



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

QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE BREJO DE ALTITUDE
SOB SECA EXTREMA

GABRIEL GUSTAVO FERRARO DE ANDRADE PESSOA

AREIA- PB

JULHO DE 2017



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

QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE BREJO DE ALTITUDE
SOB SECA EXTREMA

Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade Pessoa
Orientando

Prof. Dr^a. Luciana Gomes Barbosa
Orientadora

Eng. Agr. João Paulo de Oliveira Santos
Coorientador

AREIA- PB

JULHO DE 2017

GABRIEL GUSTAVO FERRARO DE ANDRADE PESSOA

**QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE BREJO DE ALTITUDE
SOB SECA EXTREMA**

Trabalho de Conclusão de Curso
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: Eng. Agr. João Paulo de Oliveira Santos

AREIA – PB

JULHO DE 2017

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

P475q Pessoa, Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade.

Qualidade de água em reservatório de brejo de altitude sob seca extrema / Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade Pessoa. - Areia: UFPB/CCA, 2017.
32 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. Eutrofização – Abastecimento público 2. Reservatório Vaca Brava – Qualidade da água 3. Ecossistemas aquáticos – Impacto ambiental I. Barbosa, Luciana Gomes (Orientadora) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 628.19

GABRIEL GUSTAVO FERRARO DE ANDRADE PESSOA

**QUALIDADE DE ÁGUA EM RESERVATÓRIO DE BREJO DE ALTITUDE
SOB SECA EXTREMA**

MONOGRAFIA APROVADA EM: 21 / 07 / 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Luciana Gomes Barbosa - Orientadora

DFCA/CCA/UFPB

Biol. Danielle Lima de Oliveira – Examinadora

PPGBIO/CCA/UFPB

Msc. Kalline de Almeida Alves Carneiro – Examinadora

PPGCS/CCA/ UFPB

Imagine uma nova história para sua vida e
acredite nela.

Paulo Coelho

DEDICATÓRIA

A Deus,
A meus familiares,
E a todos aqueles
que de alguma forma
contribuíram para a minha
formação!

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que sempre me guiou, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, seu fôlego de vida me foi sustento e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades;

Agradeço ao meu avô Rivaldo de Andrade Silva e dedico esta vitória a ele, que sempre me incentivou aos estudos e foi o maior homem que já conheci na vida. Um homem de caráter íntegro inquestionável e que mesmo *In Memoria* sua presença em meu coração me trouxe segurança e a certeza de que não estou sozinho nesta caminhada;

Agradeço a minha família, minha avó Ângela Maria, minha mãe Rivângela Ferraro de Andrade, meus irmãos Victor Henrique e Gabriela Victoria, por acreditarem e investirem em mim, por todo o apoio e por não medirem esforços para que eu chegasse a esta etapa da minha vida.

Agradeço também a minha segunda família, que me receberam de braços abertos e que sempre tiveram uma palavra de apoio e incentivo para comigo e que juntos estiveram nos momentos de alegria e de angústia, vocês foram um verdadeiro alicerce para que eu continuasse a lutar e poder concretizar esse sonho. Meu muito obrigado a meu Sogro Reginaldo Luiz Alves, a minha sogra Roseane Gomes de Souza, à minha cunhada Ana Karoline Souza Alves e Vagner Lidier gostaria de dizer que poder contar com vocês nessa etapa da minha vida foi muita sorte e um grande privilégio.

Agradeço ao meu pai Marcel Gustavo por toda ajuda e agradeço principalmente as minhas tias Marcelle Pessoa e Marcia Pessoa, essas duas mulheres que tanto admiro que me acolheram e sempre se prontificaram a me ajudar sem medir esforços, agradeço por todos os conselhos que me deram, por todo carinho e atenção.

À Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de estudo. Aos mestres que marcaram minha caminhada nesta instituição, Guttemberg da Silva Silvino, Leossávio Cesar de Souza, Roberto Wagner Cavalcante Raposo e Leonaldo de Andrade pelos ensinamentos, conselhos e oportunidades que me foram conferidas, dedico.

Agradeço imensamente aos meus orientadores e amigos Prof. Dr. Luciana Gomes Barbosa e o Eng. Agr. João Paulo de Oliveira Santos pela parceria, paciência, amizade, companheirismo, conselhos e ensinamentos. Meu muito obrigado por exatamente tudo que vocês fizeram e que representam para mim, vocês me dão forças para chegar ao sucesso profissional e pessoal que vocês possuem e que eu tanto admiro.

Agradeço a toda equipe do Núcleo de Limnologia de Brejos de Altitude e Caatinga - Nulibac pelo auxílio e apoio durante todo o tempo de convivência.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos, parceiros e companheiros que o CCA me proporcionou ao longo dessa jornada. Que durante todos esses anos foram capazes de compreender as diferenças, dividir alegrias e tristezas em momentos tão marcantes de luta e de embates, vocês foram e sempre serão únicos e especiais. Obrigado Adeildo Reis, Antônio Pereira, Diego Alves, Edivanilton Junior, Érico dos Anjos, Expedito Cavalcante, Galileu Medeiros, Geysillene Mary, Hiago Antônio, Ivamberta Alves, Josevan de Andrade, Karollayne Tomaz, Luan de Oliveira, Manoel Felix, Sabrina Kelly, Valdeir de Souza e Vanda Maria. Vocês construíram comigo um sonho que hoje se torna realidade.

Agradeço a *Vida* – Andressa Kamila Souza Alves, minha digníssima namorada, que hoje assiste a concretização desse sonho no qual possui papel fundamental. Você que tanto me apoiou e lutou pelo meu crescimento enquanto pessoa, enquanto amigo e namorado. Gostaria de te agradecer pelo companheirismo, cumplicidade do dia-a-dia, por estar junto comigo nos momentos engraçados, tristes e alegres durante esses quatro anos. Obrigado por sua capacidade de me trazer paz na correria de cada semestre, obrigado pelo teu carinho, tua alegria e vibração com todas as minhas conquistas e teu ombro em cada momento difícil que você me ajudou a atravessar. Essa vitória é nossa!

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	xi
LISTAS DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivo Específico	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Área de Estudo	16
3.2. Amostragens	17
3.2.1. Variáveis Analisadas <i>in situ</i>	18
3.3. Análise de Fósforo Total e Ortofosfato	18
3.4. Índice de Estado Trófico.....	18
3.5. Análise Estatística	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Volume Armazenado.....	19
4.2. Caracterização Físico Química da Coluna de Água	20
5. CONCLUSÕES	26
6. REFERÊNCIAS	26

Lista de Figuras

- Figura 1:** Valores de sólidos totais dissolvidos, precipitação e transparência da Barragem Vaca Brava, no período de julho a dezembro de 2016..... 21
- Figura 2:** Figura 2: Comportamento da condutividade, precipitação e pH da Barragem Vaca Brava no período de julho a dezembro de 2016..... 22
- Figura 3:** Valores de fósforo total (P-total), ortofosfato (P-Orto) e volume acumulado da Barragem Vaca Brava no período de julho a dezembro de 2016. 23
- Figura 4:** Gráfico da Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis analisadas 25

Lista de Tabelas

Tabela 1: Volume de água armazenado no Açude Vaca Brava e precipitação pluviométrica durante o período de julho a dezembro de 2016.	20
Tabela 2: Índice de Estado Trófico do reservatório estudado no período de julho a dezembro de 2016..	24

PESSOA, Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade. **Sazonalidade do estado trófico de reservatório profundo em brejo de altitude.** Areia – PB, 2017. 31p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

O crescente aumento da população humana e as suas atividades, tem gerado um aumento de impactos sobre os ecossistemas aquáticos, comprometendo assim os usos múltiplos da água dos lagos e reservatórios do Brasil e do mundo. Um dos principais processos que comprometem a qualidade da água é a eutrofização, fenômeno que consiste no aumento da fertilidade dos ambientes aquáticos, devido ao incremento excessivo de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. Nos reservatórios perenes e intermitentes da região Nordeste do Brasil, esse cenário é ainda mais alarmante, associado às múltiplas pressões antrópicas, condições climáticas extremas, distribuição irregular espaço-temporal dos índices pluviométricos, solos com reduzida capacidade de armazenamento de água, estiagens prolongadas, além das altas taxas de evaporação e secas extremas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a flutuação da qualidade de água e do estado trófico do reservatório Vaca Brava, localizado no município de Areia, no estado da Paraíba. Foram analisados “*in situ*” parâmetros como pH, condutividade elétrica, temperatura, sólidos totais dissolvidos e transparência. Em laboratório foram determinados os teores de fósforo total e ortofosfato na água. Para o cálculo do IET foi utilizado o índice de Carlson, modificado para ambientes tropicais por Toledo Jr. et al. Observou-se a influência da sazonalidade na maioria dos parâmetros analisados, com destaque para a condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos. O reservatório se apresentou na metade dos meses como oligotrófico, tendo um aumento em seu IET nos meses posteriores, resultado da concentração de nutrientes no período mais seco. A Análise de Componentes Principais (ACP) registrou 84,1% de explicação nos dois primeiros eixos e mostrou a forte relação do volume acumulado e da precipitação sob as variáveis analisadas.

Palavras chave: Qualidade de água; impacto ambiental; abastecimento público.

PESSOA, Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade. **Seasonality of the trophic state of a deep reservoir at a brejo de altitude.** Areia – PB, 2017. 31p. fFnal course assignment (Graduation in Agronomic Engineering) - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

The increasing human population and its activities have generated an increase impacts on the aquatic ecosystems, thus compromising the multiple uses of water in lakes and reservoirs in Brazil and worldwide. One of the main processes that compromise water quality is eutrophication, a phenomenon that involves the increasing of fertility of the aquatic environments due to the excessive increase of nutrients, mainly phosphorus and nitrogen. In the perennial and intermittent reservoirs of Northeastern Brazil, this scenario is even more alarming, associated with multiple anthropogenic pressures, extreme climatic conditions, irregular spatio-temporal distribution of precipitation, soils with reduced water storage capacity, prolonged high evaporation rates and extreme droughts. The objective of this work was to evaluate the fluctuation of the water quality and trophic status of the Vaca Brava reservoir, located in the city of Areia, in the state of Paraíba. In situ parameters such as pH, electrical conductivity, temperature, total dissolved solids and transparency were analyzed. The total phosphorus and orthophosphate contents in the water were determined in the laboratory. For the calculation of the EIT, were used the Carlson index, modified for tropical environments by Toledo Jr. et al. It was observed the influence of seasonality in the majority of analyzed parameters, with emphasis on the electrical conductivity and total dissolved solids. The reservoir presented in half of the months as oligotrophic, having an increase in its EIT in the later months, result of the concentration of nutrients in the dry period. The Principal Component Analysis (PCA) recorded 84.1% of the explanation in the first two axes and showed the strong relation of accumulated volume and precipitation under the analyzed variables.

Key-Words: Water quality, environmental impact, public supply.

1. INTRODUÇÃO

O barramento de rios e demais cursos d'água para viabilizar criação de reservatórios é uma das alternativas encontradas pelo homem para garantir o suprimento de água para o abastecimento de uma população cada vez maior, esses reservatórios além do fim para que foram criados apresentam múltiplos usos, como geração de energia elétrica, irrigação, lazer e demais recursos econômicos e científicos que deles são provenientes (PEDRAZZI et al., 2014).

O crescente aumento da população humana e as suas atividades, tem gerado um aumento de impactos sob os ecossistemas aquáticos, comprometendo assim os usos múltiplos da água dos lagos e reservatórios no Brasil e no mundo (COSTA et al., 2009). O aumento crescente da contaminação dos recursos hídricos, causada por diferentes atividades e fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola, compromete a utilização da água para os seus diversos fins (VASCO et al., 2011; SILVA et al., 2017). Problemas relacionados à potabilidade podem aumentar os riscos sanitários e aumentam os custos de tratamento para consumo humano (VASCO et al., 2011; BRITTO et al., 2015).

Um dos principais processos que comprometem a qualidade da água é a eutrofização, processo que consiste no aumento da fertilidade dos ambientes aquáticos, devido ao incremento excessivo de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (THEBALDI et al., 2017). Considerado um dos maiores impactos mundiais da atualidade, estima-se que, na América do Sul, 41% dos lagos e reservatórios estejam eutrofizados (NYENJE et al., 2010).

Nos reservatórios perenes e intermitentes da região Nordeste do Brasil, esse cenário é ainda mais alarmante, associado às múltiplas pressões antrópicas, condições climáticas extremas, distribuição irregular espaço-temporal dos índices pluviométricos, solos com reduzida capacidade de armazenamento de água estiagens prolongadas, além das altas taxas de evaporação e secas extremas (OLIVEIRA et al., 2015).

Nesse contexto, o monitoramento de reservatórios perenes em regiões com distribuição irregular de chuvas é determinante nas ações de planejamento para conservação da qualidade da água. O monitoramento de um corpo aquático e de sua dinâmica é imprescindível para a compreensão do comportamento do mesmo e de sua biota aquática, uma vez que essas características variam de acordo com o espaço e o tempo, podendo ser um indicativo da interferência humana, e o seu prévio

conhecimento pode nortear ações de planejamento, manutenção ou recuperação (CARDOSO; NOVAES, 2013; CARVALHO et al., 2017). A forma mais usual de monitoramento da qualidade da água de reservatórios se dá com base na coleta e acompanhamento de dados limnológicos (CUNHA et al., 2013), representados por diversos parâmetros, indicadores das características físicas, químicas e biológicas do ambiente (PEREIRA et al., 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a flutuação do estado trófico de um reservatório profundo de abastecimento (Vaca Brava, Paraíba).

2.2. Objetivos Específicos

- Quantificar os teores de Fósforo Total e Ortofosfato da água;
- Quantificar a flutuação dos valores de transparência, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos;
- Determinar o Índice de Estado Trófico (IET) e sua variação no período de estudo;
- Associar a qualidade de água com a sazonalidade e o volume armazenado.

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, 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.

Areia é um município brasileiro do estado da Paraíba, inserido na mesorregião do agreste paraibano, na microrregião do Brejo Paraibano. Sua área é de aproximadamente 269 km², com uma população estimada em 24.992 habitantes (IBGE, 2010). O município de Areia encontra-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 foi selecionado o reservatório de abastecimento público Vaca Brava, localizado no município de Areia, Paraíba. A Barragem Vaca Brava está inserida em uma reserva de Mata Atlântica de altitude, a qual preserva a área de captação da barragem. Sendo a única reserva florestal deste tipo no Agreste da Paraíba. A barragem abastece três municípios no agreste paraibano (SANTOS et.al, 2002), possuindo uma capacidade de 3.783.556 m³.

3.2. Amostragens

As coletas de água foram realizadas mensalmente, durante o período de seis meses (julho a dezembro de 2016).

Os dados relativos à precipitação pluviométrica e volume armazenado no período estudado, foram obtidos junto ao site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

As amostras foram coletadas na subsuperfície da coluna de água do reservatório, sendo preservadas congeladas para evitar a degradação dos compostos de interesse. Para a coleta foram utilizadas garrafas de polietileno com capacidade para armazenamento de 1 L. Antes da amostragem, as garrafas foram imersas em solução de HCl 10% para limpeza, por 48 horas, sendo posteriormente enxaguados com água destilada.

3.2.1. Variáveis Analisadas *in situ*

A transparência da água (m) dos corpos d'água será calculada através da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi (Z_{ds}), correspondente a 10% da luz incidente na superfície (COLE, 1983).

O pH, a condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e a temperatura foram obtidos através de sonda multiparâmetros.

3.2.2. Análises de Fósforo Total e Ortofosfato

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”. Esse método 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), onde a amostra passa anteriormente por digestão com persulfato de potássio. Para a determinação do ortofosfato a amostra é previamente filtrada em filtros de fibra de vidro.

3.3. 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. 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 a CETESB (2009) levando em consideração os valores encontrados na expressão do IET, as águas do corpo aquático podem ser classificadas como:

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

3.4. Análise Estatística

A análise descritiva de componentes principais (ACP) foi realizada a partir da variação mensal das variáveis físico-químicas da água e do reservatório (transparência, precipitação, volume acumulado, Índice de Estado Trófico (IET), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), condutividade elétrica, pH, fósforo total da água e ortofosfato) avaliando a influência da sazonalidade na distribuição mensal das unidades amostrais. O programa utilizado foi o R (The R project for Statistical Computing).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Volume Armazenado

Durante todo o período de monitoramento observaram-se a ocorrência de chuvas no município de Areia, no entanto, não ocorreram acréscimos significativos no volume armazenado do Açude Vaca Brava. O volume do manancial se manteve abaixo dos 10%, com valores máximos de 6,8% (257.000 m³) em julho e mínimos de 1,1% (40.000 m³) em dezembro. Observou-se uma queda no decorrer dos meses no volume do reservatório, com exceção do mês de novembro, que registrou um leve aumento (Tabela 1).

Tabela 1: Dados do volume de água armazenado no Açude Vaca Brava durante o período de julho a dezembro de 2016.

Mês	Precipitação Pluviométrica (mm)	Volume (m³)	Volume (%)
Julho	39,1	257.006	6,8
Agosto	26,8	253.056	6,7
Setembro	32	196.275	5,2
Outubro	19,8	82.219	2,2
Novembro	3,1	163.688	4,3
Dezembro	172,3	40.250	1,1

A capacidade de armazenamento do reservatório é de 3.780.000 m³, todavia, nos últimos anos as estiagens prolongadas aliadas ao crescente aumento da demanda de água, levaram o ambiente a diversos períodos de crise, não sendo registrado o preenchimento total de sua capacidade desde 2012.

4.2. Caracterização Físico Química da Coluna de Água

A transparência variou de 0,15 metros nos meses de outubro e novembro a 0,8 metros no mês de agosto (Figura 1), caracterizando assim um reservatório de águas turbidas. Deve-se considerar que durante o período monitorado o reservatório esteve sempre com capacidade de armazenamento abaixo de 10%, aumentando a influência do vento na ressuspensão do sedimento para a coluna d'água e conseqüentemente no aumento da turbidez (BARBOSA et. al., 2006). Santos (2017) ao analisar a variação da transparência da Barragem Vaca Brava no ano de 2015, também observou baixos valores, com média de 0,17 metros.

Os maiores valores de transparência foram observados no final da estação chuvosa (julho e agosto) indicando que a sazonalidade influencia na dinâmica da penetração de luz em reservatórios. Decréscimo da transparência entre períodos de chuva e seca em reservatórios do Nordeste são comumente observados (BRAGA et al., 2015).

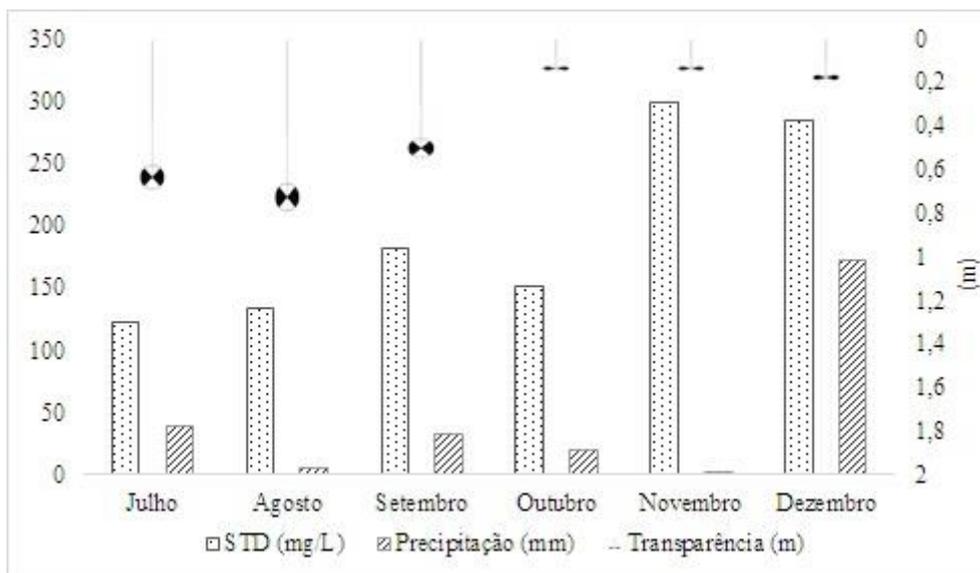


Figura 1: Valores de sólidos totais dissolvidos, precipitação e transparência da Barragem Vaca Brava, no período de julho a dezembro de 2016.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) variaram entre 123 mg/L (julho) e 299 mg/L (novembro) com médias de 195,5 mg/L. Aumento nos valores desse parâmetro foram observados com aumento compatível com período de seca. Tendência semelhante observada em reservatório em condições climáticas similar ao reservatório em estudo (LIRA et al., 2007). Embora envolvido por mata preservada, parte da bacia é influenciada por minifúndios, onde a intensificação das atividades agropecuárias facilita a desagregação do solo, e a ação das chuvas favorece o transporte de sólidos para os reservatórios (CABRAL et al. 2012). Durante o período de estudo os valores de STD se mantiveram dentro do que estabelece a resolução 357/2005 do CONAMA, que preconiza valor máximo de 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos para águas para consumo humano, classe I, II e III.

A temperatura da água do reservatório variou de 24,7 °C (julho) a 28,5 °C (setembro) com média de 26,9 °C. Brito e Alencar (2015) observaram valores semelhantes aos encontrados nesse estudo no reservatório Bananeiras, no semiárido potiguar, e atribuíram os valores as características climáticas da região, que em grande parte do ano recebe intensa insolação. A temperatura da água influencia diretamente nas reações químicas que ocorrem na coluna d'água, com participação direta na decomposição biológica da matéria orgânica, reações químicas e biogeoquímicas (ROLIM et al, 2013).

A condutividade elétrica variou de 236 $\mu\text{s/cm}$ (julho) a 565 $\mu\text{s/cm}$ (novembro), com uma média de 354,5 $\mu\text{s/cm}$ (Figura 2). Os valores de condutividade elétrica em

reservatórios nordestinos normalmente são elevados, com valores superiores a 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (BRAGA et al., 2015; SOUZA et al., 2016).

Alguns fatores contribuem para o aumento da condutividade elétrica, como a deposição de efluentes domésticos e industriais, dejetos de animais (MORAES, 2001), além do uso de insumos agrícolas no entorno da bacia de drenagem (ALVES, et al., 2017). Valores acima de 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, como apresentado em todo período de estudo (Figura 2), são indicativos de impactos ocasionados por ações antrópicas (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013). Porém, a maioria desses fatores não se enquadram com a realidade do reservatório estudado, podendo estes valores associarem-se a concentração de sais na coluna d'água devido ao pouco volume armazenado e ao período de estiagem, uma vez que esse parâmetro é facilmente influenciado pelo volume de chuvas (ESTEVES, 1998).

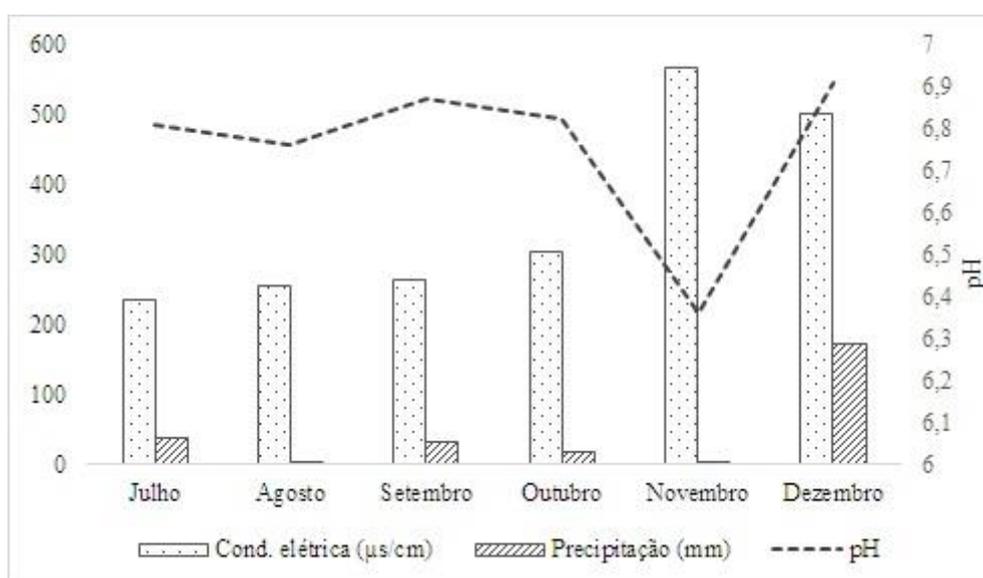


Figura 2: Comportamento da condutividade, precipitação e pH da Barragem Vaca Brava no período de julho a dezembro de 2016.

O pH se manteve levemente ácido, obtendo-se uma média de 6,75, variando de 6,36 (novembro) a 6,87 (setembro). Esse padrão pode estar associado aos solos no entorno do reservatório, em sua maioria Latossolos, naturalmente ácidos. O tipo de solo por onde ocorre o escoamento da água, pode interferir nos valores de pH no corpo d'água. Dessa forma, em reservatórios com solos ácidos a água naturalmente tende a apresentar menores valores de pH (BORGES et al., 2003). Durante todo o período de estudo os valores de pH registraram concordância com os padrões da resolução Conama n° 357 de 2005, que estabelece pH de 6 a 9, para água doce de classe II.

A média de fósforo total no reservatório foi de 37,5 $\mu\text{g/L}$ (Figura 3), com valores mínimos de 13,255 $\mu\text{g/L}$ (julho) e máximos de 80,4628 $\mu\text{g/L}$ (outubro), associados ao menor valor de volume armazenado registrado. A redução progressiva do volume armazenado dos reservatórios nordestinos é uma consequência da redução da precipitação pluviométrica e da elevada demanda por abastecimento e múltiplos usos (SANTOS, 2017; OLIVEIRA et al. 2016).

Os teores de fósforo total encontrados nesse estudo são inferiores a maioria dos trabalhos desenvolvidos da região Nordeste, onde valores superiores a 100 $\mu\text{g/L}$ são comuns (FREITAS et al., 2011; DANTAS et al., 2012; ESKINAZI-SANT'ANNA, et al., 2013; BEZERRA et al., 2014; LIMA et al., 2015). Boa parte desses altos valores se deve a ação antrópica nos arredores desses reservatórios onde a detecção da influência humana sobre o processo de eutrofização e mudanças no estado trófico, comprometem a qualidade da água usada para fins de abastecimento (CHAVES et al., 2013). Além disso, em áreas com altas taxas de evaporação e precipitações irregulares o quadro tende a se agravar.

A resolução CONAMA nº 357 de 2005, estabelece o limite de 30 $\mu\text{g/L}$ de fósforo total para corpos d'água de classe II, assim os meses de outubro (80,4628 $\mu\text{g/L}$), novembro (46,7275 $\mu\text{g/L}$) e dezembro (46,9106 $\mu\text{g/L}$) apresentaram discrepância com essa legislação.

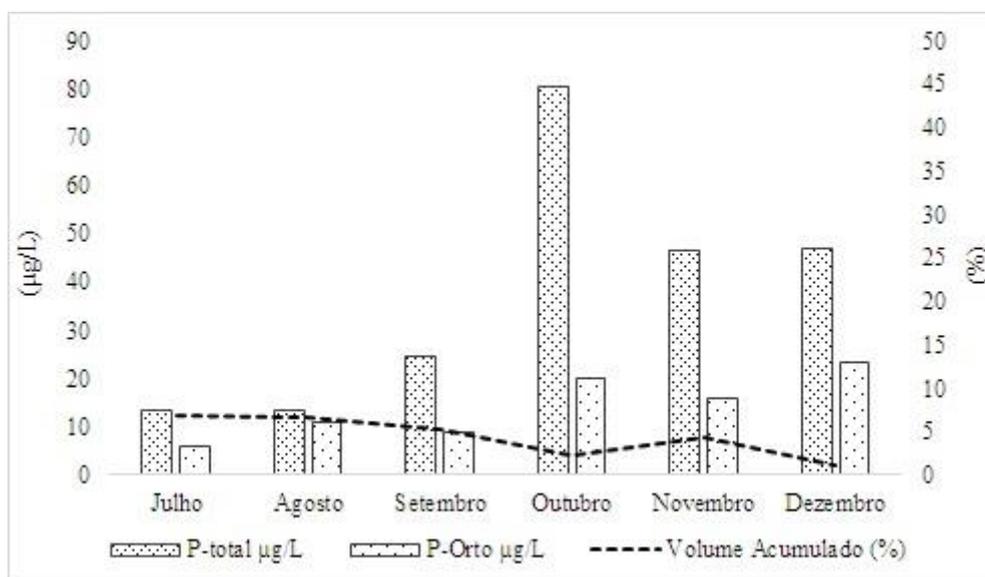


Figura 3: Valores de fósforo total (P-total), ortofosfato (P-Orto) e volume acumulado da Barragem Vaca Brava no período de julho a dezembro de 2016

Baixos valores de ortofosfato foram observados, com média de (14,2 µg/L), mínimo de 6,13 µg/L (julho) e máximo de 23,39µg/L (dezembro). Essa fração do fósforo apresenta grande relevância, sendo a forma de fosfato mais prontamente disponível para os organismos aquáticos (ESTEVES; PANOSSO, 2011). Logo, em ambientes com pouco ou nenhum impacto antrópico, os valores dessa fração são baixos, já que são rapidamente assimilados (BARBOSA, et al., 2012).

Feiden et al. (2015) encontraram valores máximos de ortofosfato de 13 µg/L durante o período de um ano na represa de Salto Caxias, Paraná, ambiente que apresentou boas métricas ambientais. Lopes et al. (2017) trabalhando na represa de Vargem das Flores na região metropolitana de Belo Horizonte com severas pressões antrópicas, obtiveram valores superiores a 1000 µg/L, somando-se a esses altos valores a presença de floração de cianobactérias.

As classificações obtidas através do Índice de Estado Trófico (IET) mostraram elevada sazonalidade, com a mudança de oligotrófico, nos meses que antecedem a parte mais seca da estação (julho, agosto e setembro), para eutrófico e mesotrófico nos meses posteriores. Deve-se observar que entre setembro e outubro o IET passou bruscamente de oligotrófico para eutrófico. Conforme ocorreu o aumento do nível do reservatório em novembro, o grau de trofia decaiu para mesotrófico, indicando a forte relação entre volume armazenado, concentração de nutrientes e produtividade primária. (BATISTA et al., 2014).

Tabela 2: Índice de Estado Trófico do reservatório estudado no período de julho a dezembro de 2016.

Mês	IET	Classificação
Julho	34,00777401	Oligotrófico
Agosto	34,27830511	Oligotrófico
Setembro	42,96037948	Oligotrófico
Outubro	60,02562673	Eutrófico
Novembro	52,18512583	Mesotrófico
Dezembro	52,24154684	Mesotrófico

Por situar-se em uma área com pequena interferência antrópica, pode-se associar os altos valores de estado trófico aqui encontrados com as condições hidrológicas do reservatório, uma vez que as maiores concentrações de P-total, ocorreram em associação com menores volumes de água armazenada. Além disso, a ação do vento sobre a ressuspensão do sedimento pode atuar de tal forma que, muito embora não

tivesse ocorrido aportes externos do nutriente, a coluna d'água sofreu uma recarga advinda do material anteriormente sedimentado. Aumento do teor de fósforo total e redução da transparência em períodos de menor profundidade e volume armazenado são identificados ao longo da região Nordeste, sendo uma tendência em escala espacial e temporal (LIMA, 2016).

A Análise de Componentes Principais (ACP) registrou 84,1% de explicação nos dois primeiros eixos (Figura 4). Para o eixo 1, que explica 63,84 % das variações, as variáveis com maior associação foram transparência ($r = -0,40$), volume acumulado ($r = -0,39$) e ortofosfato ($r = 0,38$). Essas correlações evidenciam a forte relação entre o volume de água do reservatório e os valores de transparência e ortofosfato. Em condições de reduzido volume de água armazenado, ocorre uma maior concentração de nutrientes no reservatório, além de maior contribuição na ressuspensão do sedimento (JEPPESEN et al., 2015; MOSLEY, 2015), diminuindo assim a transparência da água.

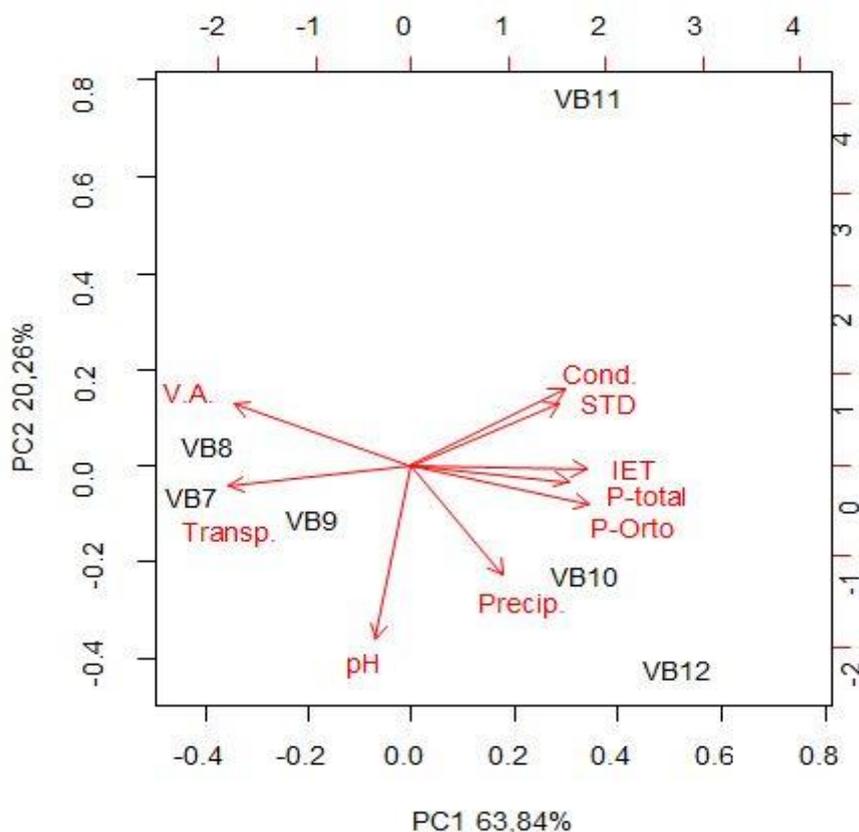


Figura 4: Gráfico da Análise de Componentes Principais. CE = Condutividade Elétrica; Transp.= Transparência; pH = Potencial Hidrogeniônico; IET = Índice de Estado Trófico; P-total = Fósforo Total, P-Orto = Ortofosfato, STD = Sólidos Totais Dissolvidos, Precip. = Precipitação; V.A = Volume Acumulado. VB= Vaca Brava, 7 a 12 representam os meses de julho a dezembro respectivamente.

Percebe-se que os meses de julho, agosto e setembro formaram um agrupamento com os melhores valores de transparência, menores teores de fósforo total e ortofosfato e também menor grau de trofia, sendo todos esses parâmetros associados a um maior volume de água armazenado. Comprovando assim a ocorrência de sazonalidade no reservatório.

No eixo 2 que explica 20,26 % da variância original, observa-se a influência da precipitação ($r = -0,45$) sobre o pH ($r = -0,72$) e inverso sobre a condutividade ($r = 0,31$). O aumento do pH em períodos de maior precipitação também foi observado por Buzelli e Cunha-Santino (2013). Esse comportamento pode ser explicado devido ao aumento da diluição de compostos dissolvidos ocasionados pelas chuvas e pelo maior escoamento (SILVA, 2008).

Períodos de estiagem estão ligados ao menor aporte de água nos reservatórios, com consequente concentração dos sais dissolvidos, ocasionando assim, aumento na condutividade elétrica da água (GARCIA et al, 2012; BRAGA et al., 2015; QUEIROZ et al., 2016).

5. CONCLUSÕES

- Os parâmetros de qualidade de água do reservatório foram influenciados diretamente pela sazonalidade.
- O ambiente se manteve como oligotrófico até o final da estação chuvosa, aumentando seu estado trófico conforme o reservatório diminuiu sua capacidade de armazenamento, fator associado as baixas taxas de precipitação e elevada demanda hídrica.

6. REFERÊNCIAS

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acessado em 15 de junho de 2017.

ALVES, W. S. et al. Avaliação da Qualidade da Água e Estado Trófico do Ribeirão das Abóboras, em Rio Verde – GO, Brasil. **Geociências**, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.

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

BARBOSA, B. C. et al. Avaliação da Qualidade da Água de um Trecho do Rio Cocó sob Possível Influência do Lixão Desativado do Jangurussu Fortaleza/CE. **Conex. Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 3, p. 26-40, 2012.

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.

BATISTA, A. A., MEIRELES, A. C. M., ANDRADE, E. M., IZÍDIO, N. S. C., & LOPES, F. B. Seasonal and spatial variation of the trophic state index of the Orós reservoir, Ceará, Brazil. **Revista Agroambiente On-line**, v. 8, p. 39-48, 2014.

BEZERRA, A.F.M.; BECKER, V.; MATTOS, A. Balanço de Massa de Fósforo Total e o Estado Trófico em Açudes do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19, n. 2, p. 67-76, 2014.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgotos em cursos d' água urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.2, p.161-171, 2003.

BRAGA, G. G.; BECKER, V.; OLIVEIRA, J. N. P.; MENDONÇA JUNIOR, J. R.; BEZERRA, A. F. M.; TORRES, L. M.; GALVÃO, A. M. F.; MATTOS, A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnológica Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 15-23, 2015.

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, 1972. 670p. (Boletim Técnico, 15).

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

BRITO, R. H. L.; ALENCAR, G. J. Avaliação da Qualidade da Água do reservatório Bananeiras, Alexandria /RN. **Revista do CERES**, v. 1, n. 2, p. 1-6, 2015.

BRITTO, F. B. et al. Avaliação do Risco de Contaminação Hídrica por Agrotóxicos no Perímetro Irrigado Betume no Baixo Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n. 3, p. 158-170, 2015.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CABRAL, J.B.P.; SANTOS, F.F.; NOGUEIRA, P.F.; BRAGA, C.C. Análise espacial de sólidos em suspensão em reservatórios do estado de Goiás: estudo de caso de UHE Caçu e Barra dos Coqueiros. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 2, n. 4, p. 126-137, 2012.

CARDOSO, R. S.; NOVAES, C. P. Variáveis limnológicas e macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.01, n. 05, p. 16-35, 2013.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, n. 22, p. 361-369, 1977.

CARVALHO, L. L. S. et al. Variabilidade Espacial e Temporal da Qualidade da Água de Poços no Perímetro Irrigado do Baixo Acaraú – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 11, n. 2, p.1348 - 1357, 2017.

CHAVES, F. I. B.; LIMA, P. F.; LEITÃO, R. C.; PAULINO, W. D. SANTAELLA, S. T. Influence of rainfall on the trophic status of a Brazilian semiarid reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 35, n. 4, p. 505-511, 2013.

COLE, G. **Textbook of limnology**. London: The C.V. Mosby Co. 1983. 436 p.

COSTA, I. A. S. et al. Dinâmica de Cianobactérias em Reservatórios Eutróficos do Semi-Árido do Rio Grande Do Norte. **Oecologia Brasiliensis**. v. 13, n. 2, p.382-401, 2009.

CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C.; LAMPARELLI, M.C.; MENEGON JUNIOR, N. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 159-168, 2013.

DANTAS, E.W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; MOURA, A.N. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in Northeastern Brazil assessed using Reynolds' theory. **Limnologica**, v. 42, p. 72-80, 2012.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; MENEZES, R.; COSTA, I.S., ARAÚJO, M.; PANOSSO, R.; ATTAYDE, J.L. Zooplankton assemblages in eutrophic reservoirs of the Brazilian semiarid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 37-52, 2013.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, 2ª Ed. Rio de Janeiro, 1998, 602 p.

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.

FEIDEN, I. F.; OLIVEIRA, J. D. S.; DIEMER, O.; FEIDEN, A. Qualidade da água, capacidade de suporte e melhor período para criação de peixes em tanques-rede no reservatório de Salto Caxias. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, n.4, p. 589-594, 2015.

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**, v. 15, n. 3, p. 655-665, 2011.

GARCIA, H. L. et al., Nível trófico do reservatório de Jacarecica I – Sergipe – Brasil. **Scientia Plena**, v. 8, n. 7, p.1-9, 2012.

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 junho de 2017.

JEPPESEN, E. et al., Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in waterlevel and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 201-227, 2015.

KOPPEN, W. **Dasa geographi SC system der klimate**. In: Koppen. W.; Geiger, R. **Handbuch der klimatologia**. Berlim: Gerdrulier Borntraeger, v.1, Part, 44p. 1936.

LIMA, P. F. Índices de Estado Trófico, Eutrofização e Dominância de Cianobactérias em Açude do Semiárido Cearense Durante Forte Déficit Hídrico. 2016. 209 f. **Tese** (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

LIMA, P.F.; SOUSA, M.S.R.; PORFÍRIO, A.F.; ALMEIDA, B.S.; FREIRE, R.H.F.; SANTAELLA, S.T. Preliminary analysis on the use of Trophic State Indexes in a brazilian semiarid reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá**, v. 37, n. 3, p. 309-318, 2015.

LIRA, G. A. S. T.; OLIVEIRA, M. C. B.; MOURA, A. N. Caracterização Ecológica da Comunidade Fitoplanctônica em um Reservatório de Abastecimento do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 219-221, 2007.

LOPES, A. M. M. B. et al. Dinâmica de protozoários patogênicos e cianobactérias em um reservatório de abastecimento público de água no sudeste do Brasil. **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 22, n.1, p.25-43, 2017.

MARUCHI, A.K. Fracionamento de P em plantas empregando diferentes procedimentos de preparo de amostras e sistemas de análise em fluxo monosegmentados. 2005, 80 f. **Dissertação** (Mestrado em Química). Instituto de Química - Universidade de São Paulo, 2005.

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

MOSLEY, L.M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. **Earth-Science Reviews**, v. 140, p. 203-214, 2015.

NYENJE, P.M.; FOPPEN, J.W.; UHLENBROOK, S.; KULABAKO, R.; MUWANGA, A. Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa-A review. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 3, p. 447-455, 2010.

OLIVEIRA, F.H.P.C.; SILVA, J.D.B.; COSTA, A.N.S.F.; RAMALHO, W.P. MOREIRA, C.H.P.; CALAZANS, T.L.S. Cyanobacteria community in two Tropical eutrophic reservoirs in northeastern Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 2, p. 169-176, 2015.

OLIVEIRA, J. F. et al. Efeito da Seca e da Variação Espacial na Abundância de Indivíduos nas Guildas Tróficas da Ictiofauna em um Reservatório no Semiárido Brasileiro. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 1, p. 51-64, 2016.

PEDRAZZI, F. J. M. et al. Avaliação da Qualidade da Água no Reservatório de Itupararanga, Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Geociências**, v. 33, n. 1, p. 26-38, 2014.

PEREIRA, V. O. G.; MESQUITA, G. M.; SANT'ANA, G. R. S. Análise das Características Físico-Químicas da Água do Lago do Jardim Botânico na Cidade de Goiânia-GO. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 11, p. 294-308, 2017.

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 18 de junho de 2016.

QUEIROZ, M. T. A et al. Estudo dos Parâmetros Físico-Químicos, Qualidade da Água e Trofia do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Sá Carvalho, Minas Gerais, Brasil. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, n. 01: p. 58-77, 2016.

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 de junho de 2017.

ROLIM, H. O.; LEITE JÚNIOR, J. B.; GOMES FILHO, R. R. Qualidade da água. In: GOMES FILHO, R. R. (Org.). **Gestão de recursos hídricos: conceitos e experiências em bacias hidrográficas**. Goiânia: América; UEG, 2013, p.215-253.

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.

SANTOS, J. P. O. Avaliação da Qualidade da Água e do Sedimento em Reservatórios de Abastecimento Público na Bacia do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. 2017. 44 p. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A.V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733- 742, 2008.

SILVA, E. B.; ARAÚJO NETO, J. R.; PALÁCIO, H. A. Q.; SOUZA, C. A.; ANDRADE, E. M. Variabilidade Espaço-Temporal da Qualidade de Água no Vale do Rio Trussu, Ceará. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 11, n. 2, p. 1420 - 1429, Mar - Abr, 2017.

SOUZA, C.A. et al. Análise Comparativa da Qualidade de Água para Irrigação em três Sistemas Hídricos Conectados no Semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 10, n. 6, p. 1011 - 1022, 2016.

THEBALDI, M. S.; et al. Concentração de Nutrientes na Água de Duas Lagoas Urbanas do Município de Formiga – MG. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11, n. 2, p. 172-184, 2017.

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.

VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambi-Água**, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011.