

VARIABILIDADE SAZONAL DA QUALIDADE DE ÁGUA EM LAGOAS URBANAS NO NORDESTE DO BRASIL

SEASONAL VARIABILITY OF WATER QUALITY IN URBAN LAGOONS IN NORTHEAST BRAZIL

Ana Carina MATOS SILVA^{1,2}, Isabel Honorata de SOUZA AZEVEDO¹, Manuel Vitor PORTUGAL GONÇALVES^{1,2}, Manoel Jeronimo MOREIRA CRUZ^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Avenida Adhemar de Barros, s/nº - Ondina, Salvador – BA. E-mails: anacarinams@gmail.com; ih.azevedo@uol.com.br; hidrovitor81@gmail.com; jc9508@gmail.com

²Grupo de Estudos Geoquímica das Interfaces

Introdução
Materiais, Métodos e Técnicas
Área de estudo
Procedimento amostral
Procedimentos laboratoriais
Análise estatística
Discussões, interpretações e resultados
Conclusão
Agradecimentos
Referências

RESUMO - As lagoas de Pituacú, Abaeté, Tororó e Paixão, no município de Salvador-BA (Brasil) apresentam em comum a inserção de um ecossistema lêntico no meio urbano de uma cidade em desenvolvimento. Esta pesquisa descreve o padrão de variação sazonal de parâmetros físico-químicos não conservativos e biológicos durante os anos de 2017 e 2018 em 16 pontos distribuídos espacialmente nas quatro lagoas durante o período chuvoso (compreendido entre os meses de abril a julho) e seco (de agosto a novembro). A qualidade da água foi determinada em acordo com o índice de Qualidade da Água (IQA) e aplicação do Índice de Estado Trófico (IET), além das classes de Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados evidenciaram que as quatro lagoas monitoradas exibem alguns parâmetros fora das conformidades estabelecidas pelo CONAMA, além disso apresentam-se fortemente eutrofizadas, mas de forma contrastante, com boas classificações de qualidade considerando seu uso, com exceção da Lagoa de Pituacú. Conclui-se que avaliações sistemáticas devem ser consideradas com maior frequência com o objetivo de colher maiores e mais precisas informações sobre as condições de qualidade destes ecossistemas, e estudar suas alterações de qualidade como reflexo do condicionante urbano sobre sua conservação.

Palavras-chave: Sazonalidade. Lagoas. IET. IQA. CONAMA 357.

ABSTRACT - The Pituacú, Abaeté, Tororó and Paixão lagoons, in the city of Salvador-BA (Brazil) have in common the insertion of a lentic ecosystem in the urban environment of a developing city. This research describes the pattern of seasonal variation of non-conservative and biological physical-chemical parameters during the years 2017 and 2018 in 16 points spatially distributed in the four lagoons during the rainy season (from April to July) and dry season (August to November). Water quality was determined in accordance with the Water Quality Index (WQI) and application of the Trophic State Index (TSI), in addition to the CONAMA ordinance 357/2005. The results showed that the four monitored lagoons exhibit some parameters outside the conformities established by CONAMA ordinances, in addition they are strongly eutrophic, but in a contrasting way, with good quality ratings considering their use, with the exception of Lagoa de Pituacú. It is concluded that systematic assessments should be considered more frequently with the aim of collecting greater and more accurate information on the quality conditions of these ecosystems, and studying their quality changes as a reflection of the urban condition on their conservation.

Keywords: Seasonality. Lagoons. TSI. WQI. CONAMA 357/2005.

INTRODUÇÃO

Uma das regiões semiáridas mais populosas do planeta é o Nordeste brasileiro, que enfrenta um problema crônico de falta de água, com ciclos de fortes estiagens e secas prolongadas, um problema agravado pelo alto potencial de evaporação da água (Marengo, 2010).

Durante várias décadas o problema da seca foi visto como sendo exclusivamente de falta de água, porém, com o tempo verificou-se outros bloqueios como os problemas resultantes da concentração da propriedade e do controle da água pelos grandes proprietários.

Este contexto embasa questões amplas e

transdisciplinares relacionadas, como a degradação dos ecossistemas, a redução de caudais, a utilização intensiva de água e o desfavorecimento de algumas comunidades.

A temática ganha amplitude também com a mudança climática, o crescimento populacional e o adiar de soluções para o saneamento básico que ciclicamente afeta a vasta região semiárida (Ferreira, 2017).

Na Bahia, a variedade de disponibilidade de recursos hídricos coincide com as fortes diferenças climáticas pontuais e os diversos contrastes regionais. Entre os anos de 2013 e 2017, 88,5%

dos municípios baianos informaram ter sofrido com episódios de seca, de acordo com a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, publicada pelo IBGE. A escassez é considerada o desastre ambiental mais frequente, seguida de alagamentos (20,6% dos municípios), enxurradas ou inundações bruscas (18,9%) e os processos erosivos acelerados (18,7%) (IBGE, 2018).

A cidade de Salvador no Estado da Bahia é naturalmente bem servida de recursos hídricos, possuindo, em seu contexto hidrográfico, 12 bacias hidrográficas e 9 bacias de drenagem natural (Decreto Municipal nº 27.111 de 22 de março de 2016) determinadas pelos cursos d'água doce dos rios Das Pedras, Do Cobre, Imbassaí, Ipitanga, Jacuípe, Jaguaripe, Joanes e Pojuca.

Além disso, também abriga uma das reservas de águas subterrâneas mais importante da Bahia, o aquífero de São Sebastião (Bahia, 2017).

O alto índice de pluviosidade combinado com a presença marcante de depressões topográficas e trechos aflorantes através de estratos permeáveis sobrepostos, favoreceu a formação de Lagoas ao longo do território do município, condicionados à existência de vales e zonas erudidas, que interceptam o nível piezométrico.

Algumas lagoas, mais próximas à faixa litorânea foram formadas no Quaternário, devido a subida do nível do mar, principalmente durante o último período transgressivo (entre 6500 e 5000 BP) sendo preenchidas, em parte, por depósitos marinhos ricos em conchas (Guimarães, 1978 segundo Nascimento, 2008).

A exemplo das demais áreas urbanas, a cidade de Salvador apresenta sérios problemas relacionados à degradação da qualidade da água por eutrofização, principalmente nos centros urbanos, onde praticamente todo seu complexo hidrográfico apresenta-se em avançado estado de deterioração evidenciando a completa falta de planejamento e ações públicas voltadas para a conservação dos seus recursos naturais (Bahia, 2006).

Além de experimentar um significativo crescimento populacional, a insuficiência de projetos de gestão e monitoramento tem atingido diretamente os recursos naturais, como os rios, lagos e fontes e conseqüentemente as águas subterrâneas (Tourinho, 2008).

O estudo da qualidade de água em lagoas se iniciou no século passado utilizando-se de variáveis como estratificação térmica e de

oxigênio, distribuição de larvas de Chironomidae (insetos dípteros) e concentração de nutrientes (Cunha et al., 2013).

Desde então, tornou-se importante a criação de índices que sumarizassem o estado trófico e a qualidade da água, a fim de caracterizar a qualidade desses ecossistemas em condições morfoclimáticas específicas (Lamparelli, 2004).

O IQA é um modelo matemático simples criado nos Estados Unidos pela National Sanitation Foundation em 1970 e utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) que determina a qualidade das águas com base em nove parâmetros (coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido), atribuindo um peso correspondente para cada um em função de sua importância.

O Índice do Estado Trófico (IET) é, um dos mais utilizados para a classificação da qualidade da água de lagos (Fia et al., 2009). Tem por objetivo classificar corpos hídricos em diferentes graus de trofia, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes (Araújo et al., 2018).

A caracterização do estado trófico é multidimensional, relaciona aspectos como carga e transporte de nutrientes, produtividade, qualidade e quantidade da biota e morfometria do lago (Duarte et al., 1999).

Portanto, para evitar a utilização de índices multiparamétricos que limitam a sua aplicação devido ao grande número de variáveis, Carlson (1977) definiu um índice do estado trófico usando uma transformação linear da transparência pelo disco de Secchi, que avalia a concentração de biomassa algal.

Além da transparência, o índice pode ser expresso em função das concentrações de fósforo e clorofila-a, medidas em amostras coletadas próximo à superfície da água.

Esse índice é, portanto, um dos mais utilizados para a classificação da qualidade da água de lagos (Fia et al., 2009).

A degradação dos mananciais torna a garantia da potabilidade da água vulnerável, com isso, a mera detecção, na água tratada, de substâncias resistentes aos processos convencionais de tratamento se mostra insuficiente.

Portanto, o monitoramento sazonal da água bruta assume uma importância de controle

preventivo, subsidiando ações de proteção e conservação destes ambientes, derivando deste modo, a importância da análise da água, sendo esta, veículo de transmissão de agentes de doenças infecciosas e parasitárias, os quais influenciam diretamente à saúde da população.

Mediante este fato, o presente artigo objetivou

caracterizar as variações sazonais, nas lagoas de Pituacú, Abaeté, Dique do Tororó e Paixão entre os anos de 2017 a 2018 em 16 pontos distribuídos espacialmente, avaliando e discutindo a qualidade de suas águas através da compreensão do comportamento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

Área de estudo

O estudo foi conduzido nas lagoas de Abaeté (12°56.636'S e 38°26.952'O), Tororó (12°58.919'S e 38°30.254'O), Pituacú (12°57.820'S e 38°25.110'O) e Paixão (12°51.185'S e 38°27.009'), localizadas

no município de Salvador, Estado da Bahia (Figura 1). O clima da região é caracterizado como tropical úmido superúmido ou equatorial, situa-se na faixa de clima Af, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013).

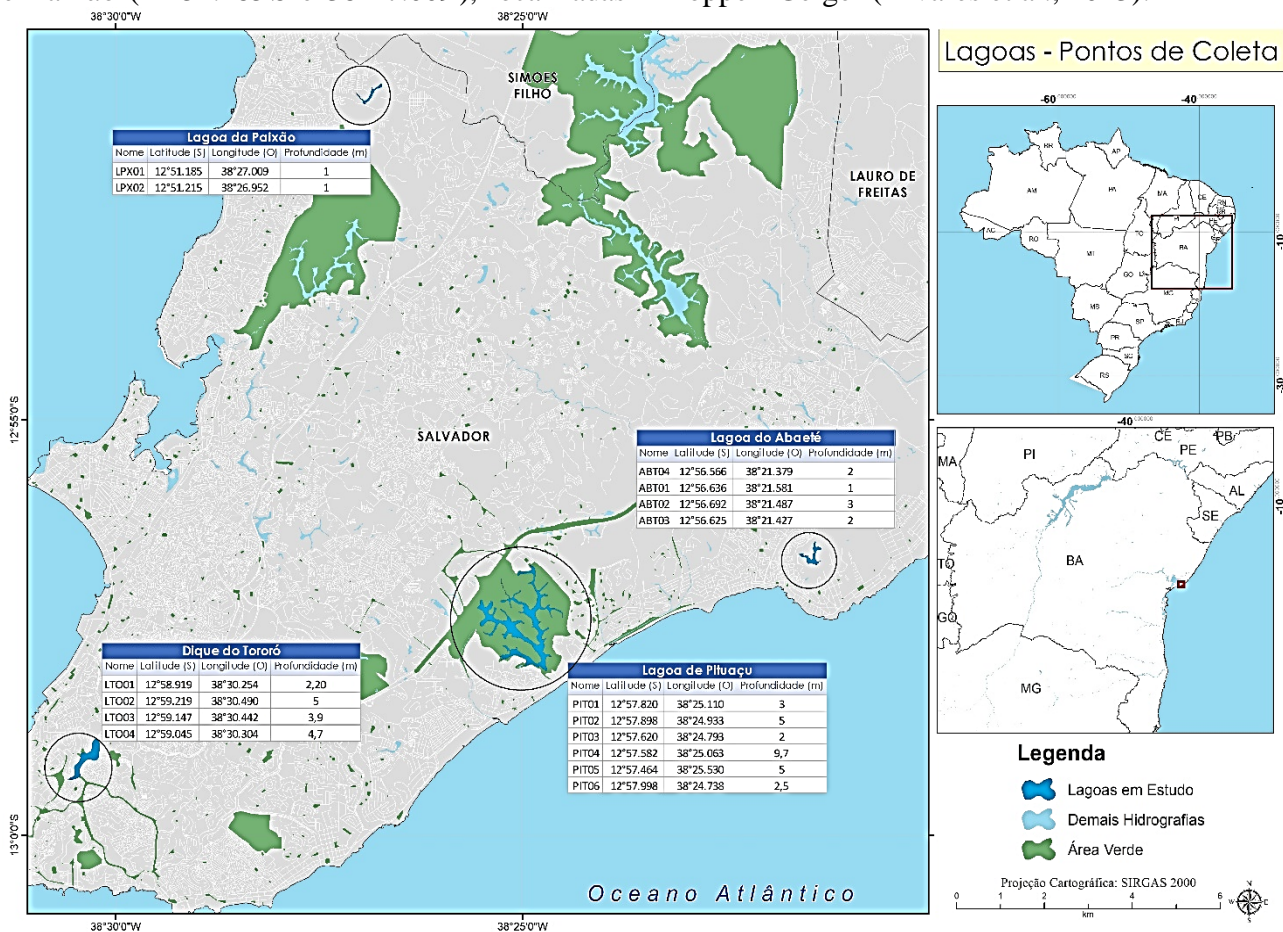


Figura 1. Mapa de localização da cidade de Salvador (Bahia) com destaque para os locais de coleta (Lagoas de Pituacú, Lagoa da Paixão e Dique do Tororó).

A quantidade e localização de pontos foi determinada em concordância com a extensão do corpo d'água (Abaeté: 39.146 m², Lagoa da Paixão: 75.212 m², Tororó: 110.122 m² e Pituacú: 444.126 m²), e baseados na adequação com os dados previamente verificados, respeitando as condições de equidistância aproximada, com o objetivo de caracterizar o lago em sua extensão). Foram definidos 16 pontos amostrais, sendo 2 deles na Lagoa da Paixão (devido à dificuldade e periculosidade de acesso), 4 na lagoa do Tororó,

6 na Lagoa de Pituacú e 4 na Lagoa do Abaeté.

A área de entorno das Lagoas é classificada como área de influência de intervenção populacional ou de infraestrutura urbana. As amostragens ocorreram nos meses de julho e novembro dos anos de 2017 e 2018.

Dados referentes aos Índices de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico foram adquiridos através de informações publicamente disponíveis no programa Monitora (executado pela Coordenação de Monitoramento dos

Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA.

Procedimento amostral

Os períodos de coleta respeitaram a determinação sazonal proposta por Santos et al. (2016) que definiu, com base na variabilidade pluviométrica da cidade de Salvador os meses de Abril, Maio, Junho e Julho como pertencentes ao quadrimestre mais chuvoso, e os meses de Agosto, Setembro, Outubro e Novembro como o quadrimestre mais seco, baseando-se nos totais mensais de precipitação obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia no período de 51 anos (1961-2011).

As coletas foram realizadas no período da manhã e em dias sem chuva, seguindo os procedimentos recomendados em ABNT (1987). Os dados pluviométricos e de temperatura do ar utilizados neste trabalho são provenientes do banco de dados da estação meteorológica de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), na cidade de Salvador. Foram obtidas as médias mensais de precipitação (mm) e temperatura (°C) entre os anos de 2017 e 2018.

As amostragens foram realizadas seguindo as recomendações das normas que disciplinam a coleta de água em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Em cada ponto foram mensurados parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais dissolvidos) de água superficial (20 cm) in situ utilizando sonda multiparâmetro (Horiba 104 U-54 Multiparameter Water Quality Checker).

Procedimentos laboratoriais

Em laboratório foram determinados a DQO utilizando o método do refluxo fechado (segundo a metodologia 5220 D), e o DBO5 utilizando um sensor LDO (Luminescent Dissolved Oxygen) conforme o método 5210 B, ambos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Foi também determinada a concentração de

Clorofila-a utilizando a cromatografia líquida de alta resolução de fase reversa (HPLC) de acordo com o método 447.0 descrito em Arar (1997).

A avaliação de densidade bacteriana através da contabilidade de coliformes termotolerantes foi determinada pela técnica da membrana filtrante, descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) de acordo com o método SM-9222D.

Análise estatística

Para balizar as interpretações sazonais, foi realizada a média do total de pontos amostrais (n=16) em cada coleta, para cada período do ano (seco/chuvoso), com um n=64. Para verificar a distribuição dos dados (paramétricos ou não-paramétricos), utilizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk, determinando assim o valor de *p*. A existência de diferenças significativas entre as médias (para dados com distribuição paramétrica) ou medianas (para dados com distribuição não-paramétrica) foi averiguada utilizando os Testes T para comparação de médias e Mann-Whitney para comparação de medianas com base na diferença mínima significativa (quando $p < 0,05$).

Para avaliar o agrupamento e a relação entre as variáveis foi aplicada uma ordenação com o método de Ward, utilizando a distância Euclidiana. A fim de explicar a variabilidade dos dados, reduzir suas dimensões e compreender como os componentes hidroquímicos se relacionam, a análise multivariada foi efetuada para cada lagoa, e, entre todas as lagoas, para cada variação sazonal.

Para tanto, a matriz de dados composta pelos parâmetros foi padronizada com transformação para escala *z* ($z = (x_i - \mu) / \sigma$), que se baseia na diferença entre o valor observado e a média dos valores ($x_i - \mu$), em razão do desvio padrão dos valores observados (σ).

Esta padronização elimina o efeito da escala e permite melhor comparação dos dados (Magnusson & Mourão, 2005). Todos os testes foram realizados com o software Statistica 10 (StatSoft®) e o Graphpat Instat 3®.

DISCUSSÕES, INTERPRETAÇÕES E RESULTADOS

A qualidade das águas coletadas nas lagoas da Paixão, Abaeté, Tororó e Pituaçu foi determinada a partir do Índice de Qualidade da Água (IQA) (Tabela 1) e Índice de Estado Trófico (IET) (Tabela 2), além da resolução 357/2006 do CONAMA para águas doces de Classe 2.

O Índice de Estado Trófico foi determinado com base na média simples dos valores de clorofila-a e fósforo total, conforme recomendado por Lamparelli (2004), avaliar a qualidade da água em função do enriquecimento por nutrientes (Tabela 3, 4).

Tabela 1 – Variáveis físico-químicas e biológicas utilizadas para o cálculo do Índice de Qualidade da Água e Índice de Estado Trófico nas Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó nos períodos de **a)** estiagem e **b)** chuvoso entre os anos de 2017 e 2018.

Parâmetros	Abaeté		Tororó		Pituacú		Paixão		Padrão Legal
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	
Período de estiagem									
pH	7.12	8.1	7.02	7.35	6.76	7.27	6.85	7.49	6 - 9
Temp. (°C)	28.55	30.1	26.45	28.95	27.85	28.2	26.65	26.9	NE
Turb. (NTU)	9.65	13.5	30.5	27.5	46.5	83.5	11.12	21.52	<100
Sólidos Totais (mg/L)	190	228	195.5	200	384	428.5	148.5	189.5	NE
O.D. (mg/L)	7.63	6.44	4.5	5.9	1.91	2.12	5.58	5.16	>5
D.B.O. (mg/L)	3.5	5.5	4.5	3.5	46	99	4.5	7.66	<5
N total (mg/L)	1	<1	3	1	19	31.4	1.33	2.37	NE
Colif. Term. (NMP/100mL)	3250	5450	3350	2100	>LQM	>LQM	1950	3400	NE
P Total (mg/L)	0.205	0.08	0.195	0.16	2.24	3.55	0.1	0.14	<0.03
Clorof.-a (µg/L)	39.35	25.1	85.1	64.8	3.92	4.29	61.71	94.1	<30

Parâmetros	Abaeté		Tororó		Pituacú		Paixão		Padrão Legal
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	
Período chuvoso									
pH	6.87	7.26	7.1	7.24	6.85	6.91	7.93	6.85	6 - 9
Temp. (°C)	26.4	26.8	32.2	27.3	28.1	27.7	30.6	26.4	NE
Turb. (NTU)	5.3	17	10	15	38	40	14.5	22.5	<100
Sólidos Totais (mg/L)	230	190	150	198	298	340	168	181	NE
O.D. (mg/L)	8.11	6.37	6.21	6.76	0.66	2.6	7.65	4.03	>5
D.B.O. (mg/L)	3.00	8.00	3.00	5.00	25	45	5.00	7,5	<5
N total (mg/L)	<1	2	1	1	18	17	<1	3.5	NE
Colif. Term. (NMP/100mL)	1300	>LQM	9200	5400	>LQM	>LQM	8165	16000	NE
P Total (mg/L)	3	8	0,10	0,12	1.04	1.43	0,07	0.13	<0.03
Clorof.-a (µg/L)	20,6	32,5	38.7	70.6	2.77	1.41	45.5	81.05	<30

Legenda: LQM = Limite de Quantificação do Método. Fonte: INEMA (2019).

Tabela 2. Índices de Estado Trófico e Índice de qualidade da água calculados nos períodos de estiagem (a) e chuvoso (b), entre 2017 e 2018, para as Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó.

Período de estiagem	2017				2018			
	IET	Classificação	IQA	Classificação	IET	Classificação	IQA	Classificação
Lagoa da Paixão	67	Supereutrófico	63	bom	66	Supereutrófico	58	bom
Lagoa de Pituacú	67	Supereutrófico	21	ruim	69	Hipereutrófico	19	péssimo
Lagoa do Abaeté	65	Supereutrófico	63	bom	61	Eutrófico	62	bom
Dique do Tororó	69	Hipereutrófico	55	bom	66	Supereutrófico	60	Bom

Período chuvoso	2017				2018			
	IET	Classificação	IQA	Classificação	IET	Classificação	IQA	Classificação
Lagoa da Paixão	65	Supereutrófico	57	bom	66	Supereutrófico	52	bom
Lagoa de Pituacú	64	Supereutrófico	23	ruim	62	Eutrófico	24	ruim
Lagoa do Abaeté	68	Hipereutrófico	61	bom	57	Mesotrófico	63	bom
Dique do Tororó	64	Supereutrófico	60	bom	66	Supereutrófico	60	bom

Fonte: INEMA (2019).

Tabela 3. Classificação do índice da qualidade das águas.

Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo
79 < IQA ≤ 100	51 < IQA ≤ 79	36 < IQA ≤ 51	19 < IQA ≤ 36	0 < IQA ≤ 19

Fonte: Cetesb (2006).

Tabela 4. Classificação do estado trófico para amostras de água.

Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico
IET ≤ 47	47 < IET ≤ 52	52 < IET ≤ 59	59 < IET ≤ 63	63 < IET ≤ 67	IET > 67

Fonte: Lamparelli (2004).

O Índice de Qualidade da água utilizado incorpora o produtório ponderado (i) dos parâmetros temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez para sintetizar a interpretação da qualidade da água em um único número no intervalo de 0 a 100, calculado a partir da qualidade relativa (q) (entre 0 e 100) de cada um, obtidos a partir da “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida, e do peso correspondente (w) de cada parâmetro (entre 0 a 1) (Tabela 3), atribuído com base na sua importância para a conformação global de qualidade ($IQA = \prod q_i^{w_i}$) (CETESB, 2006).

As variáveis físico-químicas utilizadas para o cálculo de IQA e IET são ilustradas na tabela 1, a partir de informações disponíveis do programa Monitora (executado pela Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA).

Os resultados do IET obtidos para as lagoas consideradas nesta pesquisa são apresentados na tabela 2. Conforme IQA estabelecido para as lagoas estudadas, todos os corpos d’água lênticos foram classificados como de “boa” qualidade nos períodos considerados, com exceção para a lagoa de Pituacú, cuja classificação “ruim” foi preponderante nos períodos considerados, chegando a “péssimo” no período de estiagem no ano de 2018. Este resultado é principalmente evidenciado pelos baixos valores registrados de oxigênio dissolvido, e valores excedentes de demanda bioquímica de oxigênio.

Segundo Esteves (1998), a redução de valores de oxigênio dissolvido em ecossistema lacustres de regiões temperadas está associada ao consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos. Para além disso, observa-se que a Lagoa de Pituacú se apresenta, na maior parte do tempo, totalmente livre de turbulência, portanto, a distribuição de oxigênio ocorre principalmente, de forma mais lenta, por difusão molecular.

Aleluia et al. (2016), ao estudar a qualidade da água no reservatório de Pituacú, também verificou resultados semelhantes para valores de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio, ambos com valores médios acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05

no intervalo de tempo compreendido entre os anos de 2007 até 2015, atribuindo este resultado também ao elevado tempo de residência da água no ecossistema, associada à localização do reservatório no contexto urbano da bacia hidrográfica, proporcionando uma resposta acentuada ao lançamento de efluentes domésticos oriundos das ocupações irregulares.

Para Piasentin et al. (2009), o IQA produz informações associadas principalmente à contaminação dos corpos d’água por efluentes domésticos, sendo, portanto, um valor insuficiente para classificar a qualidade de um sistema. Destaca também que as oscilações das variáveis que compõem o resultado numérico do IQA se compensam umas às outras, quando considerados seus pesos relativos, fazendo com que o índice se mantenha relativamente estável em um patamar, mascarando assim flutuações importantes no ambiente, que devem ser monitoradas e analisadas cautelosamente.

Além disso, o IQA não contempla contaminantes potenciais importantes, como metais pesados, contaminação por hidrocarbonetos ou defensivos agrícolas.

Em contrapartida, o IET classificou as águas da lagoa da Paixão como “Supereutrófica” em todos os períodos, da lagoa de Pituacú em variantes de “eutrófico” (chuvoso/2018) a “hipereutrófico” (estiagem/2018), da lagoa do Abaeté de “mesotrófico” (chuvoso/2018) a “hipereutrófico” (chuvoso/2017) e do Dique do Tororó como “supereutrófico” a “hipereutrófico” (apenas no período de estiagem/2017).

Estes resultados podem ser atribuídos às características dos corpos d’água, uma vez que estão inseridos em um contexto de intensa atividade urbana, e refletem o impacto das atividades antrópicas sobre a qualidade do reservatório, fornecendo uma carga externa de nutrientes e resíduos para as lagoas.

A turbidez provocada pela lixiviação, associada à baixa profundidade das lagoas, promovem a ressuspensão do sedimento contribuindo, de forma direta, para recolocar em circulação os nutrientes, sobretudo o fósforo, já que um importante componente do cálculo do IET, cujas concentrações verificadas em todas as lagoas estudadas estão em cima dos limites preconizado pelo CONAMA (2005), favorecendo o crescimento de florações algais.

De acordo com Aleluia et al. (2016) a alteração do estado trófico dos mananciais inseridos em áreas

urbanas também está diretamente relacionada ao aporte de matéria orgânica alóctone, e a produção autóctone, que altera as taxas de consumo de oxigênio direcionada para degradação, promovendo no sistema a formação de zonas de anóxia.

Esse fato, afeta diretamente a qualidade da água no manancial e a biota aquática inserida no contexto do ecossistema sendo justificadas pelas concentrações da DBO e, concomitantemente, o comportamento apresentado dentro da série histórica para o OD.

A tabela 5 apresenta o sumário estatístico descritivo para as variações sazonais para as variáveis da água medidas durante o período de estudo, nas quatro lagoas (Lagoa de Abaeté, Dique do Tororó, Lagoa da Paixão e Lagoa de Pituaçu) nos anos de 2017 a 2018.

O teste de normalidade Shapiro-Wilk determinou os padrões de distribuição dos dados, mostrando que o comportamento hidroquímico das variáveis, em sua maioria apresenta distribuição não-paramétrica ($p < 0,05$).

Neste caso, para verificar se há diferenças no seu comportamento frente à sazonalidade, portanto, foi necessária a aplicação do teste não paramétrico de Mann-Whitney, ao nível de significância de 95%.

Alguns componentes hidroquímicos refutaram a hipótese nula, para o teste de *T Student* e Mann-Whitney (com $p < 0,05$), demonstrando haver diferenças significativas entre os períodos sazonais, são eles a Clorofila-a na Lagoa do Abaeté, o potencial hidrogeniônico e a alcalinidade total no Dique do Tororó, o oxigênio dissolvido percentual na Lagoa de Pituaçu, o DBO na lagoa da Paixão e de Pituaçu e o DQO na Lagoa da Paixão.

Outras variáveis (pH, Temperatura, Turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, nitrato, sulfato, cloreto e coliformes termotolerantes) não demonstraram padrões de variação sazonal estatisticamente significantes, ou seja, não diferiram entre os dois períodos considerados (Tabela 6). Assim, os resultados de caracterização são discutidos levando-se em conta a variação anual do ecossistema conforme recomendado por Cunha et al. (2013).

Para avaliar de forma simultânea a relação entre cada parâmetro, utilizou-se medidas de dissimilaridade. Para obter essas medidas, foi aplicada a análise de agrupamento de *Cluster*, que teve por finalidade reunir as variáveis em grupos utilizando o método de agrupamento hierárquico, de forma que exista a máxima homogeneidade

dentro do grupo e a máxima heterogeneidade entre os grupos (Cruz & Regazzi, 2001).

A associação das variáveis medidas nas diferentes lagoas demonstrou agrupamento hierárquico entre variáveis relacionadas (retirada a clorofila-a devido à amplitude dos dados) nas diferentes distâncias euclidianas. A linha tracejada marcada no dendrograma ressalta a distância de 200, de modo que as variáveis situadas abaixo dessa linha pertencem à mesma categoria (Figura 2). Quando considerada a distância euclidiana de 200, observa-se para as três lagoas, a formação de dois a três agrupamentos entre variáveis relacionadas. No primeiro grupo (G1), destaca-se a proximidade entre as variáveis pH, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos totais dissolvidos e fósforo total. No segundo grupo (G2) verifica-se uma maior aproximação entre a demanda química de oxigênio, o cloreto, e a clorofila-a.

A demanda química de oxigênio formou um grupo a parte na Lagoa de Pituaçu assim como cloreto e amônia na Lagoa do Abaeté. Agrupamento semelhante também foi encontrado por Lamparelli (2004) para ambientes lênticos do estado de São Paulo e por Cunha et al. (2013) ao verificar o comportamento sazonal da Lagoa Cuiabá na região Sul do Brasil.

Em todas as lagoas o pH apresentou tendência a uma leve diminuição no período chuvoso, assim como a temperatura, demanda química e bioquímica de oxigênio, alcalinidade e Clorofila-a. Os parâmetros turbidez, condutividade, sólidos totais, oxigênio dissolvido, sulfato e coliformes não variou temporalmente, e houve uma tendência de aumento no período chuvoso dos teores de nitrato e cloreto, além do oxigênio dissolvido percentual.

A tendência à diminuição do pH no período chuvoso deve-se provavelmente ao efeito de agitação e da inundação de outros cursos d'água como rios e córregos que convergem para o lago, resultando na mistura das águas pouco alcalinas ou mais ácidas em profundidade com as águas alcalinas da superfície, reduzindo assim o pH (Araoye, 2009).

Além disso, o comportamento do pH em período chuvoso para regiões tropicais, tem influência da decomposição da vegetação terrestre inundada após o aumento dos níveis de água, que ao mesmo tempo, reduz a quantidade de oxigênio, enquanto aumenta a quantidade de dióxido de carbono (Yu et al., 2010).

Tabela 5. Resultados do teste *T Student* e Mann-Whitney pareado ao comparar os valores dos períodos de estiagem e chuvoso, representados pelo p-value nas Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó

Parâmetros	DIQUE DO TORORÓ																								
	período de estiagem				período chuvoso				período chuvoso																
	Min	Máx	Mediana	Média	D.p	p	Min	Máx	Mediana	Média	D.p	p													
pH	6,78	7,45	6,79	6,88	0,23	0,01	5,42	7,67	6,80	6,73	1,01	0,01	8,02	8,58	8,20	8,28	0,25	0,04	7,31	8,86	8,29	8,16	0,72	0,02	
EH (mv)	186,50	224,00	198,50	201,88	14,70	0,07	133,00	242,00	216,50	201,88	40,72	0,24	-221,00	-133,00	-142,00	-159,50	38,19	0,01	47,00	317,00	144,50	152,75	75,15	0,03	0,01
Temp. (°C)	25,43	32,60	25,51	26,64	2,52	0,01	24,07	26,77	25,43	25,40	1,11	0,09	27,30	31,90	27,87	28,62	1,63	0,06	27,40	28,58	27,56	27,67	0,38	0,01	0,01
Turb. (NTU)	17,00	20,23	18,55	18,49	0,92	0,49	14,50	22,20	21,50	19,30	3,27	0,01	30,35	47,60	44,20	41,47	7,23	0,03	28,50	45,90	33,50	35,76	6,81	0,14	0,01
O.D. (%)	6,48	66,79	57,10	49,98	18,49	0,01	43,40	106,90	57,55	65,06	21,06	0,06	6,89	151,70	52,87	69,21	67,11	0,02	72,60	164,40	106,35	113,26	36,67	0,17	0,01
Conduct.	0,35	0,37	0,35	0,36	0,01	0,10	0,34	0,36	0,35	0,35	0,01	0,04	0,18	0,36	0,29	0,30	0,06	0,06	0,03	0,40	0,34	0,32	0,12	0,01	0,01
S.T.D. (g/L)	0,22	0,25	0,23	0,23	0,01	0,38	0,22	0,24	0,23	0,23	0,01	0,04	0,22	0,24	0,24	0,24	0,01	0,44	0,21	0,26	0,23	0,23	0,02	0,05	0,01
O.D. (mg/L)	3,93	7,61	4,61	4,74	1,21	0,01	3,46	8,30	4,63	5,19	1,60	0,09	6,89	9,69	8,66	8,51	0,88	0,70	5,65	12,22	8,35	8,84	2,84	0,06	0,01
D.B.O. (mg/L)	4,80	6,80	5,62	5,69	0,74	0,39	0,00	6,54	5,73	3,89	3,26	0,01	6,30	9,88	8,43	8,21	1,61	0,03	0,00	17,30	5,04	4,68	5,68	0,01	0,01
D.Q.O. (mg/L)	34,20	56,00	39,35	40,90	6,76	0,04	0,00	40,20	38,10	24,60	20,42	0,01	47,00	96,56	73,45	72,78	24,66	0,01	0,00	196,00	41,70	45,35	64,27	0,01	0,01
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0,00	4,35	3,62	2,81	1,77	0,01	0,00	7,40	3,55	3,66	3,30	0,04	0,92	17,61	2,21	4,41	5,66	0,01	1,90	50,00	6,05	10,99	16,13	0,01	0,01
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	16,50	20,90	17,28	17,85	1,58	0,03	10,80	31,00	16,65	17,85	6,96	0,30	12,30	89,00	22,10	29,68	26,01	0,01	11,20	37,87	16,09	18,01	8,77	0,01	0,01
Cl ⁻ (mg/L)	47,20	82,42	66,41	66,90	12,03	0,63	54,40	115,80	73,25	77,09	23,78	0,18	51,60	81,55	58,63	62,60	12,52	0,03	41,10	122,00	57,00	62,60	25,39	0,01	0,01
Alc. Total (mg/L)	51,30	64,70	56,75	57,36	4,04	0,90	0,00	58,35	27,23	28,16	30,12	0,01	43,10	67,81	55,52	56,05	8,25	0,86	0,00	20,70	6,73	9,13	9,99	0,01	0,01
Colif. Term. (UFC/100mL)	0,00	4500,00	159,41	691,36	1543,97	0,01	0,00	9000,00	0,00	1125,00	3181,5	0,01	189,00	517,00	239,98	262,24	105,04	0,01	0,00	7000,00	0,00	875,00	2474,87	0,01	0,01
Clorof-a (µg/L)	33,55	37,90	36,39	36,04	2,03	0,01	29,00	34,85	31,73	32,31	2,17	0,32	82,48	120,00	92,99	95,46	13,63	0,21	79,68	104,40	93,94	92,15	9,75	0,34	0,01

Parâmetros	LAGOA DE PITUAÇU																							
	período de estiagem				período chuvoso				período chuvoso															
	Min	Máx	Mediana	Média	D.p	p	Min	Máx	Mediana	Média	D.p	p												
pH	7,00	7,61	7,06	7,16	0,25	0,01	6,89	7,25	7,05	7,06	0,13	0,48	6,36	8,85	6,96	7,11	0,66	0,04	5,30	7,64	7,13	6,84	0,80	0,06
EH (mv)	96,00	161,75	114,63	120,33	26,35	0,44	117,50	182,00	140,25	144,05	23,41	0,29	160,50	252,00	211,50	206,92	28,68	0,14	120,00	284,00	205,00	206,92	50,61	0,87
Temp. (°C)	26,82	29,70	28,43	28,36	1,27	0,45	25,86	28,07	27,21	27,11	0,89	0,76	24,80	32,80	25,71	26,54	2,25	0,01	23,98	27,69	25,58	25,68	1,42	0,07
Turb. (NTU)	25,00	49,38	28,34	31,88	10,17	0,06	29,45	57,50	37,58	39,94	10,75	0,42	4,66	90,55	9,86	21,70	27,19	0,01	4,50	15,70	9,22	8,98	3,27	0,78
O.D. (%)	54,90	84,83	59,14	63,43	12,37	0,05	60,15	94,60	70,23	73,09	13,24	0,43	3,88	83,20	38,78	40,25	33,48	0,01	31,40	117,30	63,95	71,83	27,26	0,43
Conduct.	0,30	0,39	0,33	0,34	0,03	0,48	0,32	0,36	0,33	0,33	0,01	0,26	0,23	0,38	0,37	0,36	0,04	0,01	0,35	0,39	0,37	0,37	0,01	0,17
S.T.D. (g/L)	0,22	0,25	0,24	0,24	0,01	0,23	0,21	0,24	0,24	0,23	0,01	0,25	0,11	0,44	0,24	0,24	0,08	0,01	0,23	0,26	0,24	0,24	0,01	0,10
O.D. (mg/L)	4,45	6,75	4,96	5,21	0,90	0,12	5,01	5,98	6,38	12,01	2,67	0,01	3,50	13,60	6,99	7,51	2,75	0,64	2,52	12,42	6,07	6,41	2,77	0,57
D.B.O. (mg/L)	8,00	10,87	9,70	9,59	1,14	0,85	0,00	12,80	11,80	9,64	5,45	0,01	1,84	5,30	2,22	2,62	2,62	0,96	0,01	0,00	1,76	1,57	0,93	0,82
D.Q.O. (mg/L)	41,10	55,80	50,13	49,46	6,63	0,38	0,00	34,40	33,10	26,74	14,96	0,01	7,50	26,20	19,83	18,58	5,31	0,68	0,00	20,20	17,60	11,35	10,12	0,01
NO ₃ ⁻ (mg/L)	11,20	13,80	12,82	12,69	1,06	0,68	12,30	13,80	12,90	12,96	0,54	0,54	5,30	62,10	14,97	22,31	18,19	0,04	7,10	172,00	56,00	2,65	13,84	21,74
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	51,80	72,63	61,59	61,84	10,06	0,23	78,90	84,00	82,55	82,11	1,93	0,33	33,60	81,00	63,82	63,23	15,23	0,41	51,10	125,30	70,90	76,24	26,20	0,04
Cl ⁻ (mg/L)	66,25	76,30	70,43	70,77	3,62	0,59	0,00	69,75	33,13	33,83	34,02	0,21	21,00	187,00	68,10	72,98	45,70	0,04	0,00	128,35	28,92	37,80	43,31	0,01
Alc. Total (mg/L)	0,00	9200,00	700,50	2260,30	3891,29	0,01	0,00	760,00	681,00	560,60	315,34	0,01	57,30	187,00	115,75	118,92	39,27	0,96	0,00	230,00	39,80	52,01	68,48	0,01
Colif. Term. (UFC/100mL)	10,05	175,00	83,54	87,13	77,79	0,29	64,70	84,20	77,00	75,98	7,58	0,79	0,00	32,33	13,90	16,06	11,65	0,37	0,00	37,20	15,69	15,55	13,53	0,10

Obs: Células demarcadas indicam dados não-paramétricos (p<0,05).

Tabela 6. Sumário estatístico descritivo das Lagoas de Pituacú, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó nas quatro campanhas de campo nos anos de 2017 e 2018 nos períodos chuvoso e de estiagem.

Parâmetros	Lagoa do Abaeté	Dique do Tororó	Lagoa da Paixão	Lagoa de Pituacú
pH	0,6854	0,6812	0,4678	0,3765
EH	>0,9999	<0,0001	0,2941	>0,99999
Temp.	0,2240	0,1283	0,2097	0,2759
Turb.	0,5144	0,1266	0,3929	0,1219
O.D.(%)	0,1503	0,1255	0,4028	0,0189
Condut.	0,5528	0,7639	0,7448	0,2714
S.T.D.	0,2935	0,2266	0,4080	0,7266
O.D. (mg/L)	0,5334	0,7573	0,3557	0,3414
D.B.O.	0,2332	0,7306	0,0436	0,0214
D.Q.O.	0,6348	0,9934	0,0178	0,6836
NO ₃ ⁻	0,5313	0,2951	0,1306	0,2344
SO ₄ ²⁻	>0,9999	0,2493	0,6604	0,2434
Cl ⁻	0,2977	>0,9999	0,0145	0,1510
Alc. Total	0,6363	<0,0001	0,4372	0,8990
Colif. Term.	0,5579	0,3135	0,3750	0,2423
Clorof.-a	0,0032	0,5853	0,7942	0,3811

Obs: p < 0.05 – estatisticamente significativa

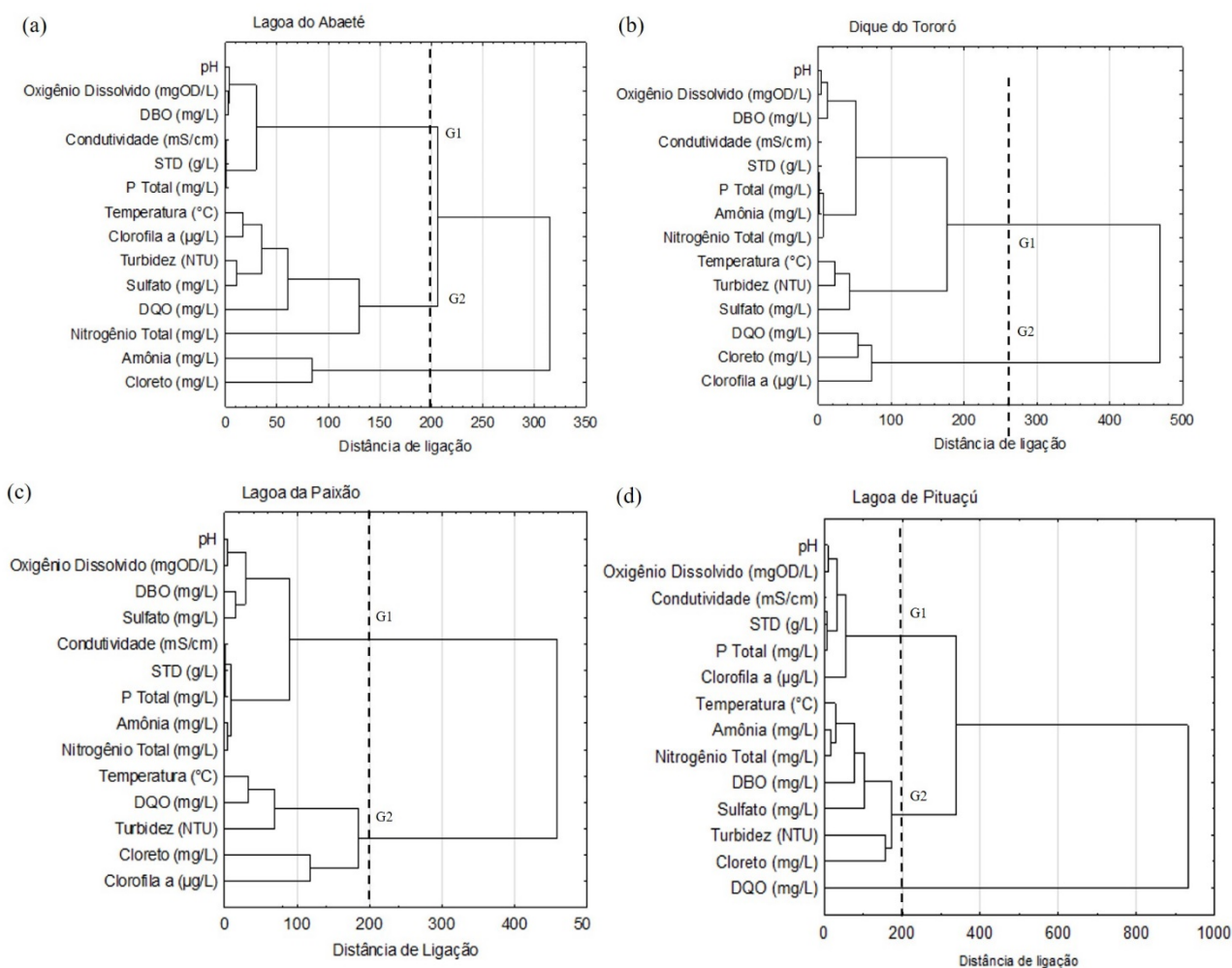


Figura 2. Dendrogramas de ordenação das variáveis hidroquímicas da água das lagoas: **a)** Abaeté; **b)** Dique do Tororó; **c)** Paixão e **d)** Pituacú.

O aumento da demanda química e bioquímica de oxigênio registrada durante o período de estiagem é esperada devida a atividades fotossintéticas aprimoradas e redução da turbidez. A queda

na concentração de oxigênio dissolvido ocorreu como resultado da mistura vertical devido às baixas temperaturas da água superficial nesta estação. A mistura vertical trouxe depósitos

hipolimnéticos à superfície da água, resultando em turbidez e redução da concentração de oxigênio (Barbosa et al., 2012).

A contribuição dos esgotos domésticos da cidade e de efluentes industriais na água reduz significativamente a quantidade de oxigênio dissolvido, e aumenta o teor da matéria orgânica, provocando desequilíbrios ecológicos e podendo causar a extinção dos organismos aeróbios.

Os indicadores de teor de matéria orgânica Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) ilustram a extensão da poluição orgânica nos ecossistemas avaliados, afetando negativamente a qualidade das águas. Neste trabalho os valores da DBO e DQO foram menores no período chuvoso.

Este fato é comum, devido à diluição promovida pelo período chuvoso, consequência da “lavagem de superfícies”, influenciando no consumo de oxigênio dissolvido para a estabilização da matéria orgânica.

Resultados semelhantes foram encontrados por D'Alessandro et al. (2015) em lagoas de estabilização, que destacam que a variação nestes valores pode ser explicada pela presença de matéria orgânica dos esgotos e de vegetais em decomposição no trecho estudado ou pode estar relacionada com a formação de uma camada de lodo na margem da lagoa.

Embora não tenham sido verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os períodos sazonais para as variáveis nitrato, cloreto e sulfato, observou-se uma tendência de aumento de nitrato e cloreto no período chuvoso. Quanto ao nitrato, considera-se que valores superiores a 5,0 mg/L indicam condições sanitárias inadequadas (Ogera, 1995), situação verificada principalmente na lagoa de Pituacú e no Dique do Tororó. Para ambos os casos, verificou-se influências antrópicas em suas proximidades que podem ter condicionado a existência destes valores.

As descargas de esgotos sanitários também são fontes importantes de cloretos nas águas superficiais, e, para além disso, considerando-se corpos d'água com fins estéticos ou de lazer, deve-se atentar que a presença de altos teores de cloreto provoca corrosão em estruturas metálicas (como as dos pedalinhas, píeres, e sustentação de esculturas no Dique do Tororó e na Lagoa de Pituacú) interfere na determinação da DQO e também na determinação de nitratos.

Na Lagoa da paixão deve-se atentar para os

valores destes compostos, uma vez que sua água é diretamente canalizada para uso de irrigação na horta local.

O sulfato é um dos mais abundantes íons na natureza, nas águas superficiais, ocorre através das descargas de esgotos domésticos (por exemplo, através da degradação de proteínas) e efluentes industriais (exemplos: efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica, etc.).

As concentrações de sulfato em águas naturais variam em geral na faixa de 2 a 80 mg/L, embora possam exceder a 1000 mg/L em áreas próximas a descargas industriais ou em regiões áridas onde sulfatos minerais, tal como o gesso, estão presentes (Telles, 2012).

Nas águas para abastecimento público, o sulfato deve ser controlado porque provoca efeitos laxativos, sendo o padrão de potabilidade fixado em 250 mg/L pela Portaria 518 do Ministério da Saúde. O maior valor encontrado de sulfato foi de 172 mg/L na Lagoa de Pituacú, altos valores verificados também no Dique do Tororó (89 mg/L) provavelmente relacionado ao aporte de resíduos domésticos.

Valores de clorofila-a mostraram forte relação com a sazonalidade, apresentando médias mais altas no período de estiagem em todas as lagoas. Os valores descrevem baixa produtividade para todas as lagoas, com exceção do Dique do Tororó, que os valores médios atingiram $95,46 \pm 13,63 \mu\text{g/L}$, situação que é evidenciada pelo crescimento excessivo do fitoplâncton nesta época. Comportamento semelhante dessa variável é descrita por Cunha et al. (2013) ao estudar o comportamento das variáveis na Lagoa de Cuiabá.

Nas lagoas onde foram verificados baixos valores de clorofila-a, atribui-se a turbidez ao material inorgânico carregado através de lixiviação do entorno e à ação do vento ressuspensando o sedimento.

A fim de explicar a variabilidade dos dados, reduzir suas dimensões e compreender como os componentes hidroquímicos se relacionam, a análise multivariada foi efetuada para cada lagoa (Figura 3), e, entre todas as lagoas (Figura 4), para cada variação sazonal.

Os autovalores encontrados na matriz de correlação designam a importância dos eixos para explicar a variabilidade dos dados. Os maiores autovalores são encontrados nos dois primeiros eixos, que explicam, portanto 73,51%

da variabilidade na Lagoa da Paixão, 53,42% na Lagoa de Pituacú, 69,40% na Lagoa do Abaeté e 47,76% na Lagoa do Tororó.

Para cada fator considerado, os maiores valores mais altos indicam a variável mais representativa. Na Lagoa do Abaeté as variáveis mais representativas para o Fator 1 estão relacionadas à poluição aquática (DBO, DQO, Nitrito e Alcalinidade Total), enquanto, para o Fator 2 os teores de oxigênio (tanto dissolvido quanto percentual) se mostraram mais relevantes para a formação do grupo.

No Dique do Tororó, a contribuição das variáveis está distribuída de forma mais homogênea no Fator 1, sendo a condutividade a que repre-

senta menor influência para a composição deste eixo. No eixo 2 o parâmetro que exerce maior influência é o pH, e a de menor influência é a condutividade. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2011) nesta mesma lagoa, onde a análise multivariada revelou uma forte correlação positiva entre os compostos nitrogenados, temperatura, pH, condutividade e Eh.

Nitrato e Turbidez foram as variáveis de maior contribuição para os fatores 1 e 2, respectivamente, na Lagoa da Paixão. Dentre as diferentes formas que o nitrogênio pode se apresentar em ambientes aquáticos, o íon Nitrato é um dos mais importantes, que juntamente com

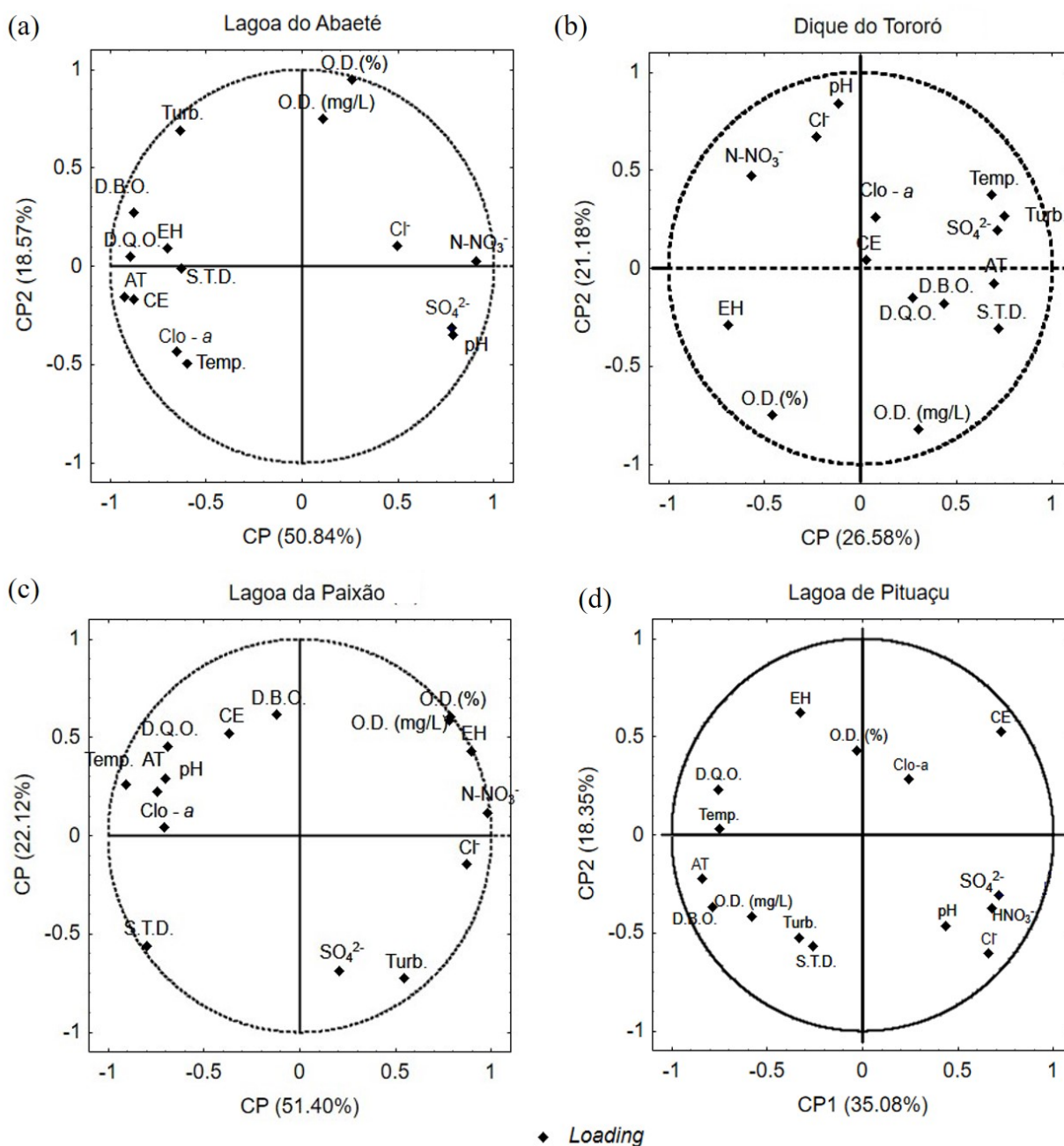


Figura 3. Projeção das variáveis hidroquímicas da água utilizando a Análise de Componentes Principais nas águas das lagoas: a) Abaeté; b), Dique do Tororó; c) Paixão e d) e Pituacú.

A amônia, representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Esteves, 1998). A presença de nitrato indica a formação deste íon durante processos fotossintéticos e de oxidação de matéria orgânica, apontando para um provável lançamento antigo de esgoto doméstico. Essa espécie foi encontrada em baixas concentrações nas amostragens feitas na lagoa da Paixão, mas em elevada concentração em Tororó e na lagoa de Pituauçú principalmente nos períodos de estiagem.

Na lagoa de Pituauçú houve maior contribuição da Alcalinidade total no eixo 1 e menor contribuição da variável OD, condição evidenciada pelo crescimento de densas comunidades de macrófitas

aquáticas emersas. No eixo 2 houve maior contribuição EH e menor contribuição temperatura. Essa condição de influência das variáveis é corroborada quando projeção das variáveis hidroquímicas em eixos principais para todas as lagoas, discriminando-as por período sazonal (Figura 4).

Observa-se que em ambos os períodos e em todas as estações de amostragem no corpo hídrico urbano, os pontos relacionados à lagoa de Pituauçú e Abaeté estão mais próximos a variáveis relacionadas a despejo de matéria orgânica alóctone (cloreto, sulfato, nitrato, alcalinidade, condutividade, EH), e os pontos ligados às lagoas da Paixão e Dique à poluição por eutrofização e produção autóctone (DBO, DQO, OD, clorofila-a e turbidez).

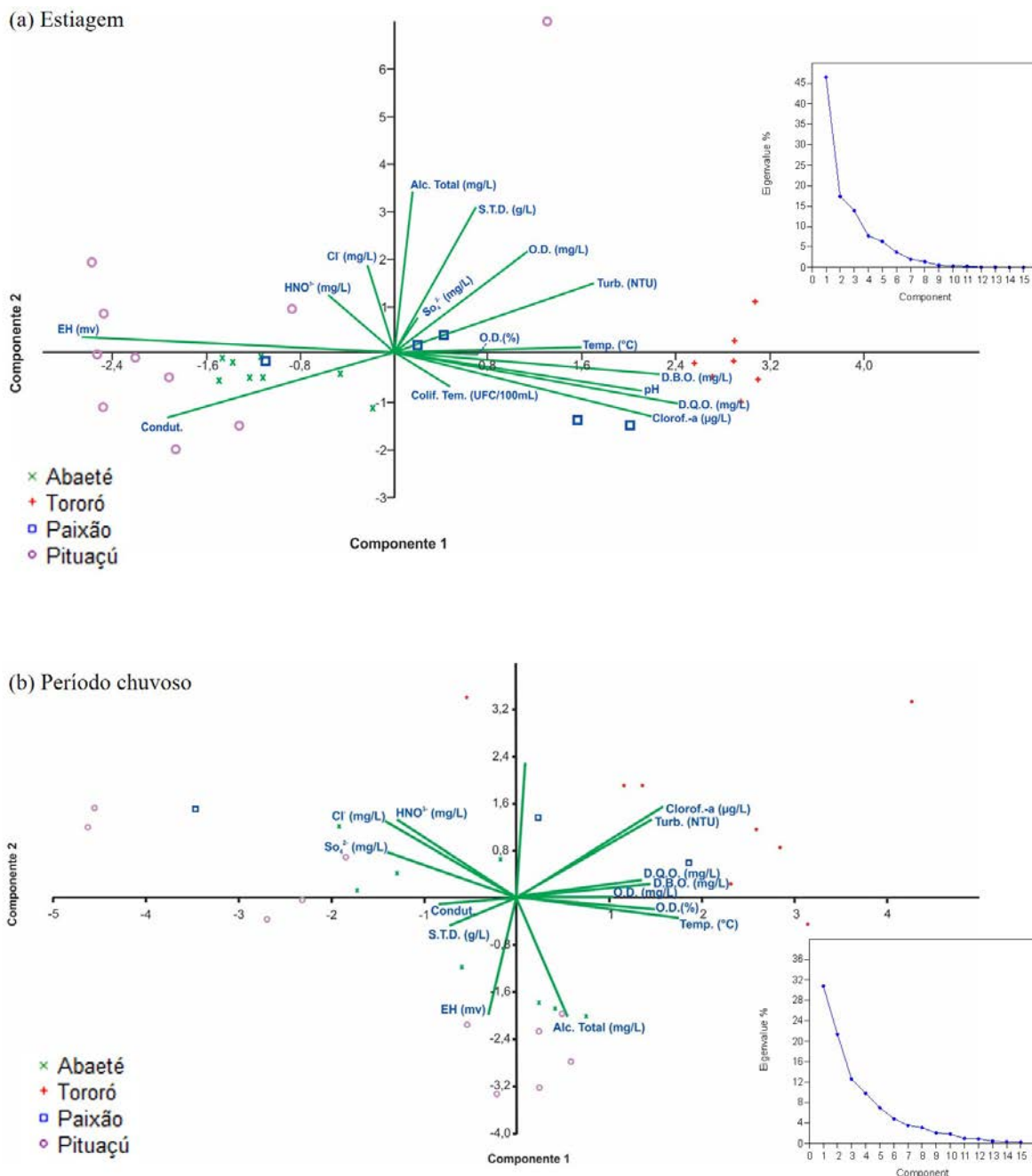


Figura 4. Projeção das variáveis hidroquímicas e de cada lagoa utilizando a Análise de Componentes Principais por período: **a)** estiagem e **b)** chuvoso.

CONCLUSÃO

O estudo das variáveis limnológicas evidenciou que as Lagoas de Pituaçu, Abaeté, Paixão e Dique do Tororó se encontram com concentrações de fosforo total acima dos padrões estipulados pelo CONAMA, durante todo o período estudado. Outras variáveis que merecem atenção quanto ao monitoramento e conservação são DBO, DQO, OD, nitrato e cloreto.

Com exceção da lagoa de Pituaçu, classificada como “ruim” a “péssimo”, o IQA estabelecido para as lagoas estudadas, classificou-as como de “boa” qualidade nos períodos considerados. Em Pituaçu, análises multivariadas apontam para a probabilidade desta classificação estar associada a fontes de lançamentos de esgotos domésticos e resíduos promovendo contribuições diferenciadas de cada parâmetro devido às dimensões da bacia hidrográfica e confirmando a degradação da qualidade da água no reservatório.

De forma contrastante, o índice de estado

trófico e os índices bióticos demonstraram que as lagoas avaliadas se encontram eutrofizadas, com destaque para a lagoa de Pituaçu e Dique do Tororó, onde maiores valores foram verificados. Um índice de estado trófico funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão de ecossistemas aquáticos, por meio de estratégias que visem à sustentabilidade dos recursos hídricos e que garantam os usos múltiplos da água, em médio e longo prazo (FIA et al., 2009).

Os fatores de explicabilidade na Lagoa da Paixão representam de forma insuficiente a contribuição relativa de cada componente na determinação da variação total dos dados, sendo, portanto, altamente recomendado refazê-la em avaliações futuras, considerando o aumento de números de pontos e frequência de coleta.

REFERÊNCIAS

- ALELUIA, F.T.F.; CRUZ, L.C.; FREITAS, J.T.; COSTA, M.L.T.; SOUSA, J.C.M.; LEONÍDIO, T.D.O.; SANTOS, F.S.; MAIA, L.M.; CARVALHO, J.C. Monitoramento do Reservatório de Pituaçu, Inserido na Matriz de Expansão Urbana da Cidade de Salvador-Bahia. **Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 11-26, 2016.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES GONÇALVES, J.L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Springfield: Byrd Prepress, 2005.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed., Washington. **American Public Health Association Pub.**, 1935 p. 2012.
- ARAOYE, P.A. The seasonal variation of pH and dissolved oxygen (DO₂) concentration in Asa lake Ilorin, Nigeria. **International Journal of Physical Sciences**, v. 4, n. 5, p. 271-274, 2009.
- ARAR, A.E.J. **Method 447.0: Determination of chlorophylls a and b and identification of other pigments of interest in marine and freshwater algae using high performance liquid chromatography with visible wavelength detection**. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Exposure Research Laboratory, 1997.
- ARAÚJO, D.R.; MENDONÇA, A.S.F.; REIS, J.A.T. Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 55-62, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes** São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 40, n. 1, p. 207 - 220, 2021
- líquidos e corpos receptores: NBR9898**. Rio de Janeiro. ABNT. 22 p. 1987.
- BAHIA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. **Desenvolvimento territorial, potencialidades econômicas, território de identidade**. Salvador, 2017. Disp. em: <http://www.sde.ba.gov.br/vs-arquivos/imagens/revista-pdf-11598.pdf>. Acessado em: 29set2019.
- BAHIA. Secretaria Municipal do Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. **Bacias Hidrográficas no Município de Salvador: Iniciativa de Gestão Integrada**. Salvador: PMS/Seplam/SMA, 2006
- BARBOSA, L.G.; BARBOSA, F.A.R.; BICUDO, C.E.M. Inter-annual chemical stratification in Brazilian natural lakes: meromixis and hypolimnetic memory. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 2, p. 127-139, 2012.
- CARLSON, R.E. **A trophic state index for lakes**. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Série Relatórios, Anexo V - Índices de Qualidade das Águas - Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.
- CRUZ, C.D. & REGAZZI A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa. UFV. 390 p. 2001.
- CUNHA, R.W., GARCIA Jr., M.D., ALBERTONI, E.F., PALMA-SILVA, C. Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 770-779, 2013.
- D'ALESSANDRO, E.B.; SAAVEDRA, N.K.; SANTIAGO; M.F.; D'ALESSANDRO, N.C. O. Influência da sazonalidade em lagoas de estabilização. **Ingeniería del agua**, v. 19, n. 4, p. 193-209, 2015.
- DUARTE, M.A.C.; CEBALLOS, O.; SUSANA, B.; ANNEMARIE, K.; MELO, H.N.M.; ARAÚJO, J.H. Índice do estado trófico de Carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil. In: CONGRESSO

- INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 26, 1998.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, 1998.
- FERREIRA, J.G. A transposição das águas da bacia do rio São Francisco no contexto da resposta à seca do Nordeste. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS)**, 2017.
- FIA, R.; MATOS, A.T.; CORADI, P.C.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 1, p. 132-141, 2009.
- LAMPARELLI, M.C. **Graus de trofia em corpos de água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. São Paulo, 2004. 238 p. (Doutorado em Ciências), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- MAGNUSSON, W.E. & MOURÃO, G.M. **Estatística sem matemática: a ligação entre as questões e as análises**. Londrina: Editora Planta, 138 p., 2005.
- MARENGO, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.
- NASCIMENTO, S.A.M. **Diagnóstico hidrogeológico, hidroquímico e da qualidade da água do aquífero freático do alto cristalino de Salvador - Bahia**. Salvador, 2008. 195 p. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.
- OGERA, R.C. **Remoção de nitrogênio no esgoto sanitário pelo processo de lodo ativado por batelada**. Campinas, 1995. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.
- PIASENTIN, A.M.; SEMENSATTO Jr., D.L.; SAAD, A.R.; MONTEIRO Jr., A.J.; RACZKA, M.F. Índice de qualidade da água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, v. 28, p. 305-312, 2009.
- SANTOS, A.D.; ARAGÃO, M.D.S.; CORREIA, M.D.F.; SANTOS, S.D.; SILVA, F.D.; ARAÚJO, H.D. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016.
- SILVA, M.D.J.; GARCIA, K.S.; CELINO, J.J.; PINHEIRO, L.B.; PALMEIRA, J.B.A. Indicadores Primários da Qualidade da Água do Dique do Tororó, Salvador, Bahia. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 2, p. 92-98, 2011.
- TELLES, D.D.A. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. Editora Blucher, 2012.
- TOURINHO, A. **Estudo Histórico e Sócio Ambiental das Principais Fontes Públicas de Salvador**. Salvador, 2008. 158 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.
- YU, H.; TSUNO, H.; HIDAKA, T.; JIAO, C. Chemical and thermal stratification in lakes. **Limnology**, v. 11, p. 251-257. 2010.

*Submetido em 30 de março de 2020
Aceito para publicação em 8 de dezembro de 2020*