

IV-950 - EUTROFIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS URBANOS: UM ESTUDO DE CASO DO AÇUDE VELHO, CAMPINA GRANDE, PARAÍBA, BRASIL

Maria Emília de Freitas Sousa⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (PPGCTA/UEPB).

Whelton Brito dos Santos⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutor em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais pela UFCG.

Weruska Brasileiro Ferreira⁽³⁾

Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Engenharia Química pela UFCG. Professora efetiva do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (DESA/UEPB).

Geraldo Nobre Cavalcanti⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Secretário Municipal de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA) da Prefeitura Municipal de Campina Grande.

Marcus Aurélio Coutinho Barreto Filho⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Saneamento Ambiental na Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisco Alves Ramalho, 997, apto A002 – Vila Cabral – Campina Grande - PB - CEP: 508408-308 - Brasil - Tel: +55 (81) 98260-2566 - e-mail: maria.emilia.freitas.sousa@aluno.uepb.edu.br

RESUMO

A qualidade da água é um fator fundamental para a saúde dos ecossistemas e interfere na saúde humana devido o possível transporte de nutrientes e outras substâncias. O crescimento populacional aumenta a demanda por saneamento básico, de modo a prevenir diversas consequências negativas, como a aceleração do processo de eutrofização dos reservatórios superficiais. O Índice de Estado Trófico (IET) visa classificar o corpo hídrico em diferentes graus de trofia, avaliando a carga excessiva de nutrientes e, consequentemente, o crescimento abundante de fitoplâncton e macrófitas aquáticas. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo a classificação as águas de um reservatório urbano denominado de Açude Velho, localizado no centro da cidade de Campina Grande, Paraíba, através da determinação do nível de trofia e verificar a influência da sazonalidade sobre as concentrações de fósforo total e clorofila-a. Para isso, foi realizado o monitoramento das concentrações de fósforo e clorofila-a em cinco pontos amostrais distribuídos ao longo do açude. As inferências sobre o nível de trofia foram realizadas conforme o IET determinado e comparado com as faixas de classificação estabelecido por Lamparelli (2004). Para avaliar a diferença entre os pontos amostrais em relação aos parâmetros monitorados, bem como a variação entre o período seco e chuvoso, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis. Os resultados não apresentaram diferença significativa entre as medianas nos pontos monitorados para os parâmetros fósforo e clorofila-a, também não foi observado diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso, no entanto, notou-se um discreto aumento nas medianas para o fósforo no período chuvoso e diminuição para a clorofila-a. Em relação ao IET, o reservatório foi classificado como hipereutrófico e que no período chuvoso há uma tendência na diminuição dos valores de IET.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de Estado Trófico, Fósforo, Clorofila-a, Reservatório Urbano, Sazonalidade.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural conhecido pela sua abundância na terra, a qual apresenta características físicas e químicas que possibilitam a sua utilização em inúmeros processos da natureza e em atividades humanas (BRASIL, 2019). O desordenado desenvolvimento urbano é um fator influente nos problemas do saneamento básico nas cidades, é notório o aumento progressivo da poluição e esgotamento dos recursos hídricos, causados principalmente por despejos clandestinos de efluentes sanitários.

Os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais assumem pertinente função no controle das enchentes nas grandes cidades. Na maioria das vezes esses sistemas não funcionam como previsto, servindo de transporte para esgoto doméstico *in natura* e efluente, trazendo diversas consequências negativas para o meio ambiente (HENRIQUES, 2014). A eutrofização de corpos hídricos é um severo obstáculo ambiental enfrentado pela sociedade. Ela ocorre principalmente em ambientes lânticos, em virtude da carga excessiva de fósforo e nitrogênio, os quais contribuem para o desenvolvimento de fitoplâncton e macrófitas aquáticas em níveis acima do crescimento natural (BEM; BRAGA; AZEVEDO, 2013).

A qualidade das águas de corpos aquáticos situados em centros urbanos é cada vez mais comprometida. No caso de Campina Grande, com o intuito de minimizar o problema de abastecimento de água, foi construído, em 1828, pelo Governo Provincial da Paraíba, o Açude Velho na Vila Nova da Rainha, pois esta possuía, até então, riachos como fonte de abastecimento (LIMA et al., 2013). Ao longo dos anos, foram nítidas as transformações pelas quais o Açude Velho passou, tanto na característica de suas águas, como no aspecto de uso e ocupação do seu entorno (TORQUATO, 2017).

Consequentemente, é fundamental monitorar e avaliar o reservatório urbano com relação ao Índice de Estado Trófico (IET) visando classificar o corpo hídrico em diferentes graus de trofia, avaliando o seu enriquecimento por nutrientes. A avaliação do estado trófico de sistemas aquáticos pode oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão desses ecossistemas, por meio de estratégias que internalizem as premissas da sustentabilidade dos recursos hídricos e que incorporem uma visão prospectiva, pautada na garantia dos usos múltiplos da água em médio e longo prazo (CUNHA; CALIJURI, 2007).

OBJETIVO

Classificar as águas do açude Velho, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, por meio da determinação do nível de trofia, a partir de monitoramento de qualidade de água e verificar a influência da sazonalidade sobre as concentrações de fósforo total e clorofila-a no reservatório.

METODOLOGIA UTILIZADA

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, Brasil, sendo estudado o reservatório urbano denominado de Açude Velho, localizado no centro da cidade, onde foram demarcados cinco pontos amostrais distribuídos ao longo do açude, conforme a Figura 1.



Figura 1: Mapa de localização do reservatório Açude Velho, Campina Grande, Paraíba, Brasil.

As amostras foram coletadas no período de agosto de 2021 a setembro de 2022, no turno da manhã, sendo analisados dois parâmetros de qualidade de água: clorofila-a e fósforo total. Os métodos analíticos utilizados seguiram as recomendações do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012). Os dados de precipitação mensal na cidade de Campina Grande, Paraíba, para o período estudado, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O nível de trofia do reservatório foi avaliado pelo IET proposto por Lamparelli (2004) e utilizado por Trindade e Mendonça (2014) e Bem, Braga e Azevedo (2013). O método considera a concentração de fósforo total e clorofila-a, como descrito nas equações 1 e 2, respectivamente, e o IET médio é dado pela equação 3. Nas quais, PT corresponde ao fósforo total, CL a clorofila-a, ambas em $\mu\text{g/L}$ e $\ln$ o logaritmo natural.

$$\text{IET(PT)} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 (\ln(\text{PT})) / \ln 2)) \quad \text{equação (1)}$$

$$\text{IET(CL)} = 10 \times (6 - (0,92 - 0,34 (\ln (\text{CL})) / \ln 2)) \quad \text{equação (2)}$$

$$\text{IET} = [\text{IET(PT)} + \text{IET(CL)}] / 2 \quad \text{equação (3)}$$

As inferências sobre o nível de trofia foram realizadas conforme o IET determinado e comparado com as faixas de classificação estabelecido por Lamparelli (2004): Ultraoligotrófico ($\text{IET} \leq 47$); Oligotrófico ($47 < \text{IET} \leq 52$); Mesotrófico ($52 < \text{IET} \leq 59$); Eutrófico ($59 < \text{IET} \leq 63$); Supereutrófico ($63 < \text{IET} \leq 67$); Hipereutrófico ($\text{IET} > 67$).

A fim de avaliar a diferença entre os pontos monitorados em relação aos parâmetros, bem como a variação entre o período seco e chuvoso foi aplicado o teste de (Kruskal-Wallis comparação múltipla entre medianas e suas variâncias com $\alpha=5\%$).

RESULTADOS OBTIDOS

Os dados de precipitação total mensal podem ser observados na Figura 2, o qual pode ser observado o aumento das chuvas nos meses de março a agosto de 2022, sendo estes considerados como período chuvoso nesse estudo e os demais como período seco.

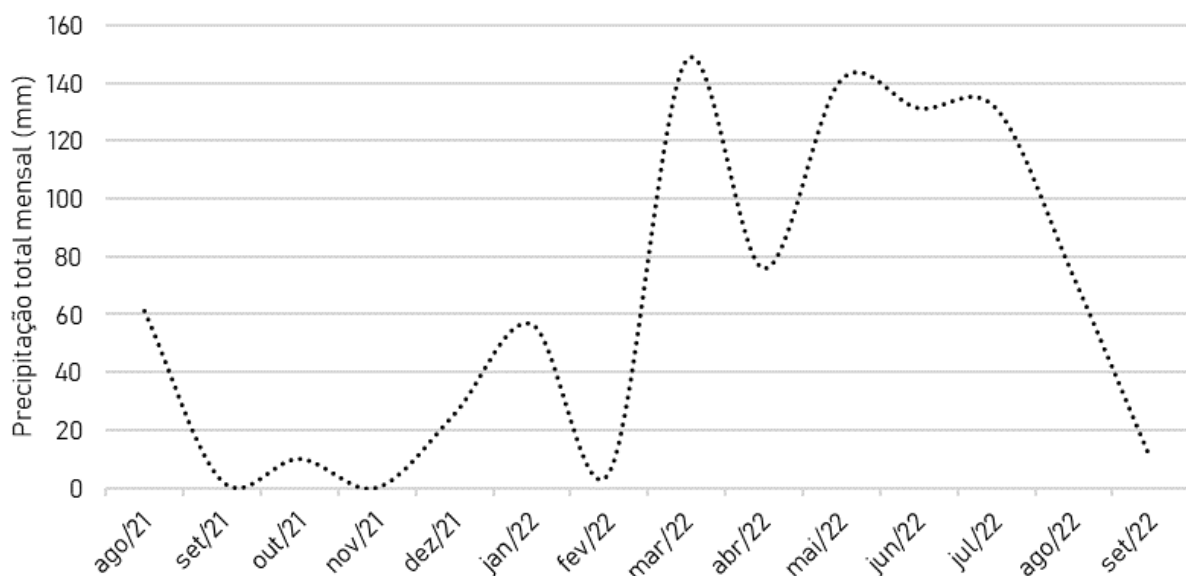


Figura 2: Precipitação total mensal em Campina Grande-PB obtidos no INMET.

A Figura 3 apresenta a variabilidade dos dados de fósforo total e clorofila-a nos diferentes pontos monitorados, podendo-se observar variações entre 0,2 e 1,2 mg/L de fósforo e de 60 a 1050 mg/L de clorofila-a. Quando aplicado teste de comparação múltipla entre os pontos e para os diferentes parâmetros, não foi observado diferença significativa entre os pontos de monitoramento ($p>0,05$).

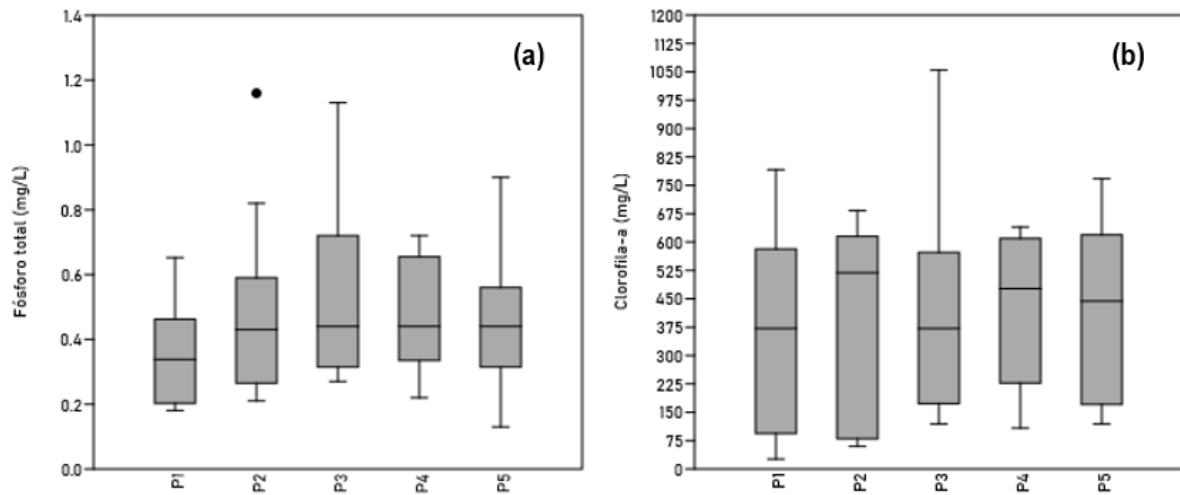


Figura 3: Variabilidade dos dados de fósforo total (a) e clorofila-a (b) nos diferentes pontos de monitoramento, no período de agosto de 2021 a setembro de 2022.

Quando verificado o efeito dos períodos seco e chuvoso nos parâmetros avaliados (Figura 4), também não foi observado diferença significativa entre os pontos de monitoramento ($p>0,05$).

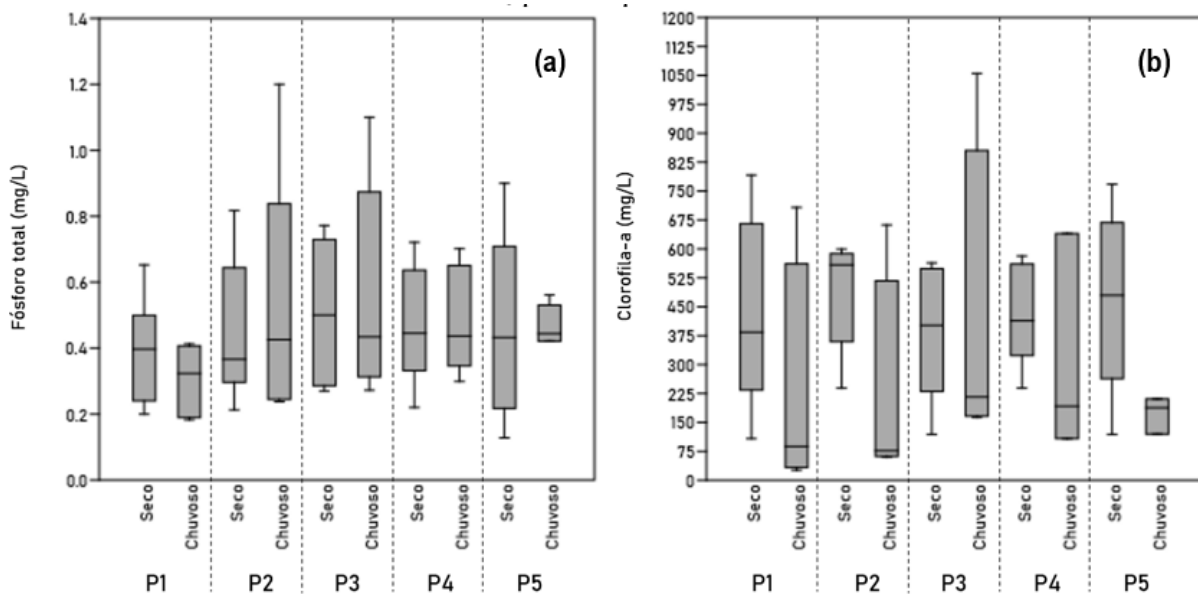


Figura 4: Variabilidade dos dados de fósforo total (a) e clorofila-a (b) nos diferentes pontos de monitoramento, para os períodos seco e chuvoso.

A partir dos dados de fósforo e clorofila-a, obteve-se os IET médio, para cada ponto (Figura 5a) e foi verificado o seu efeito em relação à sazonalidade (períodos seco e chuvoso) (Figura 5b), não sendo observado diferença significativa para ambos os casos ($p>0,05$). No entanto o IET médio segundo Lamparelli (2004), para todos os cinco pontos se manteve na classificação hipereutrófico ($IET>67$), classificação máxima para o nível de eutrofização na metodologia utilizada.

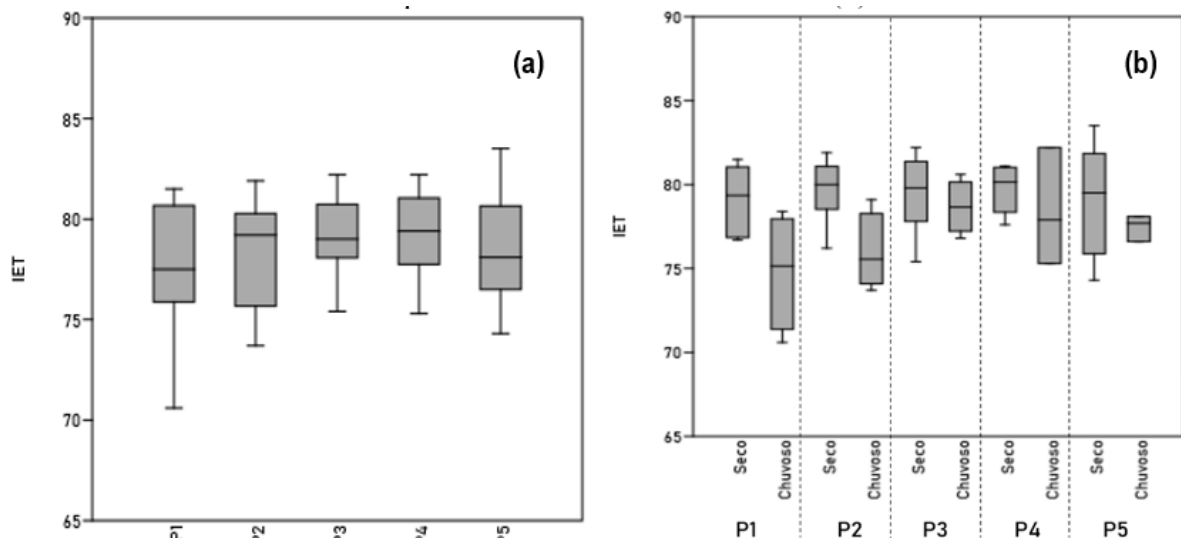


Figura 5: Variabilidade do IET médio nos diferentes pontos de monitoramento (a) e o efeito da dos períodos seco e chuvoso sob eles (b).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme apresentado nos resultados, não foi notado diferença significativa entre as medianas nos pontos amostrais para os parâmetros fósforo e clorofila-a, $p > 0,05$ em todos os casos. No entanto, observa-se elevada variabilidade das concentrações, que durante todo monitoramento, foram superiores aos recomendados para água doce (CONAMA, 2005).

Ao avaliar a sazonalidade, também não foi observado diferença significativa pelo teste de Kruskal-Wallis, porém, nota-se um discreto aumento nas medianas para o fósforo no período chuvoso e uma diminuição para a clorofila-a. Tal fator pode estar aliado a renovação da água no reservatório, carreando a biomassa fitoplanctônica para fora do mesmo, que pode estar recebendo maiores concentrações de fósforo para o seu interior, uma vez que o fósforo em áreas urbanas se origina de águas residuais domésticas e industriais e escoamento superficial (HAMID; BHAT; JEHANGIR, 2020) e/ou ressuspensão do fósforo depositado no sedimento, uma vez que o açude apresenta-se em um processo de assoreamento significativo, com cerca de 23% do seu volume ocupado por sedimentos, com profundidade máxima de 3,5 metros em alguns pontos (TORQUATO, 2017), o que favorece esse evento.

Em estudo realizado no canal a jusante do Açude Velho (Canal do Prado), Henriques et al. (2021), ao avaliar um ponto logo a jusante do extravasor das águas excedentes do reservatório e de águas pluviais do entorno e admitido pelos autores como “sem contribuição de esgotos”, verificaram a presença de ovos de helmintos nas águas do canal, sobretudo de *Ascaris lumbricoides*, sendo este o mais comumente encontrado no trato intestinal humano, além de apresentar Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, o que pode indicar que as águas têm qualidade semelhante à do esgoto sanitário. Torquato (2017) em investigação, relata contribuições afluentes ao reservatório que apresentavam escoando em dias não chuvosos, indicativo de ligações clandestinas conectadas ao sistema de drenagem.

Em relação ao IET, durante o período monitorado, para os diferentes pontos, o reservatório foi classificado como hipereutrófico, não sendo verificado diferença expressiva entre nenhum dos casos. Porém, os resultados demonstram que no período chuvoso há uma tendência na diminuição dos valores de IET, estando diretamente relacionado o processo de diluição do volume de água do reservatório e consequente diminuição dos valores de clorofila-a pelo carreamento da biomassa fitoplanctônica.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

Durante o período de monitoramento o reservatório apresentou concentrações de fósforo e clorofila-a superiores aos recomendados para água doce;

A diminuição das concentrações de clorofila-a no período chuvoso foi associada a renovação da água no reservatório, carreando a biomassa fitoplanctônica para fora do reservatório;

O aumento das concentrações de fósforo no período chuvoso, pode estar associado ao recebimento de maiores concentrações de fósforo para o seu interior e/ou ressuspensão do fósforo depositada no sedimento;

Aplicação do IET permitiu a classificação do reservatório como hipereutrófico;

Foi possível determinar que no período chuvoso há uma tendência na diminuição dos valores de IET, relacionado o processo de renovação do volume de água do reservatório e consequente diminuição dos valores de clorofila-a.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. ANA: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual/Agência Nacional de Águas. 2019.
2. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd ed. Washington, D.C. 2012.
3. BEM, Carla Cristina; BRAGA, Maria Cristina Borba; AZEVEDO, JCR de. *Avaliação do estado trófico de um lago urbano raso*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, n. 1, p. 41-50, 2013.
4. CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; CALIJURI, Maria do Carmo. Variação do estado trófico de um rio tropical em curto período de tempo. 2007, Anais. São Paulo: USP, 2007. Acesso em: 27 jan. 2023.
5. HAMID, Aadil; BHAT, Sami Ullah; JEHANGIR, Arshid. *Local determinants influencing stream water quality*. *Applied Water Science*, v. 10, n. 1, p. 1-16, 2020.
6. HENRIQUES, J. A; Distribuição da contaminação fecal em águas de drenagem afluentes do Canal do Prado, Campina Grande-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande, 2014.
7. HENRIQUES, Juscélino Alves et al. Água de drenagem ou esgoto sanitário? Uma análise do sistema de macrodrenagem em cidade de médio porte na Região Nordeste. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 935-943, 2021.
8. LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.
9. LIMA, R.C.S.A; BURITI, C.O; BEZERRA, H.A; PATRICIO, M.C.M. Campina Grande hoje e amanhã. Cap: Abastecimento de água em Campina Grande (PB): Um panorama histórico. Ed: Filiada a ABEU. Campina Grande, 2014.
10. Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>>.
11. TORQUATO, A. L. Estimativa do assoreamento e avaliação da qualidade das águas do açude velho na cidade de Campina Grande/PB / Amanda Laurentino Torquato – Campina Grande, 2017.
12. TRINDADE, Priscilla Basílio Cardoso Barros; MENDONÇA, Antônio Sérgio Ferreira. Eutrofização em reservatórios–Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 275-282, 2014.