



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA
ASSESSORIA DE EDUCAÇÃO A DISTANCIA - AEDI
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO MANANCIAL DE
ABASTECIMENTO DA CIDADE DE PARAUPEBAS-PA E
PROPOSTAS DE ELEMENTOS DE GERENCIAMENTO PARA
CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL

SIBELE QUEIROZ AMORIM

Belém - PA
Março/2008



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOLOGIA
ASSESSORIA DE EDUCAÇÃO A DISTANCIA - AEDI
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO HÍDRICA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO MANANCIAL DE
ABASTECIMENTO DA CIDADE DE PARAUPEBAS-PA E
PROPOSTAS DE ELEMENTOS DE GERENCIAMENTO PARA
CONSERVAÇÃO E USO SUSTENTÁVEL**

Monografia de Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental da Universidade Federal do Pará, apresentada como requisito à obtenção do título de Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental, sob a orientação do Prof. Dr. Milton Matta.

Aprovada em 05 de março de 2008

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. MILTON ANTONIO DA SILVA MATTA
ORIENTADOR

Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU
MEMBRO

Prof. Dr. VLADIMIR DE ARAÚJO TÁVORA
MEMBRO



AMORIM, Sibeles Queiroz,

Avaliação da qualidade da água do manancial de abastecimento da cidade de Parauapebas-Pa e Proposta de Elementos de Gerenciamento para Conservação e Uso Sustentável /Sibeles Queiroz Amorim; orientador Milton Antonio da Silva Matta – Belém-Pa, 2008.

Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pará. Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental.



Dedico esse trabalho em especial aos meus pais Alberto Moreira de Amorim e Alcirene de Fátima Queiroz Amorim, pelo amor incondicional, carinho, dedicação, confiança e apoio e ao meu filho Guilherme Amorim Magalhães, pela alegria dos meus dias.

E aos meus irmãos Vanessa, Aretuze e Alberto Júnior, pelo apoio.



AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, persistência e coragem.

Ao Prof. Milton Matta pela tutoria, orientação e apoio concedido durante todo curso.

Ao meu amigo Nylton César (Dagoberto) pelo apoio na parte gráfica e elaboração de mapas.

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



“A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.”

Declaração Universal dos Direitos da
Água

22 de março 1992.

SUMÁRIO



LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	xii
INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	3
2.1 - OBJETIVO GERAL	3
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 - JUSTIFICATIVA	3
4 - CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	3
4.1 - ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	6
4.1.1 - Clima	6
4.1.2 - Geomorfologia	7
4.1.3 - Hidrografia	9
4.1.4 - Solos	10
4.1.5 - Vegetação	11
4.1.6 - Uso e ocupação do solo	11
5. PANORAMA ATUAL SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS	13
5.1 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA TERRA	13
5.2 - ESCASSEZ DE ÁGUA	15
5.3 - RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	18
5.4 - RECURSOS HÍDRICOS NO PARÁ	21
6 - ATIVIDADES ANTRÓPICAS E RECURSOS HÍDRICOS	27
7 - QUALIDADE DAS ÁGUAS	28
7.1 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	32
7.1.1 - Temperatura	33
7.1.2 - pH	34
7.1.3 - Alcalinidade	35
7.1.4 - Condutividade Elétrica	35



7.1.5 - Cor	37
7.1.6 - Fósforo	37
7.1.7 - Nitrogênio	39
7.1.8 - Oxigênio dissolvido	41
7.1.9 - DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	42
7.2 - OS PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA	42
7.3 - DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	45
8 - QUALIDADE DAS ÁGUAS DA ÁREA ESTUDADA	46
8.1- ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	46
8.2 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E VARIÁVEIS ANALISADAS	47
8.3 - PROCEDIMENTO PARA COLETA, PRESERVAÇÃO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS.....	49
8.4 - MÉTODO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO.....	49
8.5 - TRATAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	65
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE QUADROS



Quadro 01: Distribuição de água na biosfera e tempo de renovação	14
Quadro 02: Demonstrativo da oferta e consumo de água nas principais regiões do mundo	19
Quadro 03: Balanço hídrico das principais bacias hidrográficas do Brasil.....	20
Quadro 04: Padrões de qualidade da água, segundo a Resolução CONAMA 357/05.	44
Quadro 05: Localização dos pontos de amostragem no Rio Parauapebas-Pa.....	47
Quadro 06: Parâmetros analisados durante as duas amostragens no ano de 2007 no Rio Parauapebas.....	48
Quadro 07: Valores medidos dos parâmetros analisados durante as duas amostragens no ano de 2007 no Rio Parauapebas.....	49

LISTA DE FIGURAS



Figura 01: Localização da cidade de Parauapebas. Detalhe do ponto de monitoramento no Rio Parauapebas (Unidade de Captação do Sistema de Abastecimento Público de Água).....	4
Figura 02: Rio Parauapebas no ponto de amostragem.	5
Figura 03: Unidade de captação de Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Parauapebas-Pa.....	5
Figura 04: Área de colinas baixas e suaves na DAPA. Ao fundo, extremidade norte da Serra de Carajás.	8
Figura 05: Paisagem suavemente ondulada nas proximidades do CEDERE I.	8
Figura 06: Relevo colinoso, suave a moderadamente ondulado, presente na sede do município de Parauapebas.	9
Figura 07: Sistema de Divisão Hidrográfica do Estado do Pará.....	22
Figura 08: Distribuição espaço temporal dos valores temperatura medidos no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	51
Figura 09: Distribuição espaço temporal dos valores de pH medidos no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	52
Figura 10: Distribuição espaço temporal dos valores de Cor aparente no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	54
Figura 11: Distribuição espaço temporal dos valores de Turbidez no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	55
Figura 12: Distribuição espaço temporal dos valores de Condutividade no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	56
Figura 13: Distribuição espaço temporal dos valores de Sólidos Totais dissolvidos no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	57



Figura 14: Distribuição espaço temporal dos valores de Alcalinidade no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	59
Figura 15: Distribuição espaço temporal dos valores de Nitrato no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	60
Figura 16: Distribuição espaço temporal dos valores de Nitrogênio Amoniacal no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	61
Figura 17: Distribuição espaço temporal dos valores de DBO no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	62
Figura 18: Distribuição espaço temporal dos valores de DQO no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	63
Figura 19: Distribuição espaço temporal dos valores da concentração de Oxigênio Dissolvido no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).	64



RESUMO

Diversos são os fatores que causam a degradação dos mananciais e põem em risco o abastecimento de água à população, dentre esses fatores podemos destacar os desmatamentos, mineração, lixão, disposição incorreta dos resíduos sólidos, lançamento de esgoto, erosão, assoreamento e crescimento desordenado dos núcleos habitacionais. O Rio Parauapebas é o principal manancial de abastecimento para o município de Parauapebas, sendo o responsável por toda a oferta de água para abastecimento da cidade. O estudo sobre a avaliação da qualidade da água desse manancial é relevante uma vez que diversos fatores poderão em pouco tempo comprometer significativamente a qualidade da água captada para o abastecimento. Os resultados obtidos por meio das análises das amostras de água nos 05 (cinco) pontos de amostragem permitiram concluir que ainda que se observe acentuada expansão urbana próxima ao manancial de abastecimento, de forma geral, este ainda apresenta uma boa qualidade ambiental com características físico-químicas e químicas adequadas para o uso em questão. Como forma de direcionar as ações pertinentes à conservação e usos sustentável dos recursos hídricos foram propostas ações para a utilização, proteção, conservação e manejo sustentável e racional de recursos hídricos baseados nas necessidades e prioridades da comunidade, dentro do quadro da política nacional de desenvolvimento econômico.

Palavras-chave: Qualidade da água, monitoramento, Parauapebas.



INTRODUÇÃO

Diversos são os fatores que causam a degradação dos mananciais e põem em risco o abastecimento de água à população, dentre esses fatores podemos destacar os desmatamentos, mineração, lixão, disposição incorreta dos resíduos sólidos, lançamento de esgoto, erosão, assoreamento e crescimento desordenado dos núcleos habitacionais.

A disponibilidade de água, tanto em quantidade como em qualidade, é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento dos centros urbanos. Para a manutenção sustentável do recurso água é necessário o desenvolvimento de instrumentos gerenciais de proteção, planejamento e utilização, adequando o planejamento de acordo com a vocação natural do sistema hídrico. Tratamento especial e diferenciado deve ser dado às bacias consideradas como mananciais de abastecimento, pois a qualidade da água bruta depende da forma pelas quais os compartimentos do sistema são manejados. (ANDREOLI *et. al*, 2004).

Rios estão sendo poluídos, como resultado da falta de medidas sanitárias e de tratamento de esgoto; lençóis freáticos estão sendo contaminados; águas superficiais são retiradas em quantidades excessivas e poluídas com agrotóxicos; peixes são ameaçados de extinção e áreas úmidas, rios e outros ecossistemas reguladores de águas são drenados, canalizados, represados e desviados. Há o comprometimento dos “ecossistemas produtores de água”, tanto em áreas urbanas como rurais, em função de práticas mal planejadas do uso do solo (ADITAL, 2007).

A falta de consciência sobre o significado e a necessidade da água como suporte à vida tem gerado escassez em grande parte das cidades brasileiras, dificultando o crescimento econômico e provocando conflitos, e comprometendo a qualidade de vida das populações.



Uma série de medidas poderia e deveria ser tomada pelo poder público para tentar conter essa degradação e preservar os recursos hídricos. Entre elas, priorizar mecanismos de combate ao desperdício de água e ações de recuperação dos mananciais; fortalecer a participação social na gestão dos recursos hídricos; universalizar os serviços de saneamento ambiental; desenvolver ações preventivas e de conservação dos ecossistemas aquáticos com cronograma e recursos financeiros claramente estabelecidos. E só através da mobilização e conscientização da população sobre o que está acontecendo nos mananciais, poderia se reverter esse quadro de degradação e constante ameaça à saúde das populações.

O rio Parauapebas, área específica desse trabalho, é o principal manancial utilizado para o abastecimento público da cidade de Parauapebas. O estudo sobre a avaliação da qualidade da água desse manancial é relevante uma vez que, diversos fatores, poderão em pouco tempo comprometer significativamente a qualidade da água captada para o abastecimento.

Assim pode-se fazer menção aos seguintes fatores:

- Crescimento urbano desordenado sobre os recursos hídricos utilizados para abastecimento público;
- Má utilização dos recursos hídricos;
- Inexistência de uma política de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;
- Falta de políticas e ações para a redução da poluição dos recursos hídricos, com estratégias em relação a esgoto, lixo urbano e drenagem pluvial da cidade de Parauapebas;



2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água do manancial para abastecimento público, bem como apresentar elementos que contribuam para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos da cidade de Parauapebas-Pa.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar um diagnóstico sobre a qualidade das águas dos mananciais que servem para o abastecimento público da cidade de Parauapebas-Pa;
- Identificar os fatores responsáveis para manutenção da qualidade das águas;
- Elaborar uma proposta metodológica para direcionar as ações pertinentes à conservação e usos sustentável dos recursos hídricos;
- Correlacionar qualidade da água com a ocupação urbana;

3 - JUSTIFICATIVA

Sendo o Rio Parauapebas o principal manancial utilizado para o abastecimento público da cidade de Parauapebas, fica clara a importância e a necessidade do estudo sobre a avaliação da qualidade para orientar o direcionamento das ações para controle dos impactos ambientais, conservação e uso sustentável desses recursos hídricos.

4 - CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

A área estudada (Figura 01) situa-se no município de Parauapebas-Pa, pertence à Mesorregião Sudeste Paraense e a Microrregião de Parauapebas. Os limites do município de Parauapebas são: ao Norte o município de Marabá, a Leste os municípios de Curionópolis e Xinguara, ao Sul os municípios de Xinguara e Ourilândia do Norte, a Oeste os municípios de Tucumã e São Félix do Xingu.



A sede do município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 06°03'30" de latitude Sul e 49°55'15" de longitude a Oeste de Greenwich. O ponto de amostragem (Figura 02) está posicionado nas coordenadas geográficas: 05°96'59" de latitude Sul e 49°89'25" de longitude a Oeste, onde se encontra o ponto de captação de água para abastecimento público da cidade (Figura 03).

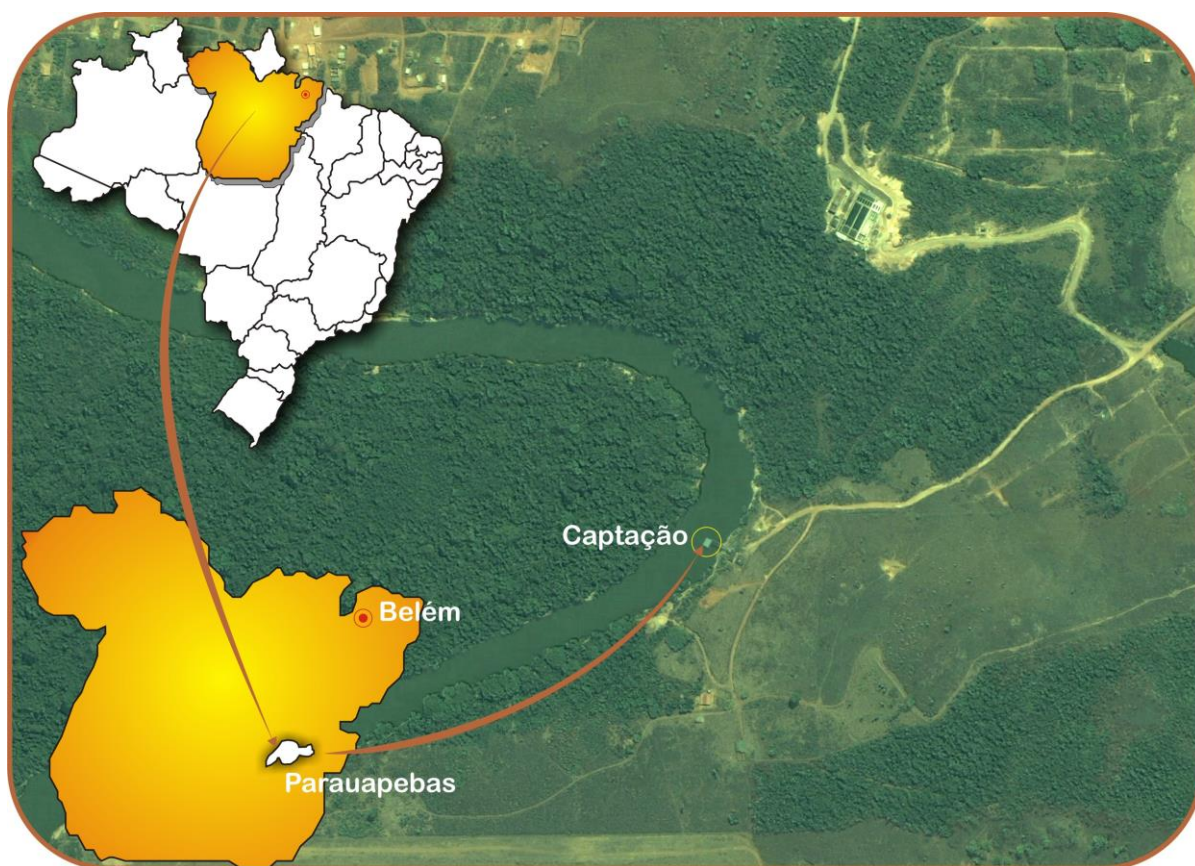


Figura 01: Localização da cidade de Parauapebas. Detalhe do ponto de monitoramento no Rio Parauapebas (Unidade de Captação do Sistema de Abastecimento Público de Água).



Figura 02: Rio Parauapebas no ponto de amostragem.



Figura 03: Unidade de captação de Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Parauapebas-Pa.



4.1 - ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

Alguns elementos geoambientais são de relevância para o presente estudo e serão aqui descritos:

4.1.1 - Clima

Devido a sua posição geográfica (zona tropical), e ao relevo, o município apresenta dois subtipos de clima, o de planícies e o de montanhas. Ambos compõem, segundo a classificação do Köppen, o clima "Am", ou seja, tropical, quente e úmido, com precipitação pluviométrica (chuvas) elevada (PMP, 2007).

Caracteriza-se por uma estação seca que vai de maio a novembro chamado regionalmente "verão", quando, por diminuição acentuada das horas de insolação, a temperatura realmente alcança níveis mais baixos. O período restante do ano, quando baixa a temperatura em virtude da precipitação pluviométrica (chuvas), é chamado regionalmente de "inverno" (PMP, 2007).

O subtipo climático de montanha apresenta constantemente medidas de temperaturas mais baixas, na ordem de 3 a 5 graus de diferença se comparado ao subtipo climático de planície. No verão a média é de 30°C, e no inverno é de 28°C no conjunto do município (PMP, 2007).

A precipitação pluviométrica é de aumento no "inverno", atingindo em determinadas épocas e áreas o acentuado nível de 2.800mm. A umidade relativa do ar chega ultrapassar 90% nos meses de chuva. Na época seca, a umidade relativa desce a menos de 50% e a vegetação de raízes pouco profundas, como o capim e pequenos arbustos, se ressentem da falta de água e resseca (PMP, 2007).



4.1.2 - Geomorfologia

A área em estudo é constituída por duas unidades geomorfológicas de expressão regional: O planalto sul do Pará e a Depressão periférica do sul do Pará. O planalto sul do Pará é caracterizado por uma unidade dissecada, constituída por conjuntos de relevos com amplitudes superiores a 200m, que podem ser divididos em domínios principais presentes nas porções centro norte e sul-sudoeste do Município (PDP, 2006).

Na primeira região (centro-norte) há um relevo de serras, com altitudes em torno de 700m. As porções de maiores altitudes correspondem às áreas de ocorrência de granitos. O domínio sul-sudoeste é constituído, em sua maior parte, por morros variando sua altitude de 500-600m. As declividades são sempre altas e médias nas encostas inferiores das elevações. Os topos desse conjunto são predominantemente restritos, aparecendo apenas eventualmente topos extensos ou alongados. Entre as unidades cartográficas de maior expressão descrevem-se as serras dos Carajás e de São Félix. Essas unidades correspondem principalmente aos limites das unidades da FLONA de Carajás e onde se desenvolvem as atividades de mineração da CVRD (PDP, 2006).

A Depressão Periférica do Sul do Pará é um relevo onde as cotas podem atingir 500m de altitude. A declividade é predominantemente baixa, mesmo nas esporádicas elevações desse domínio. Entre as unidades cartográficas de maior expressão descreve-se a Depressão do Médio Xingu. Essa área corresponde aproximadamente aos limites da Terra Indígena Xikrin (PDP, 2006).

A Depressão do Pacajá corresponde a uma extensa unidade localizada ao Norte do município, referente às áreas de colina suaves e baixas (Figura 04), ocupadas pela APA do Rio Gelado e outras áreas pertencentes ao Distrito DAPA (PDP, 2006).



Figura 04: Área de colinas baixas e suaves na DAPA. Ao fundo, extremidade norte da Serra de Carajás.

Na unidade denominada Depressão do Médio Xingu, numa paisagem suavemente ondulada (Figura 05), limitada pelas serras dos Carajás (oeste) e de São Félix (leste) situam-se as localidades de CEDERE I e II (PDP, 2006).



Figura 05: Paisagem suavemente ondulada nas proximidades do CEDERE I.



Ao pé da Serra dos Carajás, no limite com a Depressão do Médio Xingu, na unidade denominada Depressão do Médio Xingu, situa-se a cidade de Parauapebas. Nessa região, descreve-se um relevo colinoso suave a moderadamente ondulado (Figura 06).



Figura 06: Relevo colinoso, suave a moderadamente ondulado, presente na sede do município de Parauapebas.

4.1.3 - Hidrografia

Os limites Sul e Oeste de Parauapebas são materializados, aproximadamente, pelos divisores de água das bacias do Tocantins e Xingu. Por este motivo, todos os rios do Município fazem parte da bacia do Tocantins-Araguaia (PMP, 2007).

A cidade de Parauapebas é banhada por dois rios, o Parauapebas e o Itacaiúnas. Ambos nascem na Serra Arqueada e corre, no município, na direção Sul-Norte. O Itacaiúnas é formado pela junção de dois ribeirões, do Água Preta e do Água Azul, que banha a localidade de mesmo nome. Em seguida, o Itacaiúnas recebe, pela margem esquerda, o rio Pium e seu curso passa a separar a Reserva Cateté dos índios da tribo Xikrim (índios de nação Kaiapó), das terras cedidas pelo Governo Federal à CVRD para exploração de minério. A seguir o Itacaiúnas recebe, pela



margem esquerda, os rios Cateté, Aquiri, Cinzento e Tapirapé, e pela margem direita as Águas Claras e o Azul (PMP, 2007).

Após a foz do Tapirapé, o Itacaiúnas irá receber pela sua margem direita as águas do Parauapebas, seu principal afluente. Já fora do município, o Itacaiúnas recebe o Rio Vermelho (margem direita), atravessa Marabá e vai desembocar no Tocantins. O rio Parauapebas é formado pela junção do Ribeirão do Caracol e do córrego da Onça. Sempre correndo na direção Sul-Norte, recebe pela margem esquerda os rios Córrego da Goiaba, Rio Sossego, Igarapé da Gal, Rio Gelado e Rio Sapucaia. Pela margem direita recebe os rios Plaquê e Verde, Igarapé Ilha do Coco (que banha o Rio Verde) e os rios Novo e Caracol (não confundir com o Ribeirão Caracol que é um dos formadores do Parauapebas) (PMP, 2007).

O Rio Parauapebas também é conhecido como Rio Caracol ou Rio Plaquê em seu alto curso até a foz do Sossego, e como Rio Branco, em seus cursos médio e baixo, após a foz do Sossego (PMP, 2007).

Tanto o Rio Itacaiúnas quanto o Parauapebas, só são navegáveis por pequenos barcos em trechos freqüentemente interrompidas por corredeiras e pequenas cachoeiras, que se agravam quando os níveis de suas águas baixam (PMP, 2007).

O regime desses rios como o de todos os seus afluentes, varia em função das chuvas (dezembro a abril/maio). A vazão torna-se evidente na época das chuvas. A região das serras apresenta formação de pequenas lagoas, depósito de chuvas, em terreno relativamente impermeável. Essas lagoas situam-se em pequenas depressões situadas nos topos das serras (PMP, 2007).

4.1.4 - Solos

A cobertura de solos e regolitos têm uma fundamental importância para a economia e desenvolvimento do município, não em função das suas características como suporte às atividades agropecuárias, senão como jazidas de minérios. Em particular, as extensas



áreas que ocorrem na área da Serra dos Carajás coberta por latossolos vermelho-amarelo, ricas em minério de ferro (PDP, 2006).

Os solos classificados como argilosos vermelho-amarelo com textura argilosa e relevo suave e fortemente ondulado, apresenta também um relevo montanhoso e escarpado com áreas de aplainamento. Esse solo é ácido bem desenvolvido e possui um horizonte A fraco e um horizonte B argílico (PDP, 2006).

São solos, na sua maioria, de baixa fertilidade de textura argilosa, com seqüências de horizontes do tipo A, B e C, bem drenados e com erosão variando de laminar ligeira à moderada. Pequenas áreas de solos de baixa fertilidade, neossolo litólicos são escritos no extremo sul-oeste no município de Parauapebas (PDP, 2006).

4.1.5 - Vegetação

O grande domínio vegetal de Parauapebas é da floresta de terra firme, a qual sofre alterações tipológicas, de acordo com as variações do solo e relevo, proporcionando a ocorrência dos subtipos: Floresta Densa dos Platôs, Floresta Densa Submontana, Floresta Aberta Latifoliada (cipoal) e Floresta Aberta Mista (cocal) (PDP, 2006).

Essa vegetação de floresta de terra firme é preservada, quase que na sua integridade, nas unidades de conservação e terras indígenas presentes no município. Nas áreas restantes, a implantação de fazendas de diversos tamanhos de pecuárias e de cultivos migratórios propiciou a ocorrência de pastagens cultivadas e vegetação de capoeira (PDP, 2006).

4.1.6 - Uso e ocupação do solo

O território do Município de Parauapebas é marcado pela presença da Província Mineral da Serra dos Carajás. Em torno da mina de minério de ferro estão distribuídas formas de ocupação voltadas àquela atividade econômica em meio a outros processos sociais associados à localização no sudeste do estado do Pará. A mesorregião de Marabá, onde Parauapebas está inserido, é caracterizada por fluxos



migratórios que resultam em grande disputa pela terra e em elevado número de assentamentos realizados a partir da intervenção do INCRA (PDP, 2006).

A forma alongada de Leste a Oeste do território é fator de localização dos assentamentos ao longo de eixos de penetração naquele sentido, voltados à fixação de contingentes populacionais vindos da região Nordeste, atraídos pela possibilidade de emprego no município com acesso garantido pela estrada de ferro (PDP, 2006).

O uso do solo no município pode ser caracterizado pela existência de áreas de reserva florestal e mineral, de preservação, projetos de assentamento, fazendas, vilas, localidades e o distrito sede, além de área indígena no extremo Sudoeste do território (PDP, 2006).

Há na mesorregião uma relação de influência mútua entre os municípios devido ao processo histórico de formação dos vários municípios a contar da subdivisão de Marabá e da continuidade dos mesmos processos de ocupação em todos os municípios a partir da década de 1980 (PDP, 2006).

Assim, há de se considerar na caracterização do espaço municipal a ocorrência de vastas áreas territoriais definidas por legislação ambiental federal como áreas de proteção. É o caso da FLONA Carajás, da Reserva Xikrin do Catete localizadas na porção central do município. As formas de ocupação e uso do solo municipal podem ser definidas, além das áreas definidas, como unidades de conservação e terras indígenas, pelos assentamentos da reforma agrária e vilas correspondentes formadas pela organização da população assentada, fazendas, o núcleo urbano sede do município, o núcleo urbano da Companhia Vale do Rio Doce, localizada no alto da Serra dos Carajás (PDP, 2006).



5. PANORAMA ATUAL SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

Para embasar o estudo realizado faz-se necessário apresentar um panorama global sobre a atual situação dos recursos hídricos na sociedade, dada a fundamental importância de suas características para o estudo realizado.

5.1 - DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA TERRA

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem, mais de 60% do seu peso é constituído por água, e em certos animais aquáticos esta percentagem pode chegar a 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para outro (VON SPERLING, 1996).

O volume total de água no planeta é constante, e as reservas somam aproximadamente 1.386 milhões de km³. O volume de água doce representa cerca de 35 milhões de km³ ou 2,52% da quantidade total de água no planeta. Deste volume total, os rios representam 0,00009%, os lagos 0,009% e a água contida na atmosfera 0,0009%. A distribuição de água no planeta não é uniforme, o que produz alterações continentais, regionais e locais no uso dos recursos hídricos, com profundas implicações econômicas (VON SPERLING, 1996).

Neste sentido, Gleick (1993), afirma que uma das mais importantes características do ciclo global de água doce é sua desigual distribuição espacial e temporal. Apesar de a água ser abundante na média global, nós frequentemente não a obtemos quando e onde queremos, ou na forma que ela é desejada, o Quadro 01 apresenta a distribuição de água na biosfera, e seu tempo de renovação.



Quadro 01: Distribuição de água na biosfera e tempo de renovação

Local	Volume (km ³)	Percentual do total (%)	Tempo de renovação
Oceanos	1.370.000	97,61	3.100 anos
Calotas polares e geleiras	29.000	2,08	16.000 anos
Água subterrânea	4.000	0,29	300 anos
Água doce de lagos	125	0,009	1-100 anos
Água salgada de lagos	104	0,008	10-1.000 anos
Água misturada no solo	67	0,005	280 dias
Rios	1,2	0,00009	12-20 dias
Vapor d'água na atmosfera	14	0,0009	9 dias

Fonte: Wetzzel, 1983.

A água doce representa um recurso limitado que pode ser aumentado apenas ligeiramente via dessalinização, o que atualmente tem um alto custo econômico. A sociedade como um todo e muitos ecologistas de água doce têm vindo a seguir a tendência de ignorar o homem, bem como o uso e especialmente o mau uso que ele faz da água doce, como um fator que influencia na manutenção dos ecossistemas lacustres (CORSON, 1996).

A quantidade de água doce da Terra é muito pequena em comparação com a água dos oceanos, mas têm, por outro lado tempo de renovação muito mais rápido. No que diz respeito ao volume, a água doce está concentrada nas bacias grandes e fundas de vários lagos muito extensos, estando cerca de vinte por cento contidas no lago Baikal, U.R.S.S. As águas interiores cobrem cerca de dois por cento da superfície da Terra, aproximadamente $2,5 \times 10^6 \text{ km}^2$ (WETZEL, 1993).

A água tem sido tratada como um recurso ilimitado, que é fornecido o mais barato possível e em qualquer quantidade desejada. Se continuar, tal atitude levará à deficiências críticas na quantidade e qualidade da água disponível. O crescimento



populacional e as exigências crescentes por energia e alimentos estão impondo crescentes demandas ao suprimento de água doce. Para prevenir a escassez às nações dever exercer um gerenciamento mais eficiente desse recurso, introduzir a reutilização, prevenir a poluição e promover a conservação da água (CORSON, 1996).

5.2 - ESCASSEZ DE ÁGUA

Nos últimos anos a água tem sido gradativamente reconhecida como um recurso escasso em escala mundial. Entretanto, deve-se fazer distinção entre as duas causas de sua escassez: as limitações qualitativas no uso da água devido à poluição, por exemplo, e as limitações quantitativas devido às condições climáticas, à demanda crescente ligada ao aumento populacional, ao desenvolvimento econômico, e ao seu uso ineficiente. Essas causas não se excluem, mas requerem mecanismos de gestão diferentes, ou pelo menos, complementares (PEREIRA, 1999).

Atualmente, as populações dos grandes centros urbanos, indústrias e áreas de desenvolvimento agrícola com o uso intensivo de insumos químicos já se defrontam com problemas de escassez quantitativa e qualitativa de água para consumo. Deve-se ressaltar que a escassez quantitativa de água constitui fator limitante ao desenvolvimento, pois em muitas regiões a demanda de água para indústrias e abastecimento doméstico está competindo cada vez mais com a produção agrícola, enquanto a escassez qualitativa pode acarretar problemas sérios à saúde pública, à economia e ao meio ambiente em geral. Dentre os usos da água, a agricultura é a atividade de maior consumo, principalmente em países em desenvolvimento e de economia essencialmente agrícola (REBOUÇAS *et al*, 2002).

A degradação das águas continentais pela poluição antropogênica vem agravando as dificuldades para o seu aproveitamento e intensificando sua escassez. Escassez e mau uso da água doce representam sérios e crescentes problemas que ameaçam o desenvolvimento sustentável (PORTO *et al*, 1991).

A escassez de água no mundo é agravada em virtude da desigualdade social e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. De acordo com os números



apresentados pela ONU - Organização das Nações Unidas - fica claro que controlar o uso da água significa deter poder (CETESB, 2007).

As diferenças registradas entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento chocam e evidenciam que a crise mundial dos recursos hídricos está diretamente ligada às desigualdades sociais (CETESB, 2007).

Em regiões onde a situação de falta d'água já atinge índices críticos de disponibilidade, como nos países do Continente Africano, onde a média de consumo de água por pessoa é de dezenove metros cúbicos/dia, ou de dez a quinze litros/pessoa. Já em Nova York, há um consumo exagerado de água doce tratada e potável, onde um cidadão chega a gastar dois mil litros/dia (CETESB, 2007).

Numa economia mundial cada vez mais integrada, a escassez de água cruza fronteiras, podendo ser citado com exemplo o comércio internacional de grãos, onde são necessárias 1.000 toneladas de água para produzir 1 tonelada de grãos, sendo a importação de grãos a maneira mais eficiente para os países com déficit hídrico importarem água (CETESB, 2007).

Além do crescimento populacional, a urbanização e a industrialização também ampliam a demanda pelo produto. Conforme a população rural, tradicionalmente dependente do poço da aldeia, muda-se para prédios residenciais urbanos com água encanada, o consumo de água residencial pode facilmente triplicar (CETESB, 2007).

A industrialização consome ainda mais água que a urbanização. A afluência (concentração populacional), também, gera demanda adicional, à medida que as pessoas ascendem na cadeia alimentícia e passam a consumir mais carne bovina, suína, aves, ovos e laticínios, consomem mais grãos (CETESB, 2007).

Numa análise mais ampla, a oferta da água se apresenta como fator fundamental tanto para a manutenção dos ecossistemas naturais como para os ecossistemas produtivos identificados como produtores de alimentos e fibras através das atividades



humanas. A evidência está na própria história, onde as principais civilizações com maior desenvolvimento floresceram nos vales onde a disponibilidade de água era abundante e com características especiais (PORTO *et al*, 1991).

A água doce representa apenas 3% do total da água existente na natureza, o restante 97% encontram-se nos oceanos e mares salgados. A maior parte da água doce (aproximadamente 2,3% dos 3% existentes) está congelada nas calotas polares e geleiras, ou em lençóis subterrâneos muito profundos. Na verdade, apenas 0,5% do volume total de água doce do planeta encontram-se imediatamente disponível para o homem (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

O Brasil detém cerca de 20% da água doce do mundo (TUNDISI *et al.*, 2002). Entretanto, a diversidade da distribuição espacial e temporal dessa grande quantidade de água não é homogênea. Se por um lado o Brasil possui a maior bacia fluvial do mundo, a bacia amazônica, por outro, as secas periódicas da região Nordeste provocam o êxodo rural e fortes tensões sociais. A demanda por água está aumentando rapidamente. Mais de 70% vão para irrigação, menos de 20% para indústria e apenas 6% para o consumo doméstico.

Salati *et al.*, (2002), comentam que os conflitos sobre o uso dos recursos hídricos tenderão a aumentar no futuro, seja dentro de um mesmo país, entre os usos domésticos, indústrias e agrícolas, ou entre países dentro de uma mesma bacia hidrográfica. Estes conflitos poderão ser amenizados sempre que a gestão da água utilizar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, e a distribuição da água possa ser acordada entre os próprios usuários.

Segundo os autores, o estabelecimento de agências de bacias eficientes, com legislação adequada, mecanismos de cobrança pelo uso da água (baseados nos conceitos usuário-pagador e poluidor-pagador) e mecanismos apropriados de monitoramento e controle são os maiores desafios para que se possa alcançar o desenvolvimento sustentável (SALATI *et al.*, 2002).



5.3 - RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A interação do quadro climático com os aspectos geológicos domina os excedentes hídricos que alimentam uma das mais extensas e densas redes de rios perenes do mundo (ambientebrasil, 2007).

Em três grandes unidades hidrográficas: Amazonas, São Francisco e Paraná estão concentrados cerca de 80% da produção hídrica do país. Estas bacias cobrem cerca de 72% do território brasileiro, dando-se destaque à Bacia Amazônica, que possui cerca de 57% da superfície do País(ambientebrasil, 2007).

Embora a grande quantidade de água doce existe um grave problema de abastecimento no País, que é devido ao crescimento das localidades e à degradação da qualidade da água. O baixo nível tecnológico-organizacional está em condições primárias de uso, recebendo a contribuição da ocupação rural, que aumenta o desmatamento das bacias hidrográficas. O grande desenvolvimento dos processos erosivos do solo faz com que haja um empobrecimento de pastagens nativas e redução das reservas de águas do solo, assim produzindo a queda da produtividade natural (ambientebrasil, 2007).

O conhecimento das variações de tempo, espaço das chuvas, descargas dos rios, de fatores ambientais, sócio-culturais, condições de uso e conservação dos seus recursos naturais permitem planejar, evitar ou atenuar os efeitos do excesso ou da falta de água.

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do planeta, ou seja, 13,8% do deflúvio médio mundial (quadro 02).



Quadro 02: Demonstrativo da oferta e consumo de água nas principais regiões do mundo.

Regiões	Oferta (Deflúvio médio) -1998		Consumo	
	Total (Km ³ /ano)	Per capita (m ³ /hab/ano)	Total (Km ³ /ano)	Per capita (m ³ /hab/ano)
África	3 996	5 133.05	145.14	202
América do Norte	5 308.60	17 458.02	512.43	1798
América Central	1 056.67	8 084.08	96.01	916
América do Sul	10 080.91	30 374.34	106.21	335
Brasil	5 744.91	30 374.34	36.47	246
Ásia	13 206.74	3 679.91	1633.85	542
Europa	6 234.56	8 547.91	455.29	625
Oceania	1 614.25	54 794.64	16.73	591
Mundo	41 497.73	6 998.12	3240	645

Fonte: WRI, 1998c e ANEEL, 1999.

O Brasil é um país rico em recursos hídricos de superfície e subterrâneos, embora não seja homogênea a sua distribuição ao longo de todo o território e, muito menos, de forma proporcional às concentrações de populações que o habitam. Regiões como a Amazônica, por exemplo, dotadas de vazões que correspondem à quinta parte da água que escoam dos continentes em todo o mundo, são habitadas por escassas populações e incipientes atividades produtoras de efluentes poluidores (BRANCO, 1999).

Vale ressaltar que, entre os seis países do mundo de dimensões continentais, o Brasil é o único sob condições dominantes de clima tropical úmido, resultando na maior descarga de água doce distribuída numa rede hidrográfica perene das mais extensas e densas, e na maior extensão de pantanais ou encharcados (38 áreas com 60 milhões de hectares de superfície total) (REBOUÇAS et al., 2002). O balanço hídrico das principais bacias hidrográficas do Brasil encontra-se registrado no quadro 03.



Quadro 03: Balanço hídrico das principais bacias hidrográficas do Brasil.

Bacia hidrográfica	Área (km ²)	Média da precipitação (m ³ /s)	Média de descarga (m ³ /s)	Evapo transpiração (m ³ /s)	Descarga/ Precipitação (%)
Amazônica	6.112.000	493.191	202.000	291.491	41
Tocantins	757.000	42.387	11.300	31.087	27
Atlântico Norte	242.000	16.388	6.000	10.388	37
Atlântico Nordeste	787.000	27.981	3.130	24.851	11
São Francisco	634.000	19.829	3.040	16.789	15
Atlântico Leste-Norte	242.000	7.784	670	7.114	9
Atlântico Leste-Sul	303.000	11.791	3.710	8.081	31
Paraná	877.000	39.935	11.200	28.735	28
Paraguai	368.000	16.326	1.340	14.986	8
Uruguai	178.000	9.589	4.040	5.549	42
Atlântico Sul	224.000	10.515	4.570	5.949	43
Brasil incluindo Bacia Amazônica	10.724.000	696.020	251.000	445.020	36

Fonte: Rebouças (2002).

Das seis mais importantes bacias hidrográficas da América do Sul (Magdalena, Orinoco, Amazonas, São Francisco, Paraná e Uruguai), quatro delas ocupam grande parte do território brasileiro, localizam-se e interagem na floresta tropical úmida, cerrado, e regiões semi-áridas. Os rios Amazonas e Paraná recebem contribuições de energia e materiais de diferentes áreas geológicas, o que resulta em “águas brancas” (com sedimentos dos Andes), “águas pretas” (com aquelas que resultam de rios passando através de densa vegetação) e “águas vermelhas” (com contribuições de argila, solos da bacia Paraná superior) (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

Ainda segundo os autores acima, todos estes rios têm uma grande importância ecológica, econômica e social, drenando alguns, vastas áreas com escassa população (menos de 1 habitante por km² - Amazonas) outros com grande concentração populacional (superior a 400 habitantes por km²). As interações desses rios com as populações locais, o uso destes recursos e os impactos das atividades humanas são de extrema relevância para os futuros usos múltiplos dos recursos de água doce no Brasil.



Embora o Brasil seja o primeiro país em disponibilidade hídrica em rios do mundo, a poluição e o uso inadequado comprometem esse recurso em várias regiões do país.

5.4 - RECURSOS HÍDRICOS NO PARÁ

O Pará é o segundo maior estado da Federação, com uma área de mais de um milhão de quilômetros quadrados, possui mais de cinco milhões de habitantes e uma invejável riqueza mineral, ecológica e cultural. Destaca-se no âmbito nacional no que se refere à sua riqueza hidrográfica. Os recursos hídricos do estado exercem fundamental importância no equilíbrio paisagístico da floresta amazônica, no âmbito de projetos de desenvolvimento nas áreas da indústria, comércio e mineração, planos de conservação ambiental, bem como na pecuária e nas técnicas estratégicas de irrigação no ramo da agricultura e do turismo (para30graus, 2007).

A proposta de divisão do Estado do Pará em Regiões Hidrográficas (Figura 07), idealizada no Núcleo de Hidrometeorologia/SECTAM, visa facilitar o processo de gerenciamento dos recursos hídricos no estado, sendo a base inicial dos Planos Diretores de Recursos Hídricos, previstos na Lei Estadual de Recursos Hídricos (Nº. 6.381/2001). No total são 20 bacias hidrográficas, distribuídas em sete regiões, constituindo uma vasta rede hidrográfica, característica dos estados da região amazônica. Segundo SECTAM (2005) as bacias hidrográficas têm as características que se seguem.

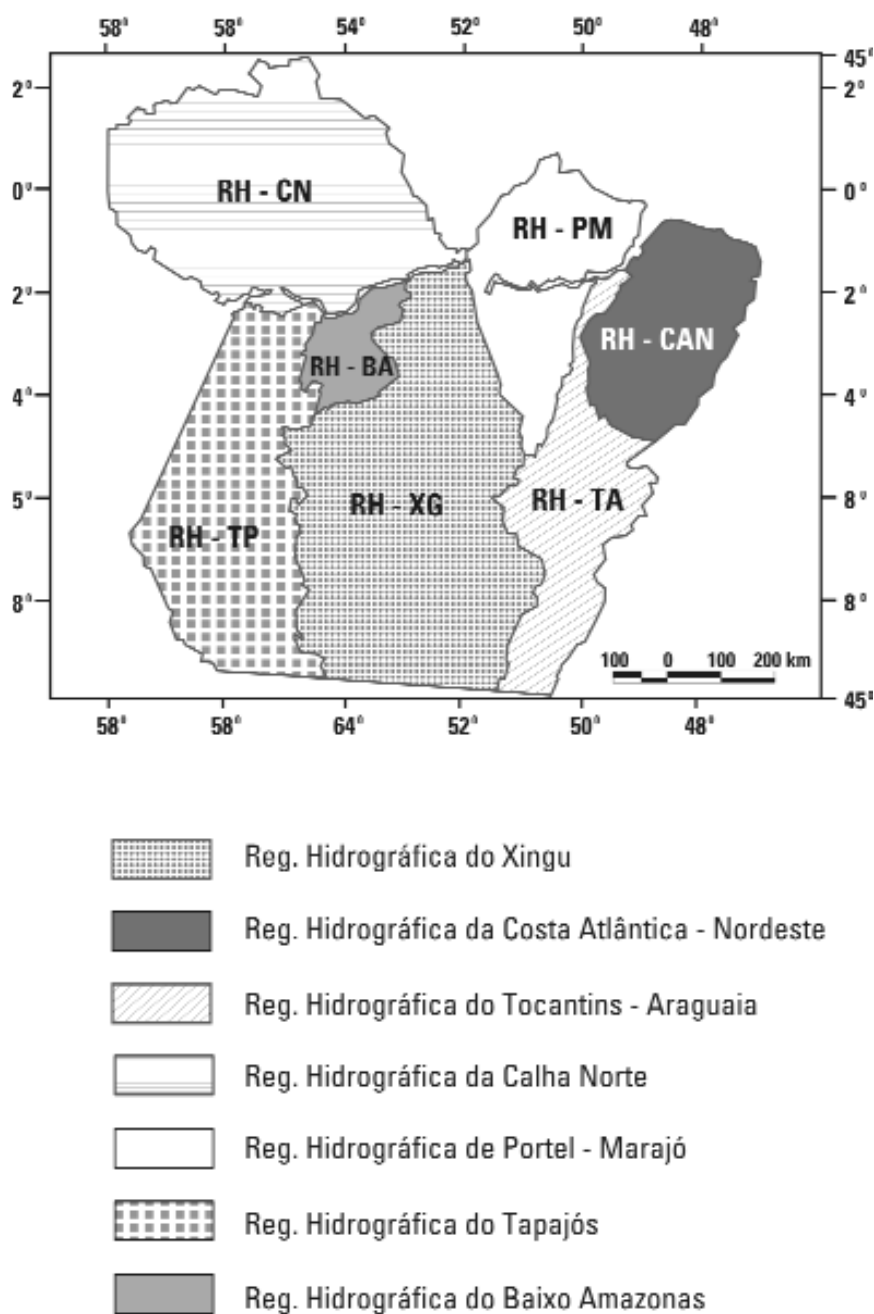


Figura 07: Sistema de Divisão Hidrográfica do Estado do Pará.

Fonte: SECTAM, 2005.

Região Costa Atlântica - Nordeste

Ocupa 10,1% da área do estado. Constitui-se das bacias dos rios Guamá-Moju, Gurupi e das bacias da região do Atlântico. É a região mais densamente povoada do



estado do Pará, nela são observados problemas relativos à ocupação irregular do espaço, gerando degradação e contaminação das cabeceiras dessas bacias. Os principais cursos d'água que drenam essa região são: rios do Atlântico, rio Gurupi, rio Capim, rio Acará, rio Moju e o rio Guamá.

A maior parte dessa região apresenta clima equatorial amazônico, com temperaturas relativamente elevadas e médias em torno de 24°C e 27°C. As temperaturas máximas oscilam em torno 34°C e 40°C e as mínimas entre 20°C e 22°C. A amplitude térmica é mínima e o clima é amenizado nas áreas próximas ao oceano. A precipitação é relativamente elevada nos meses de Janeiro a Junho e o período menos chuvoso corresponde aos meses de Julho a Dezembro. A precipitação média anual varia em torno de 2300 a 2500mm. A umidade relativa do ar se encontra por volta de 75 a 95%. A disponibilidade hídrica é também acentuada nos primeiros seis meses do ano e escassa nos demais.

Região Hidrográfica da Calha Norte

Essa região ocupa uma área que perfaz 21,5% do estado, sendo constituída pelas das bacias dos rios Nhamundá, Trombetas, Cuminapanema, Maicuru, Paru e Jari. Sua importância é relevante, por ser uma zona de fronteira. Tem como principais drenagens os rios com mesma denominação das bacias. É marcada por uma baixa densidade demográfica, sendo uma das regiões mais conservadas do estado.

O clima da região apresenta média mensal de temperatura do ar elevada, com mínima superior a 18°C e média térmica anual em torno 26°C, com máxima de 31°C e mínima de 22,5°C.

A umidade relativa apresenta valores acima de 70%, em quase todos os meses do ano. A precipitação pluviométrica é em torno de 2.000mm, com distribuição irregular durante o ano. A estação de maior pluviosidade vai de Dezembro a Julho, tendo Março como o mês mais chuvoso, enquanto que, a de menor vai de Julho a Novembro, sendo outubro o mês mais seco, apresentando total mensal abaixo de 60mm.



Região Hidrográfica de Portel – Marajó

Ocupa uma área de 10,8% da área do estado. É composta pelas bacias dos rios Anapú, Pacajá, pelas bacias da região ocidental do Marajó e oriental do Marajó.

O clima nesta área é equatorial úmido, com amplitude térmica mínima, temperatura média em torno de 27°C, sendo que a mínima superior em torno de 18°C e a máxima em torno de 36°C. Umidade máxima elevada em torno de 90% com alta pluviosidade nos seis primeiros meses do ano, sendo o trimestre mais chuvoso Fevereiro, Março e Abril, chegando a coletar 350mm, no último mês, enquanto que os meses de Agosto, Setembro e Outubro, aparecem como o período menos chuvoso, com a precipitação aproximada de 70mm no mês de outubro.

O índice pluviométrico anual é em torno de 2300mm. A insolação média anual é aproximadamente 2.200 horas.

Região Hidrográfica do Tapajós

Essa região ocupa uma área de 17,7% do estado (221.992,977 Km²). É constituída pela bacia do rio Tapajós, possuindo como principais drenagens os rios Tapajós, Rio Claro, Jamaxim, Crepori, Cururu, Mururá, Andirá e rio o Arapium.

A pluviosidade se aproxima de 2000 mm anuais, sendo um tanto irregular, durante o ano. A estação chuvosa coincide com os meses de dezembro a Junho e a de menos chuvosa, com os meses de Julho a Novembro. A média mensal de temperatura mínima é superior a 18°C. Tem uma estação seca de pequena duração e amplitude térmica inferior a 5°C, entre as médias do mês mais quente e do mês menos quente.

Região Hidrográfica do Baixo Amazonas



Sua área mede 37.323,868 km² correspondendo a 4,6 % do estado. Constitui-se pelas bacias dos rios Curuá-Una e Guajará e têm como drenagens principais os rios Curuá do Sul ou Tutuí, Mujuí, Uruará, Araú e Igarapé Peturú.

As características climáticas da bacia não diferem muito das de sua região. A temperatura do ar é sempre elevada, com média anual de 25,6°C e valores médios para as máximas de 31°C e para as mínimas de 22,5°C. Quanto a umidade relativa esta apresenta valores acima de 80% em quase todos os meses do ano. A pluviosidade se aproxima dos 2.000mm anuais, porém com certa irregularidade durante todo ano.

As estações chuvosas coincidem com os meses de julho a novembro. O tipo climático apresenta uma média mensal de temperatura mínima é superior 18°C com uma estação seca de pequena duração e amplitude térmica inferior a 5°C entre as médias do mês mais quente e do mês menos quente.

Região Hidrográfica do Xingu

A bacia do rio Xingu ocupa uma área de aproximadamente 314.427,790 km² que corresponde a 25,1% do estado. É constituída pela bacia do rio Xingu, englobando como principais drenagens os rios Xingu, Iriri, Caeté, Chiche, Xinxim, Carajás, Ribeirão da Paz, rio Fresco e Petita.

O tipo climático da parte norte da bacia apresenta média mensal de temperatura mínima superior a 18°C, tem uma estação seca de pequena duração e amplitude térmica inferior a 5°C entre as médias do mês mais quente e do mês menos quente. A temperatura do ar é sempre elevada, com média térmica anual de 26°C e valores médios para máxima de 31°C e para mínima de 26,5°C. A umidade relativa do ar apresenta valores acima de 80% em quase todos os meses do ano.

A pluviosidade se aproxima de 2.000mm à 2.500mm anuais, entretanto é irregular



durante o ano. A estação chuvosa coincide com os meses de Dezembro a Junho e a menos chuvosa de Julho a Novembro.

Essa região destaca-se pelo alto potencial hidrelétrico devido seu grande volume de água e relevo acidentado, propiciando condições ideais para geração de energia.

Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia

Sua área corresponde a 10,4% da área do estado. Os principais rios desta bacia são: o Tocantins e o Araguaia com seus formadores localizando-se nos estados do Mato Grosso e Tocantins. Somente os afluentes da margem esquerda do rio Araguaia fazem parte desta bacia dentro do Estado do Pará. Seus principais afluentes de montante para jusante são: ribeirão Santana, ribeirão Jabuti, rio Campo Alegre, ribeirão Acampamento, rio Taquarí, ribeirão Sucuapará e o rio Preto.

Essa região insere-se na categoria de clima equatorial super-úmido, possui temperaturas médias de 26 °C, apresentando a média máxima em torno de 32 °C e mínimo de 21° C. A umidade relativa do ar é elevada, apresentando oscilações entre a estação mais chuvosa e a mais seca que vai de 98% a 52 %, sendo real de 75%.

Para a precipitação pluviométrica dividimos a área em 3 faixas. No Norte está regulada entre 2.500 a 3.000 mm durante o ano e o trimestre mais chuvoso é Fevereiro, Março e abril (o trimestre mais seco é Agosto, Setembro e Outubro). Na faixa do meio a precipitação soma anualmente de 2000 a 2500mm e no sul o acúmulo é de 1500 a 2000 mm ao ano, e o trimestre mais chuvoso é Janeiro, Fevereiro e Março (trimestre mais seco é Junho, Julho e Agosto).

Essa região destaca-se pelo potencial hidrelétrico, dado seu grande volume de água. Apresenta uma vazão média de 68.400 m³/s em uma área de 758.000 km², nela já se encontra instalada a Usina Hidroelétrica de Tucuruí com potencial de 4.245 MW.



6 - ATIVIDADES ANTRÓPICAS E RECURSOS HÍDRICOS

Qualquer atividade humana que altere os fatores básicos que determinam o balanço hídrico acaba por influir na disponibilidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. No Brasil, existem casos onde o antropismo melhora a oferta de recursos hídricos, alterando o tempo de residência das águas de superfície nos ecossistemas, mas por outro lado, o uso da terra com remoção da cobertura vegetal e com a implantação da agricultura sem o controle de erosão, normalmente causam danos aos recursos hídricos, pois aumenta o escoamento superficial. Além disso, atividades associadas à agroindústria e à urbanização degradam a qualidade dos recursos hídricos (SALATI *et al.*, 2002).

As populações em crescimento, o crescente uso de água na agricultura e indústria, e a degradação ambiental estão todos contribuindo para a falta de água doce. Em todo o mundo a irrigação na agricultura responde por cerca de 73% do consumo de água; 21% vão para a indústria, e os 6% restantes destinam-se ao uso doméstico (CORSON, 1996).

De acordo com Tundisi *et al.*, (2002), a exploração dos recursos hídricos para produção de energia, biomassa e irrigação, suprimento da água para os grandes centros urbanos demanda uma forte articulação entre a base de pesquisa e conhecimento científico acumulado, e as ações de gerenciamento e engenharia. Sem essa articulação que leve em conta a qualidade e quantidade da água, muito pouco avanço conceitual pode ser realizado.

Ainda segundo Tundisi *et al.*, (2002), além disso, é preciso levar em conta não apenas o sistema aquático, mas a bacia hidrográfica na qual ele se insere e os recursos desta unidade-bacia-hidrográfica-rio, lago ou reservatório. A contínua interferência das atividades humanas nos sistemas aquáticos continentais do Brasil produziu impactos



diretos ou indiretos, com conseqüência para a qualidade da água, a biota aquática e o funcionamento de lagos, rios e represas.

Atualmente, em nível mundial, menos de 4% dos esgotos domésticos sofrem tratamento adequado, antes de serem descarregados nos rios, lagos ou oceanos, provocando sérios problemas de poluição da água (Bakkes *et al.*, 1997 *apud* Salati *et al.*, 2002). Pesticidas, metais pesados e até nutrientes em excesso afetam a saúde humana e os ecossistemas, e podem inviabilizar o uso da água para irrigação e reciclagem.

7 - QUALIDADE DAS ÁGUAS

Os recursos hídricos urbanos são de grande importância para os municípios que têm desenvolvimento econômico crescente e aumento demográfico, a manutenção da qualidade da água dos mananciais de abastecimento para a população é imprescindível para a saúde e para diminuir o custo econômico.

Em termos físicos, químicos e biológicos, um ecossistema deve possuir equilíbrio entre os organismos vivos e o meio ambiente não vivo por eles utilizados. No meio aquático existe uma estreita dependência entre suas características e os organismos, de tal maneira que a composição da comunidade nele presente, varia sensivelmente em função da composição e das características físicas, químicas e biológicas da água (BRANCO, 1986).

A composição natural das águas superficiais também é controlada por inúmeros processos naturais, os quais incluem: geológicos e pedológicos (espécies minerais, tipos de solos); químicos (solubilidade dos minerais); geomorfológicos (variações de relevo), climáticos (temperatura, precipitação, evaporação) e biológicos (cobertura vegetal, presença de organismos). (MAGALHÃES, 2006).

As características naturais das águas podem ser alteradas em função do uso e ocupação do meio físico. A disposição inadequada de resíduos domésticos, industriais, de mineração, a utilização de pesticidas e fertilizantes constitui as



principais fontes de poluição ou contaminação dos recursos hídricos (MAGALHÃES, 2006).

A composição natural e a verificação de indícios de poluição ou contaminação das águas podem ser avaliadas por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Esta avaliação é fundamental para determinação da adequabilidade das águas em função do uso requerido (MAGALHÃES, 2006).

Segundo Rebouças *et al.*, (2002), nas últimas décadas, a humanidade como um todo, vem se defrontando com problemas ambientais, financeiros, econômicos e sociais. Neste quadro, as preocupações com o meio ambiente, em geral, e com a água em particular, adquirem especial importância, pois as demandas estão se tornando cada vez maiores, sob o impacto do crescimento acelerado da população e um maior uso da água, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna.

A problemática da água relaciona-se, diretamente, com a saúde pública onde a falta de abastecimento de água potável contribui para 80% das doenças e das mortes nos países do 3º mundo. Estima-se que 25 mil pessoas morram diariamente em decorrência da poluição das águas, ou seja, dados superiores aos que caracterizam um estado de guerra. No que se referem as demais espécies do nosso planeta tais estatísticas inexistem, mas com certeza estão, no mínimo, na mesma proporção, ou, como provável, em níveis superiores (BISWAS, 1992).

Os mananciais são fontes de onde se retira a água para abastecimento e consumo da população e outros usos, seja para indústria, agricultura, etc. Segundo a legislação, considera-se como manancial todo o corpo de água interior subterrânea, superficial, fluente, emergentes ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para o abastecimento público (DEPRN/DUSM, 2007).

Não há possibilidade de haver desenvolvimento harmônico sem a recuperação e manutenção da qualidade da água do abastecimento público, pois a disponibilidade deste recurso é um dos principais fatores limitantes do desenvolvimento. Portanto,



quando definimos que uma determinada bacia é um manancial de abastecimento, enfatizamos que todos os demais usos devem ser definidos de forma a garantir a qualidade e disponibilidade para este uso prioritário (DEPRN/DUSM, 2007).

O desenvolvimento urbano é uma das maiores causas da degradação dos mananciais. Os loteamentos clandestinos, não podendo ser atendidos pela infraestrutura básica de saneamento, acabam despejando seus esgotos nos mananciais, trazendo materiais orgânicos, coliformes e agrotóxicos de plantações próximas dos mananciais. Desta forma, não só a qualidade, mas a possibilidade de uso destas águas fica cada vez mais prejudicada. Além disso, os recursos hídricos estão sendo comprometidos por desequilíbrios ambientais resultantes do desmatamento e uso indevido do solo (DEPRN/DUSM, 2007).

O crescimento populacional em áreas de mananciais gera a impermeabilização do solo, remoção florestal, aumento de lançamento direto de lixo e esgoto e a localização de aterros sanitários em mananciais. Esta pressão traz como efeitos à qualidade da água o aumento da DBO, coliformes e outros contaminantes. Entre as empresas de saneamento do Brasil, o desenvolvimento urbano foi considerado o fator que mais afeta a conservação dos mananciais (DEPRN/DUSM, 2007).

Os fatores industriais acarretam a redução da disponibilidade da água e a competição pela água de boa qualidade para fins de abastecimento público e industrial, próximo a centros urbanos, competindo por um recurso com qualidade cada vez mais baixa (DEPRN/DUSM, 2007).

Os problemas rurais são influenciados inicialmente pela ampliação da fronteira agrícola, onde o impacto caracteriza-se principalmente pela derrubada da mata. A magnitude do impacto relaciona-se ao uso e manejo do solo adotado pela prática agrícola. De maneira geral, a agricultura está degradando paulatinamente os recursos pela erosão do solo e o uso indiscriminado dos adubos nitrogenados e agrotóxicos, onde há a geração de agentes contaminantes na água. Estes fatores e seus efeitos não ocorrem de forma isolada, havendo uma inter-relação dos fatores urbanos,



industriais e rurais na degradação dos mananciais e conseqüentemente na qualidade da água (DEPRN/DUSM, 2007).

Em termos físicos, químicos e biológicos, um ecossistema deve possuir equilíbrio entre os organismos vivos e o meio ambiente não vivo por eles utilizado. No meio aquático existe uma estreita dependência entre suas características e os organismos, de tal maneira que a composição da comunidade nele presente, varia sensivelmente em função da composição e das características físicas, químicas e biológicas da água (BRANCO, 1986).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tal deve-se a aos seguintes fatores:

- **Condições naturais:** A incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos ocorre, mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais.
- **Interferência do homem:** A interferência do homem quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água (VON SPERLING, 1996).

Desde as origens do homem, a sociedade humana tendeu a localizar-se ao redor dos rios, lagos e outras fontes de água. Considerando a importância crescente da influência dos fatores antrópicos na qualidade das águas bem como formas de uso e ocupação do meio físico e das atividades sócio-econômicas, torna-se necessário, com frequência crescente, distinguir as características naturais da água daquelas causadas pela ação do homem (REBOUÇAS et al., 2002).



Segundo Salati *et al.*, (2002), hoje, a disponibilidade de água é ainda mais um recurso limitante, não apenas pela sua quantidade, mas principalmente pela sua qualidade. É o que acontece, por exemplo, na região metropolitana de São Paulo, de Rio de Janeiro e outras capitais nas quais pela poluição hídrica diminuiu-se a oferta de água para fins de uso urbano e industrial. No caso específico de São Paulo, a contaminação do rio Tietê e seus tributários é preocupante às autoridades que hoje buscam tecnologias e recursos para recuperar a qualidade da água da região.

Segundo a antiga Resolução nº 020/86 do CONAMA, no Brasil considera-se águas doces aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5%; águas salobras as que apresentam salinidade maior que 0,50 - 30% e águas salinas as que possuem salinidade igual ou superior a 30%. De acordo com Branco (1991), as águas doces apresentam características muito variadas, que lhes são conferidas pelos ambientes de origem por onde circulam, percolam ou onde são armazenados. Essas características são expressas por parâmetros de qualidade tais como:

- Estéticos - cor, turbidez, odor e sabor;
- Fisiológicos - toxicidade, patogenicidade, salinidade;
- Ecológico - pH, oxigênio dissolvido, produtividade.

Que são capazes de refletir, direta, ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que possam comprometer a qualidade da água do ponto de vista estético ou de sua salubridade (BRANCO, 1986).

7.1 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas e químicas, conforme abaixo discriminados.

A caracterização da qualidade de uma água permite avaliar as condições de poluição e alteração de um corpo hídrico. Para isso é necessário definir um conjunto de



parâmetros significativos que atendam ao objetivo e que sejam monitorados por período de tempo apropriado.

7.1.1 - Temperatura

A temperatura das águas superficiais varia com a localização geográfica e com as condições climáticas. Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (BRANCO & ROCHA, 1977).

Segundo Tundisi et al., (2002), tanto o aquecimento direto como indireto das águas superficiais, são influenciados pela fisiografia da bacia de drenagem (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrologia), material em suspensão na água e pela vegetação marginal, e estes fatores podem também se influenciar mutuamente. Ainda segundo o autor a variação da temperatura da água é diretamente proporcional à temperatura do ar do meio circundante.

Temperatura é a medição da quantidade de calor, e tanto a temperatura do ar quanto da água, são parâmetros significativos para o ecossistema, uma vez que as reações químicas e bioquímicas, a solubilidade dos gases dissolvidos e vários processos biológicos, são diretamente influenciados pela temperatura. Altas temperaturas estimulam o metabolismo dos microrganismos, enquanto baixas temperaturas resulta em baixo metabolismo bacteriano (ESTEVES, 1998).

De acordo com Branco (1986), a elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termelétricas. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos.



Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (BRANCO, 1986).

7.1.2 - pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 1996). O pH é importante porque muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente aquático são intensamente afetadas pelo valor de pH (BRAGA *et al.*, 2002).

A grande maioria dos corpos d'água continentais tem pH variando entre 5,5 e 8. No entanto, pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais básicos (PAYNE, 1986). Nas águas naturais à variação deste parâmetro é influenciada pelas reações físicas, químicas e biológicas que ocorrem na massa líquida, ocasionada geralmente, pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO_2) (SAWYER *et al.*, 1994).

As comunidades aquáticas interferem nos valores de pH da água de diversas maneiras: os organismos heterótrofos, principalmente as bactérias, liberam CO_2 no processo de decomposição da matéria orgânica ocorrendo à formação de ácido carbônico e íons de hidrogênio, que reduzem o pH, durante o processo fotossintético a assimilação do CO_2 , pelas macrófitas, algas e cianobactérias elevam o pH do meio (SAWYER *et al.*, 1994).

Ainda segundo Sawyer *et al.*, (1994), quando a fotossíntese é muito intensa, o pH pode apresentar flutuações diurnas extremas, podendo ultrapassar o valor de 10, ao fim da tarde. Isto é mais freqüente em águas com baixa capacidade de neutralizarem



ácidos (baixa alcalinidade). Já em ambientes aquáticos com alta alcalinidade a variação de pH fica entre 7 e 8, mesmo ocorrendo altas taxas fotossintéticas.

A chuva geralmente tem pH ácido (5 a 6) e também pode interferir no pH dos ecossistemas aquáticos. O efeito das águas de chuva sobre o pH das águas continentais fica mais evidente quando esta contém pouca capacidade de tamponamento, ou seja, baixa alcalinidade (ESTEVES, 1998). Os valores de pH afastado da neutralidade podem afetar a vida aquática, valores elevados podem estar associados à proliferação de algas (VON SPERLING, 1996).

7.1.3 - Alcalinidade

É a medição da quantidade de íons presentes na água com capacidade de neutralizar os ácidos (capacidade de resistir às mudanças de pH - capacidade tampão). Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (HO^-). A distribuição entre as três formas na água é função do pH (SPERLING, 1996).

Em termos da composição química da água, Esteves (1998) divide os rios em dois tipos: os de águas alcalinas ou carbonatadas, com 100 ppm ou mais de sólidos inorgânicos dissolvidos e os rios de águas ácidas ou de cloretos, com menos de 25 ppm de sólidos dissolvidos. Existem ainda os rios húmicos ou de águas negras, com elevadas concentrações de material orgânico dissolvido, que são encontrados nas planícies quentes. A química dos rios de carbonato é controlada em grande parte pelo intemperismo das rochas, enquanto que a precipitação atmosférica é o fator predominante dos rios de cloreto.

7.1.4 - Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica expressa a capacidade de um meio de transmitir a corrente elétrica, e está diretamente relacionada com o número e tipo de íons que a água contém. Através deste parâmetro pode-se avaliar o teor de sólidos totais dissolvidos,



pois de maneira geral a relação condutividade elétrica/sólidos totais dissolvidos é de 1,5 : 1,0. Como o número de íons depende diretamente da quantidade de eletrólitos na solução a condutividade é uma forma indireta de indicar a concentração de sais dissolvidos (APHA, 1995).

A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas e da temperatura. A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta (VON SPERLING, 1996).

Do ponto de vista da Limnologia regional, a condutividade elétrica dos corpos d'água de uma região pode fornecer importantes informações, que possibilitam identificar as várias províncias geológicas, evidenciando, desta maneira, a interação entre o sistema aquático e o terrestre (ESTEVEES, 1998).

A condutividade das águas superficiais é bastante variada, podendo ser baixa, com valores de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em locais onde a precipitação é pobre em solutos e a litologia local formada por rochas resistentes ao intemperismo, até valores próximos de 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que é a condutividade das águas do mar (SAWYER et al., 1994). A condutividade está ainda influenciada pela profundidade, sendo maior nas águas subterrâneas do que nas águas superficiais (WETZEL, 1993).

Existe uma correlação positiva entre condutividade e o pH das águas doces. Em águas pobres em sais solúveis e de baixos valores de pH (< 5), o íon H^+ torna-se o principal responsável pelos valores de condutividade. Em águas muito alcalinas, cujos valores de pH estão nos valores extremos, têm condutividade elétrica devido apenas a elevadas concentrações de poucos íons em solução, onde o mais freqüente é o OH^- . Na prática, isso mostra, que um corpo d'água rico em compostos húmicos e com pH baixo (cerca de quatro) pode apresentar altos valores de condutividade elétrica (WETZEL, 1993).



7.1.5 - Cor

A cor da água pode ser devido a diversos fatores: presença de íons metálicos, materiais húmicos, turfas e plâncton. Ela é constituída por sólidos dissolvidos de origem natural como a decomposição da matéria orgânica, ferro e manganês, ou de origem antropogênica devido a resíduos industriais e esgotos domésticos. A cor de origem natural não representa riscos diretos à saúde, mas a coloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, já a de origem industrial pode ou não representar toxicidade (VON SPERLING, 1996).

A maior parte da cor das águas superficiais provém da matéria orgânica dissolvida, especialmente compostos húmicos e das substâncias em suspensão. Grandes quantidades de material inorgânico como as argilas podem dar uma coloração amarela ou vermelho-acastanhado. Em ambientes onde cianobactérias ou as diatomáceas ocorrem em grande quantidade e se acumulam nas águas de superfícies, as cores serão azul-esverdeada ou castanho-amarelada respectivamente (SAWYER et al., 1994).

Yentsch (1960) *apud* Wetzel (1993), relata que quando as concentrações de algas planctônicas são baixas estas não alteram a cor da água. Águas naturais possuem cor que variam entre zero a 200 u.H.(unidades Hazen) e acima disso seriam água de brejo ou pântano com altos teores de matéria orgânica (SAWYER et al., 1994).

7.1.6 - Fósforo

Há muito é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos. Esta importância deve-se à participação deste elemento em processo fundamental no metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (forma um fração essencial da molécula de ATP) e estruturação da membrana celular (através de fosfolipídios). Na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal responsável



pela eutrofização artificial destes ecossistemas. Toda forma de fósforo presente em águas naturais, quer na forma iônica quer na forma complexa, encontra-se sob forma de fosfato (WETZEL, 1993; ESTEVES, 1998).

Segundo Von Sperling (1996), o fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico e sua unidade é dada em mg/l. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) dependem do pH, sendo a mais comum faixa de pH o HPO_4^{2-} . Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo.

Além disso, conforme o autor, o fósforo é um elemento indispensável para o crescimento das algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado destes organismos (eutrofização); além disso, o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Os seguintes valores de P total podem ser utilizados como indicativos aproximados do estado de eutrofização de lagos (lagos tropicais provavelmente aceitam concentrações superiores): (a) $P < 0,01-0,02$ mg/l: não eutrófico; (b) P entre $0,01-0,02$ e $0,05$ mg/l: estágio intermediário; (c) $P > 0,05$ mg/l: eutrófico.

Esteves (1998) comenta que o fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais. Em outras palavras, significa dizer que a quantidade de fosfato de fonte natural no sistema aquático depende diretamente do conteúdo de fosfato presente nos minerais primários das rochas da bacia de drenagem, dentre estas, a mais importante é a apatita. A liberação do fosfato, a partir dos minerais primários da rocha, ocorre por desagregação desta pela intemperismo.



Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato podem ser apontados, como: material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. As fontes artificiais de fosfato mais importantes são: esgotos domésticos e industriais e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (ESTEVES, 1998).

Quanto ao ortofosfato solúvel, por ser ele a principal forma de fosfato assimilado pelos vegetais aquáticos, este assume um maior valor biológico. Sua presença na água depende da densidade e da atividade de organismos, especialmente da macrófitas aquáticas e do fitoplâncton, os quais, assimilam grande quantidade deste íon, durante o processo de fotossíntese (WETZEL, 1993).

7.1.7 - Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação da proteína, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago (ESTEVES, 1998).

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3). Íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1998).



O nitrogênio amoniacal tem origem principalmente nas águas residuárias domésticas e/ou da decomposição da matéria orgânica. A amônia excretada pelos animais aquáticos é pouco relevante desde o ponto de vista quantitativo, quando comparada com aquela proveniente da decomposição bacteriana. Em águas naturais, a detecção de amônia em grandes quantidades, é um critério de poluição. A distribuição da amônia nas águas doces varia muito regional e espacialmente dentro dos lagos, dependendo do nível de produtividade do lago e do grau de poluição pela matéria orgânica (WETZEL, 1993).

O íon amônio (NH_4^+) é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. Na sua concentração estão englobadas, concentrações de nitrogênio amoniacal (NH_4^+ e NH_3) (ESTEVES, 1998).

Os nitratos são muito prejudiciais para a saúde humana. Devido à redução dos nitratos surgem nitritos tóxicos. Na presença de compostos orgânicos nitrogenados, os nitritos podem tornar-se precursores de nitrosaminas carcinogênicas. Os nitratos são produzidos no solo pela nitrificação da amônia e do nitrogênio, sendo facilmente liberados pelo solo, principalmente na ocorrência de fortes chuvas, quando a coesão dos grãos se torna menor (STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

Os autores ainda comentam que os nitratos trazidos pelas precipitações são retidos quando as bacias hidrográficas são cobertas por florestas. Caso elas estejam mortas, os nitratos são mais facilmente liberados que retidos, e mesmo depois de toda madeira ter sido retirada das florestas, os nitratos ainda são liberados por vários anos.

Independente de sua origem, os nitratos presentes na água em quantidades maiores provocam em crianças o estado mórbido denominado cianose ou metahemoglobinemia (BRAGA et al., 2002). Os nitritos são muito tóxicos para os organismos com hemoglobina. Eles surgem devido à redução dos nitratos em ambientes anóxicos, por exemplo, águas subterrâneas, hipólímnio de reservatórios,



intestinos humanos com flora bacteriana instável (bebês) ou, ainda, como um produto intermediário da nitrificação (STRASKRABA & TUNDISI, 2000).

O nitrogênio, por seguir um ciclo que conduz à mineralização total sob forma de nitritos, permite avaliar o grau e a distância de uma poluição pela quantidade e forma de apresentação dos derivados nitrogenados (BRAGA et al., 2002).

7.1.8 - Oxigênio dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2), é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são: a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são: o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, ferro e manganês (ESTEVES, 1998).

Von Sperling (1996) comenta que o oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se a condição anaeróbia (ausência de oxigênio), com geração de maus odores. A solubilidade do OD varia com altitude e temperatura.

Ao nível do mar, na temperatura de $20^\circ C$, a concentração de saturação é igual a 2 mg/l; valores de OD superiores à saturação são indicativos de presença de algas (fotossíntese), enquanto valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos de matéria orgânica. Com OD em torno de 4-5 mg/l morrem os peixes mais exigentes;



com OD igual a 2 mg/l todos os peixes estão mortos; com OD igual a 0 mg/l tem-se condições de anaerobiose (VON SPERLING, 1996).

7.1.9 - DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

A substância mais habitualmente oxidada pelo oxigênio dissolvido em água é a matéria orgânica de origem biológica, como procedente de plantas mortas e restos de animais, ou ainda advinda de fontes externas de poluição (esgotos) (BAIRD, 2002).

Branco (1986) cita que as atividades dos organismos consistem, primariamente, em transformar a matéria orgânica presente, em substâncias que possam ser por eles assimiladas, armazenadas ou oxidadas. Então, as substâncias biodegradáveis, nada mais são que a representação do alimento disponível para esses organismos, transformadas através da síntese de reprodução dos organismos (oxidação), liberando energias, mas consumindo o oxigênio do meio.

Para Straskraba & Tundisi (2000), somente uma pequena parte dos compostos orgânicos medidos é biologicamente facilmente decomposto nas águas superficiais. Para estimar a matéria orgânica degradável, utiliza-se com parâmetro da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ou seja, o total de oxigênio necessário para efetuar a decomposição em 5 dias, à temperatura de 20°C (DBO_{5,20}).

Stocker & Seager (1981), comentam que a DBO é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio dissolvido na água necessário para degradar (oxidar) a matéria orgânica presente no meio. Ainda segundo os autores, as amostras de DBO proporcionam uma estimativa razoável da qualidade da água, no que diz respeito aos níveis de oxigênio.

7.2 - OS PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº. 357/05 que revogou a Resolução 020/86, estabeleceu uma nova classificação para as águas



doces, águas salobras e salinas do Território Nacional. Definiram-se nove classes, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinam. As águas doces foram distribuídas e classificadas em cinco classes:

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 01: 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 n. 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 02: 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 n. 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 03: 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 04: águas que podem ser destinadas:

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

Quadro 04: Padrões de qualidade da água, segundo a Resolução CONAMA 357/05.

PARÂMETROS	CLASSES				
	Especial	1	2	3	4
OD**		6	5	4	2
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	-
DBO _{5,20} mg/L		3	5	10	-
Nitrogênio Nitrato**	-	10	10	10	-
Nitrogênio Nitrito**		1	1	1	-
Fósforo Total**	-	0,025	0,025	0,025	-
Turbidez (UNT)		40	100	100	-
Cloreto Total**	-	250	250	250	-
Alumínio**		0,1	0,1	0,1	-
Bário**	-	1	1	1	-
Cádmio**		0,001	0,001	0,01	-
Chumbo**	-	0,03	0,03	0,05	-
Cobre**		0,02	0,02	0,5	-
Níquel	-	0,025	0,025	0,025	-
Mercúrio**		0,0002	0,0002	0,002	-
Zinco**	-	0,18	0,18	5	-
Fenóis**		0,001	0,001	0,3	1
Manganês**	-	0,1	0,1	0,5	-
Coliformes Fecais***		200	1000	4000	-
Coliformes Totais***	ausentes*	1000	5000	20000	-
Resíduo Filtrável**		500	500	500	-
Surfactantes**	-	0,5	0,5	0,5	-

* Quando para uso de abastecimento sem prévia desinfecção

** mg/L

*** (NMP/100mL)

Fonte: Resolução 357/05 do CONAMA.



7.3 - DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA

Segundo a Resolução 357/05 do CONAMA o enquadramento dos corpos d'água deve seguir alguns critérios:

- O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;
- O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos;
- Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e finais, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais;
- As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e finais aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico;
- As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e finais, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde 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;
- Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano;



- Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante, preservará obrigatoriamente, as condições de consumo.

8 - QUALIDADE DAS ÁGUAS DA ÁREA ESTUDADA

As águas do manancial de abastecimento da cidade de Parauapebas-Pa, principal objeto desse trabalho foram coletadas, analisadas e os resultados obtidos são aqui apresentados, com suas interpretações.

8.1 - ASPECTOS METODOLÓGICOS

O esquema metodológico seguido no estudo da qualidade dessas águas partiu de uma ampla pesquisa bibliográfica englobando os aspectos geoambientais e o levantamento dos dados analíticos referentes à qualidade da água através de análises físico-químicos em amostras de água coletadas no manancial de abastecimento da cidade de Parauapebas.

Foram efetuadas duas campanhas de amostragem: nos meses de abril e outubro de 2007, de forma a abranger duas épocas extremas, período chuvoso e período seco. Em ambas as campanhas as amostragens foram realizadas em 05 (cinco) pontos de acordo com o plano de amostragem determinado por técnicos do Sistema de Abastecimento de Água do Município/ Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Parauapebas-SAAEP, os pontos de monitoramento foram determinados de forma a contemplar igualmente a montante e a jusante do ponto de captação do sistema de abastecimento para que fosse possível uma melhor visualização dos possíveis



impactos provenientes, principalmente, das ocupações irregulares próximas ao manancial.

8.2 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM E VARIÁVEIS ANALISADAS

Com o intuito de visualizar espacialmente os resultados e identificar áreas de possíveis impactos ao manancial, os pontos de coletas foram: Ponto de captação de água do sistema de abastecimento da cidade de Parauapebas-Pa, 1.000 e 2.000 metros a montante do ponto de captação e 1.000 e 2.000 metros a jusante do ponto de captação (quadro 05).

Quadro 05: Localização dos pontos de amostragem no Rio Parauapebas-Pa.

PONTOS DE AMOSTRAGEM – RIO PARAUAPEAS	
PONTOS	LOCALIZAÇÃO
P1	2.000 metros a montante do Sistema de Captação de Água.
P2	1.000 metros a montante do Sistema de Captação de Água.
P3	Sistema de Captação de Água.
P4	1.000 metros a jusante do Sistema de Captação de Água.
P5	2.000 metros a jusante do Sistema de Captação de Água.

Foram analisadas as seguintes variáveis:

1. Variáveis físicas: temperatura, cor e pH;
2. Variáveis que indicam balanço mineral: condutividade, turbidez e alcalinidade;



3. Variáveis que caracterizam quantidade de matéria orgânica: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos totais dissolvidos (STD);
4. Variáveis indicadoras de eutrofização: nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal.

A técnica empregada para análise de cada um dos parâmetros está descrita no quadro 06. Segundo referência de APHA (1995).

Quadro 06: Parâmetros analisados durante as duas amostragens no ano de 2007 no Rio Parauapebas.

PARÂMETROS	MÉTODO/TÉCNICA
Temperatura	Condutivimétrico
Condutividade	Condutivimétrico
Sólidos Totais	Gravimetria
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro
DQO	Titulometria
DBO	(DBO _{5,20})
pH	Potenciométrico
Nitrogênio Amoniacal	Espectrofotometria (Nessler)
Nitrato	Cromatografia de Íons
Nitrito	Espectrofotometria
Cor Aparente	Espectrofotometria
Alcalinidade	Potenciometria
Turbidez	Nefelométrico



8.3 - PROCEDIMENTO PARA COLETA, PRESERVAÇÃO E ANÁLISES DAS AMOSTRAS

As coletas e as análises das amostras de água foram realizadas nos meses de abril outubro de 2.007 no Rio Parauapebas pela Empresa Ênfase Consultoria em Meio Ambiente Ltda., de acordo com o Plano de Amostragem estabelecido por técnicos do Sistema de Abastecimento de Água do Município/ Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Parauapebas-SAAEP.

8.4 - MÉTODO UTILIZADO PARA A AVALIAÇÃO

Como instrumento de referência técnica/teórica para a realização da avaliação da qualidade da água do Rio Parauapebas, foram utilizados os critérios estabelecidos na Resolução CONAMA nº. 357/05, a qual estabelece que enquanto não forem realizados enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2 (dois).

8.5 - TRATAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor visualização e comparação dos valores dos parâmetros analisados nos diferentes pontos do Rio Parauapebas nas duas campanhas de amostragem foram plotados gráficos para os seguintes parâmetros: temperatura, cor aparente, pH, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD), alcalinidade, nitrato, nitrogênio amoniacal, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido, conforme as figuras que seguem.

Quadro 07: Valores medidos dos parâmetros analisados durante as duas amostragens no ano de 2007 no Rio Parauapebas.



PARÂMETROS	ABRIL/2007					OUTUBRO/2007				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
pH	8,0	7,9	8,0	8,3	8,2	7,2	7,4	7,6	7,6	7,6
Cor aparente (mg Pt-Co/L)	120	160	100	120	100	80	80	80	80	80
Temperatura (°C)	28	27	27	27	27	28	25	25	28	28
Turbidez (NUT)	45,2	87,3	45,0	42,2	41,0	21,8	19,4	18,2	19,2	18,3
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	145,80	132,50	178,60	123,80	126,30	114,8	105,0	110,5	109,6	108
Sólidos Totais (mg/L)	118,0	113,0	123,0	142,0	126,0	128,0	68,0	59,0	80,0	78,0
Acalinidade (mg/L CaCO_3)	60,0	65,0	60,0	60,0	65,0	25,0	20,0	30,0	30,0	30,0
Nitrato (mg/L NO_3)	0,13	0,15	0,13	0,12	0,14	0,10	0,06	0,06	0,06	0,05
Nitrogênio Amoniacal (mg/L N)	0,04	0,04	0,02	0,11	0,02	0,18	0,25	0,05	0,02	0,05
DBO ₅ (mg/L O ₂)	1,7	2,0	1,5	1,5	1,7	1,6	0,6	0,5	<0,5	<0,5
DQO (mg/L O ₂)	9,9	21,1	34,6	15,4	10,4	14,3	19,1	25,8	28,5	28,7
Oxigênio Dissolvido (mg/L O ₂)	6,6	5,6	10,2	6,0	5,3	7,6	7,3	7,0	8,3	8,2

Após a elaboração dos gráficos de análise temporal e espacial, utilizados para analisar as variações ocorridas no manancial, os parâmetros que apresentaram resultados representativos foram incluídos na discussão, com a finalidade de embasar os comentários pertinentes à qualidade da água no Rio Parauapebas-Pa.

Temperatura

A temperatura da água é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação anormal da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoeletricas. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos.

Comparando os valores de temperatura medidos nos dois períodos na qual foram realizadas as amostragens não houve variação significativa na temperatura, sendo a



mínima medida de 25°C e a máxima, de 28°C, para os períodos seco e chuvoso, respectivamente.

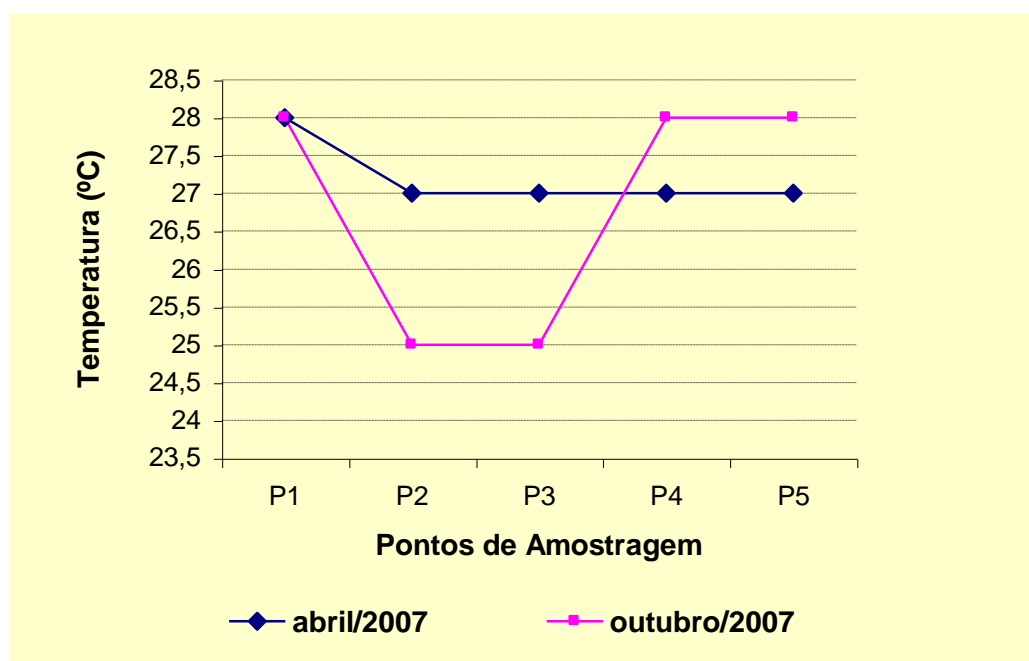


Figura 08: Distribuição espaço temporal dos valores temperatura medidos no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

pH

O pH é uma importante variável na avaliação da qualidade da água influenciada por processos biológicos e químicos dentro do corpo d'água. O pH das águas naturais está geralmente governado pelo equilíbrio dióxido de carbono – bicarbonato e tem uma faixa de 6 a 9 . O pH pode ser afetado por substâncias húmicas, pelo equilíbrio dióxido de carbono – carbonato, por águas residuárias e águas naturais contaminadas.



Através dos valores de pH podem ser inferidas importantes informações sobre os ecossistemas aquáticos. Estes valores são considerados como um bom indicador de fontes poluidoras, assim como de fenômenos ligados aos processos de autodepuração das drenagens.

Os valores de pH medidos nas duas campanhas de amostragem mostraram uma pequena variação com um valor mínimo de 7,2 (P1, período seco) e máximo de 8,3 (P4, período chuvoso) tendendo a alcalinidade, sendo que os maiores valores foram medidos no período chuvoso, o que pode ser explicado pelo aumento de substâncias solubilizadas devido ao carreamento e transporte de materiais de origem orgânica e inorgânica. Essa ligeira alcalinidade é devido à presença de carbonatos e bicarbonatos, e também reflete o tipo de solo por onde a água passa. Os padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde, segundo a Portaria 518/05 e enquadramento de águas, segundo a Resolução CONAMA 357/05, estão compatíveis para a qualidade das águas de manancial superficial.

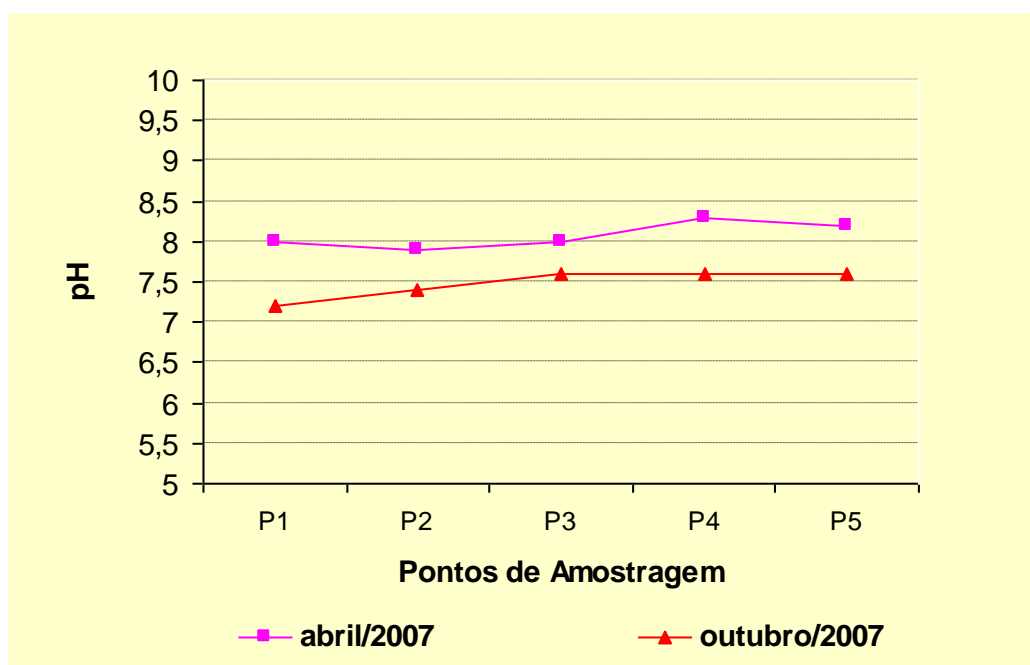


Figura 09: Distribuição espaço temporal dos valores de pH medidos no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).



Cor

A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos, etc.), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira, etc.).

Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz. O problema maior de coloração na água, em geral, é o estético já que causa um efeito repulsivo aos consumidores.

Pode-se observar uma elevação significativa da coloração da água para o período chuvoso, evidenciando assim um aumento de matéria orgânica dissolvida. Os valores de cor, para o período chuvoso, ficaram numa faixa de 100 a 160 mg Pt-Co/L, enquanto que os valores para o período seco se mantiveram em 80 mg Pt-Co/L em todos os pontos.

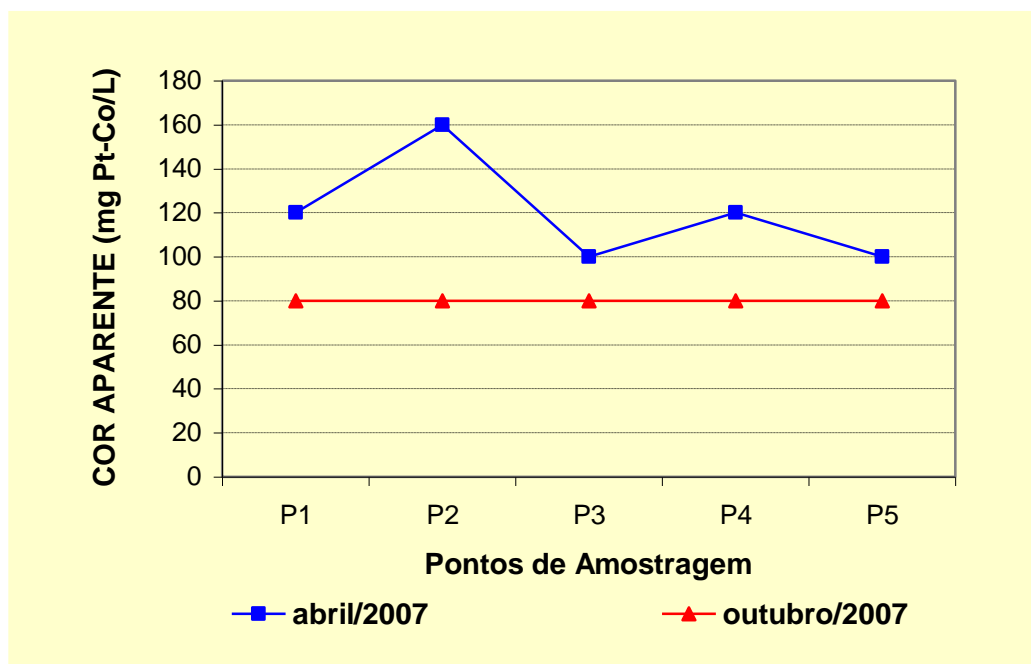


Figura 10: Distribuição espaço temporal dos valores de Cor aparente no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

Turbidez

Para a turbidez foi registrada pequena variação nos valores que ficaram entre 18,2 NTU (P3) e 21,8 NTU (P1), para o período seco. Em relação ao período chuvoso registrou-se um mínimo de 41 NUT (P5) e um máximo de 87,3 NUT (P2).

Os valores de turbidez variaram de acordo com as variações sazonais, indicando maior turbidez no período chuvoso e menor turbidez no período seco, a elevação da turbidez no período chuvoso deve-se ao aumento do carreamento de material alóctone da bacia de drenagem para o leito do rio. Segundo os padrões legais para enquadramento, os valores analisados estão dentro dos limites estabelecidos.

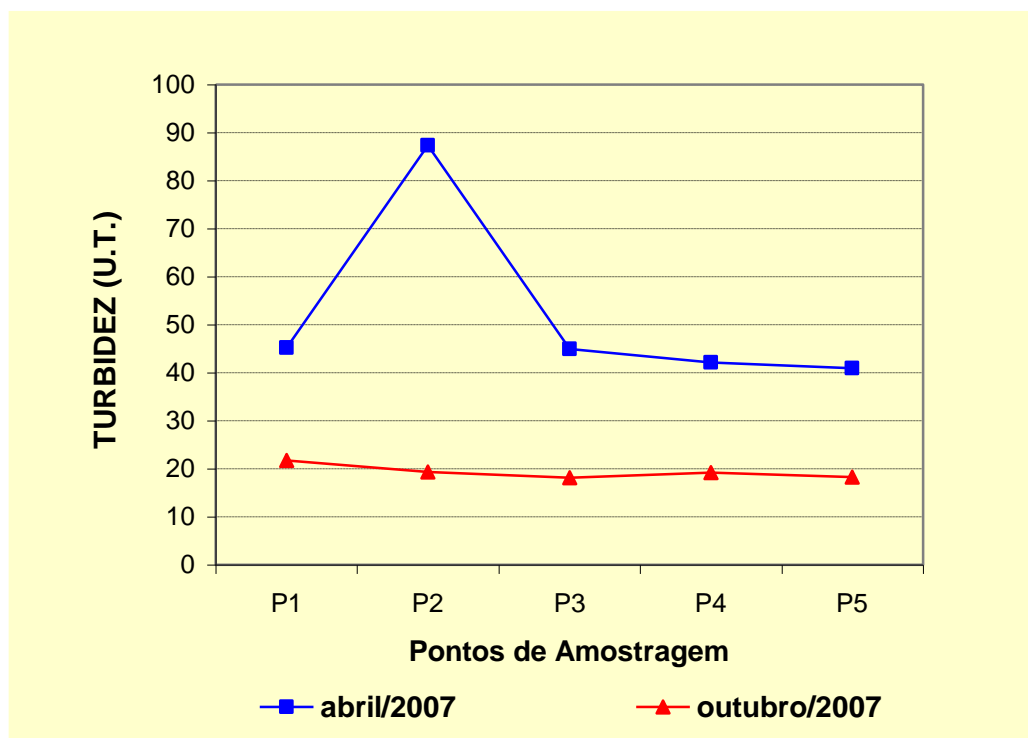


Figura 11: Distribuição espaço temporal dos valores de Turbidez no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

Condutividade Elétrica

Os valores da condutividade elétrica dependem da força iônica da água e estão relacionados com a natureza das diversas substâncias dissolvidas, suas concentrações atuais e relativas e a temperatura na qual se faz a medição. As soluções da maioria dos sais, ácido e bases inorgânicas são bons condutores da corrente elétrica, no entanto, os compostos orgânicos por não se dissociarem, não conduzem a corrente elétrica, com isso, pode-se dizer que a determinação da condutividade é um meio rápido e conveniente de estimar a concentração de eletrólitos numa amostra de água.

Os valores de condutividade da água variaram entre 126,30 (P1) e 178,60 (P3) $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no período chuvoso e entre 105,00 (P2) e 114,80 (P1) $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, evidenciaram valores médios de íons no Rio Parauapebas e bacia de contribuição, indicando assim um forte intemperismo das rochas. Sendo que os maiores valores observados tanto no período



chuvoso quanto no seco, foram nos pontos P1 e P3. Em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2007).

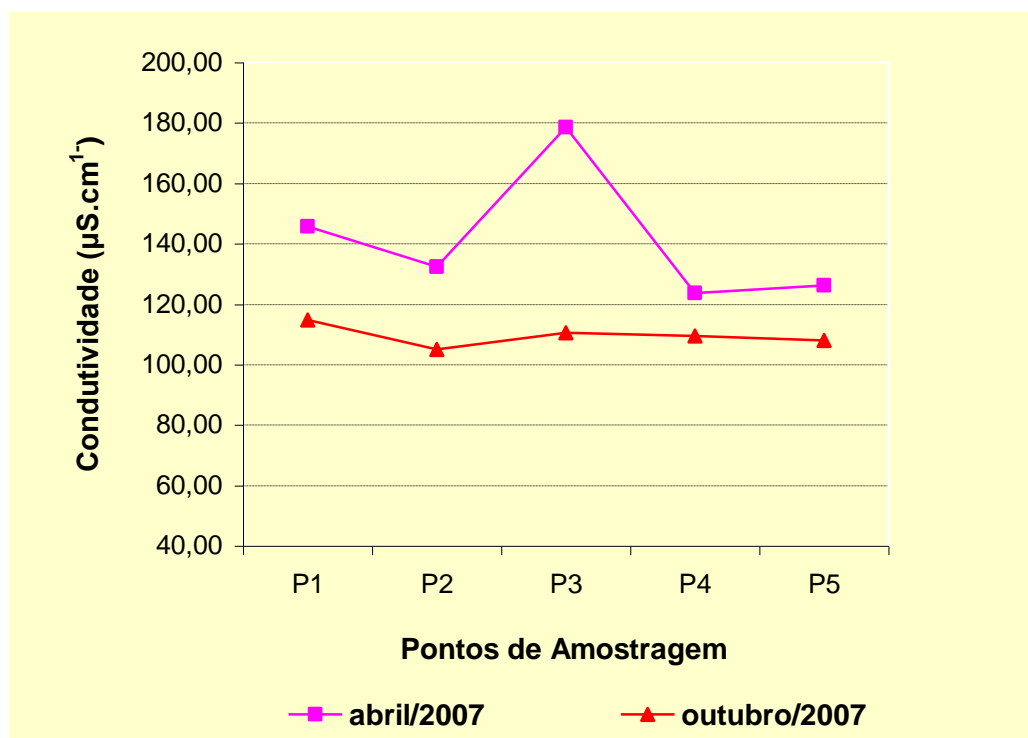


Figura 12: Distribuição espaço temporal dos valores de Condutividade no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

STD

Segundo CHAPMAN (1992), o termo “sólidos” é amplamente utilizado para a maioria dos compostos que estão presentes nas águas naturais e permanecem num estado sólido após evaporação. Os sólidos possuem importante papel em estudos de ecossistemas aquáticos, sendo, em alguns casos, os responsáveis pela regulação e limitação da penetração de luz (sólidos suspensos) podendo interferir na concentração de oxigênio e na condutividade elétrica, contendo nutrientes e poluentes (partículas de metais, entre outros). A concentração de sólidos nos ecossistemas lóticos está ligada a inúmeros fatores, dentre eles, a precipitação pluviométrica, existência de corredeiras, alterações nas margens, desmatamento de áreas vizinhas e constituição do solo.



O menor valor encontrado para Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foi de 59 mg/L (para o período seco) e o maior valor 142,0 mg/L (para o período chuvoso). Esses valores estão muito abaixo do que preconiza a Resolução do CONAMA 357/05, que estabelece limites máximos de 500 mg/L para águas de classe 02 (dois). Os maiores valores provavelmente devem-se à intensa decomposição de matéria orgânica na bacia de contribuição ou ao intemperismo das rochas, visto as características da região.

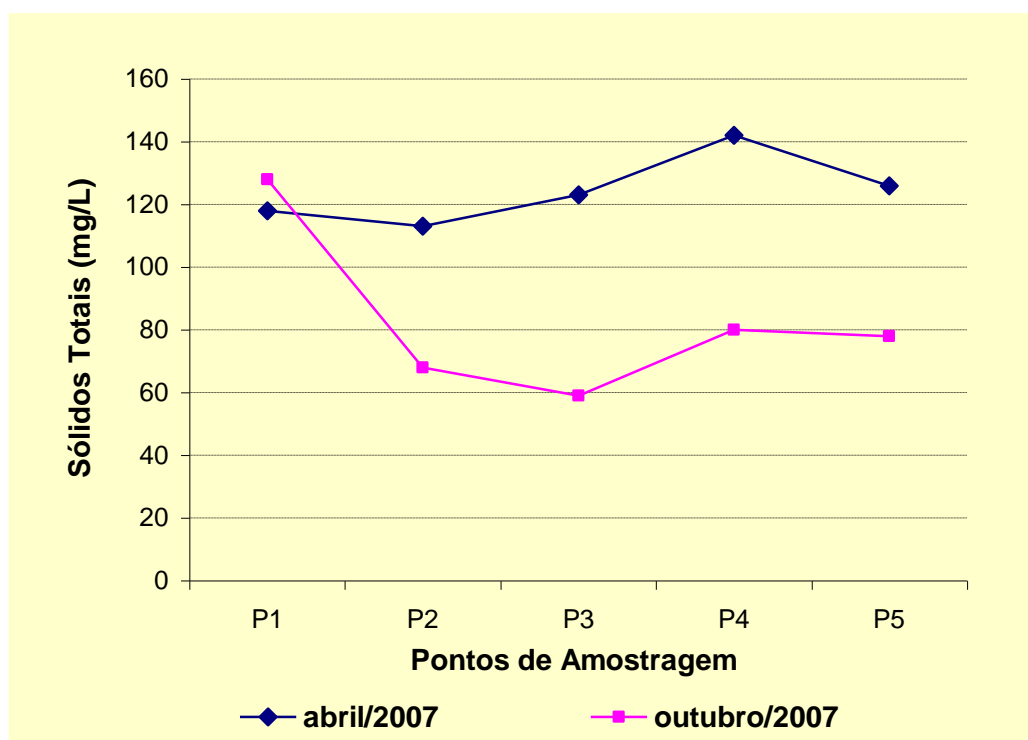


Figura 13: Distribuição espaço temporal dos valores de Sólidos Totais dissolvidos no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

Alcalinidade

O conceito de alcalinidade está intimamente associado às formas nas quais se encontra o dióxido de carbono na água. Este termo não deve ser confundido com a



basicidade no sentido de valores do pH. Assim, águas ácidas podem ter altos teores de alcalinidade. A alcalinidade da água é uma medida da capacidade para neutralizar ácidos, ou em outras palavras, é a forma de expressar a quantidade de íons bicarbonatos e carbonatos presentes na água, é a capacidade de resistir às mudanças de pH: capacidade tampão (IAP, 2007).

A alcalinidade de muitas águas naturais e tratadas se devem somente a bicarbonatos de cálcio e magnésio, o pH dessas águas não excede 8,3. Sua alcalinidade total é praticamente idêntica à dureza total. As águas que tem uma faixa de pH acima de 8,3 contêm além do bicarbonato, íons carbonatos e possivelmente hidróxidos (IAP, 2007).

Para a alcalinidade observou-se que os valores praticamente permaneceram constantes em todos os pontos de amostragem, sendo uma variação mínima de 60 mg/L (P1, P3 e P4) e máxima de 65 mg/L (P2 e P5) no período chuvoso, e mínima de 20 mg/L (P2) e máxima de 30 mg/L (P3, P4 e P5) para o período seco. Os maiores valores tanto no período seco quanto no chuvoso foi encontrado em P5, a possível explicação para tais valores reside aos processos de decomposição de materiais orgânicos e lixiviação do solo.

Embora não tenha significado sanitário, no Brasil as águas naturais de origem superficial apresentam alcalinidade comumente inferior a 100 mg/L CaCO_3 , e valores elevados estão associados aos processos de decomposição de matéria, à atividade respiratória de microrganismos e ao lançamento de efluentes industriais.

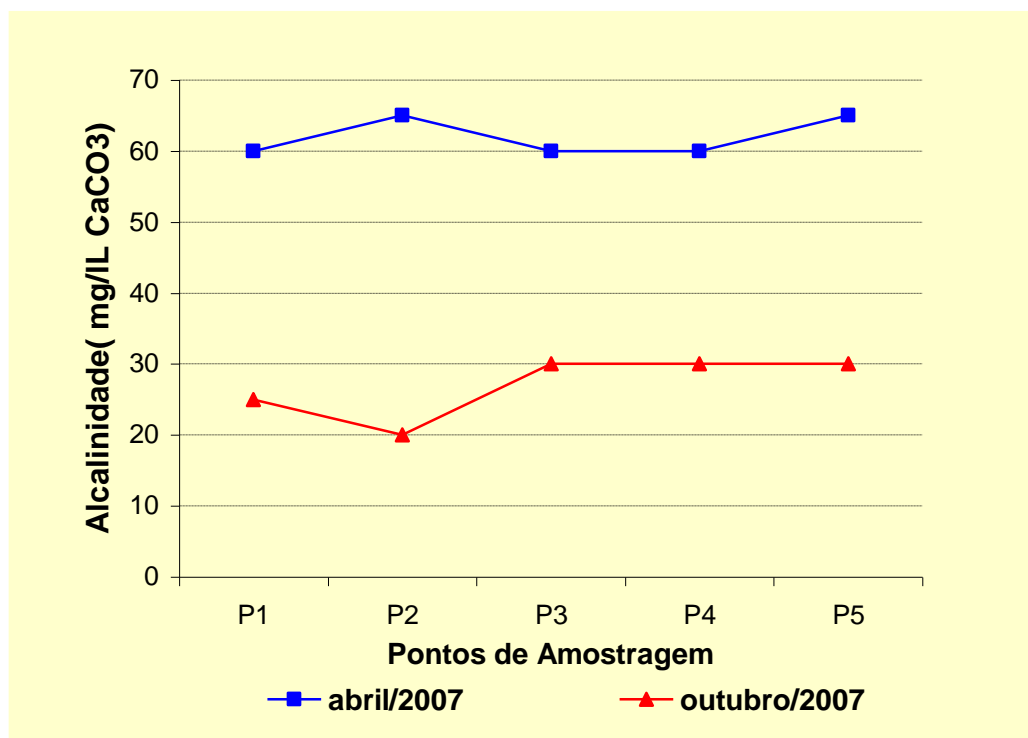


Figura 14: Distribuição espaço temporal dos valores de Alcalinidade no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

Nitrato

O íon nitrato é a forma mais comum de nitrogênio combinado encontrada em águas naturais. Fontes naturais em águas superficiais incluem rochas ígneas, drenagem de solos, resíduos de animais e plantas. Níveis naturais raramente excedem 0,10 mg/L, mas podem ser aumentadas por águas residuais industriais e domésticas.

As concentrações de nitrito são freqüentemente muito baixas 0,001 mg/L e raramente maiores que 1,000 mg/L. Altas concentrações são geralmente indicadoras de efluentes industriais e são freqüentemente associadas a qualidade insatisfatória microbiologicamente (CHAPMAN, 1992).

Os valores de nitrito encontrados em todos os pontos de amostragem tanto no período chuvoso quanto no período seco, não excederam o limite de detecção do método utilizado, ou seja, não ultrapassou a concentração de 0,02 mg/L de NO₃.



Com relação aos resultados de nitrato e nitrito os valores encontrados não tiveram grande variação, e que segundo Sawyer (1994), as concentrações de nitrato em termos de nitrogênio não podem exceder a 10 mg/l para água de abastecimento público. Já os valores de nitrito encontrados foram relativamente baixos, sem variação ao longo dos pontos amostrados, pois geralmente a concentração de nitrito em águas naturais é pequena, a não ser que estejam recebendo contribuição de esgotos.

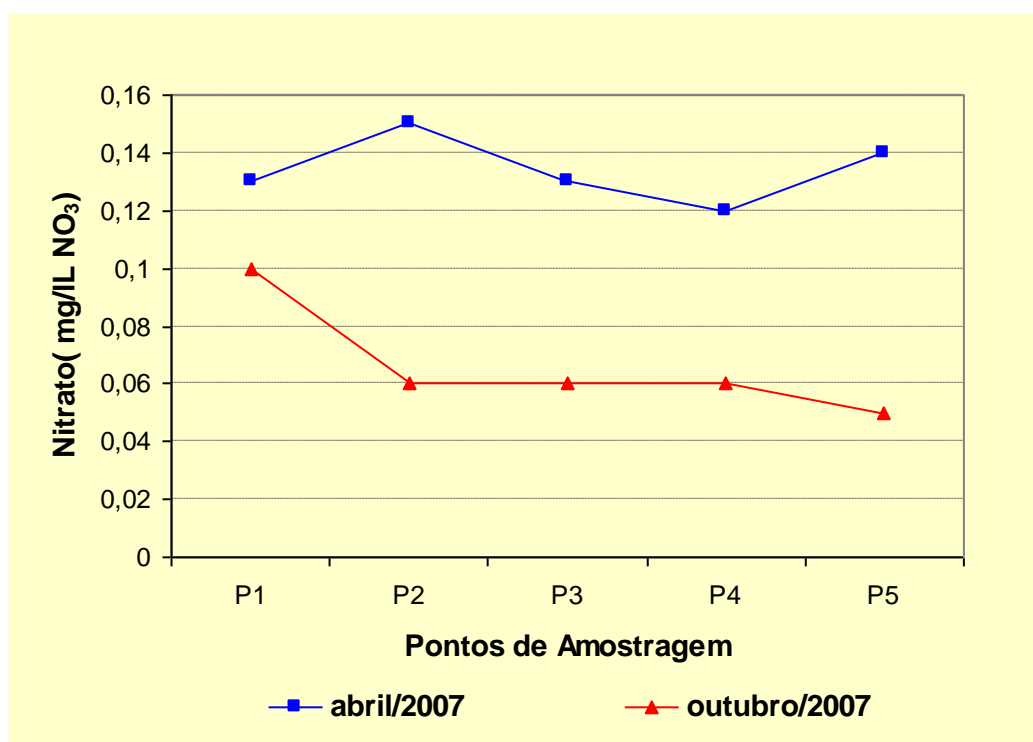


Figura 15: Distribuição espaço temporal dos valores de Nitrato no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

Nitrogênio Amoniacal

Conforme a figura 16, o maior valor encontrado de N-amoniaco para o período chuvoso foi de 0,11 mg/L, provavelmente ocasionado pelo escoamento superficial de material alóctone advindos da bacia de contribuição, sendo que estes valores estão muito abaixo do estabelecido para águas de classe II. Enquanto que o maior valor encontrado de N-amoniaco para o período seco foi de 0,25 mg/L.

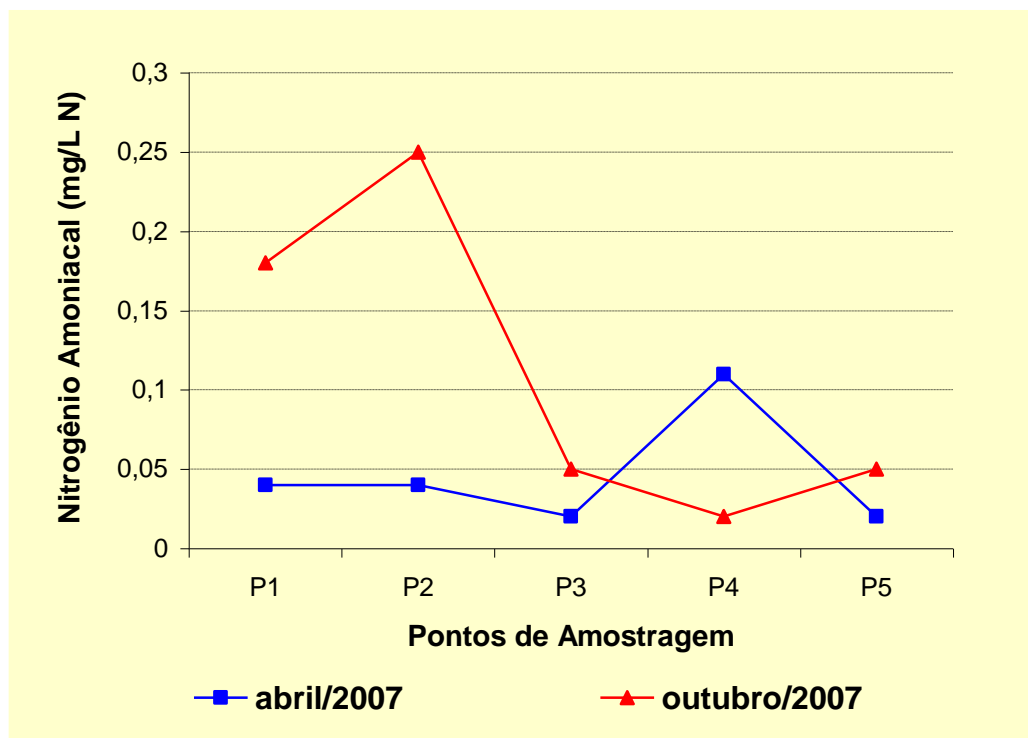


Figura 16: Distribuição espaço temporal dos valores de Nitrogênio Amoniacal no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

DBO

A DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Os maiores acréscimos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água. Pelo fato da DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, não indica a presença de matéria não



biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana. Os valores medidos para a DBO tiveram uma variação entre 0,5 e 2,0 mg/L de O₂, sendo que os maiores valores foram medidos no período chuvoso, devido à decomposição de matéria orgânica. Os valores medidos estão de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação.

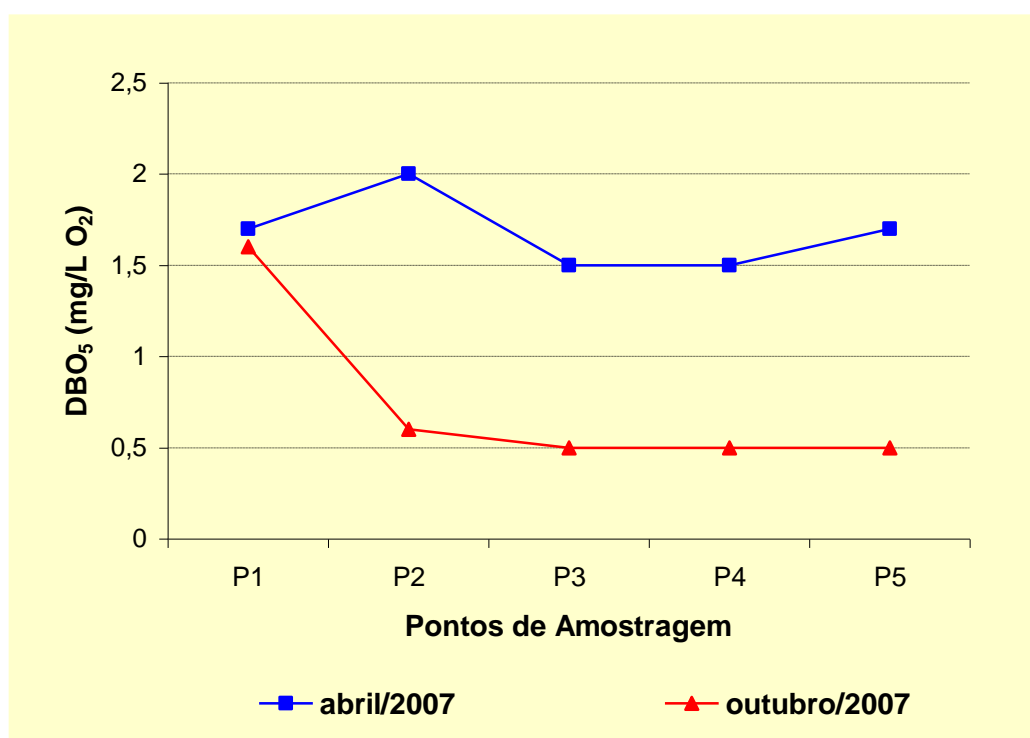


Figura 17: Distribuição espaço temporal dos valores de DBO no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

DQO

A demanda química de oxigênio (DQO) é uma medida equivalente à matéria orgânica em amostras de água que é susceptível a oxidação por um oxidante químico forte como o é dicromato de potássio.

A DQO é usada como uma medida de quantidade de materiais orgânicos e inorgânicos presentes no corpo de água e nos efluentes industriais e domésticos, susceptíveis a oxidação. As concentrações em águas superficiais podem ser de 20



mg/L ou menos em águas não poluídas, ou até 200 mg/L em águas que recebem efluentes (CHAPMAN, 1992).

Considerando as concentrações adotadas por CHAPMAN, os valores de DQO, do sistema estudado, foram superiores a 20 mg/L nos pontos P2 e P3 para o período chuvoso e nos pontos P3, P4 e P5, para o período seco. Isso parece estar associado a excesso de matéria orgânica o que pode estar revelando despejo urbano não tratado.

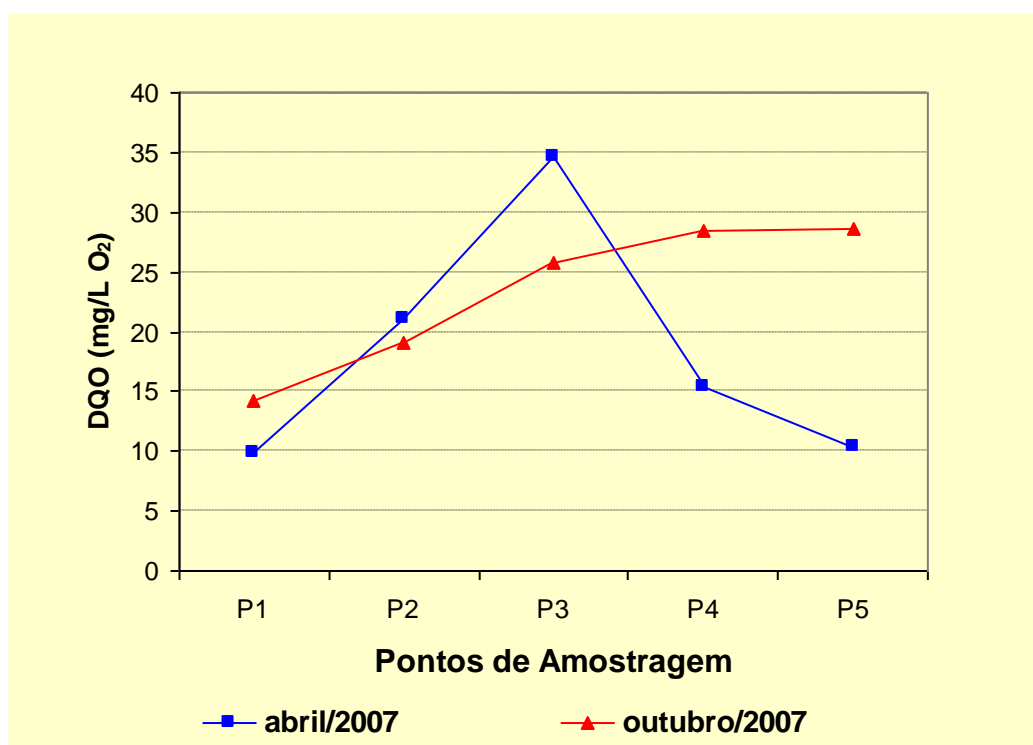


Figura 18: Distribuição espaço temporal dos valores de DQO no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).

Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é importante para a avaliação da qualidade de águas superficiais e o controle de processos de tratamento de águas residuárias, sendo um excelente indicativo da qualidade da água. A presença de oxigênio dissolvido é de importância vital para os seres aquáticos aeróbios. A



introdução de OD no recurso hídrico ocorre através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar atmosférico. Pode estar associado com a corrosividade da água, atividade fotossintética e outros.

Este parâmetro é usado para verificar a qualidade das águas superficiais; o OD é o critério mais importante nas determinações das condições sanitárias das águas superficiais. Ele avalia o efeito de despejos oxidáveis (de origem orgânica) no recurso hídrico, serve como indicador das condições de vida na água e para avaliar o processo de auto purificação.

Os valores medidos para as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) foram todos acima do valor estabelecido pela Resolução CONAMA nº. 357/05, indicando uma excelente qualidade quando se avalia por este indicador.

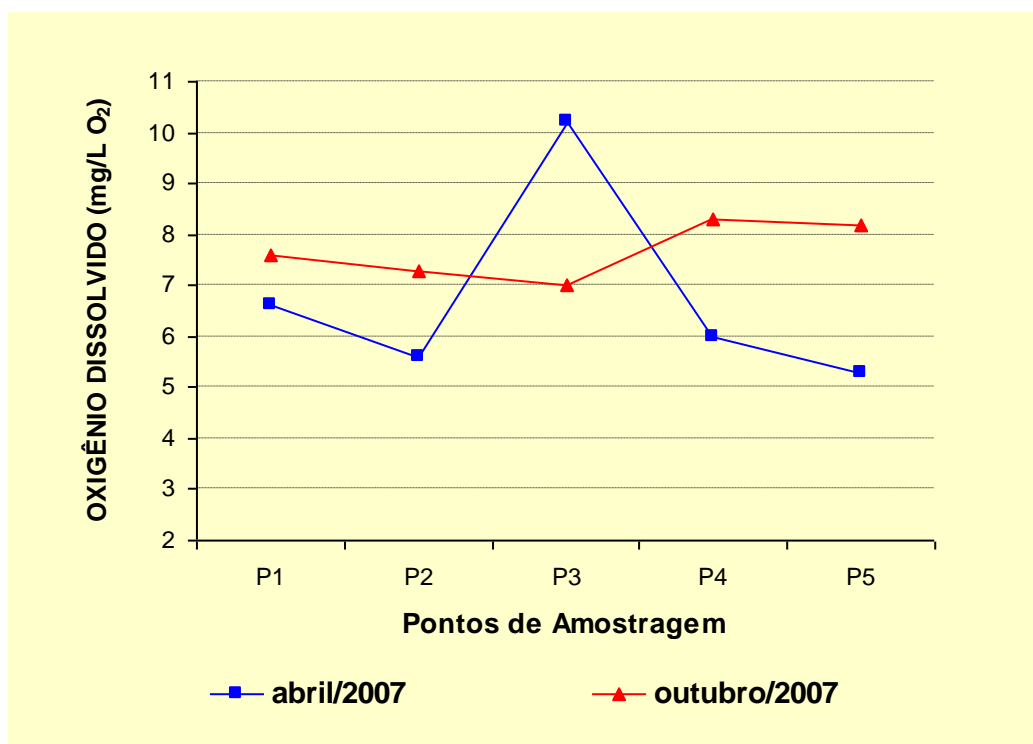


Figura 19: Distribuição espaço temporal dos valores da concentração de Oxigênio Dissolvido no Rio Parauapebas, nos pontos de amostragem durante os períodos de chuva (abril/07) e seco (outubro/07).



9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos por meio das análises das amostras de água nos 05 (cinco) pontos de amostragem permitiram concluir que:

- De forma geral, o rio Parauapebas principal manancial de abastecimento para a cidade de Parauapebas, ainda apresenta uma boa qualidade ambiental com características físico-químicas e químicas adequadas para o uso em questão, enquadrando-se dentro dos padrões recomendados pela resolução 357/05 do CONAMA;
- Ainda que se observe acentuada expansão urbana próxima ao manancial de abastecimento no município de Parauapebas não é possível, com base nas informações ora disponíveis, reconhecer uma progressão dos níveis dos parâmetros da qualidade da água utilizados proporcionalmente ao aumento populacional;
- Foi verificado que ocorreu uma relação direta entre a precipitação pluviométrica e a variação da concentração de sólidos presentes no manancial, fenômeno associado ao transporte de material de origem inorgânica advindos da bacia hidrográfica.

Dada a importância do Rio Parauapebas para a região, recomenda-se:

- 1- Dar continuidade e ampliar o programa de monitoramento para outros trechos do rio, a fim de avaliar a influência da urbanização e dos impactos decorrentes das atividades minerais situadas na bacia hidrográfica na qualidade da água;
- 2- Realizar um estudo sistemático sobre a qualidade da água desse manancial, uma vez que a expansão urbana tende às áreas próximas e acima do atual ponto de captação de água.



- 3- Implementar ações conjuntas entre os municípios limítrofes, visando a recuperação das matas ciliares e a adoção de outras medidas de proteção ao longo do trecho estudado, bem como a implantação e estruturação de um Comitê de Bacia do Rio Parauapebas;
- 4- Elaborar um de Plano Integrado dos recursos hídricos da região de Parauapebas baseado na percepção da água como parte integrante do ecossistema, um recurso natural e bem econômico e social cujas quantidade e qualidade determinam a natureza de sua utilização, e dessa forma promover:
 - a) Uma abordagem dinâmica, interativa e multissetorial do manejo dos recursos hídricos, incluindo a identificação e proteção de fontes potenciais de abastecimento de água doce que abarquem considerações tecnológicas, sócio-econômicas, ambientais e sanitárias;
 - b) A elaboração de planos para a utilização, proteção, conservação e manejo sustentável e racional de recursos hídricos baseados nas necessidades e prioridades da comunidade, dentro do quadro da política nacional de desenvolvimento econômico;
 - c) Traçar, implementar e avaliar projetos e programas que sejam economicamente eficientes e socialmente adequados no âmbito de estratégias definidas com clareza, baseadas numa abordagem que inclua ampla participação pública, no estabelecimento de políticas e nas tomadas de decisão do manejo hídrico;
 - d) Identificar e fortalecer ou desenvolver, conforme seja necessário, os mecanismos institucionais, legais e financeiros adequados para assegurar que a política hídrica e sua implementação sejam um catalisador para o progresso social e o crescimento econômico sustentável.
8. Estabelecer plano diretor da bacia hidrográfica para disciplinar o uso dos recursos hídricos e sua proteção;



9. Estabelecer mecanismos de participação comunitária e mobilização social na gestão dos recursos hídricos;
10. Desenvolver instrumentos de ordenamento da coleta, tratamento e disposição final de efluentes líquidos, assim como de resíduos com vistas à conservação dos recursos hídricos;
11. Estabelecer ações direcionadas à ampliação do conhecimento sobre a situação dos recursos hídricos com vistas à sua preservação, ao controle e mitigação dos processos de degradação, bem como visando a recuperação das áreas degradadas e a proteção dos mananciais;
12. Realizar estudos específicos de avaliação das águas superficiais e subterrâneas e desenvolver programas e projetos permanentes de conservação e uso racional dos recursos hídricos.



10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITAL – Notícias da América Latina e Caribe. *Degradação de mananciais põe em risco abastecimento de água*. Disponível em

< <http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=12563>> Acesso em: 25 de outubro de 2007.

AMBIENTE BRASIL – Portal ambiental da América Latina. *Recursos Hídricos*.

Disponível em < <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/recursoshidricos.html#aguabrasil> >. Acessado em : 26 de setembro de 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1995. *Standart Methods for the Examination of Water end Wastewater*. 19th Edition. Washington, D. C.,. 1155p.

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. 2004. *Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba - RMC – SANARE – Revista Técnica da Sanepar*.

BAIRD, C. *Química ambiental*. 2002. Trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. Porto Alegre. 2^o Ed. Bookman. 622 p.

BISWAS, A., 1992. *Sustainable Water Development: a Global Perspective*. Water Intenational, International Water Resources Association, 17 (2), USA.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: PORTO, R. L. L. (Org.). *Hidrologia ambiental*. EDUSP/ABRH. v. 3 1^a Ed. São Paulo, 1991.



- BRANCO, S. M. Água, meio ambiente e saúde In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Org. e Coord.). 1999. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras editoras. São Paulo.
- BRANCO, S. M. 1986. *Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária*. 2º ed. São Paulo, CETESB. 616 p.
- BRANCO, S. M; ROCHA, A. A. 1977. *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. Ed. Edgard Blucher Ltda. V.3 1º ed. CETESB, São Paulo, 198 p.
- BRAGA, B (Org.). 2002. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo. Ed. Prentice hall. 236 p.
- CHAPMAN, D. 1992. *Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*, 1ª ed., UNESCO, WHO, UNEP. Chapman & Hall. 585p.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *O problema da escassez de água no mundo*. Disponível em <
http://www.cetesb.sp.gov.br/Água/rios/gesta_escassez.asp> Acesso em: 06 de novembro de 2007.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resoluções do CONAMA; 1984/91*. 4ª ed. Brasília, IBAMA, 1992. 245p.
- CORSON, W.H. (Ed.). 1996. *Manual global de ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. 2º edição. Ed. AUGUSTUS, São Paulo. 426 p.
- DPRN/ DUSM – Equipe Técnica de Mogi das Cruzes. *A importância dos mananciais*. Disponível em <
http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/repositorio/etmc/importancia_mananciais.html> Acesso em: 28 de agosto de 2007.



ESTEVES, F. A. 1998. *Fundamentos de limnologia*. Interciência, FINEP, Rio de Janeiro. 575 p.

GLEICK, P. H. 1993. *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources*. New York, Oxford University Press.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. *Laboratório de Físico-Química*
Disponível em
< <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=19>>.
Acesso em: 20 de dezembro de 2007.

MAGALHÃES, V. S.. 2006. *Hidroquímica e qualidade das águas superficiais e subterrâneas em áreas sob influência de lavras pegmatíticas nas Bacias dos Córregos Água Santa e Palmeira, Município de Coronel Murta (MG)*. 109 p.. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: < http://dspace.lcc.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/MPBB-6ZQERE/99/capitulo_05_hidroquimica.pdf > Acessado em: 25 de outubro de 2007.

PAYNE, A. I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. John Wiley & Sons. Chichester 301 p.

PDP – Plano Diretor Participativo do Município de Parauapebas. 2006. *Relatório de Diagnóstico*. Parauapebas, p. 205 - 211.

PEREIRA, J. S. 1999. *A Problemática dos Recursos Hídricos em algumas Bacias Hidrográficas Brasileiras*. 26p. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
Disponível em: < <http://jaildo.chez-alice.fr/monog3.pdf> > Acessado em: 04 de novembro de 2007.



PMP – Prefeitura Municipal de Parauapebas. Disponível em: <
<http://www.parauapebas.pa.gov.br/PMP/pages/cidade/clima.php>> Acessado em: 02
de dezembro de 2007.

PMP – Prefeitura Municipal de Parauapebas. Disponível em: <
<http://www.parauapebas.pa.gov.br/PMP/pages/cidade/hidrografia.php>> Acessado
em: 02 de dezembro de 2007.

PORTO, M. F. A. 1991. *Estabelecimentos de parâmetros de controle da poluição*. In:
PORTO, R. L. L (Org.). Hidrobiologia ambiental. EDUSP/ABRH. Vol.3. 1º Ed. São
Paulo, p. 27 – 66.

REBOUÇAS, A. C. 2002. *Água doce no mundo e no Brasil*. In: REBOUÇAS, A. C;
BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Org. e Coord.). *Águas doces no Brasil: capital
ecológico, uso e conservação*. Escrituras editoras, São Paulo.

SALATI, E; LEMOS. H. M. 2002. *Água e o desenvolvimento sustentável*. In:
REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Org. e Coord.). *Águas doces no
Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras editoras, São Paulo.

SECTAM – SECRETARIA EXECUTIVA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE.
As Regiões Hidrográficas e os municípios do Estado do Pará. Série Relatórios
Técnicos nº. 06, 2005, Belém. Disponível em: <
<http://www.sectam.pa.gov.br/p30graus/SERIE%20N06.pdf>>. Acessado em: 04
de novembro de 2007.

SAWYER, C. N., Mc CARTY. P. L., PARKING. F. 1994. *Chemistry for environmental
engineering*. 4th edition. Mcgraw - Hill Book Company, New York., 658 p.

SPERLING, E. V. 1991. *Aspectos Metodológicos Para a Implantação de Medidas de
Recuperação de Lagos e Reservatórios*. Revista DAE, 51 (162): 5 - 7,



- STOKER, H. S; SEAGER, S. L. 1981. *Química ambiental: Contaminação del aire y del água*. Blume Ecologia, 1º Ed. Barcelona, 320 p.
- TUNDISI, J. G. 1999. *Limnologia no século XXI: Perspectivas de desafios*. In: IIV Congresso brasileiro de limnologia – SBL, Florianópolis: 1999, anais.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ROCHA, O. 2002. *Limnologia de águas interiores*. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Org. e Coord.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras editoras, São Paulo.
- TUNDISI, J. G. & STRASKRABA, M. 1999. *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Brazilian Academy of sciences, International Institute of Ecology and Backhuys Publishers,. 585 p.
- VON SPERLING, M. 1996. *Introdução à qualidade da águas e ao tratamento de esgoto*. DESA/CNPq/ABES. Belo Horizonte.
- WALKER, I. *Amazonian streams and small rivers*. In: Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M & Matsumura-Tundisi. (Editors). *Limnology in Brazil*. Braz. Acad. Of Science. Braz. Limnl. Societe.p. 167-193.
- WETZEL, R. G. 1993. *Limnologia*. Ed. da Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 645 p.