

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS**  
**ÁGUAS DO RIO PERICUMÃ, EM PINHEIRO - MA, UTILIZADA NA**  
**IRRIGAÇÃO**

**SOLANGE LEITÃO BARROSO**

**SÃO LUÍS,**  
**MARANHÃO - BRASIL**

**2007**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS  
ÁGUAS DO RIO PERICUMÃ, EM PINHEIRO - MA, UTILIZADA NA  
IRRIGAÇÃO**

**SOLANGE LEITÃO BARROSO**

**ORIENTADORA. Profa. Dra. FRANCISCA HELENA MUNIZ**

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em  
Agroecologia da Universidade Estadual do  
Maranhão - UEMA, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre.**

**SÃO LUÍS,  
MARANHÃO - BRASIL  
2007**

Barroso, Solange Leitão.

Caracterização físico-química e microbiológica das águas do rio Pericumã em Pinheiro-MA utilizada na irrigação./Solange Leitão Barroso. \_São Luís. 2007-10-12.

72 f.

Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, 2007.

1. Água – irrigação- Contaminação. II. Análise físico-química. III. Análise

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS  
ÁGUAS DO RIO PERICUMÃ, EM PINHEIRO - MA, UTILIZADA NA  
IRRIGAÇÃO**

**SOLANGE LEITÃO BARROSO**

**APROVADA EM: 05/09/2007**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dra. FRANCISCA HELENA MUNIZ  
(ORIENTADORA) - UEMA**

---

**Prof. Dra. ADENILDE RIBEIRO NASCIMENTO  
UFMA**

---

**Prof. Dr. VICTOR ELIAS MOUCHREK FILHO  
UEMA**

**SÃO LUÍS,  
MARANHÃO - BRASIL  
2007**

**PERSISTÊNCIA**

Não havia nada que eu pudesse fazer, mas eu fiz.  
Alcançar tal coisa era impossível, e eu busquei.  
Não havia mais esperanças, e eu as mantive.  
Não restava mais tempo para mais nada, mas eu lutei até a última hora.  
Não queria mais. Eu insisti.  
A última palavra havia sido dada, mas eu ainda assim falei.

E sem me arrependeu de nada, num futuro poderei dizer: TENTEI!  
O passado é uma lição para se mediar, não para se reproduzir..  
Somente a tentativa nos possibilita a conquista.  
(J. Cosmo Zaratrusta)

Há homens que lutam um dia e são bons; Há outros que lutam um ano e são melhores; Há os que lutam muitos anos e são muito bons; Mas há os que lutam toda a vida, e estes são Imprescindíveis.

(Bertold Brecht)

## AGRADEÇO

A Deus pelo dom da vida e presença constante em todos os momentos da minha vida.

## DEDICO

A minha irmã Simone Leitão Barroso, a minha imensa saudade e o meu amor.

## OFEREÇO

A meu pai Luiz Liberato Barroso Filho, que sempre vibrou com cada passo a mais que eu dei na minha vida, meu eterno amor.

As minhas filhas Karoliny, Camila, Stephanie pelas horas que eu subtraí do nosso convívio, para me isolar nos estudos.

Ao meu amor, companheiro de todas as horas Antonio José Dias Graça pela força, incentivo, e por me amar.

A Prof. Dra. Francisca Helena Muniz, por ter me aceito como orientada, já no meio do caminho, e pelo carinho e atenção que sempre me dispensou.

Aos técnicos em química do laboratório da CAEMA, pela grande ajuda que me deram.

## **AGRADECIMENTO**

**PROF. DR. JOSÉ MAGNO M. BRINGEL**

**19.04.1969**

**† 04.12.2006**

**Amigo é coisa para se  
guardar/Debaixo de sete  
chaves/Dentro do coração/Assim  
falava a can-ção/que na América  
ouvi.  
Mas quem cantava chorou ao ver seu  
amigo  
partir. Mas quem ficou/ No  
pensamento voou/  
Com seu canto que o outro lembrou.  
E quem voou/ No pensamento ficou/  
Com a  
Lembrança que o outro cantou.  
Amigo é coisa para se guardar/ no  
lado esquerdo do peito/ Mesmo que  
o tempo e a distância digam não/  
Mesmo esquecendo a canção/ O  
que importa é ouvir/ a voz que vem  
do cora-  
ção.  
Pois seja o que vier/ Venha o que vier  
QUALQUER DIA, AMIGO, EU VOLTO  
A  
TE ENCONTRAR/ QUALQUER DIA,**



**AMIGO A GENTE VAI SE  
ENCONTAR.**

**(Canção da América)**

**SUMÁRIO**

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO  | i   |
| SUMARRY   | ii  |
| LISTA DE SIGLA  | iii |
| 1 INTRODUÇÃO  | 10  |
| 2 OBJETIVO  | 11  |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA                                     | 12  |
| 3.1 Agricultura irrigada                                    | 13  |
| 3.2 Desenvolvimento da irrigação no Brasil e no Nordeste    | 14  |
| 3.3 Desperdício de água na irrigação – uso racional         | 16  |
| 3.4 Qualidade de água para irrigação                        | 16  |
| 3.4.1 Parâmetros físicos                                    | 18  |
| 3.4.2 Parâmetros químicos                                   | 22  |
| 3.4.3 Parâmetros microbiológicos                            | 26  |
| 3.4.3.1 Coliformes totais, termotolerantes e <i>E. coli</i> | 26  |

|  |    |
|--|----|
| 4 MATERIAL E MÉTODOS   | 29 |
| 4.1 Caracterização da área de estudo                                   | 29 |
| 4.1.1 Problemas ambientais   | 30 |
| 4.2 Pontos de amostragem   | 31 |
| 4.3 Coleta de amostra para análise microbiológica                      | 32 |
| 4.4 Coleta de amostra para análise físico-química                      | 32 |
| 4.5 Método de análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos | 32 |
| 4.5.1 Parâmetros físicos   | 32 |
| 4.5.2 Parâmetros químicos  | 33 |
| 4.5.3 Parâmetros microbiológicos                                       | 33 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO   | 34 |
| 5.1 Parâmetros físicos   | 34 |
| 5.1.1 Temperatura  | 34 |
| 5.1.2 Condutividade  | 36 |
| 5.1.3 Potencial hidrogenionico   | 39 |
| 5.1.4 Turbidez   | 43 |
| 5.1.5 Sólidos totais   | 45 |
| 5.2 Parâmetros químicos  | 47 |
| 5.2.1 Ferro  | 47 |
| 5.2.2 Cloretos   | 50 |
| 5.2.3 Sulfato  | 52 |
| 5.2.4 Nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato                          | 53 |
| 5.3 Parâmetros microbiológicos   | 58 |
| 5.3.1 Coliformes totais e termotolerantes                              | 58 |
| 6 CONCLUSÃO  | 62 |
| 7 REFERÊNCIA   | 63 |

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS  
ÁGUAS DO RIO PERICUMÃ, EM PINHEIRO - MA, UTILIZADA NA  
IRRIGAÇÃO**

**Autora: Solange Leitão Barroso**

**Orientadora: Profa. Dra. Francisca Helena Muniz**

**RESUMO**

A pesquisa foi desenvolvida no período de setembro/2004 a agosto/2005 e teve como objetivo diagnosticar e analisar as águas do rio Pericumã na cidade de Pinheiro – MA, sob os aspectos físico-químicos e microbiológicos, essencialmente importantes na caracterização agrônômica das águas destinadas à irrigação. As coletas foram mensais em sete pontos ao longo do rio. Os parâmetros analisados foram: temperatura, condutividade, pH, turbidez, cloretos, ferro, nitrogênio amoniacal, nitritos, nitratos e sulfato. Os parâmetros microbiológicos foram: coliformes totais e termotolerantes. Segundo resultados obtidos conclui-se que existe uma variação sazonal da qualidade da água do rio Pericumã nos parâmetros físico-químicos, e que a colimetria em todo o período amostrado se apresentou elevada inviabilizando a irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas sem a retirada da película.

Palavra-chave: água, irrigação, contaminação, análise físico-química, análise microbiológica, rio Pericumã.

**PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL  
CHARACTERIZATION OF RIO PERICUMÃN'S WATER AT  
PINHEIRO-MA, USED IN IRRIGATION**

**Author: Solange Leitão Barroso**

**Orienting: Profa. Dra. Francisca Helena Muniz**

## **SUMMARY**

The research was developed between september/2004 and august/2005 with the objective to diagnose and analyse the rio Pericumã'n's water at Pinheiro-MA, under the physicochemical and microbiological aspects, that have a major value on the agronomic characterization of the water destination. The collects were monthly made in seven different locations among the river. The analyzed parameters were: temperature, conductivity, pH, turbidity, clorides, iron, ammoniacal nitrogen, nitrate, nitrite, sulfate. The microbiological parameters were: coliforms totais and coliforms thermotolerantes from the results, et mas concluded that there is a seasonal variation on rio Pericumã'n's water on the physicochemical parameters and that the colimetria during all the period of evolution is hight, invisibilizing the irrigation of ram consumed pothers and fruits that still have pellicle.

Key words: water, irrigation, contamination, analyse physiochemical and microbiological, rio Pericumã'n's.

## LISTA DE SIGLAS

|                      |  |
|----------------------|--|
| CONAMA               | Conselho Nacional de Meio Ambiente                                 |
| FUNASA               | Fundação Nacional de Saúde   |
| MCT                  | Ministério de Ciência e Tecnologia                                 |
| ANA                  | Agência Nacional de Água   |
| EPA                  | U.S. Environmental protection agency                               |
| PROINE               | Programa de Irrigação do Nordeste                                  |
| PRONI                | Programa Nacional de Irrigação                                     |
| GEIDA<br>do Nordeste | Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento<br>do Nordeste |
| SUDENE               | Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste                    |
| DENOCs               | Departamento Nacional de Obras Contra as Secas                     |
| PPI                  | Programa Plurianual de Irrigação                                   |
| UNT                  | Unidade Nefelométrica de Turbidez                                  |
| VMP                  | Valor máximo permitido   |
| UFG                  | Unidade formadora de Colônia                                       |
| UCCC                 | University of Califórnia Comitee Consultants                       |
| IBGE                 | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas                   |

## **1 INTRODUÇÃO**

Em termos mundiais, a agricultura irrigada é atividade que utiliza água demandando mais de 70% dos recursos hídricos disponíveis, sendo que em alguns países pode chegar até a 90% (HEIZE, 2002). Desta demanda de 70% de uso dos recursos hídricos, menos de 40% é o aproveitamento médio real, os outros 30% são desperdiçados porque se aplica água em excesso, irriga-se fora do período de necessidade da planta, em horários de maior evaporação do dia, utiliza-se técnicas de irrigação inadequadas ou ainda pela falta de manutenção nesses sistemas de irrigação (KARAM, 2001). Até a utilização de uma água de baixa qualidade pode acarretar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação além do risco de contaminar os alimentos (AYRES & WESTCOT, 1991).

O consumo mundial de águas nas últimas décadas tem se intensificado, já que o crescimento acelerado impulsionou o desenvolvimento industrial e a necessidade do aumento na produção de alimentos, gerando permanente pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (TUNDISI, 2003). Daí, as sérias críticas daqueles que consideram a irrigação uma das responsáveis pelo problema de escassez de água e que exigem o estabelecimento de um

manejo que vise a otimização do uso da água na irrigação garantindo a produtividade agrícola, preservando os recursos hídricos e minimizando os impactos ambientais. A irrigação precisa ser operada de forma eficiente e adequada sob o ponto de vista ambiental, por todos os agentes que se relacionam à técnica, como irrigantes, projetistas, fabricantes, pesquisadores para não se tornar um elemento gerador de problemas ambientais.

A participação da irrigação na produção de alimentos fica mais evidenciado quando se constata, através de dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 1999) que apenas uma parcela de 1/6 da área mundial cultivada é irrigada, sendo responsável por 2/5 da produção de alimentos. A limitação no uso da irrigação poderia levar a uma queda expressiva na disponibilidade de alimentos gerando graves conseqüências, visto que, hoje, segundo o Banco Mundial, 840 milhões de pessoas não têm meios suficientes para comer e, em 2025, segundo estimativas, serão mais de 2 bilhões de pessoas na mesma condição (TESTEZLAF, et. al., 2002).

Em geral, numerosas culturas de ciclo curto, como tomate, alface e outras hortaliças, particularmente exigentes em água, são viabilizadas somente com o uso da irrigação. Está comprovado cientificamente que algumas espécies de plantas, sob o regime de irrigação, apresentam melhoria de qualidade no produto final. É o caso

de frutas e legumes, cujas qualidades desejáveis para o consumo, como o tamanho e o teor de açúcar, podem ser conduzidas pela irrigação (TESTEZLAF, et. al., 2002).

## **2 OBJETIVO**

O objetivo dessa pesquisa é fornecer subsídios para o planejamento das ações de controle ambiental; caracterizar a qualidade do corpo de água; verificar a conformidade da qualidade com o uso previsto (irrigação) e comparar o estado atual com os padrões e as recomendações vigentes (PORTARIA CONAMA 357 DE 17 DE MARÇO DE 2005).

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

O termo “irrigação” pode ser definido como a aplicação artificial de água no solo, proporcionando, a umidade necessária ao crescimento normal das plantas nele existentes, suprimindo a falta, insuficiência ou má distribuição das chuvas (WITHERS 7 VIPOND, 1984).

Por meio da irrigação, pode-se incrementar a produção agrícola, mantendo ao longo do ano, as disponibilidades e os estoques de cultivares, uma vez que está prática permite uma produção na contra-estação (FERNANDEZ & GARRIDO,2002).



O sucesso de um projeto de irrigação começa com a análise da qualidade de água Ayres & Westcot, (1999), afirmam que dependendo da característica física, química e biológica desta água o projeto pode se tornar limitado ou até mesmo inviabilizado. E que o aspecto qualidade tem sido desprezado devido ao fato que, no passado as fontes eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, o que hoje não acontece, em quase todos os mananciais do mundo. E que deve existir um planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

As águas que se destinam à irrigação devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos da qualidade agronômica das mesmas, sendo elas: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons. A salinidade causa efeito no rendimento da cultura (SANTOS, 2000). A sodicidade se refere ao efeito do sódio contido na água de irrigação que tende a elevar a porcentagem de sódio trocável do solo, afetando a sua capacidade de infiltração (PIZARRO, 1985). A toxicidade refere-se ao efeito de alguns íons sobre as plantas que quando encontradas em concentrações elevadas podem causar danos às culturas reduzindo a sua produção (HOLANDA & AMORIM, 1997). Por outro lado deve se avaliar se a qualidade da água pode comprometer a operacionalidade do sistema de irrigação (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

Vários são os sistemas de irrigação pelos quais se pode levar a água as plantas. E a escolha do sistema a ser usado depende da

topografia e natureza do solo, da disponibilidade de água, da cultura, de condições econômicas, do lugar, Porém qualquer que seja o escolhido, torna-se necessário que se tenha o completo controle sobre a qualidade da água. Deve-se escolher o que mais se adapte a cultura, ao tipo de solo, seja o mais econômico e que, especialmente, faça um uso mais racional da água (FILGUEIRA, 2000).

### **3.1 Agricultura irrigada**

O Brasil tem um potencial de irrigação de 52 milhões de hectares. A área atualmente irrigada atinge 3,0 milhões de hectares, sendo 1,4 milhões de hectares com irrigação a pressão e 1,6 milhões de hectares com irrigação por superfície. A área irrigada no Nordeste é de 495.370 há e a área potencial de irrigação é de 2.717.820 há. Têm-se desenvolvido apenas 18,2% da área potencial. A maior concentração de área irrigada está nos Estados da Bahia (33,95%), Pernambuco (17,97%) e Ceará (16,63%), (HEINZE, 2002).

A irrigação e drenagem dos campos irrigados são atividades que permitem compensar os efeitos negativos da má distribuição, espacial e temporal, das águas de precipitação (SANTOS, 1998).

Estima-se que, em média a eficiência da irrigação é de 37% ao nível mundial. Muito do volume perdido torna-se severamente degradado em sua qualidade, ao arrastar sais, pesticidas e elementos tóxicos do solo, motivo pelo qual, além da dificuldade de recursos

hídricos adicionais, em muitos casos tem-se o uso não eficiente como causa da redução da disponibilidade e da qualidade. Pequenos aumentos na eficiência produzem incrementos significativos na água disponível para outros fins, principalmente em situações de competição pelo uso da água; quanto maior a eficiência, menores os custos de bombeamento, condução e distribuição da água de irrigação (SANTOS, 1998).

A eficiência da irrigação representa a relação entre a quantidade de água conduzida pelos sistemas de irrigação às culturas e a quantidade que efetivamente chega ao sistema das plantas, que varia de acordo com fatores ligados a própria operacionalização dos equipamentos, como vazamentos nas redes de distribuição, uniformidade de irrigação, tamanho de gotas, etc., e fatores externos, como características edafoclimáticas e das culturas (GOMES, 1997).

### **3.2 Desenvolvimento da irrigação no Brasil e no Nordeste**

No Brasil, a produção por meio de cultivos irrigados, é recente. A sua evolução deu-se em quatro fases: (NEINZE, 2002).

- a) A primeira fase, iniciada na metade da década de 60 do Século XX, pautada por ações com as seguintes características: a administração pública federal foi diretamente responsável pela implantação de projetos de irrigação, por intermédio de iniciativas quase que exclusivamente dirigidas a construção de

açudes, em lugar do apoio direto às atividades produtivas e aos serviços por ela requeridos (conhecimento e tecnologia, crédito, informação de mercado, formação de recursos humanos e outros).

- b) A segunda fase teve início no fim dos anos 60, com a criação do Grupo de Estudos Integrados de Irrigação e Desenvolvimento agrícola (GEIDA). As características relevantes desta fase foram: A implantação do Programa Plurianual de Irrigação (PPI), em 1996 e do programa de Integração Nacional (PIN), em 1970; I Plano Nacional de Irrigação, comandada pelo Setor Público, mas claramente pautada pelo estímulo à iniciativa privada.
- c) A terceira fase iniciou-se com a criação do Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE) e do Programa Nacional de Irrigação (PRONI), ambos em 1986. Esta fase caracterizou-se por uma divisão mais clara de papéis entre o Setor Público e o Privado. Nesta fase foi decidido que caberia ao Governo a execução de obras coletivas de grande porte (suporte hidráulico e macrodrenagem), cabendo à iniciativa privada as demais ações para o desenvolvimento do projeto.
- d) A quarta fase, caracterizou-se pela tomada de um novo direcionamento para a Política Nacional de Irrigação e

Drenagem, denominado na sua etapa executiva de Projeto Novo Modelo de Irrigação.

Todas as fases caracterizaram-se, pela descontinuidade das ações governamentais, relativas ao desenvolvimento da irrigação e drenagem (HEINZE, 2002).

O primeiro texto legal sobre irrigação no Brasil data de 25 de Junho de 1979 com a promulgação da Lei nº 6.662 – A Lei de Irrigação. Sua regulamentação só ocorreu em 29 de Março de 1984, mediante o Decreto nº 89.496 (SOUZA, 1994).

As primeiras tentativas de levar a irrigação ao Nordeste ocorreram na década de 40, pelo hoje Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs), com a construção de grandes açudes e canais de irrigação (BRASIL, 1990).

A SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), criada em 1959, para operacionalizar o aproveitamento racional dos recursos de água e solo na região, deu prioridade ao desenvolvimento da agricultura irrigada e à criação do Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola (GEIDA) (BRASIL, 1990).

E foi o GEIDA que realizou o primeiro e o mais amplo estudo de possibilidades de irrigação no Nordeste e traçou as diretrizes de uma política de irrigação que mais tarde vieram a constituir a primeira fase do Plano Nacional de Irrigação.

### **3.3 Desperdício de água na irrigação - uso racional**

É comum os sistemas de irrigação utilizados no Brasil não serem implantados seguindo um projeto adequado, por isso são comuns vazamentos de água nas tubulações e nos canais de alimentação e de distribuição de água nos projetos de irrigação, quase não existindo manutenção, e quando existe é precária. (WITHERS & VIPOND, 1984)

O teor de água no solo, que é a água que é aproveitada pelas raízes das culturas, varia de 0 a 100%. Quanto mais elevado este percentual, mais facilidade a planta terá de aproveitar a água. Mas 0% não significa que o solo esteja totalmente seco. E sim que a água existente está retida pelas partículas do solo, e que não é utilizável. O teor máximo de água que um solo pode comportar antes que ele comece a perder água de forma livre ou gravitacional é 100% (WINTER, 1984).

### **3.4 Qualidade de água para irrigação**

Os constituintes que formam a água, conferem características qualitativas que podem influenciar o dimensionamento e escolha do tipo de sistema de irrigação, a necessidade de filtragem, o tipo de

cultura a ser irrigada (AYRES & WESTCOT, 1999) e a necessidade ou não de um pré-tratamento da água (PESCOD, 1992).

A obstrução física de tubulações e emissores, sobretudo em sistemas de irrigação localizada, onde os orifícios de passagem são de pequenos diâmetros é um dos principais problemas oriundos da qualidade da água (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabeleceu por meio da Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, a classificação das águas e seus respectivos padrões de qualidade. Os padrões são utilizados, principalmente, para a proteção da qualidade da água, de forma a assegurar os usos previstos. A ABNT (NBR9896|87) preconiza que os padrões de qualidade são constituídos por um conjunto de parâmetros e seus limites, e são fixados mediante critérios científicos que avaliam o risco para um dado indivíduo ou uso e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente. A Portaria dividiu as águas doces em cinco classes: Classe Especial: Que são águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção, e a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; classe 1: que são águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas, e que se desenvolvam rente ao solo, e frutas que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, a criação natural e/ou

intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana; a classe 3: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, a dessedentação de animais; a classe 4: águas destinadas a navegação, a harmonia paisagística, e usos menos exigentes.

Mediante esta classificação para se estabelecer a caracterização da qualidade de água para irrigação são necessários a definição, determinação e interpretação dos parâmetros físicos-químicos e microbiológicos que interferem de alguma forma na técnica de irrigação, pois segundo Santos et.al.(2001), a seleção dos parâmetros de interesse deve levar em consideração os usos previstos para o corpo de água e as fontes potenciais de poluição existentes na bacia hidrográfica.

#### **3.4.1 Parâmetros físicos**

A temperatura da água pode influir no retardamento ou aceleração da atividade biológica, na absorção de oxigênio e precipitação de compostos. Quando se encontra ligeiramente elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrio ecológico (SPERLING, 1996).

Em corpos de água, particularmente os lânticos, o estudo do comportamento da temperatura com a profundidade é, na maioria das vezes, um ponto de interesse para a caracterização da ocorrência de ciclos diários ou sazonais de estratificação térmica e mistura. De um



ponto de vista estritamente analítico, as medidas de temperatura encontram aplicação no cálculo da salinidade e das várias formas de alcalinidade, em estudos sobre a saturação e estabilidade do carbonato de cálcio e na correlação dos valores das constantes de equilíbrio de reações exotérmicas (diminuem com a diminuição da temperatura) e endotérmica (aumentam com o aumento da temperatura) (SILVA, 2001).

Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos (PORTO et al., 1991), que em águas naturais, origina-se, do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas (CARVALHO, 1994).

No entanto, o despejo de esgotos e o uso dos solos para a agricultura constituem-se nas principais contribuições antrópicas de sólidos na água dos mananciais. Os esgotos domésticos não tratados podem contribuir com uma variação típica de 700 a 1.350 mg/L de sólidos totais (SPERLING, 1996). As perdas de solos por erosão, no Brasil, chega em média a 23,8 t/ha. ano (BRAGA et al., 2002).

Os sólidos presentes na água, segundo Sperling (1996), podem ser classificados de acordo com o seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos), com as características químicas (voláteis e fixos) e decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis).

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução se

dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão (CETESB, 1978).

No entanto, a turbidez não depende estritamente da concentração de sedimentos em suspensão, mas também de outras características do sedimento tais como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica (SANTOS et al., 2001). Esse parâmetro é de extrema importância para a vida aquática, pois segundo Braga (2002), com o aumento da turbidez, e conseqüentemente a redução da transparência da água, ocorre redução nas taxas fotossintéticas, prejudicando a procura de alimento para algumas espécies, o que leva a desequilíbrios ambientais.

A condutividade elétrica da água é a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica, devido à presença de substância dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions (PORTO et al., 1991), sendo por isso, um parâmetro químico indicativo da quantidade de sais dissolvidos na água. Os sais presentes na água segundo Ayres & Westcot (1999), originam-se da dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais. O lançamento de esgotos não tratados, também podem contribuir com até 500 mg/L de sólidos dissolvidos fixos, dentre os

quais, grande parte, corresponde aos sais dissolvidos (SPERLING, 1996).

Devido a facilidade e rapidez de determinação no campo a condutividade elétrica tornou-se padrão para expressar a concentração total de sais para classificação e diagnose das águas destinadas a irrigação.

Há vários modelos de classificação de águas para irrigação, um destes modelos é o proposto pela UCCC (University of Califórnia Comitee Consultants), apresentado por AYRES & WESTCOT, (1999). Quanto à salinização este modelo divide as águas em quatro classes, segundo a sua condutividade elétrica, as quais são as seguintes;

C1 – água com salinidade baixa (CE entre 0 e 0,25 miliSiemens/cm, a 25°C). Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade;

C2 – água com salinidade média (CE entre 0,25 e 0,75 miliSiemens/cm, a 25°C). Pode ser usado sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderada tolerância aos sais podem ser cultivadas.

C3 – água com salinidade alta (CE entre 0,75 e 2,25 miliSiemens/cm a 25°C). Não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem. Só pode ser usado em plantas com boa tolerância aos sais.

A análise do parâmetro condutividade também permite verificar a influência direta e indireta das atividades desenvolvidas nas bacias

sobre os recursos hídricos (lagos, reservatórios, rios), como lançamentos de efluentes domésticos e industriais e atividades agropastoris, pois segundo Di Bernardo & Di Bernardo (2002), o resultado da poluição pode ser detectado pelo aumento da condutividade elétrica no curso d'água.

O potencial hidrogeniônico (pH) é um valor que representa a concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  (em escala logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (ESTEVES, 1998).

A biota aquática exerce influência marcante sobre o pH da água, pois de acordo com Esteves (1998), o consumo de  $CO_2$  durante o dia, pelo processo fotossintético, a partir das macrófitas aquáticas e algas, pode elevar o pH do meio. Por outro lado, a liberação e dissolução de gás carbônico na água pela respiração, resultarão em ácido carbônico, promovendo a redução do pH (BRAGA, 2002).

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante, podendo, determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Desta forma, as restrições de faixas de pH são estabelecidas para as diversas classes de águas naturais (CETESB, 2003).

Nas estações de tratamento de águas são várias as unidades cujo controle envolve as determinações de pH. A coagulação e a floculação que a água sofre inicialmente é um processo unitário dependente do pH; existe uma condição denominada de "pH ótimo" de floculação que corresponde à situação em que as partículas coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial (DI BERNARDO & DI BERNARDO 2002).

O pH é um parâmetro químico que pode contribuir para a obstrução de tubulações e emissores em sistemas localizados. Águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

Outros fatores que podem influenciar os valores de pH da água são os despejos domésticos e industriais, através da oxidação da matéria orgânica e despejo de químicos (SPERLING, 1996).

### **3.4.2 Parâmetros químicos**

Segundo Lima (1993), nas águas naturais o ferro pode ser encontrado sob as formas de  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  (bicarbonato ferroso),  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (hidróxido férrico) e  $\text{FeSO}_4$  (sulfato ferroso).

O ferro na água origina-se do contato constante entre a água e os solos e seus materiais de origem, que por reações de redução transformam o ferro da forma insolúvel, para a forma solúvel na água. O ferro solúvel ao entrar novamente em contato com o oxigênio perde

elétrons por reações de oxidação. tomando-se novamente insolúvel. (CURI, 1993).

As altas concentrações de ferro encontradas em fontes superficiais de água, também podem ocorrer, em função das ações antrópicas, provenientes das atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas. No meio urbano, os despejos industriais constituem-se nas principais fontes de poluição que podem contribuir com incrementos significativos de ferro na água (SPERLING, 1996).

A capacidade de oxidação e redução do ferro em água pode ser influenciada por outros parâmetros, como o pH, concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, compostos orgânicos e concentração de fósforo.

Nas águas superficiais, são fontes importantes de cloretos as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele, através da urina, cerca de 6g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15mg/L. Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes e outros. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da língua salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Nas águas tratadas, a adição de cloro puro ou em solução leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2003).

Para as águas de abastecimento público, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade. O cloreto provoca sabor "salgado" na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade. No caso do cloreto de cálcio, o sabor só é perceptivo em concentrações de cloreto superior a 1000mg/L. (DI BERNARDO & DI BERNARDO, 2002).

Sabe-se que o cloreto também interfere no tratamento anaeróbio de efluentes industriais, constituindo-se igualmente em interessante campo de investigação científica. O cloreto provoca corrosão em estruturas hidráulicas, como por exemplo, em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários. Interferem na determinação da DQO e embora esta interferência seja atenuada pela adição de sulfato de mercúrio, as análises de DQO da água do mar não apresentam resultados confiáveis. Interfere também na determinação de nitratos. Também era utilizado como indicador de contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o estágio de contaminação do mesmo. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos (CETESB, 2003).

O sulfato pode provocar a formação de sulfatos ácidos, reduzindo o pH dos corpos d'água. Em áreas rurais, o sulfato pode ter origem em fertilizantes que contenham enxofre na sua formulação; a lixiviação por efeito das chuvas sobre estas áreas carrega este produto para os mananciais. O sulfato também tem origem no ciclo do enxofre proveniente da matéria orgânica e ácidos sulfônicos de detergentes presentes em esgotos (CETESB,2003).

Os ácidos orgânicos ou o metanol costumam ser os produtos mais utilizados como matéria orgânica por organismos redutores de sulfato. A importância de conhecer esses fenômenos está relacionada com o mau cheiro que aparece em certos locais, tais como: esgotos residenciais; dejetos de porcilgas e de criação de gado bovino; depósitos de lixo usados como lixões ou depósitos precários em barrancas; indústrias de produtos agrícolas como, por exemplo, fecularias, arrozoeiras, serrarias, vinícolas, entre outros (MACEDO, 2000).

Concentrações de sulfato acima de 250mg/L, em águas de suprimento doméstico, produzem efeitos purgativos nos seres humanos. O ácido sulfídrico que se forma a partir do sulfato é muito indesejável. Ele inibe a citocromo oxidase, que é a oxidase terminal dos organismos aeróbios (CETESB. 2003).

A amônia é um dos elementos mais importantes para a vida, mas é escasso nas águas, onde provem do ar por assimilação de algumas algas, de adubos, e matéria orgânica (folhas ou esgotos) em



decomposição. No estudo das águas interiores (limnologia) a concentração de amônia refere-se, em geral, às concentrações de nitrogênio amoniacal em duas formas ( $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4$ ) (ESTEVES, 1998).

O nitrogênio perfaz cerca de 80% do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas, ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio é continuamente reciclado pelas plantas e animais. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5mg/L. Nitratos podem derivar de águas de esgoto; sua presença na água é indício de contaminação. Porém, tal contaminação na água subterrânea só pode acontecer, se concomitantemente, houver cloretos presentes (MACEDO, 2000).

No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportar oxigênio para as células do organismo. A deficiência de oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, à dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade a concentração de

ácido hipocloroso aumenta no estômago, matando as bactérias reductoras de nitrito (SPERLING, 1996).

A toxidez do nitrato em animais aquáticos parece não ser um sério problema, o que explica por que os fertilizantes a base de nitrato são mais seguros do que aqueles à base de amônia. Porém este composto pode tornar-se potencialmente tóxico em sistemas de recirculação de água (sistemas fechados), em que altos níveis podem ser alcançados como resultado da nitrificação da amônia. A toxidez deste composto é devido a seu efeito sobre a osmorregulação e possivelmente sobre o transporte de oxigênio (ARANA, 2004).

Pesquisa realizada pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency) no decorrer do ano de 1992, em todo o território norte-americano, constatou que cerca de 75.000 crianças com menos de dez meses de idade estavam expostas ao consumo de água com mais de 10mg/L de nitrato.

O nitrito é o produto final da oxidação da amônia que, compreende dois passos: a transformação da amônia em nitrito por ação das *Nitrosomonas* e a transformação do nitrito em nitrato por ação de *Nitrobacter*. Este processo, por realizar-se em condições aeróbias, é conhecido como nitrificação. Já a redução do nitrito para amônia é conhecida como desnitrificação e se realiza em condições anaeróbias, próprias de ambientes eutrofizados em que ocorre a decomposição da matéria orgânica (ESTEVES, 1998).

### 3.4.3 Parâmetros microbiológicos

#### 3.4.3.1- Coliformes totais e termotolerantes e *E. coli*

A principal dificuldade do monitoramento da quantidade da água de um determinado local é o estabelecimento de indicadores adequados e a definição dos critérios a serem adotados para esta avaliação (CETESB, 2003). Estes critérios devem estar sempre associados ao bem estar, à segurança, e à saúde da população.

Segundo Soares (1999), os melhores indicadores da presença de patógenos entéricos em fontes de poluição fecal devem ter as seguintes propriedades: estar presentes em águas contaminadas por matéria fecal em densidade mais elevada que os patógenos, ser incapaz de crescer em ambientes aquáticos, mas capazes de sobreviver por mais tempo que os microrganismos patogênicos; apresentar resistência igualou maior que os patógenos aos processos de desinfecção, serem facilmente enumerados por técnicas precisas; ser aplicável a todos os tipos de águas recreacionais naturais (doces, salobras, salinas); estar ausente em águas não poluídas e associadas exclusivamente a despejos de fezes animais e humanas e apresentar densidade diretamente correlacionada com o grau de contaminação fecal. Esse conjunto de características constitui uma definição teórica de um indicador, pois nenhum tipo de bactéria preenche totalmente esses requisitos. No

entanto, essas características restringem os indicadores a alguns grupos de bactérias.

O conceito de utilizar coliformes para deduzir a presença de patógenos baseou-se num trabalho realizado em 1885 por Escherich, através da identificação do bacilo de coli, como fazendo parte da microflora intestinal natural de animais do sangue quente. Depois desse trabalho criaram-se correntes de pesquisadores que apóiam, e os que criticam o uso de coliformes para deduzir a presença, na água de patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio* e *Enterovirus* (JAWETZ & ADALBRGS, 2000).

Como indicador de poluição fecal recente, os coliformes termotolerantes apresentam-se em grandes densidades nas fezes, sendo, portanto facilmente isolados e identificados na água por meio de técnicas simples e rápidas, além de apresentarem sobrevivência praticamente semelhante à das bactérias enteropatogênicas. No entanto, a presença de coliformes termotolerantes nas águas não confere a estas uma condição infectante. Este subgrupo das bactérias coliformes não é por si só prejudicial à saúde humana, apenas indica a possibilidade da presença de quaisquer organismos patogênicos (CETESB, 2003).

O grupo de coliformes totais inclui as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em

24 a 48 horas, a 35°C. O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais se encontram tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas*, por exemplo. Por essa razão, sua enumeração em águas e alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal do que a enumeração de coliformes ou *Escherichia coli* (FRANCO & HOEFEL, 1993; SILVA et al., 2000).

Para coliformes termotolerantes, a definição é a mesma de coliformes totais, porém, restringindo-se aos microrganismos capazes de fermentar a lactose, com produção de gás, em 24 horas e temperatura entre 44,5 - 45,5°C. Esta definição objetivou, em princípio, selecionar apenas os coliformes originários do trato gastrointestinal. Atualmente, sabe-se que o grupo de coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal.

Por esse motivo, a presença de coliformes fecais em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *E. coli*, porém, muito mais significativa do que a presença de coliformes totais dadas à alta incidência de *E. coli* dentro do grupo fecal (SILVA et al., 2000).

Cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais são *E.coli* e, dentre as bactérias de habitat

reconhecidamente fecal, dentro do grupo de coliformes fecais, a *E. coli*, embora também possa ser introduzida a partir de fontes não fecais, é o melhor indicador de contaminação fecal conhecido até o momento, pois satisfaz todas as exigências de um indicador ideal de poluição. Por este motivo, as tendências atuais se direcionam no sentido da detecção específica de *E.coli*, com o desenvolvimento de diversos métodos que permitem a enumeração rápida dessa espécie diretamente (SILVA et al., 2000).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da área de estudo**

O Município de Pinheiro, onde foi efetuada a nossa pesquisa pertence à zona fisiográfica 05 da Baixada, situa-se a 2°26'30" de latitude sul, e 45°8'15" de longitude de W.Gr. Com uma área de 1.559 km<sup>2</sup>, limita-se ao norte com os Municípios de Santa Helena e Mirinzal; a Leste encontra-se com áreas de Palmeirândia, Bequimão, São Bento e São Vicente Ferrer; ao Sul com os Municípios de Penalva e Zé Doca e, a Oeste, com Santa Helena. Servido pela Rodovia Ma-006, que corta o Município de sul a norte e, na Sede, faz cruzamento com outros Municípios. Tem uma população estimada pelo IBGE (2003) de 70.311 habitantes (CARDOSO, 2001).

Corresponde a uma região plana, de estrutura geológica recente, com presença dominante de terrenos terciários e quaternários. Está sujeita a inundação durante a estação chuvosa, devido a enchentes dos rios aí existentes, somadas à presença de muitos lagos que ponteam a região. Na sua cobertura vegetal, observa-se o predomínio dos campos que, ao lado dos tesos, cobertos de matas dos vales com presença de árvores, constituem a paisagem vegetal. A grande diversidade da fauna dessa região, com inúmeras variedades de peixes, répteis e aves aquáticas (MACEDO, 2005).

A bacia do Rio Pericumã possui uma área de 10.800 km<sup>2</sup>, tendo como componentes da bacia os Municípios de Pinheiro, Apicum Açu, Cururupu, Porto Rico do Maranhão, Mirinzal, Cedral, Guimarães, Central do Maranhão, Bequimão, Pedro do Rosário, Presidente Sarney, Serrano do Maranhão, Bacuri, Perimirim, São Bento, Palmeirândia, Bacurituba, São Vicente Ferrer, Olinda Nova, Matinha, São João Batista, Viana, Cajapió. O principal rio desta bacia é o Pericumã, que nasce na Lagoa Traira e possui uma extensão de 126 km, indo desaguar na Baía de Cumã (CARDOSO, 2001).

#### **4.1.1 Problemas ambientais da área**

Lixões a céu aberto, geralmente aproveitando as voçorocas ao longo do rio. Fellenber, (1980), diz que resíduos assim lançados acarretam problemas a saúde pública, com a proliferação de vetores

(moscas, baratas, ratos), geração de odores e, principalmente, poluição das águas superficiais e subterrâneas, com o chorume, que ainda leva consigo substâncias como clóretos, nitratos, sulfatos etc. O chorume contém concentração de material orgânico equivalente a diversas vezes aquela do esgoto sanitário, além de microrganismos patogênicos;

Só 0,11% da população de Pinheiro, tem acesso a rede coletora de esgotos. Na verdade, esses esgotos são lançados *in natura* em algum ponto ao longo do rio, já que a cidade não dispõe de Estação de Tratamento de Esgotos. Os não contemplados com a rede coletora de esgotos utilizam o sistema de fossa seca. O problema maior da fossa seca, é que devido o lençol freático na região ser muito próxima a superfície, na época chuvosa com a elevação do nível estático é comum acontecer o alagamento da fossa, provocando a contaminação do lençol freático. Outros, (periferia) não utilizam nem a fossa seca, nem a rede coletora e sim a famosa sentina, a margem do rio.

A criação de búfalos causa um violento impacto ambiental, devido o seu hábito de permanecer na maior parte do tempo dentro do rio, e como ele é um animal grande e pesado ele revolve a água, com isso aumentando a turbidez, destruindo o leito de desova de alguns peixes, e comendo plantas aquáticas reguladoras de ecossistema. Além disso o búfalo lança em suas fezes esporos de *Clostridium botulinum*, que é responsável pelo botulismo, caracterizada principalmente pela paralisia



da musculatura esquelética, podendo acometer mamíferos, aves e peixes (SILVA et al., 1998).

#### **4.2Pontos de amostragem**

Foram selecionados sete pontos de amostragem ao longo do Rio Pericumã, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela-1 Pontos amostrados no Rio Pericumã, em Pinheiro-MA**

| PONTOS | LOCALIZAÇÃO                               |
|--------|---|
| 1      | Captação da CAEMA                         |
| 2      | Beira Rio- a jusante da Captação da CAEMA |
| 3      | Beira Rio, em frente ao bar \ Maria Santa |
| 4      | Rua Maria José Gomes- Bairro Floresta     |
| 5      | Rua Princesa Isabel- Bairro José Genésio  |
| 6      | Rua do Colégio Erivan Coelho              |
| 7      | Atrás do Centro Universitário de Pinheiro |

#### **4.3Coleta de amostras para análise bacteriológica**

Foram utilizados frascos de vidro neutro de borossilicato, boca esmerilhada, com capacidade de 125mL, os quais previamente lavados, secos e envoltos em papel pardo e esterilizados em autoclave (121°C por 30 minutos). Após colhidas as amostras, os frascos foram transportados ao Laboratório em caixas isotérmicas contendo cubos de gelo. Cada frasco foi etiquetado com uma ficha de registro contendo informações de procedência, data e hora da coleta.

As coletas das amostras de água foram feitas mensalmente, em 07 pontos ao longo do rio, durante doze meses, de Setembro /2004 a Agosto/2005 perfazendo um total de 48 amostras.

#### **4.4 Coleta de amostras para análise físico-química**

As amostras de água para análise físico-química, foram colhidas em frasco brancos de polietileno, com capacidade de 5 litros, próximo a superfície, 20 cm de profundidade. Todas as amostras foram etiquetadas, com a identificação do ponto de coleta, data, hora, e demais informações pertinentes ao entorno da coleta. Também foram coletados 07 pontos mensais, durante um ano, com início em Setembro/2004 a Agosto/2005, perfazendo o total de 48 amostras.

#### **4.5 Métodos de análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos**

##### **4.5.1 Parâmetros Físicos**

Os indicadores físicos mensuram as características organolépticas da água: O pH foi determinado pelo método eletrométrico, (potenciômetro Sensoglass) que é sujeito a menos interferência, e por isso, é considerado método padrão; a temperatura

foi medida em campo com termômetro com resolução de 0,1°C; a condutividade foi medida em condutivímetro, modelo HACH 2100; Turbidez, medida no espectrofotômetro, modelo HACH DR 2000. (APHA, 1995).

#### 4.5.2 **Parâmetros químicos**

Ferro – método da fenantrolina (Spectrofotômetro DR 2000); Cloreto – método de mohr; Nitrogênio Amoniacal – método da nesslerização (Spectrofotômetro DR 2000); Nitrato – método do ácido fenildissulfônico (Spectrofotômetro DR 2000); Nitrito – Método do ácido sulfanílico (Spectrofotômetro DR 2000); Sulfato – Método de Hidroxilamina.

#### 4.5.3 **Parâmetros microbiológicos**

A detecção e identificação dos coliformes totais e da *E. coli* pelo sistema substrato cromogênico enzimático (Colilert), padronizado no Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA,1998).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos foram analisados segundo Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005.

Como ainda não existe uma classificação completa de qualidade de água apropriada para irrigação onde estejam elencados todos os parâmetros que possam a vir causar danos na operação dessa tecnologia, procuramos integrar as já existentes na literatura, para se estabelecer padrões de qualidade de água para irrigação. A literatura existente enfatiza, o potencial de dano a operação de sistemas de irrigação localizada, risco de salinização do risco e contaminação de alimentos.

O Órgão ambiental do Maranhão ainda não promoveu a classificação dos nossos recursos hídricos, então convencionou que todos estariam enquadrados na Classe II. O enquadramento de corpos de água em classe é um dos instrumentos da Política de Recursos

Hídricos, que visa assegurar que o manancial tenha qualidade compatível com os usos mais exigentes a que for destinada, e as ações preventivas em caráter permanente.

No ano de 2004, a época chuvosa chegou tardiamente, já em meados de Janeiro.

## **5.1 Variáveis físicas**

### **5.1.1 Temperatura**

A temperatura das águas do rio Pericumã no período amostrado variou de 25°C a 30°C. Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de águas naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por vários fatores: tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ESTEVES, 1998).

A alteração da temperatura das águas naturais decorre principalmente da isolação e, quando de origem antrópica, de despejos industriais e águas de refrigeração de máquinas e caldeiras (LIBANIO, 2005).

Também desempenha um papel importante no metabolismo do 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. Branco (1998) comenta que os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para o crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação de ovos. O aumento da temperatura acelera as atividades metabólicas e conseqüentemente aumento do consumo de oxigênio, prejudicando desta forma a piscicultura, assim como diminuir a autodepuração dos rios por decomposição microbiana (FELLENBERG, 1980).

A temperatura influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e também outros processos, como a solubilidade dos gases dissolvidos. A solubilidade dos gases decresce e dos sais minerais geralmente cresce com o aumento de temperatura da água, e a maior parte dos organismos possui faixas de temperatura ótima para sua reprodução (PORTO et al., 1991).

De um ponto de vista estritamente analítico, as medidas de temperatura encontram aplicação no cálculo da salinidade e das várias formas de alcalinidade, em estudos sobre a saturação e estabilidade do carbonato de cálcio e na correlação dos valores constantes de equilíbrio de reações exotérmicas (diminuem com a diminuição da temperatura).

A elevação da temperatura do Rio Pericumã, nos pontos amostrados, deve-se principalmente, à ausência de mata ciliar, lançamento de despejos domésticos, a temperatura do ar, que é sempre alta, e também pela hora de tomada das amostras, pois foram tiradas depois das 10:00 horas da manhã.

### **5.1.2 Condutividade**

O limite máximo da Portaria CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005, para águas naturais classe II, é de  $100 \mu\text{Scm}^{-1}$ . A U.S.D.A. Agriculture Handbook nº 60 extraído de BERNARDO (1989), diz que o risco de salinização do solo pode ser baixo com (Condutividade Elétrica entre 0 e  $250 \mu\text{Scm}^{-1}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ), médio (Condutividade Elétrica entre 250 e  $750 \mu\text{Scm}^{-1}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ), alto (Condutividade Elétrica entre 750 e  $2.250 \mu\text{Scm}^{-1}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ) e muito alto (Condutividade Elétrica entre 2.250 e  $5.000 \mu\text{Scm}^{-1}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ).

Com exceção dos pontos 01, 02, 03, 06 e 07 no mês de setembro, todos os outros pontos amostrados nos meses de outubro, novembro e dezembro, superaram o limite máximo permitido para rios Classe II. De maneira geral, o aumento da quantidade de sais nos corpos de água ocorre devido à alta intensidade da evaporação de água que favorece a concentração nos períodos em que a precipitação é pequena ou nula. Valores relacionados na Tabela 2.

**Tabela 2- Valores de Condutividade medidas no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 94,7       | 93,2       | 91,2       | 116,3      | 194,5      | 97,8       | 91,2       |
| OUT/04     | 144,9      | 146,6      | 141,5      | 242,0      | 154,5      | 150,9      | 145,5      |
| NOV/04     | 210,0      | 222,0      | 220,0      | 464,0      | 221,0      | 307,0      | 281,0      |
| DEZ/04     | 310,0      | 315,0      | 310,0      | 506,0      | 282,0      | 531,0      | 509,0      |
| JAN/05     | 405,0      | 365,0      | 194,0      | 767,0      | 650,0      | 674,0      | 395,0      |
| FEV/05     | 420,0      | 370,0      | 200,0      | 700,0      | 650,0      | 680,0      | 400,0      |
| MAR/05     | 240,0      | 250,0      | 240,0      | 170,0      | 390,0      | 110,0      | 120,0      |
| ABR/05     | 70,0       | 60,0       | 70,0       | 110,0      | 100,0      | 80,0       | 90,0       |
| MAI/05     | 70,0       | 60,0       | 70,0       | 100,0      | 110,0      | 100,0      | 80,0       |
| JUN/05     | 60,0       | 60,0       | 90,0       | 90,0       | 110,0      | 80,0       | 80,0       |
| JUL/05     | 70,0       | 70,0       | 70,0       | 80,0       | 90,0       | 80,0       | 90,0       |
| AGO/05     | 98,0       | 98,2       | 96,7       | 118,8      | 101,6      | 100,8      | 134,4      |

- **VERÃO**
  - **INVERNO**
- UNIDADE:  $\mu\text{Scm}^{-1}$

Brigante et.al., afirmam que, em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão relacionados com as características geoquímicas da região onde se localizam e com as condições climáticas: estação seca e de chuva.



Em geral considera-se que, quanto mais poluídas estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral. O lançamento de esgotos não tratados pode contribuir com até 550mg/L de sólidos dissolvidos, dentre os quais, grande parte corresponde a sais dissolvidos (SPERL, 1996).

Na época de chuva, os campos são inundados com água de 1 a 2 metros de profundidade, e se formam ambientes altamente produtivos para macrófitas aquáticas, algas, bactérias, protozoários, invertebrados e peixes; na época da seca a água retoma à calha do rio, deixando seca a maior parte da área anteriormente inundada. As espécies vegetais crescidas na fase cheia e mortas pela seca, fornecerão nutrientes e sais a água através de sua decomposição, ajudando também a elevar valores de condutividade.

Não podemos esquecer que a condutividade, também mantém relação de proporcionalidade com a temperatura. A temperatura sobe, concentra mais os sais, e aumenta os valores de condutividade.

Janeiro, fevereiro e março, foram os meses que apresentaram em todos os pontos amostrados os maiores valores de condutividade. Na estação chuvosa, estes valores se apresentam altos em determinados pontos, podendo ser resultado das primeiras lavagens do solo, pelas chuvas, que favoreceu o aporte de materiais para o ambiente aquático, aumentando a concentração de sólidos suspensos que acabam favorecendo esta característica limnológica.

Nos meses de Abril, Maio e Junho, alguns pontos amostrados tiveram seus valores diminuídos, em virtude da diluição de sais provocado pelo período chuvoso.

E no mês de Agosto, em alguns pontos amostrados os valores de condutividades tiveram um incremento, já devido ao aumento de temperatura e a evapotranspiração alta, característica da região, que concentra os sais.

Quanto ao potencial de salinização do solo os pontos amostrados no Rio Pericumã, tiveram seus valores variando entre baixo potencial (PO1 = 94,7), médio potencial (P04 = 405,0) e só um ponto de alto potencial (P04 = 767,0). A água de irrigação quando salina traz dois tipos de problemas: a) o direto que é a reposição de sais via irrigação do solo onde ficam acumulados, com a evaporação da água e/ou consumo pelas plantas; b) o indireto, acarretado pela redução da disponibilidade de água para as plantas, em decorrência do incremento no potencial de modo a afetar a produtividade das culturas. Para que sejam evitadas essas perdas de rendimento é necessário que os sais sejam mantidos numa concentração inferior aquelas que afetariam o rendimento das plantas (OLIVEIRA et.al.;1998).

As águas do rio Pericumã, nos pontos amostrados de baixa salinidade podem ser usadas para irrigação das culturas e na maioria dos solos, com pouca probabilidade de ocasionar salinidade. Alguma lixiviação é necessária, mas isso só ocorre nas práticas normais de irrigação, à exceção dos com permeabilidade extremamente baixa. Nos

pontos amostrados de média salinidade, a água pode ser usada sempre que houver um grau moderado de lixiviação. Plantas com moderadas tolerância aos sais podem ser cultivadas na maioria dos casos, sem práticas especiais de controle da salinidade. E no ponto amostrado de alta salinidade, essa água não pode ser usada em solos com deficiência de drenagem. Mesmo nos com drenagem adequada, pode-se necessitar de práticas especiais para controle de salinidade. Pode ser usada somente para irrigação de plantas com boa tolerância aos sais.

Hillel, (2000) e Cavalcante et al.,(2000), recomendam que os critérios para classificação quanto a sensibilidade aos sais devem ser mais expansivos, envolvendo interação entre uma multiplicidade de fatores. Os critérios não devem basear-se apenas na condutividade elétrica da água ou do solo e perigos potenciais do sódio. Outros fatores expressos pela natureza física, porosidade, aeração e fluxo de água e de natureza química como disponibilidade de nutrientes do solo, e de natureza climática representados pela temperatura e evaporação, são também de fundamental importância nesse protocolo.

Em certos casos, o excesso de sais na água, também pode causar a obstrução física em sistema de irrigação (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

### **5.1.3 Potencial hidrogeniônico**

O limite máximo da Portaria CONAMA nº 357 de 17 de Março de 2005, para águas naturais Classe II, é de 6 a 9. NACKAYAMA & BUCKS (1986), consideraram baixo potencial de dano a sistemas de irrigação localizada pH <7,0; Médio 7,0 - 8,0; e Alto >8,0.

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de interpretar. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se

deve ao grande número de fatores que podem influenciá-los. Com relação ao pH nos pontos amostrados verificou-se características muito ácidas no período de verão, 4,0 (P01). No inverno, os valores de pH variaram de 5,20 (P04) a 6,87; (P02), atendendo em alguns pontos o recomendado pela Portaria, conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3 - Valores de pH medidos no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 5,95       | 5,97       | 5,68       | 4,89       | 6,08       | 6,09       | 6,22       |
| OUT/04     | 4,48       | 5,24       | 5,30       | 4,57       | 5,15       | 5,23       | 5,22       |
| NOV/04     | 4,65       | 4,75       | 4,65       | 4,36       | 4,72       | 4,57       | 4,56       |
| DEZ/04     | 4,37       | 4,45       | 4,42       | 4,13       | 4,46       | 4,16       | 4,17       |
| JAN/05     | 4,16       | 4,30       | 4,28       | 4,07       | 4,21       | 4,26       | 4,22       |
| FEV/05     | 4,00       | 4,30       | 4,00       | 4,02       | 4,12       | 4,10       | 4,21       |
| MAR/05     | 4,48       | 4,43       | 4,37       | 6,18       | 4,44       | 6,20       | 6,22       |
| ABR/05     | 5,60       | 5,92       | 5,74       | 6,02       | 6,24       | 5,99       | 6,20       |
| MAI/05     | 5,60       | 5,92       | 5,74       | 5,20       | 6,02       | 6,24       | 5,99       |
| JUN/05     | 6,17       | 6,13       | 6,11       | 6,09       | 6,32       | 6,36       | 6,25       |
| JUL/05     | 6,08       | 6,07       | 6,09       | 6,01       | 6,10       | 6,14       | 6,26       |
| AGO/05     | 6,67       | 6,87       | 6,66       | 5,73       | 5,09       | 6,21       | 6,28       |

- **VERÃO**
- **INVERNO**

Observou-se durante o monitoramento do Rio Pericumã, que à medida que a época seca vai aumentando, e que a evaporação se torna maior, o pH da água também vai baixando. Isso ocorre, porque com a radiação maior de calor (altas temperaturas), os processos metabólicos que ocorrem nas águas naturais se aceleram, podendo gerar íons

hidrogênio e com isto, contribuir para baixar o pH do meio. Processo de oxidação biológica de modo geral; processo de troca catiônica; processo de hidrólise de cátions); os organismos heterotróficos (bactérias e animais aquáticos), interferem sobre o pH do meio, via de regra, abaixando-o. Isto acontece porque intensos processos de decomposição e respiração têm como consequência a liberação de dióxido de carbono, conseqüentemente, a formação de ácido carbônico e íons hidrogênio (ESTEVES, 1998).

No caso do Rio Pericumã, a região entre a liminética e a litorânea é densamente colonizada por comunidades de macrófitas e elas interferem intensamente nas condições físico-químicas de duas maneiras: durante o processo fotossintético, as macrófitas aquáticas e as algas podem elevar o pH do meio, e este fato é especialmente freqüente em águas com baixa alcalinidade, como é o caso do Pericumã, no entanto, no período de estiagem, os campos quase secam, e as macrófitas morrem, aumentando o teor de nitrogênio, devido ao processo de oxidação biológica (nitrificação), e com isso baixando o pH.

A formação de ácidos húmicos e fúlvicos, em função da biodegradação da matéria orgânica (galhos, restos de plantas) presentes no corpo d'água, contribui para baixar o pH.

A pluviosidade do inverno, faz uma maior lavagem do solo, (mais diluição de compostos dissolvidos) e com o volume e a velocidade da

água (escoamento mais rápido), estes processos somados diminuem a acidez conferida pela área alagadiça, resultando em aumento de pH.

A grande maioria dos corpos d'água têm pH entre 6,0 e 8,0. No entanto, pode-se encontrar ambientes mais ácidos ou mais alcalinos. No Brasil, ecossistemas aquáticos continentais com baixo pH são encontrados em grandes quantidades na região de terra firme da amazônia central, no litoral (especialmente na faixa de restinga) e em regiões de turfeiras. De acordo com SIOLI (1975), citado por Esteves (1988), os valores mais baixos de pH são encontrados nos corpos d'água localizados na região de sedimentos da Formação Barreiras, o que é o caso da bacia do Pericumã, na parte alta.

A solubilidade de muitos micronutrientes importantes para a produção primária (fitoplâncton) é influenciada pelo pH, que desempenha papel fundamental na disponibilidade desses nutrientes.

Na presente pesquisa, constatou-se que o pH baixo aumentou a solubilidade de íons metálicos, especialmente do alumínio contidos em águas superficiais. Devido ao efeito tamponador do sedimento, a solubilidade do alumínio é reduzida, e este precipita-se como hidróxido. Ao precipitar-se, o hidróxido de alumínio adsorve e arrasta para o sedimento a matéria orgânica dissolvida na água, e aumenta a transparência da água. Então, quanto menor for o valor do pH, mais baixos serão os valores de cor da água.

Segundo BOHR et. al., (1979) citado por Vince (1989), nas áreas inundadas tropicais e subtropicais existe um tipo de solo chamado "solo ácido sulfato". Sobretudo na zona litoral e nos delta dos rios o sedimento pode conter grande quantidade de sulfeto de ferro. No caso da drenagem, isto é, nas condições aeróbicas o sulfeto é oxidado para ácido sulfúrico. A acidez do solo aumenta, e o valor do pH pode diminuir até 2. Se as condições se tomam para anaeróbicas de novo, o valor do pH aumenta, porque o  $Fe^2$  e o sulfato são reduzidos para  $Fe^2$  e sulfeto. A acidificação do meio pode acentuar a toxicidade dos metais (ESTEVES, 1998).

Para irrigação este parâmetros é importante porque pode afetar a disponibilidade de nutrientes as plantas, e causar corrosão na parte hidráulica (FAO,1974).

Handreck & Black (1999) ressaltam que somente um valor de pH dentro dessa faixa dita "ideal" não é suficiente para o cultivo, sendo necessário o suprimento equilibrado de micronutrientes, nitrogênio, fósforo para um desenvolvimento adequado das plantas. Segundo ainda estes autores, a baixa solubilidade do ferro em um valor de pH maior que 6,5 e a elevada solubilidade do manganês em valor de pH abaixo de 5,5 são os maiores problemas. Diferentes valores de pH podem afetar atividades fisiológicas, como germinação e o enraizamento.

#### **5.1.4 Turbidez**

Conforme Tabela 4 os mais altos valores de turbidez foram encontrados nos pontos 05 e 06, embora não tenham ultrapassado o limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de Março de 2005, que recomenda para os corpos d'água da Classe II, o valor de 100 UNT. (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

**Tabela 4 - Valores de turbidez (UNT) medidos no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 46         | 36         | 38         | 49         | 57         | 33         | 34         |
| OUT/04     | 28         | 24         | 20         | 5          | 55         | 73         | 58         |
| NOV/04     | 66         | 66         | 56         | 5          | 96         | 17         | 12         |
| DEZ/04     | 18         | 16         | 13         | 11         | 40         | 87         | 33         |
| JAN/05     | 9          | 6          | 9          | 16         | 23         | 81         | 19         |
| FEV/05     | 8          | 7          | 8          | 10         | 20         | 20         | 11         |
| MAR/05     | 35         | 40         | 31         | 52         | 14         | 65         | 98         |
| ABR/05     | 50         | 56         | 54         | 33         | 43         | 31         | 33         |
| MAI/05     | 56         | 40         | 54         | 31         | 43         | 31         | 33         |
| JUN/05     | 35         | 37         | 44         | 38         | 37         | 34         | 33         |
| JUL/05     | 42         | 46         | 46         | 22         | 27         | 24         | 31         |
| AGO/05     | 56         | 61         | 53         | 55         | 49         | 66         | 44         |

• **VERÃO**

UNIDADE: UNT

• **INVERNO**

Os valores mais baixos de turbidez se deram nos meses de dezembro/2004, Janeiro/2005 e Fevereiro/2005, justamente quando o pH se encontrava mais baixo, e o hidróxido de alumínio ao precipitar-se adsorveu e arrastou para o sedimento a matéria orgânica dissolvida na



água. aumentando a transparência e conseqüentemente diminuindo a cor e a turbidez da água.

Houve uma tendência de aumento de turbidez ao longo do período chuvoso. Isso ocorre porque a turbidez aumenta em função do aumento de partículas em suspensão na água carregados pelo escoamento superficial da água.

No período seco, os valores não ultrapassaram o limite da Portaria, mais se apresentaram ainda altos porque a redução da vazão do rio, pela evapotranspiração, mais a carga orgânica constante lançada pelos efluentes sanitários promovem um aumento da concentração de partículas em suspensão.

Esse parâmetro físico não influencia diretamente a qualidade da água para a irrigação, porém pode ser utilizado para medir a concentração de sedimentos em suspensão que é de grande importância para a qualidade de água de irrigação (CARVALHO, 1994).

A turbidez é um indicador de sólidos suspensos, mas somente ela não é um parâmetro preciso para se determinar o grau de risco de entupimento de emissores para fontes de água superficial. Este parâmetro físico deveria ser um parâmetro analisado conjuntamente em teste de filtração em laboratório, para poder mensurar o potencial de risco de entupimento de emissores (GILBERT & FORD, 1986).

A maioria das águas dos rios brasileiros é naturalmente turva, em decorrência da natureza geológica de sua bacia de drenagem. Também se deve levar em conta a contribuição das chuvas tropicais (fortes) que carregam componentes dos solos expostos, erodíveis ou agricultáveis, partículas de argila, silte, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo para dentro dos ambientes aquáticos (BRIGANTE, et al., 2003).

Do ponto de vista sanitário, Azevedo Netto (1991) menciona que desinfetar águas com baixa turbidez, mas com alto índice de coliformes, produz águas mais seguras do que desinfetar águas com baixos índices de coliformes, mas com alta turbidez. Águas com alta turbidez têm parte do cloro consumido no processo de oxidação da matéria orgânica, esta sem maior importância sanitária, pois os microrganismos podem sobreviver no interior de suas colônias. Águas com baixa turbidez não oferecem refúgio aos microrganismos eventualmente existentes e tóxicos, os quais são, então, mais certamente eliminados.

Também águas com alta turbidez afetam a entrada de luz na coluna d'água. Não havendo entrada de luz, cai a taxa de produção primária do ecossistema, afetando toda a cadeia alimentar, o que leva a desequilíbrios ambientais.

#### **5.1.5 Sólidos totais**

A Portaria CONAMA, nº 357, de 017 01 de março de 2005, recomenda para os corpos de água da Classe 2. o valor máximo de 500mg/L. NAKAYAMA & BUCKS (1986), classificaram como de baixo risco à operação de sistemas de irrigação localizada <500 mg/L; de médio risco - 500 a 2.000 mg/L; de alto risco >2.000 mg/L.

Os mais altos valores de sólidos totais foram encontrados nos meses de janeiro/2005 e fevereiro/2005, coincidindo com o período das primeiras chuvas. Neste período grandes quantidades de solo, e matéria orgânica são carregados para o leito do rio, contribuindo para o

aumento da concentração de sólidos totais. Como o rio Pericumã não tem mata ciliar este processo torna-se mais acelerado.

Tanto no verão quanto no inverno dentre todos os pontos amostrados, os valores mais altos de sólidos totais se deram nos pontos P4, P5, P6, P7, devido a maior concentração de efluentes sanitários. Já os pontos P1, P2, P3 que se localizam a jusante dos outros, com exceção dos meses de Janeiro e Fevereiro, Março se mostraram menos elevados, evidenciando uma carga menor de despejos de efluentes sanitários, ou a autodepuração do rio entre os pontos amostrados.

Quanto ao risco de danos a sistemas de irrigação localizado, em todos os pontos amostrados e durante todo o período da pesquisa se apresentaram baixos, conforme Tabela 5.

**Tabela 5 - Valores de Sólidos Totais medidos no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 47,5       | 46,3       | 45,7       | 58,3       | 97,4       | 49         | 45,3       |
| OUT/04     | 72,6       | 71,8       | 70,9       | 121,1      | 77,5       | 75,7       | 72,9       |
| NOV/04     | 106,0      | 112,0      | 122,0      | 233,0      | 111,0      | 154,0      | 141,0      |
| DEZ/04     | 155,0      | 160,0      | 158,0      | 254,0      | 144,0      | 262,0      | 257,0      |
| JAN/05     | 203,0      | 185,0      | 38,4       | 386,0      | 332,0      | 33,0       | 199,0      |
| FEV/05     | 212,0      | 184,0      | 101,0      | 360,0      | 328,0      | 340,0      | 205,0      |
| MAR/05     | 130,0      | 130,0      | 130,0      | 90,0       | 200,0      | 60,0       | 78,0       |

|        |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| ABR/05 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 60,0 | 50,0 | 40,0 | 50,0 |
| MAI/05 | 35,0 | 40,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 | 56,0 | 45,0 |
| JUN/05 | 40,0 | 30,0 | 40,0 | 50,0 | 60,0 | 40,0 | 40,0 |
| JUL/05 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 59,0 | 40,0 | 50,0 |
| AGO/05 | 49,4 | 49,6 | 48,6 | 58,2 | 50,9 | 50,3 | 67,3 |

- VERÃO
- INVERNO

UNIDADE: mg/L

Os sólidos em geral, são compostos por argila, areia, matéria orgânica, sais minerais e metais. São importantes para acompanhar a eficiência de técnicas de manejo adequado do solo e a redução dos lançamentos de efluentes industriais ou provenientes de criadouros agropecuários. Muitas vezes, os sólidos totais incluem uma parte orgânica não degradável biologicamente, pois, para ser metabolizada, ela necessita ser hidrolizada, solubilizada e transferida para dentro da célula de um organismo (AZEVEDO NETO, 1991).

Com o aumento da concentração de sólidos e da descarga sólida nos mananciais, pode ocorrer, com o tempo, o assoreamento, que além de modificar ou deteriorar a qualidade da água, a fauna e a flora (CARVALHO, 1994), provoca o decréscimo da velocidade da água.

Em Pinheiro, outro fator agravante para a deterioração do rio Pericumã é o despejo de esgotos domésticos in natura no manancial. O esgoto doméstico possui grande quantidade de resíduos sólidos (orgânicos e inorgânicos) e microrganismos patogênicos, sendo que o seu lançamento em águas superficiais pode provocar o aumento na concentração desse parâmetro.

Os sólidos podem causar danos aos peixes e a vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbica.

Nas bacias hidrográficas, paralelamente ao ciclo hidrológico, ocorre o ciclo hidrossedimentológico, que é totalmente dependente deste, pois envolve os processos de deslocamento, transporte e depósito de partículas sólidas presentes na superfície da bacia (TUCCI, 2000). O ciclo hidrossedimentológico é um processo que ocorre naturalmente ao longo do tempo, podendo, no entanto, ser acelerado em consequência da ação antrópica, aumentando a produção de sedimentos de uma bacia.

Os sólidos dissolvidos dificilmente ocasionam obstrução física nos equipamentos, no entanto pode haver interação com outros sais formando precipitados ou favorecendo o crescimento de lodo, podendo ai sim, ocorrer obstrução de equipamentos (AYRES & WESTCOT, 1999).

## **5.2 Parâmetros químicos**

### **5.2.1 Ferro**

A Portaria CONAMA, 357, de março de 2005, estabelece o valor máximo permitido de 0,3mg/L para rios da Classe II. NAKAYAMA &

BUCKS (1986), classificam como dano baixo a sistema de irrigação localizada <0,2; médio- 0,2-1,5; alto->1,5.

Somente os pontos P1 e P7 nos meses de Janeiro e Fevereiro se enquadraram nos limites exigidos de ferro pela Portaria. Esta diminuição se deu provavelmente devido a diluição causada pelo começo das chuvas. No P6 embora com a diluição, os valores ainda foram altos, porque como já foi dito, são pontos em que o lançamento de esgotos se encontram mais concentrados.

No período seco, todos os pontos amostrados apresentaram valores altos de ferro. Isto pode ser explicado pelas temperaturas mais altas, elevando a evapotranspiração, com isso diminuindo a vazão do rio, mas tendo o constante despejo de efluentes domésticos, conseqüentemente essa concentração de ferro tende a aumentar. Conforme valores demonstrados na Tabela 6.

**Tabela 6- Valores de Ferro medidos no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 2,272      | 2,006      | 1,985      | 3,0724     | 3,572      | 2,658      | 1,608      |
| OUT/04     | 2,231      | 2,006      | 1,976      | 0,047      | 3,727      | 3,032      | 3,644      |
| NOV/04     | 2,751      | 2,296      | 2,028      | 0,216      | 3,763      | 1,725      | 0,717      |
| DEZ/04     | 0,635      | 0,452      | 0,201      | 0,350      | 0,975      | 3,763      | 1,332      |
| JAN/05     | 0,107      | 0,093      | 0,054      | 0,726      | 0,362      | 2,262      | 0,180      |
| FEV/05     | 0,108      | 0,095      | 0,050      | 0,543      | 0,350      | 2,111      | 0,183      |
| MAR/05     | 1,951      | 2,283      | 2,078      | 1,952      | 4,542      | 1,156      | 3,847      |
| ABR/05     | 2,947      | 3,063      | 3,017      | 2,711      | 2,784      | 1,908      | 2,722      |
| MAI/05     | 1,020      | 2,293      | 2,078      | 1,983      | 0,978      | 1,728      | 2,280      |
| JUN/05     | 0,943      | 0,909      | 0,943      | 0,776      | 1,338      | 0,617      | 1,066      |
| JUL/05     | 1,961      | 2,499      | 2,537      | 1,560      | 2,002      | 1,899      | 2,270      |
| AGO/05     | 2,951      | 2,799      | 2,706      | 3,304      | 2,432      | 2,964      | 2,780      |

- VERÃO
- INVERNO

UNIDADE: mg/L

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, daí seus compostos serem encontrados em todos os corpos d'água, mesmo que em concentrações reduzidas. O ferro é um micronutriente indispensável ao metabolismo dos seres vivos. Este elemento exerce grande influência na ciclagem de outros nutrientes importantes como o fosfato. Além disso, tem grande relevância no metabolismo de certas bactérias capazes de obter energia necessária para a redução de  $\text{CO}_2$  a partir da oxidação de formas reduzidas de ferro e manganês mais, pode se tornar tóxico quando está presente em excesso ou quando formam complexos orgânicos (MACEDO, 2000).

Além da origem natural, altas concentrações de ferro encontradas em fontes superficiais de água podem ocorrer em função das ações antrópicas, decorrentes das atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas.

O ferro na água origina-se, naturalmente, do contato constante entre a água e os solos e seus materiais de origem, formados a base de sesquióxidos de ferro, que por reações de redução (comum no processo de intemperismo) forma o ferro da forma insolúvel em solúvel na água.

A capacidade de oxidação e redução do ferro em água pode ser influenciada por outros parâmetros, como pH concentração de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , presença de ferrobactérias, compostos orgânicos e concentração de fósforo. De acordo com Lima (1993), o  $\text{CO}_2$  favorece a dissolução do

ferro em água, exceto na presença de oxigênio, mesmo em elevadas concentrações. No caso do pH, Marques Junior (1998) citado por Hernandez et. al., (2001), verificou que a produção de complexos de ferro são especialmente graves quando o pH da água se encontra entre 7,0 e 7,8. Não se enquadram, ai, as águas do rio Pericumã, pois em todos os pontos amostrados o valor do pH nunca atingiu 7,0.

Alguns compostos orgânicos também podem favorecer a precipitação natural de ferro como os taninos, compostos fenólicos e ácidos húmicos (NACKAYAMA & BUCKS, 1986), originados da decomposição de plantas e animais a partir de produtos de excreção destes organismos (ESTEVES, 1998).

O ferro não apresenta inconveniente sanitário, mas de caráter econômico, por produzir manchas em roupas e aparelhos sanitários em concentrações superiores a 0,3mg/L e em maiores concentrações, conferir sabor e odor a água de consumo humano (LIBANIO, 2005).

O ferro atualmente é um dos principais problemas na água de irrigação, devido a sua capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas localizados. Isto ocorre quando o ferro se oxida, tornando-se insolúvel. Após a oxidação, o ferro fica retido nas paredes do tubo, provocando o aumento nas perdas de carga, comprometendo o projeto de irrigação (HERNANDEZ et. al., 2001).



Problemas com interações bactérias-ferro têm ocorrido com concentrações de ferro tão baixas quanto 0,1mg/L. Teores deste íon superiores a 0,2mg/L são considerados como de risco significativo de entupimento. O ferro precipitado forma uma incrustação vermelha, a qual pode aderir ao PVC da tubulação e entupir os emissores (ENGLISH, 1985).

A própria situação transitória do escoamento no interior das tubulações pode favorecer a oxigenação da água e conseqüentemente, a precipitação do ferro. Essas situações transitórias podem ser provocadas por aberturas e fechamento de válvulas, pela evacuação de ar dos condutos, nas manobras de arranque e parada do bombeamento etc. (GOMES, 1997).

Com relação ao ferro o risco de entupimento de emissores foi considerado alto durante todo o período amostrado nas águas do rio Pericumã.

### **5.2.2 Cloreto**

A Portaria CONAMA, 357 de 17 de março de 2005, recomenda que o valor máximo de cloreto permitido para corpos de água da Classe II é de 250mg/L.

Os mais altos valores de cloretos foram encontrados nos pontos amostrados nos meses de janeiro/2005 e fevereiro/2005, conforme Tabela 7.

**Tabela 7 - Valores de Cloretos encontrados no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 23         | 25         | 26         | 30         | 52         | 36         | 31         |
| OUT/04     | 43         | 40         | 54         | 70         | 62         | 60         | 65         |
| NOV/04     | 154        | 92         | 85         | 54         | 122        | 99         | 153        |
| DEZ/04     | 66         | 73         | 74         | 135        | 66         | 14         | 107        |
| JAN/05     | 59         | 65         | 67         | 148        | 134        | 134        | 63         |
| FEV/05     | 59         | 77         | 73         | 139        | 740        | 150        | 110        |
| MAR/05     | 18         | 19         | 17         | 19         | 31         | 35         | 19         |
| ABR/05     | 55         | 34         | 30         | 25         | 40         | 28         | 30         |
| MAI/05     | 55         | 40         | 35         | 25         | 30         | 30         | 30         |
| JUN/05     | 28         | 29         | 31         | 34         | 30         | 29         | 33         |
| JUL/05     | 18         | 20         | 26         | 28         | 24         | 26         | 29         |
| AGO/05     | 30         | 29         | 28         | 41         | 39         | 38         | 40         |

• **VERÃO**

UNIDADE: mg/L Cl

• **INVERNO**

Concentrações variáveis de cloretos fazem-se presentes na maioria das águas naturais superficiais e subterrâneas. Sua origem pode advir da dissolução de sais, da intrusão de águas salinas e do lançamento de efluentes domésticos (LIBANIO, 2005).

Em Pinheiro, o elemento do ciclo hidrológico predominante é a evaporação, os corpos d'água da região são, na sua maioria de águas

salobras devido ao acúmulo de íons. E este fenômeno é ainda mais acentuado, porque além da intensa evaporação o lençol freático localiza-se próximo a superfície. Neste caso, a água subterrânea ascende por capilaridade, liberando sais na superfície do solo. Quando chegam as chuvas, estes sais são carregados para o rio onde se acumulam.

Os íons cloretos presentes na água de irrigação provocam com maior frequência toxicidade nas culturas, esses íons não são adsorvidos pelas partículas do solo, porém, por serem muito móveis, são facilmente absorvidos pelas raízes das plantas e translocadas até as folhas, onde se acumulam devido à transpiração, sendo este problema mais intenso nas regiões de clima mais quente, como é o nosso caso, onde as condições ambientais favorecem altas taxas de transpiração.

O tipo de irrigação a ser utilizado também apresenta maior ou menor intensidade de absorção do cloreto, ou seja, quando da utilização do método de irrigação por aspersão a toxicidade é mais rápida, pois a absorção é realizada diretamente pelas folhas. Essa absorção pode ser afetada pela qualidade da água que está sendo usada na irrigação e também pela capacidade da planta em excluir o seu conteúdo no solo, o qual se controla com a lixiviação (HOLANDA & AMORIM, 1997).

Na sede do Município de Pinheiro, o DNOS construiu uma barragem para evitar a intrusão da água salina, que de acordo com

Vince, (1989), quando baixava o nível das águas fluviais, acontecia o refluxo de águas salinas, inservíveis para usos essenciais, como irrigação e consumo doméstico.

Nas águas superficiais são fontes importantes as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca de 6,0g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15mg/L.

Valores de cloretos altos provocam corrosão em estruturas hidráulicas, como por exemplo, em emissários submarinos para a disposição oceânica de esgotos sanitários, que por isso têm sido construídos com polietileno de alta densidade.

### 5.2.3 Sulfato

A Portaria CONAMA 357 de 17 de março de 2005, estabelece como valor máximo permitido para rios de Classe II 25mg/L de SO<sub>4</sub>.

Os mais altos valores de sulfato foram encontrados em todos os pontos amostrados nos meses de janeiro/2005 e fevereiro/2005, conforme Tabela 8.

**Tabela 8- Valores de Sulfato encontrados no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 28,83      | 40,36      | 28,63      | 33,63      | 21,14      | 34,59      | 24,07      |
| OUT/04     | 36,51      | 38,44      | 26,90      | 52,85      | 33,63      | 46,12      | 38,44      |
| NOV/04     | 28,83      | 24,02      | 19,22      | 24,02      | 28,83      | 28,83      | 36,51      |
| DEZ/04     | 40,36      | 38,44      | 44,20      | 42,28      | 37,68      | 57,66      | 43,24      |
| JAN/05     | 76,88      | 57,66      | 59,58      | 55,73      | 72,07      | 65,34      | 72,07      |

|        |       |       |       |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FEV/05 | 75,00 | 58,66 | 61,00 | 55,60 | 80,00 | 66,00 | 71,00 |
| MAR/05 | 49,90 | 76,80 | 91,29 | 50,60 | 79,76 | 72,75 | 48,05 |
| ABR/05 | 48,05 | 33,63 | 48,05 | 53,81 | 31,73 | 38,40 | 28,80 |
| MAI/05 | 45,12 | 35,21 | 38,02 | 30,23 | 35,10 | 30,50 | 35,10 |
| JUN/05 | 38,40 | 81,60 | 55,70 | 78,80 | 62,46 | 72,07 | 57,66 |
| JUL/05 | 69,19 | 53,81 | 46,12 | 49,97 | 65,34 | 53,81 | 72,00 |
| AGO/05 | 49,01 | 42,28 | 46,12 | 43,24 | 41,32 | 50,93 | 48,96 |

- **VERÃO**
  - **INVERNO**
- UNIDADE: mg/L SO<sub>4</sub>

A distribuição do íon sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Assim um ecossistema localizado próximo ao mar, é portanto influenciado por este. Íons sulfato estão entre os principais contribuintes para o aumento da condutividade, e dos sólidos totais.

Os valores de sulfato recebem incremento com as infiltrações do chorume provenientes do lixo, que não só contribuem com o aumento do sulfato, mais também dos cloretos, nitratos, carbonatos e sulfatos.

Concentrações de sulfato acima de 250mg/L, em águas de suprimento doméstico, produzem efeitos purgativos no ser humano. O ácido sulfídrico que se forma a partir do sulfato é indesejável. Quanto a irrigação, o sulfato é mais um sal a se juntar ao somatório.

#### **5.2.4 Nitrogênio Amoniacal, nitrito, nitrato**

A Portaria CONAMA 357 de 17 de março de 2005, estabelece como valor máximo de nitrogênio amoniacal permitido para rios de Classe II é de 1,5mg/L de N. Não se têm valores declarados em

literatura de qual a influência desse parâmetro no grau de entupimento dos gotejadores, no entanto sabe-se que sua presença em maior quantidade, como é o caso de rios que recebem despejos de efluentes, favorece o desenvolvimento de microrganismos, influenciando no processo de entupimento de gotejadores (TROOIEN et. al.,2000).

No caso da nossa pesquisa, fizemos questão de abordar a cadeia nitrogenada, para mais uma vez chamar atenção para a qualidade insatisfatória microbiologicamente da água.

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico devido a presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água.

Amonificação é a formação de amônia ( $\text{NH}_3$ ) durante o processo de decomposição da matéria orgânica dissolvida e particulada. Na nossa pesquisa, os valores mais altos de Nitrogênio Amoniacal, foram achados nos meses de janeiro/2005 e fevereiro/2005, justamente no começo da época chuvosa, quando a matéria orgânica é arrastada do solo e lançada no rio. Pode-se associar a presença da cadeia nitrogenada a idade da poluição. Assim se na análise predominar nitrogênio amoniacal denota que as cargas de esgotos se encontram distantes; se prevalecer nitrito e nitrato é que as cargas de esgotos se encontram distantes. Ou seja, nas zonas de autodepuração natural dos rios, detecta-se a presença de nitrogênio Orgânico na zona de

degradação, o nitrogênio amoniacal na decomposição ativa na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

**Tabela 9-Valores de N. Amoniacal encontrados no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 1,363      | 1,535      | 1,463      | 1,179      | 2,920      | 1,204      | 1,676      |
| OUT/04     | 1,784      | 1,879      | 1,381      | 0,026      | 1,938      | 1,849      | 1,998      |
| NOV/04     | 1,730      | 4,980      | 2,820      | 1,239      | 1,630      | 1,882      | 2,182      |
| DEZ/04     | 0,550      | 2,080      | 2,300      | 5,280      | 6,320      | 0,530      | 6,960      |
| JAN/05     | 13,020     | 7,150      | 6,940      | 18,000     | 12,530     | 19,200     | 8,740      |
| FEV/05     | 12,810     | 8,000      | 6,500      | 17,900     | 14,530     | 18,600     | 8,500      |
| MAR/05     | 2,720      | 0,890      | 4,500      | 2,140      | 6,760      | 1,910      | 7,420      |
| ABR/05     | 0,111      | 0,131      | 0,393      | 0,379      | 0,553      | 0,364      | 0,430      |
| MAI/05     | 0,122      | 0,295      | 0,395      | 0,359      | 0,435      | 0,394      | 0,780      |
| JUN/05     | 0,624      | 0,595      | 0,468      | 0,476      | 0,844      | 0,391      | 0,650      |
| JUL/05     | 0,501      | 0,664      | 0,841      | 0,582      | 1,584      | 0,768      | 0,735      |
| AGO/05     | 0,491      | 0,809      | 0,646      | 0,464      | 0,407      | 0,420      | 0,521      |

• **VERÃO**

UNIDADE: mg/L de N

• **INVERNO**

A amônia é resultante da hidrólise de proteínas e é encontrada nos lançamentos de esgoto. Nos corpos d'água, a decomposição de proteínas e da uréia produz amônia, sendo esta última reconhecida como indicador de poluição orgânica (BRIGANTE et. al., 2003), pois em ambientes aeróbios, as bactérias podem oxidar amônia até formar nitrato, o que provoca a diminuição do oxigênio dissolvido. Essa seqüência de oxidações possibilita a estimativa da idade do esgoto lançado na água pelas quantidades de amônia ainda presentes. Sendo

assim o esgoto doméstico é uma fonte pontual de nitrogênio contendo proteínas, aminoácidos, amônia, gorduras e açúcares. Nuvolari, (2003) mostra que a oxidação de matéria não carbonácea como a amônia, é realizada por bactérias que possuem taxa de reprodução lenta, desta forma a estabilização dos esgotos domésticos é mais demorada e consome mais oxigênio.

O conteúdo de nitrogênio nos esgotos domésticos é geralmente expresso em termos de concentração do elemento N e não do composto, ou compostos, ao qual está combinado. O esgoto doméstico bruto geralmente possui de 15 a 50mg/L de Nitrogênio: 40% apresentando-se sob a forma orgânica e 60% amoniacal (CHAPMAN, 1992).

### **Nitrito**

A Portaria CONAMA 357 de 17 de março de 2005, recomenda como valor máximo para rios de Classe II, 0,01 mg/L de N.

As concentrações de nitritos são usualmente muito baixas, 0,001 mg/L e raramente maiores que 1,0 mg/L. Altas concentrações são frequentemente associadas com uma qualidade de água insatisfatória microbiologicamente (CHAPMAN, 1992), o que pode estar acontecendo nos pontos amostrados (ver Tabela 10), no qual se verificou valor até 10 vezes maior que o VPM na Portaria CONAMA 357.



**Tabela 10- Valores de Nitrito encontrados no rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 0,0014     | 0,0016     | 0,0013     | 0,0037     | 0,0197     | 0,0000     | 0,0017     |
| OUT/04     | 0,0019     | 0,0020     | 0,0047     | 0,0000     | 0,0024     | 0,0039     | 0,0034     |
| NOV/04     | 0,0017     | 0,0019     | 0,0034     | 0,0034     | 0,0026     | 0,0033     | 0,0033     |
| DEZ/04     | 0,0145     | 0,0007     | 0,0015     | 0,0017     | 0,0010     | 0,0012     | 0,0001     |
| JAN/05     | 0,0020     | 0,0038     | 0,0084     | 0,0112     | 0,0083     | 0,0091     | 0,0112     |
| FEV/05     | 0,0018     | 0,0040     | 0,0086     | 0,0110     | 0,0080     | 0,0089     | 0,0114     |
| MAR/05     | 0,0012     | 0,0000     | 0,0012     | 0,0072     | 0,0025     | 0,0000     | 0,0061     |
| ABR/05     | 0,0987     | 0,0027     | 0,0057     | 0,0050     | 0,0087     | 0,0021     | 0,1150     |
| MAI/05     | 0,0030     | 0,0035     | 0,0052     | 0,0015     | 0,0030     | 0,0020     | 0,0028     |
| JUN/05     | 0,0033     | 0,0049     | 0,0041     | 0,0028     | 0,0036     | 0,0023     | 0,0035     |
| JUL/05     | 0,0045     | 0,0046     | 0,0052     | 0,0027     | 0,0037     | 0,0047     | 0,0032     |
| AGO/05     | 0,0027     | 0,0041     | 0,0037     | 0,0028     | 0,0042     | 0,0030     | 0,0039     |

• **VERÃO**

UNIDADE: mg/L de N

• **INVERNO**

Os nitritos também são tóxicos, mas o tempo de permanência dessa forma de nitrogênio nas águas é muito curto (esse passa rapidamente a forma de nitrato).

Segundo McCarthy & Goldman (1979) citado em Esteves (1998), o fitoplâncton pode assimilar nitrito, em caso escassez do íon amônio e nitrato; neste caso o nitrito é reduzido. no interior da célula a amônio, por meio de enzima nitrito-redutase. Em altas concentrações, o nitrito é extremamente tóxico a maioria dos organismos aquáticos.

O nitrito é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados e, representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e nitrato (forma mais oxidada).

### **Nitrato**

A Portaria CONAMA, 357 de 17 de março de 2005, recomenda como valor máximo permitido para rios de Classe II, 10 mg/L de N.

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

As concentrações de nitrato variaram muito, conforme Tabela 11, mas sem ultrapassar o VPM na Portaria. Os valores mais altos foram encontrados no mês de setembro, quando vazão do rio diminuiu, devido a alta evapotranspiração, e a diluição dos despejos ficou menor.

**Tabela 11-Valores de nitrato encontrados no Rio Pericumã em Pinheiro-MA**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 1,610      | 1,840      | 1,740      | 3,820      | 1,680      | 1,250      | 1,210      |
| OUT/04     | 0,968      | 0,811      | 0,866      | 0,775      | 1,160      | 1,210      | 1,300      |
| NOV/04     | 0,652      | 0,539      | 0,547      | 1,190      | 0,472      | 0,282      | 0,428      |
| DEZ/04     | 0,910      | 0,830      | 0,558      | 0,671      | 0,366      | 0,229      | 0,825      |
| JAN/05     | 0,650      | 1,120      | 0,805      | 0,850      | 0,885      | 1,450      | 1,150      |
| FEV/05     | 0,595      | 1,600      | 0,825      | 0,830      | 1,000      | 1,300      | 1,250      |
| MAR/05     | 0,197      | 0,194      | 0,188      | 0,353      | 0,245      | 0,155      | 0,292      |
| ABR/05     | 0,511      | 0,850      | 0,836      | 0,779      | 3,060      | 3,840      | 0,705      |
| MAI/05     | 0,514      | 0,900      | 0,936      | 0,754      | 2,690      | 3,890      | 0,701      |
| JUN/05     | 0,332      | 0,331      | 0,340      | 0,178      | 0,239      | 0,258      | 0,290      |
| JUL/05     | 0,332      | 0,331      | 0,340      | 0,178      | 0,239      | 0,258      | 0,291      |
| AGO/05     | 0,987      | 0,604      | 0,796      | 0,127      | 0,141      | 0,108      | 0,271      |

- **VERÃO**
- **INVERNO**

UNIDADE: mg/L de N

Concentrações de nitratos superiores a 5mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrogênio nitrato são dejetos humanos e de animais. Devido a competição com algas e outros vegetais, as águas naturais apresentam baixas concentrações de nitrato.

### **5.3 Parâmetros microbiológicos**

#### **5.3.1 Coliformes totais e termotolerantes**

A portaria CONAMA 357 de 17 de 4 março de 2005 recomenda para rios Classe II o valor máximo permitido para Coliformes Totais de 5000 UFC/100mL em 80% de pelo menos 05 amostras mensais, e para Coliformes Termotolerantes de 1000 UFC/100mL em 80% de pelo menos 05 amostras mensais.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Ao longo do rio, nós encontramos lançamento de esgotos, e o aproveitamento de voçorocas para depósito de lixo a céu aberto. Nessas condições, o transporte do chorume, que é o resultado da decomposição do lixo é facilmente carregado para o rio, e para o lençol subterrâneo, levando consigo contaminantes e patógenos dos mais

diversos, já que as voçorocas normalmente encontram-se no nível do lençol freático e junto ao curso d' água.

Apesar da não existência de padrões federais para níveis de coliformes totais em água de irrigação para hortaliças, os valores médios desses microrganismos apresentam-se bastante elevados, demonstrando condições higiênicas sanitárias deficientes Tabelas 12 e 13.

**Tabela 12- Valores de Coliformes totais achados no rio Pericumã em Pinheiro-MA.**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   |
| OUT/04     | 65,00      | 123,90     | 1.533,10   | 791,50     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   |
| NOV/04     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 46,20      | 2.419,60   | 1.553,10   | 1413,60    |
| DEZ/04     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 613,10     | 2.419,60   | 770,10     | 579,40     |
| JAN/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 86,00      | 81,60      | 2.419,60   | 2.419,60   |
| FEV/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 46,20      | 81,60      | 2.419,60   | 2.419,60   |
| MAR/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   |
| ABR/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 517,20     |
| MAI/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 517,20     |
| JUN/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   |
| JUL/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 770,10     | 22,80      |
| AGO/05     | 2.419,60   | 2.419,60   | 1.986,30   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   | 2.419,60   |

• **VERÃO**

• **INVERNO**

UNIDADE: UFC/100mL

**Tabela 13- Valores de *E. coli* achados no Rio Pericumã em Pinheiro-MA.**

| <b>Mês</b> | <b>P01</b> | <b>P02</b> | <b>P03</b> | <b>P04</b> | <b>P05</b> | <b>P06</b> | <b>P07</b> |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SET/04     | 18,30      | 65,70      | 107,60     | 17,50      | 2.419,60   | 980,40     | 52,00      |
| OUT/04     | 5,20       | 73,80      | 220,90     | <1         | 83,90      | 122,30     | 36,90      |
| NOV/04     | 47,40      | 103,40     | 52,80      | <1         | 45,90      | 68,30      | <1         |
| DEZ/04     | 8,40       | 16,00      | 24,30      | <1         | 2,00       | 9,80       | 17,50      |
| JAN/05     | 14,80      | 5,20       | 24,30      | 1,00       | <1         | 41,40      | 3,00       |
| FEV/05     | 14,80      | 16,00      | 24,30      | 1,00       | <1         | 45,90      | 3,00       |
| MAR/05     | 12,30      | 55,40      | 307,60     | 2.419,60   | 325,5      | 46,60      | 1.553,10   |
| ABR/05     | 139,60     | 129,60     | 2.419,60   | 78,00      | 2.419,60   | 2.419,60   | 259,50     |
| MAI/05     | 104,30     | 129,60     | 1.732,90   | 2.419,60   | 2.419,60   | 224,70     | 259,50     |
| JUN/05     | 104,30     | 137,60     | 1.732,90   | 2.419,60   | 2.419,60   | 224,70     | 203,50     |
| JUL/05     | 261,30     | 9,50       | 547,50     | 298,70     | 182,90     | 70,80      | 22,80      |
| AGO/05     | 36,80      | 29,50      | 19,90      | 24,70      | 28,50      | 2.419,60   | 57,30      |

• **VERÃO**

• **INVERNO**

UNIDADE: UFC/100mL

Na periferia das cidades de pequeno porte como é o caso de Pinheiro, é comum a existência de pequenas áreas denominadas de cinturões verdes, onde se cultivam frutas e hortaliças, as vezes para abastecer o mercado, e outras para o consumo próprio. A água utilizada na irrigação destas hortaliças, é a água do próprio rio que como foi provado nesta pesquisa em todo o seu curso recebeu lançamento de esgotos sanitário, comprometendo sua qualidade, por conseguinte, os alimentos produzidos nestas áreas apresentam-se como

via importante de infecção por enteropatogênicos, através da via oral, assumindo papel fundamental na disseminação de doenças.

Alimentos que estão em contato direto com águas contaminadas por coliformes e são consumidas crus, como é o caso das hortaliças se constituem em prováveis fontes dessas bactérias e merecem atenção especial, principalmente nos países em desenvolvimento onde o estado nutricional da população é precário, interferindo diretamente nas condições imunológicas dos indivíduos favorecendo o aparecimento de enfermidades (PACHECO et. al., 2002).

Os altos índices de coliformes encontrados é obviamente decorrente do lançamento de efluentes sanitários, sendo assim, na irrigação com a água captada nas proximidades do lançamento, deve-se priorizar o uso de sistemas localizados (microaspersão e gotejamento) onde o contato da água com o alimento pode ser evitado. Por outro lado, a irrigação por aspersão em culturas em que o consumo será in natura, a preocupação deve estar no homem, evitando-se o contato direto através do uso de equipamento individual de proteção.

Segundo Nuvolari, (2003) os ecossistemas aquáticos têm uma capacidade de autodepuração e consiste em uma sucessão espaço temporal de processos ecológicos que resultam num gradiente de características físicas, químicas e biológicas, entretanto essa autodepuração acontece em ritmo muito lento, uma vez que são muitos os pontos de lançamento de esgotos ao longo do rio. Seriam

necessárias análises mais detalhadas a fim de se definir com mais precisão qual seria a distância mínima segura, a partir do lançamento, em que a água poderia ser utilizada para a irrigação localizada de frutas e hortaliças sem riscos aos equipamentos e a saúde.

O lençol freático na região de Pinheiro é muito próximo a superfície, e durante o período mais chuvoso, quando então ocorre a elevação do nível estático, é comum as fossas sofrerem alagamentos. Neste caso, as fossas não são mais secas e sim negras, pois entram em contato com o lençol freático, contaminando-o.

Devido ao elevado índice de coliformes fecais, o corpo hídrico pode apresentar os seguintes problemas: presença de outros organismos, como helmintos, protozoários e vírus; aumento de probabilidade de ocorrência de doenças veiculadas pela água, tais como cólera, febre tifóide, hepatite, disfunções estomacais, diarreias, dentre outras; além disso, o rio pode apresentar odor.

## 6 CONCLUSÃO

Existe uma variação sazonal da qualidade de água no Rio Pericumã, no que diz respeito aos parâmetros condutividade, pH, Turbidez, cloretos, ferro, sulfato, e cadeia nitrogenada. Quanto a qualidade microbiológica, em todos os meses do ano, ela se apresenta imprópria devido ao lançamento constante de esgotos *in natura*, o que inviabiliza a irrigação de frutas e hortaliças consumidas cruas, sem prévio tratamento.

De uma maneira geral, pode-se afirmar, que o comprometimento da qualidade das águas do Rio Pericumã, em Pinheiro-MA, está ligada principalmente à falta de infra-estrutura básica de saneamento (inexistência de sistema de coleta e tratamento de efluentes sanitários, e a precariedade do sistema de coleta e destinação final aos resíduos sólidos).



## **7 REFERÊNCIAS**

**APHA. Standard methods for examination of water and wastewater.** Washington: APA\WPCF, 1998. 1268p.

**ARANA, L.V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura.** Florianópolis- SC: Editora da UFSC, 2004. 310p.

**AYRES, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura.** 2ª. Ed. Campina Grande-PB: DEAG\CCT\UFPB, 1999. 153P.

**AZEVEDO NETTO, J.M. e HESS, M.L. Tratamento de água residuária.** Separata da revista DAE, 1951, 35p.

BRAGA, B. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 305p.

BRANCO, Samuel. **Hidrologia aplicada à Engenharia Sanitária**. São Paulo: CETESB, 1998, 1214p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **A atuação da CODEVASP e do DNOCS no desenvolvimento da irrigação no nordeste**. Brasília 1990.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, A.L.G.; POVINELLI, J. **Caracterização física, química e biológica da água do rio mogi-guaçu**. São Carlos: Rima, 2003. 255p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 2ed. Viçosa: UFV - Universidade Federal de Viçosa, 1982. 463p.

CAMARGO, A.F.M.; PEREIRA, A.M.M. **Qualidade da água em áreas urbanas.** In: BRAGA, R.; CARVALHO, P.F. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional.** São Carlos: Rima, 2003.

CARDOSO, M.F. **O Maranhão por dentro.** São Luís: Lithograf, 2001. 608p.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimetologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 1994.372p.

CAVALCANTI, L.F.;LIMA, E.M. de.; CAVALCANTI, I. H.L. **Possibilidade do uso de água salina no cultivo do maracujazeiro amarelo.** Areias- PB: ed. Diniz, 2000.42p.

CETESB. **Normalização técnica.** São Paulo: CETESB, 1978.35p.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo:** CETESB,2003.274P.

CHAPMAN, D. (1992).**Wafer quality assessment.** A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 1<sup>a</sup>. ed UNESCO\WHO\UNEP. Capman & Hall, 260p.

CHRISTOFIDIS, DEMÉTRIOS. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil.** Brasília, 1999.

CONTE, M .L.**Avaliação de recursos hídricos, um exemplo.** São Paulo: UNESP, 2001.90p.

CURI, N. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993.90p.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** São Carlos: Rima, 2002.450p.

ENGLISH, S. D. **Filtration and water treatment for micro-irrigation.** In: Internacional drip\trickle Congress, 3 Fresno, Proceedings. St. Joseph ASAE, 1985, p.57.

ESPÍNDOLA, E.L.; BRIGNTE,;DORNFELLO, C.B. **Estudos ecotóxicológico no rio mogi-guaçu.** São Carlos: Rima 2003.263p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FAO. **Producción de alimentos: función decisiva del agua.**  
[www.fao.org/ws/final/volume2/t07sum-s.htm.1999](http://www.fao.org/ws/final/volume2/t07sum-s.htm.1999).

FAO. **Development management of water resources, Jamaica.** Rio  
Minho. Annex. III Water quality- FAO report nº. Fao. Rome. 1974.

FERNANDEZ, J.C. & GARRIDO, RJ. **Economia dos recursos hídricos.**  
Salvador: EDUFBA, 2002, 103p.

FERREIRA, I.R.P.; DUARTE, S.N.; MIRANDA, I.H.; MEDEIROS, J.F.  
**Efeitos da salinidade da água de irrigação e da lâmina de  
lixiviação na cultura de alface (lactuca sativa L.) cultivada em  
vasos.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 1998, Poços de  
caldas. Anais... SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA  
AGRÍCOLA, 1998. v2, p-106-108.

FRANCO, B.D.G.; HOEFEL, J.L.M. **Coliformes totais, coliformes  
fecais e *escherichia coli* em alfaces comercializadas em São  
Paulo-** Ciência e Tecnologia de Alimentos: São Paulo v.3 n.01. p-35-47-  
1993

FILGUEIRA, F.A.R **O novo manual de olericultura: Agrotecnologia  
moderna na produção e comercialização de hortaliças.**Viçosa:  
UFU, 2000A02p.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental.** São Paulo: Springer\Editora da Universidade de São Paulo. 1980.200p.

GILBERT, R.G.; FORD, H.U. **Operational principles emitter e logging.** In:

NAKAYAMA, F.S.;BUCKS, D.A. **Tricke irrigation for crop production.** Amsterdam Elsevier 1986. Cap.3 pág.142 a 163

GLAGLIONE, S. **Aspectos físicos e químicos da poluição da água.** In: LIMA, L.A. **Efeitos de sais no solo e na planta.** Campina Grande; UFPA, 1997, 169p.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento.** 2ed. Campina Grande: UFPA, 1997. 390p.

HEIZE, RC.L.R **A importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da região nordeste.** Brasília: Ecobusiness, 2002, 59p.

HERNANDEZ, F.B.T.; SILVA, C.R.; SASSAKI, N., BRAGA, RS. **Qualidade de água em um sistema irrigado no nordeste.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2001, Foz do Iguaçu. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

HILLEL, D. **Salinity management for sustainable irrigation.** Washington: World Bank. 2000.92p.

HOLANDA, J.S, de AMORIM, J.RA. de. **Qualidade da água de irrigação.** In: H.R; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. de. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB, 1997, p.169.

JAWETZ, M.; ADELBERG'S. **Medical microbiology.** Appleton & Lange, 2000.

KARAM, Karen Follador. **Agricultura orgânica: estratégia para uma nova realidade.**Curitiba: 2001. 232p Tese (doutorado), UFPR- Universidade Federal do Paraná\ Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento- Curitiba- Paraná, 2001.

KRAUSE,G.; RODRIGUES, A.F. **Recursos hídricos do Brasil.** MMA-SRH. Brasília.1998.33p.

LIBANIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: editora Átomo, 2005. 444p.

LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D.O. **O uso da irrigação no Brasil.** São Paulo: **O estado das águas no Brasil**, 1999, 82p.

LIMA, A.F. **Problemas de engenharia sanitária.** Recife: UFPE, 1993. 31p.

MACEDO, J. **Águas & águas.** São Paulo: Jorge Macedo, 2000. 1000p.

MACEDO, L.A.A. **Gestão das águas do Maranhão.** São Luis: UNICEUMA, 2005 167p.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R.; SILVA JÚNIOR, L.G.A **Efeito da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento e produção do coentro (Coriandrum sativum L.).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, Ilhéus, 1993. **Anais ....** Ilheus: SBEA/CEPLAC, 1993. v.5.p3141



MEYBECK, M. **River quality global ranges, time and space variabilities, proporsal for some redefinitions.** Werh internat verein. Limnol Stuttgart, 1996. 96p.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Programa dos recursos hídricos,** 2001.200p.

MIRANDA, E.E. **A água na natureza e na vida dos homens.** Aparecida- São Paulo: Idéias & Letras, 2004. 80p.

NAKAYMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production: Design, operation and menagemen.** AMSTERDAM, Elsevier, 1986. 164p.

NUVOLARIS, A. **Esgotos sanitários: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo: Edgard Blucher, 2003-520p

OLIVEIRA, M.D. **Estudos limnológicos para monitoramento da bacia hidrográfica do rio miranda.** Pantanal do Sul. Corumbá: Embrapa, 2000.89p.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recperacion de suelos salinos.** Madrid. Editorial Agrícola Española, 1985. 521p.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. **Caracterização da qualidade de água.** In: BRANCO, S.M. **Hidrobiología ambiental.** São Paulo: ABRH, 1991. 230p.

ROSEMBERG, D.; RESH, V.H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrados.** New York: Champman & Hall, 1993. 350p.

SANTOS, J.R. **Irigar é preciso.** Agroanalysis, Rio de Janeiro, vol. 18 n03. p34, 1998.

SANTOS, J.G.R. dos. **A salidade na agricultura irrigada: teoria e prática.** Campina Grande: UFPB, 2000, 171 p.

SILVA, E.T.; MAGALHÃES, C.S. **Controle de poluição de atividades pecuárias.** Revista Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.22, n.210, p72 a 76, 2001.

SILVA, C.A.R. **Análise físico-químico de sistemas marginais marinhos.** Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 120p.

SILVEIRA, M.P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios.** Jaguariuna- Embrapa Meio Ambiente, 2004.60p.

SILVA, N. da.; CANTUSI NETO, R.; JUNQUEIRA, V.C.A. **Manual de métodos de análises microbiológicas.** Campinas: Ital, 2000. 212p.

SOARES, J. Braga. **Água microbiologia e treinamento.** Fortaleza: ed. UFC, 1999. 215p.

SOUZA, Hermínio ramos DE. **Agricultura irrigada e desenvolvimento sustentável no nordeste do Brasil.** Recife: Projeto Áridas, 1994. 58p.

SPERLING. M.V. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** UFMG. departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1996, 242p.

TESTEZLA.F. Roberto. MATSURA. E.CARDOSO. L. João. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio.** Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola 2002. 14p.

TROOIJEN,T.P.; LAMM, F.R.; STONE, L.R.; ALAM, M.; ROGERS, D.R.; CLARCK, G.A.; SCHLEGEL, A.J. **Subsurface drip irrigation using**

**livestock wastewater: dripline flow rates. Applied engineering in agriculture.** St. Joseph, v.16, n.5, p.505-8, 2000.

TUCCI, M.E. Carlos. **Relatório nacional sobre o gerenciamento da água no Brasil.** 2000, 250p.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: Rima, 2003. 248p.

VANZELA, L.S. **Caracterização da microbacia do cinturão verde da Ilha Solteira para fins de irrigação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Goiânia. Anais....do XXXIII CONGRESSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA- CD-ROM. - 2003.

VINCE, O. **Investigações Limnológicas do rio Pericumã e na estação de piscicultura do DNOS em Pinheiro-Ma.** Labohidro-Universidade Federal do Maranhão. 54p.

WILLIAMS, D.D.; FELTMATE, B.W. Aquatic insects. Wallingford: cab international. 1994. 315p.

WINIER, E.J. **A água, o solo e a planta: aproveitando os recursos naturais de água para a horticultura.** 2ed. São Paulo: Nobel, 1984. 170p.

WITHERS, Bruce; VIPOND, Stanley. **Irrigação: projeto e prática.** 3 ed. São Paulo: Nobel, 1984. 339p.