

Avaliação da Sazonalidade da Qualidade da Água do Açude da Macela em Itabaiana/SE

Alan de Gois Barbosa*, Kelly Marina Silva Santos† e Denise Conceição de Gois Santos Michelan††

Resumo

A Lei Federal 9.433 de 1997 tem como um de seus objetivos a garantia de água em quantidade e qualidade adequadas para os usos atuais e futuros. Para isso, devem ser atendidos requisitos mínimos de qualidade dispostos na legislação ambiental. Este trabalho busca avaliar a influência das estações seca e chuvosa na qualidade da água do Açude da Macela, em Itabaiana, Sergipe. Para isso, foi aplicado o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), diferenciando os períodos seco e chuvoso. O ICE foi calculado através dos parâmetros de pH, OD, DBO, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo e Coliformes Termotolerantes em três pontos de monitoramento. De modo complementar, foram aplicados testes estatísticos não paramétricos para as estações seca e chuvosa. Os resultados mostram que o Açude da Macela não atende aos padrões de qualidade estabelecidos para as Classes 1, 2 e 3 de água doce, bem como tem sua qualidade piorada no período chuvoso.

Palavras-chave

Qualidade da Água. Índice de Conformidade ao Enquadramento. Variação Sazonal.

Evaluation of Seasonality of the Water Quality of Macela Dam in Itabaiana/SE

Abstract

Federal Law 9.433 of 1997 has as one of its purposes to guarantee of quality and quantity of water for current and future uses. Therefore, minimum quality requirements must be met in accordance with environmental legislation. This work aims to assess the influence of dry and wet seasons on the quality of the water of Macela Dam, in Itabaiana, Sergipe. For this, the Conformity Index to the Water (CIW) was applied, distinguishing the dry and wet periods. CIW was calculated from the parameters pH, DO, BOD, Ammonia Nitrogen, Phosphorus and Thermotolerant Coliforms at three monitoring points. In addition, nonparametric statistical tests were applied to dry and wet seasons. The results show that the Macela Dam is not in accordance with the quality standards for Classes 1, 2 and 3, as well as its quality is worse in the rainy season.

Keywords

Water Quality. Conformity Index to the Water. Seasonal Variation.

I. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433 de 1997, estabelece, em seu art. 5º, os instrumentos da PNRH, entre os quais está o enquadramento dos corpos hídricos [1]. O enquadramento tem como objetivo compatibilizar a qualidade da água com os usos mais exigentes aos quais ela é destinada. Para tanto, são estabelecidos níveis de qualidade a serem alcançados e mantidos ao longo do tempo [2].

A Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 [3] estabelece um conjunto de parâmetros a serem atendidos pelos corpos de água a depender da classe em que se encontram. As águas doces podem ser enquadradas em cinco classes, em ordem decrescente de qualidade: especial, 1, 2, 3 e 4. Para águas salinas e salobras, tem-se as classes especial, 1, 2, e 3.

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Sergipe; †Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Sergipe; ††Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Sergipe.

Alguns fatores que podem interferir na qualidade da água são o uso e a ocupação do solo na bacia, o lançamento de efluentes e a poluição difusa [4]. Desse modo, é essencial haver monitoramento constante de variáveis que indicam o estado qualitativo dos corpos hídricos.

Para o monitoramento dos cursos de água, costuma-se utilizar índices de qualidade da água. Dentre esses índices, em 1997, foi desenvolvido o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) no Canadá [5], já aplicado em bacias brasileiras, como a do rio São Marcos e a do rio das Velhas [6], [7], [8]. O ICE compara os dados de monitoramento com os padrões determinados pela legislação, permitindo que seja verificado o atendimento da qualidade da água ao enquadramento.

Outra ferramenta útil para análises de qualidade da água são testes estatísticos não paramétricos, capazes de detectar, a

partir de dados amostrais, a influência de diversos fatores sobre a qualidade dos recursos hídricos, a exemplo do impacto que ocorre na qualidade da água em virtude das diferentes estações no ano hidrológico, baseado em padrões climáticos.

Assim, este trabalho objetiva avaliar a influência dos períodos seco e chuvoso na qualidade da água do Açude da Macela, localizado em Itabaiana, Sergipe, reconhecidamente impactado por ações antrópicas, com base no Índice de Conformidade ao Enquadramento e também testes estatísticos não-paramétricos.

II. MATERIAL E MÉTODOS

A. Caracterização da Área de Estudo

O Açude da Macela situa-se no município de Itabaiana, Estado de Sergipe, na Latitude 10° 40' 08" Sul e Longitude 37° 24' 35" Oeste, à altitude de aproximadamente 222 m. O açude, com 7 metros de profundidade, na cota mais profunda, é formado pelo barramento do Riacho Macela, afluente do rio Jacarecica, na Bacia Hidrográfica do rio Sergipe. A construção do açude aconteceu de 1953 a 1957, realizada pela Inspetoria Federal de Obras Contra a Seca (IFOCS), posteriormente denominado de Departamento Nacional de Obras Contra Seca (DNOCS). A capacidade de armazenamento de projeto foi de 2.710.000 m³ de água com objetivo de irrigar 156 hectares [9].

A água do açude é comumente utilizada na produção de hortaliças para o abastecimento de mercados de Itabaiana e outras regiões de Sergipe [10]. No entorno do Açude, os serviços de saneamento são deficientes, mesmo estando na região urbana da cidade de Itabaiana, com crescente expansão residencial [9].

Como mostrado na Fig. 1, a região ao redor do açude é caracterizada por pastagens e cultivos agrícolas e solos expostos, além do corpo hídrico fazer aporte de dois canais pluviais que percorrem parte do município de Itabaiana [11].

O Açude da Macela ainda não possui enquadramento aprovado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe. Entretanto, o estudo para a Elaboração do Plano Estadual dos

Recursos Hídricos de Sergipe [12] apresenta uma proposta de enquadramento para seus corpos hídricos, classificando o açude como de Águas Doces – Classe 2 e o riacho da Macela como de Águas Salobras – Classe 1. Portanto, será considerado que o Açude da Macela se enquadra nos limites estabelecidos pelo art. 42 da resolução CONAMA 357/2005 para Água Doce Classe 2.

B. Levantamento de dados

Os dados utilizados no cálculo do ICE foram obtidos pelo monitoramento realizado pela Administração Estadual do Meio Ambiente, que estão disponíveis online em seu *site* oficial [13]. As informações obtidas são referentes ao período de julho de 2012 a novembro de 2016, com amostragem mensal e observação dos parâmetros monitorados: Temperatura da Água, Temperatura do Ar, pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Amoniacal, Salinidade, Fósforo, Coliformes Termotolerantes e ocorrência de chuva nas últimas 24h. Devido à existência de falhas nos dados do período de julho a outubro de 2015, alguns registros foram desconsiderados.

A descrição da localização dos pontos é apresentada na Tab. 1. A localização do açude, bem como dos pontos de coleta é apresentada na Fig. 1.

Tab. 1 – Localização dos pontos de coleta.

Ponto	Localização
P - 01	Situado no Açude da Macela, nas imediações da casa de bombas, próximo ao vertedouro em Itabaiana
P - 02	Situado à margem Direita, nas imediações do porto dos barcos
P - 03	Situado à margem Esquerda, na propriedade do senhor Branco

Fonte: [13].

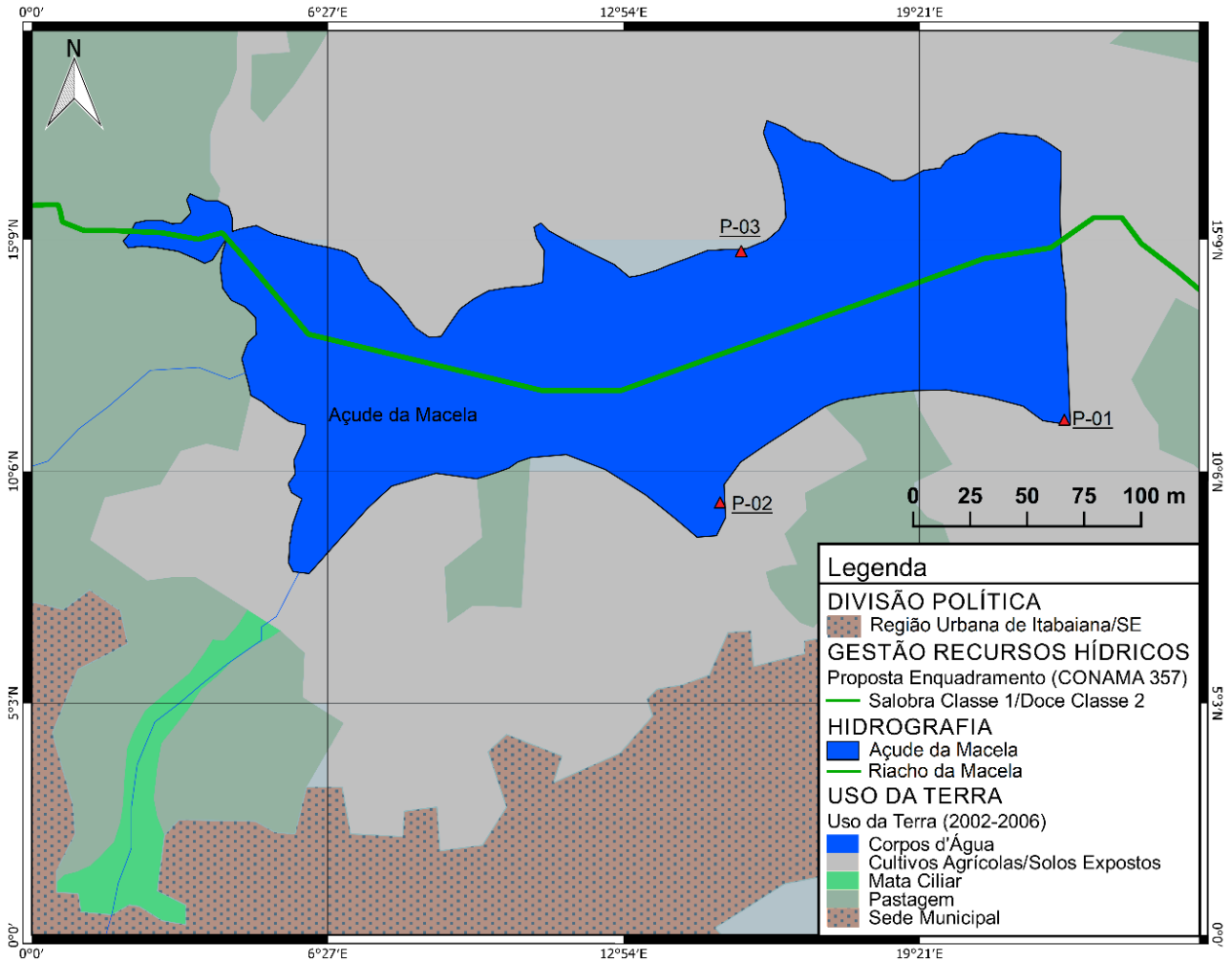


Fig. 1: Açude da Macela

Fonte: Adaptado de [11]

C. Índice de Conformidade ao Enquadramento

O ICE, proposto pela subcomissão técnica de qualidade da água do Canadá [5], é baseado na comparação das variáveis de monitoramento com os padrões estabelecidos. No Brasil, estes padrões são determinados pela Resolução CONAMA 357, classificados em diferentes classes de enquadramento [6]. O uso do índice tem se propagado pela facilidade de aplicação, independentemente do número de variáveis monitoradas.

O ICE é composto por três fatores: o primeiro (F_1) considera a abrangência do impacto; o segundo (F_2), a frequência em que ocorre; e o terceiro (F_3), a amplitude da desconformidade de cada parâmetro [8]. O cálculo dos dois primeiros fatores é apresentado pela Eq. 1 e Eq. 2, respectivamente [14].

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de Variáveis que Falharam}}{\text{Número Total de Variáveis}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de Testes que Falharam}}{\text{Número Total de Testes}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

Já o cálculo de F_3 é dividido em duas etapas:

Etapla 1: é calculada a variação de cada parâmetro i , de cada campanha j . Quando a variável tem valor mínimo estabelecido pela Resolução CONAMA 357, a variação é calculada pela Eq. 3, quando essa tem valor máximo, utiliza-se então a Eq. 4.

$$\Delta V_{i,j} = \left(\frac{\text{Objetivo}}{\text{Valor Medido}} \right) - 1 \quad (3)$$

$$\Delta V_{i,j} = \left(\frac{\text{Valor Medido}}{\text{Objetivo}} \right) - 1 \quad (4)$$

Etapla 2: Assim, pode-se então calcular o F_3 pela Eq. 5.

$$F_3 = \left(\frac{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta V_{i,j}}{\text{Número total de testes}}}{\left(0,01 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta V_{i,j}}{\text{Número total de testes}} \right) + 0,01} \right) \quad (5)$$

Cada fator representa uma parcela de um vetor espacial, cujo módulo ponderado constitui o ICE e pode ser calculado pela Eq. 6.

$$\text{ICE} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (6)$$

Segundo [14], o ICE pode variar entre 0 e 100, classificando-se em:

- Conforme: $80 \leq \text{ICE} \leq 100$, quando todos ou a maioria dos valores das medições estão dentro dos padrões da classe estabelecida;
- Afastado: $45 \leq \text{ICE} < 80$, quando o valor dos parâmetros está frequentemente fora dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357;
- Não conforme: $\text{ICE} < 45$, quando os padrões não são atendidos quase em todos os registros.

Portanto, para o Açude da Macela, foi avaliado o ICE para os períodos seco e úmido para cada um dos diferentes pontos localizados na descrição da Tab. 1.

D. Teste estatístico não-paramétrico

Para confirmar a ocorrência de alterações nas variáveis de qualidade da água entre as estações seca e chuvosa, foi aplicado o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Whitney, usado para verificar se duas amostras foram retiradas de populações com médias iguais [15].

Como hipótese nula (H_0), tem-se que as médias das duas sub amostras são iguais, enquanto a hipótese alternativa (H_1) afirma serem diferentes, ou seja, há indicativo de que a variável de monitoramento da qualidade de água tem alterações entre os períodos seco e chuvoso [15]. A metodologia empregada na utilização do teste é descrita a seguir.

Inicialmente, para cada ponto de monitoramento, os dados da variável avaliada foram separados em duas amostras. O primeiro conjunto engloba os valores do período úmido, que vai de março a julho, enquanto o segundo grupo refere-se ao período seco, entre agosto e fevereiro. Essa divisão foi proposta por [16], após avaliação das médias mensais históricas de pluviosidade.

Em seguida, os dados de ambas as estações foram dispostos em ordem crescente, indicando-se a ordem (*ranking*) de cada elemento, conforme apresentado por [15]. Caso duas ou mais observações sejam idênticas, considera-se a ordem como a média dos postos que teriam sido considerados se os valores diferissem. As amostras para cada estação foram novamente separadas e o somatório da ordem dos elementos de cada grupo foi calculado.

Seja R_1 o somatório das ordens das amostras do grupo com n_1 elementos e R_2 o somatório das ordens das amostras com n_2 elementos, com $n_1 \leq n_2$. Foi calculada a estatística V , definida como o menor valor entre V_1 e V_2 , referentes às amostras com n_1 e n_2 elementos, respectivamente, a partir das Eq. 7 e Eq. 8.

$$V_1 = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (7)$$

$$V_2 = n_1 \cdot n_2 - V_1 \quad (8)$$

A estatística de teste $Z_{\text{calculado}}$ é calculada conforme a Eq. 9.

$$Z_{\text{calculado}} = \frac{V - \mu_V}{\sigma_V} \quad (9)$$

Em que μ_V e σ_V são calculados pelas Eq. 10 e Eq. 11.

$$\mu_V = \frac{n_1 \times n_2}{2} \quad (10)$$

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{n_1 \times n_2 \times (n_1 + n_2 + 1)}{12}} \quad (11)$$

Como o teste de Mann-Whitney é um teste bilateral, a um nível de significância α , rejeita-se H_0 caso o módulo de $Z_{\text{calculado}}$ seja maior que $Z_{\alpha/2}$ (valor crítico para a estatística de teste Z da distribuição normal padronizada com nível de significância α). Para essa verificação, foi considerado índice de significância de 5%.

Segundo [17], a exibição dos valores em dados plotados em gráficos x e y podem não fornecer recursos estatísticos mais elaborados, como mediana e quartis. Para resolver esse problema, o Boxplot pode ser aplicado. Este apresenta informações sobre a mediana, abrangência da dispersão, além 1°, 2° e 3° quartil, e facilita a identificação de *outliers* da amostra, ajudando na interpretação e análise dos dados com muitos valores, como o caso das campanhas de monitoramento das variáveis de qualidade da água.

III. RESULTADOS

Os resultados para o cálculo do ICE para Classes 1, 2 e 3 de água doce são apresentados nas Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4, respectivamente. É importante ressaltar que, mesmo que o açude esteja enquadrado como Classe 2, a CONAMA 357 afirma que as águas usadas para o cultivo de vegetais consumidos de forma crua, deve ser, no mínimo, Classe 1, fato que justifica o cálculo do ICE também para essa classe.

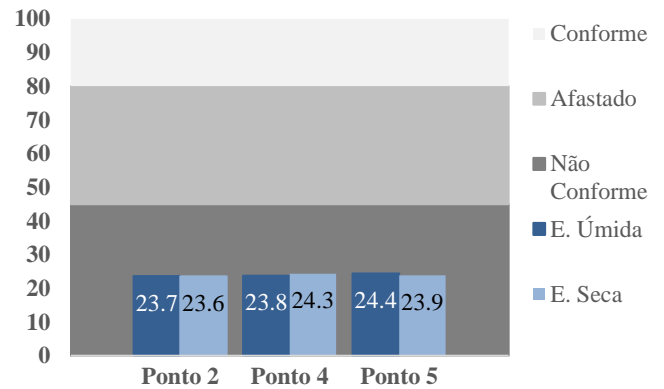


Fig. 2: ICE para Classe 1, Água doce

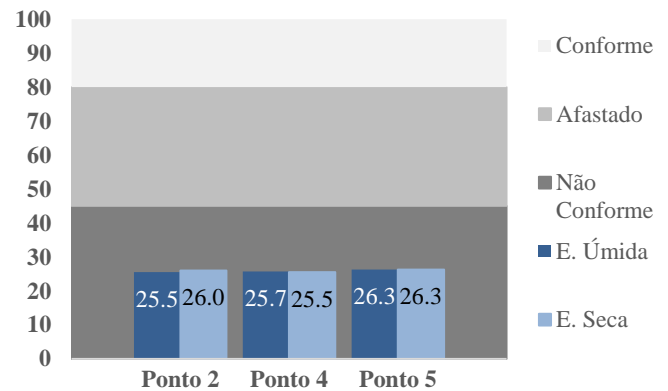


Fig. 3: ICE para Classe 2, Água doce

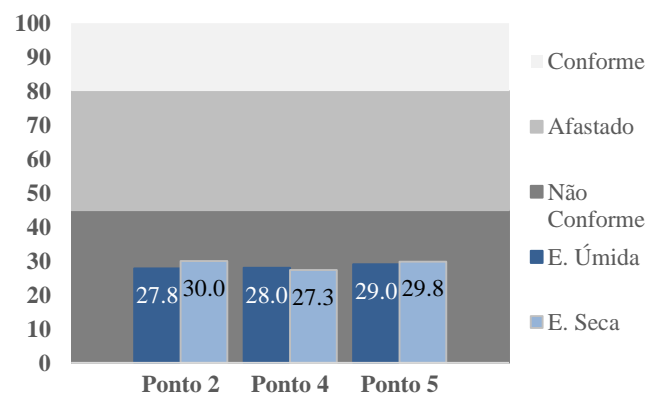


Fig. 4: ICE para Classe 3, Água doce

Para todas as Classes de enquadramento analisadas, observou-se a não conformidade dos dados monitorados, tanto para estação seca, quanto para estação chuvosa. Esse fato pode ser uma evidência da ação antrópica na região do riacho da Macela e no entorno do açude, que chega a receber dois tributários vindos da região urbana do município de

Itabaiana/SE, como mostrado na Fig. 1. Esses riachos possivelmente contêm elevados valores de carga orgânica, contribuindo para a redução da conformidade ao enquadramento do açude.

Não houve significativa variação sazonal do ICE, mostrando que o arraste de poluentes pode não ser suficiente para causar significativa mudança no ICE, uma vez que essa alteração é considerada apenas pelo fator F_3 no cálculo do índice, como mostrado na metodologia. Pode-se verificar também uniformidade nos valores de ICE para os três pontos de coleta.

Para avaliar a interferência da sazonalidade em cada variável monitorada, além do teste de Mann-Whitney, também foram calculados a média e desvio padrão para cada variável para a estação seca e para úmida. A realização desses cálculos busca evidenciar o crescimento ou decréscimo dos valores médios de cada variável e, em casos de variação da média, qual a implicância dessa variação frente aos resultados do teste não paramétrico.

Os resultados para média e desvio padrão são apresentados na Tab. 3. Já os resultados para as estatísticas do teste de Mann-Whitney são apresentados na Tab. 4.

Tab. 3: Média e desvio padrão para as variáveis monitoradas

Parâmetro	Ponto	Estação	Média	Desvio Padrão
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1	Seca	0,0220	0,0329
		Úmida	0,0505	0,0846
	2	Seca	0,0212	0,0318
		Úmida	0,0411	0,0610
	3	Seca	0,0292	0,0372
		Úmida	0,0194	0,0313
Fósforo Total (mg/L)	1	Seca	2,11	0,58
		Úmida	2,61	0,71
	2	Seca	2,08	0,53
		Úmida	2,60	0,82
	3	Seca	2,12	0,65
		Úmida	2,59	0,60
DBO (mg/L)	1	Seca	17,05	9,12
		Úmida	28,20	28,20
	2	Seca	18,77	8,79
		Úmida	25,22	25,17
	3	Seca	16,23	7,27
		Úmida	19,58	11,21
OD (mg/L)	1	Seca	6,12	3,88
		Úmida	7,38	5,01
	2	Seca	8,47	4,29
		Úmida	7,68	3,94
	3	Seca	6,48	3,33
		Úmida	7,70	4,63
Coliformes termotolerantes (UFC/100mL)	1	Seca	29516	38318
		Úmida	79063	202970
	2	Seca	108800	314798
		Úmida	82772	71259
	3	Seca	31584	59788
		Úmida	30617	32675

Para o Nitrogênio Amoniacal, indicador de poluição urbana difusa, apenas no ponto 1 foi detectada alteração entre as estações seca e chuvosa. Nesse ponto foi também observada maior discrepância entre as médias. Como o ponto 1 se localiza próximo ao vertedor, a provável ocorrência de

vertimento no período chuvoso pode causar regiões de turbulência, o que, conseqüentemente, gera variação no padrão de circulação dos poluentes na proximidade do sangradouro fazendo com que sua concentração aumente, explicando assim, a diferença entre as médias amostrais.

O Boxplot para o Nitrogênio Amoniacal é apresentado pela Fig. 5.

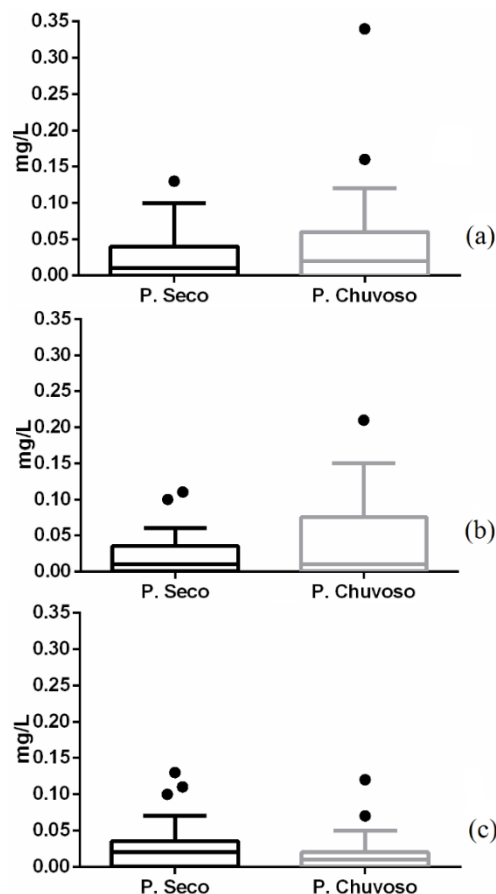


Fig. 5: Boxplot da concentração de Nitrogênio Amoniacal para o Ponto 1 (a); Ponto 2 (b) e Ponto 3 (c)

Nos pontos 1 e 2, a dispersão no período chuvoso foi maior, diferente do ocorrido no ponto 3. Esse fato pode ter relação com a localização, já que o ponto 2 localiza-se perto de um pequeno porto e o ponto 1 próximo ao vertedor. Dentre os três pontos, nota-se que a maior diferença entre medianas das estações seca e chuvosa está no ponto 1, o que pode ser relacionado com o teste de hipótese.

O teste não paramétrico também apontou diferença entre a média amostral dos dados das estações seca e chuvosa para o Fósforo Total nos três pontos monitorados. Na avaliação da média, também pode-se notar relativa diferença entre os valores, frente a pequenos desvios. A diferença entre as amostras pode ser explicada pelo fato de o fósforo ser indicador de poluição difusa. Neste caso, relacionada às atividades agrícolas no entorno do açude junto com a proximidade do centro urbano de Itabaiana, mostrado na Fig. 1. Na Fig. 6 é apresentado o Boxplot para o Fósforo Total.

Tab. 4: Resultados para os testes de hipótese aplicados

Parâmetro	Ponto	n ₁	n ₂	R ₁	R ₂	V ₁	V ₂	V	Z _{calculado}	Z _{α/2}	Decisão
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1	19	25	518,0	649,0	147,0	328,0	147,0	-2,14	1,95	Rejeita-se H ₀
	2	18	25	422,5	523,5	198,5	251,5	198,5	-0,65	1,95	Aceita-se H ₀
	3	18	25	357,0	589,0	264,0	186,0	186,0	-0,96	1,95	Aceita-se H ₀
Fósforo Total (mg/L)	1	19	25	547,5	442,5	117,5	357,5	117,5	-2,84	1,95	Rejeita-se H ₀
	2	18	25	496,5	449,5	124,5	325,5	124,5	-2,47	1,95	Rejeita-se H ₀
	3	18	25	501,5	444,5	119,5	330,5	119,5	-2,60	1,95	Rejeita-se H ₀
DBO (mg/L)	1	19	25	516,5	473,5	148,5	326,5	148,5	-2,11	1,95	Rejeita-se H ₀
	2	18	25	434,0	512,0	187,0	263,0	187,0	-0,93	1,95	Aceita-se H ₀
	3	18	25	432,0	514,0	189,0	261,0	189,0	-0,89	1,95	Aceita-se H ₀
OD (mg/L)	1	19	25	457,0	533,0	208,0	267,0	208,0	-0,70	1,95	Aceita-se H ₀
	2	18	25	362,0	584,0	259,0	191,0	191,0	-0,83	1,95	Aceita-se H ₀
	3	18	25	427,5	518,5	193,5	256,5	193,5	-0,78	1,95	Aceita-se H ₀
Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL)	1	19	25	482,0	508,0	183,0	292,0	183,0	-1,29	1,95	Aceita-se H ₀
	2	18	25	456,0	490,0	165,0	285,0	165,0	-1,48	1,95	Aceita-se H ₀
	3	18	25	446,0	500,0	175,0	275,0	175,0	-1,23	1,95	Aceita-se H ₀

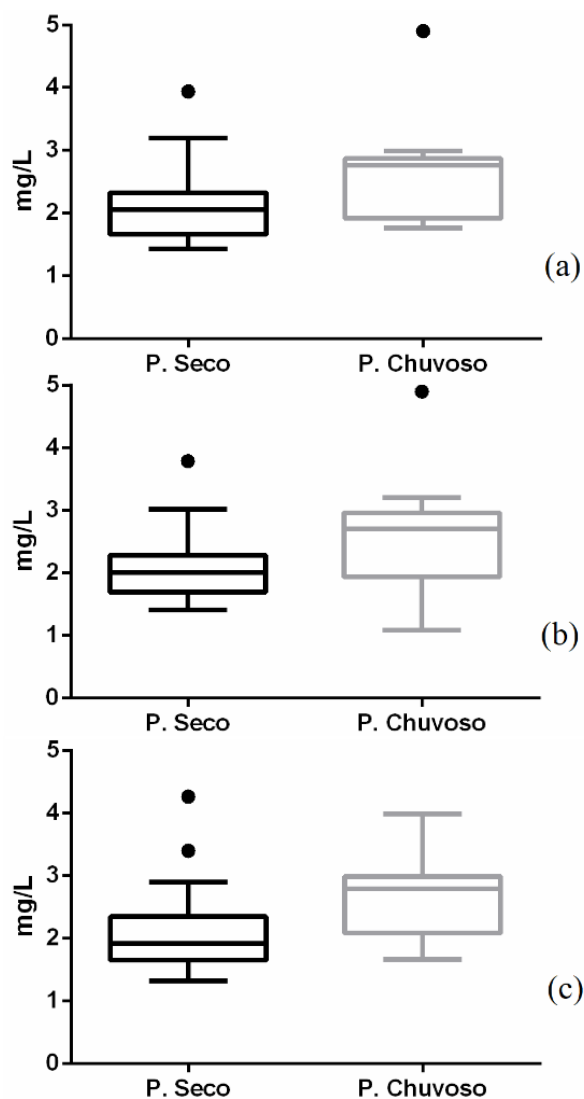


Fig. 6: Boxplot da concentração de Fósforo Total para o Ponto 1 (a), Ponto 2 (b) e Ponto 3 (c)

Ao avaliar o Boxplot da Fig. 6, nota-se maior dispersão dos dados para o período chuvoso em todos os pontos, mostrado também pelo desvio padrão na Tab. 3. A diferença da mediana também é notória, como ocorre com a média na Tab. 3.

Para DBO, apenas no ponto 1 houve rejeição da hipótese nula, ou seja, a presença de vórtices e turbulência devido ao vertimento do açude pode provocar variação da concentração de DBO próximo ao vertedor, mas não há relação, nos pontos 2 e 3, da concentração de DBO com a sazonalidade. Como os pontos 2 e 3 estão localizados em região de margem, relativamente distantes dos canais de aporte de dejetos sanitários urbanos, a possível variação sazonal devido ao arraste fica restrita à região próxima aos riachos e ao vertedor.

Para auxiliar na análise, o Boxplot da concentração de DBO é apresentado pela Fig. 8. Percebe-se que a pequena diferença de mediana nos pontos 2 e 3 não compromete o resultado do teste de hipótese para esses pontos. Já no ponto 1, provavelmente por influência da mistura provocada pelo vertedor, tanto a dispersão, quanto a média e a mediana evidenciam o efeito sazonal para a concentração de DBO.

Como a concentração de DBO pode ter influência inversa pela concentração de OD, o gráfico de DBO versus OD é apresentado na Fig. 7.

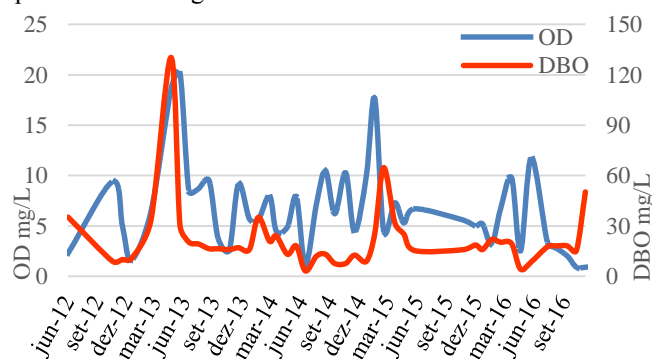


Fig. 7: Concentração de DBO versus OD para o ponto 1

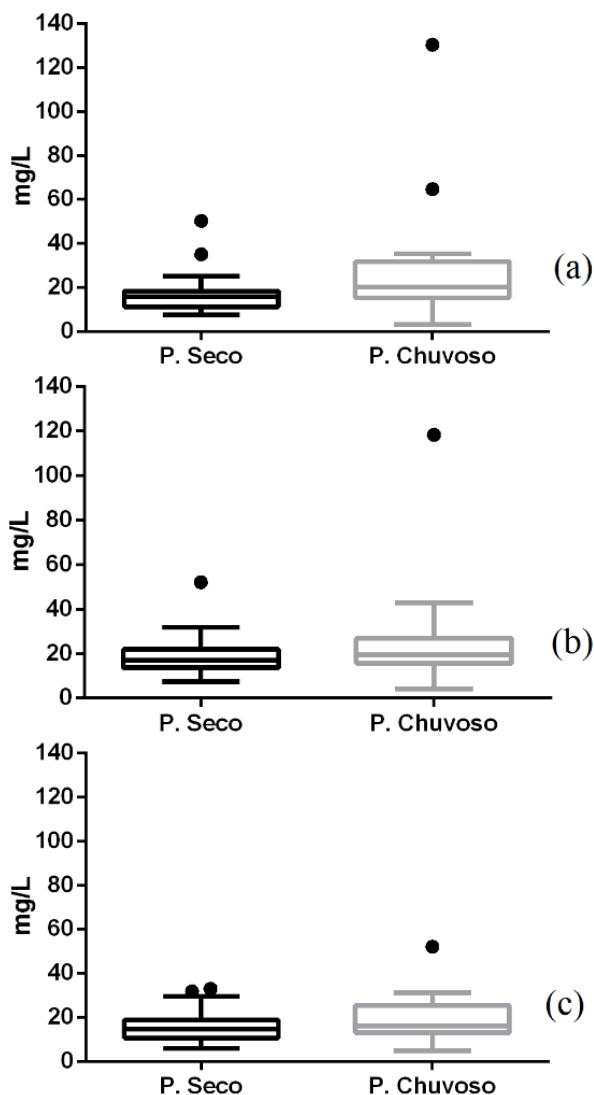


Fig. 8: Boxplot da concentração de DBO para o Ponto 1 (a), Ponto 2 (b) e Ponto 3 (c)

Nota-se relação inversa entre as duas variáveis, mostrando que a variação entre as estações para o ponto 1 pode ter sido causada pela decomposição da matéria biodegradável por organismos aeróbios. Além disso, nos meses úmidos, o acionamento do vertedor pode provocar mistura entre as estratificações do reservatório, a matéria orgânica antes acumulada em outras partes sofre arraste para as proximidades do vertedor, como pode ser observado no gráfico com a presença de picos de DBO em alguns meses úmidos.

O Boxplot para concentração de OD é apresentado na Fig. 9.

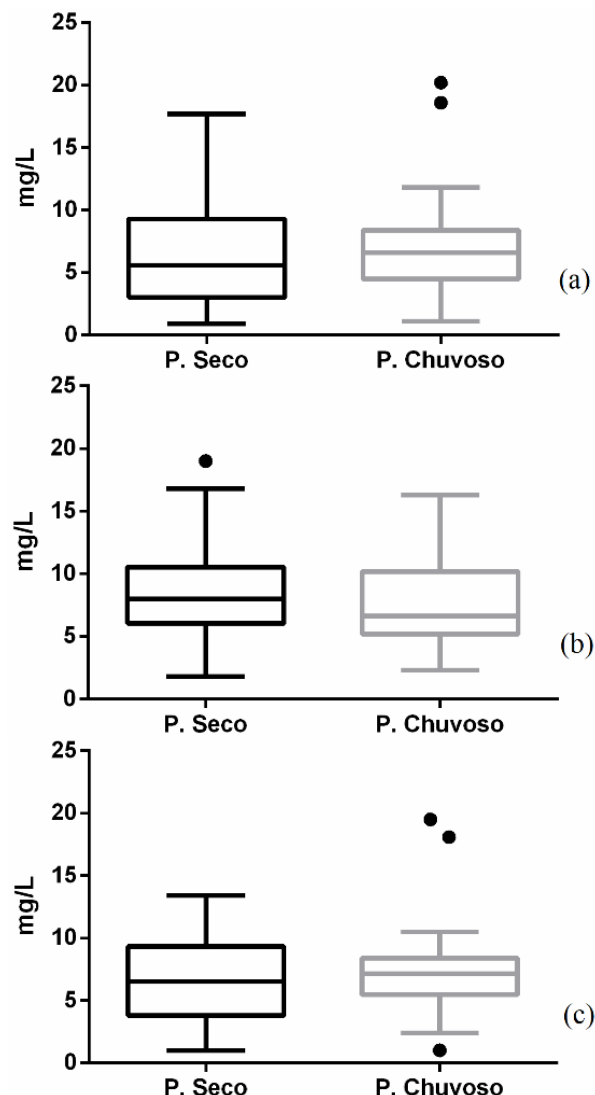


Fig. 9: Boxplot da concentração de OD para o Ponto 1 (a), Ponto 2 (b) e Ponto 3 (c)

O resultado dos testes não paramétricos mostra que não há relação entre a concentração de OD e a sazonalidade para os três pontos, fato esse confirmado pelos valores da média. Outros fatores como temperatura, insolação e velocidade dos ventos podem ter maior influência na concentração destes. O desvio padrão sofre interferência dos *outliers*, o que pode ser visto no Boxplot da Fig. 9. Nele, percebe-se maior variação de OD no período chuvoso, mas que não chega a interferir no resultado do teste de hipótese já que altera levemente a média.

Nota-se que a concentração de coliformes termotolerantes é bastante elevada em todos os pontos, com médias e medianas acima dos limites máximos estabelecidos pela CONAMA 357 para as Classes 1, 2 e 3, correspondentes a 200NMP/100mL, 1000 NMP/100mL e 4000 NMP/100mL, respectivamente. Desse modo, os valores monitorados de coliformes termotolerantes se mostraram mais expressivos do que os valores permitidos pelo CONAMA 357.

Possivelmente, a presença de esgoto doméstico associada às atividades agrícolas do entorno do açude influencia na desconformidade dessa variável. O Boxplot para coliformes é apresentado na Fig. 10.

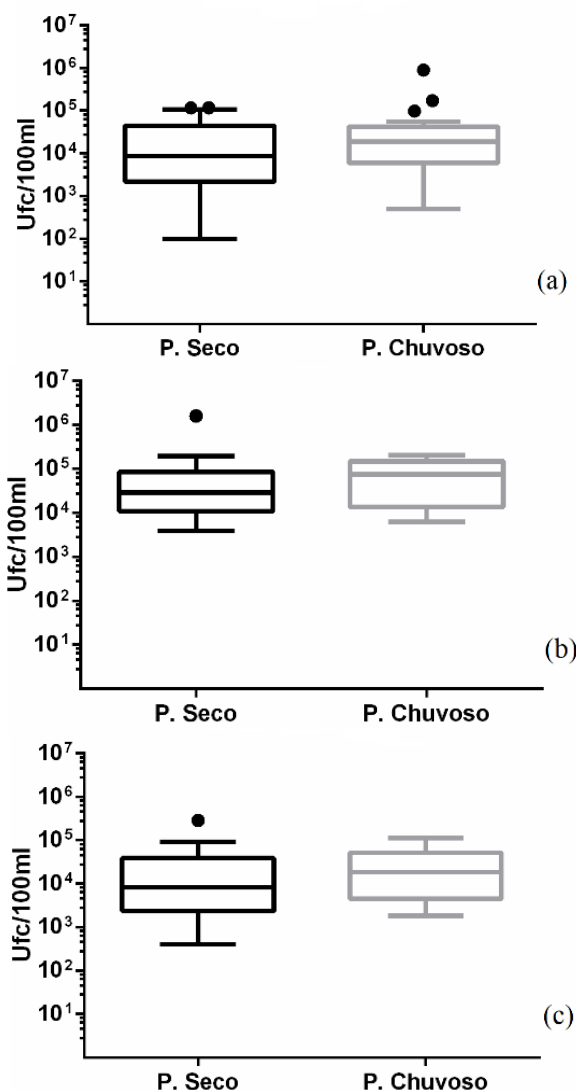


Fig. 10: Boxplot da concentração de Coliformes Termotolerantes para o Ponto 1 (a), Ponto 2 (b) e Ponto 3 (c)

Por fim, a análise da concentração de Coliformes Termotolerantes no Boxplot mostra que, mesmo com a notória diferença das medianas, já que a escala do gráfico é logarítmica, para os três pontos, não há rejeição da hipótese de igualdade entre as amostras.

IV. CONCLUSÕES

A análise do ICE mostra que não há conformidade da qualidade do Açude da Macela ao enquadramento proposto como Classe 2 de água doce. Desse modo, a proposta feita por estudos realizados para elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe deve ser revista, já que há cultivos de hortaliças na região do açude exigem a Classe 1.

Para a análise das variáveis monitoradas, nota-se que a sazonalidade influencia principalmente a concentração de fósforo, que é justificada pela poluição difusa. Além disso, na região do vertedor, nota-se que em períodos úmidos alguns poluentes podem sofrer arraste, com tendência de aumento de concentração. Por isso, a hipótese de igualdade entre as amostras é rejeitada, mostrando a influência do funcionamento do vertedor na concentração dos poluentes nas proximidades do sangradouro.

Visando contribuir com trabalhos futuros, propõe-se a continuidade de monitoramento com acréscimo de variáveis relacionadas ao uso e ocupação do solo e a poluentes emergentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pela oportunidade de aprimoramento dos conhecimentos e à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC) pela bolsa concedida.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] Brasil. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm
- [2] Agência Nacional de Águas (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno. Brasília: ANA; 2017.
- [3] Brasil. Resolução n. 357, de 17 de março 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. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- [4] Sperling MV. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.
- [5] Bernie N; Serge H; Haseen K; Karen S; Les S; Dwight W. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0. Technical Report. Winnipeg: CCME; 1999.
- [6] Amaro CA; Porto MFA. Proposta de um Índice para Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 22 a 26 de novembro de 2009; Campo Grande - MS. Porto Alegre: ABRH; 2009.
- [7] Bortolin TA; Guerra GS; Peresin D; Mendes LA; Schneider VE. Avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento em um Trecho da Bacia do rio São Marcos. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 17 a 22 de novembro de 2013; Bento Gonçalves - RS. Porto Alegre: ABRH; 2013.
- [8] Cabral LSL; Mello CEF. Avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento em um Trecho do rio das Velhas. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 22 a 27 novembro de 2015; Brasília - DF: ABRH; Porto Alegre: ABRH; 2015.
- [9] Santos IS. Geoquímica e Distribuição dos Metais Traço em Testemunhos de Sedimento do Açude da Marcela, Itabaiana - Sergipe [Dissertação]. São Cristóvão: UFS; 2010.
- [10] Silva IS; Mendonça MCS; Silva AF; Garcia CAB; Garcia HL. Variabilidade do Índice de Estado Trófico do Reservatório da Marcela em Sergipe. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; 26 de novembro a 01 de dezembro de 2017; Florianópolis - SC. Porto Alegre: ABRH; 2017.
- [11] Sergipe. Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe [Atlas Digital]. Aracaju - SE: SEMARH/SRH; 2016.
- [12] Sergipe. Reenquadramento dos Corpos d'Águas do Estado de Sergipe. São Cristóvão: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos; 2009.
- [13] Monitoramento Açude da Marcela. Administração Estadual do Meio Ambiente. <http://www.adema.se.gov.br>
- [14] Amaro. Proposta de um Índice para Avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento [Dissertação]. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária; 2009.
- [15] Martins GA; Domingues O. Estatística Geral e Aplicada. 6ª ed. São Paulo: Atlas; 2017.
- [16] Barbosa AG. Avaliação de Alterações no Comportamento das Séries Hidrológicas em Bacias Hidrográficas Sergipanas e seus Impactos sobre a Disponibilidade Hídrica. Relatório de Iniciação Científica São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Civil; 2017.
- [17] Montgomery DC; Runger GC. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC; 2018.