

**ALGUNS ASPECTOS DO CICLO DO FÓSFORO
E EUTROFIZAÇÃO NA REPRESA DE BARRA
BONITA,SP**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100013623

SANDRA CRISTINA DIMIS SANTOS

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre
em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ G. TUNDISI

São Carlos
1996



Class.	<u>Tare - EESC</u>
Cutt.	<u>2 5080</u>
Tombo	<u>T042/96</u>

Eng. Ambiental

st 0744258



S 237a

SANTOS, SANDRA CRISTINA DIMIS.

Alguns aspectos do ciclo do fósforo e eutrofização na represa de Barra Bonita, SP. Sandra Cristina Dimis Santos. 1996. 104p.

Dissertação (Mestrado)-Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos.SHS.CRHEA.

Orientador: Prof. Dr José G. Tundisi

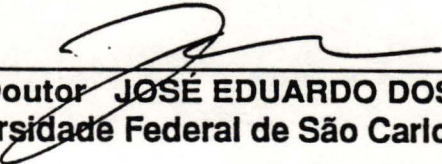
1.Fósforo-2.Eutrofização-3.Represa de Barra Bonita. I.Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

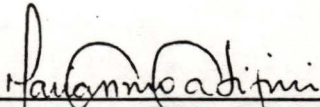
Dissertação defendida e aprovada em 19-1-1996
pela Comissão Julgadora:



Prof. Doutor JOSÉ GALIZIA TUNDISI - Orientador
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



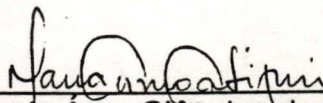
Prof. Doutor JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



Prof^a Doutora MARIA DO CARMO CALIJURI
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Presidente da Comissão de Pós-Graduação
Prof.Dr. MOUNIR KHALIL EL DEBS



Coordenador da Área Ciências da Eng. Ambiental
Prof^a Dra MARIA DO CARMO CALIJURI

Dedicatória:

A minha mãe , que independente da
situação, sempre acreditou em mim,
Ao meu pai, que do seu jeito é um
ótimo pai
E ao Marcelo, que sempre esteve
ao meu lado

AGRADECIMENTOS:

Ao professor José Galizia Tundisi pela orientação

A professora Maria do Carmo Calijuri pela grande ajuda , paciência, amizade, dedicação, valerosos conselhos e por aceitar fazer parte da banca.

A todos os colegas, professores e funcionários do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP, que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho.

A coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudo concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO.....	1
OBJETIVOS.....	8
DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS.....	22
DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES.....	46
PERSPECTIVAS	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 01-Nutrientes da superfície.....	56
TABELA 02-Parâmetros físicos da superfície.....	57
TABELA 03-Nutrientes da água de interface do sedimento.....	58
TABELA 04-Parâmetros físicos da água de interface.....	59
TABELA 05-Nutrientes da água livre do sedimento.....	60
TABELA 06-Parâmetros físicos do sedimento.....	61
TABELA 07-Matéria orgânica e inorgânica.....	62
TABELA 08-Extração de fósforo do sedimento por ácidos fracos.....	63
TABELA 09-Digestão do sedimento por ácidos fortes.....	64
TABELA 10-Fluorização do sedimento.....	65
TABELA 11-Experimento de anoxia.....	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01- Esquema da represa de Barra Bonita.....	67
FIGURA 02- Esquema do experimento de anoxia.....	68
FIGURA 03- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 1 e 2.....	69
FIGURA 04- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 3 e 4.....	70
FIGURA 05- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 5 e 6.....	71
FIGURA 06- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 7 e 8.....	72
FIGURA 07- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 9 e 10.....	73
FIGURA 08- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 11 e 12.....	74
FIGURA 09- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 13 e 14.....	75
FIGURA 10- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 15 e 16.....	76
FIGURA 11- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 17 e 18.....	77
FIGURA 12- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 19 e 20.....	78
FIGURA 13- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 21 e 22.....	79
FIGURA 14- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 23 e 24.....	80
FIGURA 15- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 25 e 26.....	81
FIGURA 16- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 27 e 28.....	82
FIGURA 17- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 29 e 30.....	83
FIGURA 18- Esquema de algumas formas de fósforo quantificadas na represa de Barra Bonita.....	84

- FIGURA 19- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 1 e 2.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....85
- FIGURA 20- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 3 e 4.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....86
- FIGURA 21- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 5 e 6.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....87
- FIGURA 22- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 7 e 8 .
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....88
- FIGURA 23- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 9 e 10.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....89
- FIGURA 24- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 11 e 12.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....90

- FIGURA 25- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 13 e 14.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....91
- FIGURA 26- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 15 e 16.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....92
- FIGURA 27- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 17 e 18.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....93
- FIGURA 28- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 19 e 20.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....94
- FIGURA 29- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 21 e 22.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....95
- FIGURA 30- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 23 e 24.
FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....96

- FIGURA 31- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 25 e 26.
 FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....97
- FIGURA 32- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 27 e 28.
 FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....98
- FIGURA 33- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes de diferentes extrações nos pontos 29 e 30.
 FFA: fósforo coloidal fracamente aderido às partículas de sedimento (extraído por ácidos fracos) ; FFO: fósforo coloidal fortemente aderida às partículas de sedimento(extraído por ácidos fortes) ; FA: fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento (extraído por fluorização).....99
- FIGURA 34- Gráfico do experimento de anoxia demonstrando o aumento de fósforo em decorrência da diminuição do oxigênio dissolvido.....100

RESUMO

SANTOS, S.C.D. Sobre alguns aspectos do ciclo do fósforo e eutrofização na represa de Barra Bonita, SP. São Carlos, 1995. 104 p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

A dinâmica do fósforo, é um processo muito complexo que envolve um grande numero de mecanismos diferentes.

Esse trabalho possui um enfoque na quantidade de fósforo no sedimento e na água, e nos processos que afetam as trocas entre o fundo e a água.

Alguns aspectos são considerados nesse trabalho: a variação de fósforo observado na água e no sedimento e suas relações com outras características da represa, como estado de trofia, ferro sedimentário e matéria orgânica; razões de liberação de fósforo e fatores controladores delas.

palavras chave : fósforo - ciclo ; sedimento

ABSTRACT

SANTOS, S.C.D. Some aspects of phosphorus cycle and eutrophication on the reservoir of Barra Bonita, SP. São Carlos, 1995. 104p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Phosphorus dynamics is a very complex process involving a large number of different mechanisms.

This work has focused on the quantity of sediment and water phosphorus and on the process affecting its exchange between bottom and water.

Some aspects are considered in this work: The range of phosphorus observed in water and sediments and relationships with other reservoir characteristics such as trophic status, sedimentary iron and organic matter; phosphorus release rates and factors controlling them.

keywords: phosphorus- cycle ; sediments.

INTRODUÇÃO

O interesse ecológico pelo fósforo provém de seu importante papel biológico, fazendo parte de processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos tais como: armazenamento de energia (ATP) e estruturação de membranas, e também devido a sua relativa escassez na atmosfera. O fósforo é obtido de reservas de fosforita minerais, que se encontram em grande abundância, porém são esgotáveis. Em comparação com a abundância natural dos outros importantes componentes da matéria viva (C, H, N, O e S), o fósforo é o mais escasso e normalmente atua como fator limitante da produtividade biológica, WETZEL (1981).

Embora necessário em pequenas quantidades, o fósforo é um dos principais elementos limitantes do crescimento do fitoplâncton, por causa da sua falta geoquímica em muitas bacias de drenagem, conjuntamente com a escassez da porção equivalente à fixação do nitrogênio, além de ser altamente reativo; fato que o torna firmemente limitante para uma grande quantidade de solos, GOLDMAN & HORNE (1983).

DUSSART (1966), cita que sob a forma de fosfatos, o fósforo tem um papel também muito importante na produção primária, pois, uma vez assimilado, participa ativamente da constituição de moléculas orgânicas, onde a ligação de fosfato é frágil e capaz de fornecer energia, em forma de ATP, ADP e AMP, eixos do metabolismo vegetal.

Contrariamente as inúmeras formas que adquire o nitrogênio nos sistemas limnológicos, a única forma inorgânica significativamente importante do fósforo, é o ortofosfato (PO_4^-), que constitui o fósforo útil ou disponível para a assimilação pelo fitoplâncton. Mais de 90% do fósforo da água dos sistemas aquáticos está sob a forma de fosfato orgânico e como constituinte celular da matéria particulada. Nos organismos podemos encontrar o fósforo como componente dos ácidos nucléicos estáveis (o DNA e o RNA, que não estão implicados no ciclo rápido do fósforo) e fosfoproteínas, ou formando ésteres de baixo peso molecular das enzimas, ou fosfatos de nucleotídeos (o ATP e ADP), bem como na respiração e assimilação de CO_2 . Pode estar, também, nas fases minerais de rochas e solos, que contém fósforo adsorvido e em complexos inorgânicos como argilas e hidróxidos férricos; ou ainda associado e adsorvido à diversas formas de partículas orgânicas mortas e materiais inorgânicos. Portanto a associação ou complexação do fósforo à matéria orgânica torna-o indisponível a assimilação, WETZEL(1981).

Segundo OLSEN(1966), apud MORAES (1978), o fósforo na natureza esta sempre sob a forma de fosfatos, existindo dois grupos principais em ambientes aquáticos :ortofosfatos inorgânicos e polifosfatos orgânicos dissolvidos e sestônicos excretados por algas e liberados principalmente durante a autólise, ou excretados pelo zooplâncton. Os polifosfatos orgânicos são colocados novamente à disposição como ortofosfatos através de bactérias ou enzimas extracelulares, as fosfatases alcalinas de origem vegetal, animal ou bacteriana. A ausência de ortofosfatos dissolvidos na água não tem significado senão como indicador de que o fósforo se encontra sob forma momentaneamente

bloqueada, quer na forma viva ou não viva, no plâncton ou no sedimento, sendo considerado que somente a medida do fosfato total presente pode ter significado.

Segundo GOLDMAN & HORNE(1983), três formas de fósforo são normalmente quantificados nos sistemas aquáticos: fosfato dissolvido(PO_4^-), fósforo total dissolvido e fósforo particulado. Porém somente o fosfato dissolvido pode ser utilizado diretamente para o crescimento do fitoplâncton e das plantas, sendo por isso chamado de fósforo reativo. Tanto o fósforo total dissolvido quanto o particulado dependem de transformações para tornarem-se utilizáveis.

O fósforo inorgânico solúvel é sempre pouco abundante, constituindo -se somente numa pequena porcentagem do fósforo total sendo reciclado rapidamente nas zonas de utilização epilimnéticas. Segundo ESTEVES (1988), em lagos tropicais , devido a alta temperatura, o metabolismo dos organismos aumenta consideravelmente, fazendo com que o ortofosfato seja ainda mais rapidamente assimilado e incorporado à biomassa. Este pode ser um dos principais motivos pelos quais nestes lagos, excetuando-se os eutrofizados artificialmente, a concentração de ortofosfato é muito baixa.

▷ O aporte de fósforo para os rios, lagos e represas vem aumentando consideravelmente nos últimos tempos, em consequência do uso frequente de produtos fosforados pelo homem, da recuperação ineficaz do fósforo para insúmos agrícolas, com fins industriais , em produtos de uso doméstico e no lançamento de esgotos no meio aquático. Além disto, naturalmente há enriquecimento de fósforo nas águas através dos excretas animais, decomposição , bioturbação,

refornecimento direto do sedimento, entrada pelos afluentes, precipitação de material particulado presente na atmosfera, decomposição de origem alóctone, e segundo CALIJURI (1988), o fósforo adsorvido em partículas inorgânicas.

Quando o fósforo entra nos corpos d'água, uma parte é utilizada pelos organismos, outra abandona o sistema pelos emissários e uma grande parte pode ser precipitada no sedimento, sendo que em muitos casos este fósforo não mais retorna ao metabolismo límnic.

Segundo ESTEVES (1988), o sedimento é um dos compartimentos dos sistemas aquáticos, que reflete os principais processos que ocorrem nesses ecossistemas, pois acumula informações de ciclagem de nutrientes e de fluxos de energia.

Segundo OHLE (1964) apud TRINDADE (1980), os estudos dos sedimentos lacustres em geral e sobretudo no que diz respeito a sua composição química são muito importantes para a compreensão da dinâmica de lagos em seu aspecto global, pois funcionando como um reservatório de nutrientes, desempenham um papel indispensável na produtividade dos mesmos. Ainda segundo a autora, vários pesquisadores citam que os sedimentos além de servirem de importante fonte de nutrientes para o lago, são também muito importantes pois servem de substrato aos organismos bentônicos, que exercem um profundo efeito sobre a matéria orgânica e sobre a alteração das propriedades físicas e físico químicas dos mesmos.

O sedimento não é somente um depósito de material removido de oceanos e de águas doces. O fluxo de constituintes dos sedimentos para a água e vice-versa é importante no controle da composição dos

sistemas. As reações que ocorrem no sedimento consistem em reações bióticas e abióticas que fazem com que ele tenha grande significância nas águas, STUMM & MORGAN (1981).

O sedimento constitui-se de partículas sólidas separadas por líquido preenchedor de espaços intersticiais, sendo melhores entendidos do que a água em consideração ao ciclo do fósforo, porque no sedimento existe somente uma camada ativa: o sedimento-água de interface, GOLDMAN & HORNE (1983).

Os intercâmbios através da interface do sedimento estão regulados por mecanismos associados com os equilíbrios minerais, água, processos de adsorção (principalmente intercâmbio de íons), interação de redox dependentes e a quantidade de oxigênio, atividade de bactérias, fungos, plâncton e invertebrados, WETZEL (1981).

Vários fatores físico-químicos interferem na precipitação e imobilização do íon fosfato do ambiente, destacando-se entre eles a concentração dos íons ferro, alumínio, sulfeto, compostos orgânicos e carbonatos, pH e condições de óxido-redução.

Entre todos os íons que interferem na precipitação do fosfato, os de ferro têm o papel mais importante, e a ação dos íons de ferro sobre a dinâmica do fósforo depende do seu estado de oxidação, que por sua vez depende da concentração do oxigênio e do pH do meio. Segundo MARGALEF (1983) em condições de menor acidez das águas, como na maioria das águas continentais, a maior parte dos íons férricos encontram-se precipitados ou complexados na forma de hidróxido de ferro, podendo adsorver espécies de fosfato em sua superfície precipitando-as no

sedimento. As reações do fósforo e do ferro são reversíveis, podendo ocorrer em pH ácido a liberação dos dois.

O oxigênio por sua vez, também possui seu papel de controlador das concentrações de fósforo que são liberadas do sedimento para a zona sobrejacente e vice-versa. Assim, quando a interface sedimento-água está em condições de oxigenação, o fosfato fica preso no sedimento; caso contrário, em condições de anoxia, o fosfato passa rapidamente para a água sobrejacente.

Segundo YUFERA & DORRIEN (1973), os íons presentes no solo são de três tipos: diretamente disponíveis, indiretamente disponíveis e indisponíveis. Os solos possuem a capacidade de intercâmbio iônico que depende da sua composição, principalmente das argilas e matéria inorgânica. Os cátions que participam do intercâmbio iônico são por exemplo o Fe, Mn, Mo, entre outros, estando estes fixados ao solo e indiretamente disponíveis, necessitando de alterações nas condições do meio para tornarem-se disponíveis. Entre os ânions que podem intercambiar-se, os mais importantes são os íons fosfato, nitrato e molibdato, necessitando das mesmas condições dos anteriores para tornarem-se disponíveis. Como já foi dito anteriormente, o pH e as condições de óxido-redução relacionam-se diretamente com o intercâmbio iônico.

Segundo WETZEL(1981), tem sido dada atenção particular ao comportamento do nitrogênio e do fósforo nas camadas mais profundas dos lagos, como etapa crítica para regulação de seu ciclo. Seu tempo de permanência elevada no sedimento faz com que este possa ter uma função reguladora importante, possuindo especial relevância o

fósforo que forma compostos insolúveis cujo lugar de acumulação é evidentemente o sedimento.

Por causa da grande importância do fósforo como nutriente que acelera muitas vezes a produtividade das águas e gera crescimento excessivo de plantas, tem -se dado muita atenção ao conteúdo de fósforo nos sedimentos e seus movimentos, já que a quantidade desse elemento encontrado na água é muito inferior à encontrada no sedimento.

Levando-se em consideração a produtividade, e considerando-se que a principal consequência da precipitação do íon fosfato, é a sua exclusão definitiva ou temporária da circulação, (com multiplas implicações sobre o metabolismo do ecossistema aquático), ocorre a redução da mesma. Por outro lado, pensando-se na eutrofização, temos o fósforo como principal responsável pela mesma e a sua ocorrência em poder do aporte de fósforo. O sedimento funciona então como um sistema tampão que impede com que haja uma fertilização da água pelo fósforo ocasionando assim a eutrofização, ou então dependendo das condições do sistema tais como ph e oxigênio, pode funcionar como liberador de grandes quantidades de fósforo para a água, o que acaba por contribuir com o aumento da produtividade e consequente eutrofização do sistema.

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos :

-Fornecer informações de algumas etapas do ciclo do fósforo na represa de Barra Bonita., no que se refere a algumas das suas propriedades químicas, com o intuito de contribuir para o conhecimento básico e o uso racional da mesma.

-Determinar as várias formas de fósforo encontradas na água represa de Barra Bonita.

-Determinar as várias formas de fósforo existentes no sedimento da represa de Barra Bonita.

-Determinar experimentalmente qual a quantidade de fósforo liberado para a água quando o ambiente tende à anoxia.

-Quantificar o estoque de fósforo e ferro existente no sedimento.

-Determinar a importância do sedimento como fator de manutenção de um estoque de nutrientes (fósforo e ferro)

-Utilizar metodologias que não são rotina no laboratório, contribuindo assim num avanço metodológico que forneça subsídios para o melhor entendimento do ciclo do fósforo em sistemas aquáticos.

-Constatar a eutrofização da represa

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reservatório de Barra Bonita é o primeiro de uma série situados no Rio Tietê, localizado a 22° 29'S e 048° 34'W a uma altitude de 340 metros. O seu volume é de aproximadamente 22 x 10⁶m³.

A represa de Barra Bonita, insere-se na bacia do Médio Tiête superior, entre os municípios de Barra Bonita e Igarapu, fazendo parte de um complexo de barragens situadas no rio Tiête. Foi construída com o propósito de gerar energia elétrica, mas destina-se à múltiplos fins, tais como: transporte fluvial, irrigação, piscicultura, recreação, abastecimento e usos pelo complexo industrial regional. Ela é formada principalmente pelo represamento dos rios Tiête e Piracicaba, além de vários outros tributários menos volumosos(Figura 1).Este reservatório é muito importante para a operação de cinco outros sistemas situados a jusante, uma vez que regula o fluxo de água, consequentemente a entrada de nitrogênio e fósforo e o inóculo de fitoplancton para outros reservatórios.As causas de eutrofização deste reservatório são o lançamento de grandes volumes de descargas domésticas e industriais dos dois principais rios

A represa conta com mudanças sazonais pouco pronunciadas, sendo as diferenças mais nítidas entre o verão(época de maior precipitação), e o inverno(período seco com chuvas escassas).

O reservatório possui uma saturação de oxigênio relativamente alta(70-90%) e isto é suficiente para manter o sedimento

como um reservatório de fosfato férrico precipitado. Numa série de reservatórios, o primeiro funciona como um acumulador de nutrientes, sendo que no caso do fósforo este permanece no sedimento pela turbulência.

A bacia de drenagem de Barra Bonita é constituída predominantemente por latossolo roxo, de textura argilosa. A vegetação predominante na região é a monocultura intensiva de cana-de-açúcar, inclusive ao redor de toda a represa. A região conta ainda com a presença de uma das maiores usinas de álcool do mundo, e que despeja uma grande quantidade de resíduos no rio Tietê causando grandes impactos ecológicos.

O reservatório de Barra Bonita, possui profundidade média de 10.2m, área inundada de 324.84km² e perímetro de 525km. O corpo central da represa possui aproximadamente 35km de distância da barragem até o encontro entre os dois principais tributários (Tietê e Piracicaba).

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do trabalho, utilizamos água da superfície, da interface (entre o sedimento e a água sobrejacente), água livre do sedimento e sedimento, bem como um experimento, no qual coletamos dois “cores” preservando as condições locais, para tentar elucidar a liberação do fósforo para o ambiente quando este tende a anoxia.

Com o sedimento coletado com core, realizamos um experimento com a finalidade de medirmos qual a quantidade de fósforo e ferro que são liberados para a coluna d'água quando o ambiente tende à anoxia. O método utilizado foi baseado em FUKUHARA et al (1985), SAIJO et al (1985) e SAIJO et al (1987).

As coletas foram realizadas nos dias 29, 30 e 31 de julho de 1992, com o auxílio de um mapa (Figura 1) no qual, foram determinados aleatoriamente, 30 pontos de amostragem, sendo 19 às margens do corpo principal da represa (pontos 1,2,3,4,5,6,7,10,12,13 e 20) e nos tributários principais (pontos 8,9,14,15,16,17,18 e 19), 3 no eixo central longitudinal (pontos 11, 21 e 22), e 8 de margem à margem na maior largura da represa em forma de um transecto (pontos de nº 23 à 30). Os pontos localizados no transecto possuíam aproximadamente 750m de distância um do outro, e os outros ao redor da represa apresentaram cerca de 5000m de distância entre si.

Nos tributários principais as amostras foram coletadas em dois pontos: na fase de rio (determinada segundo o perfil de temperatura), ou

desembocadura adentro do braço, e na fase onde o braço encontrava o corpo central da represa.

Em cada ponto foi coletada água da superfície, com o auxílio da garrafa de Van Dorn e do fundo(água de interface), com o auxílio de uma garrafa especial de fundo chato , para determinação de nutrientes, oxigênio dissolvido, ph, condutividade, e potencial redóx. O sedimento foi coletado com auxílio da Draga de Eckman, com a finalidade da determinação de fósforo de diferentes maneiras.

Em todos os pontos foi feito um perfil de temperatura.

As amostras de água para análise de nutrientes, foram acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas para posterior análise no laboratório.

O oxigênio foi fixado no campo e determinado no laboratório segundo metodologia clássica de Winkler(modificada), descrito por GOLTERMAN et al (1978).

O ph foi medido através de um potenciômetro da Methrom; a condutividade através de condutivimetro Digimed, de leitura direta em $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e, o potencial redóx, com o auxílio de um potenciômetro da Micronal, e um eletrodo de platina combinado, segundo metodologias descritas por GOLTERMAN & CLIMO (1969).

O perfil de temperatura na coluna d'água, foi obtido através da utilização de um termistor Toho Dentam.

No laboratório, foi feita a extração da água livre contida no sedimento molhado, através de centrifugação, descrita por EMERSON(1976), BOSTRON & PETERSON(1982), entre outros. Essa técnica consiste na separação da água livre do sedimento da parte sólida

através da utilização de uma centrífuga, com a finalidade de analisar os nutrientes contidos nesta fase. A centrífuga utilizada foi a modelo k26D, da VEB-MLW.

Após extração da água contida no sedimento, o mesmo foi deixado para secar no tempo. Logo após ele foi macerado e passado em peneira de 100 “mesh” para destorroamento e homogeneização da amostra, que posteriormente foi utilizada para as análises dos conteúdos de fósforo e ferro nela contidos.

Uma parte do sedimento seco e destorroadado foi utilizado para análise da matéria orgânica total, segundo metodologia descrita em KUFEL (1976) e MORENO (1987), e que consiste em incinerar o sedimento à 550 °C e pesá-lo, obtendo-se por diferença a porcentagem de matéria orgânica total.

Os “cores “ trazidos foram acondicionados em laboratório para a realização do experimento de anoxia (figura 2).

Dois cores (réplicas) de acrílico, de 2m de comprimento e 3 polegadas de diâmetro, foram utilizados para experimentação. Ambos possuíam aproximadamente 0.5m de sedimento, e 1.5m de água sobrejacente coletados num ponto central da represa (ponto 21). Neles foram feitos furos em linha diagonal, fechados com silicone para permitir a retirada de amostras sem perturbação do sistema.

Nos cores, vedados com rolhas, foram introduzidos cânulos finos, até a interface sedimento-água, que levavam gás nitrogênio puro com a finalidade de abaixar a concentração de oxigênio na água. Isto foi feito de forma que o sistema ficasse fechado, para não permitir a reentrada de oxigênio. No decorrer do experimento, retiravam-se

amostras para análise da quantidade de oxigênio, fósforo, ferro e potencial redox da água, segundo metodologias descritas anteriormente.

Um galão contendo água do fundo, do mesmo local onde foram coletados os cores, foi mantido sobre as mesmas condições experimentais, para que servisse não somente como padrão e controle, mas também para completar a água que era retirada dos cores para as análises, de forma que o volume permanecesse sempre o mesmo.

Um erlenmeyer contendo água destilada foi colocado como etapa final do sistema, para controle da quantidade de nitrogênio que estava sendo injetada; assim, o mesmo borbulhamento do primeiro tubo ou core deveria ser mantido até o erlenmeyer, ou seja a pressão deveria estar equilibrada e expulsar uma mesma quantidade de gás que entrava no experimento.

O experimento foi mantido no escuro desde o início até o final.

O principal motivo pelo qual optou-se pelas metodologias descritas a seguir, foi o fato destas serem as utilizadas rotineiramente pelo laboratório de solos da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP de Ribeirão Preto, setor de geologia.

Quanto ao experimento realizado, as dificuldades existentes referiram-se a pouca literatura encontrada sobre o assunto, o que provocou a ocorrência de certos erros, corrigidos posteriormente, com o auxílio de comunicações pessoais de docentes, porém a maior dificuldade durante a realização do experimento foi quanto a obtenção da anoxia, mas verificou-se que mesmo quando o ambiente não está

totalmente anóxico, ocorre a liberação de fósforo para a coluna d'água, o que acredito tenha validado o, propósito do experimento.

Toda forma de fósforo presente nas águas naturais, quer na forma iônica, ou na forma complexada encontra-se sobre a forma de fosfato. Já no século passado, havia grande número de dados sobre a concentração e distribuição de fosfato em águas continentais. Os métodos de quantificação utilizados, no entanto, eram pouco sensíveis e como consequência, muitos sistemas tidos como livres de fosfato, apresentavam-no em baixas concentrações. Atualmente, os métodos disponíveis para determinação estão aperfeiçoados à ponto da detecção deste íon mesmo em águas com concentrações inferiores à 10ug/l, GOLTERMAN et al (1978).

O fosfato inorgânico e o fosfato total dissolvido contidos na água, foram analisados segundo método descrito por STRICKLAND & PARSONS(1960), que consiste no princípio de permitir a reação do fósforo com os íons antimônio e molibdato, formando através de uma reação de redução um complexo azul quantificável espectrofotometricamente. O fósforo total ou particulado, foi analisado segundo método de VALDERRAMA (1981), que consiste no princípio de submeter a amostra à uma digestão com um reagente de oxidação, e posterior reação com os mesmos íons descritos acima.

O ferro ferroso e o ferro férrico contidos na água foram analisados segundo método descrito por MACKERETH et al (1978), que consiste no princípio da reação dos íons de ferro com o redutor cloridrato de hidroxilamina e posterior reação dos mesmos com 2.2 bipyridina que produz uma coloração alaranjada, quantificável espectrofotometricamente.

O ferro total foi quantificado segundo metodologia da CETESB (1978) que consiste no princípio de redução do ferro com o redutor cloridrato de hidroxilamina e posterior reação com uma solução tampão e um indicador, a ortofenantrolina.

Segundo TUNDISI(1988), a interface sedimento-água tem características extremamente importantes nos reservatórios, uma vez que pode funcionar como sistema regulador da concentração de nutrientes inorgânicos e íons na água, através de processos químicos e bioquímicos.

As formas de fósforo e ferro encontradas na água de interface, foram analisadas segundo as metodologias descritas acima.

As formas de fósforo e ferro contidos no sedimento seco, serão analisadas segundo o que segue:

1-Água livre do sedimento, extraída através da centrífuga e quantificada através das metodologias descritas acima para análise das águas.

2-Água coloidal, extraída com ácidos fracos. As partículas mais finas da argila são partículas coloidais, tendo menos de 0.2 μ de diâmetro médio, e podendo formar suspensões coloidais quando em contato com a água. O fósforo e o ferro aí existem em quantidades variáveis e geralmente altas, porém, na maioria dos casos só uma pequena fração corresponde à formas assimiláveis. A fração mais útil é a intercambiável, que é a que equivale aproximadamente àquela que é extraída com ácidos fracos e é facilmente reduzida YUFERA & DORRIEN(1973).

Para extração desta fase do sedimento utilizamos metodologia descrita por VETTORI(1969), que consiste em:

2.1- soluções:

A- solução extratora (ácido sulfúrico 0,025N +ácido clorídrico 0,050 N)-consiste em diluirmos à 10 litros de água, 6.9 ml de H_2SO_4 concentrado e 43 ml de HCL concentrado, (ambos produtos p.a.)

B- solução de molibdato de amônio diluída-juntar 2 gramas de subcarbonato de bismuto e 150 ml de ácido sulfúrico à 500 ml de água destilada.A esta solução , adicionar uma outra preparada dissolvendo -se 20 gramas de molibdato de amônio em 200 ml de água destilada.Depois de misturar as duas soluções completar o volume para 1 litro.Esta solução deverá então ser diluída na proporção de 300 ml da mesma para 700 ml de água destilada.

C- solução padrão de fosfato(50 ppm de P)-dissolver 0.2195 gramas de KH_2PO_4 em 1 litro de água destilada.Preparar posteriormente soluções contendo 1ppm, 2ppm, 4ppm de P para curva padrão.

2.2 procedimento:

Agitar 10 gramas de sedimento seco com 100 ml de solução extratora (A),durante 5 minutos,filtrando posteriormente.Em seguida,para analise do fósforo, à 5ml do filtrado, juntar 10 ml de solução de molibdato de amônio diluído (B),e em seguida, juntar 1 pitada de ácido ascórbico em pó(+/- 30 mg) ,homogeneizando, e depois de meia hora até duas horas depois ler em espectrofotometro.Comparar os valores obtidos com padrões feitos à partir de soluções padrão de valores conhecidos(submetidas ao mesmo tratamento das amostras) que poderão nos fornecer uma curva padrão feita através de regressão linear.

3-Água coloidal extraída com ácido forte. O ataque sulfúrico das amostras é feito visando a obtenção de resultados rápidos e

indicativos da composição da fração argila dos solos que está indisponível à assimilação, contrariamente ao caso anterior, onde dependendo das condições do meio, a fase coloidal pode ser assimilável. BRAID & VALADARES(1973).

Para extração desta fase, utilizamos metodologia descrita por VETTORI(1969), que consiste em:

3.1 soluções:

A- ácido sulfúrico de peso específico 1.47- obtido através da mistura de 1 litro de ácido sulfúrico concentrado, p.a., a 1130 ml de água destilada. Após o resfriamento total verifica-se o peso específico com a ajuda de um densímetro, sendo admitido para fins práticos que o mesmo se situe entre 1.46 e 1.48, devendo ser acertado com água ou ácido quando estiver fora da faixa.

B- 1.10 fenantrolina 0.25%- diluir 0.25 gramas de 1.10 fenantrolina em 100 ml de água destilada.

C- citrato de sódio 25%-diluir 25 gramas de citrato de sódio em 100 ml de água destilada.

D-solução padrão de ferro (100 mg de Fe_2O_3 por litro)- dissolver 0.491 gramas de $Fe_2SO_4(NH_4)_2.6H_2O$ em água destilada e acrescentar 1ml de ácido sulfúrico 1:1 completando o volume para 1 litro.

E- solução sulfomolibídica- passar 2 gramas de subcarbonato de bismuto para um balão volumétrico de 1 litro, com 500 ml de água destilada, acrescentando 150 ml de ácido sulfúrico concentrado. Após esfriar, acrescentar 20 gramas de molibdato de amônio previamente dissolvido em 200 ml de água destilada e completar o volume para 1 litro.

3.2 procedimento:

Colocar 2,0 gramas de terra , ou no caso sedimento seco ao ar em um erlenmeyer de 500ml ou balão de fundo chato de 250 ml, juntando à amostra , 50 ml de H_2SO_4 de peso específico 1.47 e ferver durante uma hora. Esfriar e adicionar +- 50ml de água destilada filtrando em seguida com o cuidado de transferir a totalidade do material insolúvel para o papel de filtro.Completar o volume do filtrado para 250ml e homogeneizar.Deste extrato sulfúrico procedem-se as análises de ferro e fósforo.

Para análise do ferro foi usado 1ml em balão de 100 ml do extrato sulfúrico, acrescenta-se água até a metade do volume e adiciona-se na ordem dada , uma pitada de ácido ascórbico(+- 30 mg), 5ml de solução de 1.10 fenantrolina à 0.25% (B) e 2 ml de solução de citrato de sódio a 25%(C), completando o volume e homogeneizando. Após 15 minutos ler em espectrofotômetro à 580 nm.A curva de calibração ou curva padrão e feita tomando-se de 1 a 8 ml da solução padrão de ferro(D).

Para análise do fósforo, tomamos uma alíquota de 5 ml do extrato sulfúrico em balão aferido de 50 ml e adicionamos 10ml de solução sulfomolibídica (E), e água destilada ate quase completar o volume. Juntar uma pitada de ácido ascórbico(+ - 30 mg), completar o volume e agitar.Após 30 minutos , ler em espectrofotômetro a 660 nm.Fazer o mesmo para os padrões contendo quantidades conhecidas de fósforo descrito anteriormente.

4-Água intersticial, ou fósforo total, adsorvida às partículas maiores do solo que não possuem a fase coloidal. Para análise dos nutrientes encontrados nesta fase, é necessário que seja feita uma

digestão, chamada de fluorização por BRAID & VALADARES(1973), e que consiste na digestão total e total solubilização da amostra .

4.1 procedimento:

Pesar 0.100 gramas da amostra seca , passada em peneira de 100 “mesh”, em cadinho de teflon(utilizamos becker de teflon),umidecer com algumas gotas de água destilada e adicionar 0.5 ml de HClO_4 (ácido perclórico)e 5 ml de HF (ácido fluorídrico). Colocar o becker em banho de areia a uma temperatura inferior a 200 oC, para que haja uma digestão branda, e quando aparecerem fumos brancos,levar à secura.Após resfriar, adicionamos 5ml de HCl 1:1(igual quantidade de HCl concentrado misturado com água destilada), 10 ml de água destilada e aquecemos no banho de areia até dissolução do resíduo.Apos resfriar novamente, passamos a solução para balão volumétrico de 200 ml, completando o volume e homogeneizando.Fazemos uma prova em branco completa.

A determinação colorimétrica do ferro foi feita tomando -se 5 ml desta solução, em balão volumétrico de 100 ml, acrescentando-se água destilada ate cerca de metade do volume , e adicionando-se uma pitada de ácido ascórbico, 5 ml de solução de 1.10 fenantrolina a 0.25% e 2 ml de solução de citrato de sódio a 25 %(soluções descritas anteriormente) .Completamos o volume e agitamos .Apos 15 minutos procedemos a leitura em espectrofotômetro a 508 nm.

A determinação colorimétrica do fósforo, foi feita tomando-se 10 ml da solução digerida em balão volumetrico de 50 ml, acrescentando-se 10 ml de solução sulfomolibdica descrita anteriormente,e água destilada ate quase completar o volume,juntando posteriormente uma pitada de ácido ascórbico,e completando-se o volume. Apos 30 minutos

foram feitas as leituras de absorvância em espectrofotômetro a 660 nm. A curva padrão foi feita tomando-se por base padrões conhecidos de fósforo, descritos anteriormente.

RESULTADOS

Os nutrientes estudados , juntamente com os dados suportes como pH, condutividade, oxigênio dissolvido, e temperatura da água são os indicadores das condições hidrológicas do ecossistema estudado, pois são interdependentes.

De maneira geral, os nutrientes da superfície, mostraram -se homogêneos(sem grandes variações) nas 30 estações escolhidas para realização do trabalho. Conforme Tabela 1, podemos observar, que o ferro total situou -se em um valor próximo a 0.5 mg/l, o nitrito próximo a 14 ug/l, o nitrato em torno de 600 ug/l, a amônia em torno de 16 ug/l, 0 fosfato inorgânico em torno de 6 ug/l, o fosfato total dissolvido próximo a 16 ug/l e o fósforo total próximo a 28 ug/l.

As outras variáveis físico químicas encontram -se na Tabela 2 . A variação do oxigênio dissolvido nos 30 pontos na superfície foi de 8.38 mg/l (sendo este o menor valor encontrado e referente ao ponto 16; braço do rio que desemboca no corpo central da represa), até 16.13 mg/l (valor esse encontrado no ponto 29, que constitui o penúltimo ponto do transecto do corpo central da represa). O pH, variou de 7.9 a 9.3, o que caracteriza águas ligeiramente básicas. A condutividade variou de 164uS/cm a 192uS/cm , e o potencial redox de 140mV a 157mV.

Os perfis de temperatura dos trinta pontos podem ser vistos nas Figuras de números 3 ate 17, sendo que a maior temperatura de 24 °C foi encontrada no ponto 16, e a menor de 16.4 °C encontrada no ponto

14, que são braços de rio que desembocam na represa constituindo-se de locais de profundidade máxima de 1.5 metros rico em macrófitas. As diferenças de temperatura encontradas nos trinta pontos foram respectivamente de: 2.5°C ,1.1°C ,1.8 °C ,3.5 °C ,0.8 °C ,0.4 °C ,0.1 °C ,0, 0.7 °C ,1.1°C ,2.9°C , 1.9°C ,2.7°C ,3.5 °C ,6.0 °C ,6.6 °C ,2.8 °C ,3.8 °C ,4.2 °C , 4.7°C ,1.3 °C,0.9°C ,1.7 °C,2.2 °C,2.6°C ,2.9°C ,2.9°C ,2.8°C ,3.1°C ,2.8 °C . De maneira geral, a distribuição horizontal da temperatura da represa não se mostrou uniforme, bem como os perfis verticais.

Quanto aos nutrientes da água de interface que encontram -se na Tabela 3, podemos notar que não existe homogeneidade nos resultados obtidos para nenhum dos parâmetros estudados, além de que os resultados encontrados possuem valores bem maiores que os resultados obtidos nos nutrientes da superfície. O ferro total possui uma variação de 0.35 mg/l até 4.88 mg/l, o nitrito de 1.13 ug/l até 15.77 ug/l, o nitrato de 90.95 ug/l até 942.14 ug/l, o nitrogênio total de 209.42ug/l até 3738.41 ug/l, a amônia de 11.09 ug/l até 155.36 ug/l, o fosfato inorgânico de 4.53 ug/l até 26.81 ug/l, o fosfato total dissolvido de 6.94 ug/l até 35.82 ug/l e o fósforo total de 24.45ug/l até 1048.42 ug/l.

Quanto aos outros parâmetros, podemos visualizá-los na Tabela 4, onde o oxigênio dissolvido possui uma variação mínima de 4.32mg/l no ponto 16, até máxima de 11.65 mg/l no ponto 13. O pH variou de 7.1 até 9.4, a condutividade de 38uS/cm até 200uS/cm e o potencial redox de 178mV até 237mV.

Os nutrientes da água livre ou água intersticial também possuíram um gradiente de variação muito grande, como podemos observar na Tabela 5: o ferro total variou de 10.99 mg/l até 121.01mg/l, o

nitrito de 10.93 ug/l até 800.04ug/l, o nitrato de 33.92 ug/l até 2667.85 ug/l, o nitrogênio total de 1519.92 ug/l até 16665.21 ug/l, a amônia de 356.88ug/l até 8433.33 ug/l, o fosfato inorgânico de 39.41 ug/l até 5740.34 ug/l, o fosfato total dissolvido de 52.26 ug/l até 5806.36 ug/l, e o fósforo total de 1111.69 ug/l até 12373.67 ug/l.

Os outros parâmetros podem ser vistos na Tabela 6 e mostram uma variação de Ph de 6.2 ate 7.7, condutividade de 172uS/cm ate 550uS/cm e potencial redox de - 314mV ate 317mV.

Passando ao sedimento, segundo a Tabela 7, podemos perceber que a quantidade de matéria orgânica existente no mesmo variou de 0.5 % até cerca de 20% de matéria orgânica ao longo dos 30 pontos de coleta, sendo que a menor quantidade foi encontrada no ponto 10 (ponto esse que se caracterizou por possuir grande quantidade de areia) e a maior quantidade de matéria orgânica, foi encontrada no ponto 14 (que e um braço de rio que entra na represa e encontra-se repleto de macrófitas).

Quanto aos nutrientes encontrados no sedimento(Figs 19 a 33), em extração feita com acidos fracos, Tabela 8, obtivemos valores de fósforo variando de 44.934 ug/l no ponto 10 ,arenoso ,até um máximo de 283.355ug/l no ponto 2.

As outras duas digestões uma sulfúrica e a outra fluorídrica, caracterizam formas de fósforo e ferro que não mais retornarão ao metabolismo límnico .

Na digestão sulfúrica, Tabela 9, obtivemos valores de ferro (Fe_2O_3), variando de 0.2 mg/l no ponto 10 e 13, até 17.223 mg/l no ponto

4. O fósforo variou de 35.19 ug/l no ponto 10 até 2943, 09 ug/l no ponto 11.

Quanto a fluorização (Tabela 10) que dissolve totalmente a amostra, encontramos valores de ferro variando de 0.179 mg/l no ponto 10 , até um máximo de 51.331 mg/l no ponto 18 e com relação ao fósforo, encontramos um mínimo de 572.368 ug/l no ponto 10 até um máximo de 8967.105 ug/l no ponto 11.(Fig. 18)

O experimento de anoxia (Tabela 11), mostrou-nos o abaixamento de oxigênio dissolvido num periodo de 8 dias, no qual conseguimos um mínimo de de 0.71 mg/l de oxigênio e uma liberação de fósforo que inicialmente possuía valores de fosfato inorgânico equivalente a 5.62 ug/l, fosfato total dissolvido a 24.02 ug/l, e fósforo total equivalente a 80.52 ug/l, aumentando para valores de fosfato inorgânico equivalente a 82.72 ug/l, fosfato total dissolvido a 106.01 ug/l, e fósforo total equivalente a 354.56 ug/l.(Fig.34)

DISCUSSÃO

Segundo ESTEVES(1988), o sedimento pode ser considerado como o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais pois neles ocorrem processos biológicos , físicos e químicos que influenciam o metabolismo de todo o sistema.

Existem várias proposições para a classificação dos sedimentos límnicos.Uma das mais aceitas, foi proposta proposta por NAUMAN (1930) apud ESTEVES (1988).Segundo o autor, o sedimento lacustre pode ser de dois tipos:orgânico e mineral.

O sedimento orgânico, é aquele com elevado teor de matéria orgânica, devendo apresentar a concentração da mesma superior a 10% do peso seco.O sedimento mineral é caracterizado pelo baixo teor de matéria orgânica, ou seja , menos de 10% do peso seco.

Além disso ,segundo o autor,no sedimento existem duas camadas: uma recente ou biológica e outra permanente.A primeira camada encontra -se em contato direto com a coluna d'agua e possui maior concentração de matéria orgânica sendo biologicamente mais ativa, e a segunda que fica abaixo da recente, apresenta teor de matéria orgânica mais baixo e estrutura mais consolidada, o que implica em atividade biológica mais reduzida podendo as reações químicas serem mais intensas

em relação à solubilização de íons. Parece então haver uma relação entre a quantidade de matéria orgânica e a quantidade de nutrientes ou íons no sedimento.

Segundo MORAES (1991) apud FERREIRA (1993), a estrutura do solo através do arranjo de partículas influencia a distribuição dos poros e conseqüentemente, a retenção de água. A matéria orgânica afeta diretamente a retenção de água devido a sua natureza e sucessivas adições ao solo podem alterar suas características de retenção de água.

FERREIRA(1993), estudando varias amostras de áreas de várzea na amazônia central, entre as quais algumas mais arenosas, verificou que existe nessas áreas uma menor capacidade de reter água. Em nosso trabalho, apesar de não verificarmos experimentalmente a maior quantidade de areia através de cálculos, através da matéria orgânica que nos mostrou lugares mais arenosos, podemos observar que há uma menor quantidade de nutrientes. O autor ainda cita que o comportamento das concentrações de fósforo assimilavel e total encontrados nos locais encontrados entre o rio Paraná e os lagos, tenderam a diminuir os seus valores no sentido dos lagos, possivelmente tendo ocorrido nas proximidades desses os processos de liberação deste nutriente considerando o comportamento da acidez potencial aumentar nesse sentido, indicando que na zona litorânea os processos de oxido - redução são mais intensos do que na zona pelágica. Os resultados de matéria orgânica foram baixos apresentando relação inversa ao comportamento do calcio, magnésio, fósforo assimilavel e total.

Segundo TUNDISI et al (1984), entre outros autores, o oxigênio dissolvido em lagos de varzea geralmente apresentam no

epilímnio, condições favoráveis e no hipolímnio depleção; talvez, seja esse o fato que caracterize a discordância entre resultados obtidos pois, para a represa de Barra Bonita, verificamos um processo quase que contrário ao anterior já que os maiores valores das formas de fósforo foram encontrados justamente nas zonas pelágicas seguido das zonas litorâneas, em conformidade com a quantidade de matéria orgânica. O autor (op cit) salientou que os resultados de matéria orgânica de seu trabalho, foram baixos, e apresentaram uma relação inversa ao comportamento do cálcio, magnésio e do fósforo assimilável e total.

No presente trabalho, parece que encontramos ao redor da represa os dois tipos de sedimento; tanto o sedimento mineral, encontrado nos pontos 1,2,3,4,5,7,10,12,13,15,18,19,21,23,e30, caracterizado por possuir uma menor quantidade de matéria orgânica, quanto o sedimento orgânico, caracterizado por possuir uma maior quantidade de matéria orgânica, encontrado nos pontos 6,8,9,11,14,16,17,20,22,24,25,26,27,28,e29, pontos centrais da represa, ou braços de rios que desembocam na represa e apresentavam-se com grande concentração de macrófitas e por consequência com maior quantidade de matéria orgânica.

Relacionando a matéria orgânica do sedimento com a água sobrejacente ao mesmo, notamos que há uma tendência ao aumento da concentração de oxigênio dissolvido onde existe menor quantidade de matéria orgânica, e o contrário, menos oxigênio dissolvido onde existe mais matéria orgânica, devido a ocorrência de uma maior utilização do mesmo para a decomposição no segundo caso; assim, onde há 0.7% de matéria orgânica(ponto 13), temos uma grande concentração de oxigênio

(11.65 mg/l), em contrapartida temos menores taxas de oxigênio exatamente onde há maior quantidade de matéria orgânica (pontos 8, 16, 20 entre outros).

Outro fato que parece estar sendo evidenciado com os resultados obtidos é com relação ao enriquecimento de matéria orgânica no sedimento conforme adentramos aos afluentes, assim a maior quantidade de matéria orgânica encontrada foi a do ponto 14, seguido do ponto 16, 8 e 18., talvez pelo fato dos mesmos abrigarem grande quantidade de plantas aquáticas.

Os nutrientes e o oxigênio dissolvido da superfície apresentaram-se sem nenhuma grande ou brusca variação. Quanto aos nutrientes encontrados na interface não podemos supor nenhum tipo de relação uma vez que a garrafa utilizada provocava uma espécie de mistura quando pousava sobre o sedimento, o que deve ter acarretado uma resuspensão dos nutrientes até então isolados no sedimento e que fazem parte da água livre do sedimento.

A distribuição de espécies fosfatadas na represa não possui uma variação espacial, já que os valores dos nutrientes da superfície mostraram -se bastante homogêneos., ou seja, pelas pequenas variações existentes entre esses parâmetros pode-se imaginar a homogeneidade da represa no sentido horizontal nos dias em que foram realizadas as coletas.

ESTEVES(1988) cita que , a fração particulada do sedimento constitui a principal fonte de energia para microorganismos e organismos bentônicos. Geralmente em ambientes com alta produção primária ou naqueles que recebem grande quantidade de material orgânico alóctone, a fração particulada é composta principalmente por material orgânico. Por

outro lado, em lagos de baixa taxa de produção primária, a matéria particulada predominante é inorgânica.

Segundo BORDOVSKIY(1965) apud TRINDADE (1980), o pH dos sedimentos está na dependência não somente da quantidade e qualidade de matéria orgânica, mas também de outros fatores como redução de sulfatos e intemperização dos silicatos e aluminossilicatos das rochas e solos alcalinos. Todos esses fatores refletem integralmente na distribuição caprichosa dos valores de pH no interior dos sedimentos, embora a despeito de alguns desvios haja usualmente a evidência do pH aumentar quando se aproxima do sedimento.

A existência de diferenças entre os valores obtidos para o pH da água e o do sedimento foi também constatada nesse trabalho. Comparando-os, vemos que o sedimento é um pouco mais ácido do que a água, já que os valores de pH registrados para o sedimento são um pouco mais baixos que os registrados para a água.

A fração formada pela água intersticial(água livre no nosso trabalho), é de fundamental importância para a produtividade do ecossistema aquático ,isto porque, a coluna d'água sofre um processo constante de enriquecimento de nutrientes, que se difunde a partir da água intersticial onde se encontram em concentrações mais elevadas. Vários pesquisadores, entre eles BOSTROM & PETTERSSON (1982), JENSEN et al (1992) SOMERS et al (1970), têm mostrado que a água intersticial apresenta concentrações de nutrientes muitas vezes superior àquela apresentada pela coluna d'água.

ESTEVES (1988) , encontrou para a represa de Três Marias, um valor médio de condutividade elétrica de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na coluna d'água

contra um valor médio de 265 uS/cm na água intersticial o que caracteriza uma maior presença de íons nesta , contra uma menor presença de íons na coluna d'água.

Este fato também foi por nós observado, para a represa em questão já que há uma quantidade muito maior de nutrientes na água livre do que na coluna d'água, e uma variação muito maior da condutividade, de 160 até 189 uS/cm na coluna contra uma variação de 172 até 550 uS/cm na água livre, considerando-se que podem ter ocorrido problemas de amostragem com a água livre já que era preciso mergulhar o eletrodo no sedimento coletado e não no próprio ambiente.

Ainda segundo ESTEVES (op cit), considerando o sedimento como o compartimento que reflete todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático, a sua composição também deve dar indicação do seu estado trófico. O autor cita NAUMANN (1930) que diz que em lagos oligotróficos o sedimento caracteriza-se pelo baixo teor de matéria orgânica, que lhe confere a cor clara, e baixa concentração de nutrientes; em lagos mesotróficos e especialmente em lagos eutróficos, o teor de matéria orgânica e a concentração de nutrientes aumenta consideravelmente; o sedimento de lagos eutróficos é facilmente reconhecido pela cor preta e alta concentração de matéria orgânica que é uma de suas principais características.

Segundo OHLE (1976), apud ESTEVES(1988), a concentração de nutrientes da água intersticial, é mais apropriada para indicar o estado trófico dos lagos do que a concentração de nutrientes da fração particulada. A tabela a seguir , evidencia este fato, onde a concentração de fósforo total, e nitrogênio orgânico é maior em lagos

eutróficos reduzindo fortemente nos lagos mesotróficos e oligotróficos; a Represa de Barra Bonita , se comparada com os demais lagos , também deveria se incluir no estado trófico de eutrofia já que possui cerca de 3.78ppm de fosforo total e 7.10ppm de nitrogênio orgânico :

Lago	Estado Trófico	P-Total ppm	Norg. ppm
G Ploner	eutrófico	2.19	0.9
Pluss	eutrófico	1.20	1.9
Schlue	eutrófico	0.27	2.3
Stechlin	mesotrófico	0.17	0.7
Schoh	mesotrófico	0.14	0.2
Vorderer F.	oligotrófico	0.018	0.003
Barra Bonita	eutrófico	3.78	7.10

Concentração de alguns nutrientes na água intersticial de lagos temperados de diferentes estados tróficos (em ppm), segundo OHLE (1976) apud ESTEVES (1988).

Porém, em lagos tropicais, raramente a concentração de matéria orgânica e nutrientes do sedimento refletem o nível de produção do sistema. Nesses lagos, a reciclagem de matéria orgânica processa-se de uma maneira muito mais rápida do que em lagos de regiões temperadas, não permitindo o seu acúmulo no sedimento por vários períodos. Esta alta decomposição decorre das altas temperaturas (geralmente maiores do que 20°C), que normalmente são observados nesse ecossistemas. Outro fator importante para a rápida decomposição de matéria orgânica é a alta turbulência dos lagos tropicais, facilitada pelo fato de que a maioria destes lagos é pouco profundo, assim a maior parte da matéria orgânica é

decomposta na coluna d'água antes mesmo de alcançar o sedimento. Talvez a represa de Barra Bonita constitua uma excessão, pois é considerada um reservatório profundo e com entrada violenta de carga orgânica, então parece que ao menos a quantidade de nutrientes da água livre pode refletir o seu estado trófico.

ESTEVES (1988) em 1983 encontrou valores de matéria orgânica para a represa de Barra Bonita equivalentes a 4.3% do peso seco (ou 43g/Kg). No presente trabalho encontramos uma média de 9.2% (ou 92g/Kg) de matéria orgânica por peso seco de sedimento portanto, cerca de 4.9% (ou 49g/Kg) a mais de matéria orgânica do que a encontrada em 1983. E também uma média de 4.688,15ug/l de fósforo contra os 513,6ug/l encontrados pelo autor, e portanto, 4174.55ug/l a mais de fósforo que possivelmente passaram a fazer parte do sedimento nestes últimos 10 anos.

Ainda segundo o autor (op cit), as diferentes frações de fósforo, inclusive as formas incorporadas em organismos possuem um intercâmbio intensivo. O ortofosfato representa normalmente uma fração em quantidade insignificante em relação às outras formas ativas dentro do ciclo de fosfato. Podem ser observadas diferenças consideráveis no intercâmbio das frações de fósforo em dependência do estado trófico de um lago. A dinâmica do fósforo em lagos oligotróficos é maior do que em lagos eutróficos, combinada com uma concentração relativamente alta de fósforo dissolvido inativo, não disponível para os produtores. Isso significa que em lagos oligotróficos as moléculas de fósforo mudam mais frequentemente as suas formas do que em lagos eutróficos, e cada mudança de fase está combinada com uma excreção de fósforo inativo.

A liberação eletrolítica de ortofosfato ocorre essencialmente, através de fosfatases que podem estar presentes como enzimas livres na água ou ligadas nas membranas das células de organismos. A produção dessas enzimas pelo fitoplâncton pode ser interpretada como adaptação para conseguir captar reservas de fósforo não disponíveis para organismos sem essa capacidade, SHAFER (1985)

Segundo OHLE (1937) e EINSELLE (1936, 1938) apud SHAFER (1985), há um sistema denominado de armadilha de fosfato em lagos, que mostra a dependência de processos de fixação do fósforo no sedimento, da presença de oxigênio, de ferro e de enxofre. Além do ferro, o alumínio e o cálcio podem participar da eliminação do fósforo do corpo d'água. Esse processo faz parte de um sistema tampão que mantém o teor de fosfato livre em baixas concentrações (teoricamente, 1g de Fe é suficiente para fixar 0.55 g de fósforo).

MORAES (1978), cita que o sedimento não funciona somente como um reservatório fornecedor de nutrientes, mas como um controlador (silicatos) e consumidor (principalmente no caso dos fosfatos). Segundo a autora, Viner (1975) estudando o sedimento do lago George na Uganda, também constatou esse fato e contradisse vários autores como POMEROY et al (1965), OLSEN (1958), HYNER & GREYB (1970), e outros que consideravam o sedimento como um abastecedor constante de nutrientes.

Segundo SHAFER (1985), além da ligação direta do fosfato ao ferro, existem outros mecanismos que funcionam na eliminação natural de fosfato, como por exemplo, a adsorção de fosfato a partículas de hidróxido de ferro em precipitação. A sedimentação de fosfato de ferro

insolúvel e ,principalmente, do hidróxido de ferro promove a formação de um horizonte bloqueador que impede o contato direto entre o sedimento e a água. Esse horizonte representa o segundo elemento do sistema tampão de fosfato na base do ferro, evitando um reingresso do fosfato já precipitado no corpo d'água, assim permanecendo somente em condições aeróbicas.

Segundo LASERAS(1991), a liberação do fósforo é definido pelo fluxo líquido de fósforo do sedimento para água do lago, que pode ocorrer quando a solubilização e o transporte para o alto, excede a sedimentação. Uma vez que, a concentração do fósforo do sedimento é muito maior do que na água, a sua liberação pode elevar a eutrofização dos lagos. Então, a liberação interna do fósforo é um importante fator que pode ser levado em conta em modelos de predição usados para prover as bases dos programas de restauração de lagos.

Na década passada, vários artigos revisaram o conceito de liberação de fósforo (BOSTRON et al.(1982); RYDING(1985); NURNBERG(1988); JANSSON et al(1988), apud LASERAS(1991)),afirmando que diferentes mecanismos vêm sendo sugeridos como principais fatores que influenciam as razões de liberação de fósforo: condições redox, Ph, temperatura da água, mineralização, concentração de nitrato, bioturbação, efeitos das macrófitas e camada de perifiton, difusão e turbulência pelo vento e diferentes características do sedimento.

Ainda segundo o autor, EINSELE (1936, 1937 ,1938) e MORTIMER(1941,1942), foram os pioneiros a documentar a liberação do fósforo envolvendo a redução química do Fe^{+3} à Fe^{+2} , que ocorreria

em condições anaeróbias, sugerindo que a liberação do fósforo só seria significativa em lagos com águas de fundo anaeróbios e estagnados.

Segundo STUM & MORGAN (1970), somente quando as águas hipolimnéticas de um lago estão desprovidas de oxigênio dissolvido, como ocorre em muitos lagos eutróficos durante o período de estagnação, é que apresentam condições favoráveis para a redução de compostos férricos a ferrosos, de modo que os fosfatos férricos precipitados possam voltar em solução. No caso da represa em questão, apesar de existirem alguns locais em que o oxigênio dissolvido esteve em baixa saturação na água, a mesma parece comportar-se como um ambiente oxidante.

Segundo SHAFER(1985), decisivo para o balanço total de substâncias é o fato de que existem vários processos que consomem oxigênio e apenas a fotossíntese realizada pelos vegetais clorofilados, pode fornecê-lo. Assim a liberação de 0.1 mg de P corresponde a um consumo de oxigênio de 12.3 mg. Esse valor equivale ao da saturação da água a 7°C, o que significa que com essa temperatura a mineralização de uma biomassa com teor de 0.1 mg de P, é suficiente para consumir o oxigênio total do hipolímnion de um lago estratificado. O autor ressalta também a importância da temperatura para a estabilidade no balanço de oxigênio, ou seja parece que todos os fatores influenciando no corpo d'água acabam por se relacionar. No caso de lagos eutróficos, onde estabelecem-se condições deficitárias no balanço de oxigênio, no hipolímnio, durante a fase de estagnação no verão, a ausência de oxigênio e a consequente diminuição do potencial redox, bem como a presença de H₂S, provocam a transformação de ferro em forma reduzida bivalente. Ou

seja, com altas concentrações de ácido sulfídrico, há uma transformação direta do hidróxido de ferro e sulfato de ferro em pirita. Essa reação tem consequência decisiva para o balanço de fósforo: primeiro pela precipitação do ferro na forma de FeS_2 (pirita), que reduz a disponibilidade do ferro para eliminação do fósforo e em segundo pela liberação de fosfatos que encontravam-se ligados a formas insolúveis de ferro, provocando assim um enriquecimento de fósforo nas camadas profundas.

As relações entre oxigenação e liberação de fósforo parecem estar sendo evidenciadas no experimento de anoxia do presente trabalho, no qual em uma semana houve um abaixamento do teor de oxigênio dissolvido de 7.95 mg/l para 0.71 mg/l e conseqüentemente um enriquecimento das formas de ferro e fósforo na água. O fósforo inorgânico e portanto, diretamente assimilável para fotossíntese passa de 5.62 ug/l para 82.72 ug/l ; o fósforo total dissolvido passa de 24.02 ug/l para 106.01 ug/l; e, o fósforo total passa de 80.52 ug/l para 354.56 ug/l. Fato curioso foi o do ferro acompanhar a liberação do fósforo sendo que esperava-se que somente o Fe_2 ou ferroso fôsse liberado pois ele aparece em condições anóxicas como dito anteriormente. O ocorrido talvez se deva à própria realização do trabalho já que o ferro é altamente reativo e muda de forma muito facilmente. Ou seja, parece que não é necessário que haja uma anoxia total do ambiente para que ocorra a liberação de fósforo.

Segundo TUNDISI(1988), o reservatório de Barra Bonita possui uma saturação de oxigênio relativamente alta, suficiente para manter o sedimento como um reservatório de fósforo férrico

precipitado. Segundo HENRY et al (1985), apud TUNDISI (1988), o nitrogênio não constitui um fator limitante, no reservatório de Barra Bonita, enquanto que o fósforo é continuamente precipitado no sedimento, entretanto, a permanente adição de fósforo de fontes externas e o consumo do nitrato, produz como consequência, grandes florescimentos de cianofíceas capazes de fixar o nitrogênio atmosférico. Nesta represa, a liberação de fósforo do sedimento, é provavelmente muito baixa, uma vez que condições redutoras dificilmente ocorrem, sendo assim, a permanente adição de fosfato de fontes externas substitui a entrada que seria do sedimento do fundo, então, o ciclo do fósforo nesse reservatório depende da entrada externa, turbulência e padrões de circulação diurna e sazonal. O controle da eutrofização portanto para essa represa parece estar relacionado com a adição e concentração de fosfato, manutenção de turbulência e baixo tempo de residência.

Podemos também observar que existe uma relação entre o fósforo e o ferro, se levarmos em consideração os nutrientes da superfície, onde podemos perceber que o ferro total existe em pouca quantidade, assim como as três formas de fósforo, o que já era esperado pois o ferro e o fósforo devem se encontrar no sistema tampão da represa, ou seja no sedimento. Além disso, houve grande homogeneidade dos nutrientes encontrados na superfície de toda a represa, ou seja, pelas mínimas variações existentes entre esses parâmetros pode-se imaginar a homogeneidade da represa no sentido horizontal quanto aos nutrientes presentes, principalmente no caso das formas de fósforo que ainda mais apresentaram-se em concentrações muito baixas.

Já no caso da água de interface, percebemos que deixa de existir a homogeneidade supra citada, para todos os nutrientes, primeiro porque espera-se que haja realmente uma diferenciação entre essa zona que é o primeiro contato entre o sedimento e a água, e depois porque talvez possa ter ocorrido algum problema metodológico. Quando observamos a água livre, podemos entender um pouco melhor esse tal problema metodológico uma vez que qualquer distúrbio no sedimento coloca a água em contato com uma quantidade de nutrientes muitas vezes superior à encontrada somente na água.

Fato curioso é o aumento do fósforo e do ferro conforme dirigimo -nos para as camadas mais profundas da represa talvez evidenciando o fato do sedimento funcionar como um reservatório de nutrientes que sob modificação pode despejar suas reservas no corpo d'água, assim sendo por exemplo no ponto 18, encontramos 1048.42 ug/l de fósforo total na água de interface ou seja mais de 300% maior que o valor encontrado de fósforo total na superfície do mesmo ponto, e pouco inferior ao fósforo total encontrado na água livre. Este fato não deve estar relacionado com uma menor utilização pelo fitoplâncton, o qual nessa profundidade existe em muito menor quantidade que na superfície, nem a uma liberação pelo sedimento pois creio ter ocorrido algum problema mecânico do tipo a garrafa de coleta bater rapidamente no fundo muito mole ou desarmar de maneira muito brusca. O interessante do ocorrido é o fato de que qualquer perturbação do tipo mecânica pode enriquecer em demasia a água sobrejacente ao sedimento e conseqüentemente se houver circulação, a coluna d'água.

Para o oxigênio na superfície percebemos que o ponto de menor concentração do mesmo coincide com a maior temperatura (ponto 16 com 8.38 mg/l de oxigênio dissolvido e temperatura de 24 °C), porém a menor temperatura não corresponde a uma maior quantidade de oxigênio dissolvido(pontos 6, 7 , 8 e 9 com temperatura de 19.1°C e oxigênio dissolvido de 10.81, 11.17, 9.30, e 8.97 mg/l respectivamente.),talvez por estarem ocorrendo mais rapidamente a utilização do oxigênio ,devido talvez a processos internos como respiração e decomposição , entre outros ou devido a processos externos como ,por exemplo, a entrada de algum composto químico , já que os pontos são bem proximos.

Na interface observamos que a maior temperatura, corresponde a um valor alto de oxigênio (ponto 3 , com temperatura de interface de 20.1 °C, e oxigênio dissolvido de 10.02 mg/l), e a menor temperatura não corresponde ao maior oxigênio(ponto 14 com 16.4 °C de temperatura e 8.44 mg/ l de oxigênio dissolvido). O menor oxigênio na interface foi encontrado no ponto 16 (4.32 mg/l), com uma temperatura de 17.4 °C. Provavelmente na interface deva estar ocorrendo uma intensificação ainda maior de processos , já que é uma camada ativa e de menor taxa de fotossíntese nos lugares menos profundos que garanta um maior equilíbrio do oxigênio.De maneira geral então , o oxigênio não apresentou um padrão definido de comportamento , sendo que tanto na superfície quanto no fundo, não houve homogeneidade entre os valores obtidos.

A temperatura caracterizou- se pela existência de estratificação térmica em quase todos os perfis obtidos, excessão feita aos

pontos 5,6,7,8,9,21e22 nos quais a temperatura manteve-se constante desde a superfície até o fundo, ou seja em isoterma(pontos 7 e 8), ou teve uma variação muito pequena da superfície até o fundo (ponto 5- 0.8 °C , ponto 6 - 0.4°C, ponto 9- 0.7°C, ponto 21- 1.3 °C,e ponto 22 - 0.9 °C.)Nos pontos onde a zona eufótica estende -se desde a superfície até o fundo, pois são rasos, com ausência de termoclinas, pode-se considerar que o ambiente talvez estivesse quimicamente homogêneo, pois pode ocorrer também isoterma em presença de quimioclina .A presença de uma quimioclina em ambientes termicamente descontínuos e estratificados é uma importante indicação das condições ecológicas de um lago.Gradients verticais de nutrientes inorgânicos, associados a um gradiente térmico, além de indicarem as estratificações físico- químicas, também são ótimos indicadores das estratificações biológicas como as que ocorrem em lagos tropicais ,TALLING (1966) e em lagos de regiões temperadas no verão ,MACAN (1970) apud MORAES (1978).A distribuição horizontal da temperatura da represa também não se mostrou nada homogênea, talvez devido ao fato de não haver ventos na época em que foi realizada a coleta.

No caso da água de interface podemos perceber que existe uma maior quantidade de fósforo e ferro, porém existem alguns pontos com concentrações muito altas dos referidos nutrientes, como por exemplo ponto 9, ponto 15,ponto 18, e outros que tiveram uma grande alteração talvez devido ao problema da metodologia utilizada, como já foi dito anteriormente o que provocava uma mistura da água de interface com a água contida no sedimento(água livre), consequentemente aumentando os nutrientes.

Com relação á agua livre do sedimento, podemos observar um aumento dos nutrientes e atendo-se ao fósforo e ferro, podemos observar que estes aumentam até cerca de 1000% em relação aos mesmos na superfície e interface.

A água livre possui uma importante fração de nutrientes, pois estes podem estar em intercâmbio direto ou indireto com a água de interface e agua sobrejascente.(Tabela 5)

As outras formas de fósforo e ferro provenientes das extrações ,referem-se ao sedimento seco, sem a água livre.

No caso da digestão fraca, temos uma fração importante dos dois componentes pois qualquer mudança no pH da água poderia provocar a liberação dos nutrientes aprisionados nessa fase.(Tabela 8)

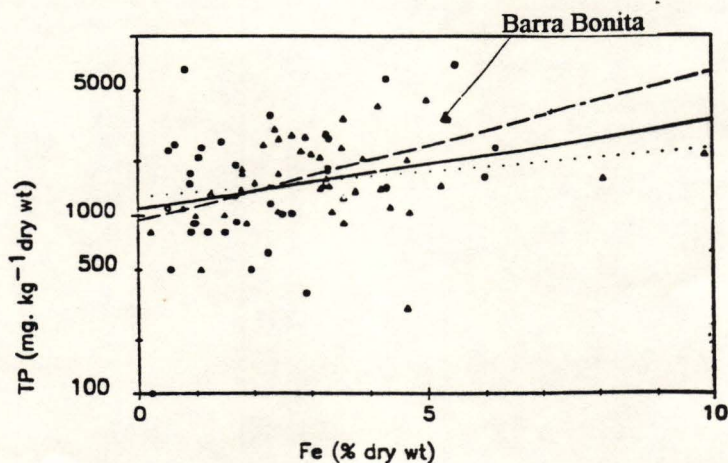
Este fato não ocorre nas outras duas fases, a extraída com ácidos fortes e a extraída através de fluorização, portanto todo fósforo e ferro contidos nesta fase formam o fósforo e ferro indisponíveis e não intercambiáveis,que ficarão para sempre no sedimento, e não mais irão retornar ao metabolismo límnico.(Tabelas 9 e 10)

Alguns pontos como os de numero 2,7,10,12,13,21 ,23,e30,demonstraram uma interferência, ou seja um resultado não esperado, pois a digestão fraca deveria ser menor que a digestão sulfúrica(com ácidos fortes), porém ocorreu o contrário, ou seja, o resultado obtido com a digestão fraca nos referidos pontos, nos deu um resultado maior do que o obtido com a digestão sulfúrica, o que pode ser considerado como alguma interferência do ácido sulfúrico, não prevista na metodologia, sobre o sedimento desses pontos que é do tipo arenoso. Ou pode indicar que em sedimento do tipo arenoso,há uma liberação

muito maior dos nutrientes com uma pequena acidificação do meio ou abaixamento de pH, pois talvez os nutrientes não passem tão facilmente para as fases indisponíveis, tornando-se então mais fácil em lugares arenosos os nutrientes voltarem a fazer parte do metabolismo límnic, podendo vir a colaborar com a eutrofização

Os nutrientes encontrados na fase que chamamos de extraídos com ácidos fortes, não mais retornarão ao metabolismo límnic, pois é preciso uma grande quantidade de ácido para que os mesmos possam ser liberados. (porém talvez fôsse interessante estudar desastres ecológicos do tipo derramamentos ácidos em rios e mares no que diz respeito à liberação de nutrientes a partir do sedimento)

A fase chamada de fluorização também constitui o fósforo e ferro indisponíveis e totais existentes no sedimento. Então estimando-se uma média de fósforo na represa temos 4688.15 ugP/l/g de sedimento , e de ferro 5.96mg/Fe/l/g, o que, segundo o grafico do trabalho de LASERAS (1991), representaria dois pontos localizados próximos à linha tracejada.



Relações entre as concentrações de fósforo e ferro em sedimentos. Círculos e linha cheia correspondem a lagos com profundidades inferiores a 10 metros ; triângulos e linha interrompida correspondem a lagos profundos.(LASERAS 1991) .

ROCHA et al.(1996), estudou o aporte de nutrientes para a represa de Barra Bonita durante um ano, e relata que a mesma recebe via tributários 53805 ton. de N e 1545 ton. de P por ano, havendo uma perda de 28740 ton. de N e 865 ton. de P por vazão, e um acúmulo anual de 25065 ton. de N e 680 ton. de P.Sendo que dos nutrientes acumulados na represa, a maior parte é perdida por sedimentação(62,38% do N e 71,39% do P), parte fica armazenada na biomassa (23,09% do N e 18,31% do P), e uma parte menor fica dissolvida na água(14,50% do N e 10,30% do P).O que é perdido por sedimentação deve compor o fósforo indisponível e o fósforo disponível do sedimento que podem ou não voltar a fazer parte do metabolismo da represa com múltiplas implicações para a mesma

Segundo MORAES (1978), o ciclo sazonal de estratificação térmica e desestratificação tem importância fundamental na regeneração de nutrientes inorgânicos e na reposição dos mesmos à zona eufótica.Em lagos rasos e turbulentos como é o caso da represa do Lobo e dos lagos do pantanal matogrossense, há uma permanente fertilização.Em lagos estratificados como os do Vale do Rio Docê, onde é encontrado um ciclo anual de estratificação e a desestratificação ocorre por resfriamento térmico não há reposição para a zona eufótica e conseqüentemente há uma limitação relativamente grande desses íons inorgânicos.O ciclo sazonal de nutrientes deve estar ,portanto, fundamentalmente relacionado com os processos de estratificação e desestratificação térmica, com os efeitos do vento e com a entrada de material alóctono no sistema.

Sendo assim , para a represa de Barra Bonita,os nutrientes das diferentes fases do sedimento também devem sofrer variações espaciais e

temporais de acordo como ciclo hidrológico, o próprio ciclo bioquímico, e os fatores externos porém diretamente relacionados com a represa.

CONCLUSÕES

O sedimento possui importante papel como aprisionador de fosfato, que dependendo das condições do meio pode voltar a fazer parte do metabolismo límnic portanto dando ao sedimento não somente o papel acima citado como também o de regulador de fósforo no ambiente aquático.

O fósforo pode ser liberado mesmo sem haver a anoxia completa do ambiente. Com uma redução na concentração de oxigênio dissolvido, a partir de 3.35 mg/l, já começa a ocorrer a liberação das três formas de fósforo (PO_4 inorgânico, PO_4 total dissolvido e P total), aumentando em cerca de 60% as concentrações do mesmo, ou seja, para a represa de Barra Bonita, sem que o ambiente se torne anóxico, o enriquecimento de fósforo na água pode acelerar ainda mais a eutrofização

Na água da represa, o fósforo apresenta -se em forma de fosfato inorgânico (média de 6.03 ug/l), fosfato total dissolvido (média de 16.12 ug/l) e fósforo total (média de 28.25 ug/l).

No sedimento, o fósforo possui as mesmas formas descritas para a água, na água livre, ou seja, fosfato inorgânico (média de 1174.93ug/l), fosfato total dissolvido (média de 1551.58ug/l), e fósforo total (média de 3790.66ug/l).

Na parte sólida do sedimento, o fósforo encontra-se de forma total, extraído de três maneiras distintas conforme sua ligação com as partículas de sedimento.

A extração com ácidos fracos representa uma média de 4.48% do total de fósforo existente no sedimento; a extração com ácidos fortes uma média de 17.24% e a fluorização, 78.28%.

De maneira geral, os valores de fósforo encontrados no sedimento foram muito superiores aos encontrados na água sugerindo que o fósforo deve estar sendo armazenado no sedimento. A quantidade de fósforo aí encontrada pode caracterizar o estoque desse nutriente no sedimento. Parece não ocorrer uma aceleração ainda maior da eutrofização, considerando-se o fato de que o fósforo funciona como fator limitante, devido ao aprisionamento do mesmo pelo sedimento.

O fato do ferro não ser encontrado na água e sim no sedimento pode caracterizar seu aprisionamento no sedimento juntamente com o fósforo e seu importante papel como precipitador desse

Encontramos no sedimento um estoque de aproximadamente 4.688 ug/l de fósforo por grama de sedimento e 5.96 mg/l de ferro por grama de sedimento.

Quando submetemos amostras arenosas à extração de fósforo com ácidos fortes, obtivemos um resultado não esperado ou seja, foi menor do que a extração com ácidos fracos. Isto parece indicar que ocorre algum tipo de interferência quando a amostra é arenosa talvez devido à maior quantidade de sílica existente.

Depois de precipitado, o fósforo pode encontrar-se de forma indisponível, não mais fazendo parte do metabolismo da represa ou

disponível, podendo vir a fazer parte do metabolismo, se houver algum tipo de interferência como abaixamento de pH, anoxia, bioturbação ou perturbação mecânica.

Qualquer perturbação do tipo mecânica pode enriquecer em demasia a água sobrejacente ao sedimento e conseqüentemente, se houver circulação, a coluna d'água

Conforme adentramos aos afluentes da represa, podemos contar com uma maior quantidade de matéria orgânica e maior quantidade de plantas aquáticas aí existentes.

A represa de Barra Bonita é um reservatório eutrófico ou talvez hipereutrófico.

PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES

Acredito que o presente trabalho tenha proporcionado algumas aberturas para pesquisas em função de perspectivas interdisciplinares de estudos da represa de Barra Bonita.

1-Talvez fosse interessante aprofundar os estudos para melhor entendimento do ciclo completo do fósforo desde sua entrada nos corpos d'água até sua exclusão definitiva ou não. Logicamente levando-se em consideração que o fósforo não é um elemento isolado e unico na natureza, então igualmente importantes são os conhecimentos do nitrogênio, carbono e vários outros elementos no que diz respeito a seus ciclos e relações com o fósforo, no sedimento, na água, no material em suspensão, nas comunidades, etc

2-Detalhar as interações sedimento/água, bem como o potencial do sedimento na retenção e controle de diversas substâncias e também as várias formas de liberação das mesmas.

3-Estudar as variações sazonais e temporais dos diferentes nutrientes e fatores físicos e suas implicações no metabolismo límnic.

4-Comparar represas de todo o complexo hidroviário do Tietê, para avaliação dos diferentes impactos á que estão submetidas as diferentes represas com relação aos nutrientes, seus acréscimos e sua possível exclusão do ambiente.

5-Estudar os efeitos de enriquecimentos artificiais, através de experimentos, e naturais de fósforo e suas implicações na composição de comunidades

6-Monitorar o fósforo e a taxa de oxigênio dissolvido, para constatação de liberações "in natura".

7- Porém talvez o estudo mais importante que deva ser realizado refere-se a continuidade do experimento de anoxia, principalmente no que diz respeito às reversões dos processos, ou seja medidas que podem diminuir a eutrofização das águas como sugere TUNDISI et al. (1993), através de mistura artificial, inativação do fósforo, inativação do sedimento ou remoção do sedimento .



BIBLIOGRAFIA

BOSTROM, R., & PETTERSSON, K. (1982). Different patterns of phosphorus release from lake sediments in laboratory experiments. *Hydrobiologia*, v 92, pp 415-429.

BRAID, B. V. & VALADARES, J.M.A.S. (1973). *Análise dos elementos maiores de rochas, argilas e solos*. Trabalho apresentado no XIV congresso Brasileiro de Ciência de solo, realizado de 16 a 23 de julho de 1973 em Santa Maria, RS. 21p.

CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos e ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. ilus.graf. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo .292p.

CETESB. (1978). *Determinação de fósforo em águas; método do ácido ascórbico, e determinação de ferro em águas; método da ortofenantrolina*. Transferência de tecnologia. NT-07. Normalização técnica, saneamento ambiental. Primeira edição.

DUSSART, B. (1966). *L'étude des eaux continentales*. Gauthier-Villars, Paris. 617p.

EMERSON, S. (1976). Early diagenesis in aerobic lake sediments: chemical equilibria in interstitial waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. v 40, pp 925- 934.

ESTEVES, F.A. (1988). *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro. Interciencia/Finep. 572p. ilus.

FERREIRA, S. J. F.(1993). *Caracterização de sedimentos e solos de dois lagos de varzea na amazônia central*. Piracicaba.111p.ilus.Centro de Energia Nuclear na Agricultura , Universidade de São Paulo.

FUKUHARA, H., TORRES, G., CLARO, S.M., MITAMURA, O., HINO,K. (1985). Release of inorganic nitrogen and phosphate from sediment of lake Carioca. in SAIJO, Y. & TUNDISI, J. G. *Limnological studies in central Brazil. Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland*.1st report. pp 91-96.

GOLTERMANN, H.L. ; CLYMO,R.S. & OHNSTAD, M.A.M. (1978). Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. IBP. Handbook n° 8. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 213p.

GOLTERMAN, H.L. & CLYMO, R.S. (1969). *Methods for chemical analysis of fresh waters*. Blackwell scientific publications. Oxford and Edinburgh. 171p.

GOLDMAN, C.R. & HORNE, A. (1983). *Limnology*. Mcgraw-Hill Book Company. 464p.

JENSEN.H.S, KRISTENSEN.P, JEPPESEN.E, & SKYTTHE.A.(1992). Iron :phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. *Hydrobiologia*.235/236:731 - 743.

KUFEL, L.(1976). The role of bottom sediments in the regulation of phosphate concentration in lakes. *Polskie Arch. Hydrobiol.* vol 23, 5-15 pp.

LASERAS.P.L.(1991). Sedimentary phosphorus dynamics in epicontinental systems : a literature review. *Oecologia aquatica*,10:113-125.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. (1978). *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Titus Wilson & Son Ltda . Kendall, 117p.

MARGALEF, R. (1983) *Limnologia* . Ediciones Omega, S.A. Platon, 26, Barcelona-6 1010p.

MORAES, E.M. (1978). *Ciclo sazonal, distribuições horizontal e vertical e inter -relações ecológicas de nutrientes na Represa do Lobo (Brotas - Itirapina)*. Instituto de Biociências , Universidade de São Paulo .153p.

MORENO, I. H., (1987). *Estudos limnológicos na represa de Três Marias MG, com ênfase no ciclo do fósforo*. Depto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos 130p.

ROCHA,O.,TUNDISI,J.G.,OISHI,M.K..(1996).*Balanço de nutrientes na represa de Barra Bonita*. VIII Seminário Regional de Ecologia PPG - ERN / UFSCAR .Projeto Temático:FAPESP, processo:91/0612-5.

SAIJO, Y. , MITAMURA, O. , BARBOSA, F.A.R., TORRES, G., CLARO, S.M. Chemical studies on sediment and sedimentation in the Rio Doce Valley Lakes. in SAIJO, Y. & TUNDISI, J.G. (1985). *Limnological studies in central Brazil. Rio Doce Valley Lakes and pantanal Wetland*, 1st report pp 157-164.

SAIJO,Y., MITAMURA, O., BARBOSA, F.A.R., HINO, K. Chemical studies on sediments and sedimentation in the Rio Doce Valley

Lakes II. in SAIJO, Y & TUNDISI, J.G.(1987). eds. *Limnological studies in Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland, Brazil*, 2nd report. pp 75-80.

SHAFFER.A. (1985).Balanço de substâncias em lagos in *Fundamentos de Ecologia e biogeografia das águas continentais*. pp 159-217.

SCHINDLER ET AL (1977), RYDING E FORSBERG (1977), BOSTROM ET AL (1982)Mass balance in SAIJO & TUNDISI (1990).*Limnological studies in central Brasil Rio Doce Valley Lakes and Pantanal Wetland*.1st report.

SOMERS.L.E,HARRIS.R.F,WILLIAN.J.D.H,ARMSTRONG.D.E, & SYERS.J.K.(1970). Determination of total organic phosphorus in lake sediments. *Limnology and Oceanography*.march.vol 15, number 2.

STRICKLAND, J. D. H. & PARSONS, T.R. (1960). A manual of sea water analyses. *Fish Res. Bd. Can.* Ottawa, 186p., (bulletin 125).

STUMM, W. & MORGAN, J.(1981). *Aquatic chemistry; an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*. 2nd ed. New York, John Willey & Sons. 780p.

TRINDADE, M. (1980). *Nutrientes em sedimentos da represa do lobo (Brotas -Itirapina)*. Ecologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de São Carlos .219p.

TUNDISI, T.M; TUNDISI, J.G & TAVARES,L.S (1984).Diel migration and vertical distribution of cladocera in lake Don Helvécio . Minas Gerais , Brasil.*Hydrobiol*.vol113.

TUNDISI, J. G. (1988). *Limnologia e manejo de represas*. Série Monografias em Limnologia. vol 1 tomo 1, 506p.; tomo 2, 432p. EESC-USP/CRHEA/ACIESP.

TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M & DUNCAN, A. (1993). State of the art of reservoir limnology and water quality management. in *Comparative reservoir limnology and water quality management*. 213-288.

VALDERRAMA, J. C. (1981). The simultaneous analyses of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10: 109-122.

VETTORI, L. (1969). *Métodos de análise de solo*. Bol Tec. nro 7, equipe de pedologia e fertilidade do solo, EPE, Min da Agricultura, Rio de Janeiro, 24p.

WETZEL, R.G. (1981). *Limnologia*. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 679p.

YUFERA, E. P. & DORRIEN, J. M. C. (1973). *Química agrícola. 1. solos e fertilizantes*. Editora Alhambra, S. A. 472p.

TABELA 1. Nutrientes da superfície

Estação	Data	Fe total	NO2	NO3	NH4	N total	PO4 inor.	PO4 t.d.	P total
		mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
P1	29/07/92	0.40	12.01	610.37	13.42	1340.71	5.42	16.71	29.99
P2	29/07/92	0.47	13.32	595.72	14.52	1279.47	5.99	15.82	28.54
P3	29/07/92	0.59	13.05	579.71	13.91	1456.79	4.74	16.92	27.71
P4	29/07/92	0.49	12.47	601.93	15.47	1466.58	6.13	16.54	27.76
P5	29/07/92	0.51	14.91	631.93	16.01	1527.91	6.10	16.79	27.17
P6	30/07/92	0.53	13.63	602.78	15.74	1504.72	6.11	15.47	28.08
P7	30/07/92	0.51	12.01	599.42	16.71	1521.71	6.27	14.31	25.24
P8	30/07/92	0.53	11.59	631.03	16.92	1397.98	4.86	16.32	26.87
P9	30/07/92	0.47	14.62	592.71	16.09	1497.11	5.72	14.52	29.02
P10	30/07/92	0.50	13.47	602.31	15.49	1452.97	5.78	16.99	29.79
P11	30/07/92	0.49	14.57	616.94	16.70	1579.23	5.99	16.24	25.47
P12	30/07/92	0.44	13.01	612.12	16.77	1479.52	5.89	15.74	29.84
P13	30/07/92	0.48	12.57	579.91	15.71	1571.39	5.92	15.59	27.92
P14	30/07/92	0.52	12.31	589.73	15.68	1489.47	6.34	14.57	27.29
P15	30/07/92	0.58	15.54	652.89	15.47	1597.92	5.77	15.71	26.03
P16	30/07/92	0.47	11.99	601.79	14.79	1449.21	6.43	16.61	26.27
P17	30/07/92	0.52	15.93	671.73	14.25	1571.47	6.09	15.19	27.72
P18	30/07/92	0.49	12.18	597.81	15.02	1421.35	5.71	16.67	29.34
P19	30/07/92	0.53	14.79	599.72	15.10	1461.13	6.10	16.25	26.59
P20	30/07/92	0.49	14.49	671.81	16.71	1591.12	6.31	15.34	27.10
P21	30/07/92	0.47	13.41	654.47	16.29	1513.43	5.43	16.37	28.71
P22	30/07/92	0.51	14.84	579.62	15.47	1399.17	6.79	16.49	29.66
P23	30/07/92	0.51	14.25	577.44	16.71	1432.28	6.10	16.17	29.83
P24	30/07/92	0.53	15.14	631.61	16.25	1577.27	6.03	16.90	28.51
P25	31/07/92	0.52	15.31	624.24	16.79	1529.70	5.49	16.72	29.84
P26	31/07/92	0.49	15.87	629.64	16.34	1570.23	6.72	16.25	29.25
P27	31/07/92	0.47	15.28	632.51	16.89	1593.16	6.95	16.35	29.47
P28	31/07/92	0.45	16.11	616.59	16.05	1303.28	6.77	16.46	29.61
P29	31/07/92	0.41	15.71	671.57	16.98	1598.10	6.89	16.95	29.63
P30	31/07/92	0.43	15.39	652.21	16.25	1572.35	6.07	16.72	29.32
MEDIA	-	0.49	14.03	617.07	15.81	1491.55	6.03	16.12	28.25

TABELA 2. Parâmetros físicos da superfície

Estação	Data	O.D. mg/l	ph	Condutiv. uS/cm	P. Redox mV
P1	29/07/92	14.69	9.0	181	150
P2	29/07/92	10.38	7.9	190	152
P3	29/07/92	10.60	8.1	178	147
P4	29/07/92	16.03	9.3	165	140
P5	29/07/92	12.80	8.8	192	151
P6	30/07/92	10.81	8.3	177	152
P7	30/07/92	11.17	8.8	189	147
P8	30/07/92	9.30	8.5	187	145
P9	30/07/92	8.97	8.0	191	157
P10	30/07/92	8.44	7.9	164	151
P11	30/07/92	9.26	8.4	172	153
P12	30/07/92	11.17	8.7	183	152
P13	30/07/92	12.27	9.2	166	149
P14	30/07/92	8.49	7.9	170	149
P15	30/07/92	12.22	8.9	190	147
P16	30/07/92	8.38	7.9	171	149
P17	30/07/92	13.06	8.7	184	151
P18	30/07/92	12.95	8.9	173	153
P19	30/07/92	15.55	8.9	165	149
P20	30/07/92	9.83	8.7	189	154
P21	30/07/92	13.85	9.1	182	155
P22	30/07/92	12.25	8.7	167	149
P23	30/07/92	11.48	8.3	188	147
P24	30/07/92	12.47	8.5	177	145
P25	31/07/92	13.81	8.3	187	143
P26	31/07/92	14.38	8.8	174	151
P27	31/07/92	13.37	8.5	184	152
P28	31/07/92	11.19	8.6	183	141
P29	31/07/92	16.13	9.1	179	157
P30	31/07/92	10.37	7.9	189	153
MEDIA	-	11.85	8.5	179	149

TABELA 3. Nutrientes da água de interface do sedimento coletado com draga

Estação	Data	Fe total	NO2	NO3	NH4	N total	PO4 inor.	PO4 t.d.	P total
		mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
P1	29/07/92	0.47	1.61	573.09	39.78	1694.92	6.41	16.41	34.72
P2	29/07/92	0.87	2.43	561.19	21.75	1665.94	10.14	21.07	51.84
P3	29/07/92	1.40	2.43	400.47	29.13	1238.41	10.54	23.86	38.15
P4	29/07/92	0.65	2.46	495.71	11.09	999.27	10.96	32.87	34.72
P5	29/07/92	1.14	3.59	558.21	55.36	1006.52	6.41	16.88	31.31
P6	30/07/92	0.64	1.49	582.02	32.41	1064.49	4.53	12.84	24.45
P7	30/07/92	0.50	1.83	469.52	19.29	1202.17	6.71	23.24	34.72
P8	30/07/92	1.99	1.31	320.11	41.42	1673.18	23.07	30.54	130.61
P9	30/07/92	2.36	1.77	579.04	48.82	1731.15	9.36	16.11	243.63
P10	30/07/92	0.67	5.95	754.64	17.98	180.43	5.93	12.06	38.15
P11	30/07/92	0.53	15.77	474.88	52.49	622.46	10.92	23.41	68.97
P12	30/07/92	0.54	7.19	448.09	69.29	651.44	8.42	14.72	41.57
P13	30/07/92	0.35	4.47	397.51	44.71	361.59	8.42	16.88	41.57
P14	30/07/92	4.88	1.13	90.95	47.98	223.91	4.69	6.94	216.23
P15	30/07/92	4.80	2.77	168.33	96.75	419.56	15.91	24.33	253.91
P16	30/07/92	3.90	1.81	96.91	33.22	209.42	6.87	8.49	72.39
P17	30/07/92	1.02	1.81	210.01	39.78	622.46	9.98	15.32	86.09
P18	30/07/92	4.64	9.62	263.57	155.36	3738.41	14.66	26.19	1048.42
P19	30/07/92	2.87	2.22	323.09	50.03	506.52	7.81	13.15	55.27
P20	30/07/92	4.37	1.98	308.21	61.91	593.47	14.66	22.16	96.36
P21	30/07/92	0.48	1.81	656.42	68.47	1578.98	6.56	14.71	48.42
P22	30/07/92	1.17	4.59	668.33	118.47	1651.44	17.77	25.57	72.39
P23	30/07/92	4.73	3.62	903.45	47.16	3281.88	9.67	16.57	627.19
P24	30/07/92	1.52	4.11	641.54	47.16	1687.68	9.98	28.99	65.54
P25	31/07/92	4.44	4.04	846.91	56.18	2492.02	26.81	35.82	455.95
P26	31/07/92	0.64	3.37	942.14	34.04	1578.98	5.01	10.25	22.53
P27	31/07/92	4.57	5.25	811.19	124.21	2781.88	15.91	23.41	442.26
P28	31/07/92	4.41	3.68	879.64	66.82	1702.17	7.81	15.63	27.87
P29	31/07/92	3.93	3.01	793.33	38.96	2028.26	14.03	20.61	240.21
P30	31/07/92	1.23	2.65	790.35	47.71	1636.95	5.93	11.92	55.27
MÉDIA	-	2.19	3.65	533.62	53.92	1360.89	10.52	19.36	156.69

TABELA 4. Parâmetros físicos da água de interface

Estação	Data	O.D. mg/l	ph	Condutiv. uS/cm	Redox mV
P1	29/07/92	9.69	8.5	190	205
P2	29/07/92	9.45	8.5	178	205
P3	29/07/92	10.02	8.6	132	201
P4	29/07/92	10.69	9.4	175	178
P5	29/07/92	9.25	7.1	167	235
P6	30/07/92	9.65	7.3	177	228
P7	30/07/92	10.23	8.5	178	208
P8	30/07/92	7.83	7.5	38	231
P9	30/07/92	8.09	7.2	155	228
P10	30/07/92	8.43	7.7	186	220
P11	30/07/92	7.53	8.0	200	215
P12	30/07/92	10.51	8.5	191	222
P13	30/07/92	11.65	9.1	182	210
P14	30/07/92	8.44	7.7	81	236
P15	30/07/92	8.57	8.0	139	222
P16	30/07/92	4.32	7.3	111	231
P17	30/07/92	10.02	8.0	172	221
P18	30/07/92	8.65	7.7	120	237
P19	30/07/92	9.47	8.3	169	222
P20	30/07/92	7.97	8.7	173	219
P21	30/07/92	8.39	8.2	175	212
P22	30/07/92	6.65	7.7	174	229
P23	30/07/92	8.96	7.8	188	224
P24	30/07/92	10.92	9.0	192	179
P25	31/07/92	8.62	8.2	181	240
P26	31/07/92	7.48	8.1	185	205
P27	31/07/92	8.01	7.8	186	212
P28	31/07/92	9.93	7.8	190	211
P29	31/07/92	8.02	7.8	185	218
P30	31/07/92	9.39	7.9	185	211
MEDIA	-	8.89	8.0	165	217

TABELA 5. Nutrientes da água livre do sedimento coletado com draga.

Estação	Data	Fe total mg/l	NO2 ug/l	NO3 ug/l	NH4 ug/l	N total ug/l	PO4 inor. ug/l	PO4 t.d. ug/l	P total ug/l
P1	29/07/92	14.03	58.68	108.33	709.34	1519.92	109.51	180.99	1240.11
P2	29/07/92	45.25	244.41	450.59	365.08	2443.84	300.31	609.07	1668.19
P3	29/07/92	11.85	10.93	33.92	2033.11	2425.72	39.41	52.26	1111.69
P4	29/07/92	100.14	411.93	293.45	574.09	3548.97	194.23	433.41	2995.25
P5	29/07/92	23.18	132.21	562.21	356.88	4146.73	218.23	549.14	1608.26
P6	30/07/92	59.19	216.35	242.26	4774.91	8096.01	569.01	1245.03	2507.23
P7	30/07/92	35.52	123.87	398.51	356.88	3114.13	269.15	583.39	1642.51
P8	30/07/92	49.91	56.41	56.25	5016.72	10904.21	74.45	631.67	2087.71
P9	30/07/92	59.48	136.01	167.85	942.95	6193.84	327.57	957.76	2729.84
P10	30/07/92	19.71	230.01	283.63	356.88	3639.49	331.46	728.93	1788.06
P11	30/07/92	86.93	211.05	242.26	3349.63	6744.91	662.46	694.69	1753.81
P12	30/07/92	80.25	519.57	673.81	635.57	5070.65	1005.14	1739.21	2798.33
P13	30/07/92	17.27	119.11	146.19	2238.36	3534.78	262.71	505.34	1387.37
P14	30/07/92	67.57	131.24	80.71	1779.34	4592.75	243.36	387.32	1962.71
P15	30/07/92	101.31	452.65	634.28	2492.45	12244.46	3595.38	4897.98	6661.34
P16	30/07/92	57.81	37.24	50.95	6221.96	6230.43	1003.17	163.73	1421.62
P17	30/07/92	78.49	171.26	74.76	7433.33	8107.21	477.01	629.56	2449.02
P18	30/07/92	30.63	26.33	50.95	6897.18	6926.88	87.62	101.61	1242.54
P19	30/07/92	68.61	137.91	86.66	1402.29	4737.68	386.66	614.03	2640.80
P20	30/07/92	10.99	139.73	86.66	1271.14	3534.78	392.89	582.98	2195.59
P21	30/07/92	42.36	253.74	360.47	476.06	3302.89	635.88	983.61	2065.45
P22	30/07/92	81.28	291.34	199.76	8433.33	9877.71	763.61	1055.03	2668.18
P23	30/07/92	37.13	194.81	241.42	918.68	4027.53	679.51	1061.24	2243.54
P24	30/07/92	84.76	672.78	300.95	828.52	6650.72	1265.17	1828.32	3818.88
P25	31/07/92	82.21	384.64	1938.69	6117.62	16100.03	3462.31	4661.18	11729.8
P26	31/07/92	75.47	479.21	2667.85	7449.59	16331.88	4852.49	5806.36	10366.8
P27	31/07/92	60.02	418.92	1484.82	5779.51	16665.21	4104.82	4800.93	12373.6
P28	31/07/92	80.93	800.04	324.11	4088.93	12795.65	2344.71	3209.31	9853.13
P29	31/07/92	121.01	301.57	554.76	3238.52	14984.05	5740.34	5472.51	12243.5
P30	31/07/92	70.12	408.89	696.13	903.07	4563.76	849.37	1380.91	2414.77
MÉDIA	-	58.45	259.09	449.77	2914.73	7101.86	1174.93	1551.58	3790.66

TABELA 6 . Parâmetros físicos do sedimento

Estação	Data	ph	Condutiv. uS/cm	P.Redox mV
P1	29/07/92	7.5	290	-91
P2	29/07/92	7.3	197	296
P3	29/07/92	7.2	270	-237
P4	29/07/92	6.3	177	316
P5	29/07/92	7.4	290	92
P6	30/07/92	7.4	290	-143
P7	30/07/92	7.6	208	213
P8	30/07/92	6.2	133	35
P9	30/07/92	7.1	197	-80
P10	30/07/92	6.3	189	225
P11	30/07/92	7.1	550	-175
P12	30/07/92	7.1	172	172
P13	30/07/92	7.2	174	128
P14	30/07/92	7.4	167	-159
P15	30/07/92	7.4	200	-135
P16	30/07/92	7.4	200	-182
P17	30/07/92	7.2	540	-314
P18	30/07/92	7.5	370	-177
P19	30/07/92	7.4	186	-130
P20	30/07/92	7.7	250	-154
P21	30/07/92	7.2	193	317
P22	30/07/92	7.1	450	-307
P23	30/07/92	7.3	125	218
P24	30/07/92	7.5	193	-85
P25	31/07/92	7.0	430	-304
P26	31/07/92	7.2	380	-293
P27	31/07/92	7.3	184	-278
P28	31/07/92	6.7	400	-288
P29	31/07/92	6.9	390	-279
P30	31/07/92	7.0	203	105
MÉDIA	-	7.1	266	-

TABELA 7. Matéria orgânica e inorgânica

Estação	Data	M.org. %	M.inorg. %
P1	29/07/92	8.69565	91.30435
P2	29/07/92	1.90955	98.09045
P3	29/07/92	4.72279	95.27721
P4	29/07/92	7.09812	92.90188
P5	29/07/92	4.33468	95.66532
P6	30/07/92	10.52105	89.47896
P7	30/07/92	0.80160	99.19840
P8	30/07/92	11.67513	88.32487
P9	30/07/92	10.82206	89.17794
P10	30/07/92	0.50000	99.50000
P11	30/07/92	14.15193	85.84807
P12	30/07/92	0.80160	99.19840
P13	30/07/92	0.70000	99.30000
P14	30/07/92	19.46447	80.53553
P15	30/07/92	6.85773	93.14227
P16	30/07/92	16.09907	83.90093
P17	30/07/92	16.00832	83.99168
P18	30/07/92	9.83936	90.16064
P19	30/07/92	6.91434	93.08566
P20	30/07/92	11.69231	88.30769
P21	30/07/92	0.80000	99.20000
P22	30/07/92	15.40848	84.59152
P23	30/07/92	1.50301	98.49699
P24	30/07/92	16.87631	83.12369
P25	31/07/92	15.64482	84.35518
P26	31/07/92	14.09186	85.90814
P27	31/07/92	14.30143	85.69857
P28	31/07/92	14.37435	85.62565
P29	31/07/92	16.23309	83.76691
P30	31/07/92	2.51509	97.48491

TABELA 8. Extração de fosforo do sedimento por acidos fracos.

Estação	Data	P
		ug/l
P1	29/07/92	120.19
P2	29/07/92	283.35
P3	29/07/92	201.77
P4	29/07/92	54.14
P5	29/07/92	253.35
P6	30/07/92	191.25
P7	30/07/92	71.51
P8	30/07/92	114.93
P9	30/07/92	173.61
10	30/07/92	44.93
P11	30/07/92	280.19
P12	30/07/92	109.40
P13	30/07/92	84.04
P14	30/07/92	47.03
P15	30/07/92	135.72
P16	30/07/92	154.14
P17	30/07/92	208.35
P18	30/07/92	198.61
P19	30/07/92	218.35
P20	30/07/92	129.67
P21	30/07/92	117.30
P22	30/07/92	183.61
P23	30/07/92	123.88
P24	30/07/92	134.40
P25	31/07/92	218.61
P26	31/07/92	225.25
P27	31/07/92	201.25
P28	31/07/92	182.30
P29	31/07/92	171.51
P30	31/07/92	256.77
MEDIA	-	162.98

TABELA 9. Digestão do sedimento por ácidos fortes

Estação	Data	Fe III	P
		mg/l	ug/l
P1	29/07/92	6.98	1566.76
P2	29/07/92	1.20	240.13
P3	29/07/92	5.44	649.67
P4	29/07/92	17.22	1722.03
P5	29/07/92	2.21	533.88
P6	30/07/92	5.11	1090.46
P7	30/07/92	0.70	69.07
P8	30/07/92	1.01	1110.19
P9	30/07/92	1.24	1012.82
10	30/07/92	0.20	35.19
P11	30/07/92	8.53	2943.09
P12	30/07/92	0.60	104.60
P13	30/07/92	0.20	74.67
P14	30/07/92	10.91	1690.46
P15	30/07/92	2.14	531.25
P16	30/07/92	10.83	1809.46
P17	30/07/92	10.49	2295.72
P18	30/07/92	12.65	1460.19
P19	30/07/92	4.85	662.82
P20	30/07/92	17.74	1743.09
P21	30/07/92	0.90	93.09
P22	30/07/92	9.10	2160.19
P23	30/07/92	0.70	106.25
P24	30/07/92	10.27	2003.61
P25	31/07/92	8.66	2097.03
P26	31/07/92	8.14	2203.61
P27	31/07/92	2.20	1915.46
P28	31/07/92	1.34	2340.46
P29	31/07/92	8.42	2183.88
P30	31/07/92	1.50	212.50
MÉDIA	-	5.71	1222.05

TABELA 10. Fluorização do sedimento

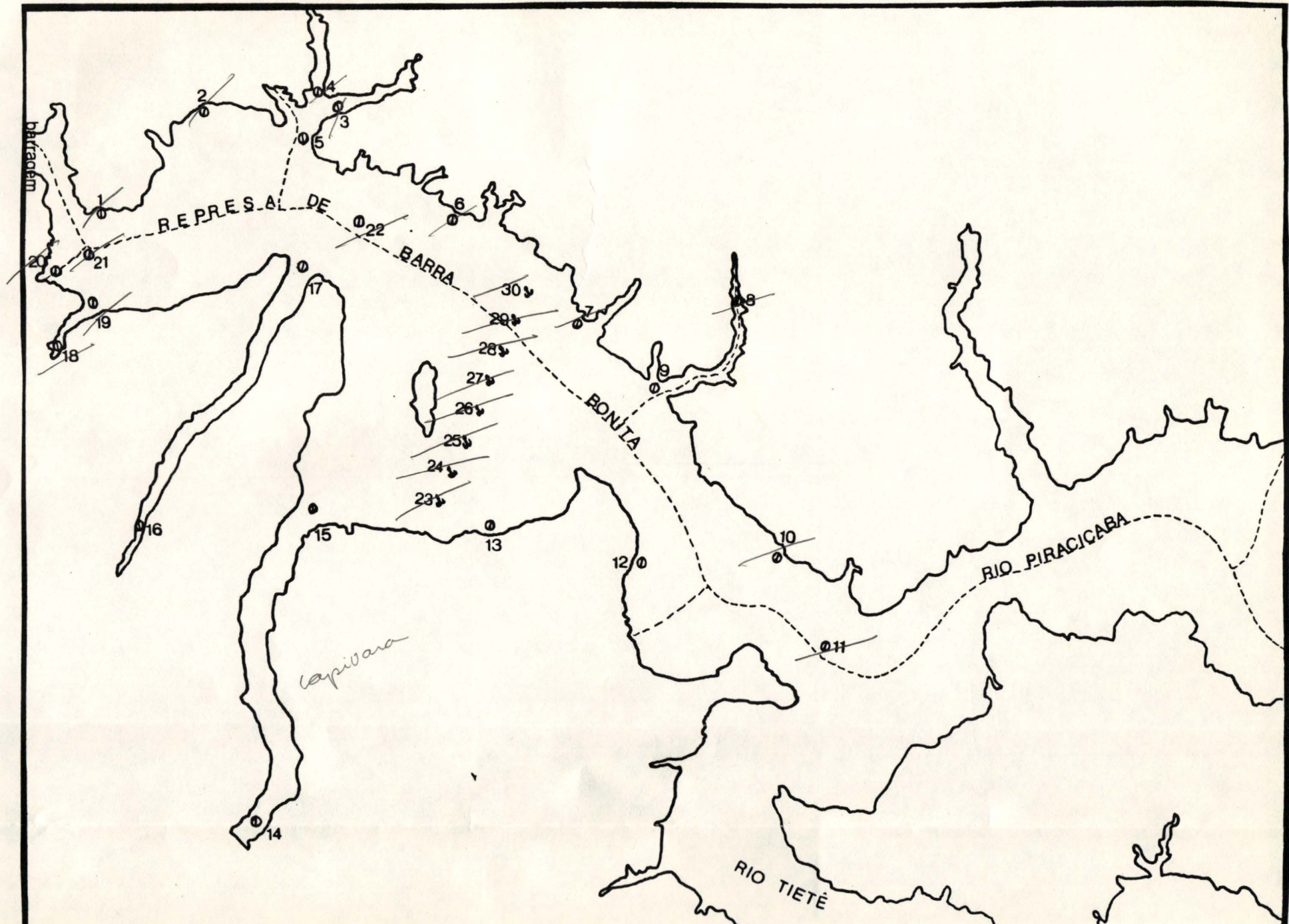
Estação	Data	Fe III mg/l	P ug/l
P1	29/07/92	3.95	4467.10
P2	29/07/92	2.85	2809.10
P3	29/07/92	4.59	4861.84
P4	29/07/92	6.83	5756.57
P5	29/07/92	0.89	1940.78
P6	30/07/92	1.34	3677.63
P7	30/07/92	0.35	703.94
P8	30/07/92	0.58	3677.63
P9	30/07/92	1.48	5546.05
10	30/07/92	0.17	572.36
P11	30/07/92	2.05	8967.10
P12	30/07/92	0.30	940.78
P13	30/07/92	0.18	625.00
P14	30/07/92	3.89	6493.42
P15	30/07/92	0.95	3388.15
P16	30/07/92	3.96	7625.00
P17	30/07/92	13.97	8625.00
P18	30/07/92	51.33	6835.52
P19	30/07/92	5.65	2651.31
P20	30/07/92	31.88	6177.63
P21	30/07/92	2.05	967.10
P22	30/07/92	12.56	8046.05
P23	30/07/92	1.31	1361.84
P24	30/07/92	12.49	7388.15
P25	31/07/92	2.17	6993.42
P26	31/07/92	2.21	7414.47
P27	31/07/92	2.02	6651.31
P28	31/07/92	2.29	7782.89
P29	31/07/92	2.10	6414.47
P30	31/07/92	2.54	1282.89
MÉDIA	-	5.96	4688.15

TABELA 11 Experimento de anoxia

Data	Horario	OD	PO4 inor.	PO4 t.d.	P total	Fe II	Fe III	F total
	hs	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	mg/l	mg/l	mg/l
03/08/92	09:00	7.95	5.62	24.02	80.52	0.03	0.01	1.85
03/08/92	16:00	3.35	9.98	35.36	114.77	0.09	0.02	2.20
04/08/92	12:15	1.56	20.26	47.62	114.43	0.11	0.03	2.65
04/08/92	15:15	1.21	29.92	59.89	242.17	0.18	0.11	5.17
10/08/92	16:00	1.17	56.71	79.92	253.13	0.33	0.22	4.52
11/08/92	08:15	0.71	82.72	106.01	354.56	0.36	0.29	5.72

FIGURA 01- Esquema da represa de Barra Bonita.

↓ transecto ● pontos de coleta



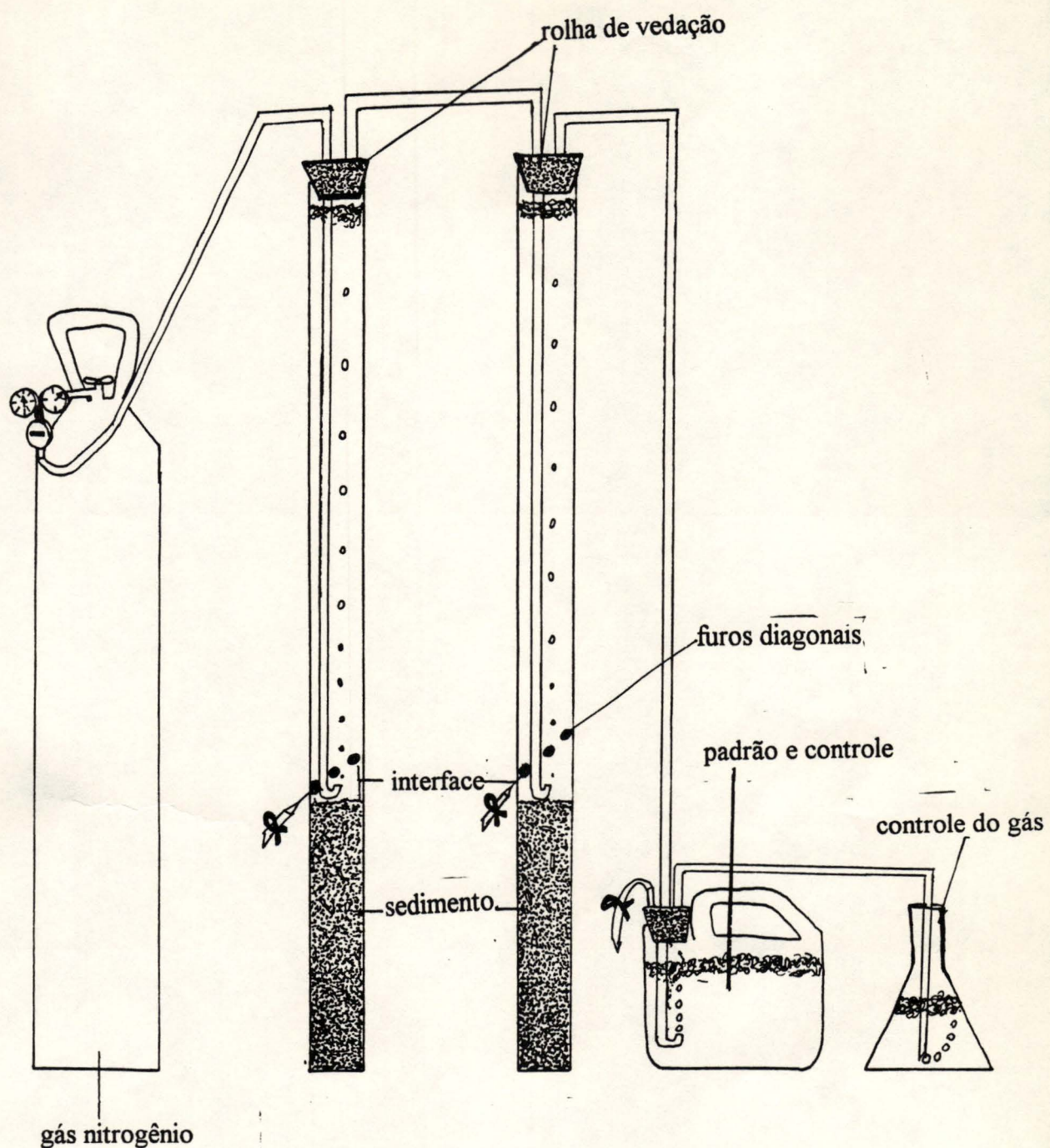


FIGURA 02-Esquema do experimento de anoxia.O gás N_2 é borbulhado através dos cores de forma a expulsar o gás O_2 e provocar a liberação do P.

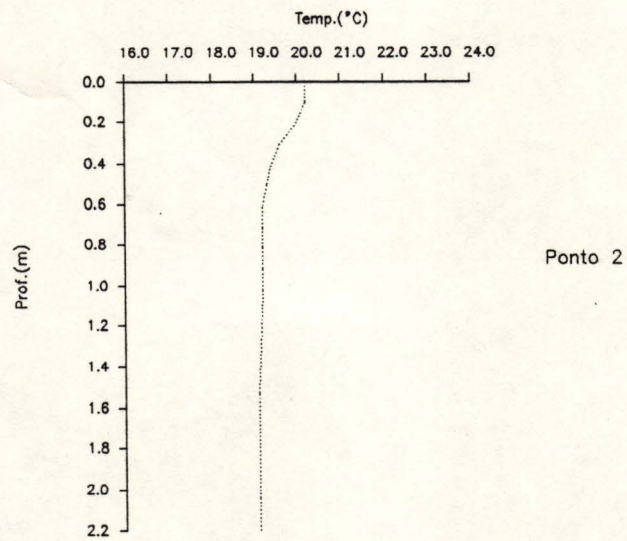
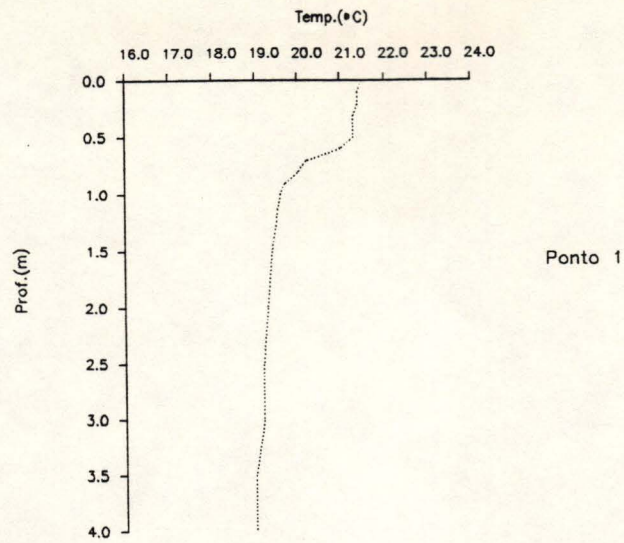


FIGURA 03- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 1 e 2.

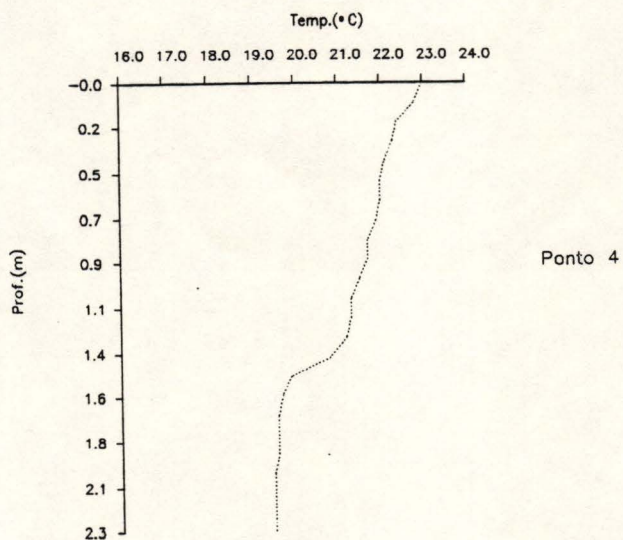
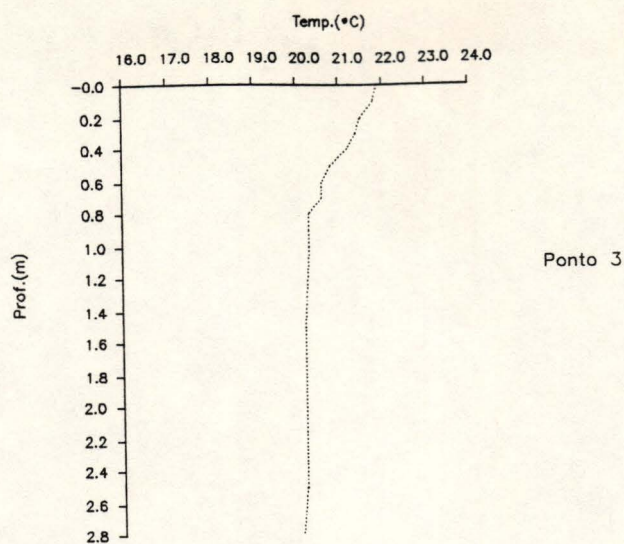


FIGURA 04- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 3 e 4.

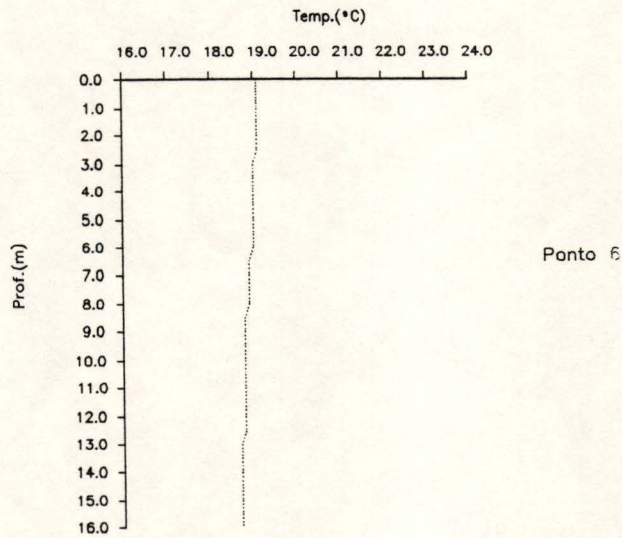
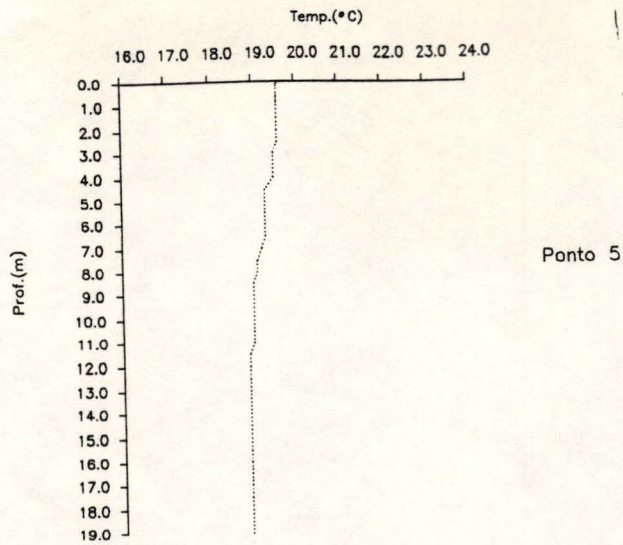


FIGURA 05- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 5 e 6.

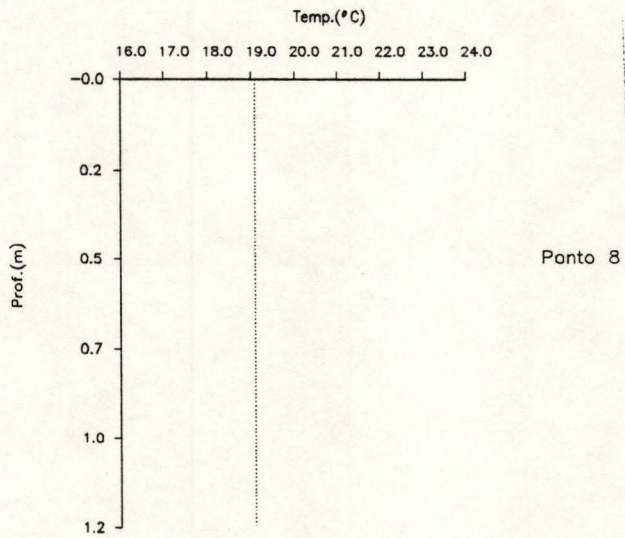
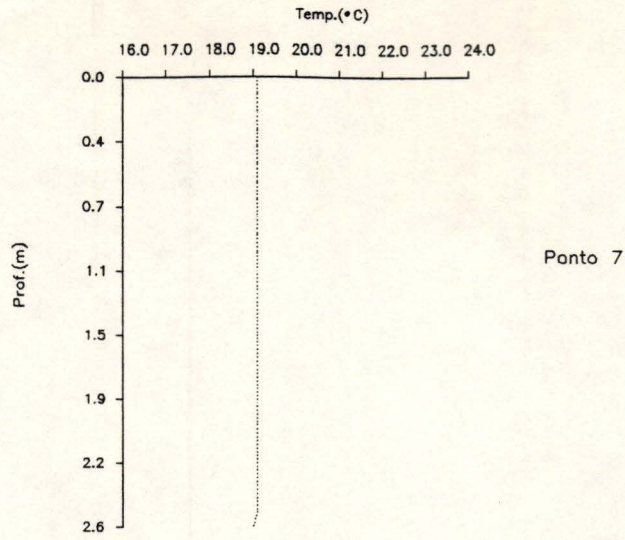


FIGURA 06- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 7 e 8.

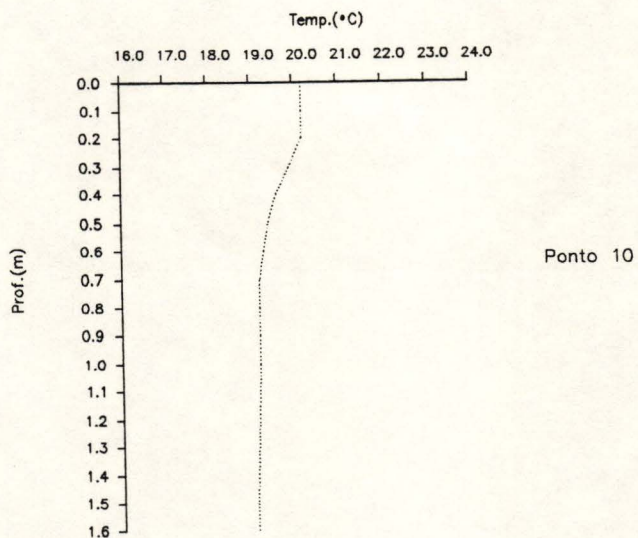
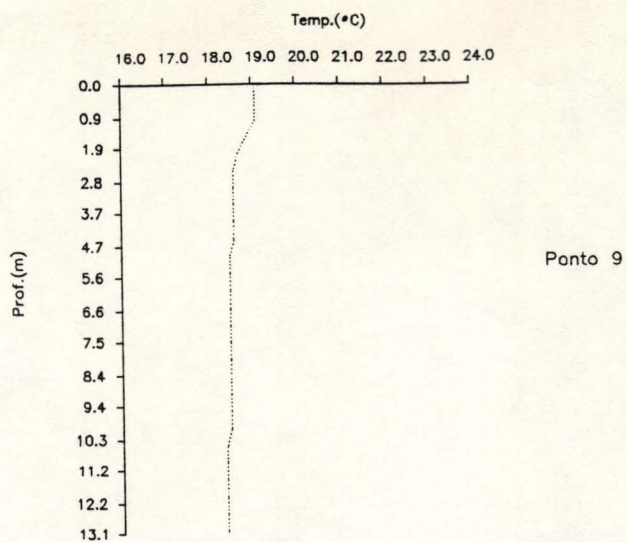


FIGURA 07- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 9 e 10.

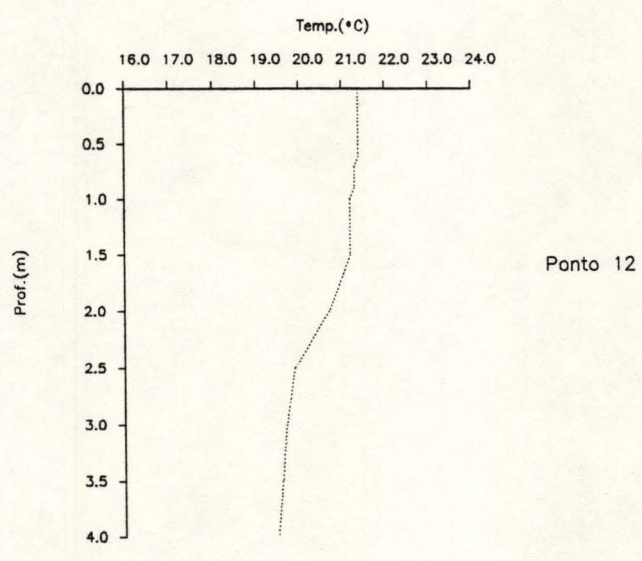
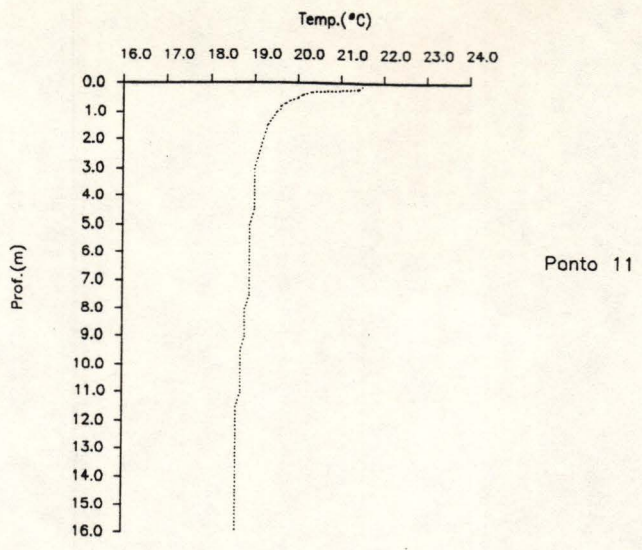


FIGURA 08- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 11 e 12.

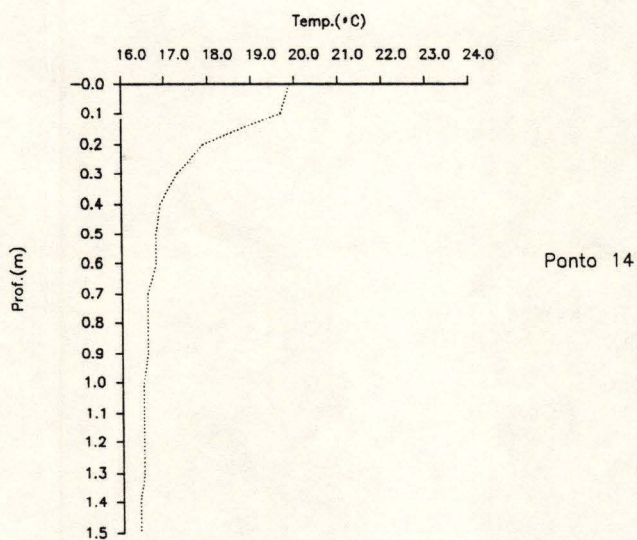
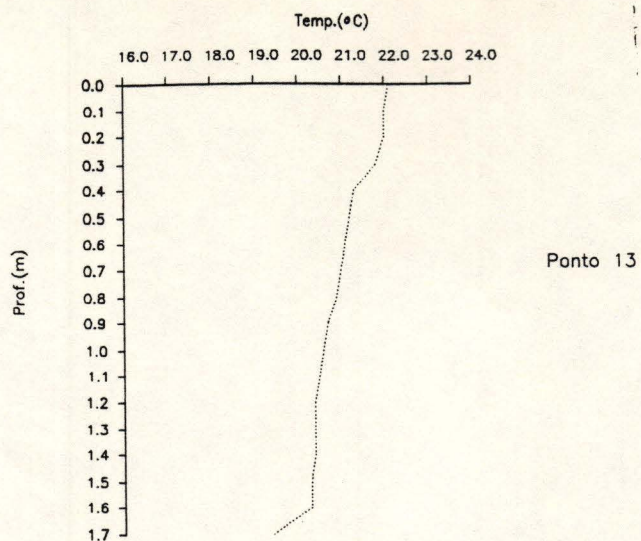


FIGURA 09- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 13 e 14.

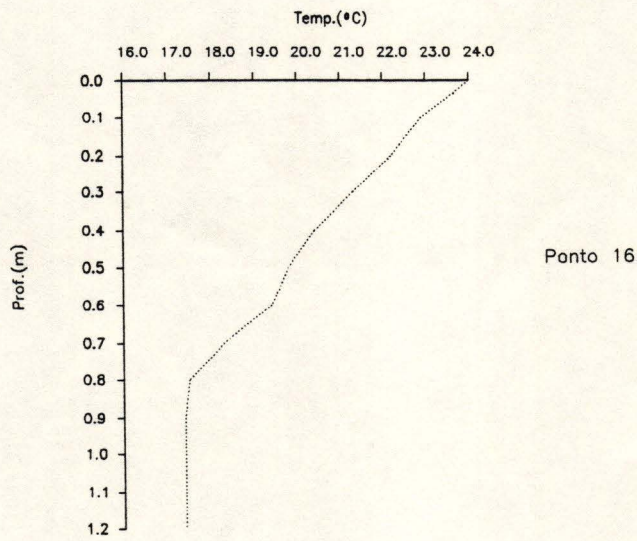
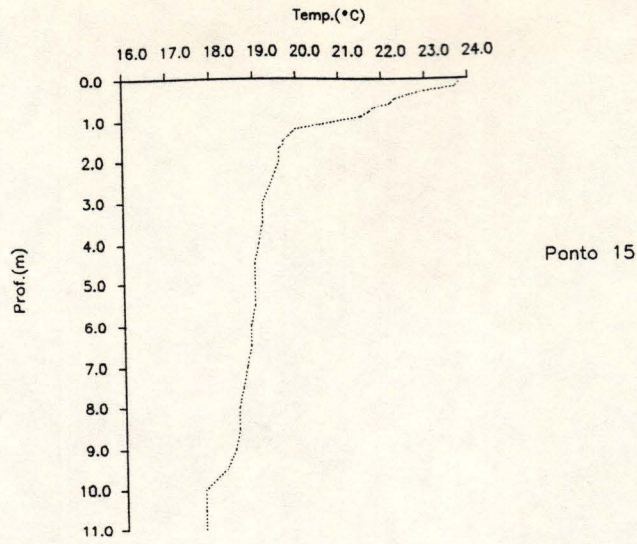


FIGURA 10- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 15 e 16.

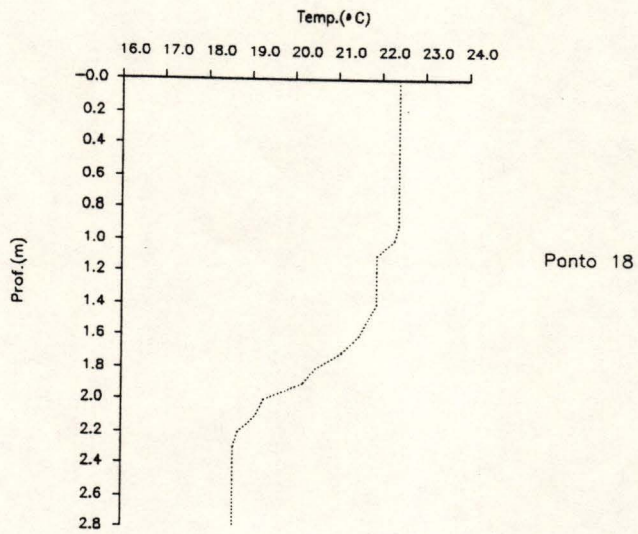
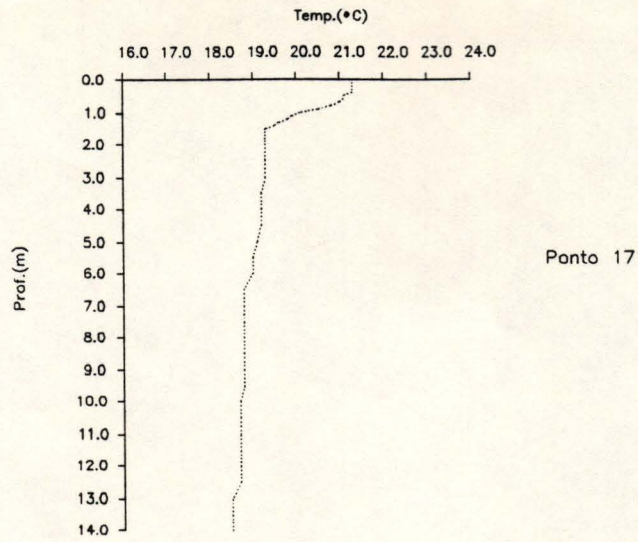


FIGURA 11- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 17 e 18.

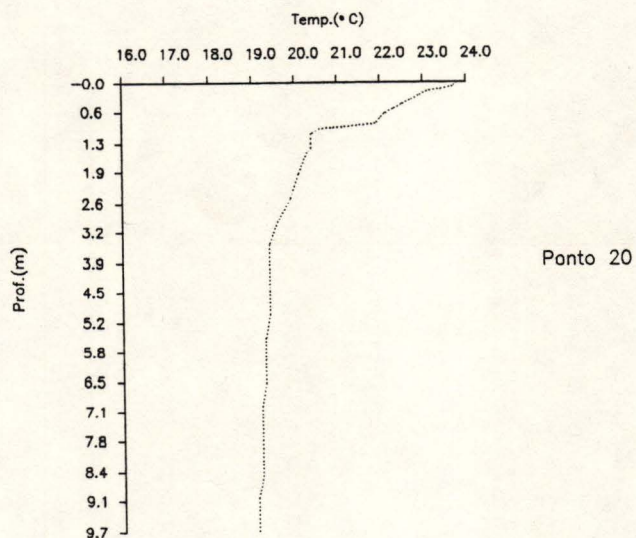
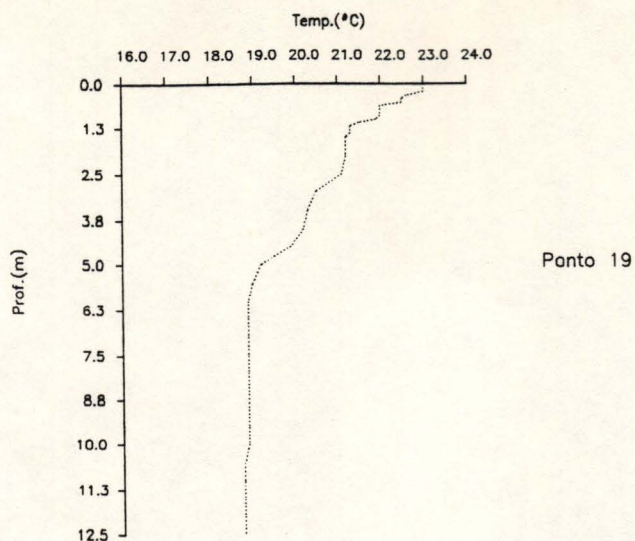


FIGURA 12- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 19 e 20.

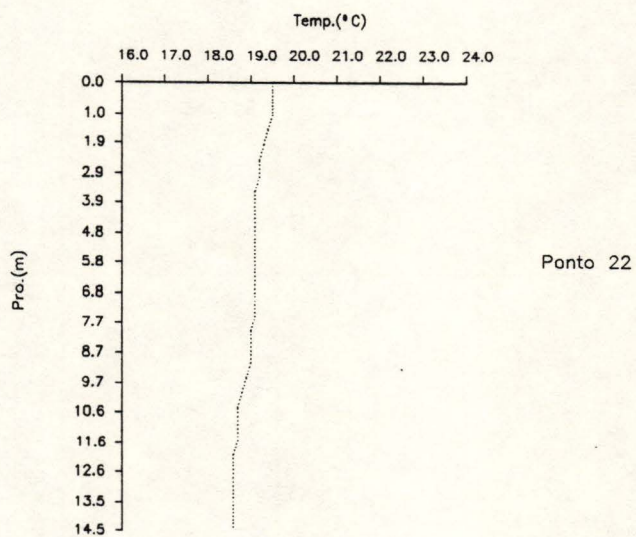
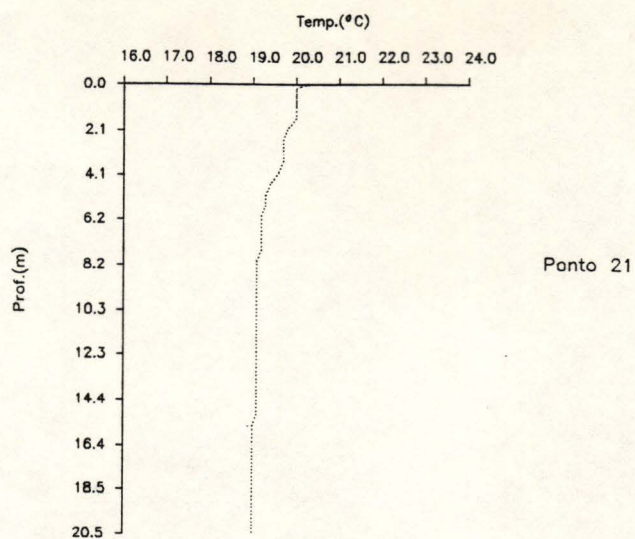


FIGURA 13- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 21 e 22.

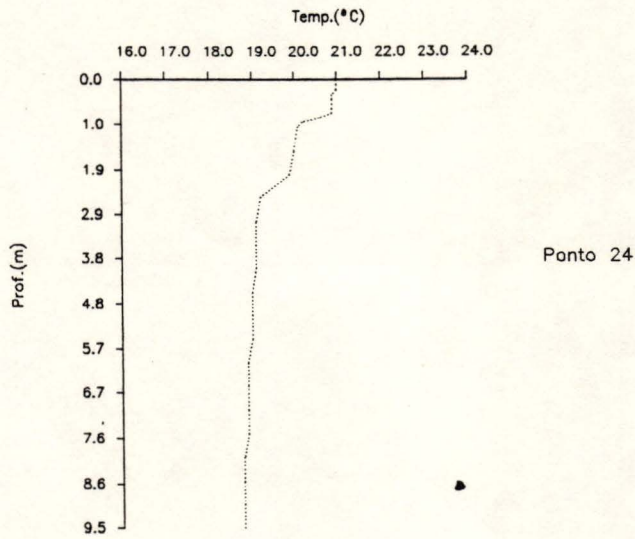
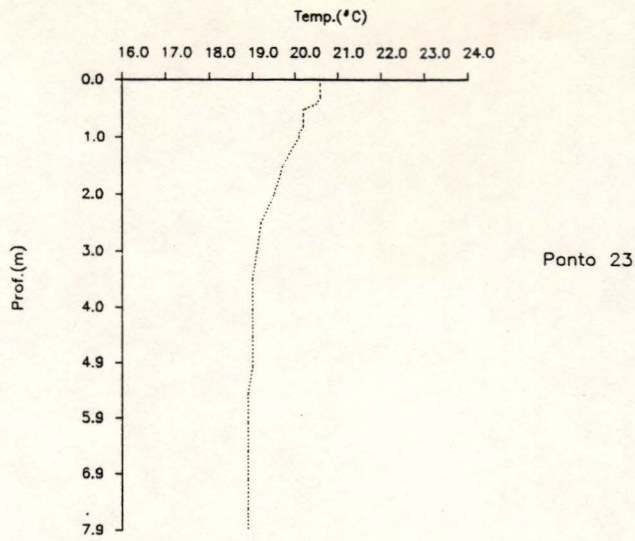


FIGURA 14- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 23 e 24.

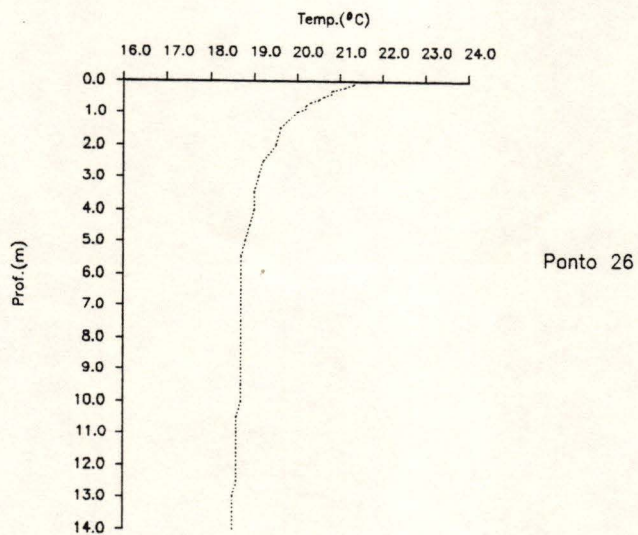
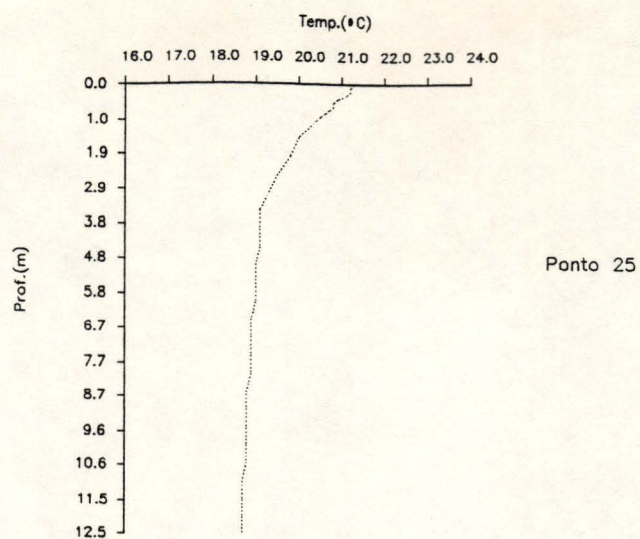


FIGURA 15- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 25 e 26.

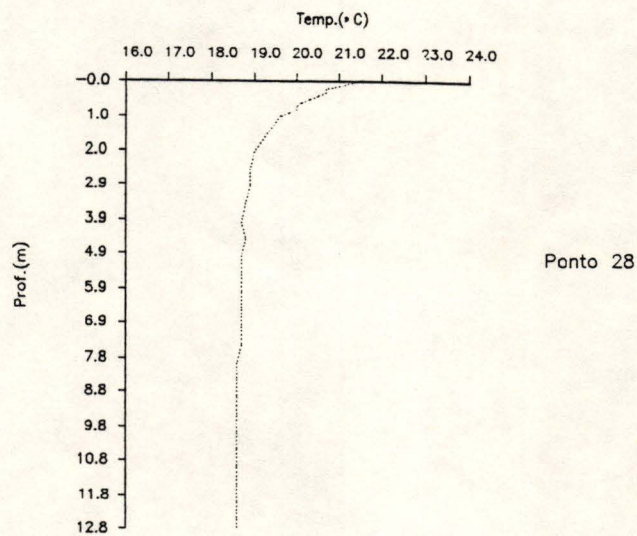
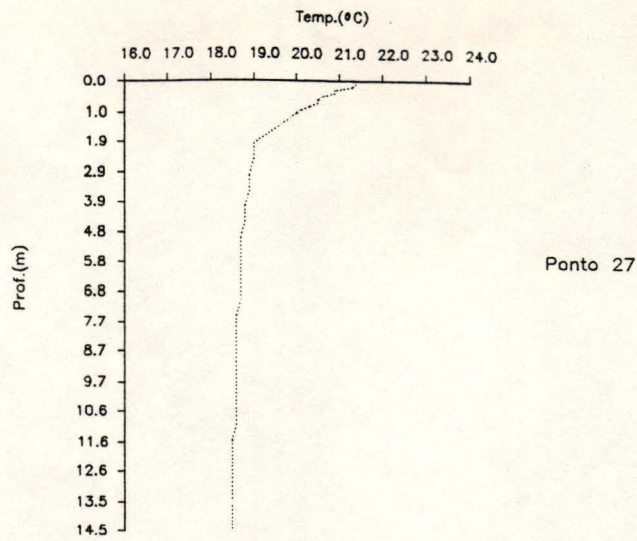


FIGURA 16- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 27 e 28.

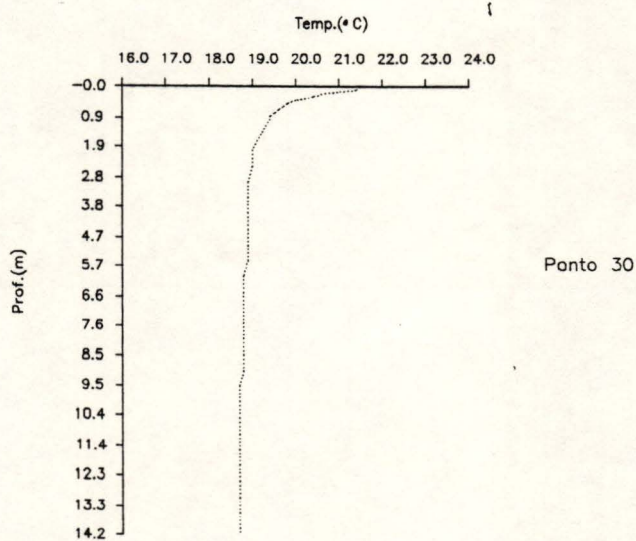
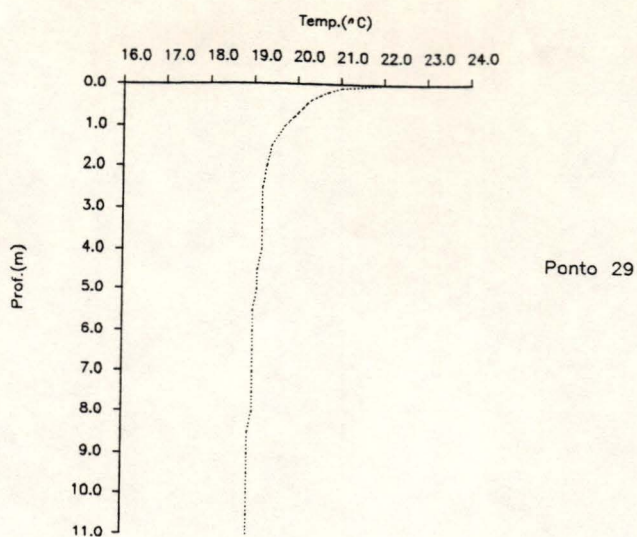


FIGURA 17- Perfil térmico da coluna d'água nos pontos 29 e 30.

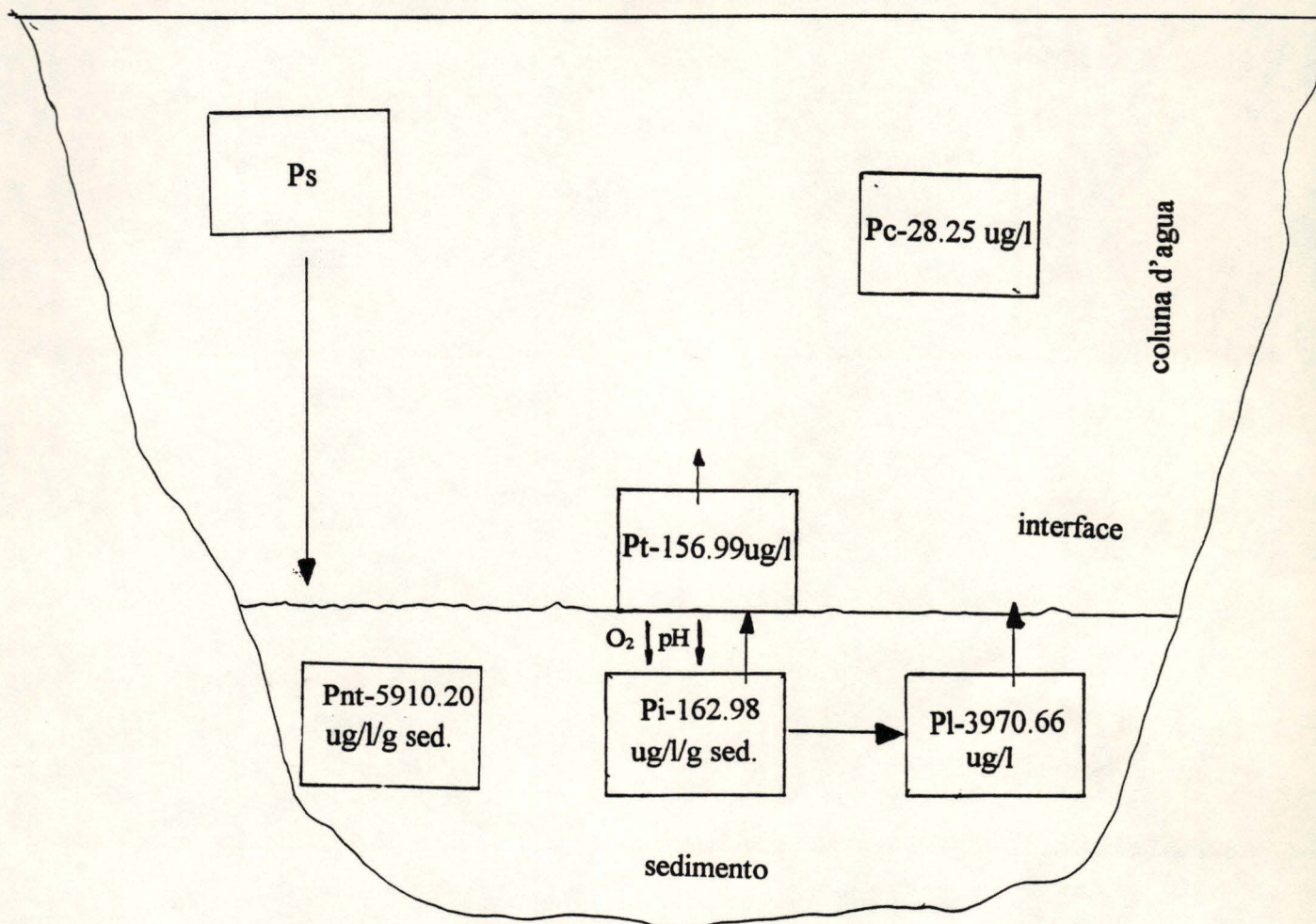
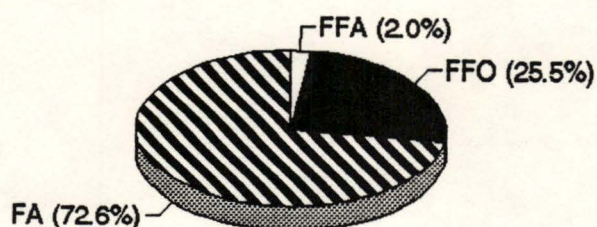


FIGURA 18-Esquema de algumas formas de fósforo quantificadas na represa de Barra Bonita.

Ps- fósforo sedimentário
 Pnt- fósforo não intercambiável
 Pi- fósforo intercambiável

Pc- fósforo na coluna d'água
 Pt- fósforo na interface
 Pl- fósforo na água livre

Ponto 1



Ponto 2

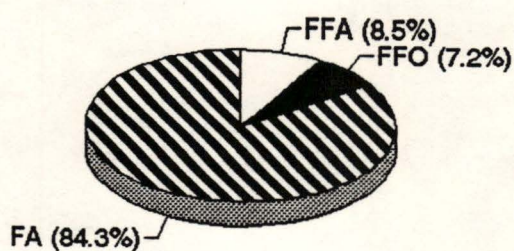
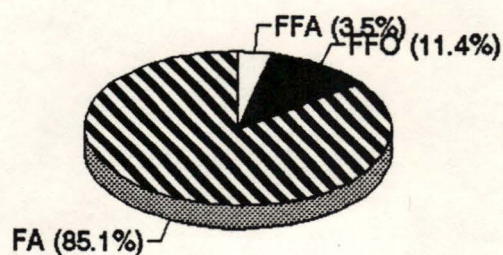


FIGURA 19- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 1 e 2. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 3



Ponto 4

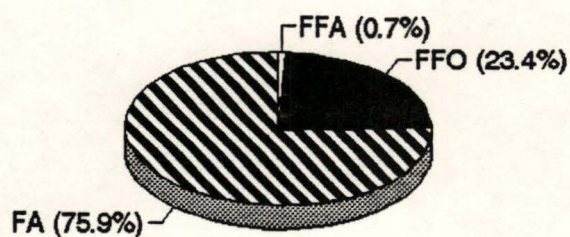
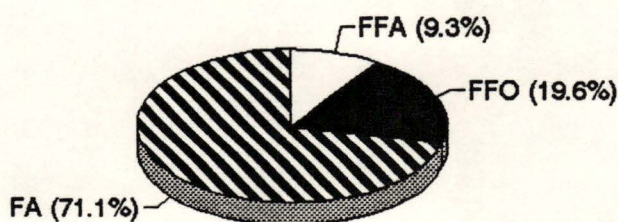


FIGURA 20- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 3 e 4. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 5



ponto 6

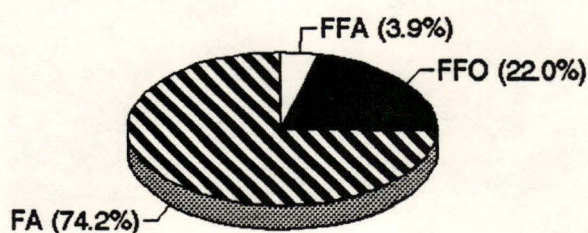
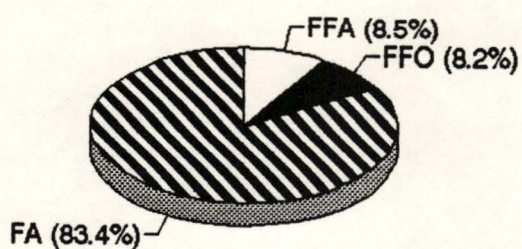


FIGURA 21- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 5 e 6 .FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 7



Ponto 8

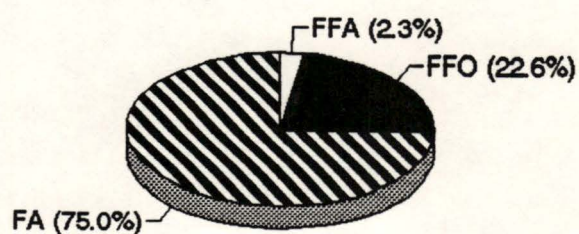
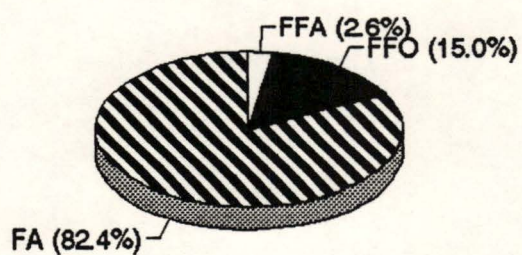


FIGURA 22- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 7 e 8 .FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 9



Ponto 10

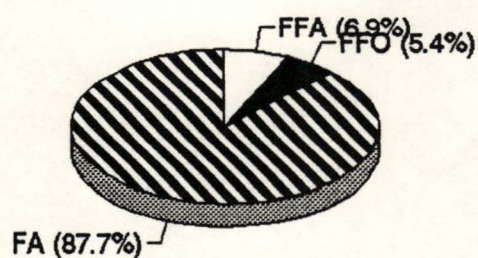
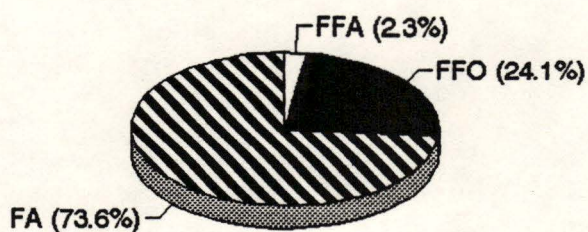


FIGURA 23- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 9 e 10 .FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 11



Ponto 12

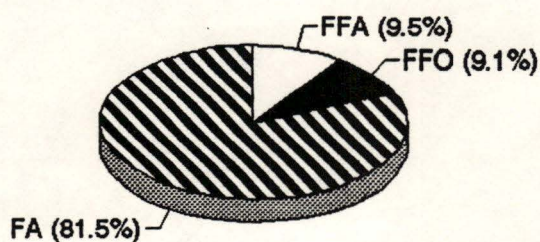
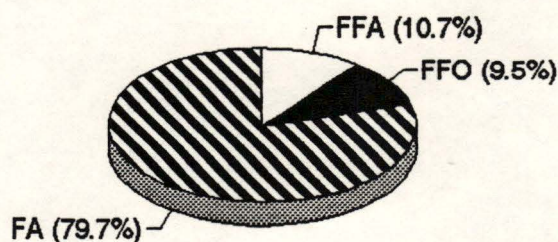


FIGURA 24- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 11 e 12. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 13



Ponto 14

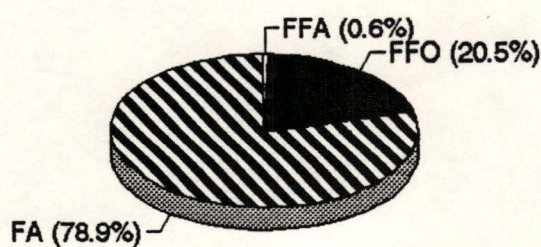
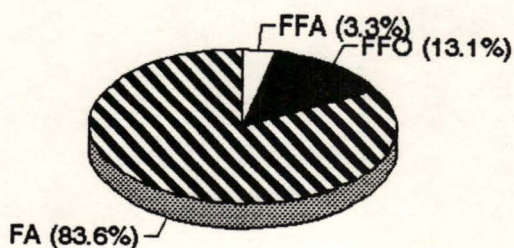


FIGURA 25- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 13 e 14. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 15



Ponto 16

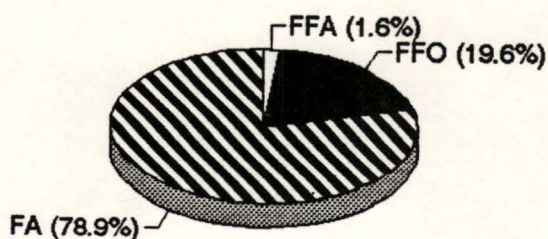
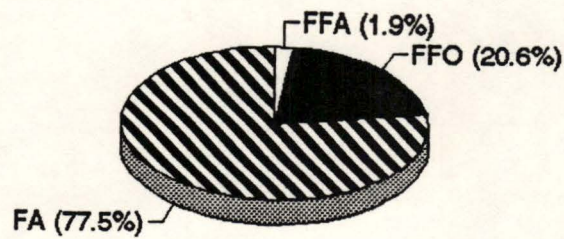


FIGURA 26- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 15 e 16. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 17



Ponto 18

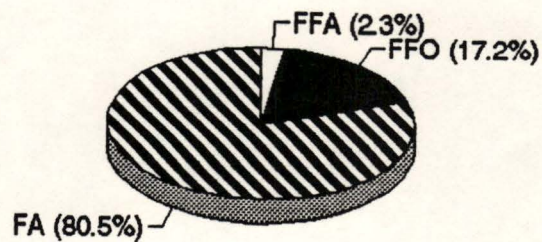
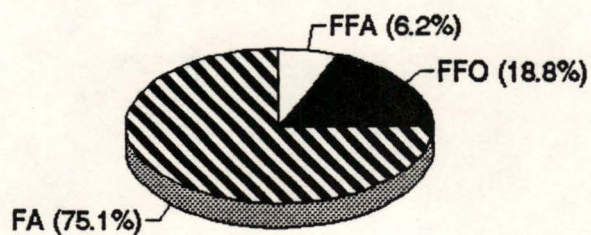


FIGURA 27- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 17 e 18. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 19



Ponto 20

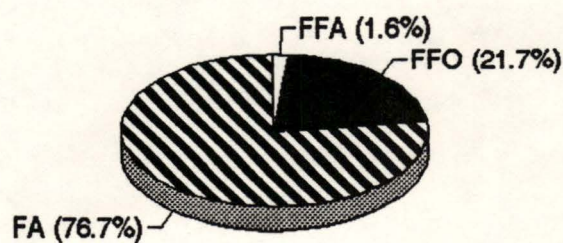
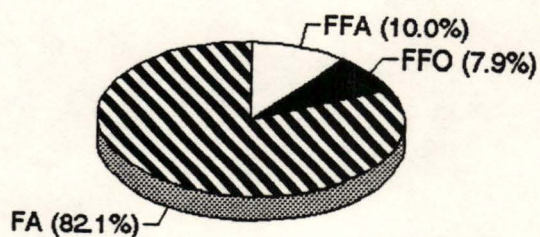


FIGURA 28- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 19 e 20. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 21



Ponto 22

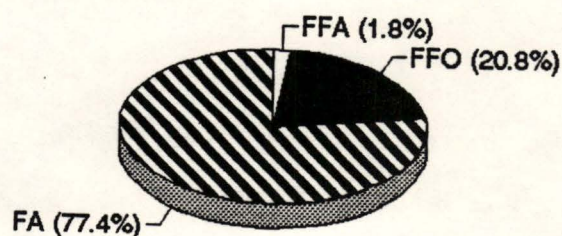
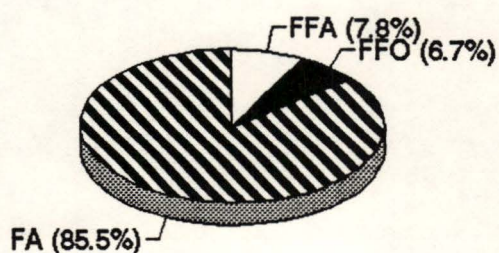


FIGURA 29- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 21 e 22. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 23



Ponto 24

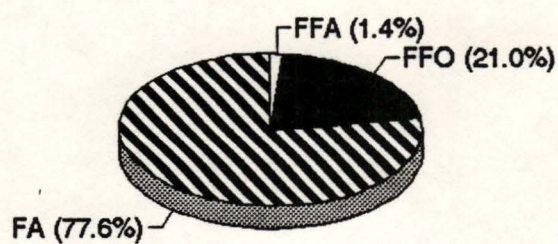
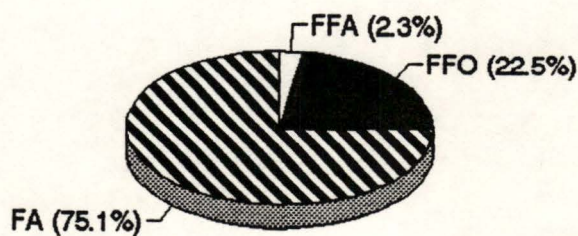


FIGURA 30- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 23 e 24. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 25



Ponto 26

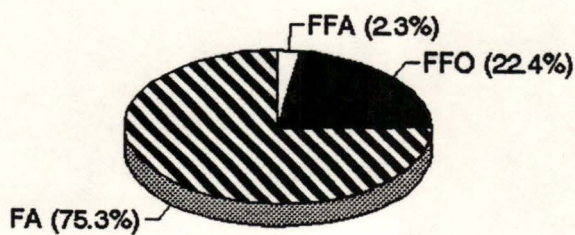
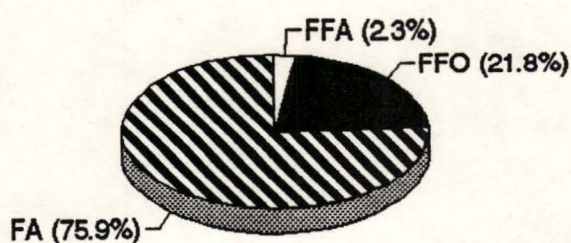


FIGURA 31- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 25 e 26. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 27



Ponto 28

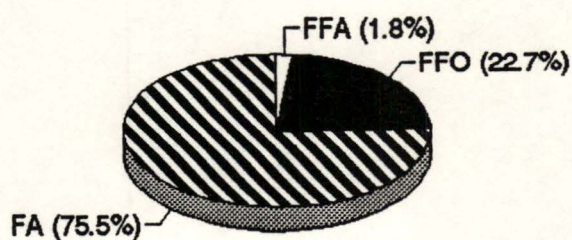
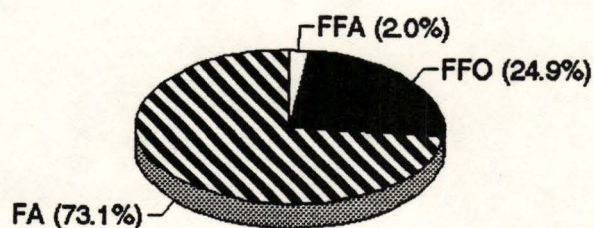


FIGURA 32- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 27 e 28. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

Ponto 29



Ponto 30

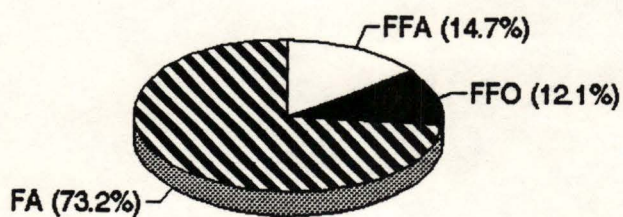


FIGURA 33- Gráficos demonstrando as porcentagens aproximadas do fósforo, provenientes das diferentes extrações nos pontos 29 e 30. FFA- fósforo fracamente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fracos ; FFO- fósforo coloidal fortemente aderido às partículas de sedimento, extraído por ácidos fortes; FA- fósforo adsorvido às partículas maiores do sedimento, extraído por fluorização.

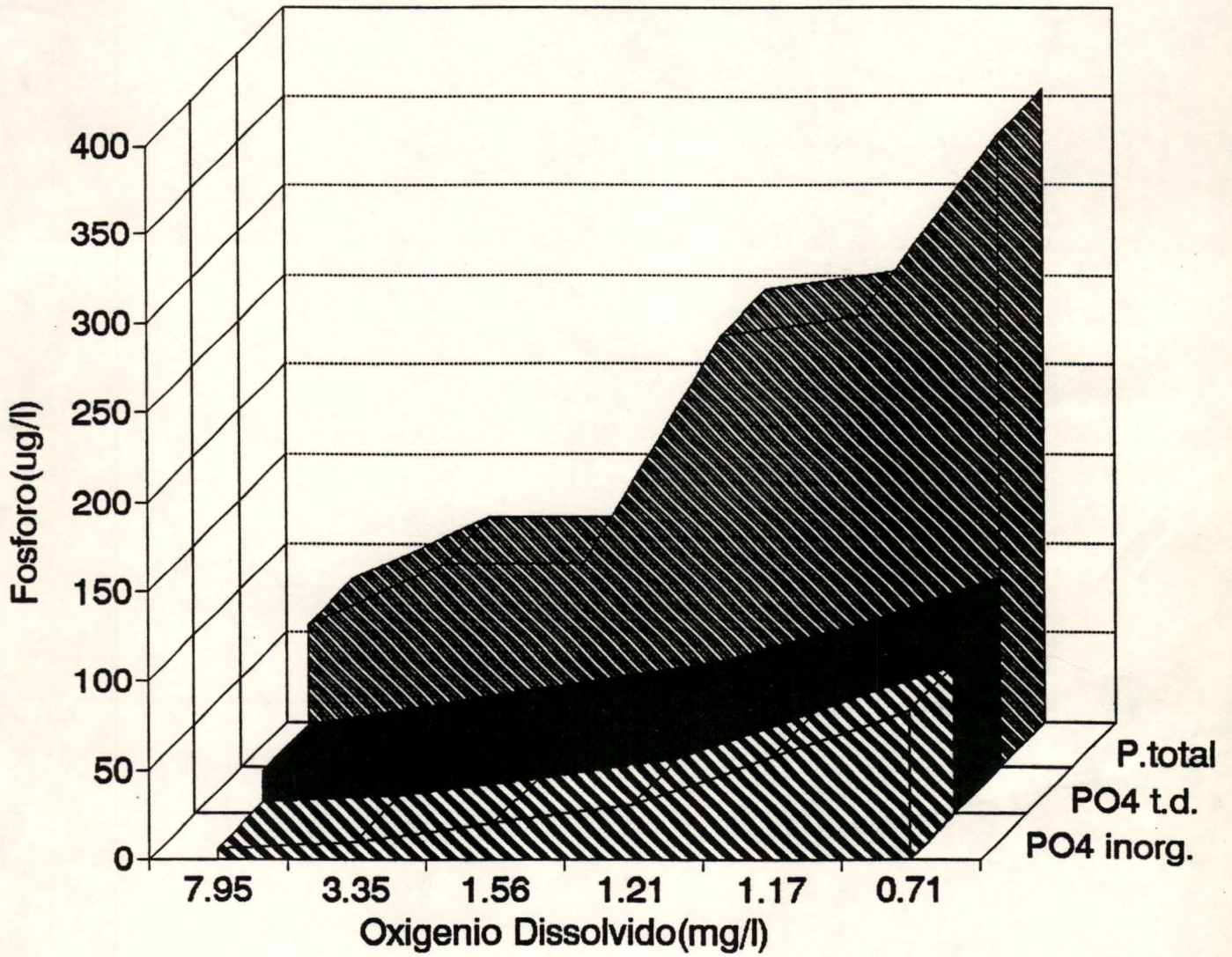


FIGURA 34- Gráfico do experimento de anoxia demonstrando o aumento de fósforo em decorrência da diminuição do oxigênio dissolvido.