2ª edição, São Paulo, 2003.

BRASIL. Lei nº 6938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**, 1981.

_____. Lei nº 7602 de 11 de julho de 1989. **Lei dos agrotóxicos**. Brasília, 1989.

_____. Lei nº 9433 de 08 de janeiro de 1997. **Dispõe sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos**, 1997.

_____. CONAMA – **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução Nº 357 de 17 de março de 2005.

CANTOS, C. **Avaliação sócioambiental do processo de descarte de embalagens vazias de agrotóxicos: um estudo de caso no município de Três Pontas no Estado de Minas Gerais**. Centro Universitário SENAC - Santo Amaro, 2008.

CARDONA, M. C. G. **Linguagem dos riscos e sujeitos posicionados: o uso de agrotóxicos no Vale de Quíbor, Venezuela**. Tese de Doutorado em Psicologia Social. Universidade Católica de São Paulo, 2004.

CARDOSO, L. S.; LAYBAUER, L.; MARQUES, D. M. L. M. **Gradientes espaciais e sazonais de IQA e sua relação com o zooplâncton em sistema lagunar costeiro (Tramandaí, RS)**. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória/ES, 1997.

CARNEIRO, F. M. **Análise do estudo de impacto ambiental e da qualidade da água: o caso açude Atalho – Brejo Santo, Ceará.** Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará, 2002.

CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá – MG. **Revista Escola de Minas.** v. 57, n. 3, p. 20-28, 2004.

CASS, Q. B.; DEGANI, A. L. G. **Desenvolvimento de método por HPLC Fundamentos, estratégias e validação.** São Paulo, 2001.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B. **Recursos hídricos: conceitos, desafios e capacitação.** Brasília, 1999.

CONSTANZI, R.; DANIEL, L. A. **Estudo de tratamento dos efluentes de uma fábrica de papel para imprimir visando o reuso por flotação e sedimentação.** 21^o Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 2002.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 1^a edição, São Paulo, 1992.

_____. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 2^a edição, Signus Editora, São Paulo, 2000.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMÔNICA-FREIRE, E. M. Contaminação do Ambiente Aquático por agrotóxico: Vias de contaminação e dinâmica dos agrotóxicos no Ambiente aquático. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente.** v. 9, p. 1-18, 1999.

DUARTE, M. A. C. **Utilização dos Índices do Estado Trópico (EIT) e da Qualidade da Água (IQA) na caracterização limnológica e sanitária das lagoas de Bonfim, Extremóz e Jiqui-RN.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal da Paraíba, 1999.

ESSER, H. D.; HEMINGWAY, R. J.; KLEIN, W.; SHARP, D. B.; VONK, J. W.; HOLLAND, P. T. Recommended approach to the evaluation of the environmental behavior of pesticides. **Pure and Appl. Chemistry**, v. 60, n. 6, p. 9901-9932, 1998.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2^a edição, Rio de Janeiro, 1998.

FARIAS, M. K. **Condições operacionais de alguns sistemas de tratamento de esgotos domésticos existentes na Bacia do Cocó - Fortaleza - CE**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará, 2004.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guáira. **Revista Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. R. Organoclorados: Um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade**. v. 7, n. 2, p. 111- 121, 2004.

FREITAS, C.M.; SÁ, I.M.B. **Por um gerenciamento de riscos integrado e participativo na questão dos agrotóxicos**. In: PERES, F; MOREIRA, J. C. É veneno ou remédio? Agrotóxico, saúde e ambiente. Fiocruz Editora, Parte II, Cap. 10, p. 211-250, Rio de Janeiro, 2003.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3^a edição, 2006.

FUNCEME - **Fundação Cearense de Meteorologia**. Disponível em <<http://www.funceme.br/areas/monitoramento/chuvas-mensal-municipios>> Acessado em dezembro de 2010.

GARCIA, G. J. E. Introducción a los plaguicidas. **Revista Panamericana de Salud Pública**. v. 2, n. 6, 1997.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. 4ª edição, São Paulo, 2009.

GASPARINI, D. C. **Defensivos agrícolas e seus impactos sobre o meio ambiente**. Monografia do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Católica do Paraná, 2005.

GONÇALVES, G. W. P. S. **Urbanização e Qualidade da água: monitoramento em lagos urbanos de Londrina**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Londrina, 2008.

GOOGLE. Disponível em <<http://www.google.com.br/images>>. Acessado em Julho de 2010.

_____. Disponível em <<http://maps.google.com.br>>. Acessado em dezembro de 2010.

GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. Revista **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n. 6, p. 632-637, 2008.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. UFMG Editora, Belo Horizonte, 2006.

HIMEL, C. M. Pesticides sources to the soil and principles of spray physics. In: CHENG, H. H. (org.) **Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling**. Madison: Soil Science Society of America, 1990.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M.; SILVA, C. J.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment and rainfall of the northeastern pantanal basin, Brazil. **Journal Environmental Quality**. v. 31, p. 1636-1648, 2002.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos de água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese de Doutorado em Ecologia. Universidade de São Paulo, 2004.

LARA, W. H.; BATISTA, G. C. Pesticidas. **Química Nova.** v. 15, n. 2, p. 161-166, 1992.

LEITE, E. H.; HAASE, J.; COBALCHINI, M. S.; SILVA, M. L. C.; PINEDA, M. D. S. **Qualidade das águas do rio Gravataí.** FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler/RS. Período 1992/1994. Porto Alegre, 1996.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas.** 2ª edição, Varela Editora, São Paulo, 2002.

_____. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-químicas e Microbiológicas.** Minas Gerais, 2003.

MACHADO, C. J. S. Meio Ambiente. **Revista Ciência e Cultura.** Ano 55, n. 4, p. 22-23, 2003.

MARASCHIN, L. **Avaliação do grau de contaminação por pesticidas na água dos principais rios formadores do Pantanal Mato-Grossense.** Dissertação de Mestrado em Saúde e Ambiente. Universidade Federal de Mato Grosso, 2003.

MARICONE, F. A. M. **Inseticidas e seu emprego no controle às pragas.** 2ª edição, Nobel Editora, São Paulo, 1977.

MEDEIROS, S. S. Avaliação do manejo de irrigação no perímetro irrigado de Pirapora, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 7, n. 1, p. 80-84, 2003.

MENTEM, J. O. **Evolução do consumo de agrotóxicos no Brasil 2003-2007: resumo com base em dados publicados pela ANDEF - Associação Nacional das Empresas de Defensivos Agrícolas**. Disponível em http://www.centroburnier.com.br/textos/pesquisas/2009/consumo_agrotoxicos_brasil_2003_2007.pdf. Acessado em outubro de 2010.

MONTEZANI, E. **Embalagens de agrotóxicos e danos ambientais**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 3, p. 53-56, 2007.

MOREIRA, R. C.; RIBEIRO, M. A. M. **Qualidade das Águas**. Anais Associação Brasileira de Química. v. 50, n. 1, p. 8-13, 2001.

MOREIRA, J. C. Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**. v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no Sul de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado em Ecologia de Agrossistemas. Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2003.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

MURTI, C. R. K.; NAG, D. **Human Health Impact of Pesticides in the Environment**. In Chemistry, Agriculture and the Environment. Cambridge, 1991.

OHLWEILER, O. A. **Química Analítica Quantitativa**. 4ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora, v. 2, Rio de Janeiro, 1985.

OLIVEIRA, L. P. F. **Caracterização limnológica das lagoas do Sal, de Paripueira e de Dentro - Planície Costeira do Município de Beberibe - Ceará**. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Ceará, 2005.

PERES, F. **É Veneno ou é Remédio? Os Desafios da Comunicação Rural sobre Agrotóxicos**. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.

PERES, F; MOREIRA, J. C. **É veneno ou remédio? Agrotóxico, saúde e ambiente**. Fiocruz Editora, Rio de Janeiro, 2003.

REDE DAS ÁGUAS. **Guia de Avaliação da Qualidade da Água**. Disponível em <www.rededeaguas.org.br>. Acessado em dezembro de 2010.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impactos sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**. v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

RIOS, D. A. M. **Ecossistema de manguezal do Rio Cocó – Fortaleza/CE: análise dos aspectos socioambientais**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará, 2009.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de Água - Tecnologia Avançada**, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1995.

RISSATO, S. R.; GALHIANE, M. S.; KNOLL, F. R. N.; ANDRADE, R.M.B.; ALMEIDA, M. V. Método multirresíduo para monitoramento de contaminação ambiental de pesticida na região de Bauru/SP usando mel como bio-indicador. **Química Nova**. v. 29, n. 5, p. 950 - 955, 2006.

ROCHA, E. F.; BARBIERI, R. S.; CARDOSO, A. A.; GRANER, C. A. F. Agilização do processo de rotina analítica para a determinação da DQO (demanda química de oxigênio). **Química Nova**. v. 13, n. 1, p. 200-201, 1990.

RUDIO, F. V. **Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica**. 9ª edição, Vozes Editora, Rio de Janeiro, 2001.

RUEGG, E. F. **Impacto dos agrotóxicos sobre o ambiente, a saúde e a sociedade**. 2ª edição, São Paulo, 1991.

SÁ, I. M.; CRESTANA, S. Os caminhos do câncer na agricultura: desafios de uma abordagem em saúde ambiental. **Série Ciências da engenharia Ambiental**. v. 3, p. 381-394, 2004.

SAWYER, C. N.; MACCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry of Enviromental Engeneering**. 4ª edição, International Student Edition, MacGraw-Hill Book Company, 1994.

SINITOX. **Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas. Evolução dos casos registrados de intoxicação humana por agente tóxico, Brasil 2007**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/sinitox_novo>. Acessado em outubro 2009.

SHMITZ, R. J. **Introduction to Water Pollution Biology**. Biblioshing Company, Texas, 1996.

SOARES, J. B.; MAIA, A. C. F. **Água: Microbiologia e Tratamento**. UFC Edições, Fortaleza, 1999.

SOUZA, L. C. **Águas e sua Proteção**. 1ª edição, Juruá Editora, Curitiba, 2004.

SPADOTTO, C. A. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Documentos Embrapa Meio ambiente, Jaguariúna, n. 42, p. 1-29, 2004.

SPERLING, M. V. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental - UFMG. 3ª edição, v. 1, Belo Horizonte - MG, 2005.

STOPPELLI, I. M. B. S. **Agricultura, ambiente e saúde: uma abordagem sobre o risco do contato com os agrotóxicos a partir de um registro hospitalar de referência regional**. Tese de Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2005.

SUCEN. **Superintendência de Controle de Endemias**. Disponível em:<
<http://www.sucen.sp.gov.br/>>. Acessado em abril de 2009.

TADEO, J. L.; SANCHEZ-BRUNETTE, C.; GARCIA-VALCARCEL, A. I.; PEREZ, R. A. Determination of cereal herbicide residues in environmental samples by gás chromatography. **Journal Chromatography A**. v. 754, p. 347-365, 1996.

TAJARA, E. H.; NUNES, M. V. Efeitos tardios dos praguicidas organoclorados no homem. **Revista Saúde Pública**. v. 38, n. 4, p. 372-382, 2004.

TANABE, A.; MITORE, H.; KAWATA, K.; SAKAI, M.; YASUHARA, A. New monitoring system for ninety pesticides and related compounds in river water by solid-phase extraction with determination by gas chromatography/mass spectrometry. **Journal of AOAC International**, v. 83, n. 1, p. 61-77, 2000.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**. v. 59, n. 1, p. 181-186, 2004.

TORRES, E. M. M. A Legislação Ambiental Brasileira. **Revista de Química Industrial**. Ano 72, n. 721, p. 26-30, 2004.

WARD, R. C. **Management and monitoring of water quality**. Fort Collins: Chemical and Bioresource Engineering Department, Colorado State University, 1999.

WHO. World Health Organization. **Organophosphorus Insecticides: A General Introduction**. Geneva, 1986.

VAITSMAN, D. S., VAITMAN, M. S. **Água Mineral**. Interciência Editora, Rio de Janeiro, 2005.

VASCONCELOS, N. M. S. **Manual de Laboratório de Análise Físico - Química de Água**. Universidade Estadual do Ceará - UECE, 1999.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**. v. 22, n. 11, p. 2391 - 2399, 2006.

VERDES, J. A.; BETANCOURT, C. R.; COMPANIONI, D. R.; CRUZ, N. C.; CORCUELA, G. D. **Plaguicidas Organoclorados**. Serie vigilância 9. Centro Panamericano de Ecologia Humana y salud. Mexico, 1990.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática - Princípios e Aplicações**. RIMA Editora, São Carlos/SP, 2006.

ZUMACH, R. **Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açu e seus principais afluentes em Blumenau. Florianópolis**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

ANEXO



Guia de Avaliação da Qualidade da Água



Bacia:

Cidade:

Local de Monitoramento:

Grupo:

Nº de Participantes:

Temperatura ambiente:

Temperatura da água:

Condições Climáticas:

Data:

Hora:

ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

FICHA 1

1 Transparência da água:

Pontos

Poucos centímetros abaixo da superfície

☐ 1

Entre 50cm e 1m

☐ 2

Mais de 1m

☐ 3

2 Espumas:

Grande quantidade, formando flocos

☐ 1

Pouca quantidade

☐ 2

Ausente

☐ 3

3 Lixo flutuante ou acumulado nas margens:

Muito lixo (plásticos, papei, etc)

☐ 1

Pouco, ou apenas árvores, folhas, aguapés

☐ 2

Nenhum

☐ 3

4 Cheiro:

Fétido ou cheiro de ovo podre	☐ 1	
Fraco de mofo ou de capim	☐ 2	
Nenhum	☐ 3	
5 Material sedimentável:		
Muito alto (mais de 3 milímetros)	☐ 1	
Baixa (observável)	☐ 2	
Ausente, não é possível medir	☐ 3	
6 Peixes:		
Nenhum (ou só guarus)	☐ 1	
Poucos, raros	☐ 2	
Muitos (normal)	☐ 3	
7 Larvas e vermes vermelhos:		
Muitos	☐ 1	
Poucos	☐ 2	
Nenhum	☐ 3	
8 Larvas e vermes transparentes ou escuros, conchas:		
Nenhum	☐ 1	
Raros	☐ 2	
Frequentes	☐ 3	
9 Coliformes:		
Positivo	☐ 1	
Negativo	☐ 3	
10 Oxigênio dissolvido:	% Saturação:	
Menos que 4 ppm	Menor que 50%	☐ 1
Entre 4 e 6 ppm	Entre 51 e 70%	☐ 2
Acima de 6 ppm	Entre 71 e 100%	☐ 3
Temperatura ()		
11 Demanda química de oxigênio:		

Maior que 8 ppm	☐ 1
Entre 8 e 4 ppm	☐ 2
Entre 4 e 0 ppm	☐ 3
12 Potencial hidrogeniônico (pH):	
Acima de 9 ou abaixo de 5	☐ 1
Entre 7 e 9, ou entre 5 e 6	☐ 2
6 ou 7	☐ 3
13 Nitrato:	
Entre 20 e 40 ppm	☐ 1
Entre 20 e 5 ppm	☐ 2
Abaixo de 5 ppm	☐ 3
14 Fosfatos:	
Acima de 2 ppm	☐ 1
Entre 2 e 1 ppm	☐ 2
Menor que 1 ppm	☐ 3
Índice da qualidade da água através da soma dos dados obtidos	
Tabela de notas para os 14 parâmetros observados	
<i>Pontuação</i>	<i>Situação Final</i>
Entre 14 e 20 pontos	Péssima
Entre 21 e 26 pontos	Ruim
Entre 27 e 35 pontos	Aceitável
Entre 36 e 40 pontos	Boa
Acima de 40 pontos	Ótima

Na impossibilidade de medir alguns parâmetros (por exemplo: peixes, larvas e vermes), efetue a seguinte conta: Divida o número de pontos obtidos (27) pelo número de pontos medidos (11). Exemplo: 27 pontos / 11 parâmetros = 2,45. Em seguida multiplique o resultado por 14 (o n° total de parâmetros) 2,45 x 14 = 34,3 e confira na tabela. O resultado para este exemplo é **qualidade Aceitável** (disponível em http://www.rededasaguas.org.br/obse/metodo_quali.html).