



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA
HIDROGRAFICA DO RIO CABELO.**

MARIA SALLYDELANDIA SOBRAL DE FARIAS

**ORIENTADORES – PROFª VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA
PROFº JOSÉ DANTAS NETO**

**CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAIBA
JULHO - 2006**

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

MARIA SALLYDELANDIA SOBRAL DE FARIAS

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRAFICA
DO RIO CABELO.**

Tese submetida ao Curso de Engenharia Agrícola
da Universidade Federal de Campina Grande
UFCG, em cumprimento às exigências para
obtenção do Título de Doutor.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Linha de Pesquisa: Monitoramento e Controle da Degradação Ambiental

Orientadores – Prof^ª Vera Lúcia Antunes de Lima

Prof^º José Dantas Neto

CAMPINA GRANDE
ESTADO DA PARAIBA
JULHO – 2006

*A minha avó Ana, pelo
amor que me dedicou.*

MINHA HOMENAGEM

A meu esposo Francisco, incentivador maior de minhas conquistas, pela dedicação e amor. Aos meus filhos Aline e Lucas pelo amor, carinho e compreensão quando muitas vezes estive ausente nas suas vidas, no decorrer deste caminho.

DEDICO

Aos meus pais Adalberto e Lourdes, pelo carinho e confiança que sempre me dedicam, exemplo de honestidade e de muito trabalho. A Meus irmãos José Adalberto, Suenyze e Amaral de onde sempre recebi grande incentivo e apoio.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS que, durante todo o período de realização dessa tese, não deixou que meus ânimos e as minhas esperanças se abalassem pelas dificuldades.

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pela oportunidade de realizar este curso e a CAPES, pela concessão da bolsa.

Aos orientadores Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima e José Dantas Neto pelo incentivo na realização do trabalho, pelo companheirismo.

Aos examinadores Dr. Antonio Ricardo, Dr. Eugênio Parcelli, Dra. Joedla de Lima e Dr. João Miguel pelas valiosas contribuições na finalização do trabalho.

A SUDEMA pelo fornecimento da serie de dados de qualidade de água, em especial a funcionária Fátima Menezes pelo apoio durante toda pesquisa e aos técnicos de apoio de avaliação de qualidade de água.

A Rivanilda, Cardoso, Cida, Neide e seu Geraldo, pela presteza no atendimento.

A Adilson e os técnicos Wilson e “Doutor” do Laboratório de Irrigação e Salinidade da UFCG pela contribuição.

A Betânia e ao técnico Naldo pela ajuda na execução das análises de metais pesados na UFPB - Campus II.

Aos amigos Euler Soares e Vanda Lira pelas colaborações durante toda a pesquisa e a convivência fraterna durante todo curso.

A todos os amigos do curso de Doutorado em Engenharia Agrícola da UFCG, especialmente aos amigos Frederico Antônio, Germana, Gustavo Henrique, Ivana, José Lins Maciel.

Aos moradores da bacia hidrográfica do rio do cabelo e em especial a dona Lourdes e Geraldo pelas informações prestadas a esta pesquisa.

A minha secretária Josenilda que em muito contribui para que eu conseguisse atingir os meus objetivos neste trabalho e a todos que contribuíram para realização deste trabalho de foram direta e indireta.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Água: Problemática ambiental	4
2.2. Necessidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos	5
2.3. Fontes de poluição	8
2.4. Significado Ambiental dos Parâmetros	11
2.4.1. Parâmetros físicos e químicos	11
2.4.1.1. pH	11
2.4.1.2. Cor	12
2.4.1.3. Turbidez	12
2.4.1.4. Condutividade elétrica	13
2.4.1.5. Sódio	14
2.4.1.6. Cálcio	14
2.4.1.7. Magnésio	14
2.4.1.7. Potássio	15
2.4.1.8. Oxigênio dissolvido	15
2.4.1.9. Demanda bioquímica de oxigênio	16
2.4.1.10. Formas nitrogenadas	16
2.4.1.11. Formas Fosfatadas	18
2.4.1.12. Alcalinidade, bicarbonato e carbonato	19
2.4.1.13. Cloretos	20
2.4.1.14. Sólidos dissolvidos totais	20
2.4.2. Parâmetros microbiológicos	21
2.4.3. Metais pesados	21
2.4.3.1. Boro	23

2.4.3.2. Cádmió	24
2.4.3.3. Chumbo	24
2.4.3.4. Cobre	25
2.4.3.5. Manganês	25
2.4.3.5. Níquel	26
2.4.3.7. Zinco	26
2.5. Monitoramento da qualidade da água	27
2.6. Enquadramento de água: instrumento de gestão	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1. Localização e caracterização ambiental	33
3.1.1. Aspectos climáticos	35
3.1.2. Aspectos geológicos	36
3.1.3. Aspectos geomorfológico e pedológicos	37
3.1.4. Vegetação	39
3.1.5. Ocupação e uso do solo	41
3.1.6. Dados hidrológicos do Rio do Cabelo	43
3.2. Metodologia	44
3.2.1. Uso de água na bacia do Rio do Cabelo	44
3.2.2. Levantamento das fontes de poluição	44
3.2.3. Avaliação da qualidade da água	45
3.2.4. Banco de dados	46
3.2.5. Monitoramento da qualidade de água	46
3.2.6. Análise de dados	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Degradação por fontes de poluição pontuais e difusas	50
4.1.1. Fontes pontuais de poluição	50
4.1.1.1. Lago de efluentes	50
4.1.1.2. Galeria pluvial	51
4.1.1.3. Extravasor da ETE de Mangabeira	52
4.1.1.4. Exploração agropecuária	53
4.1.1.5. Efluente industrial	56

4.1.1.6. Efluente de esgoto domestico	57
4.1.2. Fontes difusas	57
4.1.2.1. Degradação por deposição de Resíduos Sólidos	58
4.1.2.2. Degradação por Efluentes Industriais	59
4.1.2.3. Degradação pela Mineração	62
4.1.2.4. Degradação pela Expansão urbana	63
4.2. Avaliação de qualidade da água	68
4.2.1. Precipitação	68
4.2.2. Identificação do uso de água	69
4.2.3. Parâmetros físicos e químicos	71
4.2.3.1. Cor	71
4.2.3.2 Turbidez	73
4.2.3.3. Condutividade elétrica, Dureza total e SDT	74
4.2.3.4. pH e Alcalinidade	77
4.2.3.5. Conteúdo iônico	79
4.2.3.6. Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio	82
4.2.3.7. Nutrientes na forma nitrogenada e fosfatada	85
4.2.4. Indicador de contaminação fecal	89
4.2.5. Quantificação de metais no Rio Cabelo	93
4.2.5.1. Boro	93
4.2.5.2. Cádmio e Cobre	95
4.2.5.3. Chumbo e ferro	97
4.2.5.4. Manganês e Níquel	104
4.2.5.5. Zinco	102
5. CONCLUSÕES	104
6. RECOMENDAÇÕES	107
7. REFERÊNCIAS	108
8. ANEXO	119
8.1. ANEXO A	119
8.2. ANEXO B	136
8.3. ANEXO C	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Localização da bacia hidrográfica do Rio do Cabelo - João Pessoa – PB	33
Figura 02	Bacia hidrográfica do Rio Cabelo com delimitação da área de estudo (coordenadas UTM)	34
Figura 03	Mapa das bacias hidrográficas –Paraíba	35
Figura 04	Perfil topográfico, geomorfológico e da vegetação do estado da Paraíba.	37
Figura 05	Recorte do Atlas dos Municípios da Mata Atlântica, com indicação do fragmento de Mata Atlântica do Rio Cabelo.	40
Figura 06	Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Cabelo	42
Figura 07	Linhas de fluxo bacia hidrográfica do Rio Cabelo	43
Figura 08	Localização dos pontos amostrais de coleta de água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo.	45
Figura 09	Georefenciamento das fontes pontuais de poluição na calha do Rio Cabelo	50
Figura 10	Foto do lago de águas residuais com aspecto de esgoto doméstico, em área do Complexo Penal de Mangabeira.	51
Figura 11	Foto da galeria de esgoto com escoamento de águas residuárias.	52
Figura 12	Foto da tubulação extravasora da elevatória da ETE de Mangabeira	53
Figura 13	Foto da área utilizada para criação de bovinos, localizada a montante da nascente do Rio Cabelo.	54
Figura 14	Foto da criação de suínos em área urbana, próximo ao leito do Rio Cabelo	55
Figura 15	Representação de escoamento atípico a montante da nascente do Rio do Cabelo (linha vermelha)	56
Figura 16	Granja contribuição com efluentes domésticos no Rio Cabelo	57
Figura 17	Principais fontes difusas de poluição da bacia do Rio do Cabelo	58
Figura 18	Resíduos sólidos na bacia do rio do cabelo. Próximo a Mata (a) e Área	59

	do distrito industrial de Mangabeira (b)	
Figura 19	Área degradada pela retirada de areia – NUPPA/UFPB	62
Figura 20	Foto da galeria da SEINFRA localizada na calha do rio (a) e Processo erosivo no leito do Rio do Cabelo(b)	64
Figura 21	Foto de construção irregular as margens do Rio do Cabelo a montante da nascente	65
Figura 22	Médias pluviométricas anuais para serie de oito anos – 1998-2005	68
Figura 23	Médias pluviométricas mensais - março de 2005 a março de 2006	69
Figura 24	Percentagem de uso de água para consumo humano	70
Figura 25	Percentagem de uso de água para balneabilidade	71
Figura 26	Percentagem de uso de água na irrigação	72
Figura 27	Variação temporal da cor (Pt.L ⁻¹) da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos (1998-2005).	73
Figura 28	Variação espacial e temporal da Cor (Pt.L ⁻¹) de março de 2005 a março de 2006 em seis pontos analisados.	73
Figura 29	Variação temporal da Turbidez(UNT) da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005	74
Figura 30	Variação espacial e temporal da Turbidez (UNT) de março de 2005/2006 em seis pontos analisados.	74
Figura 31	Variação temporal da Condutividade Elétrica (CE) em $\mu\text{s.cm}^{-1}$ da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005	75
Figura 32	Variação média da Condutividade Elétrica (CE) em $\mu\text{s.cm}^{-1}$, da Dureza Total (DT) em mg.L^{-1} e dos Sólidos Dissolvidos Totais(SDT) em mg.L^{-1} , entre março de 2005/2006.	76
Figura 33	Variação temporal do pH da água do Rio do Cabelo em três pontos, para uma serie de oito anos-1998-2005	78
Figura 34	Variação média das concentrações de Alcalinidade total (em mg.L^{-1}) e pH, no Rio Cabelo, entre março de 2005 e março de 2006.	85
Figura 35	Variação espacial média do conteúdo iônico em mg.L^{-1} dos ânions Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} e HCO_3^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^+ entre março de 2005 e março de 2006.	86

Figura 36	Varição temporal do Oxigênio dissolvido (OD) em mg.L^{-1} da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005	83
Figura 37	Varição temporal do Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em mg.L^{-1} da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005	84
Figura 38	Varição media das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD) em mg.L^{-1} , no Rio Cabelo, entre março de 2005/2006	85
Figura 39	Varição espacial da amônia e do nitrato (mg.L^{-1}) no Rio Cabelo, com orientação da nascente até a foz	86
Figura 40	Varição espacial de Fósforo Total e fósforo inorgânico (mg.L^{-1}) no Rio Cabelo, com orientação da nascente até a foz	88
Figura 41	Varição espacial e temporal de coliformes fecais (UFC.100 mL^{-1}), na água do rio do cabelo em três pontos, para uma serie de oito anos-1998-2005.	89
Figura 42	Varição espacial e temporal de coliformes fecais (UFC. 100 mL^{-1})- para os pontos CB1, CB2 E CB3	91
Figura 43	Varição espacial e temporal de coliformes fecais (UFC.100 mL^{-1})- para os pontos CB4, CB5 E CB6	93
Figura 44	Histograma de classe dos valores observados de Boro (mg.L^{-1}) da nascente até a foz	94
Figura 45	Histograma de classe dos valores observados de Cádmiu (mg.L^{-1}) da nascente ate a foz	96
Figura 46	Histograma de classe dos valores observados de Chumbo (mg.L^{-1}) da nascente até a foz	98
Figura 47	Histograma de classe dos valores observados de Ferro (mg.L^{-1}) da nascente até a foz	99
Figura 48	Histograma de classe dos valores observados de Mangânes (mg.L^{-1}) da nascente até a foz.	100
Figura 49	Histograma de classe dos valores observados de Níquel (mg.L^{-1}) da nascente até a foz.	101
Figura 50	Histograma de classe dos valores observados de Zinco (mg.L^{-1}) da nascente até a foz	102

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO CABELO.

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de monitorar a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo, visando auxiliar na definição de medidas de monitoramento da qualidade da água e da gestão ambiental da referida bacia. A bacia hidrográfica do Rio Cabelo está totalmente inserida no município de João Pessoa, PB, entre as coordenadas 7°08'53'' e 7°11'02'' de latitude Sul e 34°47'26'' e 34°50'33'' de Longitude Oeste e altitude média de 31,15m. A pesquisa constou de um levantamento através de questionários de uso da água, georeferenciamento das fontes de poluição pontuais e difusas através do uso de GPS, e, avaliação da qualidade da água em seis pontos (CB1, CB2, CB3, CB4, CB5 e CB6), durante o período de março de 2005 a março de 2006. Conclui-se que as principais fontes de poluição observadas na bacia hidrográfica do Rio do Cabelo foram: esgotos domésticos e industriais, resíduos sólidos, exploração de areia, expansão urbana sem infra-estrutura, exploração agropecuária, desmatamento, aterramento do mangue, ocupação irregular da praia, urbanização caracterizada por uma ocupação onde predominam os condomínios, diversos loteamentos e residências construídas irregularmente. Os principais usos da água levantados nesta pesquisa demonstram que: Com relação a potabilidade, 28 % utilizam água do rio e 72 % faz uso de água de poço; no que diz respeito a balneabilidade, 87 % utilizam água do rio para este fim; e com relação a irrigação, 35% da população utilizam a água do rio para irrigação das culturas; para dessedentação animal 100% faz uso das águas do rio e do total pesquisado 98 % utilizam estas águas em atividades domésticas. Diante da série analisada de oito anos observa-se que o Rio Cabelo apresenta efeitos da poluição desde 1998, apresentando variações no decorrer dos anos que depende da precipitação, da autodepuração do rio e da quantidade de poluentes lançados. Para os resultados de metais pesados na água, considerando-se o limite da resolução 357/05 do CONAMA para rio de classe III, observou-se que houve, freqüentemente, superação dos níveis estabelecidos para Boro, Cádmio e Chumbo, sendo forte indicativo das atividades antrópicas na bacia. A qualidade microbiológica ou sanitária da água não é apropriada para consumo humano sem tratamento em nenhum dos pontos analisados, no que diz respeito a irrigação a água do Rio Cabelo não deve ser utilizada sem tratamento, principalmente nos pontos amostrais CB3, CB4, CB5 e CB6, pontos onde a qualidade da água não atende aos critérios recomendados pela OMS para irrigação irrestrita: Coliformes Fecais < 1000 UFC/ 1000ml.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação, Gestão Ambiental, Rio do Cabelo.

MANAGEMENT OF WATER QUALITY IN HYDROGRAPHIC BASIN OF THE CABELO RIVER

ABSTRACT

This work had as objective to monitor the water quality in the Cabelo River hydrographic basin and to contribute with methods to manage the water quality and of the environmental management in the basin, which it belongs to Joao Pessoa county in Paraiba, with geographic coordinates of 7°08'53'' and 7°11'02'' South Latitude and 34°47'26'' and 34°50'33'' West Longitude and elevation of 31,51m. In this research it were utilized questionnaire of the water use, georeferencing of the local pollution sources, punctual and diffuse, using GPS device and the evaluation of water in six points (CB1, CB2, CB3, CB4, CB5 and CB6), from March 2005 to March 2006. It was concluded that the mean observed sources of pollution in the basin were: domestic and industrial sewers, solid residue, dredging, urban expansion without infra-structure, agricultural exploration, livestock, deforestation, mangrove landing, irregular occupation of the beach, urbanization with big condominiums, several housing subdivision areas and irregular building. The main water uses evaluated in this research showed that: in relation to freshwater, 28% of the local population use water of the river and 72% of them use well water for human consumption. Concerning to bathing activities the river water is utilized for 87% of the population, while 35% of them use the water for the tillage irrigation. A total of 100% of the population use the river water to quench animals thirst and 98% of them used it to domestic activities. During the analyzed eight years it was observed that the Cabelo River presents pollution effects since 1998, varying by means the years and these effects depends on the rainfall, autodepuration of the river and of the quantity of pollutant thrown. For the water heavy metals results being considered the limit of the resolution 357/05 of CONAMA for the rivers of class III, it was observed that there was frequently high established levels for Boron, Cadmium, Lead, showing intense anthropic activities in the basin. The microbiological or sanitary quality of the water isn't appropriate for human consumption without treatment in none of the analyzed points, thus, the Cabelo River water should not be used for irrigation without treatment, mainly in the sampler points CB3, CB4, CB5 and CB6, since in those points the water quality is out of the recommended criteria by HWO for the unrestricted irrigation: Fecal coliformes < 1000 UFC/1000ml.

KEYWORDS: Degradation, Environmental management, Cabelo River.

1. INTRODUÇÃO

O padrão de qualidade de vida de uma população está diretamente relacionado à disponibilidade e à qualidade de sua água, sendo esta, o recurso natural mais crítico e mais susceptível a impor limites ao desenvolvimento, em muitas partes o mundo. Uma das causas fundamentais do aumento no consumo de água provocado pelo acréscimo da população, estimada para o ano de 2030 em 8 bilhões de habitantes, com uma taxa de incremento anual de 1,33%. Isto significa um crescimento de 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos (FORNO, 1999). Os números apontam um crescimento significativo da população, todavia, os recursos hídricos naturais não acompanham este crescimento, e, à medida que aumenta a demanda, os ecossistemas se deterioram. Segundo REBOUÇAS (1999), o aumento do consumo, níveis de poluição crescentes e falta de gerenciamento dos recursos hídricos contribuem para aumentar a escassez de água em várias partes do mundo. Apesar do consumo atual da humanidade representar 11% da descarga anual dos rios, estimada em 41.000 km³, o recurso é distribuído desigualmente no planeta. Enquanto um grupo de países ricos em água tem uma descarga de rios de 1 a 6 trilhões de m³ ano⁻¹, no grupo de países mais pobres essa descarga fica no intervalo de apenas 15 a 900 bilhões m³ ano⁻¹, com países já em situação de “estresse hídrico”.

A demanda e a oferta dos recursos hídricos é cada vez mais comprometida na medida em que, em muitos lugares do mundo, as águas superficiais e as subterrâneas estão contaminadas com esgotos industriais, agrícolas e municipais. De acordo com a Comissão Mundial da água para o século XXI, mais de 50 % dos principais rios do mundo estão contaminados, pondo em risco a saúde humana e dos ecossistemas (IPS, 1999).

Uma avaliação do problema de água de uma dada região já não pode restringir-se a um simples balanço entre ofertas e potenciais, mas deve abranger suas inter-relações

geoambientais e sócio culturais, em especial as condições de conservação dos recursos naturais em geral, e da água, em particular, de uso e ocupação do território, tanto urbano como rural, tentando alcançar e garantir a qualidade do desenvolvimento sustentado (REBOUÇAS et. al., 2006). O Mesmo autor adverte que, o problema é mais grave nos países em desenvolvimento, pela falta de sistemas adequados de monitoramento e controle, atingindo muitos rios e lagos próximos aos grandes centros urbanos, regiões costeiras e também os aquíferos subterrâneos. Isso significa que, se no futuro padrões de qualidades mais rígidas não forem adotadas, algumas fontes de água, em uso hoje, não poderão mais ser utilizadas.

A bacia hidrográfica do Rio Cabelo, localizada no litoral sul de João Pessoa - PB, a exemplo de tantas outras se encontra inserida nesta problemática de degradação ambiental, englobando o bairro mais populoso desta capital apresenta ecossistemas dotados de grande diversidade biológica. A vegetação apresenta remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados. Apesar da importância ambiental, a referida bacia é submetida a agressões constantes, principalmente, por estar totalmente localizada em perímetro urbano, o que tem provocado diversos impactos negativos, desrespeitando as leis ambientais brasileiras.

Neste contexto, objetivou-se, monitorar a qualidade de água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo, visando auxiliar na definição de medidas de monitoramento da qualidade da água e da gestão ambiental na referida bacia.

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- i) Georeferenciar as fontes de poluição pontuais e difusas;
- ii) Levantar o uso de água no Rio Cabelo;
- iii) Avaliação da serie temporal de monitoramento da qualidade da água realizada pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA);

- iv) Monitorar a qualidade da água do Rio Cabelo nos atributos físicos, químicos, tóxicos e microbiológicos, de março de 2005 a março de 2006:
- v) Enquadramento destas águas, segundo legislação vigente no Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Água: Problemática ambiental

Durante séculos, a humanidade considerou a água como um recurso inesgotável, e a utilizou forma predatória e insustentável. No século XX, o uso inadequado foi agravado com a aceleração do crescimento populacional, o intenso uso pelos diversos ramos de atividades, dentre eles doméstica, agrícola e industrial.. Estes fatores levaram a constatação de que a água torna-se cada vez um bem mais escasso, necessitando de um uso racional e equilibrado, de modo a garantir a sua conservação e sustentabilidade. De fato, a escassez de água tem sido uma preocupação em escala global, pois o crescimento explosivo da população humana demanda um crescimento por água duas vezes mais rápido. Entretanto, a crise, de alguma forma, é um problema de gerenciamento, um caso de alocação e de distribuição, e não simples problema de suprimento (VILLIERS, 2002).

A água recobre $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra, e constitui também $\frac{3}{4}$ do nosso organismo. Entre todos os elementos que compõem o universo, a água é aquele que melhor simboliza a essência do homem, constituindo-se num elemento essencial à vida (MAGALHÃES, 2004). Contudo, apesar de ser abundante no planeta, a água possui uma disponibilidade pequena para uso humano. Ressalta-se que a maior parte da água disponível no planeta (97,5%) é salgada, sendo, portanto, inadequada para uso sem um tratamento, geralmente inviável economicamente. Assim, a água doce corresponde a pouco mais de 2,5% do volume total desse recurso, e apenas uma pequena parcela (0,27%) se apresenta sob forma facilmente utilizável pelo homem em rios e lagos (MAGALHÃES, 2004).

Em nível global, não há propriamente uma escassez hídrica, mas uma má distribuição espacial e temporal, que somada à distribuição irregular da população humana

na terra, faz com que algumas regiões sofram permanentemente com a falta desse recurso. Segundo o Informe das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo, a disponibilidade global de água versus a população mundial mostra as disparidades existentes entre os continentes, com especial destaque para a pressão exercida sobre o continente asiático, que abriga 60% da população mundial e dispõe apenas de 36% dos recursos hídricos do mundo (UNESCO, 2003).

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do Mundo, 13,8% do escoamento médio mundial, tendo em território nacional a produção hídrica de $182.170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Porém a sua distribuição ocorre de forma irregular entre as regiões. No Norte estão concentrados aproximadamente 70% da água disponível para uso, onde habita apenas 7% da população nacional; enquanto os 30% restantes distribuem-se desigualmente pelo país, para atender a 93% da população. A região Nordeste, onde vive cerca de 28% da população brasileira, dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos nacionais (GALINDO, 2004).

Segundo MAIA (2002) a escassez se dá, principalmente, pela deterioração da qualidade da água, que inviabiliza a utilização de importantes mananciais e ocasiona uma demanda superior à oferta. Neste sentido, a água, por constituir-se num bem de primeira necessidade, essencial à vida tanto em sua dimensão individual quanto coletiva, e por ser um recurso escasso e finito, agravado pelo uso predatório e desigual, coloca para as atuais gerações a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação (PONTES & SCHRAMM, 2004).

2.2. Necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos

O gerenciamento dos recursos hídricos pode ser traduzido como sendo um instrumento que orienta o poder público e a sociedade, em longo prazo, na utilização e monitoramento dos recursos ambientais naturais, econômicos e socioculturais, na área de

abrangência de uma bacia hidrográfica, de forma a promover o desenvolvimento sustentável (LANNA, 1995). A Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 vem contemplar a importância da bacia hidrográfica, em seu princípio primeiro: a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, tendo como limites da bacia o perímetro da área a ser planejada.

São quatro estágios necessários para estabelecer o gerenciamento sustentável de uma bacia: determinar o estado atual do ambiente, identificar as forças dominantes de mudanças, estabelecer um limite específico acima do qual danos ecológicos são prováveis de ocorrer e prognosticar a possível extensão temporal e espacial do problema, usando características locais, e desenvolver planos de gerenciamento apropriados através da utilização de cenários múltiplos de avaliação. Para atingir esses estágios, é necessário utilizar ferramentas que permitam agrupar um grande número de informações decorrentes de estudos da variação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, envolvendo uma função multivariada dos aspectos climatológicos, geomorfológicos, antrópicos, entre outros, de forma que possibilite pronta interpretação e reconhecimento das tendências ao longo do tempo e do espaço (FERRIER et. al. 2001).

Para a Organização das Nações Unidas (ONU), trata-se essencialmente de uma crise de gestão dos recursos hídricos, causada pela utilização de métodos inadequados, decorrentes da inércia dos líderes e da ausência de uma consciência clara sobre a magnitude do problema por parte da população mundial (UNESCO, 2003). Deste modo, inclusive em função do seu caráter estratégico para a sobrevivência das cidades, a gestão da conservação e da sustentabilidade dos recursos hídricos pressupõe uma versão que, além dos elementos naturais, enxergue o acúmulo de experiências e conhecimentos construídos, enfocando parâmetros de diversidade político-cultural e de justiça sócio-ambiental.

Segundo a organização Mundial de Saúde (OMS, 1999), o consumo mundial de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, mais de que o dobro das taxas de crescimento da população, e continua a crescer com elevação do consumo dos setores agrícola, industrial e doméstico. Estes estudos demonstram também que nos próximos anos a situação global das reservas hídricas tende a piorar, tanto nos aspectos quantitativos quanto nos qualitativos, caso não haja ações energéticas visando à melhoria da gestão da oferta e da demanda da água para diferentes usos (FREITAS & SANTOS, 1999).

A Agenda 21 Brasileira, quando aborda a Gestão dos Recursos Naturais, indica os problemas mais graves na área de recursos hídricos no país, dando destaque para a gestão, quando enumera as seguintes dificuldades: i) inexistência de práticas efetivas de gestão de usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos; ii) critérios diferenciados na implementação dos processos de gestão no país; iii) base legal insuficiente para assegurar a gestão descentralizada; iv) inadequação dos meios disponíveis no poder público para implementar uma gestão eficiente; v) participação incipiente da sociedade na gestão, com excessiva dependência nas ações de governos; vi) recursos científico-tecnológicos insuficientes para a gestão (BRASIL, 2000).

A gestão dos recursos hídricos, concebida a partir da definição de regras de distribuição da água entre diferentes usos e entre diferentes usuários de um mesmo uso, pode ter distintos objetivos, algumas vezes contraditórios entre si. Neste sentido, a Agenda 21 Brasileira enumera cinco objetivos para a instituição de regras de distribuição da água: eficiência econômica; conservação ambiental; geração de benefícios; redistribuição de renda; e financiamento da gestão (BRASIL, 2000b). Vale ressaltar que a adoção de instrumentos de gestão dos recursos hídricos tem como principais objetivos traduzir aspirações coletivas de racionalização do uso da água, de conservação e de preservação ambiental, além de produzir ações que induzam os usuários da água a modificarem um

comportamento julgado inadequado em relação à utilização dos recursos hídricos (GALINDO, 2004).

Além de importantes instrumentos de política para o setor, a Lei nº 9.433/97 define a estrutura jurídico-administrativa do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). O estabelecimento desse arcabouço institucional representa um aspecto central para a gestão de recursos hídricos, na medida em que prevê a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas (COBH). Os comitês se colocam como instâncias descentralizadas e participativas de discussão e deliberação, que contam com a participação dos diferentes setores da sociedade, atuando como fóruns de decisão no âmbito das Bacias Hidrográficas (NOGUEIRA, 2004).

2.3. Fontes de poluição

A poluição da água se define como a alteração de sua qualidade natural pela ação do homem, que faz com que seja parcial ou totalmente imprópria para o uso a que se destina. Entende-se por qualidade natural da água o conjunto de características físicas, químicas e bacteriológicas que apresenta a água em seu estado natural nos rios, lagos, mananciais, no sub - solo ou no mar (CONEZA, 1997). De um modo geral, a poluição das águas pode ocorrer principalmente por esgotos sanitários, águas residuárias industriais, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas, precipitação de efluentes atmosféricos e inadequada disposição dos resíduos sólidos (STUDART & CAMPOS, 2001).

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados. Porém, a qualidade da água reflete sua composição quando afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica do ar, água ou solo, causada pelo

homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (BRANCO, 1991).

A diversidade e o número de fontes existentes e o potencial de contaminação química dos corpos d'água são variadas. Segundo BRAGA et. al. (2002), os principais grupos de compostos causadores da poluição são: Poluentes Orgânicos Biodegradáveis, Poluentes Orgânicos Recalcitrantes, Metais pesados, Nutrientes, Organismos Patogênicos, Calor e Radioatividade.

HOLT (2000) aponta que se por um lado à industrialização e a urbanização, juntamente com a intensificação das atividades agrícolas, têm resultado no aumento da demanda da água, por outro lado aumentam a contribuição de contaminantes nos corpos d'água. As maiores e mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não-tratados, escoamento e deposição atmosférica e pelo processo de lixiviação do solo.

Agrega-se a estes problemas, o fato da grande maioria da população brasileira estar concentrada em cidades, próximos de rios e mananciais, desencadeando um duplo impacto negativo para os recursos hídricos: a intensificação do uso e o aumento da poluição. De fato, a situação da poluição dos rios e lagos no Brasil é, de modo geral, muito grave. Rios, reservatórios, praias e baías nas proximidades das maiores áreas urbanas do Brasil, encontram-se poluídos em decorrência do destino inadequado dado a esgotos, efluentes industriais e resíduos sólido. Grandes rios, e mesmo pequenos córregos, que atravessam as áreas urbanas no Brasil são, muitas vezes, usados como receptores de águas servidas e depósitos de lixo. Além de problemas de poluição e de proliferação de vetores, por ocasião de chuvas intensas, esses cursos de água costumam transbordar, ampliando os problemas sanitários e ambientais (BRASIL, 2000).

NOVOTNY et al. (1993) reforçam que a urbanização provoca alterações na composição atmosférica, nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos receptores e outros corpos d' água e no solo da bacia. Os autores enfatizam, ainda, que os sistemas ecológicos nativos são substituídos por uma ecologia urbana. Emissões de resíduos aumentam drasticamente e as fontes dessas contaminações são diversas, tais como: indústrias, sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos, coleta e disposição de resíduos sólidos (aterros, lixões), deposição de detritos e restos de materiais diversos.

As diversidades de poluentes lançados nos corpos d' água podem ser agrupadas em duas grandes classes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais (MEYBECK, 2004). Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor, embora muitas vezes estes resíduos sem tratamento são lançadas diretamente nos corpos de água, causando sérios impactos as biotas, aos recursos hídricos, ao homem e demais componentes do sistema. Estas fontes pontuais de poluição têm limites determinados por leis ambientais, valores limites para descarga de efluentes nos recursos hídricos (BRITO, 2003).

As fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. A redução dessas fontes geralmente requer mudanças nas práticas de uso da terra e na melhoria de programas de educação ambiental (MEYBECK, 2004).

2.4. Significado ambiental dos parâmetros

2.4.1. Parâmetros físicos e químicos

2.4.1.1. pH

O termo **pH** (potencial hidrogeniônico) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrogênio (SAWYER et, al. 1994). As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Nas águas naturais às variações destes parâmetros são ocasionados geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO₂), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração / fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos (BRANCO, 1986). O pH Indica se água é ácida, básica ou neutra. Se estiver em torno de 7, água neutra; menor que 6 ácida e maior que 8 básica. Em água destinada à irrigação de culturas a faixa de pH adequada varia de 6,5 a 8,4. Valores fora desta faixa podem provocar deterioração de equipamentos de irrigação (AYRES & WESTCOT, 1991).

O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição de materiais muito ácido são produzidos (como o ácido húmico). As águas conhecidas como Pretas (o Rio Negro, no Amazonas) possuem pH muito baixo, devido ao excesso de ácidos em solução (TAKINO, 1984). O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área (no espaço) que este corpo recebe as águas da chuva, os esgotos e a água do lençol freático. Quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água. Por exemplo, um Cerrado, que tem excesso de alumínio, quando drenado, leva uma grande quantidade de ácidos para os corpos d'água, reduzindo o pH. Mais um bom motivo para se estudar todas as características da bacia hidrográfica antes de recolher amostras, pois, a variável em questão, o pH, é muito influenciável pelo espaço e no tempo (CAMARGO, 1996).

Segundo MAIER (1987), os pHs dos rios brasileiros têm tendência de neutro a ácido. Alguns rios da Amazônia brasileira possuem pHs próximos de 3, valor muito baixo para suportar diversas formas de vida. Rios que cortam áreas pantanosas também têm águas com pH muito baixo, devido à presença de matéria orgânica em decomposição, rios de mangue estão incluídos nesta categoria.

Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. A determinação do pH é feita através do método eletrométrico, utilizando-se para isso um peagômetro digital (ESTEVES, 1988).

2.4.1.2. Cor

A água dos rios apresenta diferentes **colorações**, pode ser amarelada, por influência de materiais como folhas e detritos orgânicos, podendo ficar escura ou negra, quando atravessa áreas de vegetação densa, como no caso do Rio Negro, na Amazônia. È preciso percorrer a margem do rio para saber se a sua coloração não é proveniente de despejos industriais, como curtumes, tecelagens, tinturarias e esgotos domésticos.

2.4.1.3. Turbidez

A presença de partículas em suspensão, que causam a **turbidez**, ou de substâncias em solução, relativas à cor, pode concorrer para o agravamento da poluição. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio. Segundo BRANCO (1986) a precipitação dessas

partículas perturba o ecossistema aquático. A água pode ser turva ou límpida. É turva quando recebe certa quantidade de partículas que permanecem, por algum tempo, em suspensão e podem ser do próprio solo quando não há mata ciliar, ou provenientes de atividades minerais, como portos de areia, exploração de argila, indústrias, ou mesmo de esgoto das cidades. A turbidez por si só, não causa danos, se for natural.

2.4.1.4. Condutividade elétrica

A **condutividade elétrica** (CE) é a medida resultante da aplicação de uma dada força elétrica, que é diretamente proporcional à quantidade de sais presentes em uma solução. Devido à facilidade e rapidez de determinação da condutividade elétrica, este se tornou um parâmetro padrão para expressar a concentração total de sais para classificação de solos e das águas destinadas à irrigação (BERNARDO, 1995). Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionada por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc. A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas (pH > 9 ou pH < 5), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- (APHA, 1998).

2.4.1.5. Sódio

O **sódio** é um importante parâmetro de qualidade de água que indica a permeabilidade do solo. A adsorção dos íons de sódio às partículas do solo leva à dispersão coloidal, com o conseqüente bloqueio dos poros do solo. Além do sódio, outros íons

carregados positivamente, como o cálcio, o magnésio e o potássio, aderem-se à superfície carregada negativamente dos colóides (partículas de argila.). Uma partícula saturada com íons de sódio adsorvidos forma uma atmosfera iônica relativamente grande, com tendência a dispersar-se no solo, que podem ser transportadas, através do perfil do solo, e acumular-se abaixo de sua superfície, desenvolvendo aí uma camada densa e de baixa permeabilidade. Outro efeito do sódio é sua toxicidade sobre as plantas: altas concentrações desse íon, quando absorvidas pelas plantas se acumulam nas folhas provocando queimaduras e necroses nas suas bordas (AYERS E WESTCOT, 1991).

2.4.1.6. Cálcio

O **cálcio** pode estar envolvido em uma série de reações químicas, incluindo troca iônica, precipitação e fixação, mas sua função ainda não está bem definida. Aparentemente reduzem o efeito tóxico de outros íons, notadamente sódio e magnésio, quando absorvidos pelas raízes (PAGANINI, 1997). Eles também interagem com o magnésio e o potássio em altas concentrações, podendo ocasionar a deficiência de ambos nas plantas (DIAS & ÁLVAREZ, 1996). Por isso, é importante conhecer a concentração de cálcio na água em relação sódio para avaliar a qualidade da água para irrigação.

2.4.1.7. Magnésio

O **magnésio** tem uma ação ativadora sobre enzimas do sistema vegetativo das plantas tem um papel importante na atividade fotossintética porque ele forma parte essencial do núcleo da molécula da clorofila "a" (MALAVOLTA, 1981). Entretanto, de acordo com Ayers & Westcot (1991), a produtividade das culturas parece ser menor nos solos com altos teores de magnésio, ou quando são irrigados com águas que contêm altos níveis deste elemento, mesmo quando a infiltração é adequada. Isto se deve possivelmente à deficiência de cálcio induzida por excesso de magnésio trocável no solo. Resultados experimentais indicam que os rendimentos das culturas como cevadas, trigo, milho e

beterraba-açucareira' são reduzidos quando, na solução do solo, a proporção Ca/Mg é inferior à unidade.

2.4.1.8. Potássio

O **potássio** pode deslocar o sódio pela capacidade de troca catiônica do solo. Muitos minerais, em meio argiloso, têm grande capacidade de fixar o potássio por substituição isomórfica. Esse fenômeno é importante ao longo do tempo, com a incorporação do potássio na formação de minerais secundários (PAGANINI, 1997). O potássio é também um macronutriente importante no desenvolvimento das plantas por agir na ativação de diversas enzimas e também ajuda na formação de raízes e tubérculos dentre outros efeitos benéficos (DIAS & ALVAREZ, 1996).

2.4.1.9. Oxigênio dissolvido

O **oxigênio** é indispensável à vida, aos animais e à maior parte dos microorganismos que vivem da água. Ao contrário do ar, a água possui menos oxigênio, porque o gás não é muito solúvel. Um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente, de 8 a 10 mg.L⁻¹. Essa quantidade pode variar em função da temperatura e pressão. A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica (CARMOUZE, 1994). Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é um parâmetro extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. Outro exemplo é os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microorganismos que utilizam o oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número

de microorganismos decompositores e, conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A morte de peixes em rios poluídos se deve, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas (VON SPERLING, 1996).

2.4.1.10. Demanda bioquímica de oxigênio

A expressão **Demanda Bioquímica de Oxigênio** (DBO), è a quantidade de oxigênio molecular necessário á estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica (MOTA, 1995). È utilizada para exprimir o valor da poluição produzida por matéria orgânica oxidável biologicamente, que corresponde à quantidade de oxigênio que é consumida pelos microorganismos do esgoto ou águas poluídas, na oxidação biológica, quando mantida a uma dada temperatura por um espaço de tempo convencionado. Essa demanda pode ser suficientemente grande, para consumir todo o oxigênio dissolvido da água, o que condiciona a morte de todos os organismos aeróbios de respiração subaquática.

2.4.1.11. Formas nitrogenadas

O **nitrogênio** é escasso nas águas e pode ser retirado do ar por algumas algas. Alguns adubos utilizados na agricultura possuem nitrogênio como principal nutriente dada a sua importância e escassez no solo, o nitrogênio também está presente nas matérias orgânicas em decomposição. Nos animais e vegetais o nitrogênio se encontra na forma orgânica, mas em contato com a água, rapidamente transforma-se em nitrogênio amoniacal. A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio. Os compostos de nitrogênio são de grande importância nos processos vitais de todas as plantas e animais. O nitrogênio é um elemento fundamental na formação das proteínas. Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, alternam-se várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas (APHA et. al., 1995):

- 1 - nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera;
- 2 - nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão);
- 3 - nitrogênio amoniacal, como amônia (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+);
- 4 - nitrito (NO_2^-) 5- nitrato (NO_3^-)

A soma do nitrogênio orgânico e amoniacal é o **Nitrogênio Kjeldahl**, a concentração deste nos rios que não são influenciados por excesso de insumos orgânicos varia de 0,5 a 1,0 mg. L^{-1} (PHILIPPI, et. al., 2004). O **nitrato** é a principal forma de nitrogênio encontrada na água, valores superiores a 5 mg. L^{-1} demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte do nitrato são os dejetos humanos, os nitratos estimulam o desenvolvimento das plantas e organismos aquáticos (OGERA, 1995). O **nitrito** é encontrado em águas superficiais em pequena quantidade, devido a sua instabilidade na presença de oxigênio, a presença do íon nitrito indica processo biológico ativo influenciado por poluição orgânica. Como todo nutriente, o nitrogênio pode causar superprodução de algas e cianobactérias nos corpos receptores dos efluentes de estações de tratamento de esgotos que não removem ou reduzem a quantidade desse elemento (BRANCO, 1986). Antes do desenvolvimento dos testes bacteriológicos para determinar a qualidade das águas, os testes do nitrogênio sob a forma de nitrogênio orgânico e amoniacal foram os primeiros indicadores usados para verificar a ocorrência de poluição orgânica recente nos corpos da água. Ainda hoje esses testes são usados para avaliar o grau de contaminação orgânica de um corpo d' água, principalmente com esgotos domésticos (SAWYER et. al., 1994).

O **nitrogênio amoniacal** é a forma mais reduzida do nitrogênio e é o primeiro composto produzido na degradação da matéria orgânica (APHA et al., 1995). O termo nitrogênio amoniacal abrange as concentrações das formas do nitrogênio como amônia (NH_3). Segundo DIAS & ÁLVAREZ (1996), no solo a matéria orgânica é

decomposta por numerosos grupos de bactérias e fungos. Inicialmente ocorre o processo de amonificação com a digestão enzimática das proteínas e liberação de amins e aminoácidos; a seguir ocorre o processo de amonificação onde essas formas são hidrolisadas e liberam compostos amoniacaais. O íon amônio pode ser convertido para nitrito e nitrato, ou absorvido pelas plantas, ou utilizado por organismos heterotróficos ou ainda ser adsorvido por forças eletrostáticas na superfície de argila. O processo de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática. O nitrato está associado a metahemoglobinemia, uma doença que atinge principalmente crianças e se caracteriza pela falta de ar devido à substituição do oxigênio transportado pela hemoglobina, pelo nitrito originário do nitrato presente em águas de abastecimento (SAWYER et. al., 1994).

A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg. L⁻¹. Além disso, como visto anteriormente, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade de água.

2.4.1.12. Formas Fosfatadas

O **fosfato** pode ser proveniente de adubos, a base de fósforo, ou da decomposição de materiais orgânicos e esgoto. O fósforo e o nitrogênio são essenciais ao crescimento de todos os seres vivos. Em corpos d'água são elementos fundamentais para o controle das taxas de crescimento de algas e cianobactérias (SAWYER et al., 1994). Os compostos de fósforo podem estar nas águas sob as formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. Os ortofosfatos têm como origem os fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura, os polifosfatos são provenientes de despejos de esgotos domésticos e de alguns

despejos industriais que utilizam detergentes sintéticos à base de polifosfatos. O fósforo total, o ortofosfato e a amônia formam o principal grupo de nutrientes com relação direta com o processo de eutrofização de um corpo d'água (CEBALLOS et al., 1998).

Segundo ESTEVES (1988), na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas. Podem originar-se de numerosas descargas industriais. As águas com altos níveis de sulfatos podem apresentar efeito laxativo característico do sulfato de sódio e de magnésio.

2.4.1.13. Alcalinidade, bicarbonato e carbonato

A **alcalinidade** de uma água é uma medida de sua capacidade de neutralizar ácido e é devida, principalmente a sais de ácidos fracos e bases fortes, e tais substâncias têm efeito tampão, resistindo à queda de pH resultante da adição de ácidos. A porção principal de alcalinidade em águas naturais é causada por hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos (APHA et al., 1995). A determinação e controle da alcalinidade tomam-se importantes na avaliação da qualidade das águas com o objetivo de evitar problemas de corrosão e de incrustação nas tubulações. A alcalinidade é uma determinação importante no controle do tratamento de esgotos devido a sua capacidade de tamponação (SAWYER et. al., 1994)

Os **bicarbonatos e carbonatos** são os principais constituintes da alcalinidade, e agem como tampões para resistir queda do pH resultante da adição de ácidos. São formados em quantidades consideráveis pela ação do dióxido de carbono sobre materiais básicos no solo. No processo de correção de solos com excesso de sódio, é necessário que se adicione carbonato de cálcio para uma boa recuperação. O cálcio liberado do carbonato de cálcio vai contribuir para equilibrar a relação sódio / cálcio, minimizando ou anulando o efeito tóxico do sódio pelas plantas (AYERES & WESTCOT, 1991)

2.4.1.14. Cloretos

Os **cloretos** ocorrem em todas as águas naturais e podem ser resultados do contato da água com depósitos minerais e com a água do mar, a poluição por esgotos (domésticos e industriais) ou ao retorno de águas utilizadas em irrigação agrícola. Em geral, quantidades razoáveis não são prejudiciais à saúde, mas transmite a água um sabor salgado, repulsivo. Embora possa ser fitotóxico para algumas frutas, os usos agrícolas de água com concentrações de cloretos menores que 100 mg. L^{-1} não prejudica em principio as culturas irrigadas (TUCCI, 2001). O aumento do teor de cloretos na água indica a presença de esgotos, por causa da excreção do cloreto na urina, ou por despejos industriais, acelerando os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água (PHILIPPI, et. al., 2004).

2.4.1.15. Sólidos dissolvidos totais

Sólidos Dissolvidos Totais nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação e secagem da amostra a uma temperatura entre 103 e 105°C durante um tempo fixado (SILVA, 1997). Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). A água com demasiado teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para usos. Quando contém menos de 500 mg.L^{-1} de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para uso doméstico e para muitos fins industriais. Com mais de 1000 mg.L^{-1} , porém, a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades (CARVALHO & OLIVEIRA, 2003)

2.4.2. Parâmetros microbiológicos

Os parâmetros microbiológicos são fundamentais para definir a qualidade sanitária de uma água, de um solo, de uma cultura ou outro elemento. As bactérias do

grupo coliforme vêm sendo utilizadas como indicadores de poluição fecal desde o início do século XX (FEACHEM et al., 1983). O grupo constitui-se de espécies comensais (não patogênicas) presentes no intestino do homem e de animais de sangue quente e são eliminadas nas fezes em números elevados: 106-109 gramas de fezes, em águas onde há contaminação fecal, é provável que bactérias patogênicas estejam presentes (CEBALLOS, 1998). Os coliformes fecais são os indicadores de contaminação fecal tradicionalmente usado na Engenharia Sanitária e Ambiental e na legislação nacional do CONAMA (1986) e Secretaria de Vigilância Sanitária (1997). Porém, as nossas fezes, contem cerca de 200 bilhões de coliformes que são eliminadas diariamente e, geralmente, lançadas nos rios em forma de esgoto (BRANCO, 1986).

2.4.3. Metais pesados

No Brasil existem vários relatos de contaminação da água e organismos aquáticos por metais. Em alguns deles foi evidenciada a ocorrência de bioacumulação em moluscos, como a contaminação da Baía de Todos os Santos-BA por cádmio, mercúrio, chumbo e zinco, provocada pelo despejos de efluentes domésticos, industriais, petroquímicas e metalúrgicas; da Baía de Guanabara-RJ, por cromo, cobre, manganês e zinco, também devida ao lançamento de esgoto urbano e efluentes de indústrias petroquímicas e metalúrgicas; da Barra da Tijuca-RJ, por cobre, manganês e zinco, sem causa definida; da Baía de Sepetiba-RJ, por cádmio, cromo e zinco, provocado pelo efluente de indústria metalúrgica e a contaminação do Complexo Estuarino-lagunar de Iguape-Cananéia por chumbo, oriunda da atividade mineradora no leito do Rio Ribeira de Iguape (EYSINK et al., 1987; PFEIFFER et al., 1985; JOSÉ, 1997).

Alguns metais são essenciais para a vida em pequenas quantidades (sódio, potássio, cálcio, manganês, ferro, molibdênio, níquel, cobalto, cobre e zinco), no entanto,

grandes quantidades podem trazer danos à saúde. Os outros metais como: mercúrio, cádmio, níquel, cromo, chumbo não são essenciais e tem efeitos tóxicos sobre o organismo (BUENO et al., 1997).

Os metais pesados mais perigosos para a saúde humana são: o chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, zinco, níquel e cromo. Estes metais se encontram naturalmente no solo ou na água em quantidades mínimas, não causando grandes problemas. No entanto, em grandes concentrações constituem sérios riscos. O arsênio e o cádmio, por exemplo, pode causar câncer. O mercúrio pode causar mutações e danos genéticos, o cobre, o chumbo e o mercúrio podem causar lesões cerebrais e ósseas (WRI, 1987). A presença de metais pesados na água é motivo de preocupação, principalmente pelo efeito tóxico e bioacumulativos na cadeia trófica.

Os efluentes industriais são as principais fontes de contaminação das águas dos rios com metais pesados. Indústrias metalúrgicas, de tintas, de cloro e de plástico PVC (vinil), entre outras, utilizam mercúrio e diversos metais em suas linhas de produção e acabam lançando parte deles nos cursos de água. Outra fonte importante de contaminação do ambiente por metais pesados são os incineradores de lixo urbano e industrial, que provocam sua volatilização e formam cinzas ricas em metais, principalmente mercúrio, chumbo e cádmio (BRAYNER, 1998). Além disso, deve-se considerar, segundo CALMANO (1996), que a contaminação por metais pode ocorrer de fontes difusas, como aquelas originadas pela atmosfera, disposição de lixo de atividades de mineração entre emissão de efluentes industriais.

Os metais pesados não podem ser destruídos e são altamente reativos do ponto de vista químico, o que explica a dificuldade de encontrá-los em estado puro na natureza.

Normalmente apresenta-se em concentrações muito pequenas, associados os outros elementos químicos, formando minerais em rochas. Quando lançados na água como resíduos industriais, podem ser absorvidos pelos tecidos animais e vegetais (CHEN e al.,1991).

Uma vez que os rios deságuam no mar, estes poluentes podem alcançar as águas salgadas e, em parte, depositar-se no leito oceânico. Além disso, os metais contidos nos tecidos dos organismos vivos que habitam os mares acabam também se depositando, cedo ou tarde, nos sedimentos, representando um estoque permanente de contaminação para a fauna e a flora aquáticas.

2.4.3.1. Boro

O boro elementar não é significativamente tóxico, não podendo ser classificado como veneno; no entanto, quando em pó muito fino, é duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, se esta for esfregada depois de estar em contato com ele. Parece ser indispensáveis pequenas quantidades de boro na água para o crescimento das plantas, mas em grandes quantidades é tóxico (AYRES & WESTCOT, 1991).

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde não faz referência a este parâmetro, no entanto, a OMS (1999) recomenda valor máximo de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ para água potável. Os valores observados estão acima do limite máximo permitido pela referida Portaria em toda pesquisa. Sobre a exposição de humanos ao Boro, não se têm muitas respostas, sabe-se que em estudos com ratos, quando submetidos a diferentes concentrações de Boro houve incidência de problemas de reprodução nos machos e de tumores nestes e nas fêmeas (OMS, 1999).

2.4.3.2. Cádmio

O **cádmio** pode causar intoxicações agudas em trabalhadores, por exposição direta em seus locais de trabalho e em populações de áreas industriais poluidoras (IKEDA, 2000). O cádmio absorvido pelo homem (e por outros animais) concentra-se em vários órgãos, na urina e no sangue, com acúmulo no fígado e rins (ROELES, 1999). O cádmio absorvido pelo homem via alimentos ou água ou inalado sob forma gasosa pode concentrar-se em vários órgãos como fígado, rins, sistema nervoso, intestinos, ossos, pele, comprometendo o perfeito funcionamento dos mesmos (BLOTTNER, et al.,1999).

2.4.3.3. Chumbo

O **chumbo** está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos, nestes últimos, naturalmente, por contaminação e na embalagem. Está presente na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios a base de chumbo (materiais de construção). O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição e metalurgia. Constitui veneno cumulativo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com conseqüências bastante sérias. Outros sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizado pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarréias (CETESB, 2006).

2.4.3.4. Cobre

As concentrações de **cobre** em águas superficiais são, normalmente, bem menores que $20 \mu\text{g.L}^{-1}$. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estação de tratamento de esgotos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicidas e pesticidas no tratamento de solos efluentes, e a precipitação atmosférica de fontes industriais. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão de mucosas, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão. Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara. A presença de cobre no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir nos usos domésticos (PHILIPPI, et al., 2004).

2.4.3.5. Manganês

O **manganês** raramente atinge concentrações de 1mg.L^{-1} em águas superficiais naturais, em geral, esta presente em quantidades de $0,2 \text{mg.L}^{-1}$ ou menos. É muito usado na indústria do aço e na fabricação de ligas metálicas e baterias, bem como, na indústria química, em tintas vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros. Sua presença em quantidades excessivas é indesejável em mananciais de abastecimento público, em razão de seu efeito no sabor, do tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e do acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição. As águas superficiais raras vezes contêm níveis tóxicos de boro, porém, as nascentes e as águas de poços podem conter concentrações tóxicas, principalmente nas falhas sísmicas e áreas geotérmicas (AYRES & WESTCOT, 1991).

2.4.3.6. Níquel

Concentrações de **níquel** em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, embora concentrações de mais de 11 mg.L^{-1} possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A queima de combustíveis fósseis contribui para o aumento da concentração no meio ambiente. Os processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas e as indústrias de eletrodeposição também se enquadram como contribuintes principais; como fonte secundária, está a fabricação de alimentos, de artigos de panificadoras, de refrigerantes e de sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis afetar nervos cardíacos e respiratórios (PHILIPPI, et al., 2004).

2.4.3.7. Zinco

Em águas superficiais, as concentrações de **zinco** estão normalmente na faixa de $0,001$ a $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$. Largamente utilizado na indústria, o zinco é produzido no meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam as produções de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e apresenta um sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isto só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas (PHILIPPI, et al., 2004)

2.5. Monitoramento da qualidade da água

MAGALHÃES JUNIOR (2000) fez um uma vasta revisão sobre monitoramento das águas no país, enfocando não apenas o processo evolutivo da gestão dos recursos

hídricos como também o papel que as instituições vêm desenvolvendo e as atividades a elas atreladas. Enfatiza a necessidade de se ter uma base sólida de dados para a gestão das águas, sob pena de se gerenciar algo que não se conhece. Dentro desse cenário, o autor destaca a participação das universidades que, através de seus projetos de pesquisa, reativam e integram a rede de monitoramento da água existente nas diversas regiões do país.

Neste sentido, PONTES & SCHRAMM (2004), relata que a água, por constituir-se num bem de primeira necessidade, essencial à vida tanto em sua dimensão individual quanto coletiva, e por ser um recurso escasso e finito, agravado pelo uso predatório e desigual, coloca para as atuais gerações a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação.

Ao longo da história da humanidade a qualidade e a quantidade da água disponível para o ser humano têm sido fatores que determinaram seu bem estar. Civilizações têm desaparecido ou mudado devido à secas e outras modificações climáticas (MANAHAN, 1994). Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados em diferentes escalas como consequência negativa de atividades antrópicas (por exemplo, mineração, canalização, construção de represas, eutrofização artificial, etc.). Os rios integram tudo o que acontece nas áreas de entorno, considerando-se o uso e ocupação do solo. Assim, suas características ambientais, especialmente as comunidades biológicas, fornecem informações sobre as consequências das ações do homem (CALLISTO & GOULART, 2001).

A qualidade de água é um conceito relativo que depende diretamente do uso a que se destina, balneabilidade, consumo humano, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. Conseqüentemente, neste contexto, o sistema de avaliação da qualidade será diferente. Para que se faça uma avaliação é necessário seguir os seguintes critérios: i) as

concentrações, espécies e tipos de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água; ii) a composição e o estado da biota aquática; iii) as mudanças temporais e espaciais que se produzem devido aos fatores intrínsecos e externos ao sistema aquático em estudo. Esta definição ampla só tem sentido quando queremos avaliar a qualidade ecossistêmica do meio, o que significa que o objetivo será manter todo o ecossistema de estudo com seus componentes e sua funcionalidade (PRAT & WARD, 1997).

A avaliação da qualidade de água, importante ferramenta na gestão de recursos hídricos, passa pela obtenção de dados confiáveis dos corpos d'água de interesse. A Organização Mundial da Saúde sugere três formas básicas para obtenção destes dados (DERISIO, 1992):

Monitoramento: Prevê o levantamento sistemático de dados em pontos de amostragem selecionados. Visa acompanhar a evolução das condições de qualidade de água ao longo do tempo;

Vigilância: Implica em uma avaliação contínua da qualidade da água. Busca detectar alterações instantâneas de modo a permitir providências imediatas para resolver ou contornar o problema;

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

Em qualquer dos métodos utilizados, a seleção dos parâmetros físico-químicos ou biológicos de qualidade de água deverá levar em conta os usos previstos para o corpo d'água e as fontes de poluição existentes na sua área de drenagem. A combinação destes parâmetros possibilita a utilização de índices que podem representar a situação de determinado corpo d'água de forma confiável (DERISIO, 1992).

Para solucionar os conflitos entre os usos da água, sejam eles de utilização para fins de abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, e recreação, e a

preservação qualitativa e quantitativa do manancial, faz-se necessário um programa de monitoramento da qualidade da água para fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e, além disso, propiciar informações para a tomada de decisões com relação ao gerenciamento deste recurso hídrico. As informações necessárias para a tomada de decisão devem ser buscadas através de um Sistema de Informações Ambientais que levem em conta as componentes do meio ambiente, ou seja, o conjunto dos meios físico, antrópicos e sócio-econômico e, desta forma, possibilite o monitoramento das ações do homem sobre o ambiente e as respostas deste, na forma de impactos, considerando-se nestes processos a fragilidade do sistema ambiental.

Segundo MAGALHÃES JÚNIOR (2000), o monitoramento deve ser visto como um processo essencial á implantação dos instrumentos de gestão das águas, já que permitem a obtenção de informações estratégicas, acompanhamentos das medidas efetivas, atualização do banco de dados e atualização das decisões. Este mesmo autor relata a importância de se ter um banco de dados como instrumento de gestão, sob pena de tentar-se gerenciar o que não se conhece.

2.6. Enquadramento de água: instrumento de gestão

O enquadramento recebeu especial ênfase na Lei Federal nº 9.433/97 da Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesta Lei, ele é considerado como um dos instrumentos de gestão. Apesar desta consideração feita pela 9.433/97 (na Lei nº 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente, o enquadramento também é entendido como instrumento de gestão) existem divergências em defini-lo como “instrumento” uma vez que ele representa uma meta ambiental a ser alcançada.

Segundo REBOUÇAS et al. (2006), a legislação vigente – Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 357/2005 – Classifica as águas do território brasileiro, de acordo com a sua salinidade, em **água doce** (salinidade inferior ou

igual a 0,5%) **salobra** (salinidade entre 0,5% e 30%) e **salina** (salinidade superior a 30%). O mesmo autor ressalta que, o Sistema Nacional de Unidades (SI), a salinidade da água refere-se com maior precisão com Sólidos Totais Dissolvidos (STD), pois os constituintes em solução na água não são, necessariamente, sais, os valores de referência do CONAMA são respectivamente inferior ou igual a 500 mg.L^{-1} , entre 500 e 30 mil mg.L^{-1} e maiores de 30 mil mg.L^{-1} . A Resolução do CONAMA nº 357/2005, classifica as águas doces em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) 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; e

e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;

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

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário; e

e) a dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

Os padrões de potabilidade para as águas destinadas ao abastecimento humano são estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS, que define como água potável àquela que apresenta aspecto límpido e transparente; não apresenta cheiro ou gosto objetáveis, não contém nenhum tipo de microrganismo que possa causar doença, e não contém nenhuma substância em concentrações que possam causar qualquer tipo de prejuízo à saúde. No Brasil, os padrões de potabilidade são definidos pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2000), através da Portaria no 518 de 26/03/2004. Esses padrões, de um modo geral, são valores máximos permitidos (VMP) de concentração para uma série de substâncias e componentes presentes na água.

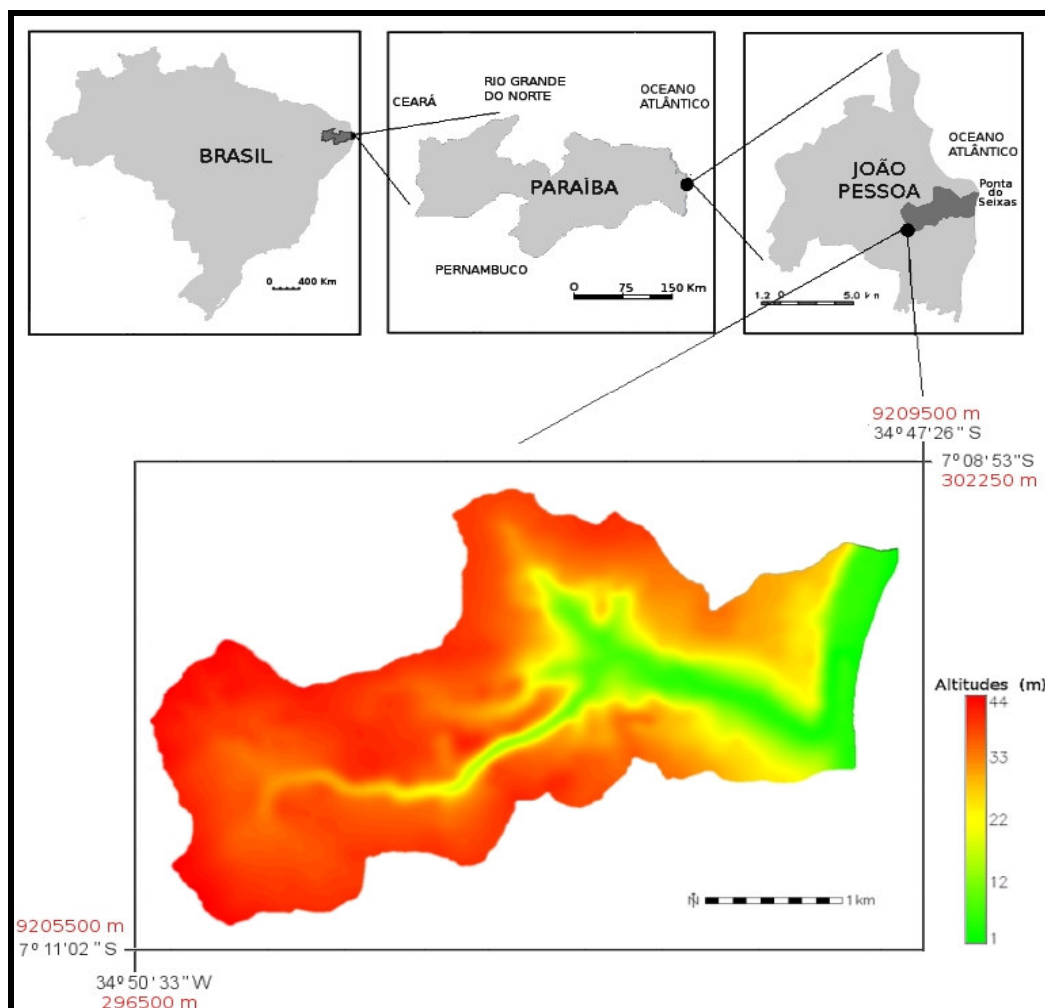
Um importante aspecto na avaliação da qualidade da água em um corpo hídrico é acompanhar a sua tendência de evolução no tempo possibilitando, dessa forma, a identificação de medidas preventivas bem como a eficiência de algumas medidas adotadas. A avaliação da qualidade da água, bem como sua evolução no tempo-espço, só será possível através da implementação de programas sistemáticos de monitoramento, resultando em séries históricas que, futuramente, possam ser analisadas a fim de

estabelecerem-se padrões de distribuição sazonais e espaciais para indicadores bióticos e abióticos. Os conhecimentos destas variações poderão ser manipulados e utilizados para a previsão da qualidade da água durante o ano hidrológico, além de subsidiar parâmetros de operação dos reservatórios (FREIRE, 2000).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização ambiental

A bacia hidrográfica do Rio Cabelo está localizada na cidade de João Pessoa no setor oriental úmido do estado da Paraíba (Figura 01), entre as coordenadas $7^{\circ}08'53''$ e $7^{\circ}11'02''$ de latitude sul e $34^{\circ}47'26''$ e $34^{\circ}50'33''$ de longitude oeste e uma altitude média de 31,15m (LEITE et al., 2004).



Fonte: Leite, 2005.

Figura 01. Localização da bacia hidrográfica do Rio do Cabelo - João Pessoa – PB.

A área limita-se ao Sul com a bacia do Aratú e ao Norte com a Ponta de Seixas, ponto mais Oriental das Américas; a Leste com o Oceano Atlântico alcança no alto do curso áreas do Conjunto Mangabeira, Cidade Verde e Conjunto Mariz (SASSI et al.,1997).

Apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 9,78 km² e um perímetro de 17,54 km², de forma aproximadamente retangular, no sentido Oeste-leste e uma saliência na porção Norte, no curso do rio (Figura 02).

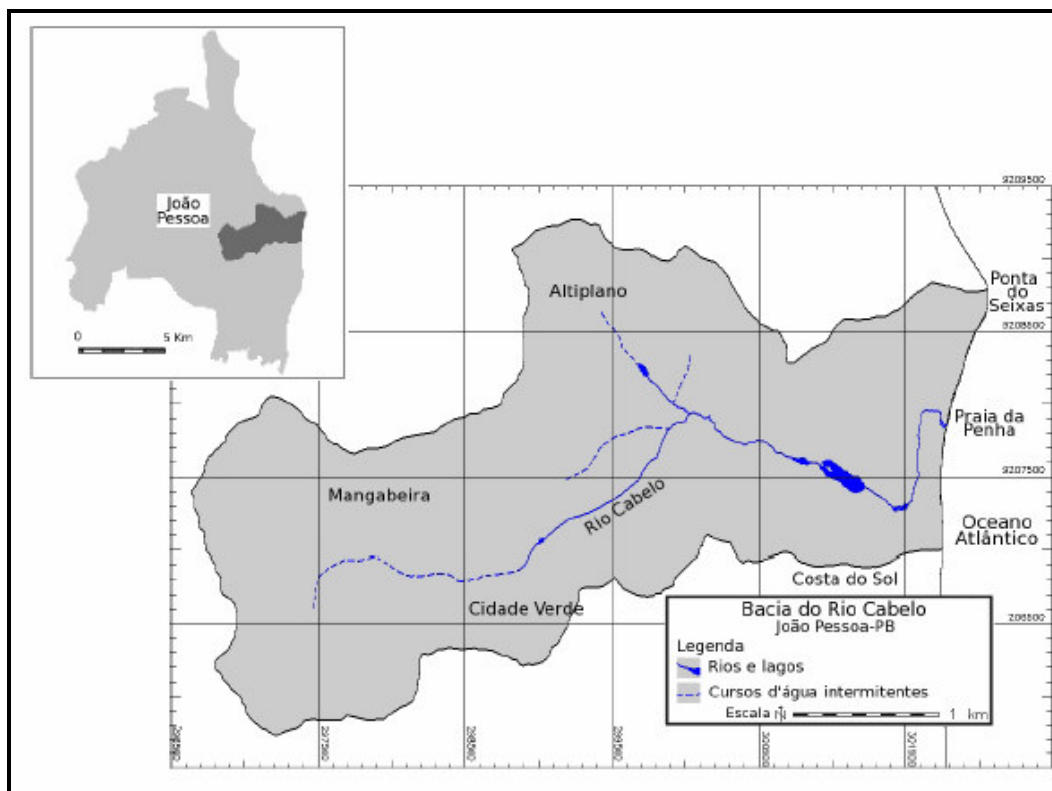


Figura 02. Bacia hidrográfica do Rio Cabelo com delimitação da área de estudo (coordenadas UTM)

A área de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Cabelo estende-se em sua maior dimensão, na direção oeste-leste do bairro de Mangabeira até a sua desembocadura, na Praia da Penha. Nesse percurso, é possível observar aspectos ambientais inerentes à descrição do ambiente físico da bacia e suas implicações no que diz respeito à fragilidade dos ecossistemas presentes, antecipando o registro de agressões ambientais verificadas. O

Rio Cabelo é o principal rio da bacia hidrográfica, é um rio perene. Seu comprimento é de 6,02 km e uma largura aproximada de 4 metros na foz, no estuário da Penha.

A bacia insere-se no complexo Gramama e Mamuaba, unidade de gestão dos recursos hídricos do estado da Paraíba(Figura 03). Essas bacias seguem o padrão de bacias litorâneas do Nordeste, que via de regra são de médio e pequeno porte e encontram-se próximas dos grandes centros ou mesmo em regiões de periferias (LEITE, 2005)

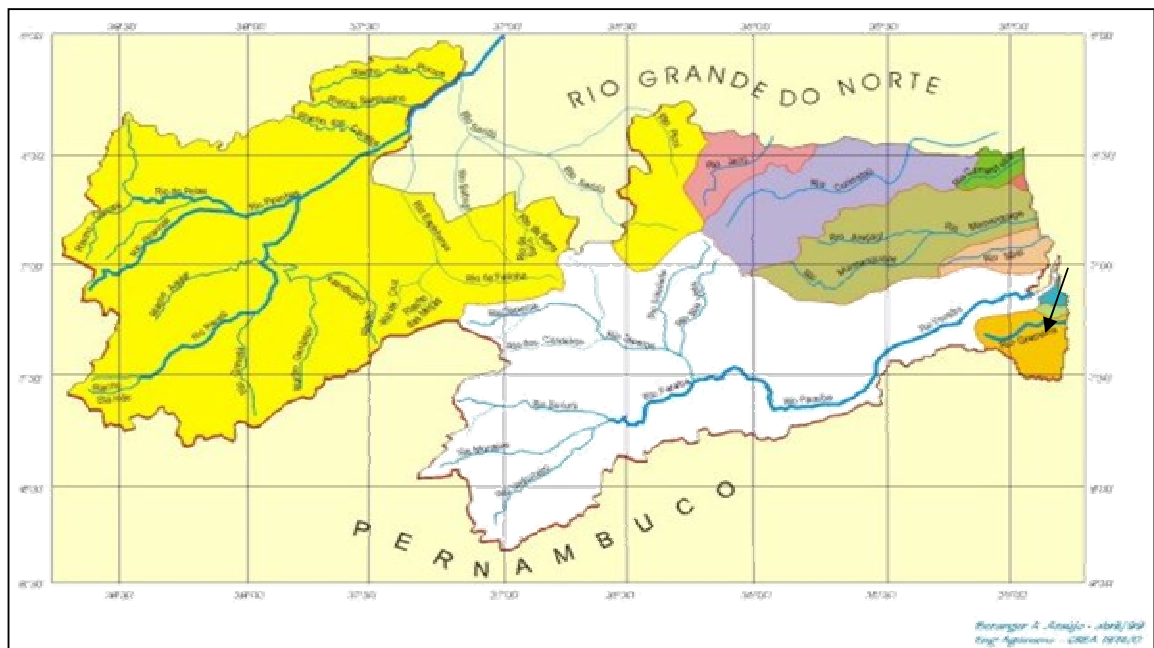


Figura 03. Mapa das bacias hidrográficas -Paraíba

Na bacia os principais usos são: água superficial - abastecimento, recreação, dessedentação animal, irrigação, usos domésticos e diluição das cargas de efluentes domésticos e industriais. Alguns destes usos têm provocado impactos ambientais negativos no Rio Cabelo. Neste estudo, foram observados os mais representativos.

3.1.1. Aspectos Climáticos

O município de João Pessoa está inserido dentro do domínio do clima tropical quente – úmido; fortemente influenciado pelos alísios marítimos e caracteriza-se por apresentar uma estação seca observada nos meses de setembro, outubro, novembro e

dezembro, e por uma estação chuvosa cujos máximos situam-se durante os meses de maio, junho e julho. Trata-se, portanto de uma área quente, devido a sua situação litorânea e a sua latitude, sujeitas a insolação forte de 2995 horas de luz por ano (OLIVEIRA, 2001).

A precipitação média anual é de aproximadamente 1800 mm, a evaporação média do tanque classe A é de aproximadamente 1310mm. A umidade relativa em torno de 80% (RODRIGUEZ, 2002). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima regional é As', ou seja, tropical, quente e úmido com chuvas de outono-inverno (abril, maio e junho). João Pessoa tem apresentado temperaturas médias anuais que ficam em torno de 26°C e uma amplitude térmica anual de cerca de 5°C, característica dos climas tropicais oceânicos (RODRIGUEZ, 2002). As temperaturas mais elevadas ocorrem na primavera e no verão sendo na primavera que ocorrem os menores índices pluviométricos, bem como a estação ecologicamente seca, com presença de uma maior evapotranspiração.

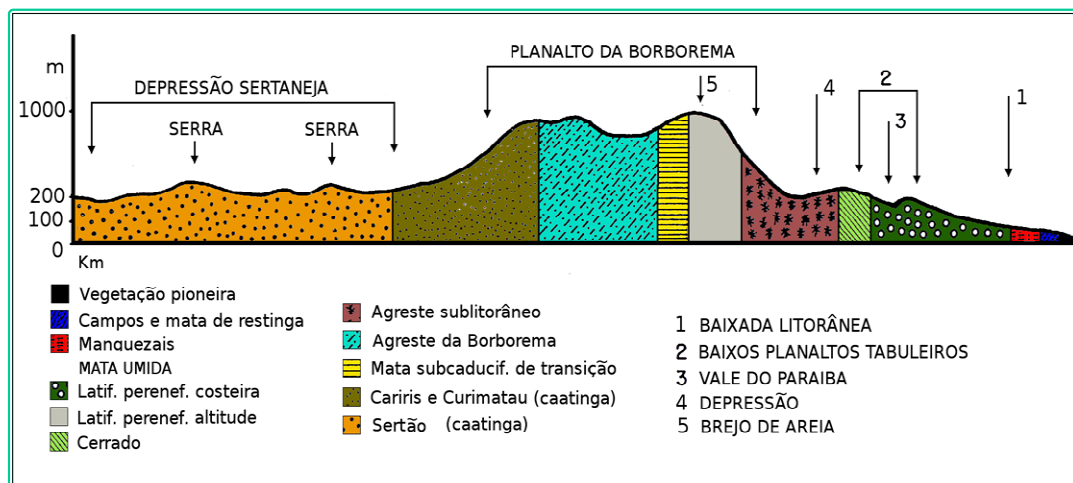
3.1.2. Aspectos Geológicos

A bacia hidrográfica do Rio Cabelo está inserida na faixa costeira Pernambuco - Paraíba, apresentando aspectos fisiográficos característicos da região (LEITE, 2005). A seqüência estratégica da bacia costeira compreende o embasamento cristalino, Pré-Cambriano indiferenciado e, sobrepostos a estes, o Grupo Paraíba (servem de suporte as rochas de formação barreiras), por sua vez, são construídos pela Formação Beberibe inferior e superior, pela formação Gramame, constituído por calcários, e no topo da seqüência os calcários da formação Maria Farinha, em seguida, uma discordância separa as formações supracitadas da Formação Barreiras, com característicos areno-argilosas. A coluna estratificada é então encerrada com a presença de sedimentos recentes, os aluviões, as coberturas arenosas, praia e dunares, e sedimentos de mangues e arrecifes (MOTA, 1995).

A bacia do Rio Cabelo está totalmente inserida sobre os sedimentos de formação barreiras. O nome barreiras consagrou-se na literatura especializada a partir da morfologia que esta seqüência sedimentar apresenta no contato com as planícies litorâneas e aluviais: falésias vivas ou mortas e vertentes abruptas e desnudas de certos trechos de vales, que entalham este pacote sedimentar (LUMMERTZ, 1997). Esse tipo de formação geológica apresenta uma fragilidade litológica que, combinada à ocupação humana, incorre em processos morfodinâmicos profundos, culminando com a lixiviação do solo e movimentos de massa, caracterizados por processo de arenização da superfície e pela formação de ravinas (QUEIROZ et al., 1996).

3.1.3. Aspectos Geomorfológicos e Pedológicos

A bacia do Rio do Cabelo tem como características geomorfológicas a inserção do alto médio curso do rio em áreas dos Baixos Planaltos tabuleiros, e o seu baixo curso, na Planície Litorânea (Figura 04).



Fonte: adaptado de Carvalho (1992)

Figura 04. Perfil topográfico, geomorfológico e da vegetação do estado da Paraíba.

Os Baixos Planaltos Tabuleiros ou Baixos Tabuleiros Costeiros apresentam relevo semi-tabular e não recortados por rios no sentido oeste-leste e desembocadura no Oceano

Atlântico. A exceção do complexo Gramame-Mamuaba, os rios são, notadamente, de pequenas extensões, ao sul da cidade de João Pessoa. È o caso do Rio Cabelo, Aratú, Jacarapé e Cuiá. Todas estas bacias fluvio-marinhas têm sofrido conseqüências do rápido processo de expansão da cidade e do intenso povoamento do litoral, o que culmina em danos ambientais de maior ou menor magnitude(SASSI et al.,1997; LEITE et. al. ,2004; LEITE,2005).

As vertentes dos rios da bacia seguem o padrão predominante dos Baixos Planaltos Costeiros. As vertentes apresentam-se convexas, bem dessecadas, com suco principal aprofundado pelo escoamento superficial e pela ação humana (CARVALHO, 1982). O Baixo Planalto é cortado por vários vales fluviais, configurando “vales de fundo chato”, cujos rios perenes correm paralelos entre si, separando a superfície em blocos as vezes extensos, pouco dessecados como os do litoral norte, as vezes bem mais erodidos, semi-colinosos, como os do litoral sul, demonstrando a interferência cada vez maior, daí para o sul, dos climas úmidos e dos processos erosivos do escoamento pluvial (RODRIGUEZ, 2002).

A bacia hidrográfica do Rio Cabelo corresponde uma estreita faixa de praia, com altitudes variando de 0 a 45 m, interceptada pelo estuário do rio, a altitude dos Baixos Planaltos Costeiros varia de 28m a 41m, em posição sobre a falésia e na nascente do rio no bairro de Mangabeira, respectivamente (LEITE, 2005). O mangue nesta área é de extensão reduzida, não só pela dimensão da planície litorânea, neste setor, mas, pelas atividades antrópicas na área, que tem aterrado o mangue para expansão urbana.

Os solos predominantes na bacia são: Latossolo vermelho-amarelo distrófico, Podzólico vermelho-amarelo, Aluvionais e Areias Quartzozas distróficas (CARVALHO, 1982; SASSI, et al.,1997). Algumas vezes, sobretudo em seu médio curso, níveis essencialmente arenosos recobrem, por extensas áreas, a superfície dos tabuleiros, por se

tratar de uma formação ainda não definida se (pedogenética ou dunar) e bastante dispersa em nível de superfície (SASSI et al., 1997). Os solos predominantes da área são de textura arenosa, com uma maior permeabilidade na faixa litorânea e nas areias quartzosas (LEITE, 2005). Na desembocadura dos rios e até onde existe influência das marés, aparecem solos salinos, pantanosos ou instáveis, com alto teor de matéria orgânica em decomposição (RODRIGUEZ, 2002).

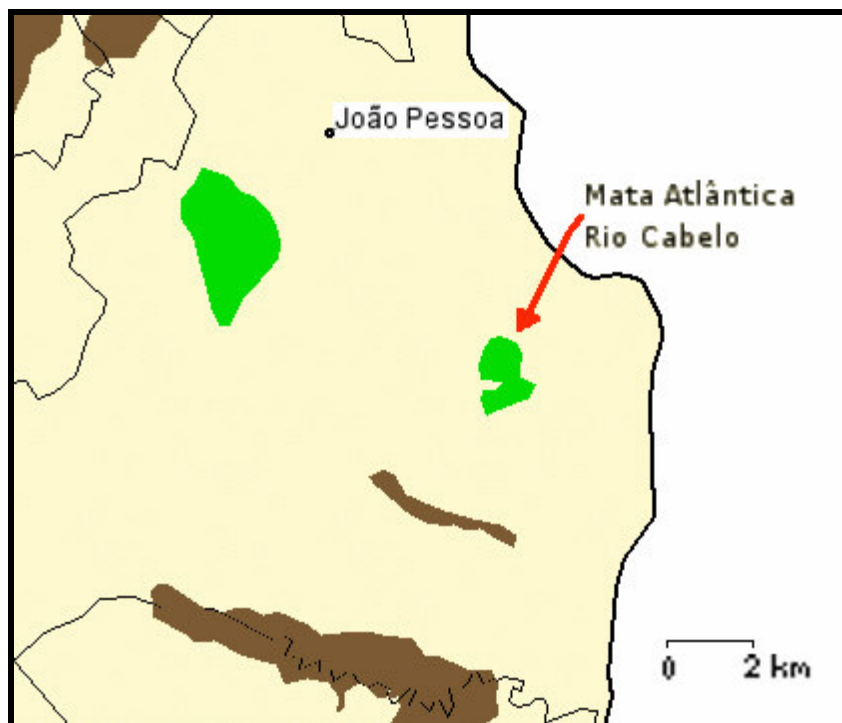
3.1.4. Vegetação

A região que abrange a micro bacia do Rio Cabelo apresenta-se fortemente impactada por interferências antrópicas diversas, decorrentes da expansão urbana. Segundo SASSI et al., 1997, as comunidades de vegetação desta bacia incluem:

- Na desembocadura – um bosque de mangue muito estreito e bastante destruído devido à construção de condomínios residenciais e associações de classes em área públicas;
- Sobre o tabuleiro costeiro – capoeira de mata fortemente degradada e plantações de côco.

Os tipos de vegetação citados anteriormente compreendem: Mata Atlântica, atualmente reduzida a 5% na Paraíba, Cerrados, Campos de Várzea (higrófilas e hidrófilas), Manguezais. Em setores com mata atlântica, a presença de espécies exóticas de grande capacidade invasora, descaracterizando a vegetação local. É o caso Castanhola (*Terminalia catappa* L.) e Mamona (*Ricinus communis* L.).

A composição florística é praticamente constante em todos os estuários . Algumas espécies como o mangue de botão, mangue vermelho, mangue branco e o siriuba, samambaia-assu e a guaxuma, ocorrem nos setores marginais de solos, com características mais estáveis (RODRIGUEZ, 2002). A Mata Atlântica do Rio Cabelo está, inclusive, catalogada no Atlas Nacional da Mata Atlântica (Figura 05).



Fonte: adaptado por LEITE (2005)

Figura 05. Recorte do Atlas dos Municípios da Mata Atlântica, com indicação do fragmento de Mata Atlântica do Rio Cabelo.

A bacia do Rio Cabelo é considerada zona especial de preservação pelo Plano Diretor (Lei Complementar nº 3, de 30/12/92; Lei Municipal Ordinária nº 7.899, de 20/09/95) e pelo Código de Meio Ambiente de João Pessoa (Lei complementar de 29 de agosto de 2002). As áreas de interesse para a preservação são: o Manguezal existente na desembocadura do Rio na Planície Litorânea, e remanescente de Mata Atlântica, localizada em setor de propriedade do Governo Estadual, conhecida como Fazenda Mangabeira, nos Baixos Tabuleiros Costeiros.

A fruticultura é a principal atividade agrícola explorada na bacia hidrográfica do Rio Cabelo, onde se localiza a área de pesquisa, destaca-se a carência de informações sobre a qualidade da água que é utilizada para irrigação na área e suas relações com o manejo da irrigação e com a produtividade das culturas agrícolas. A Paraíba apresenta grande

potencial para exploração da fruticultura e que responde por grande parcela da geração de empregos e renda do agricultor familiar. A crescente demanda dos mercados interno e externo por diferentes espécies de frutas, tem-se constituído forte estímulo ao desenvolvimento do estado que, em particular, se beneficia de suas condições excepcionais de clima (FERREIRA et al., 2005)

3.1.5. Ocupação e uso do solo

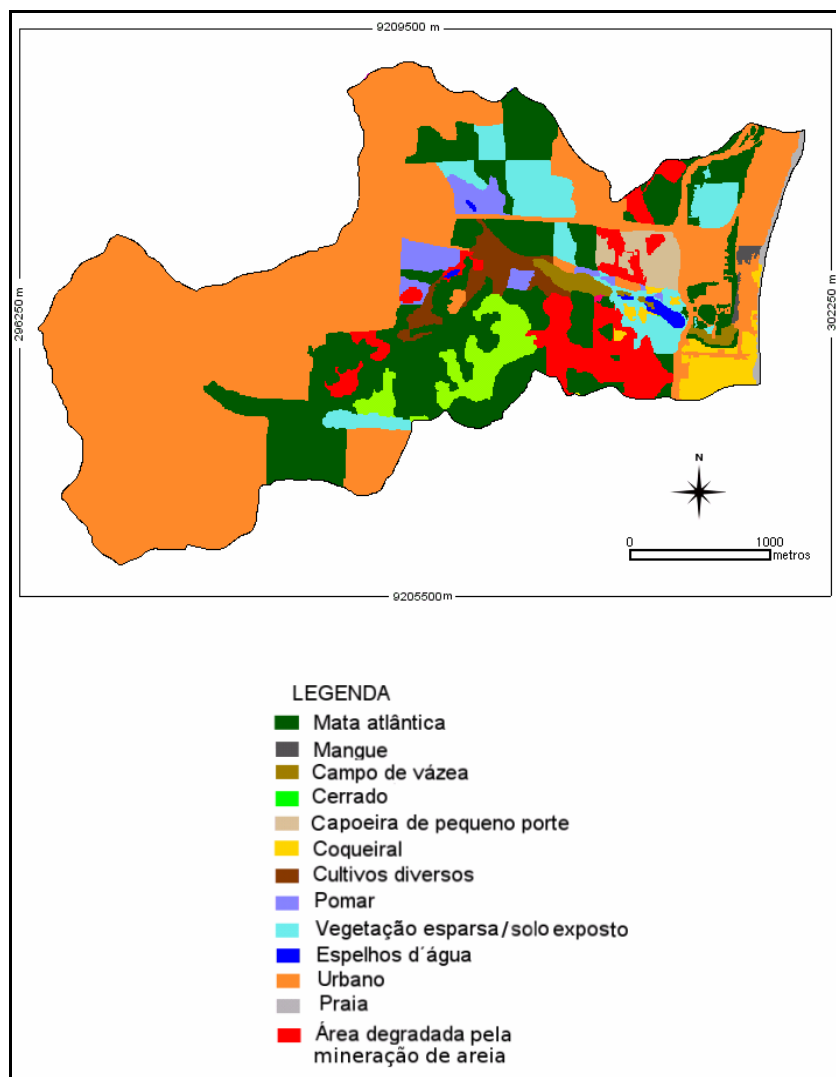
Até o início dos anos 80, poucos turistas freqüentavam as praias do litoral sul, devido à dificuldade de acessos. As terras tinham pouco valor mercantil e os moradores viviam da pesca e da agricultura de subsistência. No final da década de 80, com a construção do anel viário do Projeto Costa do Sol (atualmente denominado Pólo Cabo Branco), acelera-se o ritmo de desmatamentos sobre os tabuleiros costeiros anteriormente ocupados pela vegetação de mata e cerrado. Áreas de mangues foram aterradas e trechos dos Rios do Cabelo e Aratú foram desviados e encontram-se degradados devido à construção de pontes na via de acesso ao Pólo Turístico (SILVA, 1997).

Outro fator que veio intensificar a degradação na área foi a construção da Pb-008, iniciada no final dos anos 90, com objetivo de interligar as praias urbanas ao litoral norte e sul, os impactos sociais e ambientais negativos se intensificaram. Os projetos turísticos implementados na área, mesmo realizando estudos de Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA), sua eficácia tem sido questionável quanto à preservação do ambiente, visto que os órgãos executores não seguem na íntegra as restrições contidas nestes relatórios.

SASSI et al. (1997), em um estudo integrado das lagunas costeiras do Estado da Paraíba observou que a bacia do Rio Cabelo encontrava-se na época da pesquisa com 40% de sua área com ocupação urbana ou com vegetação secundária. A planície flúvio-marinha, que ocupava cerca de 7 ha, dos quais 28% são colonizados por vegetação de mangue já se encontrava bastante degradada. Outra observação bastante negativa é o percentual de

6,49% correspondente a áreas degradadas pela exploração mineral de areia, causando forte impacto de difícil recuperação.

LEITE et. al (2004) em um diagnóstico ambiental preliminar da bacia hidrográfica do Rio Cabelo João Pessoa, relata que, somente com relação a ocupação urbana (Figura 06),



Fonte: LEITE , (2005)

Figura 06. Mapa de uso e ocupação do solo na bacia do Rio Cabelo

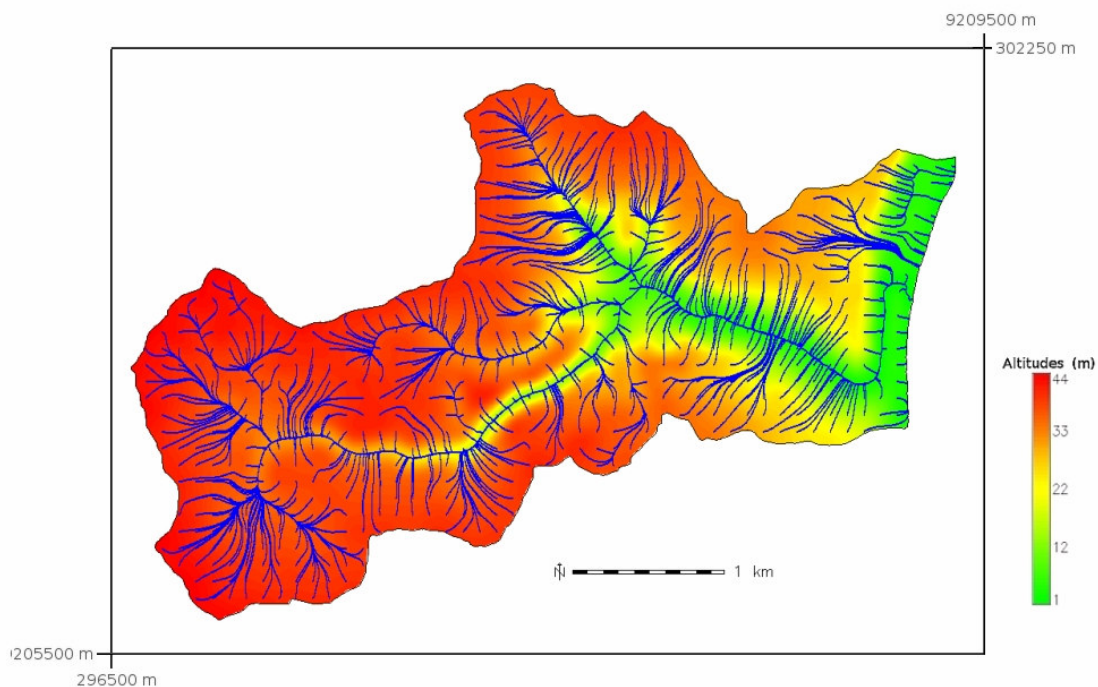
houve um acréscimo na área de 7,75% uma vez que esta ocupação corresponde a 52,75%. Se a ocupação urbana fosse acrescida áreas de capoeira de pequeno porte,

vegetação herbácea e áreas com solo exposto, o que segundo os autores, os 45% passam estão a 61,14%, o que mostra uma significativa taxa de aumento de retirada da cobertura vegetal original da área.

No contexto de urbanização a bacia do Rio Cabelo tem área de drenagem, ao sul, com os conjuntos habitacionais Cidade Verde e Mariz e no Projeto Costa do Sol; ao norte, no bairro Altiplano e na Praia de seixas; a oeste, no conjunto Mangabeira e, a leste, limita-se com Oceano Atlântico (LEITE, 2005).

3.1. 6. Dados hidrológicos do Rio Cabelo

A Figura 07, mostra a rede de drenagem com respectivas linhas de fluxo da bacia do Rio Cabelo .



Fonte: LEITE (2005)

Figura 07. Linhas de fluxo bacia hidrográfica do Rio Cabelo

O Rio Cabelo é considerado um rio urbano de Classe III de acordo com a Superintendência de administração do Meio Ambiente (SUDEMA). Pela resolução 357/05 do CONAMA, águas do Rio Cabelo podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

A vazão do Rio do Cabelo variou durante a pesquisa de $16 \text{ L} \cdot \text{seg}^{-1}$ após a nascente até $400 \text{ L} \cdot \text{seg}^{-1}$ na foz, localizada no estuário da penha.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. Uso de água no Rio Cabelo

Através de questionário (Anexo A), foi levantado o uso de água da bacia do Rio Cabelo, com objetivo de classificar as águas de acordo com os usos preponderantes pela população local, foram entrevistados 60 moradores que residem próximo às margens do rio, totalizando 100% da população ribeirinha, que não tem água saneada da CAGEPA e utiliza a água do rio para diversos usos.

3.2.2. Levantamento das fontes de poluição da bacia do Rio Cabelo

Com uso de GPS (Global Positioning System) de precisão, foram georeferenciadas as fontes de poluição pontuais localizadas na calha do rio. Através de visitas de campo, fotografias e uso do GPS foram registradas as principais fontes de poluição difusas. Os pontos amostrais foram georeferenciados em (UTM) durante o processo de digitalização através do Software Grass - Geographic Resources Analysis Support System (GRASS, 2005).

3.2.3. Avaliação da qualidade da água no Rio Cabelo

A SUDEMA faz um monitoramento mensal da água do Rio Cabelo em três pontos próximo ao estuário desde 1998 (CB4, CB5 e CB6), correspondente a uma serie de dados de oito anos. Quando realizado o levantamento das fontes de poluição na bacia do Rio Cabelo em 2004 observou-se que estes pontos não eram suficientes para interpretação dos níveis de poluição na nascente e no médio curso do rio, área atualmente mais influenciada pelas atividades antrópicas. Desta forma para alcançar os objetivos do projeto, foram adicionados três novos pontos ao monitoramento (CB1, CB2 e CB3), totalizando 6 pontos amostrais, devido a sua cobertura total do trecho do rio (Figura 8).

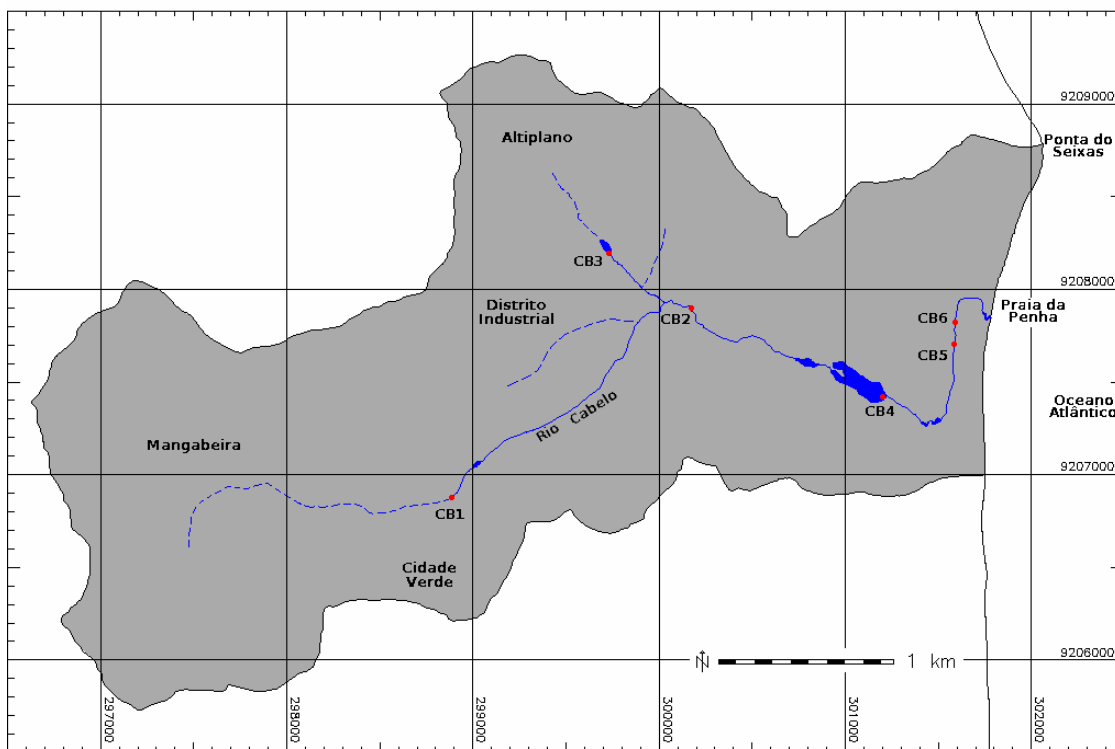


Figura 08. Localização dos pontos amostrais de coleta de água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo.

Seis áreas de influência foram selecionadas: (1) áreas próximas a nascente (2) área industrial; (3) áreas próximas a esgotamento in natura; (4) áreas de uso doméstico e (5) e

(6) áreas destinadas a balneabilidade, por apresentarem maiores riscos. A tabela 1, mostra os pontos amostrais com localização e coordenadas.

Tabela 1. Localização dos pontos analisados - Rio Cabelo - João Pessoa.

Pontos Amostrais	Localização	Coordenadas(m)	
		Leste	Norte
CB1	Nascente	298852,06	9206860,58
CB2	Efluente do Condomínio	300170,95	9207890,18
CB3	Granja	299731,81	9208195,89
CB4	PB 008	301199,22	9207419,92
CB5	Escadaria da Penha	301586,00	9207706,20
CB6	AFRAFEP	301590,80	9207824,20

3.2.4. Banco de dados

Para o estudo da área da bacia hidrográfica do Rio Cabelo foram utilizados os seguintes documentos:

- Banco de dados da SUDEMA do período de março de 1998 a março de 2006 dos seguintes parâmetros:
 - Físico e químicos: Temperatura, Cor (Pt/L^{-1}), Turbidez (UTN), pH (Potencial Hidrogeniônico), Condutividade elétrica(CE)- $\mu\text{s/cm}$ Oxigênio Dissolvido (OD) - mg.L^{-1} , Demanda Bioquímica de Oxigênio(DBO) - mg.L^{-1}
 - Microbiológicos: Coliformes Fecais(UFC / 100ml)
- Fotografias
- Visitas de campo

3.2.5. Monitoramento da qualidade da água

Para cumprir os objetivos da pesquisa 28 novos parâmetros, foram monitorados durante doze meses, de março de 2005 a março de 2006. As coletas foram realizadas em garrafas de água mineral de 1 litro, todas as coletas foram realizadas na parte da manhã, em horário variando de 6 às 8 horas. Os novos foram: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Sódio (Na^+), Potássio(K^+), Cloretos (Cl^-), Sulfatos(SO_4^{2-}), Bicarbonatos $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, Carbonatos (CaCO_3), Ferro (Fe), Alcalinidade em Carbonato (CO_3^{2-}), Alcalinidade em Bicarbonato (HCO_3^-), Alcalinidade Total (CaCO_3), Dureza Total (CaCO_3)e a RAS (Relação de Adsorção de Sódio).As análises foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), segundo a metodologia de (SILVA & OLIVEIRA, 2001). A RAS foi determinada pela seguinte expressão:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Onde:

Na^+ = Sódio (mg.L^{-1})

Ca^{++} = Cálcio (mg.L^{-1})

Mg^{++} = Magnésio(mg.L^{-1})

RAS = Relação de adsorção de Sódio (mmol.L^{-1})^{0,5}

Foram determinadas os nutrientes na forma nitrogenada (Nitrogênio Total, Nitrogênio Orgânico, Amônia, Nitrito, Nitrato) e na forma fosfatada (Fósforo Total e ortofosfato), as análises foram realizadas no Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) na Cidade de Campina Grande, segundo a metodologia (SILVA & OLIVEIRA, 2001).

Como a bacia hidrográfica do Rio Cabelo sofre atualmente diversos impactos advindos das atividades industriais, foi realizada a análise de metais pesados dos seguintes

parâmetros: Boro (B), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). As análises foram realizadas na Universidade Federal da Paraíba – CAMPUS II (Areia), a metodologia utilizada foi a da APHA (1995).

3.2.6. Análise de dados

Este estudo utilizou uma base de dados múltiplos para avaliar o monitoramento da qualidade da água na bacia do Rio Cabelo, no trecho correspondente desde a nascente até a sua foz na praia da penha. Foram georeferenciado os aportes da carga poluidora proveniente das fontes pontuais e difusas dos esgotos domésticos e industriais lançados nos principais tributários desse rio. Para lidar as complexas interações de bases múltiplas da qualidade da água, utilizou-se ferramentas analíticas como estatísticas descritiva e análise descritiva de series temporais.

Considerando que a qualidade das águas varia em função de diversos fatores, tais como uso e ocupação do solo da bacia de drenagem e da existência de indústrias com lançamento de efluentes diversificados, verificou-se a importância da análise por ponto na identificação de trechos mais críticos. Para representar o perfil espacial dos parâmetros da serie da SUDEMA referente a 1998-2005, ao longo do curso de água, foram utilizadas histogramas anuais, calculados a partir de medias mensais. Para os parâmetros de metais pesados, ressaltou-se o comportamento ao longo do curso de água monitorado, através de gráficos de histograma de frequência, tendo em vista, os resultados apresentarem alguns valores qualitativos.

Para uma analise adequada dos dados quali -quantitativos de um corpo de água, medições simultâneas de vazão deveriam ser realizadas nos pontos de amostragem. Entretanto, a medição da quantidade de água que escoa em uma seção, em um dado intervalo qualquer de tempo, é bastante complexa, dificultando a introdução desse

procedimento em conjunto com a amostragem da qualidade. Soma-se a isso, a diferença de objetivos do presente trabalho, quando da criação da rede de monitoramento de qualidade cujo objetivo principal foi a identificação das fontes de poluição e o monitoramento da qualidade da água. Os dados foram comparados com precipitação mensais ou anuais para um melhor relacionamento entre qualidade e quantidade de água no rio.

Para o enquadramento da água do Rio do Cabelo em classes foi utilizada a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente(CONAMA) nº 357/05 (ANEXO B), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Foi utilizada a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 26/03/2004 para determinar os padrões de potabilidade da água do rio, de um modo geral, são valores máximos permitidos (VMP) de concentração para uma série de substâncias e componentes presentes na água. Quando o parâmetro não era referenciado na portaria, as referências da Organização Mundial de Saúde (OMS), 1999 foram tomadas como base.

Com relação às análises dos parâmetros referente a utilização da água bacia para fins de irrigação, foram utilizadas as referências recomendadas por AYRES & WESTCOT (1991) e AYRES & WESTCOT (1999), que indica os valores permitidos que não causará impactos ao solo e a cultura.

Os software utilizados na confecção dos gráficos foram o ORIGEN 7.0 e Excel

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Degradação por fontes de poluição pontuais e difusas

4.1.1. Fontes Pontuais de Poluição

Foram localizadas sete fontes pontuais na calha do Rio Cabelo conforme, mostra a Figura 09. Os pontos georeferenciado serão descritos a seguir: 1. Lago de efluentes; 2. Galeria pluvial; 3. Extravasador da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Mangabeira; 4. Exploração agropecuária; 5 e 6. Efluente industrial e 7. Efluente de esgoto domestico.

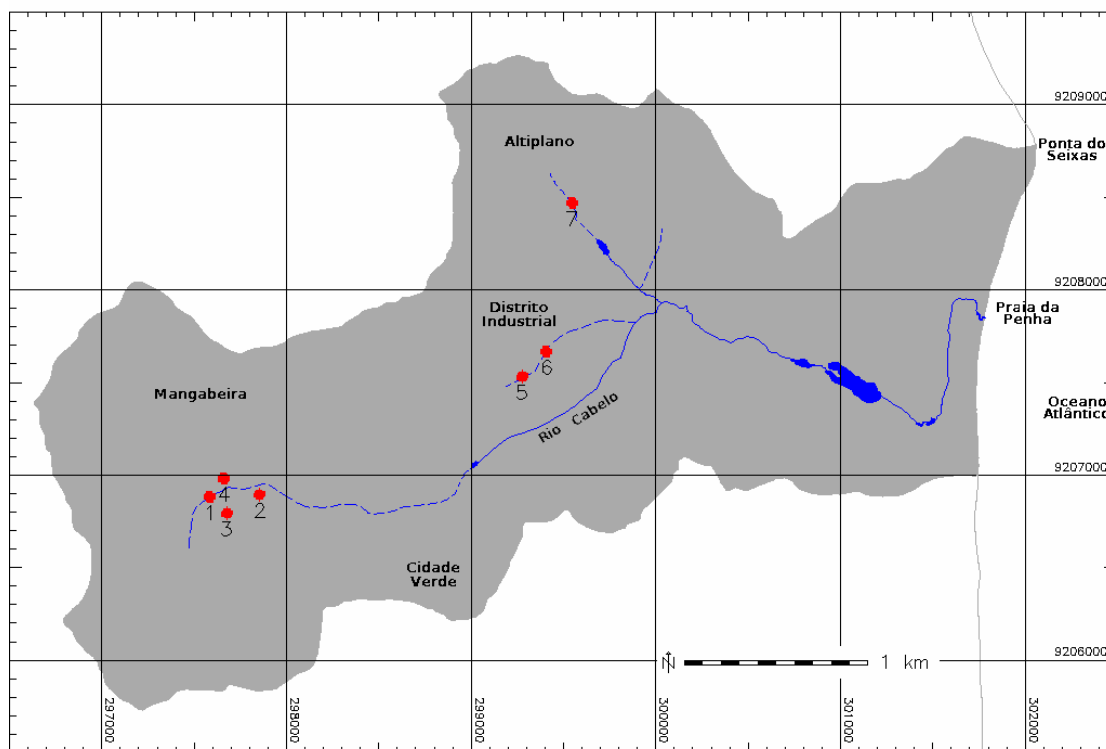


Figura 09. Georefenciamento das fontes pontuais de poluição na calha do Rio Cabelo

4.1.1.1. Lago de efluentes com características de águas residuárias

A fonte de poluição 1, mostrada na Figura 09, se encontra em área pertencente ao Complexo Presidiário de Mangabeira, corresponde a um lago localizado a montante da

nascente do rio cuja tubulação que lhe dá origem não está visível, provavelmente submersa ou recoberta por densa vegetação(Figura 10). Onde pode se observar características visuais de águas residuárias.



Figura 10. Foto do lago de águas residuais com aspecto de esgoto doméstico, em área do Complexo Penal de Mangabeira.

4.1.1.2. Galeria pluvial

A fonte de poluição 2(Figura 09), localiza-se na estrada que dá acesso de Mangabeira VII ao Conjunto Cidade Verde, a montante da nascente há uma galeria pluvial com duas saídas(Figura 11). Uma das saídas apresenta vazão contínua de efluentes. Em galerias pluviais, quando não ocorre ocorrência de chuvas, a existência de vazão, em geral, remete à ligação de esgotos clandestinos, na rede de drenagem urbana. Segundo Rebouças et. al. (2006), quando redes pluviais funcionam como receptoras de esgoto e de águas pluviais em um mesmo conduto é dita combinada, como o esgoto não é tratado causam

degradação nas áreas receptoras destes efluentes. Este tipo de rede coletora só é usado em áreas onde não se tem recurso para investir em condutos separados



Figura 11. Foto da galeria de esgoto com escoamento de água residuária.

4.1.1.3 - Extravasor da estação de tratamento de esgoto (ETE) de Mangabeira

A fonte de poluição 3, é um cano extravasor da ETE de Mangabeira (Figura 09). Dispositivos dessa natureza funcionam como escapes quando a capacidade da ETE é superada. Geralmente o fato ocorre em situações especiais como no caso de manutenção ou falta de energia elétrica, mas sempre devem ocorrer de forma a minimizar danos ambientais. Segundo moradores da área, no caso da ETE de Mangabeira, o lançamento de esgoto bruto no rio é freqüente, o que tem contribuído para a poluição da área (Figura 12).

Nesse caso as águas residuárias são de origens diversas, tendo em vista serem provenientes da rede de esgotos do bairro de Mangabeira (LEITE & JERONIMO, 2006). As disposições inadequadas dos esgotos podem disseminar doenças que, associadas os fatores como desnutrição, resulta alto índice de mortalidade. Os esgotos também

contribuem para proliferação de insetos, moscas, mosquitos, roedores e outros vetores de doenças. Diarréia, verminose, teníase, esquistossomose e cólera são entre outras as doenças mais comuns derivadas da disposição inadequada de esgotos (CARVALHO et. al., 2003).



Figura 12. Foto da tubulação extravasora da elevatória da ETE de Mangabeira lançando esgoto de origens diversas próximo ao leito do Rio Cabelo.

Como 28, 34% da água do Rio Cabelo é utilizada para consumo humano sem tratamento, diversos impactos negativos com relação à saúde da população residente as margens do rio estão surgindo como mencionado pelos entrevistados na pesquisa. Estas fontes pontuais localizadas na calha do Rio do Cabelo tem um alto potencial poluidor nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, na maneira que, eleva a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), aumenta a contaminação por coliformes fecais, acelera o processo de eutrofização, além de provocar erosão no solo e assoreamento do rio (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

4.1.1.4. Exploração agropecuária

Este tipo de ocupação vem contribuindo para o aumento da poluição das águas do rio, bem como do solo, devido ao lançamento de efluentes advindos da fonte de poluição 4 (Figura 09). Apesar do acelerado processo de urbanização, a bacia do rio do cabelo apresenta trechos com característica tipicamente rural, mas que se diferencia pelo grau de poluição que existe no local. No bairro de Mangabeira VII a montante da nascente localiza-se uma criação de bovinos (Figura 13



Figura 13. Foto da área utilizada para criação de bovinos, localizada a montante da nascente do Rio Cabelo.

Segundo MOTA (1995) a criação de animais domésticos bem como a presença de estábulos, pocilgas e granjas são consideradas grandes poluidores, pois seus detritos podem conter microrganismos patogênicos que contribuem para a poluição da água que entra em contato com os mesmos, modificando sua qualidade, inclusive contribuindo para uma elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, causando um aumento dos sólidos suspensos nas águas contaminadas com estes resíduos. Também se observou a existência na

área pertencente ao Complexo Penal de Mangabeira uma criação de suínos, a Figura 14 mostra a instalação destinada à esta criação. Os resíduos da criação de suínos, chamados de chorume, englobam as fezes, urinas, água desperdiçada pelos bebedouros e utilizada na higienização, resíduos da ração, pêlos, poeira, entre outros.



Fonte: LEITE & JERÔNIMO, 2006.

Figura 14. Foto da instalação de criação de suínos em área urbana, próximo ao leito do Rio Cabelo.

PEREIRA (2000) explica que a causa principal da poluição em rios e riachos é a liberação direta de resíduos sólidos e líquidos resultante desta exploração, sem o devido tratamento, que reduzem o teor de oxigênio dissolvido na água, provocando a morte de peixes, a disseminação de patógenos (organismo causadores de doenças), mau cheiro e contaminação dos recursos hídricos com nutrientes (amônia, nitratos) e outros elementos tóxicos. A atividade é considerada pelos órgãos ambientais uma "atividade potencialmente causadora de degradação ambiental", sendo enquadrada como de grande potencial

poluidor. Pela Legislação Ambiental (Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais), o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais.

Os efluentes lançados a montante da nascente possibilitam um escoamento atípico de águas residuárias representada por a linha de cor vermelha até a posição atual da nascente, quando a partir deste ponto o rio é perene (Figura 15).

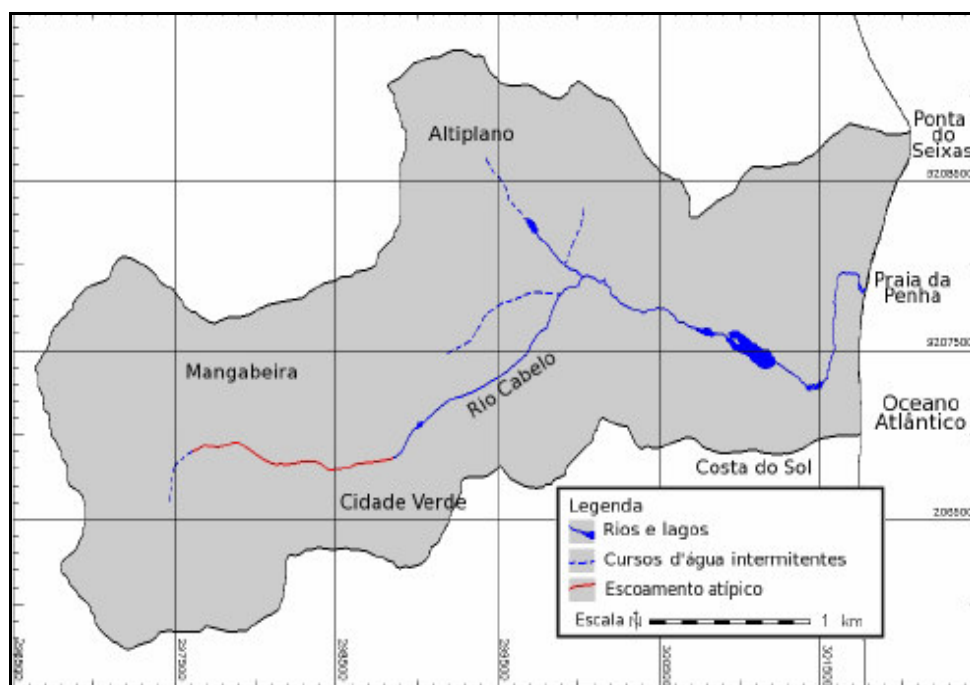


Figura 15. Representação de escoamento atípico a montante da nascente do Rio do Cabelo (linha vermelha).

4.1.1.5. Efluente industrial

As fontes de poluição 5 e 6 são efluentes industriais lançados na calha do Rio do Cabelo, após tratamento preliminar em fossas sépticas (Figura 09). As indústrias responsáveis pelo lançamento apresentam médio potencial poluidor de acordo com a Lei 10.165 de dezembro de 2000.

4.1.1.6. Efluente de esgoto doméstico

A fonte de poluição 7 (Figura 09), é uma granja que recebe efluentes domésticos do bairro altiplano. A referida fonte é um efluente do Rio Cabelo (Figura 16).



Figura 16. Granja contribuição com efluentes domésticos no Rio Cabelo

4.1.2. Fontes difusas de poluição

As principais fontes difusas de poluição diagnosticada na bacia hidrográfica do Rio Cabelo foram: resíduos sólidos, efluentes industriais, degradação pela exploração de areia, expansão urbana irregular, desmatamento da área, aterramento do mangue e ocupação irregular de diversas áreas próximo à praia (Figura 17). Fontes que tem provocado diversos impactos negativos ao meio ambiente e aos moradores residentes na bacia ou em bairros próximos a área, tendo em vista, que contribuem de forma determinante para degradação da área.

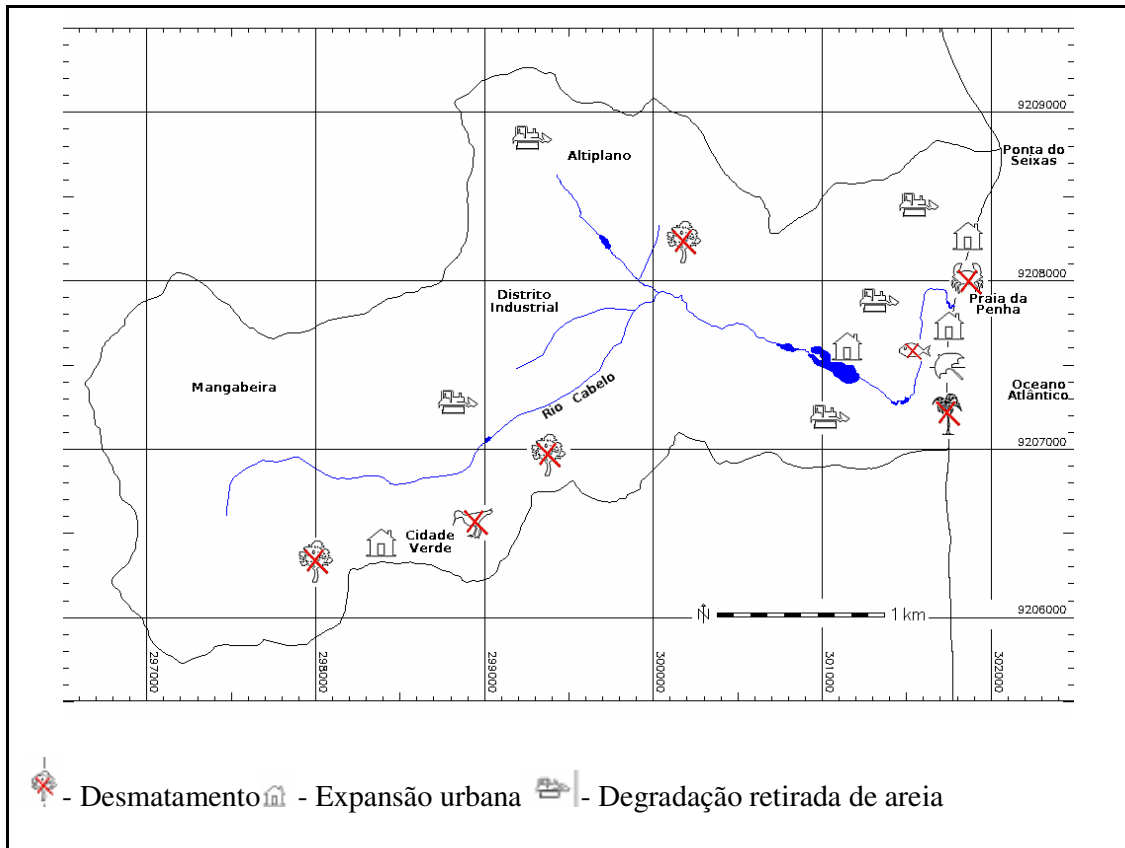


Figura 17. Principais fontes difusas de poluição da Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo

4.1.2.1. Degradação por deposição de Resíduos Sólidos

A bacia hidrográfica do Rio Cabelo vem sofrendo diversos tipos de agressões ambientais dentre elas, a disposição dos resíduos sólidos, formando verdadeiros lixões na mata, nas margens do rio e em toda área de drenagem da bacia, elevando o nível de degradação do ambiente que já se encontra bastante comprometido (Figura 18). Diversos tipos de resíduos sólidos foram observados: papéis, latas, madeiras, plásticos, vidros, restos de alimentos, resíduos ambulatoriais, utensílios domésticos, roupas, entre outros. A falta de uma local adequada e a forma correta para disposição final dos resíduos sólidos, vem sendo responsável por uma série de problemas ambientais tais como: poluição das águas

superficiais, dos lençóis freáticos e do solo, que estão sendo afetados pela infiltração do chorume (MANO et al., 2005).



(a)



(b)

Figura 18. Resíduos sólidos na bacia do Rio Cabelo, próximo a Mata (a) e a área do distrito industrial de Mangabeira (b).

Salienta-se que mesmo com coleta sistemática dos resíduos nas residências próximas a nascente do rio nas proximidades do Conjunto Cidade Verde, área mais urbanizada, alguns moradores depositam seus resíduos diretamente no solo e mais impactante dentro da vegetação nativa, contribuindo para degradação ambiental. No trecho da bacia que é utilizado como balneário (escadaria da Penha), foram identificados diversos resíduos deixados pelos banhistas no leito do rio. Não existe nem um trabalho de educação ambiental na área, apesar ser utilizada como balneário e da proximidade com estuário da Penha, ponto turístico de João Pessoa.

4.1.2.2. Degradação por Efluentes Industriais

Parte do distrito industrial de Mangabeira está inserida na bacia hidrográfica do Rio do Cabelo, com vários tipos de indústrias, têxteis, cerâmicas, químicas e alimentícias.

Mesmo com um percentual elevado de indústrias nesta parte da bacia, foi constatado junto a SUDEMA, órgão responsável pelo controle dos níveis de poluentes lançados no meio ambiente, que ainda não se dispõe de um cadastro das indústrias instaladas nessa área.

Nesta pesquisa foram levantadas as principais indústrias instaladas na bacia que estavam em funcionamento no ano de 2005, com o tipo de tratamento que é dado aos efluentes e potencial poluidor de acordo com a atividade (Tabela 2). Observa-se que o sistema de fossa séptica é o mais utilizado, o que pode ser considerado uma das fontes potenciais de poluição das águas superficiais e subterrâneas na bacia. Este sistema dificulta um monitoramento da qualidade final do efluente que está sendo lançado diretamente no solo ou nos recursos hídricos após tratamento preliminar, inviabilizando a fiscalização das condições reais do efluente. De acordo com o Art. 34 da Resolução do CONAMA nº 357/05, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente nos corpos de água em condições e padrões previstos neste artigo, resguardando outras exigências cabíveis. Não se tem informação sobre a qualidade dos efluentes dos aspectos construtivos das fossas sépticas.

Tomando como referência a Lei 10.165 de 27 de Dezembro de 2000, que classifica as indústrias segundo o ramo de atividades em pequeno, médio e alto potencial poluidor. Foi realizada a classificação das indústrias em funcionamento localizadas na bacia.

Tabela 2. Indústrias localizadas na bacia hidrográfica do Rio Cabelo

Indústria	Linha de produção	Tratamento	Potencial Poluidor*
Solar Norte Indústria de Injetados COM. Ltda	Sandálias Plásticas	Fossa séptica	Pequeno
D'Talhes COM.IND de Móveis	Móveis de Madeira	Fossa séptica	Médio
CC Indústria e COM. De doces Ltda	Fábrica de doces	Fossa séptica	Médio
ART. Desing Produtos Óticos Ltda	Armação para òclus	Fossa séptica	Médio
LGM IND de Remanuf. De peças automotivas Ltda	Remanufaturamento de peças	Fossa séptica	Médio
Imbrapel IND Brasileira de Pescado	Processamento de pescado	Fossa séptica	Médio
Delcampo-Agroleite Com.e Ind.de Laticínios Ltda	Laticínios	Fossa séptica	Médio
Anésio Móveis IND deMóveis e esquadrias	Fabrica de móveis	Fossa séptica	Médio
ASSARTMAN	Serviços metalúrgicos	Fossa séptica	Médio
Cola piso	Pisos	Fossa séptica	Médio
PM marcenaria	Marcenaria	Fossa séptica	Médio
Casa das portas	Portas de Madeira	Fossa séptica	Médio
Fabrica de bonés	Confecção de bonés	Fossa séptica	Médio
New Desing COM. e representação	Adesivos e bonés	Fossa séptica	Médio
Ideal	Polpa de frutas	Fossa séptica	Médio
Fabrica de premoldados	Premoldados	Fossa séptica	Médio
Mistics Brindes	Serigrafia	Fossa séptica	Médio
PINART pinturas artes e serigrafia	Serviços gráficos	Fossa séptica	Médio

*Lei 10.165 de 27 de Dezembro de 2000

4.1.2.3. Degradação pela Mineração

A eficácia dos projetos implementados na área da bacia, mesmo quando realizados Estudos e Relatórios de Impactos Ambientais (EIA/RIMA), têm sido questionados quanto à preservação do ambiente, visto que os órgãos executores não seguem na íntegra as restrições contidas nestes relatórios. Um exemplo evidente da agressão ao meio ambiente foi a exploração de mineração pela retirada de areia (Figura 19) em área do NUPPA (Núcleo de Processamento de Alimentos) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (Universidade Federal da Paraíba).



Figura 19. Área degradada pela retirada de areia – NUPPA/UFPB

Os impactos negativos advindos desta atividade são a retirada da cobertura vegetal, assoreamento do rio, perda de solo orgânico, aumento da turbidez, aumento do material carregado para o curso de água, intensificação dos processos erosivos na área (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003). Esta atividade traz sérias consequências para o ecossistema da bacia causando o desequilíbrio ambiental.

A retirada da cobertura vegetal gera a redução da fauna, diminuição da precipitação local, da infiltração de água e do estoque de água subterrânea, causando a erosão dos solos e o assoreamento dos corpos d'água, além da alteração nos padrões de vazão e volume dos cursos d'água (PIRES & SANTOS, 1995).

Devido à intensa retirada de material desses locais, com o passar do tempo essas áreas começam a apresentar sinais de degradação, através do desenvolvimento de processos erosivos, que se iniciam com ravinamentos e pequenos sulcos que podem evoluir e chegar ao desenvolvimento de voçorocas. O problema da degradação dos referidos locais tende a se agravar em decorrência da falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes. A principal medida mitigadora é a execução de plano para recuperação de áreas degradadas.

Com a retirada da cobertura vegetal, os processos erosivos tornam-se mais intensos em períodos de chuva, resultando num aumento da quantidade de material carreado para os cursos d'água da área, intensificando o processo de assoreamento do Rio Cabelo, com sérias conseqüências ambientais quando somados a outros fatores de degradação.

4.1.2.4. Degradação pela Expansão urbana

A ocupação desordenada por meio de invasão na área da bacia é uma constante, já que essas áreas são na sua maioria de domínio público. Quando a ocupação ocorre por meio de invasão, instala-se aí uma seqüência de problemas ambientais, que vão desde o arranjo espacial desordenado das moradias, até a existência de esgotos a céu aberto e lançamento de resíduos sólidos em locais impróprios dentro da própria comunidade. A partir de então, o poder público torna-se omissivo diante do aumento de ocupações por invasões e nenhuma providência é tomada no sentido de barrar esse crescimento ou pelo menos diminuir, evitando que a degradação ambiental atinja níveis elevados. Essa

ocupação desordenada compromete ainda mais a qualidade de vida daqueles que habitam locais com este tipo de problema, bem como afetam os ecossistemas presentes. Num futuro próximo a sociedade de uma maneira geral é quem arcará com o ônus para custear as despesas causadas pela degradação, que certamente irão ocorrer num grau bem mais avançado num futuro não muito distante.

Em pesquisas de campo e nas reportagens de jornais locais, pode-se verificar que a área em foco apresenta-se bastante degradada, apesar de considerada zona especial de preservação pelo Plano diretor da cidade de João Pessoa. Um exemplo evidente da agressão ao Rio do Cabelo é uma galeria da SEINFRA de água pluvial que esta localizada próximo ao Centro de Ensino da Policia Militar da Paraíba (Figura 20a).



(a)



(b)

Figura 20. Foto da galeria da SEINFRA localizada na calha do rio (a) e Processo erosivo no leito do Rio do Cabelo(b).

Esta galeria em precário estado de conservação é uma das principais causadoras da erosão ocasionando uma voçoroca, no leito do Rio Cabelo (Figura 20b). Com o aumento do grau de urbanização, aumenta também, em proporção a degradação ambiental decorrente da concentração da população nas áreas urbanas (MOTA, 2006). O aumento

populacional da zona costeira constitui-se, num grande problema de gestão ambiental, pois seis em cada dez pessoas vivem dentro de um raio de 60 km (Agenda 21, 1992) da orla litorânea e dois terços das cidades do mundo, com populações de 2,5 milhões de pessoas ou mais, localizam-se próximas dos estuários.

Diversos tipos de ocupação irregular foram observados na bacia do Rio Cabelo, expansão urbana sem infra-estrutura e sem considerar restrições ambientais, entre elas a apresentada na onde foi construída uma residência na área da bacia próxima ao leito do rio, os esgotos são lançados a montante da nascente sem nenhum tratamento (Figura 21).



Figura 21. Foto da construção irregular as margens do Rio do Cabelo a montante da nascente

Diversos condomínios e bairros foram surgindo e interferindo no ecossistema local da bacia hidrográfica do Rio do Cabelo, dentre eles:

- Condomínio Residencial Cabo Branco Privê;
- Penha;
- Pontas das Seixas;

- Bairro de Mangabeira;
- Conjunto Cidade Verde;
- Distrito Industrial de Mangabeira;
- Loteamento Quadra-Mares;

Condomínio Cabo Branco Privê - O Cabo Branco Privê é um condomínio residencial fechado de alto padrão, porém, não conta com infra-estrutura básica, principalmente no que diz respeito ao tratamento dos esgotos.

Penha - A ocupação da área teve como origem uma vila de pescadores. O bairro também tem problemas de infra-estrutura, com edificações desordenadas construídas ao longo do tempo. Esse desordenamento está provocando danos na paisagem litorânea, degradação das águas do Rio Cabelo e as atividades turísticas, tendo em vista que, nos diversos trechos do rio a água é utilizada para consumo humano da população ribeirinha e balneário em alguns trechos do rio, como é o caso das proximidades da escadaria e no estuário da Penha. O clube da AFRAFEP (Associação dos Fiscais de Rendas e Agentes Fiscais do Estado da Paraíba), localizado na Penha, desviou e construiu em cima do curso do rio um campo de futebol, que atualmente lança seu esgoto diretamente no estuário da Penha, provocando um odor desagradável na área.

Ponta de Seixas - Existe no bairro uma vocação muito forte para o turismo, visto que o ponto mais oriental da Américas encontra-se ali. Entretanto essa atividade atualmente não é explorada de maneira adequada, pois necessita de condições para servir os visitantes.

Bairro de Mangabeira - Mangabeira possui um sistema de infra-estrutura completo, ou seja, abastecimento d'água, rede coletora de esgotos, rede de distribuição de energia elétrica, rede de telecomunicações e pavimentação das ruas. O bairro é servido por uma

malha viária bastante utilizada, uma vez que, se conecta com outras localidades por quatro vias distintas. Hoje o bairro é considerado o mais populoso do Município de João Pessoa, com uma população de aproximadamente 130.000 habitantes (IBGE, 2000). A montante da nascente observa-se construção irregular de uma residência que lança os esgotos domésticos diretamente na calha do rio..

Conjunto Cidade Verde - Este conjunto habitacional foi entregue a população sem o sistema completo de infra-estrutura. O IPEP (Instituto Previdência do Estado Paraíba) foi o responsável por esse empreendimento, voltado para atender os funcionários públicos estaduais. Esgotos domésticos escoam diretamente no solo da bacia e diversos resíduos sólidos são depositados pelos moradores na área próximo a nascente do Rio Cabelo.

Distrito Industrial de Mangabeira - O Distrito Industrial conta com inúmeras indústrias de pequeno porte em diversas atividades. Elas são responsáveis pela geração de empregos, tanto naquela área, como para outras localidades. Contudo, o problema comum à maioria das áreas urbanas, também se repete nessa área, no que diz respeito a falta de infra-estrutura básica adequada para o desenvolvimento de forma sustentável da atividade industrial e contribuindo para contaminação dos recursos hídricos locais.

Loteamento Quadra-Mares - O loteamento Quadra-Mares é constituído na sua maioria de residências de padrão médio, com infra-estrutura deficiente. Outro empreendimento importante na área, entretanto não faz parte do projeto do loteamento Quadra-mares, é o Centro Hípico da Paraíba, que além das atividades com os cavalos propriamente ditas, eles executam algumas atividades agrícolas, como também a criação de animais.

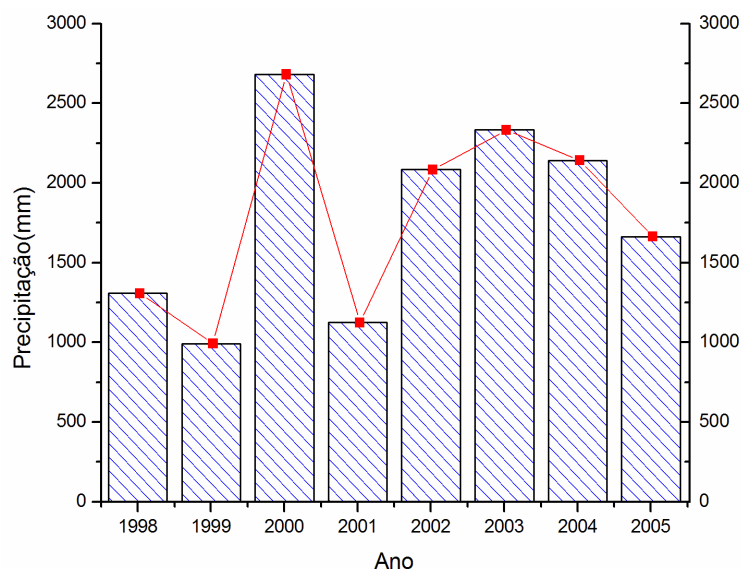
A bacia do Rio Cabelo apresenta diversas áreas de ocupação irregular, de maneira geral, com infra-estrutura deficiente ou inexistente, provocando diversos problemas

ambientais, tais como: degradação e assoreamento do rio, aumento da poluição da água. A própria aglomeração urbana já é por si só uma fonte de poluição, pois implica em numerosos problemas ambientais como o acúmulo de resíduos e o enorme volume de esgotos (MOTA, 2005).

4.2. Avaliação da qualidade da água

4.2.1. Precipitação

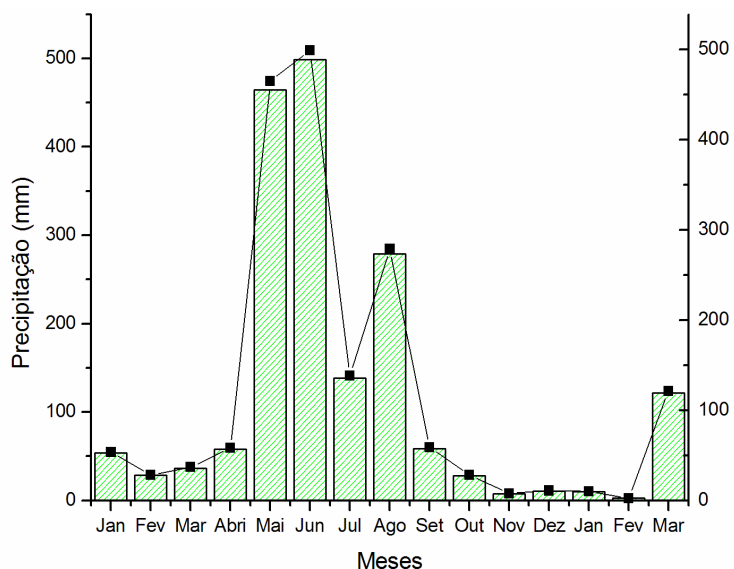
A precipitação influencia nos diversos parâmetros de qualidade de água na bacia de drenagem e na evolução ou diminuição da poluição da água. Para os valores de precipitação anuais da serie em análise (Figura 22), o ano 2000 foi o ano que apresentou maior valor 2681mm e o ano de 1999 o menor valor de 991mm.



Fonte: LRMS/UFCG (2006)

Figura 22. Médias pluviométricas anuais. João Pessoa -1998 – 2005

Para os valores de precipitação mensais de março de 2005 a março de 2006, os meses de maior precipitação foram maio (464 mm), junho (498 mm) e agosto (274 mm) e os meses de menor precipitação variaram de novembro de 2005 (7,80 mm) e fevereiro de 2006 (2,4 mm) (Figura 23).



Fonte: LRMS/UFMG (2006)

Figura 23. Dados pluviométricos mensais de março - 2005 a março de 2006.

De acordo com SHAFER (1985), as precipitações produzem dois efeitos nas bacias hidrográficas. O efeito direto da água precipitada, que se incorpora imediatamente aos cursos de água produzindo grandes variações de vazão em pequenos intervalos de tempo e, o efeito indireto, produzido pela parcela das águas precipitadas que se infiltram no solo, recarregam o lençol freático e lentamente chegam aos curso de água. Além da importância das precipitações, a vazão do Rio do Cabelo também é influenciada pela contribuição dos esgotos que deságuam na calha do rio, pela alta evaporação e pela captação da água do rio para ser utilizada em irrigação. A vazão média determinada no ano de 2005 no ponto após a nascente foi de 16 a 30 L seg⁻¹ e 400 a 600 L seg⁻¹ na foz, durante o período de estiagem e de inverno respectivamente.

4.2.2. Identificação de usos da água

De acordo com os resultados dos questionários aplicados a 60 pessoas que residem na área menos urbanizada do rio (população com características rurais), observou-

se que do total pesquisado 28 % utilizam água do rio e 72% utilizam água de poços para consumo humano (Figura 24).

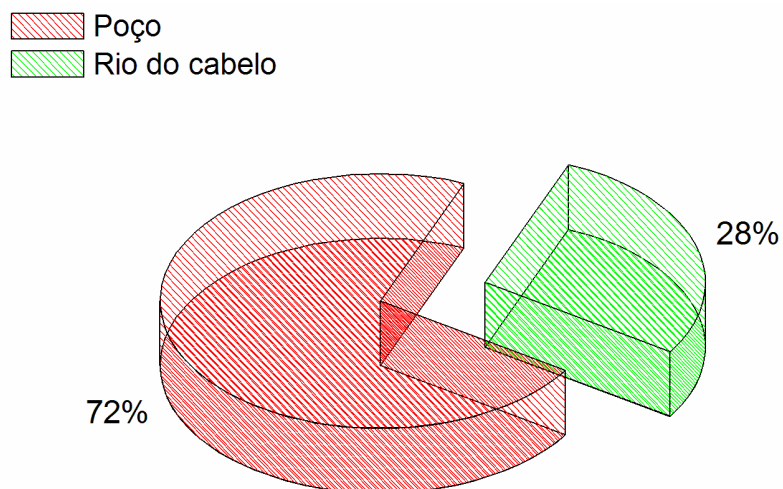


Figura 24. Percentagem de uso de água para consumo humano

A utilização da água do rio para balneabilidade é mostrada através da Figura 25, observa-se que 87 % dos entrevistados fazem uso da água para banho e 13,7% não utilizada.

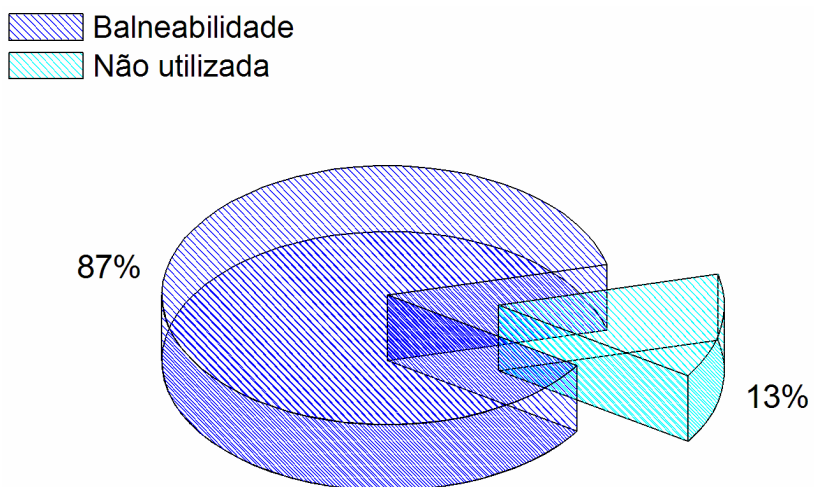


Figura 25. Percentagem de uso de água para balneabilidade

Dentre os entrevistados 22% relataram ter conhecimentos sobre problemas de saúde em amigos e familiares após contato primário com a água do rio dentre elas:

Esquistossomose, diarreia e doenças dermatológicas das mais variadas, os demais não tem conhecimento.

Dos entrevistados 100% não têm rede de esgoto. No que diz respeito a dessedentação animal 90% utiliza a água do rio para este fim e 10% não utilizam. 35% usa a água do rio em irrigação de culturas frutíferas e verduras e 65% não utilizam (Figura 26).

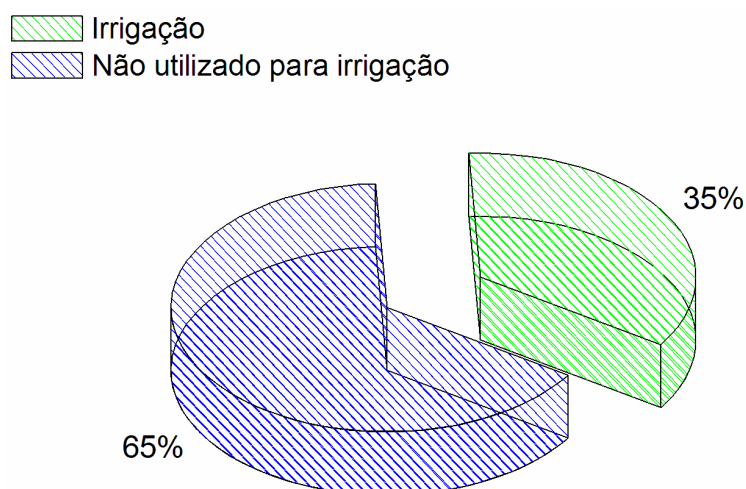


Figura 26. Percentagem de uso de água na irrigação

4.2.3. Parâmetros físicos e químicos

4.2.3.1. Cor

Analisando-se o valor médio da cor da água para os três pontos amostrais (CB4, CB5 e CB6) da série de 8 anos monitorados pela SUDEMA, na Figura 27, observa-se que os pontos amostrais CB4 no ano de 2001, CB5 e CB6 no ano de 2001 e 2005, estiveram enquadrados em um rio de classe III, segundo a resolução 357/2005 do CONAMA (ANEXO B) que recomenda valor máximo de 75 mg.Pt.L^{-1} , os demais períodos não estiveram enquadrados na classe III. Analisando-se as Figuras 22 e 27 que o aumento

nos valores de referência da cor, estiveram relacionados ao aumento da precipitação no período analisado.

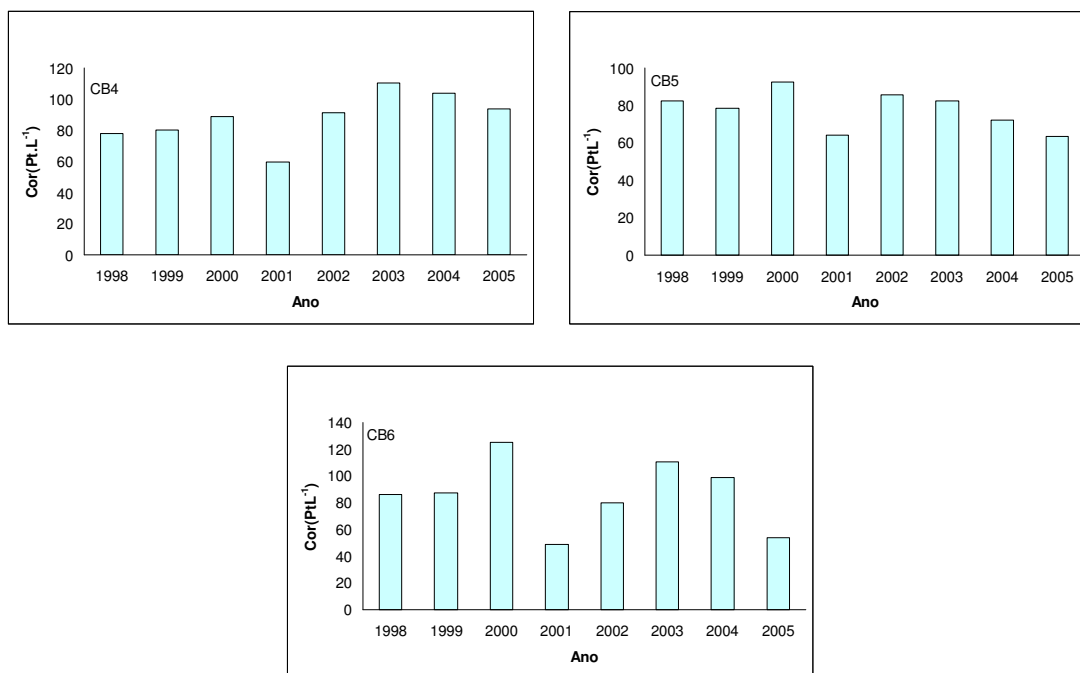


Figura 27. Variação temporal da cor (Pt.L⁻¹) da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos (1998-2005).

Para uma análise mensal de março de 2005 a março de 2006, a Figura 28 mostra que, nos meses de maior precipitação houve um aumento nos valores da cor, sendo o ponto amostral CB5 o que apresentou maior valor, ultrapassando os limites referenciados pelos padrões de qualidade ambiental do Brasil.

Para o consumo humano, a Portaria do Ministério da Saúde 518/04(ANEXO B) recomenda um valor máximo de 15 mg.Pt.L⁻¹. Para a série analisada, nos referidos pontos amostrais, a água do rio do cabelo não pode ser utilizada para consumo humano sem tratamento prévio.

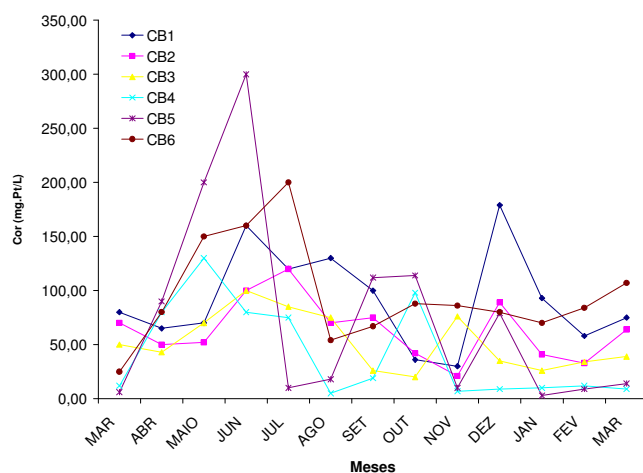


Figura 28. Variação espacial e temporal da Cor (Pt.L⁻¹) de março de 2005 a março de 2006 em seis pontos analisados.

4.2.3.2. Turbidez

Os valores de turbidez (Figura 29), nos pontos amostrais estiveram abaixo de 100 UNT, valor recomendado pela resolução 357/05 do CONAMA, durante a série analisada e durante a análise mensal de março de 2005 a março de 2006 (Figura 30).

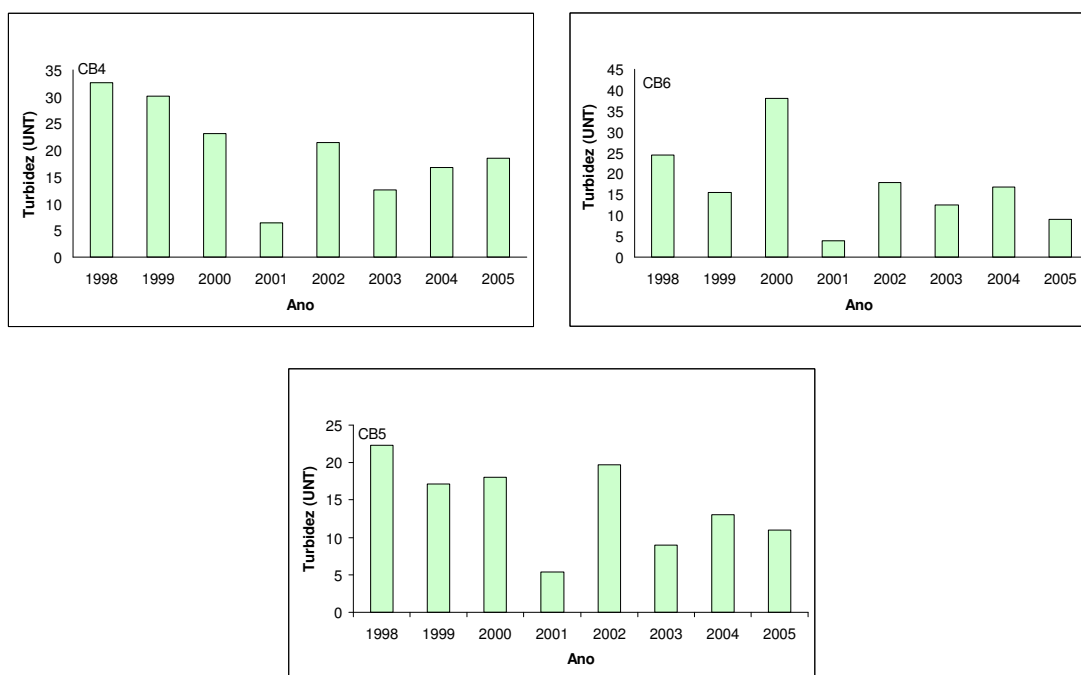


Figura 29. Variação temporal da Turbidez (UNT) da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005.

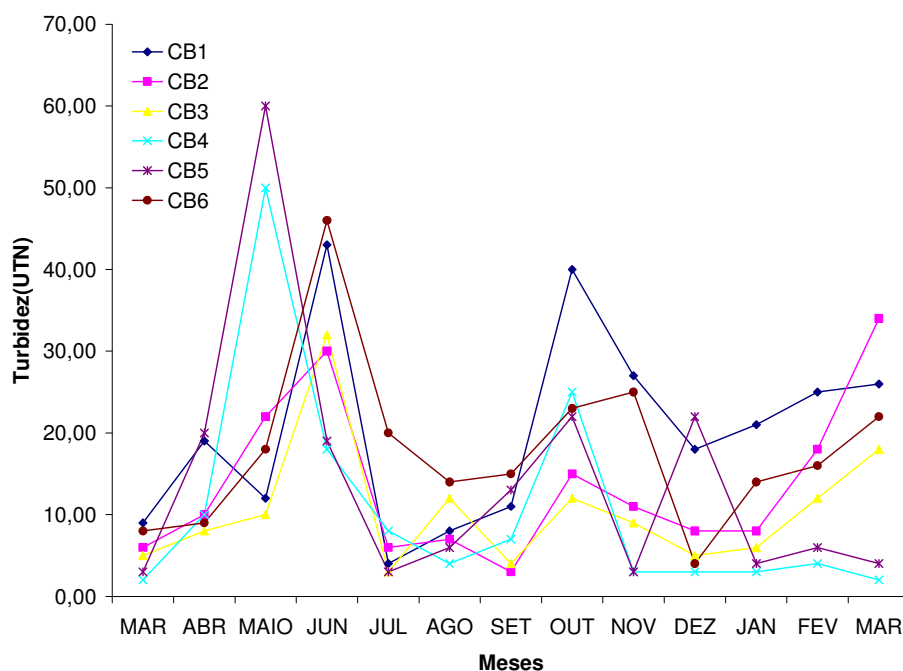


Figura 30. Variação espacial e temporal da Turbidez (UNT) de março de 2005/2006 em seis pontos analisados.

Os demais não ultrapassaram o valor limite. Do ponto de vista sanitário, a turbidez poderá quando elevada afetar esteticamente os corpos d'água ou ainda encarecer o tratamento para os diversos usos. Outro fator a ser considerado, relaciona-se com a fauna e a flora, que poderão sofrer distúrbios em função da redução de penetração de luz (DERISIO, 2000).

4.2.3.3. Condutividade elétrica, Dureza total e Sólidos Dissolvidos Totais

a) Condutividade elétrica

Quanto aos valores da condutividade elétrica da água, estes variaram entre 80 e 320 $\mu\text{s}/\text{cm}$ nos pontos avaliados (Figura 31), para série de oito anos. Sendo que para os pontos CB4, CB5 e CB6 os maiores valores observados ocorreram nos anos de 2005, 1998 e 1999, respectivamente. Este aumento pode ser decorrente da concentração de esgoto na

área e das baixas precipitações ocorridas neste período, não sendo suficiente para promover uma diluição de sais na água.

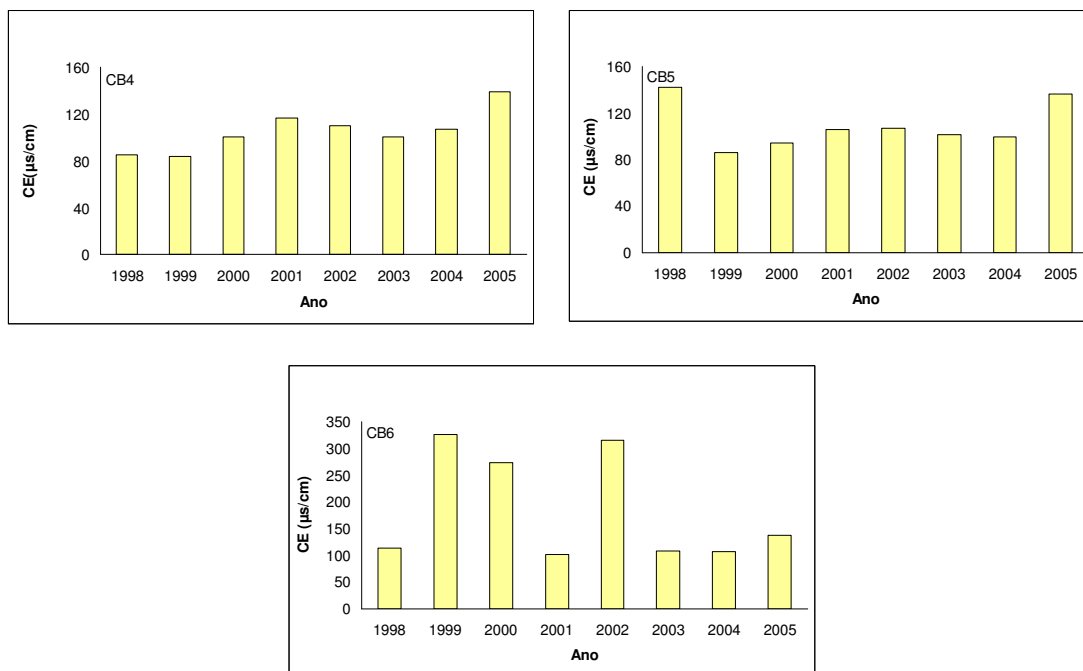


Figura 31. Variação temporal da Condutividade elétrica ($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$) da água do rio do cabelo em três pontos, para uma serie de oito anos-1998-2005.

Quanto aos valores de condutividade elétrica da água mensal para o ano de 2005/2006, apresentados na Figura 32, os resultados mostram que houve um aumento progressivo a partir do ponto amostral CB2 até alcançar um valor máximo em CB5 e logo após uma redução da condutividade em direção a foz.

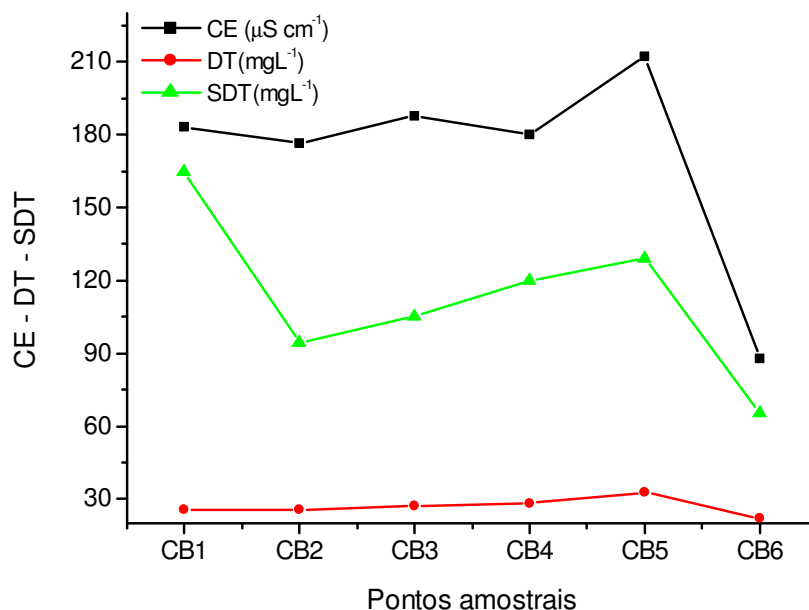


Figura 32. Variação média da Condutividade Elétrica (CE) em $\mu\text{S cm}^{-1}$, da Dureza Total (DT) em mg L^{-1} e dos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) em mg L^{-1} , entre março de 2005/2006.

Nesses locais, os valores de condutividade atingiram $210 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $80 \mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente, atingindo valores superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$, valor limite para águas naturais (BRIGANTE & ESPINDOLA, 2003). Em geral, considera-se que quanto mais poluída estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral. Os valores foram menores no período de chuva devido a diluição da água provocada pelo aumento da vazão do rio. Quanto à utilização da água do Rio do Cabelo na irrigação, não houve restrição de uso (AYRES & WESTCOT, 1999).

b) Dureza total

Os resultados com relação a dureza total observadas na Figura 32, mostram que houve um aumento gradual ao longo do rio até o ponto amostral CB5, a partir do qual

ocorreu um decréscimo até a foz, os valores estiveram aproximadamente em torno de 30 mg.L⁻¹, para este valor a água é considerada mole (CARVALHO & OLIVEIRA, 2003), não apresentando restrição de uso. A resolução do 357/05 do CONAMA não faz referência a este parâmetro. A OMS indica valor máximo de 500 mg.L⁻¹ para água utilizada para consumo humano.

c) Sólidos Dissolvidos Totais

Os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), variaram entre 55 e 165 mg.L⁻¹ (Figura 32). Para um rio de classe III, o valor máximo permitido pela resolução 357/05 do CONAMA é de 500 mg.L⁻¹, segundo a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido é de 1000 mg.L⁻¹. Para irrigação valores menores que 400 mg.L⁻¹ não apresenta restrição de uso. Todos estes limites não foram ultrapassados no decorrer da pesquisa em todos os pontos, não havendo restrição de uso.

4.2.3.4. pH e Alcalinidade

a) pH

Com relação ao pH, verificou-se valores maiores e iguais a 6 em todos os pontos amostrados na série analisada, observa-se que não ultrapassou o valor 7 (Figura 33). Os valores estiveram no limite estipulado pela resolução do CONAMA, que fixa os valores de pH entre 6 e 9. Porém, com valores mais próximos do limite mínimo de 6, evidenciando valores ligeiramente ácidos, segundo referência DERISIO (2000), para valores de pH menor que 7. Fazendo uma análise temporal (Figura 34), observa-se o mesmo comportamento da série analisada com valores médios variando de 6,44 a 6,65.

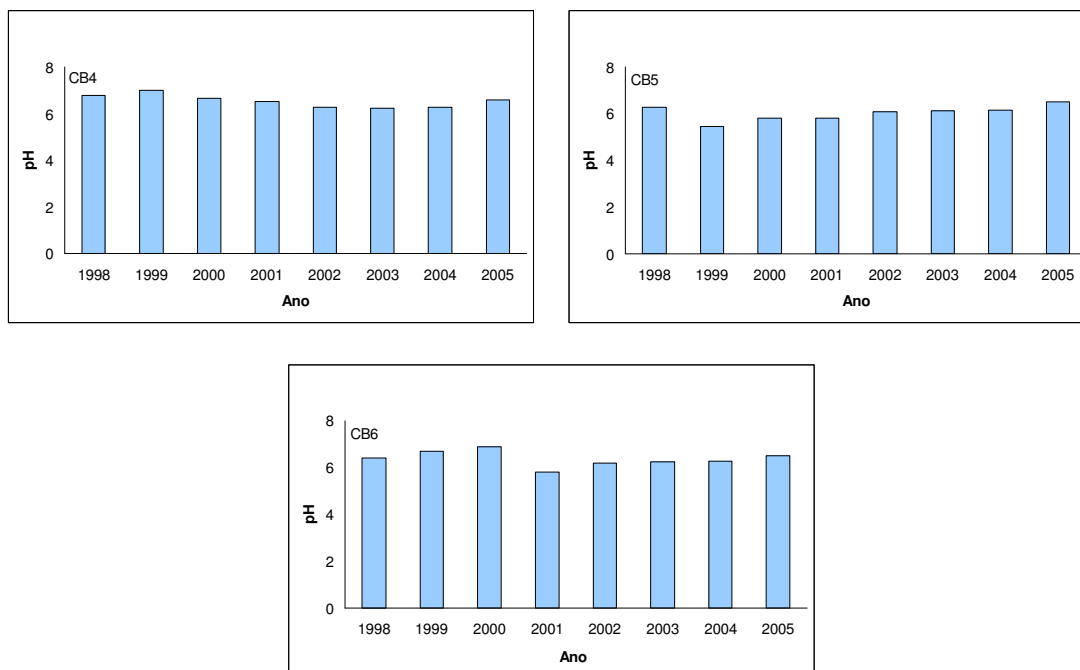


Figura 33. Variação temporal do pH da água do Rio do Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005.

Os pHs dos rios brasileiros têm tendência que variam de neutro a ácido. Alguns rios da Amazônia brasileira possuem pHs próximos de 3, valor muito baixo para suportar diversas formas de vida. Rios que cortam áreas pantanosas também têm águas com pH muito baixo, devido à presença de matéria orgânica em decomposição, rios de mangue estão incluídos nesta categoria (MAIER, 1987).

b) Alcalinidade

A alcalinidade foi medida em termos de alcalinidade total, alcalinidade de carbonatos e de bicarbonatos. Com os valores de pH em torno de 6, a alcalinidade em bicarbonatos foi predominante em todos os pontos do rio, representando 100% da alcalinidade total (Figura 34). Neste trabalho observou-se que os valores máximos da

alcalinidade total ocorreram nos pontos amostrais CB1, CB3 e CB6, provavelmente devido a maior concentração por esgotos.

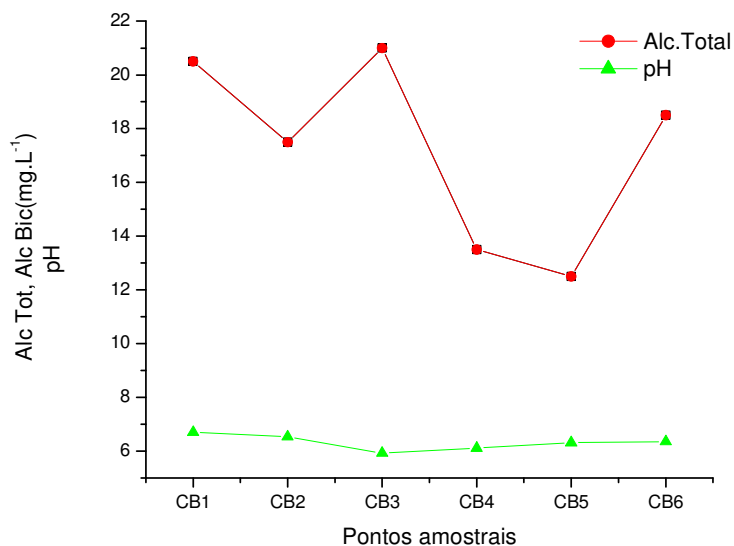


Figura 34. Variação média das concentrações de Alcalinidade total (em mg.L⁻¹) e pH, no Rio Cabelo, entre março de 2005 e março de 2006.

O valor mínimo de alcalinidade geralmente ocorre nos meses de maiores precipitações devido ao processo de diluição da água.

4.2.3.5. Conteúdo iônico

a) Cálcio

As concentrações médias de **cálcio** estiveram entre o valor mínimo de 3,27 mg.L⁻¹ no ponto amostral CB6 e o valor máximo de 5,15 mg.L⁻¹ em CB5 (Figura 35). O cálcio, além de ser um nutriente essencial para as plantas, ajuda a evitar seu estresse decorrente da presença de metais pesados e ou salinidade (DIAS & ALVAREZ, 1996). O cálcio também confere a dureza da água, podendo formar incrustações nas tubulações de irrigação. Pelos

valores referenciados por Ayres & Westcot (1999), os valores normais de cálcio na água destinado a irrigação apresentam um valor referenciado de 0 a 400 mg.L⁻¹.

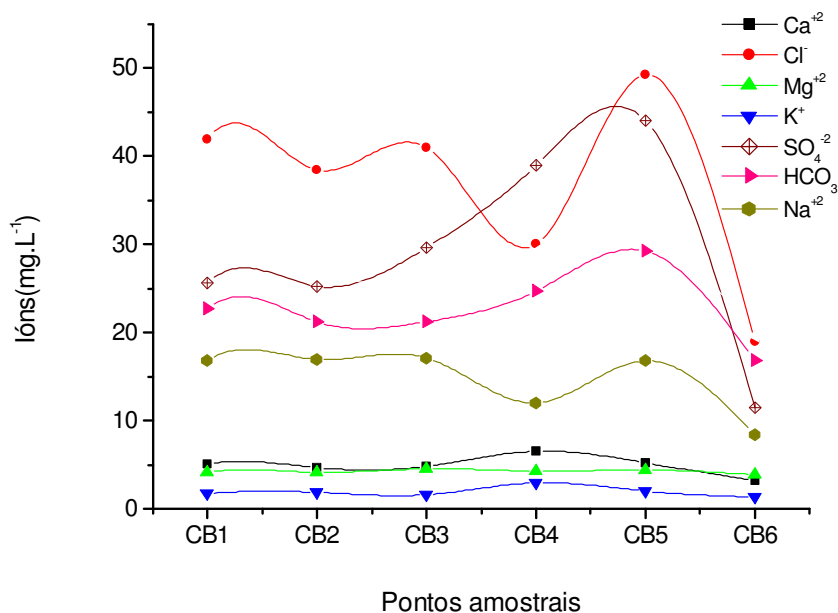


Figura 35. Variação espacial média do conteúdo iônico em mg.L⁻¹ dos aniões Cl⁻, SO₄⁻², CO₃⁻² e HCO₃⁻, e dos cátions Ca⁺², Mg⁺² e K⁺ entre março de 2005 e março de 2006.

No Rio Cabelo os valores de cálcio encontrados não impedem o uso da irrigação. A (OMS, 1999) recomenda um valor máximo desejável de 75 mg.L⁻¹ e o máximo permissível de 200 mg.L⁻¹, valores não ultrapassado durante a pesquisa. O CONAMA não fez referência a este parâmetro.

b) Magnésio

As concentrações médias de magnésio estiveram entre o valor mínimo de 3,88 no ponto amostral CB6 e o valor máximo de 4,46 mg.L⁻¹ no CB5 (Figura 35). Estes valores estão bem abaixo do limite recomendado para águas de irrigação, que varia de 0 a 60 mg.L⁻¹ (AYRES E WESTCOT, 1999). Segundo a OMS (1999), o magnésio é avaliado pelo

máximo desejável de 30 mg.L^{-1} e o máximo permissível de 150 mg.L^{-1} , assim os valores obtidos na pesquisa estiveram abaixo do permitido para consumo humano. O CONAMA não fez referência a este parâmetro.

c) Sódio

As concentrações de sódio estiveram entre o valor mínimo de 12 mg.L^{-1} no ponto amostral CB4 e o valor máximo de $17,08 \text{ mg.L}^{-1}$ em CB3 (Figura 35). Para valores da RAS, a variação foi de $5,23 \text{ (mmol.L}^{-1})^{0,5}$ em CB6 e $10,15 \text{ (mmol.L}^{-1})^{0,5}$ em CB5. Tais valores não implicam em restrição de uso da água do Rio do Cabelo na irrigação (AYRES & WESTCOT, 1999). A portaria do Ministério da Saúde recomenda um valor máximo permissível de $5,1 \text{ mg.L}^{-1}$, valor ultrapassado em todos os pontos. A resolução do CONAMA 357/05 não faz referência a este parâmetro.

d) Potássio

Os valores médios de potássio mantiveram-se na faixa de $1,40$ a $2,89 \text{ mg.L}^{-1}$ nos pontos analisados (Figura 35). Apenas o ponto amostral CB4 apresentou um valor máximo de $2,89 \text{ mg.L}^{-1}$, os demais pontos apresentaram valores aproximadamente constantes ao longo do rio. O potássio presente nos esgotos domésticos pode ter elevado a concentração deste íon neste ponto, tendo em vista, as agressões ambientais no trecho.

Para Ayres & Westecot (1991), concentrações de potássio variando de 0 a 78 mg.L^{-1} são normais em águas de irrigação. A resolução do CONAMA 357/05 e a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde não faz referência a este parâmetro. Para o consumo humano, o valor máximo permissível segundo a OMS(1985) é de 20 mg.L^{-1} , valores não superados na pesquisa.

e) Bicarbonatos (HCO_3^-)

A OMS (1999) afirma ser o bicarbonato avaliado pelo máximo permissível de 250 mg.L^{-1} para consumo humano, desta forma é notório que para os pontos avaliados no período da pesquisa os valores variaram de 19 a 31 mg.L^{-1} (Figura 35), não apresentando restrição de uso. O CONAMA não faz referência a este parâmetro.

f) Cloretos

As concentrações médias de cloretos estiveram variando de 30 no ponto amostral CB5 e 49 mg.L^{-1} em CB4 (Figura 35). Valores que estiveram abaixo de 250 mg.L^{-1} , que segundo a resolução do CONAMA e a Portaria do Ministério da Saúde é o valor máximo permitido para rios de classe III e para o consumo humano. Em relação à utilização da água na irrigação, o rio do cabelo não apresenta restrições (AYRES & WESTCOT, 1999).

g) Sulfatos

As concentrações de sulfatos estiveram variando de 11,45 mg.L^{-1} no ponto amostral CB6 e 44,05 mg.L^{-1} em CB5 (Figura 35), valores que estiveram abaixo de 250 mg.L^{-1} , valor máximo permitido para rios de classe III e para o consumo humano, segundo a resolução do CONAMA e a Portaria do Ministério da Saúde. No que diz respeito a irrigação teores menores que 250 mg.L^{-1} não causa restrição de uso (AYRES & WESTCOT, 1991).

4.2.3.6. Oxigênio dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio**a) Oxigênio dissolvido (OD)**

A Figura 36 mostra a variação temporal das concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) para os pontos avaliados na série de 8 anos. Observa-se que para o ponto

amostral CB4, os valores estiveram variando de 4 a 6 mg.L⁻¹, para CB5 variaram entre 1,02 e 2,88 mg.L⁻¹, para o ponto CB6 de 2,58 a 4,28 mg.L⁻¹.

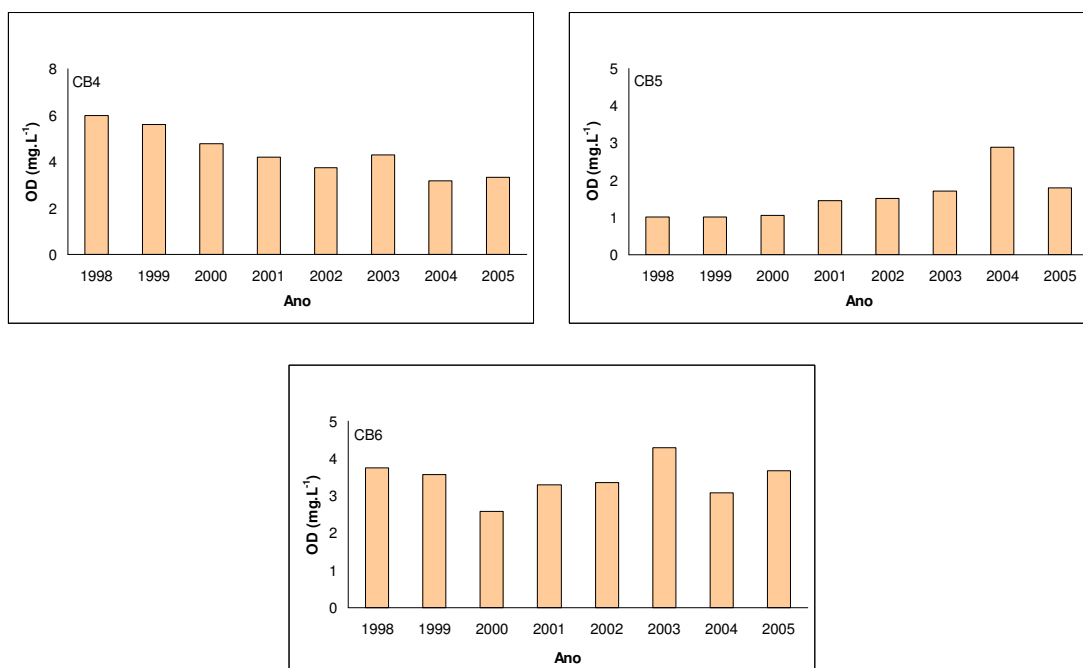


Figura 36. Variação temporal do Oxigênio dissolvido (OD) em mg.L⁻¹ da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005.

Para resolução 357/05 do CONAMA, os valores de OD devem ser superiores a 4 mg.L⁻¹, o que ocorreu no ponto amostral CB4 e CB6 no ano de 2003, nos demais pontos e série analisados, neste sentido o rio não se enquadra na classe III. Os pontos CB5 e CB6 foram os que apresentaram maior carga orgânica no período analisado, expressa em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), conseqüentemente a demanda bioquímica de oxigênio dos microrganismos heterótrofos aeróbicos envolvidos na biodegradação da matéria orgânica, provocou déficit de oxigênio neste trecho, que recebe influência da área do condomínio Village Sul, o qual apresenta infra-estrutura deficitária, os esgotos são lançados em fossas sépticas, não existe rede de esgoto na área.

b) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O maior valor médio anual da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) ocorreu em CB4 = 3,02 mg.L⁻¹, CB5= 3,29 mg.L⁻¹ e CB6= 2,65 mg.L⁻¹, no ano de 2005, 1999 e 2004 respectivamente (Figura 37).

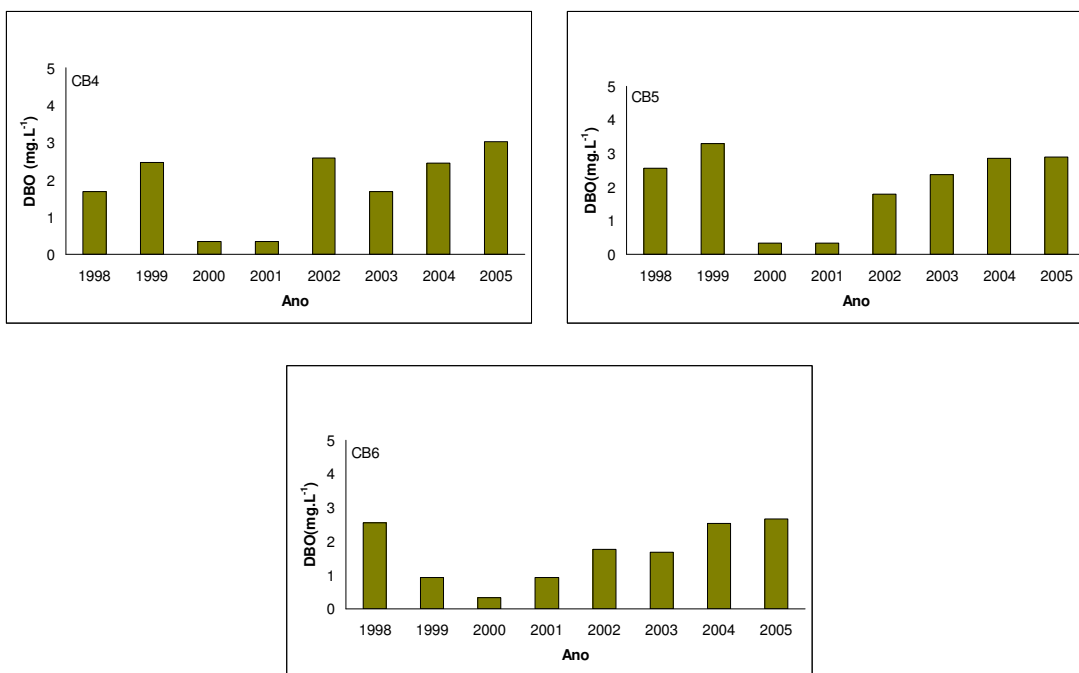


Figura 37. Variação temporal da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em mg.L⁻¹ da água do Rio do Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005.

Para análise mensal observa-se que, quando a DBO aumenta a uma redução no valor do OD (Figura 38), do ponto de vista de autodepuração o trecho entre os pontos amostrais CB2 a CB3 apresentam uma recuperação na qualidade da água, os demais trechos a um aumento de DBO com uma conseqüente redução de OD, o que favorece a degradação da qualidade da água do Rio Cabelo.

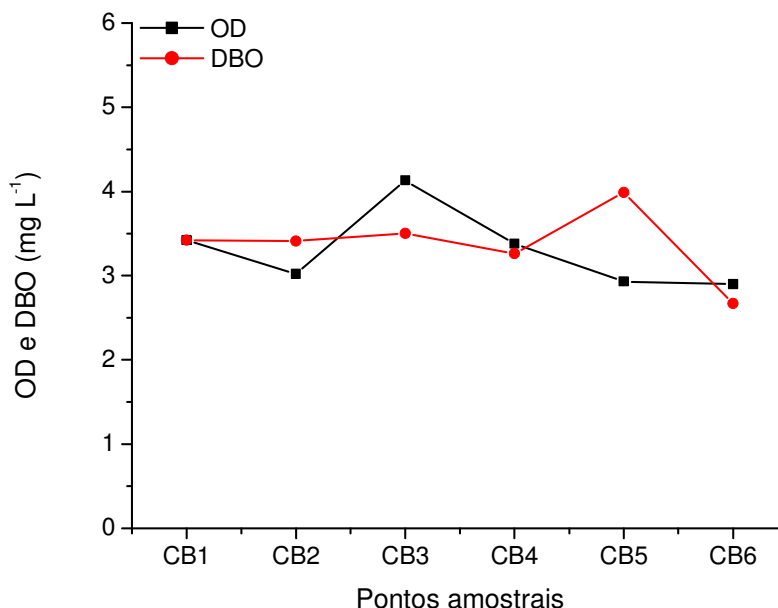


Figura 38. Variação média das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Oxigênio Dissolvido (OD) em mg.L⁻¹, no Rio Cabelo, entre março de 2005/2006.

Quando analisados valores anuais observam-se que, não ultrapassam o índice permitido pela resolução do CONAMA de 10 mg.L⁻¹ para um rio de classe III. A Companhia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2005), classifica as águas com DBO menor de que 4 mg.L⁻¹ como águas limpas e como poluídas, valores de DBO maior que 10 mg.L⁻¹. De acordo com esta classificação, no que diz respeito a DBO, as águas do Rio Cabelo são consideradas limpas, para fins de preservação ecológica.

4.2.3.7. Nutrientes (Formas nitrogenadas e fosfatadas)

a) Formas nitrogenadas

Em relação ao aspecto sanitário e à poluição orgânica, as águas do Rio Cabelo foram avaliadas quanto aos teores de nutrientes, incluindo as formas nitrogenadas

(nitrogênio orgânico total, amônia, nitrito e nitrato). Durante a pesquisa não foi encontrado nitrato na água do rio do cabelo. O nitrito, que é uma forma intermediária da amônia e do nitrato e está diretamente ligado à poluição orgânica, acusou valores que variaram de 0 a $0,21 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 39), nos pontos CB1, CB4 e CB5, sendo o CB5 responsável pelo valor máximo encontrado.

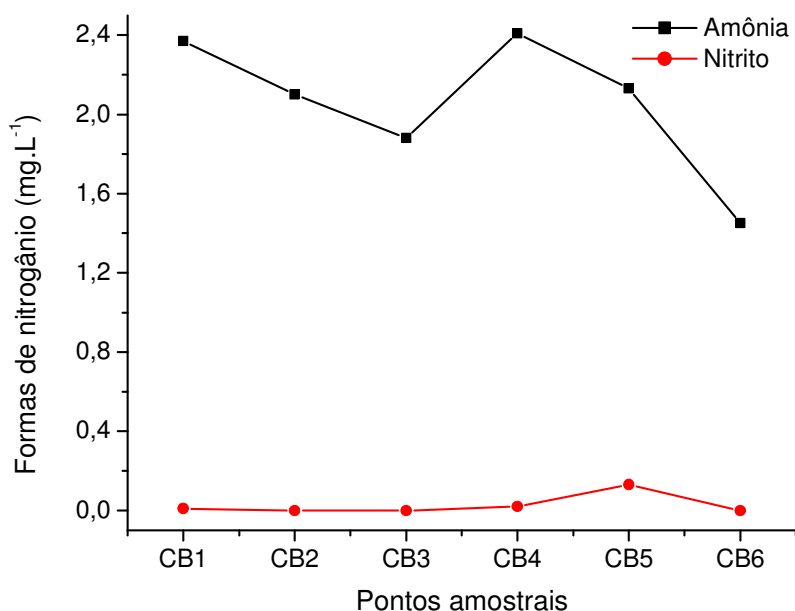


Figura 39. Variação espacial da amônia e do nitrito (mg.L^{-1}) no Rio Cabelo, com orientação da nascente até a foz

Nos demais pontos amostrais não foi observado a presença de nitrito, os valores encontrados foram inferiores ao recomendado pela resolução 357/05 do CONAMA, que é de 1 mg.L^{-1} para um rio de classe III, valor também referenciado pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Para a amônia os valores observados não ultrapassaram o máximo permitido de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ para rio de classe III, no que diz respeito ao consumo humano a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde recomenda valor máximo de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$, valor ultrapassado em todos os pontos.

As concentrações de Nitrogênio Total (NT), tiveram a mesma variação que a amônia nos pontos amostrais, com valores médios variando de 1,99 a 2,95 mg.L⁻¹. Sendo os pontos amostrais CB1, CB4 e CB5 responsáveis pelos maiores valores. A resolução 357/05 do CONAMA e a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde não faz referência a este parâmetro.

b) Formas fosfatadas

O fósforo, principal valor limitante da produtividade primária dos ecossistemas aquáticos, é apontado como principal responsável pela eutrofização artificial destes sistemas. Todo fósforo presente em águas naturais pode ter origem das rochas da bacia de drenagem, do material particulado na atmosfera, além de fontes artificiais, como do esgoto e do deflúvio superficial agrícola, que carrega compostos químicos e fertilizantes (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Os nutrientes, fósforo total e fósforo inorgânico, avaliados nas águas do rio do cabelo e mostrado na Figura 40 indicam aumento progressivo em suas concentrações desde a nascente até o ponto CB5 e logo havendo uma diminuição até a foz.

O Fósforo Total variou de 0,0 em CB1, até um valor máximo de 0,38 mg.L⁻¹ em CB5 (Tabela 3), com um valor médio variando de 0,08 mg.L⁻¹ em CB6 a 0,29 mg.L⁻¹ em CB5. Valores que ultrapassam os valores referenciados pela resolução do CONAMA de 0,15 mg.L⁻¹. As maiores concentrações de fósforo total observados foram nos pontos amostrais CB4 e CB5 (Tabela 3), o que reflete a presença de esgotos domésticos e industriais em maior quantidade neste trecho.

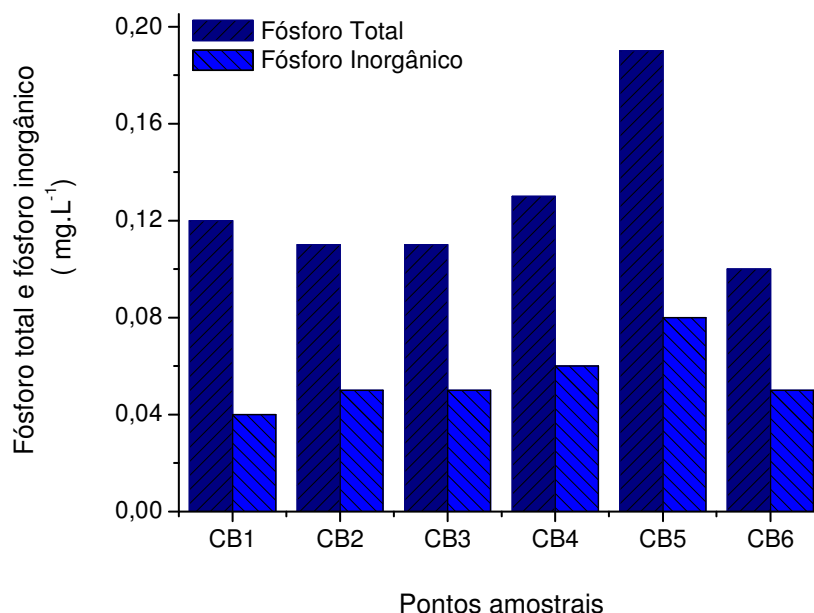


Figura 40. Variação espacial de Fósforo Total e fósforo inorgânico (mg.L^{-1}) no Rio Cabelo, com orientação da nascente até a foz

Tabela 3. Resumo estatístico dos valores de Fósforo Total e Fósforo inorgânico - Março de 2005/2006.

Parâmetros estatísticos	Pontos amostrais					
	Fósforo (mgL^{-1})					
	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6
Média	0,11	0,10	0,11	0,12	0,29	0,08
Desvio padrão	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06	0,05
Mínimo	0,00	0,03	0,03	0,03	0,20	0,03
Máximo	0,21	0,17	0,17	0,23	0,38	0,15
Mediana	0,11	0,11	0,12	0,15	0,26	0,09
	Fósforo Inorgânico (mgL^{-1})					
Média	0,04	0,04	0,05	0,05	0,08	0,048
Mediana	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05
Desvio padrão	0,02	0,02	0,02	0,03	0,06	0,05
Coef. de variação	0,47	0,58	0,51	0,54	0,84	0,51
Mínimo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Máximo	0,07	0,09	0,09	0,09	0,18	0,09
Total de observações	13					

As concentrações de fósforo na maioria das águas naturais encontra-se entre 0,05 e $0,020 \text{ mg.L}^{-1}$ (CHAPMAN, 1992).

4.2.4. Indicador de contaminação fecal

Nesta pesquisa não foram realizadas análises de coliformes totais por serem todas as amostras provenientes de águas brutas, onde as bactérias estão sempre presentes. A determinação de coliformes fecais (termotolerantes) se ajusta melhor a esta realidade, visto que, sua presença indica provável contaminação fecal, seja por material fecal de animais homeotérmicos ou por esgotos. Os coliformes fecais estiveram presentes em todos os pontos na série analisada (Figura 41), com valores médios variando de 248 UFC. 100mL⁻¹ em 2003 a 1835 UFC.100mL⁻¹ em 2000 no ponto CB4, de 566 UFC.100mL⁻¹ em 2003 a 14.682 UFC.100mL⁻¹ em 1998 no ponto CB5, de 8887 UFC.100mL⁻¹ em 1998 a 355 UFC.100mL⁻¹ em 2000 no ponto CB3.

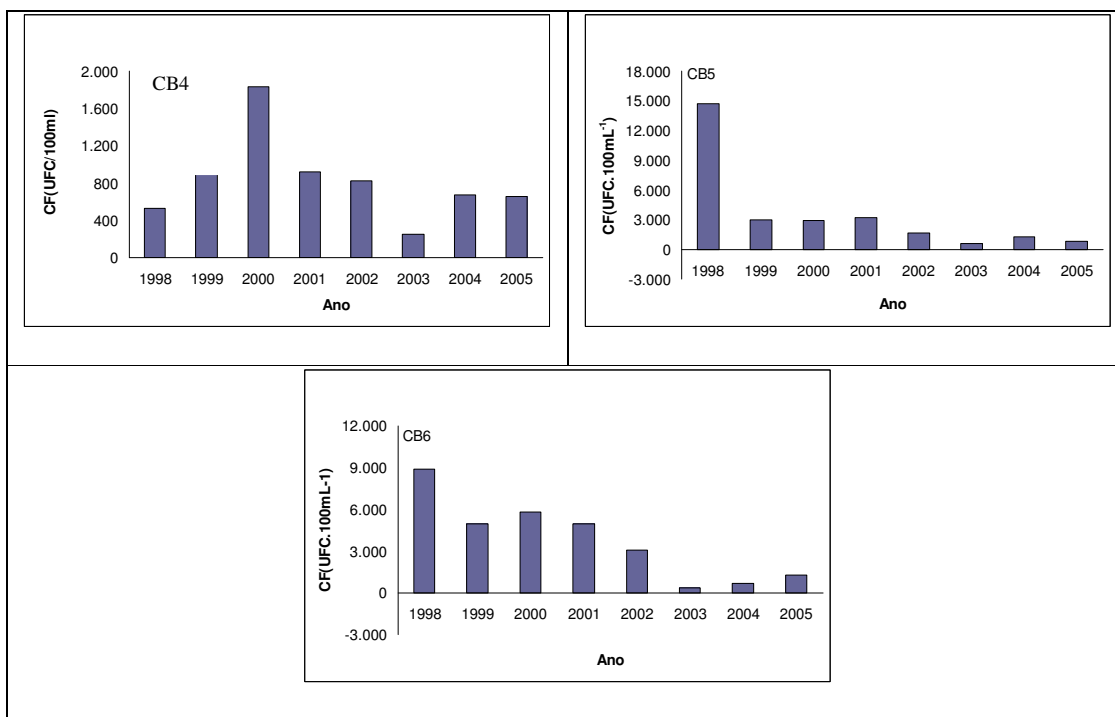


Figura 41. Variação temporal de coliformes fecais (UFC/100mL⁻¹) da água do Rio Cabelo em três pontos, para uma série de oito anos-1998-2005.

Foram detectadas contaminação por coliformes fecais (Tabela 4) em todos os pontos no período de realização da pesquisa (2005/2006), com valores médios entre 591 e 9290 UFC.100 mL⁻¹

Tabela 4. Resumo estatístico dos valores de coliformes fecais de março de 2005 - março de 2006.

Estatística	Coliformes Fecais (UFC.100mL ⁻¹)					
	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6
Descritiva						
Média	675	591	1224	9290	2386	1533
Mediana	350	550	400	340	100,00	110
Desvio padrão	2200	1909	4522	38373	10346	6214
Coefficiente de variação	1,80	1,79	2,05	2,29	2,40	2,25
Mínimo	80	70	20	20	0	0,0
Máximo	2180	2260	10000	100000	28400	15800
Total de amostra		13				

Observa-se que os pontos amostrais de maior contaminação por coliformes fecais foram os pontos CB3 (Figura 40) e CB4 (Figura 41), o que pode ser explicado pela maior influência da urbanização e falta de infra – estrutura no trecho, no qual estão localizados barracas da vila da Penha, Condomínio Village Sul, campo da AFRAFEP e residências.

A variação temporal e espacial dos níveis de coliformes fecais demonstrados nas Figuras 42 e 43 indicam que os maiores níveis de contaminação estiveram concentrados nos meses de maior precipitação (abril a agosto) de 2005, o que foi ocasionado pelo transporte através do escoamento superficial do material fecal acumulado na bacia de drenagem. No mês de agosto (Figura 42) houve um aumento nos níveis de contaminação no ponto CB3, neste mês pode ter ocorrido um aumento da quantidade de esgotos lançados neste trecho.

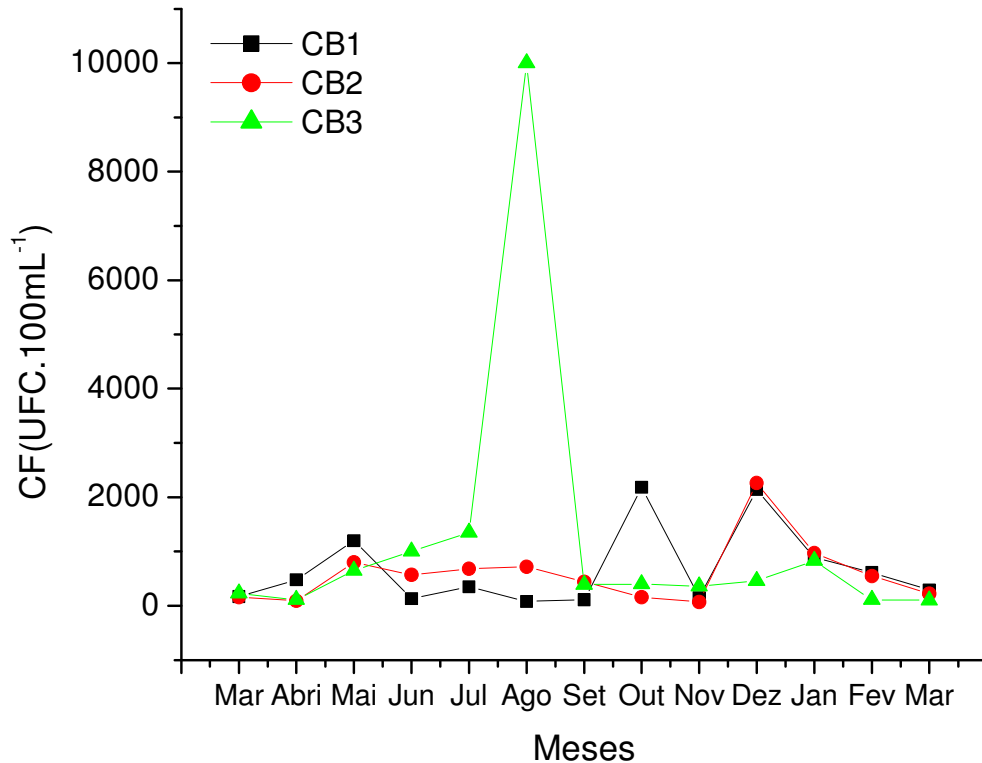


Figura 42. Variação espacial e temporal de coliformes fecais (UFC. 100mL⁻¹)-para os pontos CB1, CB2 e CB3

No Ponto CB4 o aumento da contaminação por coliformes fecais no trecho foi proveniente de um crime ambiental por parte da CAGEPA (Jornal o Norte, 2005), quando a tubulação que conduzia esgotos para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Mangabeira VII foi serrada e os esgotos que deveriam ser levados para (ETE), foram lançados em uma área próxima ao rio, contaminando em especial este trecho, elevando o valor determinado em setembro de $3,40 \times 10^2$ UFC. 100 mL⁻¹ e para outubro de $1,0 \times 10^5$ UFC. 100 mL⁻¹, resultando em um acréscimo de 295 vezes.

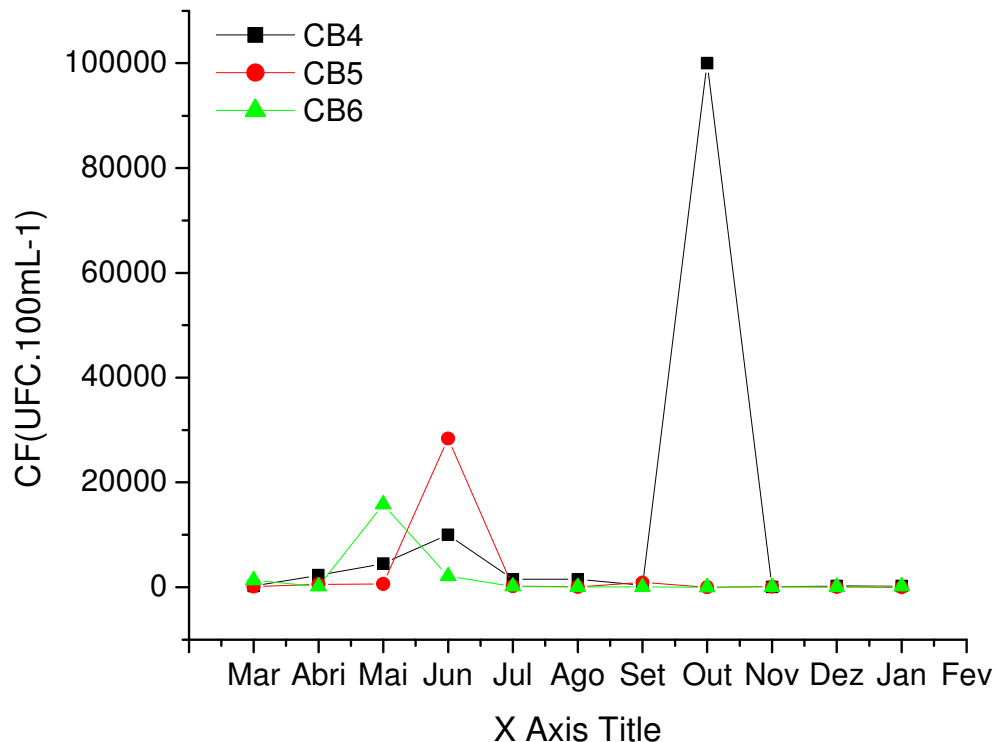


Figura 43. Variação espacial e temporal de coliformes fecais (UFC.100mL⁻¹)-para os pontos CB4, CB5 E CB6

Os resultados indicam que para um rio de classe III, de acordo com a resolução do CONAMA 357/05 (Tabela 1), todos os pontos amostrais se enquadram nesta classe, exceto o ponto CB4, que apresentou um valor máximo de 9290 UFC.100mL⁻¹ (Tabela 4) superior ao permitido pela resolução do CONAMA que é de 4000 UFC.100mL⁻¹. Os pontos que apresentaram maior variação ao longo da pesquisa foram os pontos amostrais CB4 e CB5, o que mostra variabilidade temporal elevada, com maior desvio padrão nestes pontos.

A qualidade sanitária da água do Rio Cabelo não está indicada para consumo humano sem tratamento prévio segundo as referências indicadas pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, além do que na maioria dos pontos não deveria ser usada para

irrigação de verduras e frutas a serem consumidas cruas, sem retirar a casca ou a película que as cobre (CONAMA 357/05).

4.2.5. Quantificação de metais no Rio Cabelo

Analisou-se a situação da contaminação por metais pesados como: boro, cádmio, chumbo, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco no Rio do Cabelo, de acordo com os Padrões de Qualidade Ambiental do Brasil (PQA) da resolução do CONAMA 357/2005 para rio de classe III e Portaria do Ministério da Saúde 518/04 para água destinada a consumo humano.

4.2.5.1. Boro

Dentre os metais analisados, o boro foi o que apresentou maior valor durante toda a pesquisa. A análise da Figura 44 mostra que dos 78 valores observados ao longo do rio, 57% dos valores estiveram entre 23 e 33 mg.L⁻¹ e 7% dos valores estiveram entre 43 e 53 mg.L⁻¹, o que permite concluir que, com relação ao Boro, o Rio do Cabelo não se enquadra em um rio de classe III, com base no valor de referência da resolução 357/05 do CONAMA que recomenda um valor máximo permitido de 0,75 mg.L⁻¹.

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde não faz referência a este parâmetro, no entanto, a OMS (1999) recomenda valor máximo de 0,5 mg.L⁻¹ para água potável. Os valores observados estão acima do limite máximo permitido pela referida Portaria em toda pesquisa. Sobre a exposição de humanos ao Boro, não se têm muitas respostas, sabe-se que em estudos com ratos, quando submetidos a diferentes concentrações de Boro houve incidência de problemas de reprodução nos machos e de tumores nestes e nas fêmeas (OMS, 1999).

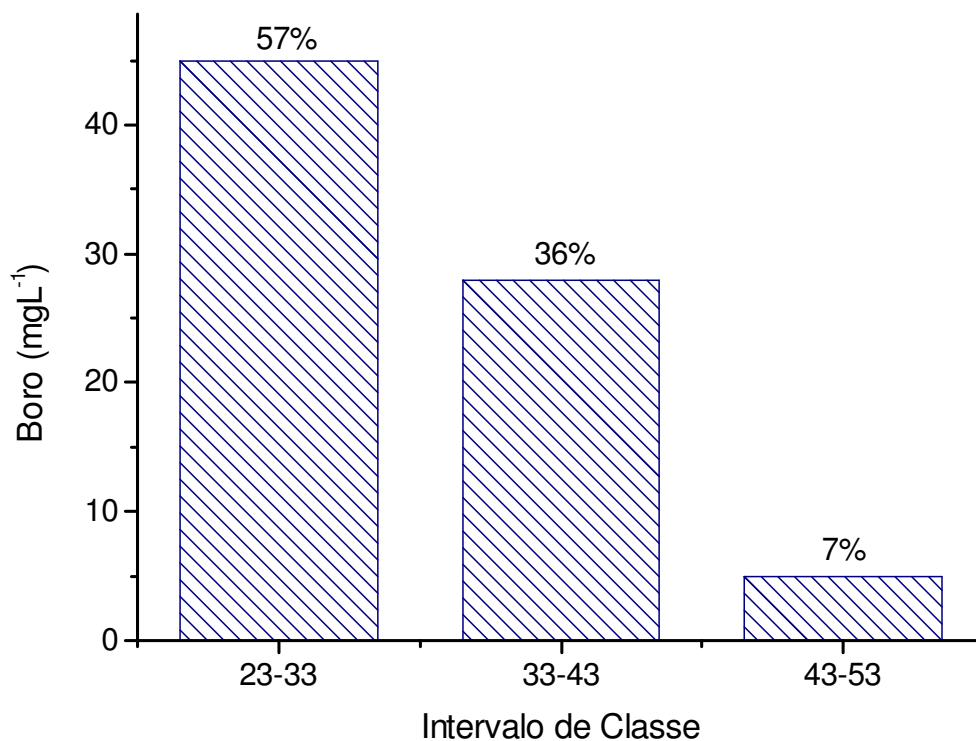


Figura 44. Histograma de classe dos valores observados de Boro (mg.L^{-1}) da nascente até a foz

Segundo AYRES & WESTCOT (1999), o valor máximo permitido para o Boro na água de irrigação que não traz prejuízos as culturas é de 2 mg.L^{-1} , valores entre 1 e 2 mg.L^{-1} são tóxicos e podem afetar praticamente todas as culturas. Sintomas como, manchas amarelas ou secas nas bordas e ápices das folhas mais velhas são indícios dos problemas causados pela presença do Boro nas plantas. Como pode se observar, quanto ao teor de boro, a água do Rio Cabelo não é recomendada para irrigação podendo ocasionar vários impactos sociais e ambientais negativos na área.

A concentração de boro na água superficial depende de fatores como a natureza geoquímica da superfície de drenagem, a proximidade de regiões costeiras e a

incorporação de efluentes industriais e urbanos. Estas concentrações podem variar amplamente, desde 0,001 até chegar a 360 mg.L⁻¹ (OMS, 1999).

TAPIA et. al. (1995), trabalhando com qualidade de água de irrigação no Rio Lluta localizado no Chile, encontrou valores variando de 0,6 a 16 mg.L⁻¹, estes valores foram atribuídos a fontes naturais de boro e ao aporte de atividades industriais na área.

4.2.5.2. Cádmi e Cobre

a) Cádmi

Os resultados das concentrações de cádmio (cd) da água ao longo do rio podem ser observados na Figura 45. Dos valores observados, a maior frequência (62%) variou entre 0 e 0,005 mg.L⁻¹, 32 % estiveram fora do limite estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA que é de 0,01mg.L⁻¹ para rio de classe III. A portaria 518/04 do Ministério da Saúde admite um limite máximo de 0,005 mg.L⁻¹ para consumo humano, 32% dos valores observados durante a pesquisa na água do Rio Cabelo não se enquadram nos limites desta Portaria, o que torna o uso desta água impróprio consumo humano sem tratamento prévio. O cádmio tem alto potencial tóxico, podendo causar envenenamento quando ingerido na água ou nos alimentos em grandes quantidades, é cancerígeno e sua inserção no meio ambiente pode ocorrer por meio de praguicidas, fertilizantes, além de fontes industriais (BRIGANETE & ESPINHOLA, 2003). Quando ingerido, permanece no corpo humano de 16 a 33 anos, causa disfunção renal e osteoporose (AOSHIMA et, al. 1988).

Para utilização na irrigação os valores máximos permitidos para o cádmio segundo BARRETO et. al. (2004) é de 0,01 mg.L⁻¹, tóxico para a cultura de feijão, beterraba e nabo em concentrações 0,1 mg.L⁻¹ em soluções nutritivas recomenda-se limites

baixos devido sua acumulação potencial em solos e plantas. Portanto apresentando restrição de uso na irrigação em 32% ao longo do rio.

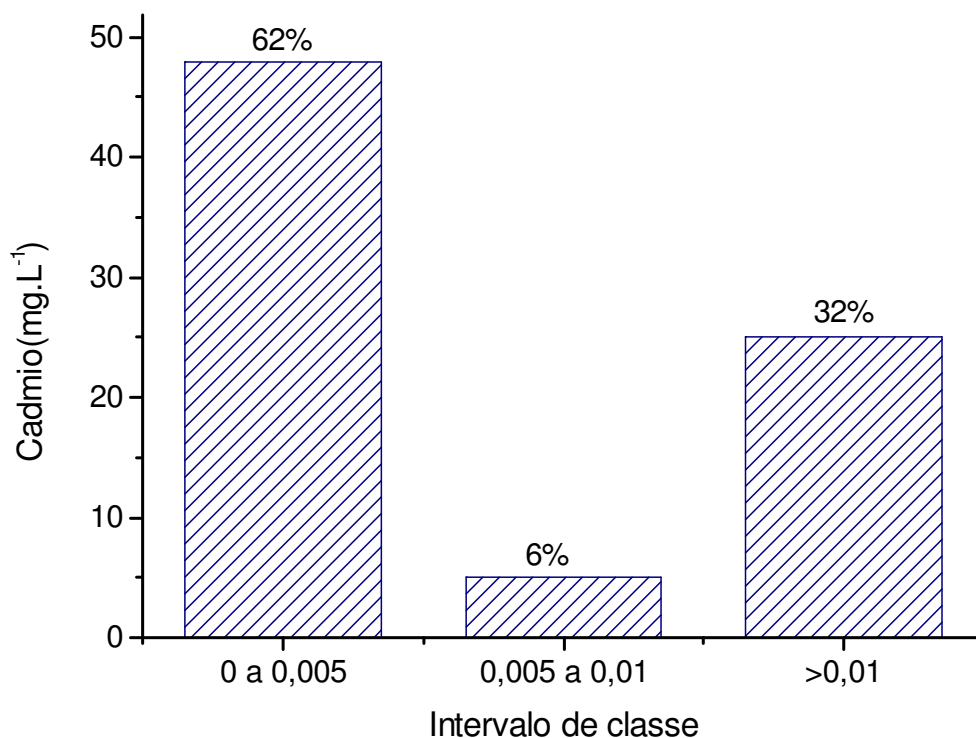


Figura 45. Histograma de classe dos valores observados de Cádmiu (mg.L^{-1}) da nascente até a foz

b)Cobre

A análise da concentração de cobre na água revelou que neste parâmetro os valores estiveram abaixo do limite de quantificação do aparelho que é de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ durante toda pesquisa em todos os pontos. Portanto, não atingindo valores superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA para rios de classe III, que é de $0,013 \text{ mg.L}^{-1}$. Para água potável a portaria do Ministério da Saúde 518/04 de 2 mg.L^{-1} para consumo humano. Neste parâmetro não se tem restrição de uso da água do rio.

Para utilização na irrigação os valores máximos permitidos para o cobre segundo BARRETO et. al. (2004) é de $0,20 \text{ mg.L}^{-1}$, entre $0,1$ e 1 mg.L^{-1} é tóxico para plantas em solução nutritivas. Com relação ao boro não existe restrição de uso para irrigação.

4.2.5.3. Chumbo e Ferro

a)Chumbo

A análise da concentração de chumbo presente na água, mostrada na Figura 46, revela que neste parâmetro os valores apresentaram um percentual de 66,67 % para valores variaram de 0 ao limite de quantificação do aparelho que é de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$, sendo que, e 33,33 % estiveram acima de $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$. Portanto, atingindo valores superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA para rios de classe III, que é de $0,033 \text{ mg.L}^{-1}$. Pela Portaria do Ministério da Saúde 518/04 o valor máximo permitido é de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ para consumo humano, limite ultrapassado ao longo do rio. O chumbo pode causar diversos males à saúde, tais como: interfere na produção da hemoglobina, causa distúrbios renais, neurológicos, encéfalo, retardo no crescimento, anemia e perda de peso (MEDITEXT, 1998). Segundo REPROTEXT (1998), coloca que a estimativa de queda do Quociente de Inteligência (QI) é de 1 a 3 pontos para cada aumento de $10\mu\text{g.dl}^{-1}$ de chumbo no sangue em crianças, quando exposta a este metal. De acordo com a literatura atual, estes efeitos podem ocorrer por exposição ambiental, ou por transferência placentária mãe feto.

Para utilização na irrigação os valores máximos permitidos para o chumbo segundo BARRETO et. al. (2004) é de 5 mg.L^{-1} , em altas concentrações pode inibir o crescimento celular. Portanto de acordo com os valores observados na Figura 44, com relação ao chumbo, não se tem restrição de uso na irrigação.

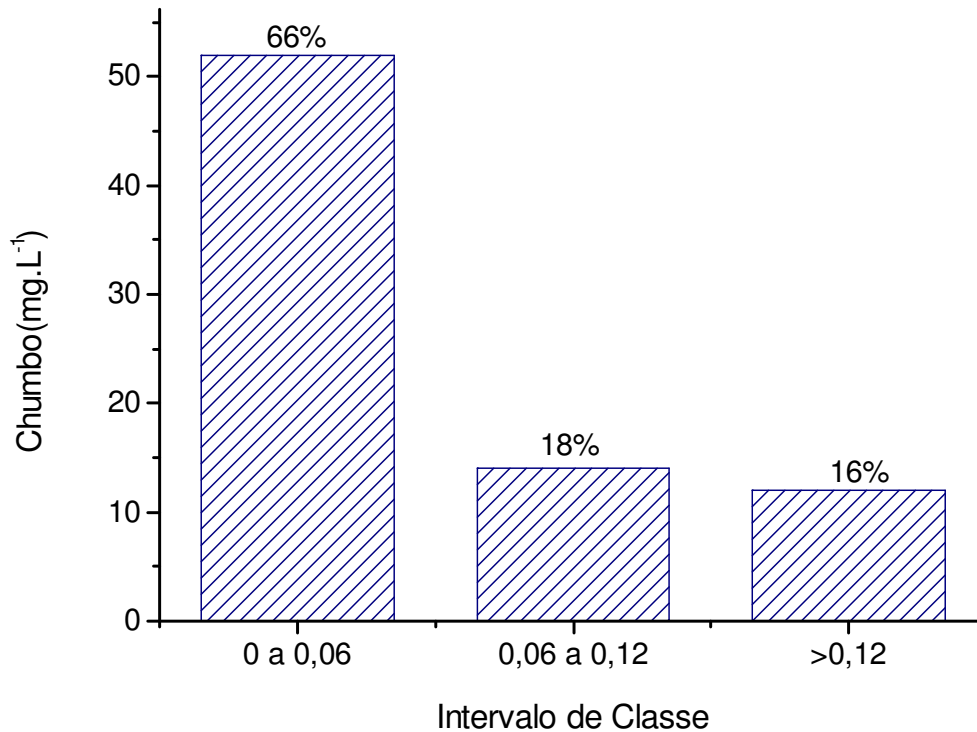


Figura 46. Histograma de classe dos valores observados de Chumbo (mg.L^{-1}) da nascente até a foz

b) Ferro

A concentração de ferro observada na Figura 47 mostra que 20% dos valores estiveram entre 0,30 e 0,60 mg.L^{-1} e 56 % dos valores forma superiores a 0,60 mg.L^{-1} , o que demonstra que o rio se enquadra na classe III, segundo a resolução 357/05 do CONAMA que recomenda valor máximo de 5 mg.L^{-1} . A Portaria do Ministério Saúde 518/04 recomenda um valor máximo de 0,30 mg/L para água potável, analisando-se a Figura 45, observa-se que 76% dos valores observados estiveram fora do limite permitido para o consumo humano ao longo do rio.

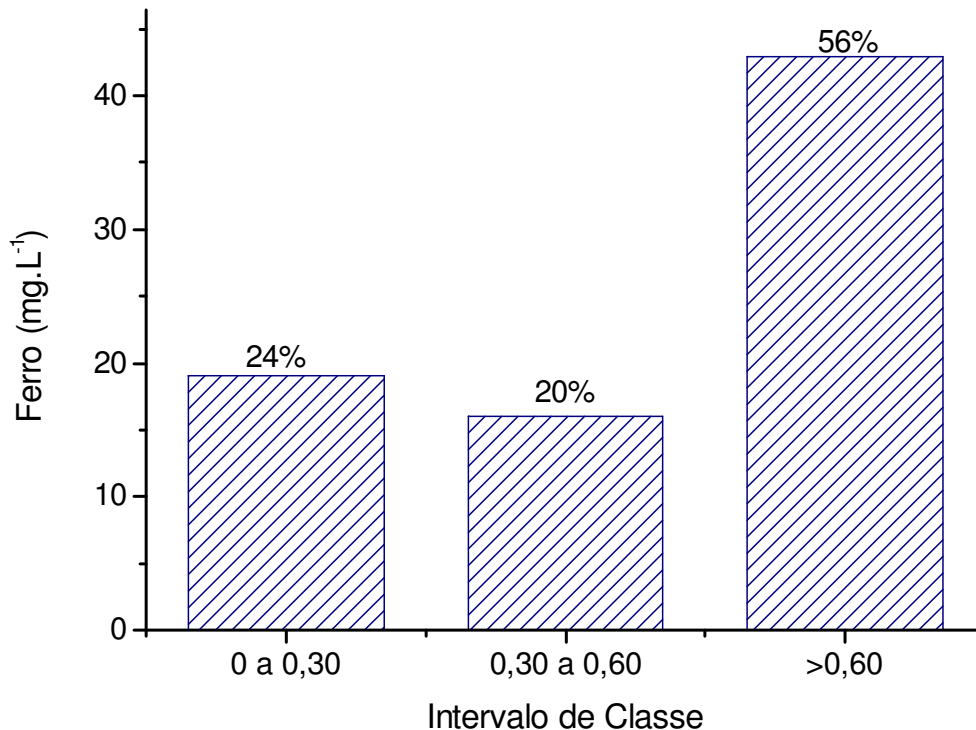


Figura 47. Histograma de classe dos valores observados de Ferro (mg.L⁻¹) da nascente até foz

As principais fontes naturais do ferro para o ambiente aquático são o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses materiais. Atualmente, além das fontes naturais de metais, as fontes antrópicas têm-se destacado como responsáveis pelos elevados níveis desses elementos nos corpos d'água, colocando em risco o equilíbrio ecológico desses sistemas (ESTEVEZ, 1998).

Para utilização na irrigação os valores máximos permitidos para o ferro segundo BARRETO et. al.,2004 é de 5 mg.L⁻¹, em alta concentração pode inibir o crescimento celular.Portanto de acordo com os valores observados na Figura 44, não se tem restrição de uso na irrigação.

4.2.5.4. Manganês e Níquel

a) Manganês

A concentração de manganês apresentou 80% dos valores variando entre 0 e 0,02 mg.L⁻¹ e 14% dos valores observados apresentaram valores variando entre 0,06 e 0,08 mg.L⁻¹. O limite estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA para manganês em águas naturais é de 0,50 mg.L⁻¹, pela Figura 48, observa-se que os valores observados estiveram abaixo do limite recomendado pelo CONAMA em todos os pontos

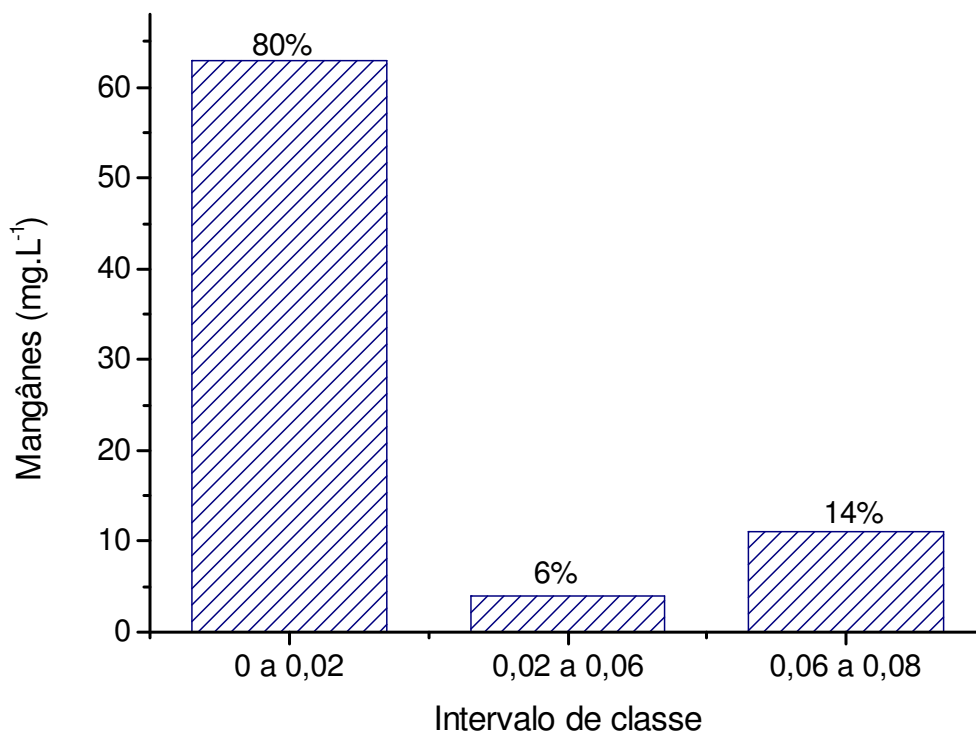


Figura 48. Histograma de classe dos valores observados de Manganês (mg.L⁻¹) da nascente até a foz.

Para utilização na irrigação os valores máximos permitidos para o Manganês segundo BARRETO et. al.(2004) é de 0,20 mg.L⁻¹, no geral, é tóxicos em solos

ácidos. Portanto de acordo com os valores observados na Figura 46, não se tem restrição de uso na irrigação. Os íons de manganês raramente são encontrados em concentrações superiores a 1 mg.L^{-1} , portanto, este metal não é considerado um metal em águas doces, pelo contrário é um micronutriente vital as plantas e aos animais e normalmente são ingeridos traços de manganês pela alimentação, chegando á média de $0,01 \text{ mg/dia}$ (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

b) Níquel

A análise da concentração de níquel presente na água, observada na Figura 49, revela que neste parâmetro os valores estiveram entre a faixa de 0 e $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ para 59%

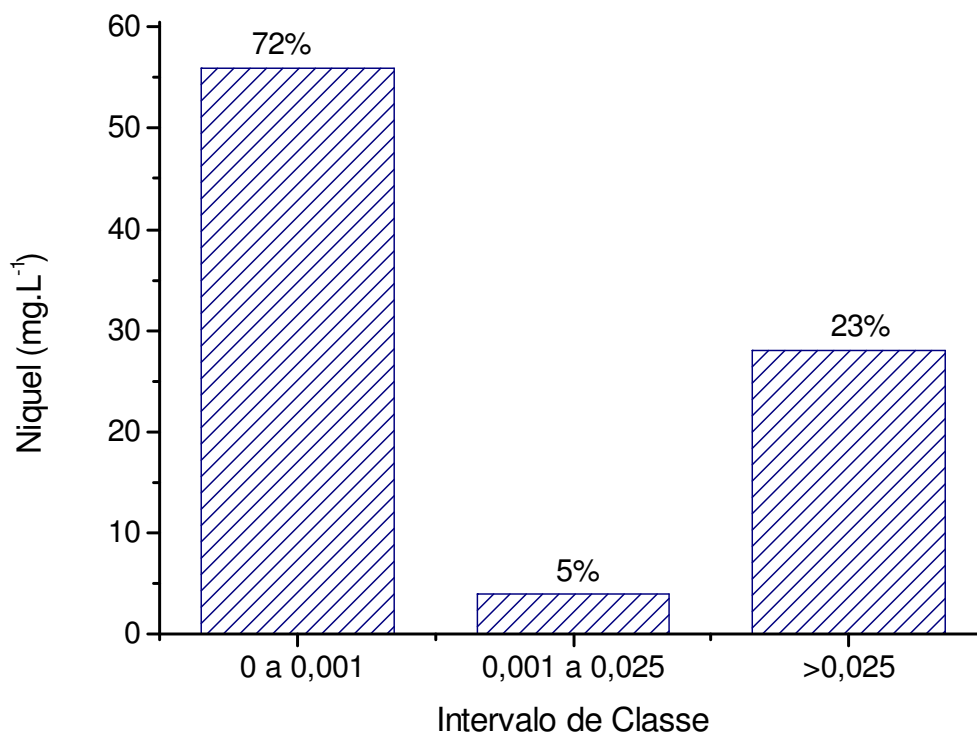


Figura 49. Histograma de classe dos valores observados de Níquel (mg.L^{-1}) da nascente até a foz.

dos valores observados e 23 % foram superiores a $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$ acima dos valores estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA para rios de classe III, que é de $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$. A Portaria do Ministério da Saúde 518/04 não faz referência a este parâmetro. Segundo a OMS (1999) valores inferiores a $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ oferecem suficiente proteção aos indivíduos sensíveis ao níquel.

4.2.5.5. Zinco

As concentrações de zinco presente na água (Figura 50) foram bastante variáveis ao longo dos pontos de amostragens, sendo que 82% dos valores observados ao longo do rio estão abaixo de $0,006 \text{ mg.L}^{-1}$ limite de quantificação do aparelho, portanto, não chegando a ultrapassar os limites estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA para rios de classe III, que é de 5 mg.L^{-1} .

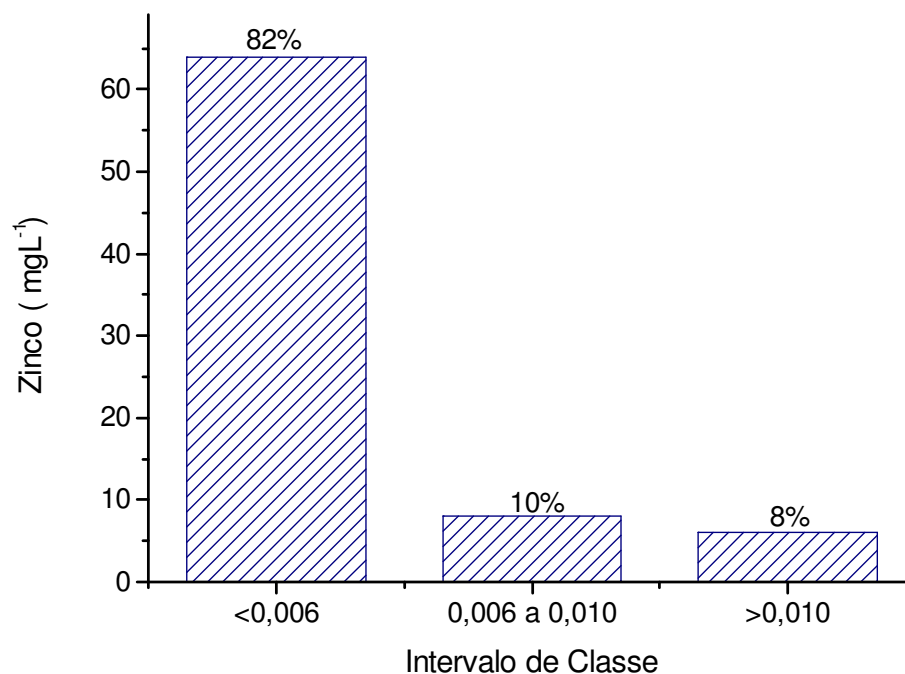


Figura 50. Histograma de classe dos valores observados de Zinco (mg.L^{-1}) da nascente até a foz

Para consumo humano o valor máximo recomendado pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde é de 5 mg.L⁻¹. Neste parâmetro a água do rio do cabelo não apresenta restrição de uso.

5. CONCLUSÕES

I. No levantamento das fontes de poluição na bacia hidrográfica do Rio Cabelo foram observadas contribuições significativas de: esgotos domésticos e industriais, resíduos sólidos, exploração da mineração pela retirada de areia, exploração agropecuária, desmatamento, aterramento do mangue, ocupação irregular da praia e urbanização caracterizada por uma ocupação onde predominam os condomínios, diversos loteamentos e residências construídas irregularmente.

II. Os usos das águas superficiais na bacia hidrográfica do Rio do Cabelo levantados nesta pesquisa demonstram que dos entrevistados 28 % utilizam água do rio e 72 % faz uso de água de poço para consumo humano. No que diz respeito a balneabilidade 87 % utilizam água do rio para este fim e 13% não faz uso. Dos entrevistados 35% utilizam a água do rio para irrigação das culturas. Para dessedentação animal 90% faz uso das águas do rio e 98 % utilizam em atividade domésticas.

III. Dentre os entrevistados 22 % relataram ter conhecimento de pessoas que fazendo uso de água do Rio do Cabelo, adquiriram doenças como, esquistossomose, problemas intestinais e doenças dermatológicas das mais variadas.

IV. Diante da serie analisada de oito anos observa-se que o Rio do Cabelo apresenta efeitos da poluição desde 1998, apresentando variações no decorrer dos anos que depende da precipitação, da capacidade de autodepuração do rio e da quantidade de lançamento das fontes de poluição.

V. Ao longo do rio ocorre o processo de autodepuração, com a redução da DBO e a recuperação do OD, a concentração de nutrientes como nitrogênio foram inferiores aos valores limites recomendados pela resolução 357/05 do CONAMA, com relação ao fósforo o ponto amostral CB5 superou os limites recomendados pelo CONAMA, contribuindo para o processo de eutrofização neste trecho do rio.

VI. A partir dos resultados de metais pesados na água do Rio do Cabelo e considerando-se o Limite da resolução 357/05 do CONAMA para rio de classe III, observou-se que houve, freqüentemente, superação dos níveis estabelecidos para o Boro, Cádmio, Chumbo, sendo forte indicativo das atividades antrópicas na bacia, níveis de concentrações que pode prejudicar as vidas aquáticas, silvestres e ao homem através de contato primário ou na cadeia alimentar.

VII. A qualidade microbiológica ou sanitária da água do Rio do Cabelo não é apropriada para consumo humano sem tratamento em nenhum dos pontos analisados. O ponto amostral que apresentou maior nível de contaminados por coliformes fecais foi o CB4 com valor médio anual para o ano de 2005 de $9,29 \times 10^3$ UFC.100mL⁻¹ .

VIII. A água do Rio do Cabelo é imprópria para irrigação irrestrita, principalmente nos pontos amostrais CB3, CB4, CB5 e CB6, onde a qualidade da água não atende ao critérios recomendados pela OMS, Coliformes Fecais < 1000 UFC/ 1000ml. Apesar de não ultrapassar o valor recomendado pela OMS os demais pontos também estão na restrição de uso, tendo em vista que, não se tem informação sobre a concentração de ovos de *Ascaris lombricóides*.

IX. Em todo o trecho estudado diversos parâmetros estão fora dos padrões referenciado pela resolução 357/05 do CONAMA para um rio de classe III, decorrentes das atividades antrópicas na bacia, da falta de infra-estrutura no local e de uma maior eficiência na fiscalização por parte dos órgãos ambientais.

6. RECOMENDAÇÕES

- Avaliação criteriosa da água do lençol freático em posteriores pesquisas, tendo em vista, o comprovado uso para consumo humano.
- Tratamento dos efluentes domésticos e industriais da cidade de João Pessoa, principalmente na área da bacia hidrográfica do Rio do Cabelo na área industrial e dos condomínios, que apresentam infra-estrutura deficitária ou inexistente evitando o lançamento destes no Rio do Cabelo.
- Incrementação do acompanhamento/ monitoramento pela SUDEMA nas industriais instaladas, objetivando a manutenção da qualidade do efluente industrial final dentro dos padrões de lançamento da legislação brasileira.
- Desenvolvimento de campanhas de educação ambiental, conscientizando a população dos impactos negativos ao meio ambiente decorrente do lançamento de resíduos sólidos e líquidos na bacia do Rio do Cabelo.
- Elaboração de um plano de gestão e manejo da bacia hidrográfica do Rio do Cabelo, envolvendo um programa de despoluição do rio e recuperação da mata ciliar, preservando parte da Mata atlântica que existe ainda na bacia.
- Estudos na área de saúde para uma verificação de contaminação por metais pesados na população ribeirinha.

7. REFERÊNCIAS

AGENDA 21. Disponível em < www.mma.org > Acesso em: 12 julho 2006.

AOSHIMA, K.; IWATA, K.; KASUYA, Y. Environmental exposure to cadmium and effects on human health. Part I: Renal tubular function inhabitants of the cadmium. Japan v.43, p.949-955.1988.

APHA – AWWA- WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater.** 19th edition. Wasghington D.C. American Public Health Association.1995.953p.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Water Quality for Agriculture. Tradução H.R. Ghety e J. F. de Medeiros, UFPB, Campina Grande-PB.1991.217p.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Estudos, irrigação e drenagem, 29. Revisado 1º 2º edição. Tradução H.R. Ghety e J. f. de Medeiros, UFPB, Campina Grande-PB.1999.153p.

BARRETO, N. B.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, L.E. Irrigação e Drenagem na empresa agrícola - impacto ambiental versus sustentabilidade. Aracaju: Embrapa. 2004.418p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6ª ed. Viçosa-MG. UFV.1995. 657p.

BLOTTNER S, FROLICH K, ROELANTS H, STREICH J, TATARUCH F. Influence of environmental cadmium on testicular proliferation in roe deer. *Reprod Toxicol* 1999; 13(4): 261- 67.

BRAYNER, F.M.M. Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana. São Carlos.103p- Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo.1998.Tese(Doutorado)

BRAGA, B. et. al. Introdução a Engenharia Ambiental.São Paulo;Pretice Hall,2002.305 p.

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

BRANCO, S. M.; CLEARY, R. W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S. J.; NOGUEIRA, V.P. Q.; PORTO, M. F. A. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1991. V. 3.

BRIGATE, J.; ESPÍNDOLA, G.L.E. Liminologia fluvial - Um estudo no rio Mogi - Guaçu. São Carlos. RIMA. 278p. 2003.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA - Resolução nº 20- 18 de junho de 1986. IN: Legislação de Conservação da Natureza. 4º ed.São Paulo.FBCN/CESP.1986.720p.

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

BRASIL. Lei Nº 9.605: Lei da Vida - Lei de Crimes Ambientais. Brasília. Diário Oficial da União, 12 de Fevereiro de 1998

BRASIL. Gestão dos Recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 Brasileira. Brasília, 2000.

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

BRASIL. Lei 10.625,27 de Dezembro de 2000. Mensagem de Veto nº 2.099 Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 518. 26 de março de 2004.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357 - 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRITO, L. T. L. Avaliação dos impactos das atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da bacia do Salitre- Bahia e classificação das fontes hídricas. Universidade Federal de Campina Grande, 2003.184p. (Tese Doutorado).

BRIGANTE, J.; ESPINDOLA, E. L.G. Liminologia Fluvial. Um estudo no rio Mogi-Guaçu. RIMA, 2003. 278p.

BUENO, J.L. H. SASTRE; A.G LAVÍN. Contaminación e Ingeniería Ambiental. FICYT, Oviedo, 1997.

CALLISTO, M.; MORETTI, M. & GOULART, M. Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramentas para Avaliar a Saúde de Riachos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 6 n.º 1, jan/ mar 2001, 71-82.4.

CALMANO, W. Metals in sediments: remobilization and environment hazards. In: Munaawr, m.; DAVE, G., eds. Development and Progress in sediment Quality Assessment: Rationale, Challenges, Techniques & Strategies. p.1-33. 1996.

CAMARGO, A.F.M. et al. (1996) The influence of the physiography and human activities on the limnological characteristics of the lotic ecosystems of the south coast of São Paulo, Brazil. Acta Limnol. Brasil, 8: 231-243.

CARMOUZE, J. P. O Metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo - Editora Edgard Blücher – FAPESP. 1994. p.253

CARVALHO, R.A ; OLIVEIRA, M.C.V. Princípios básicos de saneamento do meio. São Paulo.3 ºed.:editora SENAC.São Paulo, 2003.

CARVALHO, M.G.R.F. Estado da Paraíba: Classificação geomorfológica. UFPB. Ed. Univers. João Pessoa, 1982.

CEBALLOS, B.S. O. Determinação de coliformes fecais E. coli pelo método do substrato definidos: alguns inconvenientes. Atualidades técnicas Revista de Engenharia sanitária e ambiental. V.3. nº1:jan./fev. e nº 2 abr./jun.,1998.p 9-10.

CETESB. < www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.#cadmio>. Acesso: 05 de abril de 2006

CHEN, J.S. et al.. Geographical tendency of geochemical characteristics and binding capacity of suspended matter from the five main rivers of east china for heavy metals. In:VERNET,J.P., ed. Heavy metals in the environment.Elsevier.p.125-135.1991.

CONEZA,V. F. **Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental**.Madrid, España: Mundi-Prensa.1997. 412p.

DIAS, L.E.; ÁLVAREZ, V.H.V. Fertilidade do solo. Viçosa-MG. UFV. 1996.204p.

DIAS, R. “Tietê: Um Rio Começa a Renascer”, BIO – Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, n. 18, pp. 44-48.2001.

DIAS, L.E.; ÁLVAREZ, V.H.V.Fertilidade do solo. Viçosa-MG. UFV.1996. 204p.

DIAS, R.. “Tietê: Um Rio Começa a Renascer”, BIO – Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, n. 18, 2001. p. 44-48.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 1ª Edição. São Paulo. CETESB, 1992.

ESTEVES, F. Fundamentos da liminologia. Rio de Janeiro. Interciência.FINEP.1998. 574p.

EYSINK, G. G. J.; PÁDUA, H. B. DE; PIVA-BERTOLETTI, S. A. E. Considerações preliminares sobre os níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas organoclorados no Complexo Estuarino-lagunar Iguape- Cananéia e Vale do Ribeira. Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Cananéia, São Paulo, abr. 3:258-66, 1987.

FEACHEM, R.G.; BRADLEY, D.J.; GARELICK, H.; MARA D.D.(1983). Sanitation and disease: Health aspects of excreta and wastewater management. Naw York. Jonh Wiley & Sons.1983.501p.

FERREIRA, L. M. & IDE, C. N. **Avaliação comparativa da sensibilidade do IQA- NSF, IAQSmith e IQA-Horton, aplicados ao rio Miranda, MS**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21º, 200, João Pessoa. **Anais...** ABES, 2005.

FERRIER, R. C., EDWARDS, A. C., HIRST, D., et al., 2001, “Water Quality of Scottish Rivers: Spatial and Temporal Trends”, The Science of the Total Environment, v. 265, pp. 327-342.2001

FORNO, D.A. Sustainable development starts with agriculture. In: FAIRCLOUGH A.J. (ed). Sustainable agriculture solutions the actions report of the sustainable agriculture initiative. London:The Novelho Press,1999.Cap.1.p.8-11.

FREIRE, R. H. F. “Aspectos Limnológicos de três reservatórios que abastecem a Região Metropolitana- Fortaleza – Açudes Pacajus, Pacoti e Gavião” Gavião”. Fortaleza. 308p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil área de concentração Saneamento Ambiental) –2000.

FREITAS, M A.V; SANTOS, A.H.M. Importância da água e da informação hídrica. In: FREITAS, M A.V. de (ed). O estudo das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informação de recurso hídricos. Brasília: ANEEL/MME/MMA-SRH/OMMM, 1999, p.13-16. il.

GALINDO, Evania Freires. **A intersectorialidade como requisito para construção de uma Cidade Saudável**: política de Saneamento e de Saúde no Recife (gestão 2001-2004) - Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano). Recife, UFPE, 2004.

GRASS Development Team. *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Programmer's Manual*. ITC-irst, Trento, Italy. 2005. Electronic document. <http://grass.itc.it/devel/index.php>. 2005.

HOLT, M. S. "Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment", *Food and Chemical Toxicology*, v.38,2000. pp. 21-27.

IKEDA M, ZHANG ZW, MOON CS, SHIMBO S, WATANABE H, MATSUDA. Possible effects of environmental cadmium exposure on cadmium function in the Japanese general population. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73(1): 15-25.

INTER-PRESS SERVICE (IPS). Most rivers in the world are polluted. (Washington, D.C.). Inter-Press Service wire service. 1999.

JOÃO PESSOA. Lei complementar de 29 de agosto de 2002. Institui o Código de Meio Ambiente do Município de João Pessoa e dispõe sobre o Sistema Municipal de Meio Ambiente – SISMUMA.

JORNAL O NORTE. Quarta-feira 19 de outubro de 2005. João Pessoa - PB

JOSÉ, V. F. Segurança do Consumidor. São Paulo (Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental, USP), 1997.

LANNA, A.E. Gerenciamento de bacia hidrográfica: Aspectos conceituais e metodológicos. Brasília. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis, 1995.

LEITE, E.P.F; FARIAS, M. S. S; SILVA, F.W. **Diagnóstico ambiental preliminar da bacia hidrográfica do rio do cabelo João Pessoa/Pb.52p.2004.**

LEITE, E.P.F. Caracterização hidrológica e de atributos físico - hídricos do solo dos solos da bacia hidrográfica do rio do Cabelo, utilizando sistemas computacionais livres. UFCG/CCT. Doutorado Temático em Recursos Naturais. Campina Grande, 2005. Tese (Doutorado).

LEITE, E. P. F; JERÔNIMO, V. L. **Poluição hídrica na bacia hidrográfica do rio cabelo.** CEFET. João Pessoa - Pb. 2006 (RELATÓRIO TÉCNICO).

LUMMERTZ, F. B. **Aspectos da hidráulica subterrânea na área da grande João Pessoa.**UFPE.Escola de Geologia do Recife, 1977(Dissertação de Mestrado).

MAIA, Anna Paula Alves. **Gestão de recursos hídricos em Pernambuco:** o comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais). Recife, UFPE, 2002.

MAGALHÃES, P. C. **O custo da água gratuita.** In: Ciência Hoje, v. 36, nº 211, 2004, p.45-49.

MAGALHÃES JUNIOR, A.P. **A situação do monitoramento das águas no Brasil - Instituições e iniciativas.** RBRH.- Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol.5,nº3,jul/set.2000,p.113-115.Porto Alegre/RS:ABRH,2000.

MAIER, M.H. (1987) Ecologia da bacia do Rio Jacaré-Pepira (47° 55' - 48° 55' W; 22° 30' - 21° 55' S - Brasil). Qualidade da água do Rio Principal. *Ciência & Cultura*, 39 (2): 164-185.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3º ed. São Paulo. Editora Agronômica Ceres.1981.596p.

MANAHAN, S .Environmental Chemistry: Sixth Edition. CRC Press, Inc, US. 1994

MANO, E.B.: ELEN, B. A.BORNELLI, C.M.C. Meio ambiente, poluição e reciclagem.1ª ed.São Paulo:Edgard Blucher, 2005.

MEDITEXT - Lead - Medical Management In: Hall AH & Rumac BH (Eds): Tomes System..1998.

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

MICROCAL SOFTWARE.Inc. Microcal Microsoft Origem (version 7.0-Windows)Northampton (ma 01060 USA),1999.

MOTA, S. Preservação e conservação e Recursos hídricos 2 ed. Rio de Janeiro:ABES.1995.200p.

NOGUEIRA, Daniela. **Participação e Reconhecimento na Organização Social em torno da Gestão de Recursos Hídricos:** uma análise comparada da Bacia do Rio das Velhas/MG e da Bacia do Rio dos Sinos/RS. Dissertação (Mestrado em Ciência Política). Brasília, UnB, 2004.

NOVOTNY, V., OLEM, H. Water Quality – Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution, New York, John Wiley and Sons, Inc.1993.

OGERA, R.C. Remoção de nitrogênio no esgoto sanitário pelo processo de lodo ativado por batelada.UNICAMP. Campinas.São Paulo.1995(Dissertação de Mestrado).

OLIVEIRA, F. B. **Degradação do meio físico e implicações ambientais na Bacia do Rio Jaguaribe** – João Pessoa.UFPE.Recife. 2001(Tese de Mestrado).

OMS. Organization Mundial de la Salud. Guias para la calidad del água potable. 2ed.v.1. Genebra, 1999.

PAGANINI, W. S. Disposição de esgoto no solo – Escoamento á superfície. 2º ed. São Paulo. Fundo editorial da AESABESP. 1997. 232p.

PEREIRA, FERNANDO A. Melhoramento genético de suínos. XXXVII Reunião Anual da SBZ, Viçosa-MG, 24 a 27 de Julho de 2000.

PFEIFFER, W.C. ET AL. Metais pesados no pescado da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, RJ. Ciência e Cultura, São Paulo, 37(2): 1985. p. 297-302

PHILIPPI, A.JR; ROMERO M. A.; BRUNA, G.C. Curso de gestão ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. Ciência Hoje, São Carlos, v.19, n.10, p.4-45, 1995.

PONTES, C. A. A. ; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 2004, v. 20, n. 5, p. 1319-1327.

PRAT, N. & WARD, J. V.. The Tamed River. P: 219-263. 1997.

QUEIROZ, I. G., BLUME, L. D. C., BENEVIDES, M. A. P., PEREIRA, M. C. N., EILERS, V.H. M. **Plano diretor de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos tributários estaduais dos rios Vaza Barris e Real**. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação do Estado da Bahia/Superintendência de Recursos Hídricos. Salvador, 1996.

REBOUÇAS, A. C. “Água Doce no Mundo e no Brasil”, In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G., (Org.), *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*, São Paulo – SP, Editora Escrituras. 1999.

REBOUÇAS, A. C. “Água Doce no Mundo e no Brasil”, In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (Org.), *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*, 3^a ed., São Paulo – SP, Editora Escrituras. 2006.

REPROTEXT (Document) Lead. In: Hall Dabney BJ (ed): REPROTEXT. Database. MICROMEDEX, Inc., Englewood, Colorado, marc 1998.

RODRIGUEZ, J. L. Atlas escolar da Paraíba. Espaço geo-histórico e cultural. João Pessoa - PB. 3ed. Grafset. 112p. 2002.

ROELS, H.A, HOET P, LISON D. Usefulness of biomarkers of exposure to inorganic mercury, lead, or cadmium in controlling occupational and environmental risks of nephrotoxicity. *Ren Fail* 1999; 21(3-4): 251-262.

SASSI, R. ; OLIVEIRA, B.R. ; ARAÚJO, M.E.; MOURA G. F.; MELO, J.A.; MELO, G.N. **Estudo integrado das lagoas costeiras do Estado da Paraíba**. João Pessoa. 1997 (Relatório Técnico Final).

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L.; PARKIN, G. F.. *Chemistry for environmental engineering*. 4^o ed. New York. McGraw-Hill Book Company. 1994. 658p.

SILVA, A.G. **Turismo e Impactos Sócio - ambientais no Litoral Sul de João Pessoa**, **Pb.** 6^o Encontro de Geógrafos da América Latina . Argentina, 1997.

SILVA, A.S.; OLIVEIRA, R. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande – Paraíba, 2001.

SHAFER, A. Fundamentos da ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre-RS. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.1985.532p.

SPERLING, M. V. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, ed. 2, Belo Horizonte – MG, Editora SEGRAC.1996.

STUDART, T.; CAMPOS, N.Gestão das Águas. Princípios e práticas. 2 ed. Porto Alegre.ABRH, 2003.

TAPIA, L. **et al.** Selección y evaluación de porta injertos de olivos (*Olea europaea* L.), resistentes a la salinidad y toxicidad específica para el norte de Chile. Informe Final. FONDECYT 92-132, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.1995.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação, 2º ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS : ABRH. 2001.1001p.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Water for people, water for life.** Executive Summary of the UN World Water Development Report. França, UNESCOWWAP, 2003.

VILLIERS, Marq de. **Água:** como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Rio de Janeiro, Ediouro, 2002.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). World resources 1987. New York, Basic Books, 1987.

8. ANEXO

8.1. ANEXO A - Questionário aplicado a 60 moradores residentes as margens do Rio Cabelo- João Pessoa - PB

1. Nome do entrevistado?
2. Numero de pessoa que residem na casa?
3. Possui rede de esgoto?
4. Utiliza água na potabilidade?
() CAGEPA () Poço () Rio Cabelo
5. Usa água do Rio Cabelo?
() Atividades domesticas
() Balneabilidade
6. Utiliza água do Rio Cabelo para irrigação?
() SIM () NÃO
7. Utiliza água do rio para dessedentação animal?
() SIM () NÃO
8. Tem conhecimento de problemas de saúde que foram atribuídos a pessoas que utilizaram a água do rio, através de contato primário com a água sem tratamento?

**ANEXO B -RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005- Classe 3 e 4
(água doce)**

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

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

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

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

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água;

RESOLVE:

Art. 1º - Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

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

- I - Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %;
- II - Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %;
- III - Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %;
- IV - Ambiente lêntico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
- V - Ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;
- VI - Aqüicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;
- VII - Carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
- VIII - Cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;
- IX - Classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;
- X - Classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;
- XI - Coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44? - 45?C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;
- XII - Condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

XIII - Condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

XIV - Controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

XV - Corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

XVI - Desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;

XVII - Efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

XVIII - Efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

XIX - Efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

XX - Enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - Ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII - Ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII - *Escherichia coli* (E.Coli): bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;

XXIV - Metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - Monitoramento: 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;

XXVI - Padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - Parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - Pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - Programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - Recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI - Recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

XXXII - Tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - Tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - Tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - Tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - Vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGRH;

XXXVII - Virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - Zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

CAPÍTULO II

DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art. 3º - As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único - As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

SEÇÃO I

DAS ÁGUAS DOCES

Art. 4º - As águas doces são classificadas em:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;

- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274 , de 2000;
- d) 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; e
- e) À aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) À pesca amadora;
- d) À recreação de contato secundário; e
- e) À dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) À navegação; e
- b) À harmonia paisagística.

SEÇÃO II

DAS ÁGUAS SALINAS

Art. 5º - As águas salinas são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274 , de 2000;
- b) À proteção das comunidades aquáticas; e
- c) À aqüicultura e à atividade de pesca.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) À pesca amadora; e
- b) À recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) À navegação; e
- b) À harmonia paisagística.

SEÇÃO III

DAS ÁGUAS SALOBRAS

Art. 6º - As águas salobras são assim classificadas:

I - Classe especial: águas destinadas:

- a) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) À recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº 274 , de 2000;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À aqüicultura e à atividade de pesca;
- d) Ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e

e) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) À pesca amadora; e
- b) À recreação de contato secundário.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) À navegação; e
- b) À harmonia paisagística.

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

SEÇÃO I

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 7º - Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único - Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do Art. 34, desta Resolução.

Art. 8º - O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º - Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º - Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º - A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º - As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º - Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º - Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º - A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º - Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º - Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10 - Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º - Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º - Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º - Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º - O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11 - O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12 - O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência....

Art. 16 - As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;
- i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;
- j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; l) turbidez até 100 UNT; m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e, n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES

PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila a	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni

Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH \leq 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH \leq 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH \leq 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (a + b + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L

Lindano (g-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17 - As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

- I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II - odor e aspecto: não objetáveis;
- III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;
- VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,
- VII - pH: 6,0 a 9,0.

8.3. ANEXO C – Valores de referência dos parâmetros indicadores de qualidade da água estabelecidos para Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (MS, 2004) e da resolução n° 357/05(CONAMA,2005) para classe 3.

Tabela 5 – Valores de referência dos parâmetros indicadores de qualidade da água estabelecidos para Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (MS, 2004) e da resolução n° 357/05(CONAMA,2005) para classe 3.

Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência		Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência	
		PMS	CONAMA			PMS	CONAMA
Parâmetros Físicos e químicos							
Cor	PtL ⁻¹	15	75	DBO	mg/L		10
Dureza	mgL ⁻¹	500		OD	mg/L		4
Turbidez	UNT	5	100	pH	-		6,0 – 9,0
Sólidos Dissolvidos Totais	mgL ⁻¹	1000	500				
Parâmetros Inorgânicos							
Boro	mgL ⁻¹	-	0,75	Ferro	mgL ⁻¹	0,3	0,075
Cádmio	mgL ⁻¹	0,005	0,01	Magnésio	mgL ⁻¹	-	-
Chumbo	mgL ⁻¹	0,01	0,033	Manganês	mgL ⁻¹	0,1	0,5

Tabela 6 – Valores de referência dos parâmetros indicadores de qualidade da água estabelecidos para Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (MS, 2004) e da resolução n.º 357/05(CONAMA,2005) para classe 3 - Continuação

Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência		Parâmetros	Unidade	Fonte de Referência	
		PMS	CONAMA			PMS	CONAMA
Cobre	mgL ⁻¹	2	0,013	Niquel	mgL ⁻¹		0,025
Zinco	mgL ⁻¹	5	5	Nitrato	mg/L	10	10
Nitrogênio Orgânico	mgL ⁻¹	-	13,3	Nitrito	mg/L	1	1
Sulfato	mgL ⁻¹	250	250	Cloreto	mg/L	250	250
Parâmetros Microbiológico							
Coliformes Fecais(UFC.100L⁻¹)		Ausente					
Recreação de contato secundário			2500				
Dessedentação animal			1000				
Demais usos			4000				

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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