



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO EM
RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO
MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL.**

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA SANTOS

AREIA - PB

FEVEREIRO DE 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO EM
RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO
MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL.**

João Paulo de Oliveira Santos

Orientando

Prof. Dr^a. Luciana Gomes Barbosa

Orientadora

Msc. Maria Cristina Santos Pereira de Araújo

Coorientadora

AREIA- PB

FEVEREIRO DE 2017

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO EM
RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO
MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL.**

Trabalho de Graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba - Centro
de Ciências Agrárias, em cumprimento
às exigências para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

ORIENTADOR: Prof. Dr^a. Luciana Gomes Barbosa

COORIENTADOR: Msc. Maria Cristina Santos Pereira de Araújo

AREIA – PB

FEVEREIRO DE 2017

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

S237a Santos, João Paulo de Oliveira.
Avaliação da qualidade da água e do sedimento em reservatórios de
abastecimento público na Bacia do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil / João Paulo de
Oliveira Santos. - Areia: UFPB/CCA, 2017.
iv, 44 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientadora: Luciana Gomes Barbosa.

1. Reservatórios da Paraíba – Bacia do Rio Mamanguape 2. Eutrofização – Impacto
ambiental 3. Reservatórios públicos – Qualidade da água I. Barbosa, Luciana Gomes
(Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 556.551

JOÃO PAULO DE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DO SEDIMENTO EM
RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO
MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL.**

MONOGRAFIA APROVADA EM: 03 / 02 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr.ª. Luciana Gomes Barbosa - Orientadora

DFCA/CCA/UEPB



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias – Examinador

DSER/CCA/UEPB



Msc. Kalline de Almeida Alves Carneiro – Examinadora

PPGCS/CCA/UEPB

Eu não sou nem otimista nem pessimista.

Os otimistas são ingênuos e os pessimistas são amargos.

Eu sou um realista esperançoso.

Ariano Suassuna

DEDICATÓRIA

A Deus,
A meus pais,
E aqueles que
confiaram em meu
potencial e me
estimularam a
prosseguir.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Aos meus pais José Cícero e Claudenice por serem sempre a minha base e referência.

Ao meu irmão Jobson Bruno pelo companheirismo e cumplicidade.

A toda minha família pela atenção, presteza e ensinamentos transmitidos.

A minha tia Elisângela que iniciou-me no mundo das letras e números, minha primeira Professora.

Ao meu primeiro afilhado Enthony José, a semente de um novo amanhã com dias melhores.

Aos amigos que construí em Dois Riachos, pessoas de imensuráveis qualidades.

A todos os Professores que tive na minha trajetória até o fim do ensino médio, guerreiros que do pouco fizeram muito.

Aos amigos e Professores do IFAL – Campus Satuba, pessoas que levarei sempre em minhas lembranças.

A Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de conviver em um ambiente ímpar, com uma estrutura e profissionais que me capacitaram para enfrentar o mundo lá fora. Agradeço também a oportunidade de viver em um ambiente complexo, político e heterogêneo no campo das concepções e ideias. Sem dúvidas essa atmosfera forja indivíduos aptos a enfrentar qualquer situação cotidiana e conviver com as mais diferentes pessoas.

A Prof.^a Dr.^a Luciana Gomes Barbosa, não apenas pela orientação acadêmica, mas pelo vínculo de companheirismo e amizade adquirido ao longo de toda vida acadêmica (discurso batido). Agradeço desde o chá de cadeira para poder fazer parte do NULIBA até os valorosos conselhos, a cumplicidade e a amizade construída. Será sempre a minha referência na Limnologia e no respeito ao próximo.

A Cristina, minha segunda orientadora, exemplo de profissional e de pessoa, exemplo maior de superação e fé.

A toda equipe do Laboratório de Limnologia. Joseilson, por sua dedicação presteza e compromisso. Núbia, Fátima, Rafael, Dani, Taty, Maurício, Sammara, Verônica, Gabriel, Karine e os demais. Vocês são espetaculares.

A Msc. Kalline Carneiro pelo apoio e pronta disponibilidade para uso dos equipamentos que estavam sob sua custódia. Você foi fundamental para a obtenção desses resultados.

Aos Professores que tive na minha trajetória acadêmica no CCA, em especial aqueles que são minhas referências, Prof. Daniel Duarte, Prof. Mauro Nóbrega, Prof.^a Núbia Costa, Prof.^a Rejane, Prof.^a Márcia Targino, Prof.^a Vânia Fraga, Prof. Helder Farias, Prof. Ricardo Aragão, Prof. Leonaldo...

Aos Professores da qual não tive o prazer de ser aluno, mas são exemplos de compromisso e profissionalismo, Prof. Bruno e Prof.^oManoel Bandeira.

A saudosa turma 2012.1 do curso de Agronomia, que agrega pessoas dos mais diferentes gostos, de personalidades distintas, mas com o mesmo intuito de serem grandes profissionais. Sem apontar nomes ou preferências, cada um contribuiu para a formação da minha personalidade pessoal e profissional. Obrigado pela cumplicidade, ajuda e boas histórias. Jamais me esquecerei de vocês.

A Antônio Neto (Pipoca) por ter sido minha primeira referência e um dos responsáveis pela minha vinda ao CCA.

Aos amigos que as salas de aula me deram, João Italo (Um dia ainda seremos sócios), Mateus e Caique (exemplos de companheirismo e lealdade), André, Carol, Renata, Robevânia, Zé Luiz, Kennedy, Arcelina, Rayan, Murilo, Clint, Allan...

Aos amigos que o CCA me proporcionou, Vanderléia (A pessoa de coração mais puro que já conheci), Vinícius, Izabela, Jardel, Igor, Kelvin, Expedito, Gabriel, Diego, Galileu, Adeildo, Ewerton, Paulo Henrique, Fábio, Cris, Uanderson, Francisco Jeanes (Chico), Nohanna, Anderson, Thayse, Lucas (Pipoquinha), Chris Marx, Isaías (O poeta)... Agradeço a todos, e desde já me desculpo pelos eventuais esquecimentos.

Aqueles que de uma forma ou de outra fizeram parte da minha trajetória, que contribuíram para o meu crescimento. Agradeço também aqueles que duvidaram da minha capacidade e aqueles que de certa forma atrapalharam, vocês “ajudaram-me” a se tornar forte.

A todos agradeço!

Sumário

LISTAS DE FIGURAS	i
LISTAS DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Geral	18
2.2 Especifico	18
3. MATERIAL E METÓDOS	18
3.1. Área de Estudo	18
3.2. Amostragens	20
3.2.1. Precipitação Pluviométrica	20
3.2.2. Variáveis Analisadas In Situ	21
3.2.3. Procedimentos de Amostragem	21
3.2.3.1 Sedimento.	21
3.2.3.2 Água	21
3.3. Análises de Fósforo Total e Ortofosfato na Água	22
3.4. Índice de Estado Trófico (IET)	22
3.5. Preparo das Amostras de Sedimento para Análise	22
3.6. Parâmetros Analisados no Sedimento	23
3.6.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	23
3.6.2 Carbono Orgânico e Matéria Orgânica	23
3.6.3. Fósforo Total	23
3.6.4. Fracionamento do Fósforo: Inorgânico e Orgânico	24
3.6.5 Fracionamento do Fósforo Inorgânico Não Apatítico – P _{nap} e do Fósforo Inorgânico Apatítico – P _{ap}	24
3.7. Análise Estatística	25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4. 1. Precipitação Pluviométrica	25
4. 2. Caracterização Físico Química da Coluna de Água	26
4. 3. Caracterização do Sedimento.....	33
5 CONCLUSÕES	37
6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	38

Lista de Figuras

Figura 1: Localização dos ambientes monitorados, Areia, Paraíba.....	20
Figura 2: Valores de transparência observados nos ambientes monitorados.	27
Figura 3: Valores de fósforo total (P-Total) observados nos ambientes monitorados. .	29
Figura 4: Índice de Estado Trófico (IET) observado nos ambientes monitorados.....	31
Figura 5: Gráfico da Análise de Componentes Principais (Água)	32
Figura 6: Gráfico da Análise de Componentes Principais (Sedimento).....	36

Lista de Tabelas

Tabela 1: Precipitação pluviométrica no município de Areia- Paraíba no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2015.....	26
Tabela 2: Média \pm desvio padrão (DP) das variáveis da água nos três ambientes monitorados no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2015.....	28
Tabela 3: Valores de pH e Matéria Orgânica (%) no sedimento dos reservatórios monitorados anualmente na Bacia do rio Mamanguape.....	33
Tabela 4: Valores de fósforo total, orgânico e inorgânico (mg kg^{-1}) no sedimento dos reservatórios monitorados na Bacia do rio Mamanguape.....	34
Tabela 5: Valores de Fósforo Inorgânico Apatítico e Fósforo Inorgânico Não Apatítico (mg kg^{-1}) no sedimento dos reservatórios monitorados na Bacia do rio Mamanguape.....	35

SANTOS, João Paulo de Oliveira. **Avaliação da Qualidade da Água e do Sedimento em Reservatórios de Abastecimento Público na Bacia do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil.** Areia – PB, 2017. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A eutrofização figura atualmente como um dos maiores impactos ambientais em escala mundial, comprovado e presente em águas do Nordeste do Brasil. Em função desse processo muitos corpos d'água no mundo já perderam a capacidade de abastecimento humano, manutenção da vida aquática e recreação. O fósforo, nutriente limitante à eutrofização, é oriundo principalmente de esgotos domésticos, efluentes industriais e uso de fertilizantes. Além da sua presença na coluna de água, pode ser depositado no sedimento sob diferentes formas, em intensidades iguais, ou até mesmo superiores, a contribuição externa desse nutriente. O objetivo desse trabalho foi monitorar a qualidade da água e os teores de fósforo na água e sedimento de três reservatórios de abastecimento público do município de Areia - Paraíba, gerando informações para diagnosticar os principais impactos sobre estes ambientes. Nesse contexto, foram coletadas amostras mensais de água e anualmente amostras de sedimento de três reservatórios; Rio do Canto, Saulo Maia e Vaca Brava, no município de Areia, Paraíba. Foram analisados “*in situ*” alguns parâmetros como pH, condutividade elétrica, temperatura e transparência. No laboratório, teores de fósforo total, ortofosfato na água e o fracionamento das formas de fósforo no sedimento. Observou-se que a sazonalidade influenciou nos parâmetros de qualidade de água, principalmente a condutividade e o pH. Na maioria dos meses analisados, os reservatórios apresentaram-se como oligotróficos, com baixos valores de P-total e ortofosfato na água. Os teores de P-total no sedimento variaram entre 1185,3 mg kg⁻¹ a 3182, 1 mg kg⁻¹. O fracionamento indicou predominância do P-inorgânico chegando a 86,8% do fósforo total na Barragem de Rio do Canto em 2014. A fração apatítica foi predominante no fósforo inorgânico. Observou-se baixos teores de pH no sedimento, o que favorece a adsorção do fósforo não apatítico e disponível, ocorrendo a retenção pelo ferro e alumínio. Em geral a sazonalidade apresentou-se como um fator determinante na variação da qualidade da água desses reservatórios. Os resultados indicaram um potencial controle natural na liberação e aumento das concentrações de fósforo dos sedimentos para a coluna d'água, reduzindo o efeito da eutrofização sobre as águas dos reservatórios dessa região.

Palavras chave: impacto ambiental; sazonalidade; fracionamento de fósforo .

SANTOS, João Paulo de Oliveira. **Water and sediment quality evaluated in reservoirs of public supply in the Mamanguape river watershed, Paraíba, Brasil.** Areia – PB, 2017. 44p. final course assignment (Graduation in Agronomic Engineering) - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

Eutrophication is currently one of the greatest environmental impacts worldwide, proven and present in northeastern waters. Due to this process many water bodies in the world have already lost the capacity of human supply, maintenance of aquatic life and recreation. Phosphorus, a nutrient limiting to eutrophication, comes mainly from domestic sewage, industrial effluents and fertilizers. In addition to its presence in the water column, the external contribution of this nutrient can be deposited in different forms at equal or even higher intensities. The objective of this work was to monitor the water quality and the phosphorus content in the water and sediment of three reservoirs of public supply in the city of Areia - Paraíba, generating information to diagnose the main impacts on these environments. In order to do this, monthly samples of water were collected and sediment samples annually. Some parameters such as pH, electrical conductivity, temperature and transparency were analyzed in situ. At the laboratory, total phosphorus, orthophosphate content in water and the fractionation of phosphorus forms in the sediment were analyzed. It was observed that the seasonality influenced the parameters of water quality, mainly the conductivity and the pH. In most of the analyzed months, the reservoirs presented as oligotrophic, with low values of P-total and orthophosphate in the water. P-total contents in the sediment ranged from 1185.3 mg kg⁻¹ to 3182, 1 mg kg⁻¹. The fractionation indicated predominance of the inorganic P reaching 86.8% of the total phosphorus in the Rio do Canto dam in 2014. The apatite and unavailable fraction was predominant in the inorganic phosphorus. It was observed low pH levels in the sediment, which favors the adsorption of non-apatitic phosphorus and available, with iron and aluminum, retaining it. It was concluded that seasonality is a determining factor in the water quality variation of these reservoirs. The results indicated a potential natural control in the release and increase of the phosphorus concentrations of the sediments to the water column, reducing the effect of eutrophication on the waters of the reservoirs of that region.

Key-words: environmental impact; seasonality; phosphorus fractionation.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior disponibilidade de recursos hídricos do planeta, com cerca de 17% de toda a água disponível na Terra (BRAGA et. al, 2009). É o quinto país mais populoso do mundo, com um crescimento estimado de 1,2% ao ano e um dos países mais precários em questões sanitárias e tratamentos de efluentes (IBGE, 2010). Ainda segundo o IBGE, 84,35% da população brasileira vive em áreas urbanas. O acelerado crescimento das cidades associado ao crescimento industrial desordenado gera como consequência uma grande liberação de compostos indesejáveis ao meio ambiente, causando danos severos aos ecossistemas além de promoverem aumento substancial do aporte de cargas poluentes para os corpos aquáticos, como hidrocarbonetos, metais, nitratos, substâncias orgânicas e materiais radioativos (MARINS, et. al., 2007; TUNDISI, 2005).

A qualidade da água é composta por uma série de características de natureza química, física e biológica, sendo resultante de fenômenos naturais e de atividades antrópicas (SPERLING, 2005). Entre os impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos destaca-se a eutrofização, que afeta com maior ou menor intensidade, os ambientes aquáticos, sendo considerado um dos processos poluidores, mais presentes nos ecossistemas aquáticos (FIGUEIRÊDO et al., 2007).

A eutrofização das águas significa seu enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, gerando um meio propício ao crescimento excessivo das plantas aquáticas. Um grande problema relacionado à eutrofização é a proliferação de cianobactérias em detrimento de outras espécies aquáticas (TUNDISI 2005; CONLEY et al., 2009). Esse processo pode levar também à alteração no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água, à redução do oxigênio dissolvido, o que ocasiona um grande crescimento de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, além da redução da balneabilidade da água (SMITH & SCHINDLER, 2009). Em função da eutrofização muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam a capacidade de abastecimento humano, de manutenção da vida aquática e de recreação (DUARTE & VIEIRA, 2009).

O fósforo nos processos biológicos é considerado um macronutriente, fazendo parte da formação do metabolismo dos seres vivos, como no armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (ESTEVES & PANOSSO, 2011). Ao ser lançado

em águas superficiais, provoca o enriquecimento do meio, o tornando mais fértil e ocasionando o crescimento intensivo de comunidades fitoplanctônicas (AGUJARO & ISAAC, 2002; SPERLING 2007).

A determinação apenas dos teores de P total e solúvel na água são insuficientes para o diagnóstico do estado eutrófico de qualquer recurso hídrico (CORREL, 1998). Para tal é fundamental considerar o teor total e as formas de P no sedimento e sua capacidade de adsorção e dessorção (PELLEGRINI et. al., 2008). Cerca de 99% das espécies químicas presentes nos corpos hídricos fica armazenada no sedimento (EZAKI et al., 2011). No tocante a eutrofização, a liberação do fósforo do sedimento para a coluna de água pode contribuir em intensidades iguais, ou até mesmo superiores, a contribuição externa de fósforo. Assim, esta liberação pode dificultar a recuperação de lagos, mesmo quando são tomadas medidas para reduzir o aporte da carga de nutrientes (BOERS, et al., 1998).

A retenção ou liberação do nutriente a partir do sedimento encontra-se altamente correlacionadas às condições de oxirredução na interface água-sedimento, e também ao pH, temperatura e atividade microbiana (OLILA & REDDY, 1997). Os sedimentos constituem-se como verdadeiros arquivos de informações de natureza física, química e biológica, uma vez que as camadas são depositadas temporal e sequencialmente (MOZETO, 2004).

As principais formas de fósforo no sedimento são o Fósforo Total; Orgânico; Inorgânico e suas frações, com destaque para o Fósforo Inorgânico Não-Apatítico (fósforo ligado aos óxidos/hidróxidos de ferro/alumínio) que representa em grande parte os íons de ortofosfatos de origem antrópica adsorvidos sobre os hidróxidos de ferro e alumínio, com os quais formam complexos (GACHTER, 1998) e Fósforo Inorgânico Apatítico (fósforo ligado ao cálcio), este representando os íons de ortofosfatos incluídos na estrutura cristalina da apatita não sendo, portanto, biodisponível (PROTAZIO, et al. 2004).

A determinação dos teores de fósforo na água e sedimentos é uma etapa crucial para o monitoramento e controle da eutrofização, bem como para o conhecimento dos padrões de ciclagem do fósforo em ambientes aquáticos (ESTEVES, 2011).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Monitorar a qualidade da água e os teores de fósforo na água e sedimento de três reservatórios de abastecimento público do município de Areia - Paraíba.

2.2. Objetivos Específicos

- Quantificar os teores de Fósforo Total e Ortofosfato da água nos reservatórios monitorados;
- Determinar mensalmente os valores de pH, Condutividade Elétrica, Transparência e Temperatura na água dos três reservatórios;
- Determinar o Índice de Estado Trófico (IET);
- Determinar o pH e os teores de Matéria Orgânica no sedimento dos reservatórios de estudo;
- Quantificar os teores de Fósforo Total, Orgânico e Inorgânico no sedimento.
- Realizar o fracionamento do Fósforo Inorgânico, determinando suas frações Apatítica e Não Apatítica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

O Estado da Paraíba possui uma extensão territorial de 56.439,84 km², correspondente a 3,63% da área da região Nordeste. Situado entre as latitudes 06°00'11,1" e 08°19'54,7" sul e as longitudes 34°45'50,4" e 38°47'58,3" oeste, a vegetação apresenta florestas definidas como a caatinga (ou mata branca na língua tupi), tabuleiros costeiros, mangues, mata úmida, mata decidual, mata atlântica e restinga (PERH, 2007).

O estado possui 11 bacias hidrográficas, dentre as quais se destaca a Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape, terceiro maior curso d'água do estado da Paraíba, situa-se no extremo leste do Estado da Paraíba, entre as latitudes 6°41'57" e 7°15'58"

sul e longitudes 34°54'37'' e 36° a oeste de Greenwich ocupa uma área de 3.522,69 Km², é caracterizada por apresentar formações vegetacionais representadas por floresta ombrófila aberta (brejos de altitude), floresta estacional decidual e semidecidual, e ecossistemas associados, nas faixas ecotonais. Apresenta elevada intensidade de impactos antropogênicos, associados com a elevada ocupação humana no entorno, que totalizam um contingente de aproximadamente meio milhão de habitantes, causando diversas modificações, devastação da cobertura vegetal e avanço da eutrofização.

Inserido na mesorregião do agreste paraibano, na microrregião do Brejo Paraibano, o município de Areia apresenta uma área de 269 km², com uma população estimada em 24.992 habitantes (IBGE, 2007). Encontrando-se inserido parte nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Mamanguape. O clima na região, pela classificação de Köppen, é do tipo As' (quente e úmido), com estação chuvosa no período outono-inverno, sendo as maiores precipitações nos meses de junho e julho (BRASIL, 1972). A temperatura média anual é de 24° C, com uma umidade relativa média em torno de 80% e precipitação média anual de 1400 mm.

Para o presente estudo foram selecionados três reservatórios de abastecimento público no município de Areia; as Barragens de Vaca Brava, Saulo Maia e Rio do Canto.

A Barragem Vaca Brava está inserida em uma reserva de Mata Atlântica de altitude, a qual preserva a área de captação da barragem. Sendo esta a única reserva florestal deste tipo no Agreste da Paraíba. A barragem abastece três municípios no agreste paraibano, possuindo uma capacidade de 3.783.556 m³. Apesar de inserida em uma reserva florestal, a barragem é circundada por minifúndios, com predominância de pastagens e agricultura de subsistência, apresentando solos com sinais evidentes de degradação física (SANTOS et al, 2002).

A Barragem Saulo Maia é o maior reservatório do município, com uma capacidade de armazenamento de 9.833.615 m³. Apesar da grande capacidade e tempo de implantação, o reservatório só começou a abastecer Areia recentemente, depois da construção do sistema de adução. Os demais municípios da região usam a água da barragem por meio de caminhões pipa. A barragem sofre com problemas de especulação imobiliária, com condomínios implantados em suas margens. Soma-se a isso a produção de peixes em tanques rede.

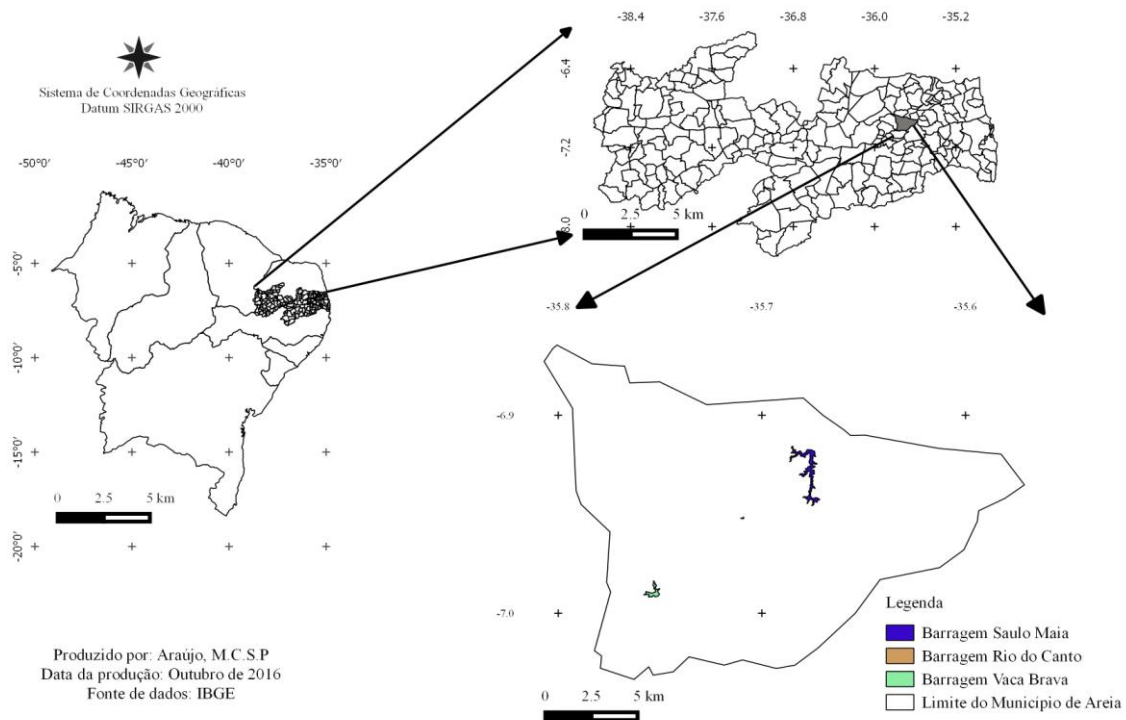


Figura 1: Localização dos ambientes monitorados, Areia – Paraíba.

Durante o período do estudo a maior parte do abastecimento público de Areia era suprido pela Barragem do Rio do Canto. A barragem além de ser de pequeno porte recebe boa parte dos esgostos domésticos do município, o que compromete a qualidade de suas águas.

3.2. Amostragens

As coletas de água foram realizadas mensalmente, durante o período de um ano, de janeiro a dezembro (Com exceção do mês de outubro). A coleta de sedimento foi realizada em dois períodos, antes do início das coletas de água e no último mês dessas coletas.

3.2.1. Precipitação Pluviométrica

Os dados relativos à precipitação pluviométrica do período estudado foram obtidos junto ao site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

3.2.2. Variáveis Analisadas *In Situ*

A transparência foi estimada utilizando o disco de Secchi, o pH, a condutividade e a temperatura foram obtidos através de sonda multiparâmetros.

3.2.3. Procedimentos de Amostragem

3.2.3.1. Sedimento

A amostragem do sedimento dos reservatórios estudados foi realizada com auxílio de um amostrador confeccionado em tubo de PVC rígido de 100 mm de diâmetro interno, sendo coletadas amostras simples dos primeiros cinco centímetros (5 cm) do sedimento superficial. Os pontos para coleta de sedimento foram selecionados em função do uso e ocupação do solo predominante na região de entorno, considerando uma área pristina ou de referência, sob vegetação preservada.

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos, previamente higienizados segundo procedimentos da CETESB (2011). Os recipientes destinados à análise de fósforo serão imersos em solução de HCl 10% (v/v), por 48 horas, sendo posteriormente enxaguados com água destilada. Em seguida, todas as amostras foram congeladas a 4°C até o momento do processamento.

3.2.3.2. Água

As amostras de água foram coletadas no mesmo ponto do sedimento. Sendo utilizadas garrafas de polietileno com capacidade para armazenamento de 1 L de água.

3.3. Análises de Fósforo Total e Ortofosfato na Água

As análises de fósforo total e ortofosfato da água foram realizadas segundo a metodologia descrita por APHA (1998) também conhecida como “método do ácido ascórbico”, e consiste na reação de complexação do ortofosfato pelo molibdato em meio ácido sendo catalisada pelo antimônio, com formação de ácido fosfomolibdico, que é reduzido pelo ácido ascórbico, resultando no chamado azul de molibdênio cuja composição é incerta. A intensidade da cor azul é proporcional à quantidade de fosfato inicialmente incorporada ao heteropoliácido (MARUCHI, 2005). Sendo que para determinação do fósforo total a amostra anteriormente passa por digestão com persulfato de potássio. Para a determinação do ortofosfato a amostra é previamente filtrada em filtros de fibra de vidro.

3.4. Índice de Estado Trófico (IET)

Para o cálculo do IET foi utilizado o índice de Carlson (1977), modificado para ambientes tropicais por Toledo Jr. et al., (1983). O índice se baseia nos teores de fósforo total na água. Esse índice tem sido largamente usado para classificação de lagos e reservatórios, pela sua simplicidade e objetividade (RIBEIRO, 2007).

A expressão utilizada foi a seguinte:

$$\text{IET PT} = 10 \{ 6 - [\ln (80,32 / \text{PT}) / \ln 2] \}$$

Onde:

IET PT = índice de estado trófico para fósforo;

PT = concentração de fósforo total, medida à superfície da água ($\mu\text{g L}^{-1}$).

Conforme os valores encontrados na expressão do IET, o corpo aquático pode ser classificado como:

- Oligotrófico: $\text{IET} \leq 44$
- Mesotrófico: $44 < \text{IET} \leq 54$
- Eutrófico: $54 < \text{IET} \leq 74$
- Hipereutrófico: $\text{IET} > 74$

3.5. Preparo das Amostras de Sedimento para Análise

As amostras foram descongeladas e em seguida secas à 60°C até peso constante. Após secagem, as amostras foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm retirando-se o material mais grosseiro.

Para realização das análises dos teores de Fósforo total e suas frações uma alíquota de aproximadamente 10 g da amostra foi macerada em gral de porcelana e passada em peneira de 0,177 mm de abertura, sendo armazenadas em recipientes de polietileno até o momento da análise.

3.6. Parâmetros Analisados no Sedimento

Após o processamento da amostra foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica e os teores de fósforo total, fósforo orgânico, fósforo inorgânico, fósforo inorgânico não apatítico - PINA (ligado aos óxidos/hidróxidos de ferro/alumínio) e fósforo inorgânico apatítico- PA (Fósforo ligado ao cálcio).

3.6.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi feita potenciometricamente na suspensão sedimento: solução 1:2,5 em água, com tempo de contato não inferior a uma hora, de acordo com EMBRAPA (1997).

3.6.2. Carbono Orgânico e Matéria Orgânica

Para determinação do teor de carbono orgânico foi utilizado o método titrimétrico de oxi-redução (Walkley-Black) descrito por Donagema et al. (2011). Esse método consiste na oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor despreendido do ácido sulfúrico e, ou, aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr).

O teor de matéria orgânica foi calculado multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Este fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 1997).

3.6.3. Fósforo Total

O fósforo total (PT) foi determinado a partir do somatório das frações de fósforo orgânico e inorgânico.

3.6.4. Fracionamento do Fósforo: Inorgânico e Orgânico

Para a obtenção do teor fósforo inorgânico (P_i), foi pesado 0,2 g da amostra de sedimento, em seguida transferida para tubos falcon com capacidade de 50 mL. Após a pesagem foi adicionado 20 mL de HCl 1 M, sendo submetida à agitação por 16 h a 125 rpm, posteriormente foi realizada a centrifugação a 4.000 rpm por 5 minutos. Foi recolhida uma alíquota do extrato que foi neutralizada e diluída a um volume fixo de 20 mL. Nesse extrato se quantificou o teor de fósforo inorgânico do sedimento através do método do ácido ascórbico.

Com o resíduo da etapa anterior foi quantificado o teor de fósforo orgânico. Após a retirada do extrato utilizado na determinação de P_i , o resíduo foi lavado com água deionizada, em seguida será centrifugado a 4000 rpm durante 5 minutos, esse procedimento foi repetido mais duas vezes. O extrato foi descartado e o resíduo transferido para cadinhos de porcelana, sendo calcinados a 450°C por 3 horas. As cinzas foram transferidas para tubos falcon com capacidade de 50 mL, nos quais foi adicionado 20 mL de HCl 1 M, sendo submetido à agitação por 16 h a 125 rpm, posteriormente foi realizada a centrifugação a 4.000 rpm por 5 minutos. Recolheu-se uma alíquota do extrato que foi neutralizada e diluída a um volume fixo de 20 mL. Nesse extrato se quantificou o teor de fósforo orgânico do sedimento através do método do ácido ascórbico.

3.6.5. Fracionamento do Fósforo Inorgânico Não Apatítico – P_{nap} e do Fósforo Inorgânico Apatítico – P_{ap}

Para o fracionamento do fósforo inorgânico P_{NAP} e P_{AP} , foi pesado 0,2 g da amostra de sedimento, em seguida transferida para tubos falcon com capacidade de 50 mL. Após a pesagem foi adicionado 20 mL de NaOH 1 M, sendo submetida à agitação por 16 h a 125 rpm, posteriormente se realizou a centrifugação a 4.000 rpm por 15 minutos, separando-se o extrato do resíduo que será reservado para quantificação do teor de P_{AP} . Em seguida se retirou uma alíquota de 10 mL desse extrato, transferindo-se para tubos falcon de 15 mL, nos quais foram adicionados 4 mL de HCl 3,5 M, sendo agitados por 16 h a 125 rpm e centrifugado por 15 minutos a 4.000 rpm. Uma alíquota desse extrato foi recolhida, neutralizada e diluída a um volume fixo de 20 mL. Nesse extrato se quantificou o teor de P_{NAP} , através do método do ácido ascórbico.

O resíduo reservado anteriormente foi lavado com 12 mL de NaCl 1M, em seguida centrifugado a 4000 rpm durante 5 minutos, esse procedimento foi repetido mais duas vezes, descartando-se o extrato. Após a lavagem, adicionou-se 20 mL de HCl 1M, agitando-se por 16 horas a 125 rpm, sendo posteriormente centrifugada a 4.000 rpm por 15 minutos. Recolheu-se uma alíquota desse extrato, sendo neutralizada e diluída a um volume fixo de 20 mL. Nesse extrato quantificou-se o teor de P_{AP} , através do método do ácido ascórbico.

3.7. Análise Estatística

Foi realizada a análise descritiva de componentes principais (ACP) através da variação mensal das variáveis físico-químicas da água e do ambiente (transparência, precipitação, condutividade elétrica, pH, fósforo total da água e ortofosfato) e outra ACP com as variáveis do sedimento (matéria orgânica, pH, fósforo total, fósforo orgânico, fósforo inorgânico, fósforo inorgânico apatítico e fósforo inorgânico não apatítico). O programa utilizado foi o R (The R project for StatisticalComputing).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Precipitação Pluviométrica

O município de Areia durante todo o período de estudo teve a ocorrência de chuvas, característica marcante de regiões de brejos de altitude. Os maiores valores foram observados entre os meses de março e agosto. As chuvas podem acarretar grande fluxo de nutrientes e material em suspensão para dentro dos reservatórios, alterando de maneira direta parâmetros como a transparência, temperatura, pH, condutividade elétrica e disponibilidade de nutrientes (BOZELLI et al., 1992).

Tabela 1. Precipitação pluviométrica no município de Areia- Paraíba no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2015.

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	50,9
Fevereiro	65
Março	133,3
Abril	45,3
Mai	91,2
Junho	164
Julho	379,6
Agosto	68,7
Setembro	27,9
Novembro	4,7
Dezembro	92,1

Apesar do registro de chuvas ao longo do ano, a precipitação acumulada foi menor que a média climatológica (1.369,3 mm). A qualidade da água dos reservatórios da região Nordeste é fortemente influenciada por fatores climáticos. (LOBATO et. al, 2008).

4.2. Caracterização Físico Química da Coluna de Água

Durante o período analisado os valores de transparência variaram de 0,04 (Vaca Brava- Jan/15) a 2,1 metros (Saulo Maia- Set/15) (Figura 2). De modo geral a Barragem de Vaca Brava e Rio do Canto apresentaram águas mais turbidas, com médias de transparência de 0,17 e 0,65 m respectivamente (Figura 2). Saulo Maia apresentou águas claras, com uma média de 2,26 metros.

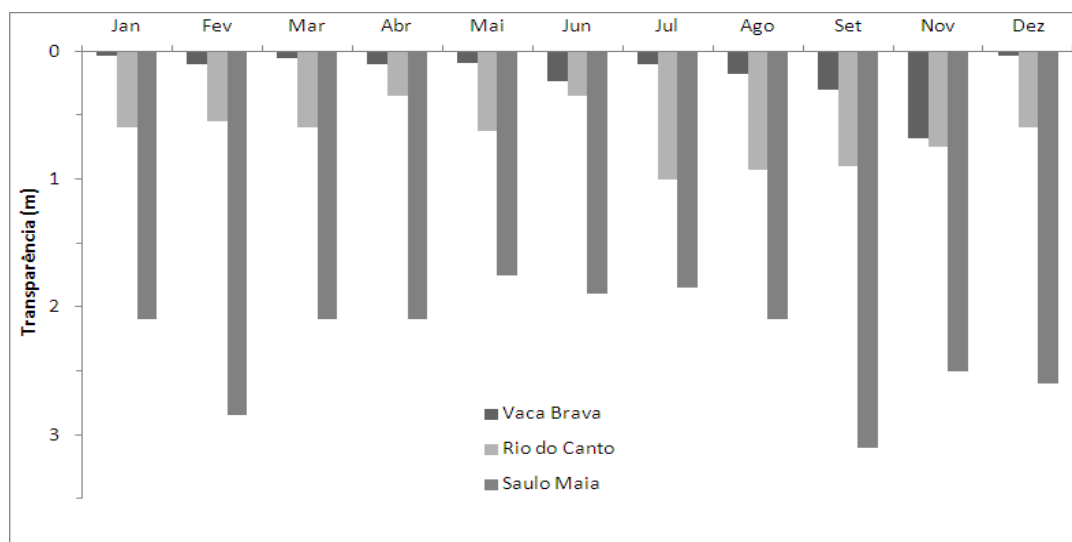


Figura 2: Valores de transparência observados nos ambientes monitorados.

A variação da transparência se deve principalmente a dois fatores: introdução de material alóctone, elevando a quantidade de material em suspensão na água e ressuspensão de material do sedimento, causada pelo vento (BARBOSA, et. al., 2006). Assim quanto maior a transparência, maior a penetração de luz adequada à atividade fotossintética dos organismos produtores que servem de alimento ao zooplâncton e aos peixes (WETZEL, 2001).

Deve-se levar em consideração que a Barragem Vaca Brava durante todo o ano de 2015 se manteve abaixo de 20 % da sua capacidade de armazenamento, favorecendo aumento da concentração de material em suspensão e conseqüentemente diminuição da transparência. Observou-se em Saulo Maia uma tendência à diminuição da transparência nos períodos mais chuvosos. Resultados que corroboram com os observados por Silva et. al (2009), que no reservatório da UHE de Peti, Minas Gerais, observaram variações na transparência de até 1 metro entre os períodos de chuva e seca.

A água dos reservatórios estudados apresentou temperatura mínima de 23,8 °C (Rio do Canto- Jun/15) e temperatura máxima de 34,1 °C (Vaca Brava- Fev/15) (Tabela 2). A temperatura apresenta relação direta com as reações químicas (HELLER E PADUA, 2006). Temperaturas mais elevadas promovem a aceleração do metabolismo, contribuindo com maior consumo de ortofosfato pelas algas fitoplanctônicas presentes na zona eufótica da coluna d'água (WETZEL, 2001). Variações na temperatura de um corpo hídrico geram camadas com diferentes densidades, influenciando na solubilidade dos gases e na decomposição da matéria orgânica (LINS, 2006).

Tabela 2. Média \pm desvio padrão (DP) das variáveis da água nos três ambientes monitorados no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2015.

Variável	Ambiente		
	Vaca Brava	Rio do Canto	Saulo Maia
	Média \pm DP	Média \pm DP	Média \pm DP
Temp. Água (°C)	30,69 \pm 2,06	28,18 \pm 2,15	28,59 \pm 1,3
pH	7,55 \pm 0,83	7,3 \pm 0,54	7,67 \pm 0,30
Cond. (μ s/cm)	288,18 \pm 70,11	401,82 \pm 87,96	349,09 \pm 13,00
P-total μ g/L	28,77 \pm 9,96	15,13 \pm 6,00	11,56 \pm 3,60
P-Orto μ g/L	13,80 \pm 10,63	6,45 \pm 2,98	3,9 \pm 2,10

Cond. = Condutividade elétrica; P-Total = Fósforo total; P-Orto = Ortofosfato.

O pH variou de 6,13 (Vaca Brava- Jan/15) a 8,47 (Vaca Brava- Jul/15), sendo o reservatório de Vaca Brava o ambiente que apresentou as maiores oscilações, com uma média de 7,55, com predominância de valores indicativos de alcalinidade na maioria dos meses (Tabela 2). Rio do Canto apresentou valores sempre superiores a 7, com exceção do mês de janeiro (6,28). Condições semelhantes observadas em Saulo Maia, com tendência ao pH mais alcalino, com valor mínimo de 7,2 (Fev/15), máximo de 8,1(Mai/15), e média de 7,66.

Os padrões da resolução Conama n° 357/05, classe II, definem pH mínimo em 6 e máximo em 9. Sendo assim os três reservatórios permaneceram dentro desses limites durante todo o período analisado.

A condutividade elétrica variou de 190 μ s/cm (Vaca Brava- Jul/15) a 510 μ s/cm (Rio do Canto- Jan-Dez/15). As maiores médias de CE foram encontradas no reservatório do Rio do Canto (401,8 μ s/cm), tais valores podem estar associados às descargas de poluentes no ambiente, uma vez que esse parâmetro é fortemente influenciado pelos lançamentos de efluentes domésticos, industriais e dejetos animais nos corpos aquáticos (MORAES, 2001).

A Barragem de Vaca Brava apresentou os maiores valores de fósforo total, com teores variando de 13,98 μ g/L a 44,67 μ g/L. Deve-se levar em consideração que em quatro meses (Jan - 43,03 μ g/L ; Mar – 31,57 μ g/L ; Abr – 44,67 μ g/L e Set – 37,29 μ g/L) as concentrações do nutriente foram superiores ao limite de 30 μ g/L estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005, para corpos d'água classe II (BRASIL, 2005).

A Barragem do Rio do Canto também apresentou desconformidade com a Resolução, sendo observado no mês de março de 2015 um valor de 31,57 $\mu\text{g/L}$ de P-Total. No entanto, durante todo o resto do ano os valores se mantiveram baixos, fator considerável, visto que o ambiente recebe um grande aporte de efluentes oriundos da cidade de Areia. Os baixos teores de fósforo podem estar associados à presença maciça de macrófitas que ocupam grande parte do reservatório. As macrófitas aquáticas atuam como armazenadoras de nutrientes, influenciando as características físico-químicas dos corpos d'água (PAGIORO & THOMAZ, 1999).

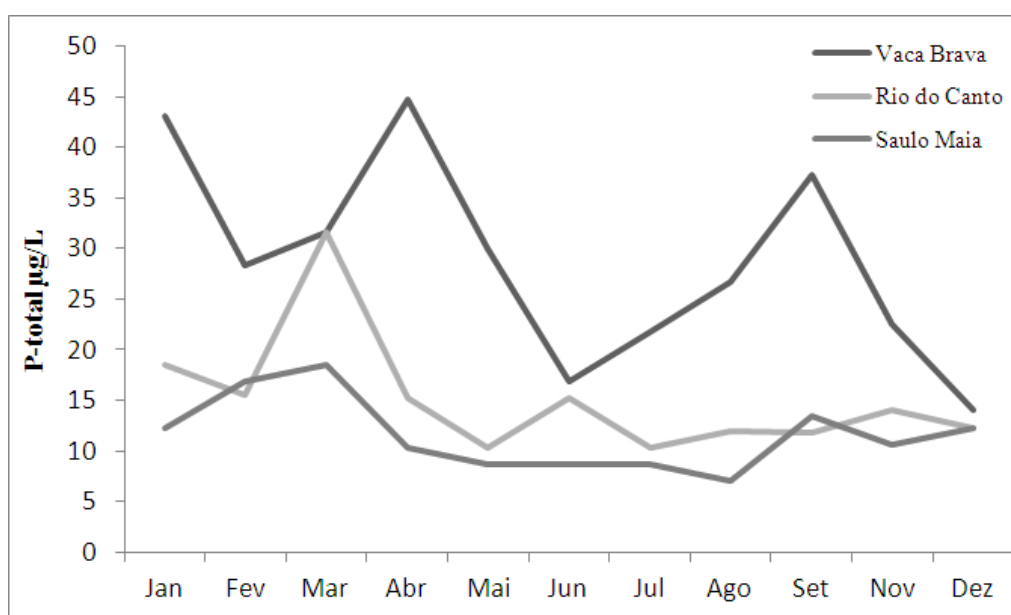


Figura 3: Valores de fósforo total (P-Total) observados nos ambientes monitorados.

Segundo Chapman (1992), as concentrações de fósforo na maioria das águas naturais, encontram-se entre $5 \mu\text{g L}^{-1}$ e $20 \mu\text{g L}^{-1}$, valores próximos a média dos valores encontrados nesse trabalho. Os valores de fósforo total em reservatórios de regiões semiáridas são relativamente altos, diversos trabalhos encontraram valores superiores a $100 \mu\text{g/L}$ (CHELLAPA et al., 2009; VILAR, 2009; MOLISANI et al., 2010 ; MELO, 2012). A concentração química das águas dessa região está sujeita a grandes mudanças sob a influência da evaporação, baixo fluxo e tempo de residência de água, associado a um balanço hídrico negativo e altas temperaturas durante a maior parte do ciclo hidrológico. Isto intensifica a acumulação e concentração de nutrientes, tornando estes sistemas muito mais vulneráveis à eutrofização (BARBOSA, et. al, 2012).

Apesar de circundados pelo semiárido, os Brejos de Altitude apresentam historicamente características próprias como, por exemplo, maior precipitação pluviométrica, proporcionando um microclima diferenciado (ANDRADE & LINS, 1964). No entanto, mudanças nos padrões de precipitação com redução do período de chuvas e de volume, além da demanda hídrica podem promover redução do volume de água acumulado e aumento das concentrações de fósforo.

Observou-se que assim como a condutividade, os teores de fósforo total foram menores durante o período de maior precipitação pluviométrica, com exceção do Rio do Canto, que registrou um leve aumento no mês de junho. Embora normalmente os longos períodos de estiagem levem ao aumento das concentrações de P-Total na água, concentrações elevadas de fósforo também podem ser detectadas durante o período chuvoso devido à influência do escoamento superficial (GOMES et al. 2010; VASCO et al., 2011).

Os teores de ortofosfato se mantiveram relativamente baixos durante todo o período analisado. Os valores variaram de 2 µg/L (Saulo Maia - Mai/15) a 32,42 (Vaca Brava - Set/15). O ortofosfato consiste na fração de fósforo de maior relevância, visto que é a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos (ESTEVES & PANOSSO, 2011). Os baixos valores de ortofosfato solúvel em corpos hídricos tropicais podem ser associados às altas temperaturas que aceleram os processos de assimilação pelo fitoplâncton, à diluição e à precipitação química ou imobilização sob condições alcalinas e aeróbias (ESTEVES, 1998).

Andrade (2008) verificou valores médios de ortofosfato de 3,70 µg/L no Açude Soledade, 0,58 µg/L no açude Taperoá II e 2,61 µg/L no açude Namorados, ambos localizados no semiárido paraibano.

A determinação do estado trófico de um ambiente aquático é uma ação fundamental para obtenção de informações que permitam descrever as relações bióticas e abióticas desse ecossistema. Os índices utilizados possibilitam a classificação das águas de corpos hídricos, facilitando, assim, informações relativas ao estado ou à natureza na qual se encontram tais sistemas (OLIVEIRA et al., 2007). O controle da eutrofização, dependente da classificação do IET, pode ocorrer como medida preventiva ou medida corretiva (SPERLING, 2005).

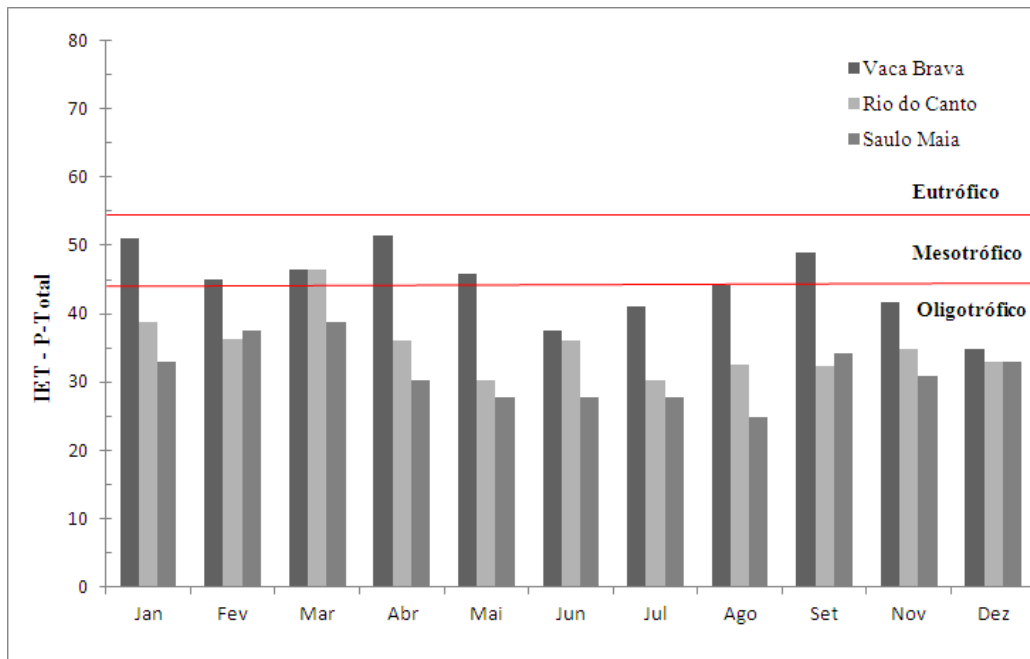


Figura 4: Índice de Estado Trófico (IET) observado nos ambientes monitorados.

O IET para o P-Total mostrou que na maioria dos meses, os ambientes foram classificados como oligotróficos ($IET \leq 44$), com exceção de Vaca Brava (Jan, Fev, Mar, Abr e Set) e Rio do Canto (Mar) que foram classificados como mesotróficos ($IET > 44 \leq 54$). Verificou-se assim que, durante quase todo período de estudo, os ambientes apresentaram baixa produtividade, conseqüentemente uma melhor qualidade de água. Todavia, deve-se atentar para os processos de uso e ocupação do entorno desses reservatórios, levando em consideração que Rio do Canto se encontra localizado em ambiente próximo a zona urbana e Saulo Maia está rodeado por condomínios. O aumento do aporte de nutrientes por processos antrópicos pode modificar em poucas décadas um corpo d'água de natureza oligotrófica para eutrófica (HENRY, 1986).

A análise de componentes principais (ACP) registrou 63,7% de explicação nos dois primeiros eixos. Para o eixo 1 que explica 34,41 % da variações (Figura 5) as variáveis com maior associação foram fósforo total ($r = 0,54$), ortofosfato ($r = 0,55$) e transparência ($r = -0,49$). As correlações positivas mostram a forte relação entre os valores de fósforo total e ortofosfato, contrastando com a transparência. Assim observa-se a tendência da formação de um agrupamento com um ambiente de águas claras e baixos teores de nutrientes (Saulo Maia), comportamento oposto ao observado em Vaca Brava.

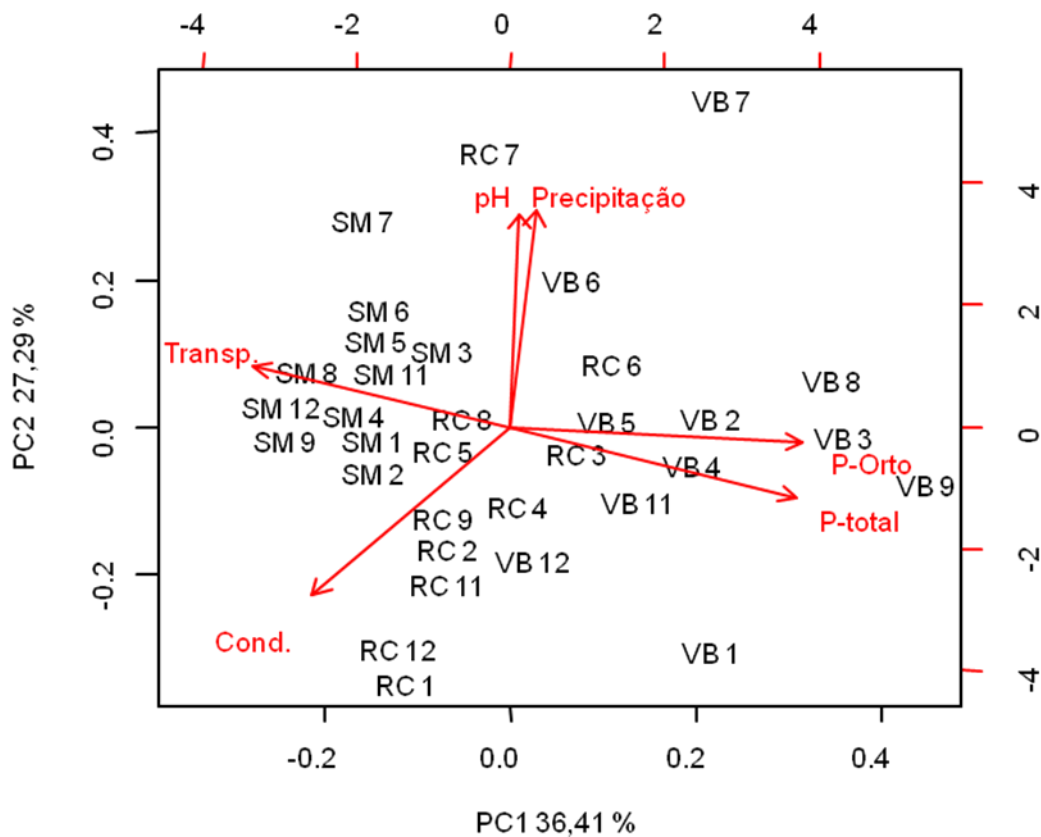


Figura 5. Gráfico da Análise de Componentes Principais (Água).

Cond. = Condutividade; Transp.= Transparência; pH = Potencial Hidrogeniônico; P-total = Fósforo Total, P-Orto = Ortofosfato. SM = Saulo Maia; RC = Rio do Canto; VB = Vaca Brava. 1 a 12 representam os meses de Janeiro a Dezembro respectivamente.

No eixo 2 que explica 27,29 % da variância original, observa-se a influência positiva da precipitação ($r = 0,59$) sob o pH ($r = 0,59$) e efeito negativo sob a condutividade ($r = -0,46$). Com o aumento das chuvas, o pH tende a subir pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos (CARVALHO et al., 2000). Já a diminuição da condutividade pode ser explicada pela maior entrada de água nos ambientes, o que resultou numa diminuição das concentrações de íons e, conseqüentemente, na condutividade elétrica, caracterizando um efeito de diluição (MOSCHINI-CARLOS et al., 1999). Esse comportamento corrobora com os resultados obtidos por Tavares (2000) e Lins (2006) que também observaram a relação inversa da condutividade elétrica com a precipitação em reservatórios nos estado da Paraíba.

4.3. Caracterização do Sedimento

Durante o período de amostragens o pH apresentou-se ácido com valores entre 4,43 e 5,43, potencialmente associados aos solos intemperizados do entorno dos reservatórios. Valores baixos de pH podem facilitar a fixação de fosfato aos óxidos de ferro/alumínio, tornando o fósforo indisponível para a biota (PEDRO et al., 2013). Em valores mais altos de pH o fósforo está sob formas mais solúveis e estáveis (MARINS et al., 2007).

Tabela 3. Valores de pH e Matéria Orgânica (%) no sedimento dos reservatórios monitorados anualmente na Bacia do rio Mamanguape.

Ambiente	pH	M.O %
Rio do Canto 2014	4,96	1,13
Saulo Maia 2014	4,83	0,47
Vaca Brava 2014	4,53	1,69
Rio do Canto 2015	4,79	1,77
Saulo Maia 2015	5,43	0,52
Vaca Brava 2015	4,43	1,98

Os teores de matéria orgânica no sedimento dos ambientes monitorados variaram entre 0,47% (Saulo Maia-2014) e 1,98% (Vaca Brava-2015). Todos os pontos apresentaram porcentagens inferiores a 10%, o que caracteriza sedimentos minerais (ESTEVEZ, 1998). Cunha & Calijuri (2008) encontraram valores semelhantes, com teores variando de 0,6 a 6,6 % de M.O em dois sistemas lóticos no estado de São Paulo.

Os teores de P-total no sedimento variaram entre 1185,27 mg kg⁻¹ (Saulo Maia – 2014) a 3182,10 mg kg⁻¹ (Rio do Canto – 2014). Alguns autores tem sugerido que concentrações de P-total superiores a 700 mg kg⁻¹ são indicativos de influência antrópica (TEODORO et al. 2009). A Resolução CONAMA 344/2004 estabelece o teor de 2000 mg kg⁻¹ como o valor acima do qual existe a possibilidade de prejuízos ao ambiente na área de disposição (BRASIL, 2004). Dessa forma, a tendência em habitats prístinos seriam valores menores, indicando que ambientes abordados no presente estudo registram interferência antropogênica.

Muito embora seja um dado de grande importância, a concentração total de fósforo nos sedimentos não oferece maiores detalhes sobre os processos

biogeoquímicos que envolvem a deposição do fósforo (KOCH et al., 2001). O fracionamento geoquímico da fração total em inorgânica e orgânica oferece uma imagem mais completa da dinâmica do elemento no sedimento dos ambientes (RUTTEMBERG, 1992).

Tabela 4. Valores de fósforo total, orgânico e inorgânico (mg kg^{-1}) no sedimento dos reservatórios monitorados na Bacia do rio Mamanguape.

Variável	Ambiente					
	Vaca Brava 2014	Vaca Brava 2015	Rio do Canto 2014	Rio do Canto 2015	Saulo Maia 2014	Saulo Maia 2015
	Concentração mg kg^{-1}					
P – Total	2408,08	2402,59	3182,10	2661,38	1185,27	1821,48
P - Orgânico	731,88	519,22	419,41	771,11	192,73	244,26
P- Inorgânico	1676,20	1883,37	2762,69	1890,27	992,54	1577,22

P - Total = Fósforo Total; P-Orgânico = Fósforo Orgânico; P- Inorgânico = Fósforo Inorgânico.

Os maiores valores de fósforo orgânico foram encontrados no sedimento da Barragem do Rio do Canto em 2015 ($771,11 \text{ mg kg}^{-1}$). O P-orgânico é constantemente modificado em sua essência pelos processos de degradação que ocorrem na interface água/sedimento e na porção depositada nas camadas superficiais do sedimento (CARMAN et al., 2000).

As transformações do fósforo orgânico dos sedimentos dependem, além dos processos físico-químicos de adsorção e dessorção, de fatores bioquímicos referentes aos organismos que promovem sua mineralização (TOOR et al., 2003).

Os valores de P-Inorgânico variaram de $992,54 \text{ mg kg}^{-1}$ (Saulo Maia – 2014) a $2762,69 \text{ mg kg}^{-1}$ (Rio do Canto – 2014). Em todos os ambientes ocorreu à predominância da fração inorgânica, chegando a representar 86,8% de todo o fósforo na Barragem do Rio do Canto em 2014. Paula Filho (2004) encontrou valores inferiores de P-Inorgânico no estuário do Rio Jaguaribe, Ceará, com valores de 43 a $124,8 \text{ mg kg}^{-1}$. No entanto observou a mesma tendência de predominância da fração inorgânica.

A fração inorgânica do fósforo é tida como a melhor indicadora de atividades antropogênicas. Sua predominância sobre as outras frações pode ser associada com o uso de fertilizantes e esgotos não tratados, contendo polifosfatos e ortofosfatos (BORGES et al., 2009).

O fracionamento do fósforo inorgânico mostrou a predominância da fração apatítica (P_{AP}), que representa os íons de ortofosfatos incluídos na estrutura cristalina da apatita, com teores variando de 924,01 (Saulo Maia – 2015) a 1392,02 mg kg^{-1} (Vaca Brava 2014). Águas com pH alcalino como as encontradas nesse estudo, favorecem a coprecipitação ou a precipitação direta entre calcita e fósforo, levando assim uma menor adsorção de fósforo aos óxidos-hidróxidos de ferro e formando compostos relativamente estáveis e indisponível (GOLTERMAN, 2004; DONG et al., 2011; HAN et al. 2011; ZHU et al., 2013), no entanto esses compostos podem ser liberados do sedimento por meio de atividade bacteriana, na qual se transforma o fosfato insolúvel em uma forma biodisponível (JIANG et al., 2011).

Tabela 5. Valores de Fósforo Inorgânico Apatítico e Fósforo Inorgânico Não Apatítico (mg kg^{-1}) no sedimento dos reservatórios monitorados na Bacia do rio Mamanguape.

Variável	Ambiente					
	Vaca Brava 2014	Vaca Brava 2015	Rio do Canto 2014	Rio do Canto 2015	Saulo Maia 2014	Saulo Maia 2015
	Concentração mg kg^{-1}					
P_{AP}	1392,02	1273,15	1337,48	1348,67	924,01	1374,30
P_{NAP}	203,95	315,15	98,90	105,06	36,53	44,74

P_{AP} = Fósforo Inorgânico Apatítico; P_{NAP} = Fósforo Inorgânico Não Apatítico.

A fração não apatítica (P_{NAP}) representa em grande parte os íons de ortofosfatos adsorvidos sobre os hidróxidos de ferro e alumínio, com os quais formam complexos. É considerada uma importante indicadora do nível de poluição e dependendo das propriedades químicas do meio, pode ser prontamente disponível para a coluna d'água, podendo ser usado para estimar a curto e longo prazo o fósforo disponível no sedimento (ZAN et al., 2011).

Neste trabalho os menores valores de P_{NAP} foram encontrados na Barragem de Saulo Maia, o que corrobora para atestar o melhor grau de qualidade ambiental desse ambiente. Lagos naturais, com longa história evolutiva e longo tempo de deposição de material sedimentar podem apresentar valores altos dessa fração, compatíveis com o recente reservatório de Saulo Maia (10 anos) fator esse corroborado por Silva (2014) onde valores de fósforo não apatítico elevados (entre 44,95 e 334,53 mg kg^{-1}) foram identificados em uma lagoa natural, com matas ciliares parcialmente preservadas, indicando alta velocidade dos processos de deposição.

Através da Análise de Componentes Principais (ACP) foram obtidos dois componentes principais mais significativos (Eixos 1 e 2), associados à matriz de dados, que em conjunto explicaram 85,5 % da variância total em relação às variáveis originais (Figura 6).

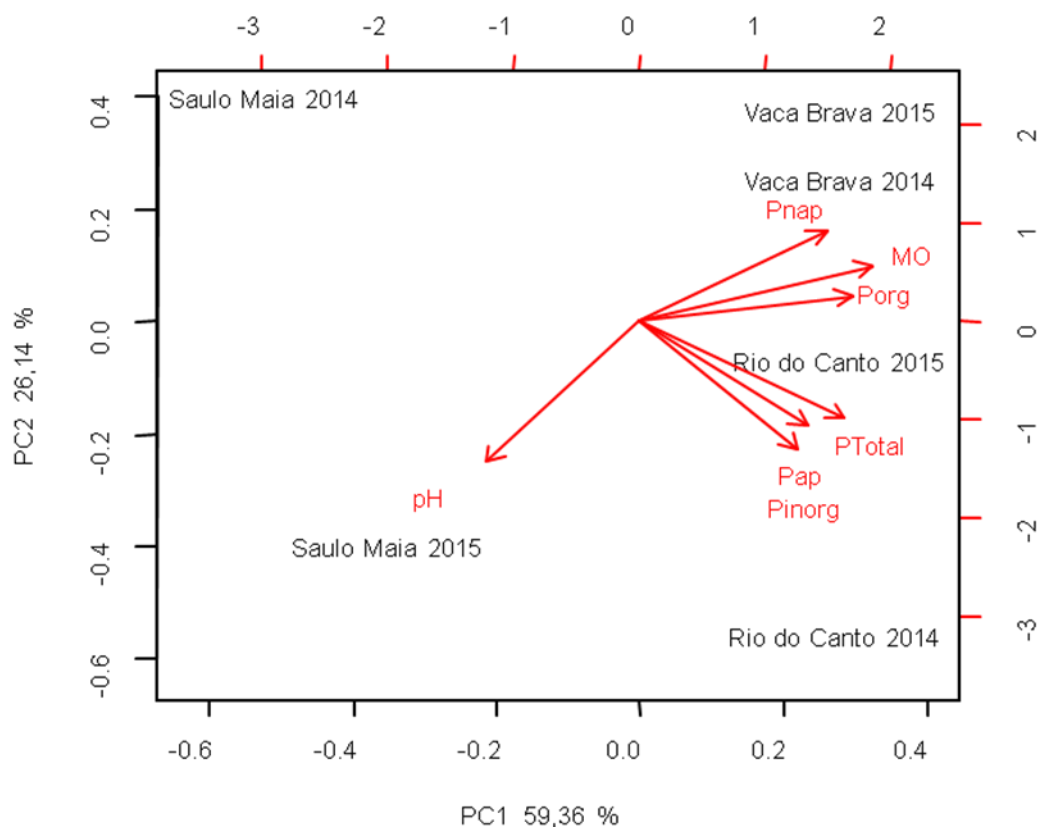


Figura 6. Gráfico da Análise de Componentes Principais (Sedimento).

pH = Potencial Hidrogeniônico; PTotal = Fósforo Total, Porg = Fósforo Orgânico; Pinorg = Fósforo Inorgânico; Pap = Fósforo Apatítico; Pnap = Fósforo Não Apatítico; MO = Matéria Orgânica.

No eixo 1 observou-se uma relação direta entre Matéria Orgânica ($r = 0,46$) e Fósforo Orgânico ($r = 0,42$), com o agrupamento de Vaca Brava (Figura 6). Estes resultados corroboram com as características dos sedimentos da área que apresentam caráter orgânico e textura mais argilosa, apresentando elevada capacidade de adsorção de fósforo nos sítios ativos destas partículas.

O eixo 2 por sua vez mostrou uma relação negativa entre pH ($r = -0,53$) e fósforo inorgânico não apatítico (P_{NAP}) ($r = 0,34$). O agrupamento de Vaca Brava mostra altos teores de P_{NAP} associados a baixos valores de pH. Valores ácidos de pH

facilitam a fixação de fosfato aos óxidos de ferro/alumínio, tornando-o menos prontamente disponível para a coluna d'água (PEDRO et al., 2013).

O sedimento dependendo das condições do meio pode agir tanto como dreno, quanto como fonte de fósforo para a coluna d'água, diminuindo ou potencializando os processos de eutrofização (KOSKI-VÄHÄLÄ & HARTIKAINEN, 2001).

5. CONCLUSÕES

- A sazonalidade é um fator determinante na variação da qualidade da água desses reservatórios.
- Durante a maioria dos meses os reservatórios apresentaram-se oligotróficos, no entanto a crescente demanda por água, aliada com as estiagens prolongadas e lançamento de efluentes podem aumentar os níveis de estado trófico desses ambientes.
- O fracionamento do fósforo no sedimento apontou a predominância da fração inorgânica, indicativo de influência antrópica.
- Potencial controle natural na liberação e aumento das concentrações de fósforo dos sedimentos para a coluna d'água (maior retenção de fósforo inorgânico na fração apatítica e condições de pH que contribuem para a imobilização do fósforo inorgânico não apatítico), reduzindo o efeito da eutrofização sobre as águas dos reservatórios estudados.

REFERÊNCIAS

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.** Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acessado em 15 dez. 2016.

AGUJARO, L. F.; ISAAC, R. L. Ocorrência de cianobactérias potencialmente tóxicas nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - estado de São Paulo, Brasil – e avaliação de seus corpos d'água em relação a eutrofização. *In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL*, 28, 2002, Cancun. **Anais...** Cancun: AIDIS, 2002.

ANDRADE, G.O.; LINS, R.C. **Introdução ao Estudo dos Brejos Pernambucanos.** Arquivos do Instituto de Ciências da Terra, Recife, II. p.21-34, 1964

ANDRADE, R. S. Dinâmica do Fitoplâncton, Qualidade de Água e a Percepção Ambiental da Comunidade de Pescadores em Açudes da Bacia do Rio Taperoá. 150 p. **Dissertação** (Mestrado PRODEMA) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2008.

ANDRIEUX L.F.; AMINOT, A. Phosphorus forms related to sediment grains size and geochemical characteristics in French coastal areas. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 52: p. 617 – 629, 2001.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater.** New York, p. 824, 1998.

BARBOSA, J. E. L., ANDRADE, R. A., LINS, R. P., DINIZ, C. R. Diagnóstico do estado trófico e aspectos limnológicos de sistemas aquáticos da Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá, Trópico semi-árido Brasileiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n. 1, p. 81-89. 2006.

BRAGA B, HESPANHOL I, CONEJO J.G.L., MIERZWA J.C., BARROS M.T.L., SPENCER M, PORTO M, NUCCI N, JULIANO N, ELIGER S. **Introdução a Engenharia Ambiental.** Editora Prentice-Hall, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de Agroecologia – SUDENE. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: MA/SUDENE, 670p. (Boletim Técnico, 15), 1972.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 344**, de 25 de março de 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005.

- BOERS, C.M.P., VAN RAASPHORTS, W. VAN DER MOLEN, D. T. Phosphorus Retention in Sediments. **Water Science and Technology**. v. 37, n.3, p. 31-39, 1998.
- BORGES, A. C.; SANDERS, C.J.; SANTOS, H.L.R. et al. Eutrophication history of Guanabara Bay (SE Brazil) recorded by phosphorus flux to sediments from a degraded mangrove area Baseline. **Mar Pollut Bull.**, Kindlington, v. 58, p. 1739–1765, 2009.
- BOZELLI, R.L., THOMAZ, S.M., ROLAND, F. & ESTEVES, F.A. Variações nictemerais e sazonais de alguns fatores limnológicos na represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 4: p. 53-66. 1992.
- CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, n. 22, p. 361-369, 1977.
- CARMAN, R. EDLUND, G., DAMBERG, C. Distribution of organic and inorganic phosphorus compounds in marine and lacustrine sediments: a ³¹P NMR study. **Chemical Geology**. 163: p. 101 – 114, 2000.
- CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, 23(5): p. 618-622, 2000.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB, 326 p., 2011.
- CHAPMAN, D. **Water quality assessment. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 1. ed. UNESCO / WHO / UNEP. Chapman & Hall. 585p, 1992.
- CHELLAPPA, S. et al. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semiarid Brazilian reservoirs. **Limnologica**, v. 39, p. 325-329, 2009.
- CONLEY D. J.; PAERL, H. W.; HOWARTH, R. W.; et al. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. **Science Magazine**, v.323, p.1014-1015, 2009.
- CORRELL, D.L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. **Journal of Environmental Quality**, 27: p. 261-266, 1998.
- CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C. Comparação entre os Teores de Matéria Orgânica e as Concentrações de Nutrientes e Metais Pesados no Sedimento de Dois Sistemas Lóticos do Vale do Ribeira de Iguape, Sp. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 5, n. 2, p. 024-040, mai/ago 2008.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 230, 2011.

- DONG, L.; YANG, Z.; LIU, X. Phosphorus fractions, sorption characteristics, and its release in the sediments of Baiyangdian Lake, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 179, p. 335-345, 2011.
- DUARTE, A. A. L. S; VIEIRA, J. P. Integrated estuarial modelling for eutrophication vulnerability assessment. **Journal on Fluid Mechanics**, v.4, p.1-11, 2009.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1). 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, p 212, 1997.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 1998, 602 p.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011.
- ESTEVES, F. de A; PANOSSO, R. **Fósforo**. In: ESTEVES, F. de A (Org.) (2011). **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. São Paulo. Editora Interciência, p. 259- 281. 2011.
- EZAKI, S.; HYPOLITO, R.; PÉREZ-AGUILAR, A.; MOSCHINI, F. A. Avaliação da qualidade das águas e sedimentos na microbacia hidrográfica do Córrego do Ajudante, Salto (SP). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 30, n. 3, p. 415-430, 2011.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B. DE; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. DE F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, p.399- 409, 2007.
- FREITAS F. R. S.; RIGHETTO A. M.; ATTAYDE J. L. Cargas de Fósforo Total e Material em Suspensão em um Reservatório do Semi-Árido Brasileiro. **Oecologia Australis** 15(3): p. 655-665, 2011.
- GACHTER R, MEYER JS, MARES A. Contribution of bacteria to release and fixation of phosphorus in lakes sediments. **Limnology and Oceanography**, 33, p. 1542-1558, 1998.
- GOLTERMAN, H. L. **The chemistry of phosphorus and nitrogen compounds in sediments**. New York: Kluwer Academic Publishers, 251 p, 2004.
- GOMES, D. P. P.; BARROS, F. M.; BARRETO L. V.; ROSA R. C. C.; TAGLIAFERRI, C. Avaliação do estado trófico para o rio Catolé-BA em diferentes épocas do ano. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.6, N.11; 2010.
- HAN, L.; HUANG, S.; STANLEY, C. D.; OSBORNE, T. Z. Phosphorus fractionation in core sediments from Haihe River Mainstream, China. **Soil and Sediment Contamination**, v. 20, p. 30-53, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

HENRY, R.O. O crescimento potencial do fitoplâncton da Represa de Ponte Nova (Rio Tietê - SP): uma comparação sazonal dos efeitos de enriquecimento artificial em amostras de seus tributários. **Ciência e Cultura**, 38(9): p. 1553-1563. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do censo demográfico 2010**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=310620>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.

JESUS, E. T. Distribuição e fracionamento de fósforo em sedimento de manguezais do estuário do Rio Tibiri na Ilha do Maranhão, Região Amazônica. 58f. **Dissertação** (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2013.

JIANG, C.; HU, J.; HUANG, X.; LI, C.; DENG, J.; ZHANG, J.; LIU, F. Phosphorus speciation in sediments of Lake Hongfeng. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, v. 29, n. 1, p. 53-62, 2011.

KOCH, M.S., BENZ, R.E. e RUDNICK, D.T. Solid-phase phosphorus pools in highly organic carbonate sediments of Northeastern Florida Bay. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 52: p. 279-291, 2001.

KOSKI-VÄHÄLÄ, J. & HARTIKAINEN, H. Assessment of the risk of phosphorus loading due to resuspended sediment. **Journal of Environmental Quality**,30:p. 960-966, 2001.

LINS R.P. Limnologia da barragem de Acauã e codeterminantes socioeconômicos de seu entorno: uma nova interação do limnólogo com sua unidade de estudo. 145p. **Dissertação** (Mestrado PRODEMA) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2006.

MARINS, R.V., PAULA FILHO, F.J., ROCHA, C.A.S. Geoquímica de fósforo como indicadora da qualidade ambiental e dos processos estuarinos do rio Jaguaribe - Costa Nordeste oriental Brasileira. **Química Nova**, Vol. 30, No. 5, 1208-1214, 2007.

MARUCHI, A.K. Fracionamento de P em plantas empregando diferentes procedimentos de preparo de amostras e sistemas de análise em fluxo monosegmentados. **Dissertação de mestrado**. Universidade de São Paulo. Instituto de Química, 2005.

MELO, K. R. P. S. Estratégias adaptativas do fitoplâncton e aplicação do índice de grupos funcionais: ferramentas para a conservação de ecossistemas rasos do semiárido brasileiro. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual da Paraíba, 79 f.: il. 2012.

MOLISANI, M. M. et al. Trophic state, phytoplankton assemblages and limnological diagnosis of the Castanhão Reservoir, CE, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, n. 1, p. 1-12, 2010

MORAES, A.J. **Manual para a avaliação da qualidade da água**. São Carlos: RiMa, 2001.

MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R.. Dinâmica da comunidade perifítica na zona de desembocadura do rio Paranapanema, represa do Jurumirim, SP. In: Henry, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais**. FUNDIBIO/FAESP, Botucatu, Brasil, p.690-734. 1999.

MOZETO, A.A. 2004. **Sedimentos e particulados lacustres: amostragens e análises biogeoquímicas**. In: BICUDO, C.E.M.; BICUDO, D.C. (Ed.). Amostragem em limnologia. São Carlos: Rima. p. 295–320.

NUNES, M. L. F. Distribuição e fracionamento do fósforo nos sedimentos dos rios Bacanga e Anil na Ilha do Maranhão. **Dissertação** (Mestrado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2013.

OLILA, O.G.; REDDY, K.R.. Influence of redox potential on phosphate-uptake by sediments in two sub-tropical eutrophic lakes. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 345, p. 45-57. 1997.

OLIVEIRA, G.S.; ANTUNES, F.M.; VAZ, S.S.; SILVA, A.M.; ROSA, A.H. Parâmetros físico-químicos e balanço biogeoquímico de nutrientes inorgânicos na avaliação da qualidade da água do Rio Sorocaba – SP. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 30, Águas de Lindóia, 2007. **Anais...** Águas de Lindóia: SBQ, 2007.

PAGIORO, T.A. & THOMAZ, S.M. Decomposition of Eichhornia azurea from limnologically different environments of the Upper Paraná River floodplain. **Hydrobiologia**. 411: p. 45–51, 1999.

PAULA FILHO, J. F. Distribuição e Partição Geoquímica de Fósforo em Sedimentos Estuarinos do Rio Jaguaribe/Ce. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

PEDRO, T.; KIMBERLEY, S.; FERNANDO, P. Dynamics of phosphorus in sediments of a naturally acidic lake. **International Journal of Sediment Research**, v. 28, p. 90-102, 2013.

PELLEGRINI, J. B. R.; SANTOS, D. R. dos; GONÇALVES, C. S.; COPETTI, A. C. C.; BORTOLUZZI, E. C. Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. spe, p. 2639–2646, dez. 2008.

PERH. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. **Relatório Final**. 2007. Disponível on-line em: <http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>. Acesso em 19 de agosto de 2016.

PROTAZIO, L.; TANAKA, S. M. C. N.; CAVALCANTE, P. R. S. Avaliação de procedimentos de extração sequencial de fósforo em sedimento. **Revista Analytica**. n. 08, p. 035-041, 2004.

R DEVELOPMENT CORE TEAM.R Foundation For Statistical Computing. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Viena, Áustria. 2006. ISBN: 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

RIBEIRO, I. V. A. S. Estudo do estado trófico do reservatório 2010. Acarape do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água. 2007. 194 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RUTTENBERG, K.C. Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments. **Limnology and Oceanography**, 37(7): p. 1460 – 1482, 1992.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.54, n.1, p.86-94, 2002.

SILVA, A. P. S, et. al. Qualidade da Água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (Uhe) de Peti, Minas Gerais. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009.

SILVA, D. A. Avaliação espaço-temporal da distribuição de fósforo na água e nos sedimentos de fundo das sub-bacias dos rios Cuiabá e São Lourenço e em algumas baias do Pantanal Matogrossense. 109 f. **Tese** (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Química de Araraquara. 2014.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution** 24: p. 201-207. 2009.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Edição. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

SPERLING, M. V. **Estudo e modelagem da qualidade da água de rios**. DESA UFMG, 2007.

TAVARES, J. L. Evolução da eutrofização em uma represa nordestina de recente formação: represa São Salvador – Sapé – PB. 2000. 141f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

TEODORO, A. C. et al. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela 95 domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Mar Pollut Bull.**, Kidlington, v. 60, p. 536 – 553, 2009.

TOLEDO JR., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12, Camboriú. **Anais...** Camboriú: 1983, p.1-34, 1983.

TOOR, G. S.; CONDRON, L. M.; DI, H. J. et al. Characterization of organic phosphorus in leachate from a grassland soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, 2003.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos, RiMa, IIE, 2. ed., 248 p., 2005.

VALLADARES, G.S, PEREIRA, M.G., ANJOS, L.H.C., Adsorção de P em solos de argila de actividade baixa. **Bragantina**, Campinas, v.62,n.i, p.111-118, 2003.

VASCO, A. N. et al. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011.

VILAR, M. S. A. Condições ambientais e da qualidade da água no processo de eutrofização de açudes em cascata no semi-árido paraibano. 2009. 82f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 2009.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3^a ed. San Diego: Academic Press, 2001.

ZAN, F.; HUO, S.; XI, B.; LI, Q.; LIAO, H.; ZHANG, J. Phosphorus distribution in the sediments of a shallow eutrophic lake, Lake Chaohu, China. **Environmental Earth Sciences**, v. 62, p. 1643-1653, 2011.

ZHU, Y; ZHANG, R; WU, F; QU, X; XIE, F; FU, Z. Phosphorus fractions and bioavailability in relation to particle size characteristics in sediments from Lake Hongfeng, Southwest China. **Environmental Earth Sciences**, v.68, p. 1041–1052, 2013.