

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA

ESTUDO DAS CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO RIO GRAMAME, CONDE,  
PARAÍBA, BRASIL

RONILSON JOSÉ DA PAZ

Monografia apresentada à  
Coordenação do Curso de Ciências  
Biológicas, Habilitação  
Bacharelado, como parte dos pré-  
requisitos para a obtenção do  
grau de Bacharel em Ciências  
Biológicas.

JOÃO PESSOA-PB  
- 1988 -

RONILSON JOSÉ DA PAZ

ESTUDO DAS CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO RIO GRAMAME, CONDE,  
PARAÍBA, BRASIL

JOÃO PESSOA-PB  
- 1988 -

RONILSON JOSÉ DA PAZ

ESTUDO DAS CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS DO RIO GRAMAME, CONDE,  
PARAÍBA, BRASIL

Monografia apresentada à  
Coordenação do Curso de Ciências  
Biológicas, Habilitação  
Bacharelado, como parte dos pré-  
requisitos para a obtenção do  
grau de Bacharel em Ciências  
Biológicas.

JOÃO PESSOA-PB  
- 1988 -

## FICHA CATALOGRÁFICA

P348e Paz, Ronilson José da  
Estudo das Condições Físico-Químicas do Rio Gramame,  
Conde, Paraíba, Brasil. /Ronilson José da Paz. - João  
Pessoa, 1988.

48 p. 10 figuras. 1 tabela.

Monografia de Graduação em Ciências Biológicas  
CCEN/UFPB

1. Ecologia. 2. Limnologia. 3. Processos  
ecológicos. 4. Química da água I. Paz, Ronilson José  
da II. Título

CDD - 574.5

ORIENTADORA

Profa. Dra. Takako  
Watanabe

À Kátia Rejane,  
dedico

## **AGRADECIMENTO**

Gostaria de expressar agradecimentos àqueles que direta ou indiretamente contribuíra para o bom desenvolvimento deste trabalho.

- À Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE) e ao Núcleo de Estudos e Pesquisas de Recursos do Mar (NEPREMAR), pelas facilidades concedidas na execução deste trabalho;

- Ao Departamento de Informática (DI), ao Núcleo de Processamento de Dados (NPD), e à Coordenação do Curso de Mestrado em Zoologia pela utilização de seus computadores e impressoras;

- À minha avó, Maria Stela Pessoa de Araújo, aos meus pais, Romildo José da Paz e Maria José Gomes da Paz, e ao CNPq pelo financiamento de meus estudos;

- À Kátia Rejane Marinho Pereira pelo apoio e estímulo e por estar sempre presente nos momentos mais difíceis deste trabalho;

- À minha orientadora, profa. Dra. Takako Watanabe, pelo incentivo, compreensão e dedicação;

- Aos membros da Banca Examinadora, profa. Dra. Takako Watanabe, prof. Ms. Reinilson Batista de Oliveira e ao Bel. Gilson do Nascimento Melo, pelas críticas, sugestões e incentivo;

- Ao prof. Dr. Roberto Sassi pelas críticas e sugestões;

- Aos colegas Aldi Chaves da Silva, Carmen Lúcia M. Gadelha, Érica Caldas da Silva, Jane Enisa Ribeiro Torelli de Souza, Maria Aparecida Macêdo de Lima, Maria Cristina B. C. da Silva e Viviane Maria Nunes Machado, pelos auxílios prestados nos trabalhos de campo e de laboratório;

- À Kátia Rejane Marinho Pereira, Iderval Cavalcante de Oliveira, Maria Cristina B. C da Silva, Orlando Ruiz de Toledo Veiga e Romildo José da Paz, pelos primeiros trabalhos datilográficos;

- À Marília Aparecida Gomes da Paz e Marly Gomes da Paz, pela confecção das figuras;

- À técnica Maria de Fátima M. Guimarães, pela ajuda nos trabalhos de laboratório;

- E a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para o bom andamento deste trabalho.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
1. OBJETIVOS .....	13
2. O RIO GRAMAME .....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
3.1. Época e Local de Coletas .....	16
3.2. Parâmetros Físicos .....	16
3.2.1. Temperatura da Água .....	16
3.2.2. pH .....	16
3.3. Parâmetros Químicos .....	17
3.3.1. A Escolha do Método .....	17
3.3.2. Oxigênio Dissolvido na Água .....	17
3.3.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) ..	18
3.3.4. Sulfatos Dissolvidos na Água .....	18
3.3.5. Nitritos Dissolvidos na Água .....	20
3.3.6. Amônia Dissolvida na Água .....	20
3.3.7. Compostos de Sílica Dissolvidos na Água	21
3.3.8. Fosfatos Dissolvidos na Água .....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1. Temperatura da Água .....	25
4.2. pH .....	25
4.3. Oxigênio Dissolvido na Água .....	27

4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) .....	30
4.5. Nutrientes Inorgânicos .....	32
<b>CONCLUSÕES</b> .....	41
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	43

## INTRODUÇÃO

O estudo das condições físicas e químicas é fundamental para o desenvolvimento de teorias de colonização (TUNDISI, 1986), além de fornecer dados mais apurados sobre as conseqüências dos despejos de efluentes orgânicos e industriais em rios e lagos.

As substâncias tóxicas lançadas em um corpo d'água, principalmente através de despejos industriais, têm efeitos desastrosos para o ambiente, prejudicando a fauna e a flora, e eliminando certos elos das cadeias alimentares, dificultando o fluxo energético e as trocas bioquímicas entre vários níveis tróficos (MAIER, 1977). Podem favorecer ainda, o crescimento de certas espécies e eliminar outras que são exploradas para a subsistência ou comercialmente.

As pesquisas limnológicas no Brasil estão concentradas principalmente na bacia do rio Amazonas (SIOLI, 1949, 1956, 1965, 1967, 1968; BRINKMANN & SANTOS, 1971; RIBEIRO *et alii*, 1978; JUNK & FURCH, 1980; SANTOS, 1980a; SANTOS *et alii*, 1981; SANTOS *et alii*, 1984, 1985; PESSENDA *et alii*, 1986), nos lagos do Pantanal Mato-grossense (SILVA, 1980), nos lagos do Vale do Rio Doce (TUNDISI *et alii*, 1978; BARBOSA, 1979, 1981; RUGANI, 1980; SANTOS, 1980b; ALEIXO, 1981), no reservatório do "Broa" (HINO & TUNDISI, 1977; MORAES, 1978; SEIXAS, 1978; CÓ, 1979; HINO, 1979; SILVA, 1980; WATANABE, 1981; FREIRE-NORDI, 1982) e em reservatórios para abastecimento de água ou para outros fins (CARVÁLHO, 1978; ARCIFA & FROEHLICH, 1985; ESTEVES *et alii*, 1985; MAIER, 1985; MAIER &

TAKINO, 1985a, 1985b, 1985c; ROCHA & BRANCO, 1985; ROCHA *et alii*, 1985; MATTOS *et alii*, 1986).

Na região Nordeste, embora tendo um potencial hídrico bastante elevado, poucos trabalhos foram realizados. WRIGHT (1934; 1935a; 1935b; 1936; 1937; 1938) estudou as condições físicas e químicas das águas de açudes nordestinos; SCHUBART (1935; 1936a; 1936b); 1937; 1938a; 1938b) estudou os efeitos dos efluentes das usinas de açúcar do Estado de Pernambuco sobre a vida dos açudes e rios ; LENZ (1937) estudou a fauna aquática bentônica de açudes nordestinos; GURGEL (1970) estudou os aspectos limnológicos do açude Amanari em Maranguape, Ceará; MELO & AUGUSTO (1982), estudaram as condições limnológicas do açude público "Eng<sup>o</sup> Vinícius Berredo", em Quixadá, Ceará.

Os primeiros estudos limnológicos realizados na Paraíba foram desenvolvidos por GUIMARÃES & SOUZA (1910), que estudaram os açudes públicos do Rio Grande do Norte e Paraíba; IHERING (1932) que estudou o papel das macrófitas aquáticas flutuantes na evaporação do açude Bodocongó, em Campina Grande; DROUET *et alii* (1938) que estudaram a flora de quatro açudes paraibanos; MELO & CHACON (1976), que estudaram os aspectos biológico-pesqueiros do açude público "Soledade", em Soledade; NORDI & WATANABE (1978) que estudaram os rotíferos do açude Epitácio Pessoa, em Bouqueirão; LIMA (1987), que estudou as condições físico-químicas do rio Jaguaribe, em João Pessoa.

Sobre a bacia do rio Gramame, exceto os trabalhos de CAGEPA (1977) e SUDEMA (1983; 1986) que publicaram avaliações das qualidades sanitárias das águas desta bacia, e CANNELA & RODRIGUES (1978) que estudaram a biologia dos peixes *Achirus achirus*, inexistem outras informações ecológicas ou biológicas.

## 1. OBJETIVOS

O presente trabalho visa principalmente a:

- a) Conhecer as condições físico-químicas das águas do rio Gramame e suas variações sazonais.
- b) Proporcionar informações sobre a situação deste ambiente em termos de poluição.
- c) Determinar as variações das concentrações de nutrientes inorgânicos (ortofosfato, nitrito, amônia, sílica e sulfato) dissolvidos em diferentes pontos de coleta, ao longo do rio Gramame.

## 2. O RIO GRAMAME

Os dados considerados neste trabalho, foram coletados no rio Gramame, trecho situado entre os paralelos de 7° 12' S e 7° 17' S e os meridianos de 34° 50' W e 34° 58' W, que tem sua nascente na localidade de Oratório, ao norte de Pedras de Fogo, município limítrofe com o Estado de Pernambuco. O rio Gramame toma a direção sudeste-noroeste, onde banha algumas cidades e propriedades particulares, atravessa ainda o Distrito Industrial de João Pessoa, onde recebe dejetos das indústrias de papel (CONPEL) e têxtil (TOALIA-SANTISTA) e deságua no Oceano Atlântico, na praia da Barra do rio Gramame, ao sul de Barreiras de Jacarapé.

O rio Gramame tem dois afluentes principais, o rio Mumbaba e o rio Mamuaba. Devido às suas condições geográficas, estão sendo construídas duas barragens, uma sobre o rio Gramame e outra sobre o rio Mamuaba, com capacidade para cerca de 70 a 80 milhões de metros cúbicos de água.

O rio Gramame irriga, ainda, ao longo de seu perímetro várias culturas, sendo as mais importantes, a cana-de-açúcar (*Saccharum* sp), a mangueira (*Mangifera indica*) e o coqueiro (*Syagrus nucifera*).

A poluição tem exercido efeitos trágicos sobre o rio Gramame, principalmente à jusante das indústrias que lançam seus dejetos diretamente em suas águas, o que faz constante as reclamações dos pescadores com relação à mortandade de peixes.

As estações de coleta estão plotadas na figura 1.



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Época e Local de coletas**

As amostras para análise dos parâmetros físico-químicos foram coletadas mensalmente, em águas de superfície, de junho de 1987 a maio de 1988, em três estações ao longo do rio Gramame.

**ESTAÇÃO I:** Situada na porção superior do rio Gramame, que se apresenta com menor profundidade, maior velocidade de corrente e maior transparência da água, à montante das indústrias de papel (CONPEL) e têxtil (TOALIA-SANTISTA), cerca de 500 m à jusante da Barragem.

**ESTAÇÃO II:** Situada na porção mediana do rio Gramame, na ponte sob a Rodovia BR-101, que liga João Pessoa a Recife, na altura do quilômetro 93, logo após a recepção dos despejos das indústrias.

**ESTAÇÃO III:** Situada na porção inferior do rio Gramame, cerca de 5 km à jusante dos despejos das indústrias poluidoras, na fazenda Mituassu.

#### **3.2. Parâmetros Físicos**

##### **3.2.1. Temperatura da Água**

A temperatura da água do rio Gramame foi determinada utilizando-se um termômetro de mercúrio, com 0,5° C de precisão.

##### **3.2.2. pH**

O pH da água do rio Gramame foi determinado usando-se um potenciômetro da Digimed, modelo DMPH-P, calibrado com soluções padrão pH 4,00 e 6,86.

### 3.3. Parâmetros Químicos

#### 3.3.1. A Escolha do Método

Dentre os fatores que influenciam na seleção dos métodos para determinar as concentrações dos compostos dissolvidos em um corpo de água, destacam-se a concentração dos compostos, a presença ou não de interferências, a precisão e o alcance do método e a disponibilidade de materiais e reagentes necessários às análises.

#### 3.3.2. Oxigênio Dissolvido na Água

O teor de oxigênio dissolvido na água em um determinado instante é o resultado de um equilíbrio entre os fenômenos de produção, a fotossíntese e a difusão, e de consumo, a respiração dos organismos vivos e a degradação da matéria orgânica (BALVAY, 1981).

Dois métodos para a medida de oxigênio dissolvido são comumente usados, o método polarográfico pelo medidor de oxigênio e o titrimétrico.

O método polarográfico é rápido, pode ser usado *in situ*, assim como no laboratório e é relativamente livre de interferência. Todavia é difícil de se obter precisão maior do que 97%, além de que, alguns destes instrumentos requerem calibração diária.

Segundo APHA (1976), o uso prolongado do eletrodo em águas contendo  $H_2S$ , diminui a sensibilidade da membrana e ocorrerá interferência dos gases reduzidos, tais como os halogênios e o  $S_2$ .

As concentrações de oxigênio dissolvido na água do rio Gramame foram determinadas pelo método titrimétrico, baseado nas técnicas de WINKLER (1808), descritas em GOLTERMAN *et alii* (1978).

Neste método deve-se ter cuidado especial na coleta, evitando sempre a entrada de bolhas de ar nos frascos, principalmente quando se introduzir a tampa. A estimativa do  $I_2$  liberado deve ser feita o mais rápido possível, pois ele é

extremamente volátil e fotossensível. Os frascos, depois de adicionados os reagentes, devem ser guardados no escuro, até o momento das análises e de preferência submersos em água ou numa estufa incubadora de DBO a 20 °C.

Segundo MACKERETH *et alii* (1978), o método titrimétrico pode consumir muito tempo com as titulações, mas pode oferecer alta precisão.

### **3.3.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)**

A demanda bioquímica de oxigênio foi determinada segundo o Standard Methods (APHA, 1976). As amostras foram incubadas numa estufa incubadora PRECISION, da CGA Corporation, no escuro a 20 °C, durante cinco dias. As concentrações de oxigênio, antes e após a incubação, foram determinadas pelo método de WINKLER (1888), descritas em GOLTERNAN *et alii* (1978).

Todas as amostras foram diluídas em 50% e aeradas por cinco minutos.

### **3.3.4. Sulfatos Dissolvidos na Água**

Não existe um método colorimétrico direto para medir a concentração de sulfato satisfatoriamente. O método gravimétrico pode ser feito com precisão, mas consome muito tempo. A maioria dos métodos rotineiros são baseados sobre a precipitação de sulfato depois de adicionar bário. A estimativa é feita em seguida pela medida da turbidez ou do excesso de bário (GOLTERNAN *et alii*, 1978).

Além do método turbidimétrico, GOLTERIIAN *et alii* (1978) citam os métodos complexométrico e o potenciométrico. No método complexométrico uma quantidade de Ba<sup>++</sup> é adicionada à amostra, onde BaSO<sub>4</sub> é precipitado e o Ba<sup>++</sup> restante é titulado com Na<sub>2</sub>EDTA. O método infere em erro porque a presença de tons Ca<sup>++</sup> e Mg<sup>++</sup> em concentrações elevadas podem tornar a estimativa incerta, além de

que neste método emprega-se o ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) que é potencialmente explosivo.

No método potenciométrico,  $\text{Pb}^{++}$  forma um precipitado com  $\text{SO}_4^{--}$ , onde etanol é adicionado para reduzir a solubilidade do  $\text{PbSO}_4$ . Quando todos os íons  $\text{SO}_4^{--}$  são precipitados,  $\text{Pb}^{++}$  reagirá com ferrocianido, adicionado à amostra, precipitando como chumbo-ferrocianido, causando uma nítida mudança no potencial de um eletrodo indicador. O fato de não se conhecer a precisão deste método torna-o incerto e sujeito a erros.

Afora o método turbidimétrico, que é bastante similar ao citado por GOLTERMAN *et alii* (1978), está descrito ainda em APHA (1976) o método gravimétrico com ignição de resíduo, onde o precipitado formado, pela adição de cloreto de bário à amostra, é levado ao ponto de fervura e, depois de um período de digestão, lavado com água livre de cloretos e pesado como  $\text{BaSO}_4$ . Material em suspensão, sílica, precipitados de cloretos de bário, nitrato e sulfato são os fatores que interferem na determinação de sulfato dissolvido, por este método. Material em suspensão pode estar presente na amostra e na solução precipitada. Silicato solúvel pode estar insolúvel e sulfito pode ser oxidado para sulfato durante o processamento da amostra.

A determinação de sulfato dissolvido na água do rio Gramame foi feita através do método turbidimétrico descrito em GOLTERMAN *et alii* (1978), onde o  $\text{SO}_4$  é precipitado com  $\text{Ba}^{++}$  em solução ácida, formando cristais uniformes que se estabilizam com uma solução de glicerol-etanol. A densidade do precipitado foi medida através da extinção luminosa num colorímetro fotoelétrico a 410 nm.

Em meio ácido o  $\text{SO}_4$  deve ser o único íon que precipita com o  $\text{Ba}^{++}$ , formando o sulfato de bário. Compostos em suspensão e coloridos interferem na formação do precipitado, enquanto que compostos orgânicos podem alterar o tamanho dos cristais.

A precisão deste método está em torno de 90%, mas sob condições favoráveis, por exemplo diluição das amostras, esta estimativa pode ser melhorada.

### **3.3.5. Nitritos Dissolvidos na Água**

GOLTERMAN *et alii* (1978) citam um método colorimétrico para a determinação das concentrações de nitrito na água, mas o método é pouco preciso e apresenta uma precisão de 85%.

APHA (1976) menciona outro método para a determinação das concentrações de nitrogênio em forma de nitrito na água, que consegue detectar concentrações de 1 a 25 µg/l de nitrogênio. Porém o método está sujeito a muitas interferências que podem alterar os resultados.

As concentrações de nitritos dissolvidos na água do rio Gramame foram determinadas segundo as técnicas descritas em MACKERETH *et alii* (1978), em que numa solução ácida, o nitrito produz ácido nitroso que diazotisa a sulfanilamida. O sal diazonium resultante é acoplado com outra amina aromática, n-1-naftileno-diamina dihidroclórico, e este último foi determinado espectrofotometricamente a 543 nm. A única restrição que se faz ao método é que em águas alcalinas pode não haver produção de soluções com pH conveniente (entre 2 e 2,5), depois da adição de n-naftil para as reações cromogênicas.

### **3.3.6. Amônia Dissolvida na Água**

Para a determinação de amônia dissolvida na água GOLTERMAN *et alii* (1978) citam dois métodos colorimétricos.

O primeiro método necessita de uma lâmpada ultravioleta de mercúrio Hytek, tipo MBW, com produção máxima de energia a 365 nm ou fonte de U.V. similar, colocada no centro de uma caixa de alumínio, para dar condições ótimas para o desenvolvimento da cor.

Já no segundo método, a luz do sol pode interferir sobre o fenol-hipoclorito formado, inferindo em erro os resultados.

Vários métodos, para a determinação de nitrogênio em forma de amônia estão descritos em APHA (1976), mas para se usar um dos métodos tem-se que passar as amostras por um processo de destilação preliminar, que consiste em tamponar as amostras a pH 9,5, com uma solução tampão de borato e destilar numa solução de ácido bórico.

Dos métodos descritos em APHA (1976) ainda temos os métodos de nesslerização e o do fenato.

O método de nesslerização deve ser usado apenas para águas purificadas ou naturais, que mostrem ser baixas em cor e tenham concentrações de amônia excedendo 20 µg/l, e tem um erro relativo de 10%.

O método do fenato é interferido por concentrações de alcalinidade superiores a 500 mg/l, acima de 100 mg/l de acidez, turbidez e cor.

As concentrações de amônia dissolvida na água do rio Gramame foram determinadas através do método colorimétrico, descrito em MACKERETH *et alii* (1978), onde a amônia reage com o fenol e hipoclorito em uma solução alcalina para formar indofenol azul. A reação é catalizada pelo nitroprussiato. A absorbância resultante é proporcional à amônia presente e foi medida espectrofotometricamente a 635 nm.

Para este método, o ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) interfere, mas pode ser removido pela acidificação da amostra a pH 3 e borbulhando um gás inerte, por exemplo N<sub>2</sub>, He.

### **3.3.7. Compostos de Sílica Dissolvidos na Água**

APHA (1976) cita três métodos para a determinação de sílica dissolvida na água, o gravimétrico, o do molibdosilicato e o do azul heteropolar.

No método gravimétrico a precisão é limitada tanto pela solubilidade final da sílica na água, como pelas condições de análise e pela sensibilidade da balança analítica, sendo usado para amostras que contenham até 20 mg/l de sílica. O ácido perclórico é usado para desidratar a sílica, porém ele é extremamente explosivo.

O método utilizando molibdosilicato é interferido por tanino, grande quantidade de ferro, cor, turbidez, sulfitos e fosfatos. O tratamento com ácido oxálico elimina interferências do fosfato e diminui a interferência do tanino. A concentração mínima de sílica detectável por este método é de 1 mg/l de  $\text{SiO}_2$  em tubos de nessler.

As mesmas interferências descritas para o método do molibdosilicato aplicam-se também ao do azul heteropolar. A concentração mínima de sílica detectável pelo método azul heteropolar é de 20 mg/l de  $\text{SiO}_2$  em tubos de nessler.

GOLTERMAN *et alii* (1978) citam dois métodos colorimétricos para a determinação de sílica na água. O primeiro, o método para medir molibdato de sílica reativo, tem uma precisão estimada em 98-99%, mas a sua sensibilidade é a partir de 0,1 mg/l de  $\text{SiO}_3^-$ .

O segundo método mede a sílica total, entretanto a cor e a turbidez podem interferir, além de que as amostras que tenham sido congeladas podem acarretar erros pela precipitação da sílica.

Para as determinações das concentrações de sílica na água do rio Gramame, foi utilizado o método da sílica reativa solúvel, descrito em MACKERETH *et alii* (1978), onde, em solução ácida, o ácido silícico e alguns derivados destes, reagem com o molibdato para formar um ácido amarelo heteropolar, o molibdosilícico, que é então reduzido para silícico-molibdenium, que assume uma coloração azul intensa. A absorvância resultante foi medida espectrofotometricamente a 810 nm.

A presença de íons que mostrem apreciável absorvância a 810 nm e outros elementos que formam ácidos heteropolares podem causar interferências neste método, mas as concentrações destes íons são muito baixas em água doce e os elementos que podem formar ácidos heteropolares são o fósforo, o germânio e o vanádio; as interferências de fósforo e vanádio são reprimidas pelo ácido oxálico e o germânio é pouco provável ser encontrado em concentração significativa.

### **3.3.8. Fosfatos Dissolvidos na Água**

Fósforos ocorrem na água como vários tipos de fosfatos. Estas formas estão comumente classificadas em ortofosfato, fosfatos condensados (piro, meta e polifosfatos) e fosfatos orgânicos. Estes últimos podem ocorrer na forma solúvel, em partículas de detritos, ou em corpos de organismos aquáticos (APHA, 1976).

Vários métodos são descritos na literatura para a medida de fosfatos dissolvidos na água. A seleção do método depende principalmente da concentração de fosfato dissolvido e, sobretudo, dos tipos de fosfatos que se pretende analisar.

Vários métodos para a determinado de fósforo dissolvido na água, estão descritos em APHA (1976), entre eles o método colorimétrico utilizando ácido vanadomolibdofosfórico, porém arsenato, fluoreto, tório, bismuto, sulfito, tiosulfato, tiocianureto ou molibdato em excesso interferem negativamente, diminuindo o resultado. A concentração mínima detectável por este método é de 0,2 mg/l P.

GOLTERHANN *et alii* (1978), citam vários métodos para a determinado de fósforo dissolvido na água. Entre eles o método colorimétrico para a medida de ortofosfato, onde ácidos húmicos e material orgânico oxidável interferem.

As concentrações de fosfatos dissolvidos na água do rio Gramame foram determinadas pelo método do ortofosfato (fósforo

reativo solúvel) descrito em MACKERETH *et alii* (1978), onde em uma solução adequadamente acidificada, o fósforo reage com o molibdato para formar o ácido molibdo-fosfórico, que é então reduzido para um complexo de molibdenium azul, intensamente colorido e determinado espectrofotometricamente a 880 nm. A sensibilidade pode ser aumentada através da extração do complexo azul, com uma solução orgânica. Este método é relativamente livre de interferências.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Temperatura da Água**

O estudo da temperatura é muito importante, pois segundo ARRIGNON (1985) ela afeta a densidade da água, sua viscosidade, a solubilidade dos gases, em particular a do oxigênio, assim como a velocidade das reações químicas e bioquímicas, além de que, na maioria das espécies, a maior parte das atividades estão restritas a uma faixa muito estreita de temperatura.

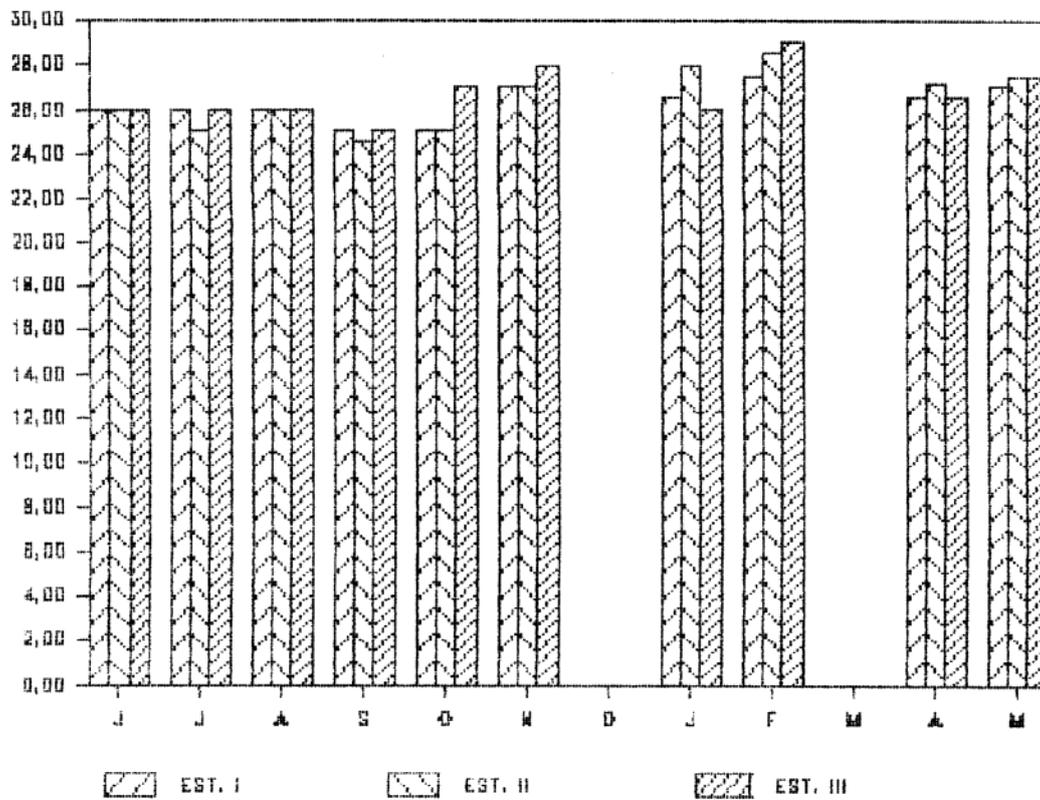
Com relação a este parâmetro, o rio Gramame apresentou-se relativamente estável ao longo do seu percurso (fig. 2), onde a amplitude máxima de variação foi de 2,0 °C, observados nas estações II e III, nos meses de outubro e janeiro (Tabela 01).

Durante o período estudado, a estação 1 apresentou uma amplitude de variação térmica de 2,5 °C, enquanto as estações II e III de 4,0 °C.

As temperaturas mais elevadas foram geralmente nos meses correspondente ao período de estiagem (outubro a abril).

### **4.2. pH**

O pH é indissociável, dentre outros fatores, dos valores da temperatura, oxigênio dissolvido e mineralização total (ARRIGNON, 1985).



**FIG. 2-** Variação sazonal da temperatura da água nas estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

Os valores de pH no rio Gramame (fig. 3) mostraram-se sem grandes variações durante o período estudado, com as estações I e II apresentando valores ligeiramente ácidos e com valores médios de 6,47 e 6,52, respectivamente. Já na estação II, as variações foram acentuadas, oscilando entre 4,5 (novembro de 1987) e 8,35 (junho de 1987). Possivelmente estas variações ocorreram devido aos despejos industriais lançados nesta estação.

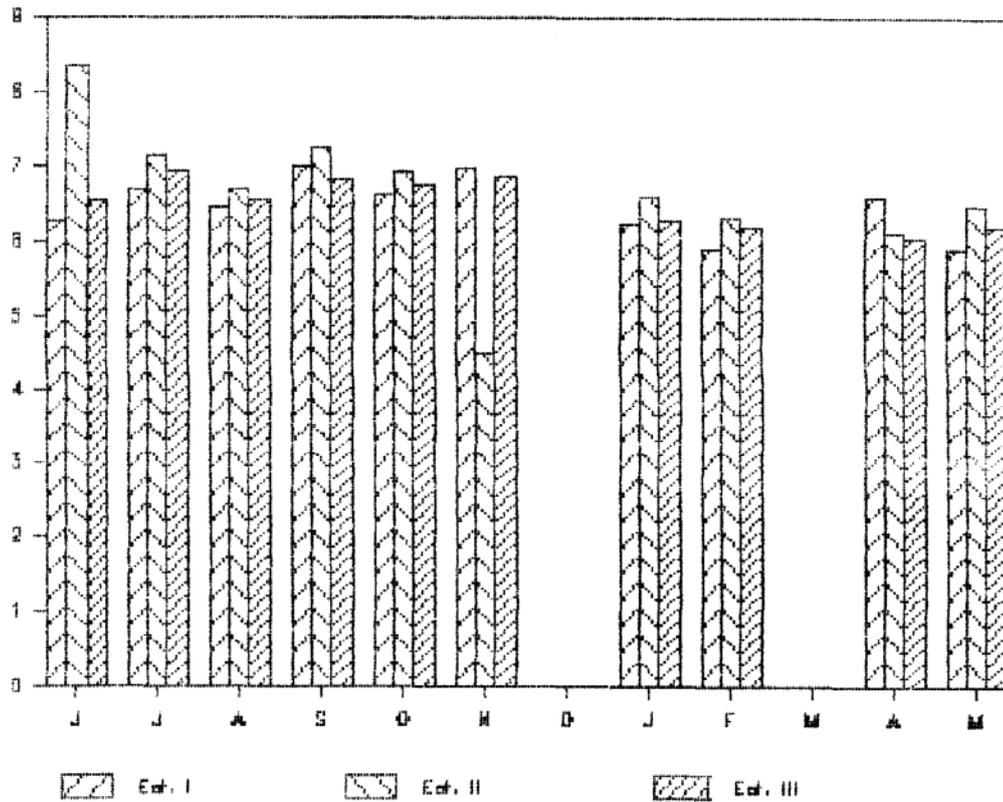
#### **4.3. Oxigênio Dissolvido na Água**

Um gradiente horizontal na concentração de oxigênio dissolvido foi evidenciado no rio Gramame nas três estações estudadas, onde os valores mais elevados foram observados na estação I e os mais baixos na estação III (fig. 4).

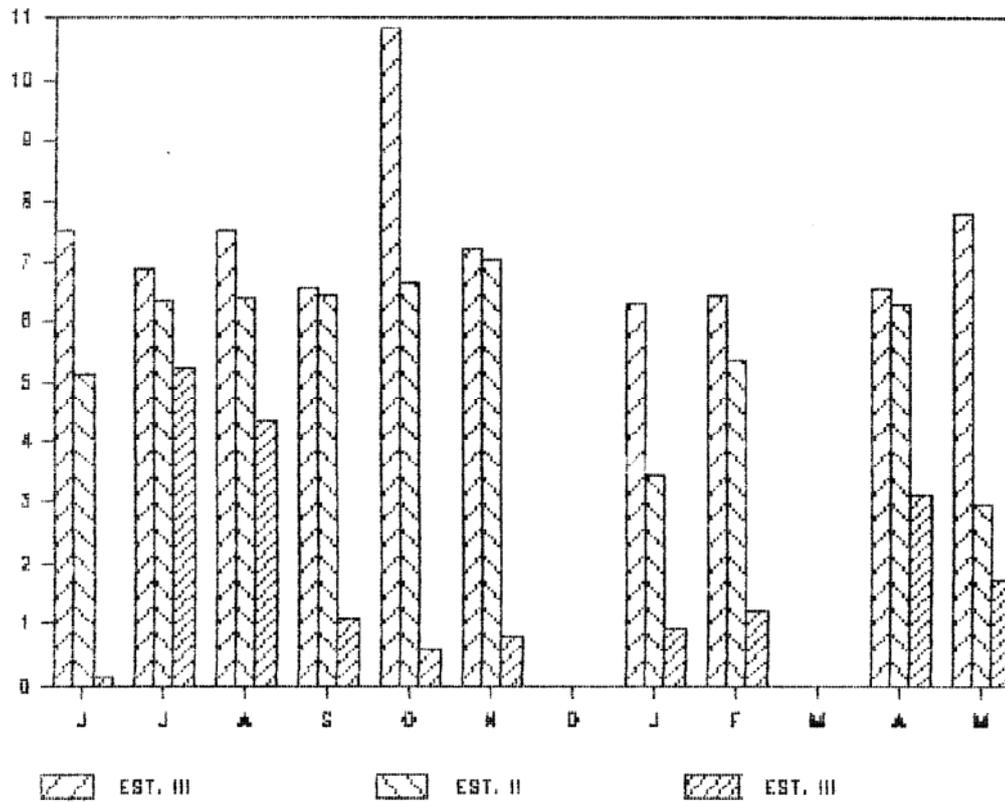
A porção superior do rio (est. I) apresentou um teor de oxigênio dissolvido mais elevado, variando entre 10,83 (outubro de 1987) e 6,3 mg/l (janeiro de 1988). Isto provavelmente por apresentar uma velocidade de corrente mais elevada.

Na estação II, os valores de oxigênio dissolvido ficaram compreendidos entre 7,06 (novembro de 1987) e 3,0 mg/l (maio de 1987), e a estação III com valores entre 5,26 (julho de 1987) e 0,14 mg/l (junho de 1987). Isto devido a estas estações estarem situadas na desembocadura dos efluentes dos despejos das indústrias poluidoras.

Conforme dados contidos no relatório técnico fornecido pela CAGEPA (1977), para o período de 1976-1977, as concentrações de oxigênio dissolvido apresentam um valor médio de 7,93 mg/l para a estação II e de 7,82 mg/l para a estação III. Já no relatório da SUDEMA (1986), o valor médio para a estação II foi de 5,1 mg/l. Estes resultados indicam uma diminuição considerável na concentração de oxigênio ao longo dos anos, provocado pelos despejos industriais.



**FIG. 3-** Variação sazonal do pH nas águas de superfície, nas estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).



**FIG. 4-** Variação sazonal do teor de oxigênio dissolvido (mg/l), nas águas de superfície, nas estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

Durante este estudo os valores médios de oxigênio dissolvido para a estado I, II e III foram de 7,36, 5,62 e 1,93 mg/l, respectivamente.

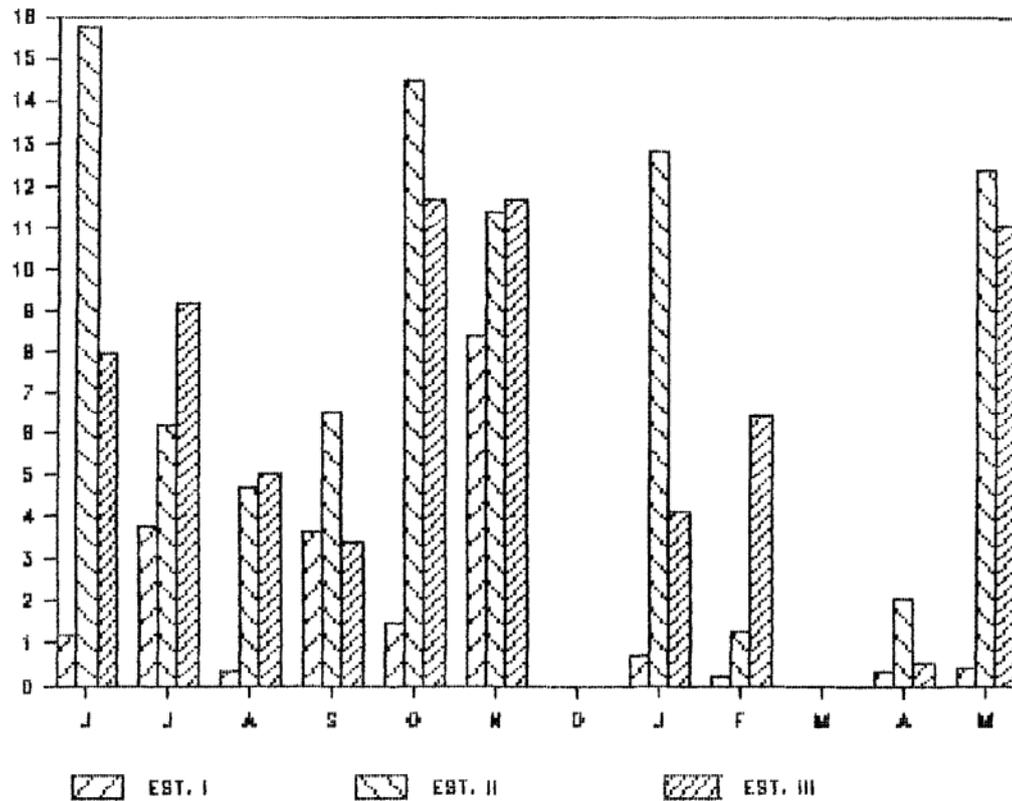
#### **4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)**

A demanda bioquímica de oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar bioquimicamente o material orgânico contido na amostra e é dependente principalmente das atividades bioquímicas da água.

Medidas da demanda bioquímica de oxigênio mostraram também um gradiente horizontal no rio Gramame bastante acentuado (fig. 5), com valores menores na porção superior do rio (est. I), aumentando nas porções inferiores, à medida que recebe os despejos das indústrias de papel (CONPEL) e têxtil (TOALIA-SANTISTA). Para este parâmetro, os valores variaram entre 0,23 mg O<sub>2</sub>/l (est. I) e 15,78 mg O<sub>2</sub>/l (est. II).

Outros estudos realizados na região no período de 1976 a 1977 (CAGEPA, 1977), chegaram aos valores médios de 2,52 mg O<sub>2</sub>/l e 2,4 mg O<sub>2</sub>/l, respectivamente, nos locais correspondentes às estações II e III do presente estudo. O relatório da SUDEMA (1986) apresenta o valor médio de 12,86 mg O<sub>2</sub>/l para o local correspondente à estação II deste trabalho.

Comparando esses resultados com os valores médios obtidos durante nosso estudo (1,69 mg O<sub>2</sub>/l para a estação I, 8,76 mg O<sub>2</sub>/l para a estação II e 7,1 mg O<sub>2</sub>/l para a estação III), nota-se que de 1976 a 1988 houve um aumento considerável na demanda bioquímica de oxigênio nas estações II e III, devido aos despejos industriais nestas estações.



**FIG. 5-** Variação sazonal da demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ), nas águas de superfície, nas estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

#### 4.5. Nutrientes Inorgânicos

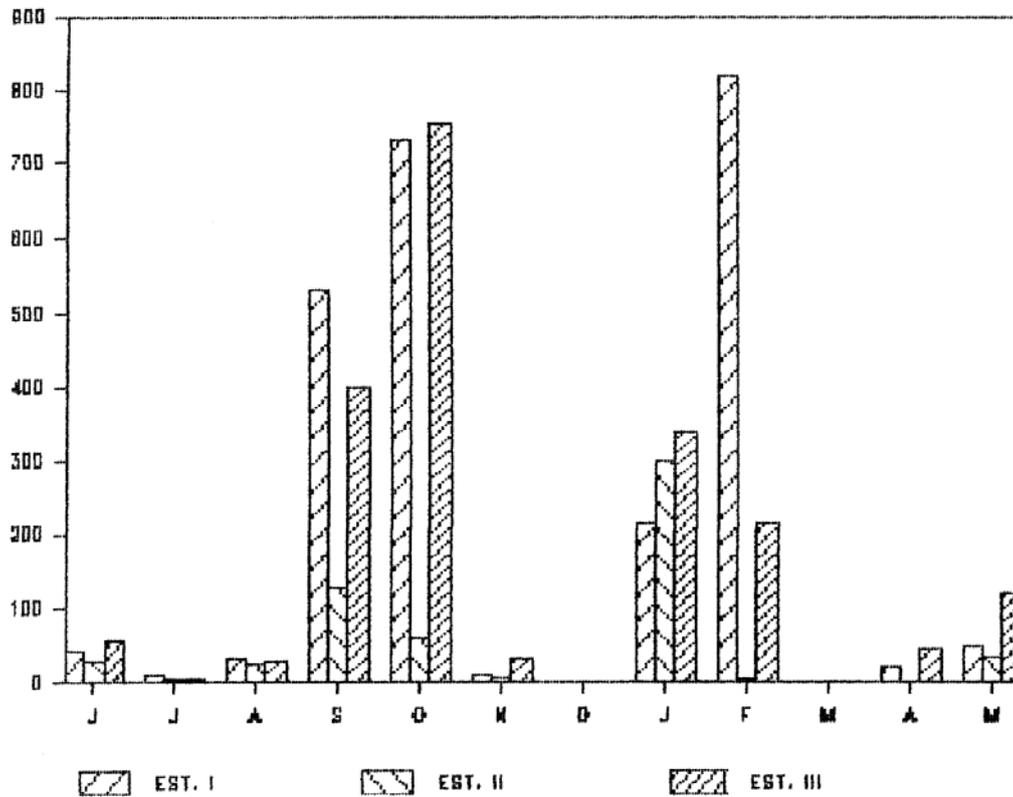
Com relação aos valores de nutrientes inorgânicos determinados ao longo do rio Gramame, podemos observar que não existe um padrão de distribuição horizontal bem definido, apresentando variações nas concentrações e com flutuações mensais bastantes marcadas (figs. 6 a 10). Uma provável explicação para este fato pode ser a interferência de substâncias alóctonas que são lançadas no rio através de drenagem ou esgotos industriais.

As concentrações de amônia dissolvidas na água ficaram compreendidas entre zero e 820,86 µg/l e as concentrações de nitrito ficaram entre 1,58 e 22,75 µg/l. Altas concentrações de amônia e nitrito na porção superior do rio (est. 1) podem estar associadas com a lixiviação do solo agrícola marginal. Por outro lado os valores desses íons, observados nas estações II e III, certamente se devem aos efluentes das indústrias e a própria decomposição da matéria orgânica presente no local.

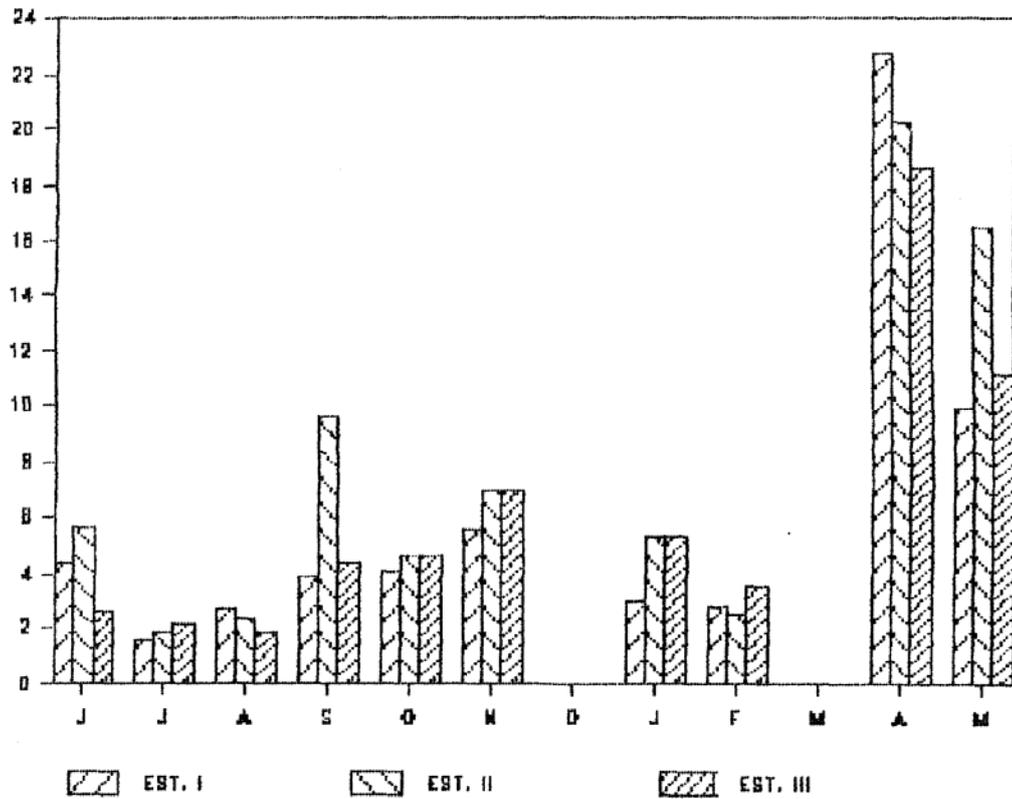
O nitrogênio chega às águas dos lagos e rios, essencialmente por lixiviação de rochas e solos, ou então é precipitado da atmosfera e é transportado por organismos vivos e mortos (SCHÄFER, 1985).

Em ambientes aeróbios e de baixa concentração de matéria orgânica, a amônia é transformada em nitrito e estes em nitratos, através da atividade de bactérias nitrificantes, que são aeróbias e autótrofas e sendo inibidas pela presença de compostos orgânicos (ROCHA *et alii*, 1985). Isto explicaria a não existência de grandes quantidades de nitritos em certas épocas e estações no rio Gramame.

Além disso, quando por qualquer motivo esses compostos de nitrito têm acesso à região anaeróbia, um outro processo tem lugar, denominado desnitrificação, o qual consiste na transformação de nitrito em nitrogênio gasoso por atividade de bactérias desnitrificantes (ROCHA *et alii*, 1985).



**FIG. 6-** Flutuações nas concentrações de amônia ( $\mu\text{g NH}_4\text{-N/l}$ ) para as estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).



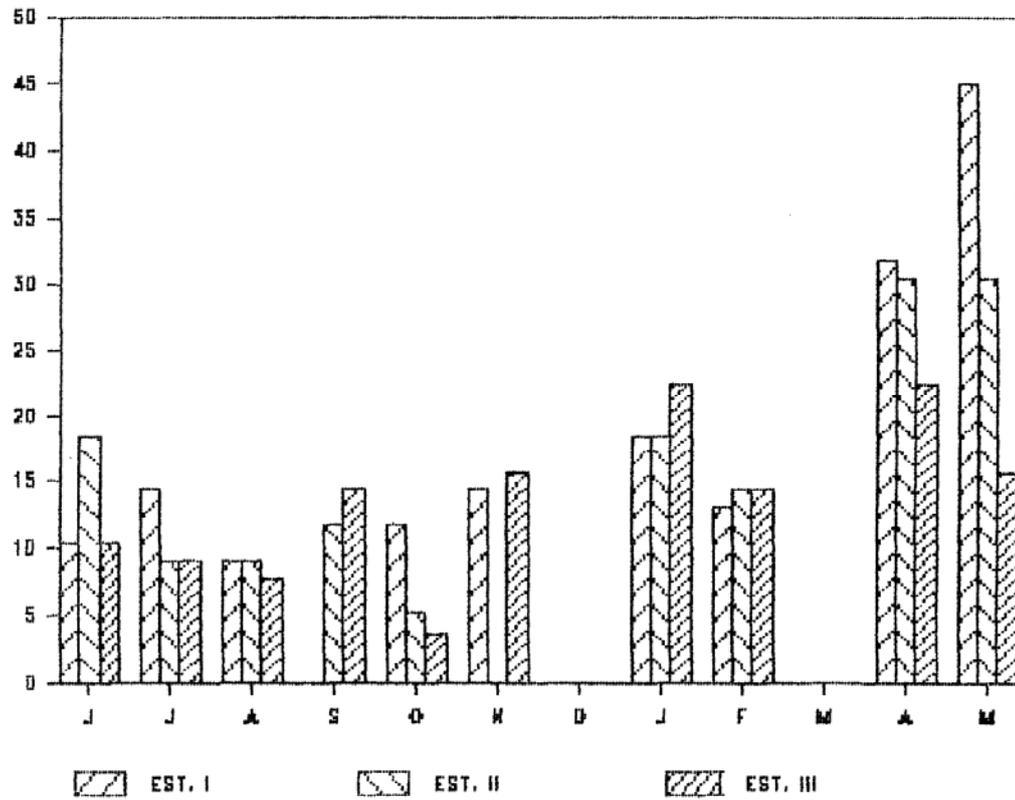
**FIG. 7-** Flutuações nas concentrações de nitrito ( $\mu\text{g NO}_2\text{-N/l}$ ) para as estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

As concentrações de ortofosfatos nas águas do rio Gramame variaram de 1,58 e 45,07 µg/l e as concentrações de sulfatos de 1,40 e 15,15 mg/l. Altas concentrações destes nutrientes na estação I também podem estar associadas à lixiviação do solo agrícola marginal e os altos valores destes nas estações II e III, provavelmente se devem aos efluentes das indústrias e a própria degradação da matéria orgânica.

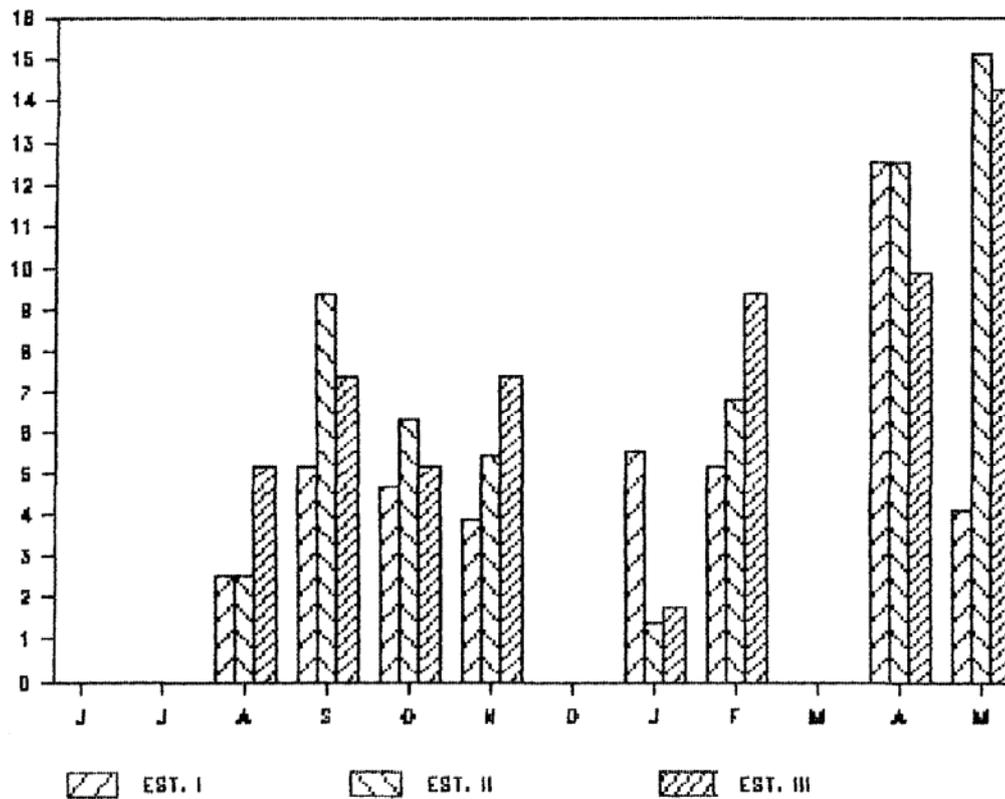
O fósforo é freqüentemente limitante no ambiente aquático, pois a única maneira deste elemento chegar à água, em condições naturais, é através da lixiviação de rochas fosfatadas. Todavia, segundo ROCHA *et alii* (1985), nas águas que recebem forte poluição por esgotos domésticos, essa situação se inverte, pois se as algas exigem nitrogênio e fósforo numa proporção N/P = 15 a 30/1, nos esgotos essa relação é de ordem de N/P 8/1, havendo um excesso de fósforo em relação à demanda.

A presença de sulfatos dissolvidos na água pode ter origem industrial, principalmente indústrias de papel, pela decomposição de rochas sulfatadas, precipitação pluviométrica, oxidação bioquímica da matéria orgânica produzindo gás sulfídrico, e através de interferências antropogênicas, por meio de despejos industriais e agrícolas (HUTCHINSON, 1975; SCHÄFER, 1985; ODUM, 1986; ESTEVES, 1988).

O ecossistema precisa de menos enxofre do que nitrogênio e fósforo, e o enxofre limita com menos freqüência o crescimento das plantas e dos animais. Entretanto o ciclo do enxofre é fundamental para a produção e decomposição nos ecossistemas, uma vez que o sulfato é a principal forma disponível que é reduzida pelos autótrofos e incorporada nas proteínas, sendo o enxofre um constituinte essencial de certos aminoácidos (ODUM, 1986).



**FIG. 8-** Flutuações nas concentrações de ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$ ) para as estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).



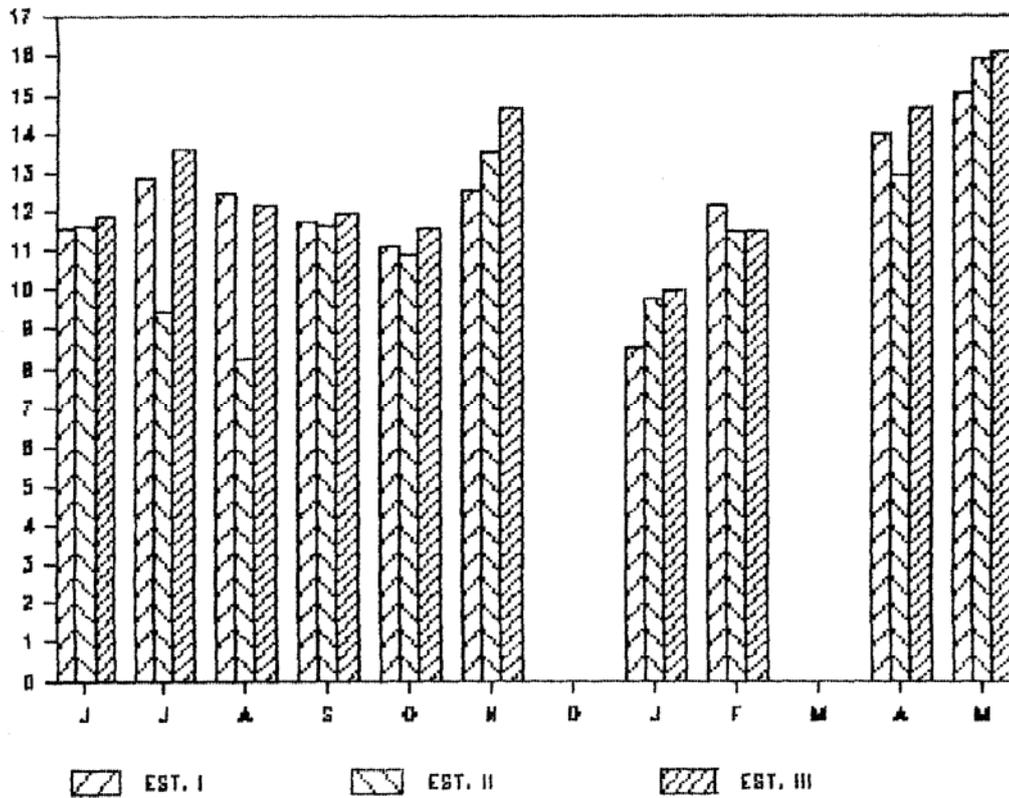
**FIG. 9-** Flutuações nas concentrações de sulfato ( $\mu\text{g SO}_4/\text{l}$ ) para as estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

Em média as estações II e III foram as que apresentaram as concentrações mais altas de sulfato, apresentando valores médios de 7,44 e 7,57 mg/l, respectivamente. Tais resultados estão associados com os despejos das indústrias de papel, localizada à montante destas estações.

As concentrações de sílica reativa solúvel dissolvidas nas águas do rio Gramame não apresentaram diferenças muito acentuadas entre as estações, entretanto houve diferenças significativas durante o período estudado. Seus valores oscilaram entre 8,5 e 16,12 mg/l.

As concentrações de sílica em um lago é de fundamental importância para as populações fitoplanctônicas, principalmente para as diatomáceas. HUTCHINSON (1975), considera a sílica como a principal responsável pelos *blooms* de diatomáceas, sendo este o mais importante mecanismo pelo qual a sílica é removida.

A sílica encontrada no rio Gramame não atua como um fator limitante, uma vez que é encontrada em altas concentrações em todas as épocas e locais de coletas. SANTOS *et alii* (1985) encontraram um máximo de 15,57 mg/l de sílica dissolvida nas águas dos afluentes do rio Branco; e PESSENDA *et alii* (1986) encontraram um máximo de 12,70 mg/l de sílica dissolvida nas águas de alguns rios do Estado de Rondônia.



**FIG. 10-** Flutuações nas concentrações de sílica reativa solúvel (mg SiO<sub>3</sub>/l) para as estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

**TABELA 01** - Determinações quantitativas dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO<sub>5</sub>, amônia, nitrito, ortofosfato, silicato e sulfato), nas três estações de coleta do rio Gramame, durante o período estudado (junho de 1987 a maio de 1988).

	JUN 1987	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN 1988	FEV	MAR	ABR	MAIO	MÉDIA
<b>Estação I</b>													
Temperatura °C	26,00	26,00	26,00	25,00	25,00	27,00	-	26,50	27,50	-	26,60	27,00	26,30
pH	6,30	6,70	6,45	7,03	6,65	6,97	-	6,26	5,89	-	6,59	5,90	6,47
Oxigênio Dissolvido mg/l	7,51	6,88	7,51	6,57	10,83	7,20	-	6,30	6,46	-	6,55	7,82	7,36
DBO <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /l	1,20	3,80	0,36	3,66	1,49	8,37	-	0,70	0,23	-	0,35	0,40	1,69
Amônia µg NH <sub>4</sub> -N/l	40,42	10,40	29,00	530,00	733,00	7,60	-	216,14	820,86	-	19,15	47,87	245,44
Nitrito µg NO <sub>2</sub> -N/l	4,32	1,58	2,69	3,90	4,10	5,60	-	3,00	2,74	-	22,75	9,94	6,06
Ortofosfato µg PO <sub>4</sub> -P/l	10,40	14,40	9,06	-	11,70	14,40	-	18,40	13,06	-	31,73	45,07	18,69
Silicato mg SiO <sub>3</sub> /l	11,55	12,87	12,46	11,72	11,11	12,55	-	8,50	12,12	-	13,99	15,07	12,19
Sulfato mg SO <sub>4</sub> /l	-	-	2,53	5,22	4,68	3,92	-	5,60	5,21	-	12,57	4,14	5,48
<b>Estação II</b>													
Temperatura °C	26,00	25,00	26,00	24,50	25,00	27,00	-	28,00	28,50	-	27,10	27,50	26,50
pH	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	-	6,30	6,30	-	6,30	6,30	6,30
Oxigênio Dissolvido mg/l	5,12	6,35	6,40	6,46	6,65	7,06	-	3,44	5,37	-	6,32	3,00	5,62
DBO <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /l	15,78	6,18	4,70	6,53	14,48	11,34	-	12,82	1,31	-	2,09	12,38	8,76
Amônia µg NH <sub>4</sub> -N/l	27,50	3,28	21,85	127,00	57,60	4,70	-	300,00	3,28	-	ZERO	34,00	57,92
Nitrito µg NO <sub>2</sub> -N/l	5,62	1,87	2,30	9,60	4,60	7,00	-	5,30	2,45	-	20,27	16,55	7,56
Ortofosfato µg PO <sub>4</sub> -P/l	18,40	9,06	9,06	11,70	5,10	-	-	18,40	14,40	-	30,40	30,40	16,32
Silicato mg SiO <sub>3</sub> /l	11,62	9,42	8,23	11,62	10,91	13,55	-	9,76	11,48	-	12,90	15,91	11,54
Sulfato mg SO <sub>4</sub> /l	-	-	2,53	9,36	6,29	5,43	-	1,40	6,42	-	12,57	15,15	7,44
<b>Estação III</b>													
Temperatura °C	26,00	26,00	26,00	25,00	27,00	28,00	-	26,00	29,00	-	26,60	27,50	26,80
pH	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	-	6,30	6,30	-	6,30	6,30	6,30
Oxigênio Dissolvido mg/l	0,14	5,26	4,35	1,09	0,56	0,80	-	0,94	1,22	-	3,15	1,74	1,93
DBO <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /l	7,92	9,20	5,02	3,40	11,60	11,66	-	4,14	6,43	-	0,54	11,02	7,09
Amônia µg NH <sub>4</sub> -N/l	53,20	3,28	27,50	402,00	755,00	32,00	-	337,00	214,71	-	42,55	122,34	199,00
Nitrito µg NO <sub>2</sub> -N/l	2,57	2,16	1,87	4,40	4,60	7,00	-	5,30	3,47	-	18,62	11,18	6,12
Ortofosfato µg PO <sub>4</sub> -P/l	10,40	9,06	7,73	14,40	3,70	15,73	-	22,40	14,40	-	22,40	15,73	13,60
Silicato mg SiO <sub>3</sub> /l	11,85	13,61	12,16	11,92	11,55	14,63	-	9,92	11,48	-	14,63	16,12	12,79
Sulfato mg SO <sub>4</sub> /l	-	-	5,22	7,37	5,22	7,37	-	1,80	9,35	-	9,90	14,29	7,57

## CONCLUSÕES

As análises físico-químicas efetuadas durante um ciclo anual (junho de 1987 a maio de 1988), ao longo do rio Gramame, nos permitiram chegar às seguintes conclusões:

1- O rio Gramame é termicamente homogêneo ao longo do seu percurso e não apresenta flutuações acentuadas entre os diferentes meses

2- A variado anual máxima da temperatura da água é de 4,0 °C.

3- O ambiente em questão apresenta características ligeiramente e sem fortes oscilações mensais de pH, exceto na estação II, onde os resultados de pH variaram de 4,5 a 9,35.

4- Os despejos das indústrias de papel e têxtil contribuem de maneira significativa para o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), diminuição nas concentrações de oxigênio dissolvido, flutuações nos valores de pH e aumento nas concentrações de sulfato na água.

5- De uma maneira geral os valores mais elevados de amônia, nitrito e ortofosfato foram obtidos na estação I, evidenciando que as indústrias de papel e têxtil contribuem pouco para o enriquecimento nutricional das águas.

6- O padrão de variação sazonal de ortofosfato, nitrito e sulfato é bastante semelhante ao longo do rio, caracterizado por um período com concentrações mais baixas (entre junho de 1987 e fevereiro de

1988) e um período com concentrações mais elevadas (entre abril e maio de 1988).

7- A amônia apresenta um padrão de variação sazonal do tipo bimodal, com concentrações mais elevadas em outubro de 1997 e janeiro/fevereiro de 1999.

8- A sílica não é um fator limitante no rio Gramame, dado a sua presença sempre em concentrações elevadas.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALEIXO, R. de C. (1981). **Fatores ecológicos, concentração de clorofila-a e feofitina em cinco lagos do Vale do Rio Doce, Mg: Um estudo comparativo.** São Carlos, UFSCar. 220 p. (Dissertação de Mestrado).
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION & WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (1976). **Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater.** 14 ed. Washington, American Public Health Association. 1193 p.
- ARCIFA, M. S. & FROEHLICH, C. O. (1985). Padrões de circulação vertical em dez reservatórios do Estado de São Paulo. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 38(4):684-693.
- ARRIGNON, J. (1984). **Ecologia Piscicultura de Águas Dulces.** Madrid, Mundi-Prensa. 390 p.
- BALVAY, G. (1981). **Evolution de l'oxygène dissous dans le lac d'Annecy.** INRA/SICRLA, Thonon. 7 p.
- BARBOSA, F. A. R. (1979). Produção primária e fatores ambientais na Lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, Mg. São Carlos, UFSCar. 205 p. (Dissertação de Mestrado).
- BARBOSA, F. A. R. (1981). **Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e produtividade primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca, Parque Florestal do Rio Doce, MG, Brasil.** São Carlos, UFSCar. 207 p. (Dissertação de Doutorado).
- BRINKMANN, W. L. & SANTOS, A. dos (1971). Time dependency of hydrogenion concentration and eletric conductivity measurements in river samples of Central Amazonia. **Acta Amazônica**, Manaus, 1(2):57-62.
- CAGEPA (1977). **Avaliação da qualidade sanitária das águas dos rios Gramame, Mumbaba, Mambaba.** João Pessoa, Secretaria dos Transportes, Comunicação e Obras. 30 p. (Relatório Técnico).
- CANNELA, G. & RODRIGUES, M. M. (1978). Contribuições ictiológicas sobre a fauna continental. 1. Estudo sobre *Achirus achirus* (LINNÉ, 1758) (PISCES, SOLEIDAE). **Rev. Nordest. Biol.**, João Pessoa, 1(1):89-95.

- CARVALHO, M. A. J. de (1975). **A Represa de Americana: Aspectos físico-químicos e a variação das populações de Copepoda Cyclopoida de vida livre**. São Paulo, USP. 164 p. (Dissertação de Doutorado).
- CÓ, L. M. (1979). **Distribuição de Oligochoeta na Represa do Lobo**. São Carlos, UFSCar. 169 p. (Dissertação de Mestrado).
- DROUET, F.; PATRICK, R. & SMITH, L. B. (1938). A flora de quatro açudes da Paraíba. **Ann. Acad. Brasil. Sci.**, 10(2):89-104.
- ESTEVES, F. de A. (1988). **Fundamentos de Limnologia**. São Paulo, Interciência/FINEP. 575 p.
- ESTEVES, F. de A.; AMORIM, J. C.; CARDOSO, E. L. & BARBOSA, F. A. R. (1985). Caracterização limnológica preliminar da Represa de Três Marias (Mg) com base em alguns parâmetros básicos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 37(4):608-617.
- FREIRE-NORDI, C. S. (1982). **Efeitos do enriquecimento artificial na comunidade planctônica (fito e zooplâncton) na Represa do Lobo (Broa), em tanques experimentais**. São Carlos, UFSCar. 147 p. (Dissertação de Mestrado).
- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. (1978). **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. 2 ed. Oxford/Edinburgh/ London/Melbourn, Blackwell Scientific Publication. 214 p. (IBP Handbook, 8).
- GUIMARÃES, M. de S. & SOUZA, J.A. (1910). **Açudes públicos (Rio Grande do Norte e Parahyba)**. Rio de Janeiro, MVOP-IFOCs. (Série III, H. Memórias de Açudagem, Publicação 9).
- GURGEL, J. J. S. (1970). Aspectos limnológicos do Açude Amanari em Maranguape, Ceará, Brasil. **Bol. Técn. DNOCS**, Fortaleza, 28(1):1-92.
- HINO, K. (1979). **Análise qualitativa e quantitativa do microfitoplâncton da Represa do Lobo ("Broa")**. São Carlos, UFSCar. 119 p. (Dissertação de Mestrado).
- HINO, K. & TUNDISI, J. G. (1977). **Atlas de algas da Represa do Broa**. São Carlos, UFSCar. 143 p. (Série Atlas, Volume II).
- HUTCHINSON, O. E. (1975). **A Treatise on Limnology**. New York/ London/Sydney/Toronto, John Wile & Sons. p.541-1015. v. 1. part 2.
- IHERING, R. von (1932). O papel das plantas aquáticas na evaporação. **Ann. Acad. Brasil. Sci.**, 4:169-171.
- JUNK, W. J. & FURCH, K. (1980). Química da água e macrófitas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. Parte 1: Trecho Cuiabá - Porto Velho - Manaus. **Acta Amazônica**, Manaus, 10(3):611-633.

- LENZ, F. (1937). Zur Limnologie der niederschlagsarmen gabiete Nordost-Brasilien. **Verh. Int. Ver. Limnol.**, 8:121-137.
- LIMA, M. A. M. de (1987). **Estudo das condições físicas e químicas das águas do rio Jaguaribe, João Pessoa, Pb.** João Pessoa, UFPB. 47 p. (Monografia de Graduação em Ciências Biológicas).
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J. & TALLING, J. F. (1978). **Water analysis: Some revised methods for limnologists.** Dorset, Freshwater Biological Association. 121 p. (Scientific Publication, 36).
- MAIER, M. H. (1977). **Estudo da variação sazonal das condições físicas e químicas ao longo de um trecho do rio Moji-Guaçu, Cachoeira de Emas, Estado de São Paulo.** São Paulo, USP. 102 p. (Dissertação de Mestrado).
- MAIER, M. H. (1985). Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. II. Circulação e estratificação da água. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 12(1):11-43.
- MAIER, M. H. & TAKINO, M. (1985a). Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. III. Qualidade da água. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 12(1):45-73.
- MAIER, M. H. & TAKINO, M. (1985b). Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. IV. Nutrientes e clorofila-a. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 12(1):75-102.
- MAIER, M. H. & TAKINO, M. (1985c). Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil. V. Tipificação através de fatores abióticos e clorofila-a. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, 12(1):103-122.
- MATTOS, A. P.; ALVES, V. R. E.; CAVALCANTI, C. G. B.; EVARISTO, S. M. S. & COLARES, A. P. (1984). Contribuição ao estudo limnológico do Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. **Acta Limnológica Brasiliensia**, 1:129-154.
- MELO, H. A. R. de & AUGUSTO, J. A. (1982). Estudos limnológicos do açude Público "Eng<sup>o</sup> Venícius Berredo" ex. "Pedras Brancas" (Quixadá, Ceará, Brasil). **Bol. Técn. DNOCS**, Fortaleza, 40(2):217-278.
- MELO, H. A. R. de & CHACON, J. de O. (1976). **Exame biológico-pesqueiro do açude Público Soledade (Soledade, Pb), Brasil.** **Bol. Técn. DNOCS**, Fortaleza, 34(1):3-26.
- MORAES, E. de M. (1978). **Ciclo sazonal, distribuição horizontal e vertical e interações ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas - Itirapitinga - SP).** São Paulo, USP. 153 p. (Dissertação de Mestrado).
- NORDI, N. & WATANABE, T. (1978). Nota preliminar sobre os rotíferos (zooplâncton) no Açude Epitácio Pessoa - Bouqueirão, Pb. **Rev. Nordest. Biol.**, João Pessoa, 1(1):31-39.

- ODUM, E. P. (1986). **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara. 434 p.
- PESSENDA, L. C. R.; FERREIRA, J. R.; TANCREDI, A. C. F. N. S.; MARTINELLI, L. A.; HIRATA, R. & MORTATTI, J. (1986). Caracterização química das águas de alguns rios do Estado de Rondônia. **Acta Limnológica Brasiliensia**, 1:179-199.
- RIBEIRO, J. S. B.; BRINGEL, S. R. B. & SANTOS, A. (1978). Hidroquímica na Amazônia Central. II. Flutuações no fluxo de saída de nitrogênio e fósforo em dois ecossistemas na Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, 8(3):409-416.
- ROCHA, A. A. & BRANCO, S. M. (1985). O nitrogênio e o fósforo como fatores limitantes ao desenvolvimento de algas Cianofíceas na Represa Billings. **Revista DAE**, 45(141):156-158.
- ROCHA, A. A.; JUREIDINI, P.; BRANCO, S. M.; MOTTER, O. F.; LIMA-FILHO, R. A. de; MEICHES, L. A. M. (1985). Variação de nutrientes, nitrogênio e fósforo, as algas e a clorofila-a na Represa Billings. **Revista DAE**, 45(143):395-407.
- RUGANI, C. A. (1980). **Bactérias amonificantes e fatores ecológicos nos Lagos Carioca e D. Helvécio (Vale do Rio Doce - MG)**. São Carlos, UFSCar. 168 p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, H. de M. (1980a) Aspectos limnológicos do Lago Grande do Jutaí (Amazônia Central), face às alterações químicas do meio hídrico da região. **Acta Amazônica**, Manaus, 10(4):797-822.
- SANTOS, L. C. dos (1980b). Estudo das populações de Cladocera em cinco lagos naturais (Parque Florestal do Vale do Rio Doce - MG), que se encontram em diferentes estágios de evolução. São Carlos, UFSCar. 260 p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, A. dos; RIBEIRO, M. de N. G.; RIBEIRO, J. S. B. & BRINGEL, S. R. B. (1981). Hidroquímica da Amazônia Central. III. Química da água de lavagem de floresta no ecossistema Campina Amazônica ("Stemflow"). **Acta Amazônica**, Manaus, 11(2):335-346.
- SANTOS, U. de M.; BRINGEL, S. R. B.; BERGAMIN-FILHO, H.; RIBEIRO, M. de N. G. & BANANEIRA, M. (1984). Rios da bacia Amazônica. I. Afluentes do rio Negro. **Acta Amazônica**, Manaus, 14(1/2):222-237.
- SANTOS, U. de M.; BRINGEL, S. R. B.; RIBEIRO, M. de N. G. & SILVA, M. de N. P. da (1985). Rios da bacia Amazônica. II. Os afluentes do rio Branco. **Acta Amazônica**, Manaus, 15(1/2):147-156.
- SCHÄFER, A. (1985). **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 532 p. (Livro-texto, 28).
- SCHUBART, O. (1935). Viveiros de Recife. **Pecus**, 1:15-19.
- SCHUBART, O. (1936a). Investigações sobre os viveiros de Recife. **B. Secr. Agric. Pernambuco**, 1:153-176.

- SCHUBART, O. (1936b) Considerações preliminares sobre a desova da Curimatã. **B. Secr. Agric. Pernambuco**, 1:394-399.
- SCHUBART, O. (1937). Bilder aus Fisherei Pernambuco. 1. Die viveiros. **Monatsch. Deutch. Klub. Pernambuco**, 1:26-57.
- SCHUBART, O. (1938a) Considerações sobre as investigações nas águas de Pernambuco. **Arch. Inst. Agron. Pesq. Pernambuco**, 1:26-57.
- SCHUBART, O. (1938b). Pernambuco Ökologie Skizze Lines der Brasilianischen Nordost-Staaten. **Sitzungsber. Ges. Naturforsch. Freunde**, Berlin. p.31-68.
- SEIXAS, M. H. (1978). **Aspectos ecológicos das populações de Cladoceros (Crustácea) na Represa do Lobo ("Broa")**. São Carlos, UFSCar. 156 p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, V. P. (1980). **Variação diurna de fatores ecológicos em quatro lagos naturais do "Pantanal Matogrossense" e seu estudo comparativo com dois lagos da Amazônia Central e um lago artificial (Represa do Lobo, "Broa", São Paulo, SP)**. São Carlos, UFSCar. 281 p. (Dissertação de Mestrado).
- SIOLI, H. (1949). O rio Cupari. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte**, (17).
- SIOLI, H. (1956). As águas da região do Alto Rio Negro. **Boletim do Instituto Agrônomo do Norte**, (32):117-163.
- SIOLI, H. (1965) A limnologia e sua importância em pesquisas da Amazônia. **Amazoniana**, 1(1):11-35.
- SIOLI, H. (1967). Studies in Amazonian waters. **Atas Simp. Biota Amazônica**, 3:9-50.
- SIOLI, H. (1968). Principal biotopes of primary production in the waters of Amazonia. **The International Society for Tropical Ecology**. p.592-600.
- SUDEMA (1983). **Proteção dos recursos hídricos do Distrito Industrial de João Pessoa**. Secretaria das Minas, Energia e Meio Ambiente/Fundação de Defesa do Meio Ambiente. 43 p. (Relatório Técnico).
- SUDEMA (1986). **Estudo da qualidade das águas dos mananciais que abastecem João Pessoa**. João Pessoa, Secretaria das Minas, Energias e Meio Ambiente. 63 p. (Relatório Técnico).
- TUNDISI, J. G. (1986). Ambiente, represas e barragens. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, 5(27):48-54.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; BARBOSA, F. A.; GENTIL, J. G.; RUGANI, C.; FORTES-PONTES, M. C.; ALEIXO, R. C.; OKANO, W. Y. & SANTOS, L. C. dos (1978). **Estudos limnológicos no sistema de lagos do Parque Florestal do Rio Doce, Mg**. São Carlos, CETEC/UFSCar. 147 p.

- WATANABE, T. (1981). **Flutuação sazonal e distribuição espacial do nano e microfitoplâncton na Represa do Lobo ("Broa"), São Carlos, SP.** São Carlos, UFSCar. 160 p. (Dissertação de Mestrado).
- WINKLER, L. W. (1888). The determination of dissolved oxygen in water. **Ber. Deut. Chem. Gea.**, 2:2843-2854.
- WRIGHT, S. (1934). Alguns dados da física e da química das águas dos açudes nordestinos. **B. do IFOCS**, Fortaleza, 1(4):164-169.
- WRIGHT, S. (1935a). Da física e da química das águas do nordeste. II. Cloretos e Carbonatos. **S.L.P. Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste do Brasil**, 8:15-26.
- WRIGHT, S. (1935b). Limnologia e Piscicultura. **S.L.P. Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste do Brasil**. v. 12.
- WRIGHT, S. (1936). Thermal conditions in some waters of northeast Brazil. **Ann. Acad. Brasil. Sci.**, 8(3):163-167.
- WRIGHT, S. (1937). Chemical conditions in some waters of northeast Brazil. **Ann. Acad. Brasil. Sci.**, 9(4):277-306.
- WRIGHT, S. (1938). Da física e da química das águas do nordeste do Brasil VI. Condições químicas. **B. do IFOCS**, Fortaleza, 10(1):37-54.