

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE AMBIENTAL E SANITÁRIA DO RESERVATÓRIO BILLINGS DURANTE O PERÍODO CHUVOSO

Brenda Basilio de Arruda

Graduanda em Farmácia na Universidade Guarulhos (UNG)

brenda.arruda.basilio@gmail.com

Luís Henrique Nunes de Souza

Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Enfermagem na Universidade Guarulhos (UNG)

nunessouzalh@gmail.com

João Alexandre Saviolo Osti

Professor Doutor, Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Análise Ambiental na Universidade Guarulhos (UNG)

jale.osti@gmail.com

Resumo

A poluição por efluentes domésticos é, dentre os vários problemas observados em reservatórios, o mais comum. Doenças de veiculação hídricas ocorrem pela presença de patógenos em águas que recebem estes efluentes, resultando na contaminação por microrganismos, com potencial para causar infecções. O objetivo do estudo foi diagnosticar por meio de variáveis físico-químicas e microbiológicas a qualidade ambiental e sanitária do reservatório Billings - RMSP. Variáveis físico-químicas e microbiológicas foram analisadas, foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) e resultados foram confrontados com a legislação. Os reservatórios foram: Rio Grande (RG), Corpo Central (CC) e Rio Pequeno (RP), além de um pesqueiro (PP) localizado as margens de RP. As coletas foram realizadas no período chuvoso (fevereiro-abril de 2023), estação que a população busca estas áreas para lazer. RG, CC e RP, foram classificadas mesotróficas, enquanto PP foi classificada eutrófica. Os valores de condutividade estiveram acima do recomendado pela CONAMA 357/05 em CC e RP, já fósforo total e clorofila *a* estiveram acima do recomendado em PP. Foram registrados níveis elevados de *E. coli* (superior à 600 UFC/100mL) em todas as estações, caracterizando a água como imprópria para contato primário por representarem riscos sanitários aos seus frequentadores. Portanto, desaconselha-se o contato direto.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental; *Escherichia coli*; índice de estado trófico; qualidade da água; Região Metropolitana de São Paulo.



1. Introdução

A crescente exploração e poluição dos recursos hídricos em função das atividades antrópicas revela a necessidade do desenvolvimento de estratégias de recuperação e conservação de ambientes que ainda se encontram em boas condições ecológicas, especialmente, em áreas próximas aos grandes centros urbanos onde os corpos hídricos sofrem com a degradação ambiental em função, principalmente, do lançamento de esgotos domésticos e industriais diretamente nos corpos hídricos (OLIVEIRA & BICUDO, 2017, SILVA *et al.* 2017; CONFALONIERI *et al.* 2010).

No Brasil, a construção de reservatórios se tornou uma alternativa para atender às demandas de água e energia, especialmente nas áreas urbanas. Além disso, os reservatórios passaram a ser usados para fins como irrigação agrícola, navegação, recreação, aquicultura e tratamento de efluentes (AVARI, 2013), assim originou o termo “reservatórios de usos múltiplos”. O reservatório Billings, na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - SP, foi planejado em 1927 pelo engenheiro Asa White Kenney Billings para gerar energia hidrelétrica para Cubatão. Posteriormente, devido ao crescimento populacional da Região Metropolitana de São Paulo, passou a abastecer o Grande ABC e parte de São Paulo (CARDOSO-SILVA *et al.*, 2014). No entanto, a falta de planejamento adequado resultou em ocupação irregular das margens do reservatório, levando a usos secundários, como despejo de efluentes, pesca e lazer (AVARI, 2013).

Esta falta de planejamento e de uma estrutura que diminuísse os impactos ambientais como áreas de conservação causaram a degradação destas águas. Segundo Rocha (1985) as análises realizadas apontaram que os peixes da Represa Do Reservatório Billings apresentam contaminação por chumbo, cromo, mercúrio e zinco demonstrando elevado grau de contaminação e trofia, como também concluído por Cardoso-Silva (2014) e Furlan *et al.* (2016). Este último autor observou a presença de mercúrio total no sedimento e sangue de peixe em rios do braço Rio Grande do reservatório Billings.

Silva (2013) e Von Sperling (2005) afirmam que a água contaminada pode causar riscos à saúde como gastroenterites, infecções de pele, doenças respiratórias através do contato primário. Dessa forma, dentro do contexto acima delineado e da temática Qualidade Ambiental Urbana, este trabalho tem por objetivo analisar a qualidade da água e dos aspectos sanitários do Reservatório Billings durante o período chuvoso, tendo em vista a utilização dos mesmo como abastecimento de água para a população, recreação e despejo de efluentes e considerando que o período chuvoso (verão) é quando a população mais busca estas áreas para o lazer.

2. Fundamentação teórica

A água é um recurso natural de extrema importância que tem se tornado cada vez mais escasso devido ao uso irracional e à falta de políticas que auxiliem em seu manejo e previnam

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

sua degradação, especialmente quando se trata de corpos d'água dulcícolas (AVARI, 2013). E o acesso a esses corpos d'água é uma questão crucial para a vida, tendo em vista o fato de que as primeiras civilizações surgiram nas proximidades de grandes corpos d'água, como o antigo Egito que se desenvolveu às margens do rio Nilo (AHMED et al., 2020).

Com o aumento populacional em áreas densamente urbanizadas, a qualidade dos corpos hídricos tem sido drasticamente comprometida. Segundo Tucci et al (2010) a migração de uma economia rural para uma economia centrada em áreas urbanas é o resultado do processo de urbanização. Quando realizado sem planejamento adequado esse crescimento populacional poderá gerar impactos negativos na qualidade de vida das pessoas e no meio ambiente como, por exemplo, o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento nos ecossistemas aquáticos.

Neste cenário atual de grande aumento populacional, os reservatórios, que são estruturas naturais ou artificiais, como barragens, tanques e lagos, utilizados para armazenar ou conter água, possuem um importante papel no manejo de água e atendem diversas necessidades humanas e ambientais. No Brasil, as hidroelétricas construídas nos reservatórios se constituem como a principal fonte para geração de energia elétrica (ABRH, 2023), os reservatórios também são imprescindíveis para o abastecimento de cidades e comunidades com o suprimento de água potável. Somam-se a estes usos, o controle de enchentes, irrigação (RINKE, 2013) e a recreação.

Devido à crescente expansão urbana nos entornos dos reservatórios, estes têm sofrido com o processo de eutrofização, interferindo nos usos para os quais foram construídos (SALAS & MARTINO, 2001). A poluição por efluentes domésticos é, dentre os vários problemas observados em reservatórios, o mais comum. Além disso, a introdução desses efluentes pode causar episódios recorrentes de eutrofização (CARDOSO-SILVA et al., 2014; FRASCARELI et al., 2015).

As doenças de veiculação hídricas ocorrem pela presença de patógenos em águas que recebem lançamento de efluentes domésticos, resultando na contaminação das águas por microrganismos, tais como bactérias patogênicas, vírus e parasitas, que possuem potencial para causar infecções em indivíduos que entrarem em contato com a água contaminada. Essas infecções geralmente acontecem durante o banho, consumo de água ou alimentos contaminados, bem como na preparação dos alimentos, podendo levar a doenças gastrointestinais e outras enfermidades, tornando-se assim um problema de saúde pública (PRAVEEN et al., 2016).

A *Escherichia coli* é uma bactéria gram-negativa encontrada na microbiota do intestino grosso de animais de sangue quente, ou endotérmicos, e sua presença na água é frequentemente associada à contaminação fecal, tornando-se um importante indicador de qualidade microbiológica da água (ODONKOR & AMPOFO, 2013; GRAVES & VOGEL, 2023).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

A presença da *E. coli* em corpos d'água e a qualidade microbiológica dos mesmos afeta diretamente os animais, como os peixes que habitam o ambiente contaminado, podendo se tornar veículo de transmissão de microrganismos patogênicos ao ser humano (PAL; DASGUPTA, 1992 apud LORENZON et al., 2021). Estudos apontam que, apesar de não fazerem parte da microbiota intestinal dos peixes, coliformes têm sido isolados nos tecidos do trato gastrointestinal dos mesmos, indicando que, altas concentrações de coliformes termotolerantes na água onde os peixes habitam levam à alta concentração dessas bactérias no trato gastrointestinal, e que pelo manejo inadequado, pode ocorrer contaminação do tecido muscular dos animais, além também, da contaminação cruzada (LORENZON et al., 2021).

O Reservatório Billings, situado na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, foi construído por Asa White Kenney Billings em 1927 para servir como reservatório para a geração de energia hidrelétrica para o município de Cubatão e passou a fornecer água para a região do grande ABC e parte da cidade de São Paulo por conta do grande crescimento populacional da época. Em 1949, para aumentar a geração de energia elétrica, o Reservatório Billings começou a receber as águas do rio Tietê e rio Pinheiros, fazendo com que, junto como o aumento da urbanização, o processo de eutrofização aumentasse fazendo necessário a construção de uma barragem para separar o braço Rio Grande do restante do reservatório em 1981, visando melhorar a qualidade das águas (CARDOSO-SILVA et al., 2014).

Como consequência da instalação do Reservatório Billings sem visar o planejamento adequado, a ocupação irregular das margens do reservatório levou ao uso secundário do mesmo, como o despejo de efluente, pesca, lazer e etc (AVARI, 2013). Esta falta de planejamento e de uma estrutura que diminuísse os impactos ambientais como áreas de conservação causaram a degradação destas águas. O reservatório Billings recebeu efluentes industriais por muito tempo. O braço Taquacetuba da Billings é o mais contaminado devido a sua proximidade à área de descarga da água dos rios Tietê e Pinheiros, onde se encontram as maiores densidades *E. coli*, *Salmonella* e *Shigella*, bactérias provenientes da contaminação por esgoto não tratado.

De acordo com a Resolução no 357/2005 e o Decreto 10.755/77, o reservatório Billings é classificado como corpo d'água classe II, que pode ser destinado ao abastecimento após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer, nos quais o público possa ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005; 1977). Por fim, quanto ao monitoramento das características microbiológicas, cabe destacar a Decisão de Diretoria da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) DD Nº 112/2013 que dispõe sobre os valores limites da concentração de *E. coli* das águas do Estado de São Paulo para cada classe abordada na Resolução CONAMA 357/2005 (CETESB, 2013).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



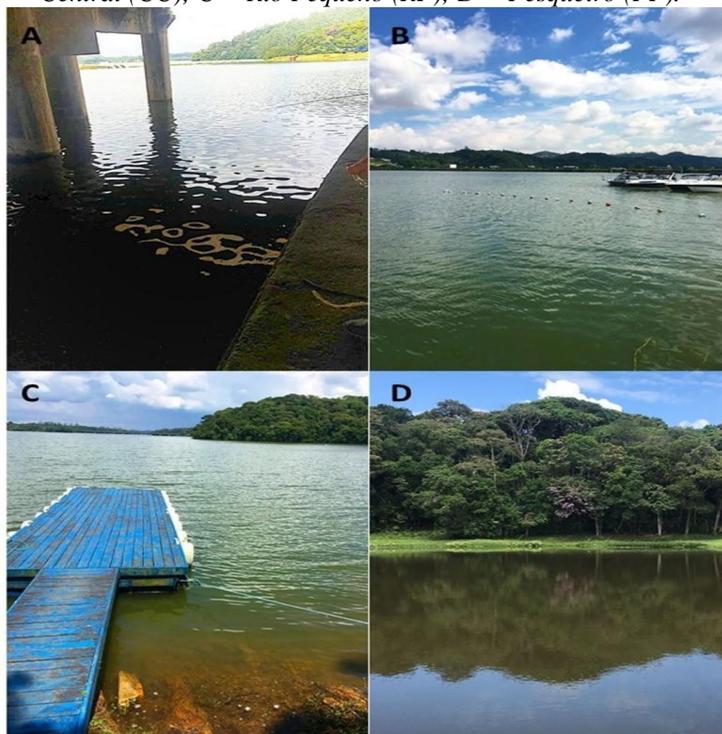
22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

3. Metodologia

3.1 Delineamento amostral

As coletas ocorreram de fevereiro a abril de 2023 ($n = 3$) durante o período chuvoso, que coincide com o verão e as férias escolares, quando as pessoas aproveitam mais atividades ao ar livre e frequentam os corpos d'água. Quatro estações amostrais no complexo Billings foram escolhidas com base em diferentes usos, sendo os reservatórios: 1) Rio Grande (RG), que abriga o sistema de captação de água da SABESP; 2) Corpo Central (CC) próximo à prainha, utilizado para recreação, como pesca, banho e esportes aquáticos; e Rio Pequeno (RP), braço mais isolado e com menor ocupação do entorno; 4) pesqueiro (PP) localizado as margens de RP.

Figura 1 – Estações de coleta de água no reservatório Billings. Legenda: A = Rio Grande (RG); B = Corpo Central (CC); C = Rio Pequeno (RP); D = Pesqueiro (PP).



Fonte: A autora, 2023.

A coleta de água foi feita usando baldes de aço inox e frascos de plástico com tampa para análises de fósforo, sólidos totais e DBO, enquanto frascos de polipropileno de 250 mL e frascos de plástico âmbar de 1000 mL foram utilizados para análises microbiológicas e de clorofila a, respectivamente.

3.2 Atividade em campo

Foram realizadas análises físico-químicas *in situ* utilizando sondas multiparamétricas para as variáveis: temperatura (T) (Condutivímetro Digimed DM-3), pH (pHmetro Digimed DM-2), condutividade (CE) (Condutivímetro Digimed DM-3), oxigênio dissolvido (OD) (Oxímetro Digimed DM-4) e turbidez (NTU) (Turbidímetro Quimis Q279P). As leituras foram realizadas em triplicatas.

3.3 Atividade em laboratório

As atividades realizadas em laboratórios englobam análises físico-químicas e microbiológicas. Os parâmetros utilizados foram fósforo total (PT), sólidos totais (ST), clorofila *a* e *E. coli*. Para as análises dos parâmetros ST e *E. coli*, foram utilizadas as metodologias descritas no livro "*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*" (APHA, 2012). Para a análise de clorofila *a* foi empregada a metodologia adaptada de Marker *et al.* (1980) e Sortory & Grobbellar (1984). Já para a análise de fósforo total, utilizou-se a metodologia descrita por Golterman *et al.* (1978).

3.4 Índice de Estado trófico (IET)

A eutrofização ocorre quando há o enriquecimento de nutrientes em ecossistemas aquáticos, impulsionando o aumento da produção primária levando ao aumento na produção de clorofila *a*. O fósforo é tido como um nutriente preponderante no processo de eutrofização, desempenhando um papel central. Consequentemente, a clorofila *a* emerge como a manifestação da reação ao estímulo causado pelo referido nutriente, logo, as variáveis fósforo e clorofila *a* estão intrinsecamente ligadas.

O índice de estado trófico é empregado para avaliar o grau de trofia de um corpo d'água. Esse índice é calculado a partir da relação entre os resultados obtidos para fósforo total e clorofila *a*, seguindo a metodologia descrita por Carlson (1977) e adaptada por Lamparelli (2004). As equações que expressam esse cálculo em reservatórios são as seguintes:

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

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

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

Onde: CL = clorofila *a*; PT = fósforo total; ln = logaritmo natural; IETm = média entre o IET(CL) e IET(PT).

A partir do cálculo podemos classificar os corpos d'água como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico.



Quadro 1 – Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004).

Classificação do Estado Trófico - Reservatórios	
Categoria	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

3.5 Análise dos dados

Realizou-se a análise descritiva dos dados para caracterizar a qualidade da água do Reservatório Billings, confrontando os resultados com a legislação que aborda a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais estabelecidas na Resolução CONAMA 357/2005 e suas atualizações. Essa resolução categoriza os ambientes aquáticos com base em suas características limnológicas e usos da água, além de estabelecer padrões para variáveis físico-químicas e microbiológicas. Além disso, considerou-se a Decisão de Diretoria 112/2013, que estipula os valores máximos de *E. coli* para o Estado de São Paulo.

4. Resultados e Discussão

Não foi registrada diferença significativa entre as estações amostrais para as variáveis pH e temperatura da água (Figura 2). Os valores de pH estiveram na faixa entre 6 e 9, valores este dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 357/2005 (BRASIL, 2005), sendo o menor registro na estação RP durante o mês de março marcando 6,43 e o maior registro foi na Estação CC no mês de abril marcando 7,9. A temperatura obteve resultados com pequena variação, sendo o mês de fevereiro o que apresentou a média de temperatura mais elevada. Isso já era esperado, devido ao período de verão. As outras duas coletas foram realizadas durante o outono, onde o clima tende a ser mais ameno. A pequena variação entre as estações pode ser explicada pelo tempo de deslocamento entre os locais de coleta. À medida que se aproximava o período vespertino, a temperatura tendia a subir. Logo, as estações que foram coletadas primeiro tendem a ter uma temperatura um pouco menor. A ordem de coleta foi: RG->CC->PP->RP.

A condutividade pode ser empregada como um indicador indireto da presença de poluentes, com base na concentração de minerais. Este parâmetro tende a elevar-se quando há uma significativa quantidade de sólidos dissolvidos na água. Conforme Von Sperling (apud

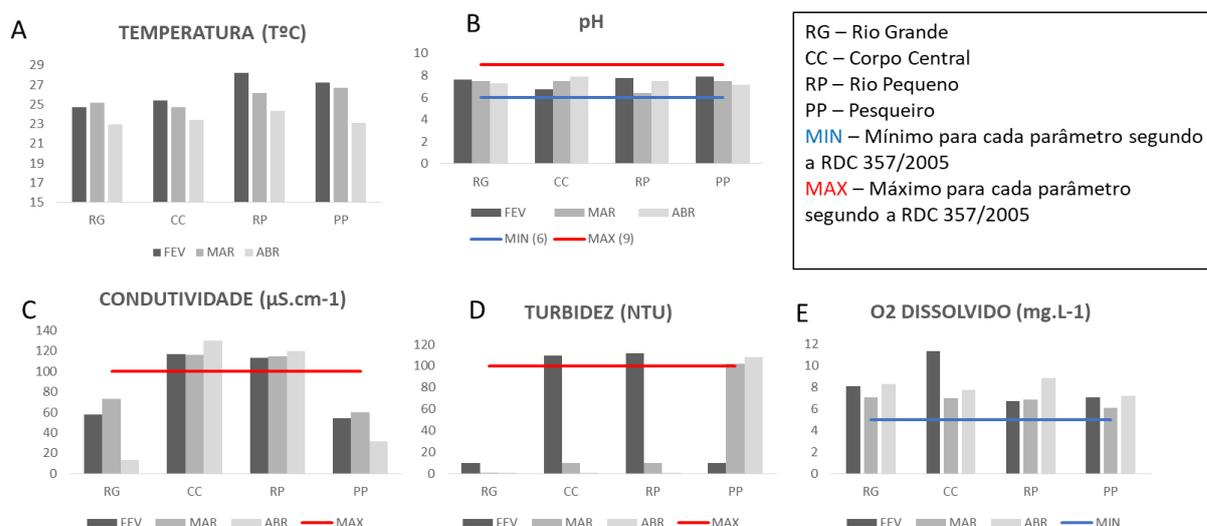


Piratoba et al., 2017), embora não exista um padrão estabelecido para a condutividade na legislação vigente (CONAMA 357/2005), os valores situados na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ encontram-se dentro dos parâmetros esperados. Valores acima dessa faixa indicam a presença de alguma fonte de poluição. Observando o gráfico nota-se que a condutividade está elevada nas estações 2 e 3 localizadas no Corpo Central e no braço Rio Pequeno (Figura 2), mostrando valores ligeiramente superiores a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ em comparação com os demais períodos que permaneceram dentro dos limites estipulados.

A turbidez demonstrou valores elevados (acima de 100 NTU) nas estações CC e RP durante a coleta de fevereiro, assim como na estação PP na coleta de março e abril (Figura 2). Climas pluviosos podem ocasionar aumento na turbidez, possivelmente justificando o aumento notável registrado durante a coleta de março, em que se observou clima chuvoso na véspera.

O oxigênio dissolvido reflete a disponibilidade de oxigênio na água para a manutenção da vida aquática. Conforme a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), o valor mínimo requerido para esse parâmetro é de 5 mg O_2/L . A diminuição do oxigênio no ecossistema aquático pode indicar uma alta carga de matéria orgânica, é metabolizada por bactérias, e neste processo é utilizado o oxigênio presente no ambiente. Os resultados (Figura 2) de oxigênio dissolvido se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação em todas as amostras (CONAMA, 2005).

Figura 2 - Gráficos dos resultados referentes às análises *in situ* entre fevereiro e abril de 2023 das estações Rio Grande, Corpo Central, Rio Pequeno e Pesqueiro.



Fonte: A autora, 2023.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Os sólidos totais representam a matéria que permanece após a secagem da água e as análises mostraram que os resultados (Figura 3) estão dentro dos níveis estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

Todos os resultados da análise de *E. coli* (figura 3) excederam o limite de 800 UFC/100mL, principalmente nas amostras da estação CC e na estação PP no período de fevereiro e abril. A estação PP, localizada em um pesqueiro, há presença de animais de sangue quente, que podem ter seus dejetos levados aos lagos pelo arraste da chuva, além da atividade antrópica. Os efluentes descartados pelo pesqueiro são lançados no Reservatório Rio Pequeno sem tratamento prévio, portanto, pode se tornar uma possível fonte deste microrganismo para o reservatório.

Por sua vez, os resultados da estação CC durante a coleta de fevereiro podem ser justificados pela urbanização no entorno do ponto de amostragem e pelas chuvas ocorridas um dia antes da amostragem, o que pode ter ocasionado o arraste junto com a água pluvial. No mesmo local, foi classificado como "péssimo" segundo o índice de balneabilidade durante os anos de 2017 a 2020. Em 2021, foi categorizado como "ruim"; no entanto, em 2022, retornou à classificação de "péssimo" (CETESB, 2023).

As densidades elevadas de *E. coli* são preocupantes principalmente em locais nos quais pessoas possuem contato e fazem consumo da água, que é o caso das duas estações que apresentaram os maiores valores de *E. coli*. Assim como mostrado por Lorenzo (2021) altas concentrações de coliformes termotolerantes em ambiente aquático precedem altas concentrações encontradas no trato gastrointestinal dos peixes que vivem neste ambiente contaminado. E a partir do mau manuseio as bactérias podem passar para outros tecidos dos animais ou causar contaminação cruzada podendo causar infecção em humanos. A *E. coli* é responsável por infecções gastrointestinais, com sintomas como diarreia, vômito, febre e cólicas, podendo levar à desidratação severa (MAKVANA; KRILOV, 2015). Além disso, essa bactéria pode induzir meningite bacteriana e infecções urinárias, sobretudo em neonatos e mulheres, respectivamente (NATARO, 1998).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

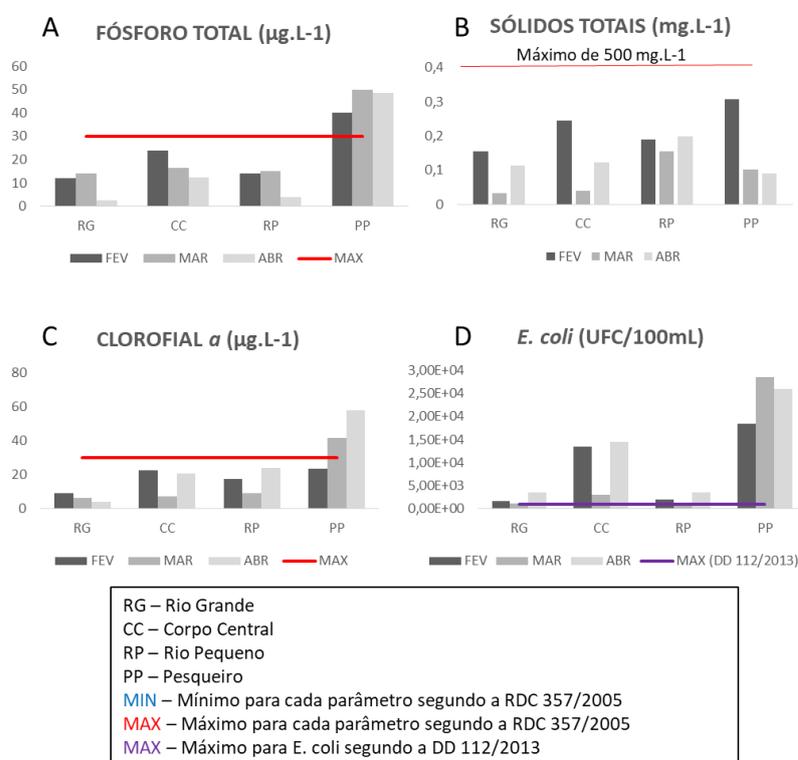
SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Figura 3: Gráficos dos resultados referentes às análises em laboratório entre fevereiro e abril de 2023 das estações Rio Grande, Corpo Central, Rio Pequeno e Pesqueiro.



Fonte: A autora, 2023.

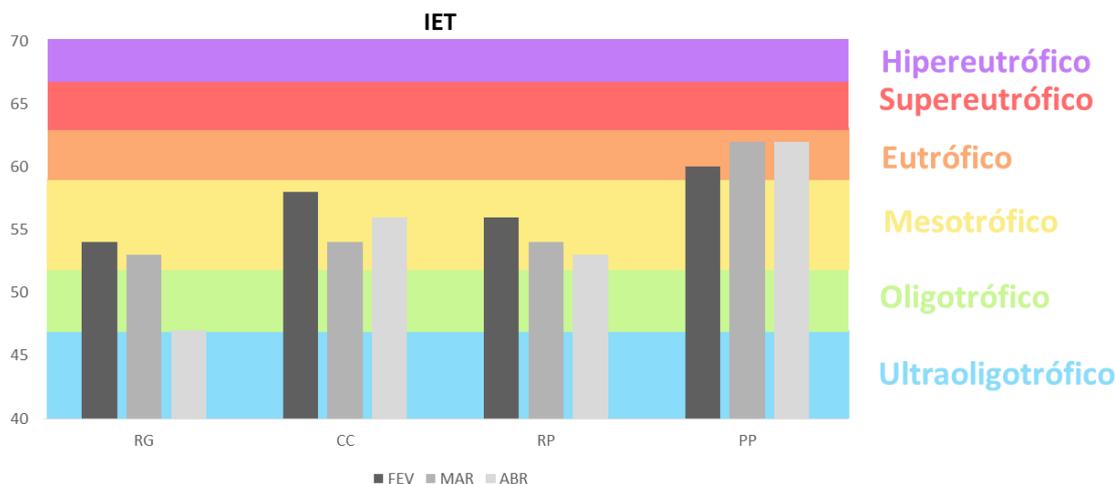
A clorofila *a* é um dos principais pigmentos responsáveis pelo processo de fotossíntese das algas e cianobactérias, sendo comumente utilizado como indicador de biomassa fitoplanctônica. Juntamente com o fósforo, a clorofila *a* figura entre as principais variáveis utilizadas para avaliar o grau de trofia em ecossistemas aquáticos. Visto que o fósforo é o principal agente propulsor do aumento da produção primária, seu aumento reflete na elevação da clorofila *a*, estabelecendo uma relação de causa e efeito, processo denominado de eutrofização. A partir dos resultados (Figura 3) podemos perceber essa correlação, principalmente entre a estação PP durante o mês de março e abril, onde em ambas as análises ultrapassaram notavelmente o limite estabelecido legalmente enquanto as estações RG, CC e RP se mantiveram dentro dos limites. Resultados semelhantes podem ser vistos no Relatório de Qualidade das Águas Interiores de Estado de São Paulo elaborado pela CETESB, os resultados das variáveis clorofila *a* e fósforo total se mantiveram dentro da concentração estabelecida pela Resolução CONAMA 357/2005 no braço Rio Grande, que corresponde a localização da estação RG e CC, e no braço Rio Pequeno, onde está localizado o ponto RP (CETESB, 2023).



Por fim, estes resultados de clorofila *a* e fósforo total foram usados nos cálculos de IET (Figura 4). As estações RG, CC e RP foram classificadas como mesotróficas, enquanto a estação PP foi classificada como eutrófica. Classificação esta que está de acordo e coerente com o relatório anual realizado pela CETESB referente ao ano de 2022, que classificaram os pontos do Rio Grande e Rio Pequeno como mesotrófico (CETESB, 2023).

Os resultados mostram que as estações com maior IET (CC e PP) foram aqueles em que estão localizadas em regiões onde há bastante atividades sendo desenvolvidas nos seus entornos, enquanto as com menor IET foram a estação braço Rio Grande, onde é realizada a captação de água para o abastecimento público administrada pela SABESP, e o Rio Pequeno no qual a estação de coleta fica localizada em um local mais distante, onde são observadas um número menor de habitações e/ou industriais em seu entorno.

Figura 4: Índice de Estado Trófico da Represa Billings.



Fonte: A autora, 2023.

5. Conclusões

Os resultados evidenciaram a presença de *E. coli* nas águas do Reservatório Billings e de uma atividade de pesqueiro localizada próxima ao reservatório, além de conflitos com os padrões da resolução CONAMA 357/2005, o que reforça a importância do monitoramento e da implementação de medidas de mitigação para controle de poluição do reservatório que são utilizados para múltiplos usos, que vão desde investimentos em coleta e tratamento de esgotos sanitários, como o controle do lançamento de efluentes de atividades que são realizadas no entorno do reservatório.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

Os maiores valores de nutrientes e *E. coli* registrados em PP, estão relacionados à atividade realizada no local, como o uso da ceva (ração para peixe) para atrair o pescado e que contém elevada concentração de N e P, bem como a presença e livre acesso de animais, como aves, cavalos, bois, cabras, etc.

Por fim, as elevadas concentrações de *E. coli* registrada nos ambientes estudados, também indicam o risco da exposição humana para atividades de contato primário. O que pode acarretar problema de saúde pública, uma vez que o reservatório Billings é utilizado para fins secundários, como recreação e pesca. Logo, é importante que a população que faz uso das águas esteja ciente que há risco de contaminação e serem educadas a como se proteger, ações que vão desde não beber água diretamente do reservatório, cozinhar bem o pescado e desinfetar as superfícies e objetos que tiveram contato com os peixes para evitar contaminação cruzada, além dos cuidados de higiene básica.

Referências bibliográficas

AHMED, Abdelkader T. et al. Egyptian and Greek water cultures and hydro-technologies in ancient times. *Sustainability*, v. 12, n. 22, p. 9760, 2020.

APHA-AWWA-WPCF; Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22nded; Washington, 2012.

Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRHidro). Principal Fonte de Energia de Cada Estado do Brasil. Disponível em: <<https://www.site.abrhidro.org.br/post/principal-fonte-de-energia-de-cada-estado-do-brasil>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

AVARI, Ricardo. **Represa Billings: Aspectos De Poluição Em Locais De Pesca Considerando Seus Múltiplos Usos**. Dissertação (mestrado em aquicultura e pesca) - Instituto de Pesca, São Paulo, p. 73. 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama N° 357, de 17 de março de 2005. Estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

BRASIL. Decreto n° 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto n° 8.468, de 8 de setembro de

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 | evento
23/11 | 100% online
24/11 | e gratuito

1976 e dá providências correlatas. Disponível em:

<<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

CARDOSO-SILVA, Sheila et al. Compartimentalização e qualidade da água: o caso da Represa Billings. **Bioikos–Título não-corrente**, v. 28, n. 1, 2014.

CETESB - Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Decisão de Diretoria da CETESB nº. 112/2013/E. Dispõe sobre o estabelecimento dos valores limites do parâmetro Escherichia coli (E. coli), para avaliação da qualidade dos corpos de águas do território do Estado de São Paulo, 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Histórico**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/historico/>. Acesso em: 26 de agosto de 2023. CETESB, São Paulo

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. CETESB, São Paulo. (2023)

CONFALONIERI, Ulisses; HELLER, Léo; AZEVEDO, Sandra. Água e saúde: Aspectos globais e nacionais. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 27-38, 2010.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia** (3º ed.) Editora Interciência. Rio de Janeiro, Brazil, 2011.

FRASCARELI, Daniele et al. Heterogeneidade espacial e temporal de variáveis limnológicas no reservatório de Itupararanga associadas com o uso do solo na Bacia do Alto Sorocaba-SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 770-781, 2015.

FURLAN, Natália et al. Benthic fish blood as a biomarker for recent exposure to Mercury. **Limnética**, v. 37, n. 1, p. 129-143, 2018.

GRAVES, Grant M.; VOGEL, Jason R. Spatiotemporal Variability Comparisons of Water Quality and Escherichia coli in an Oklahoma Stream. **Journal of Contemporary Water Research & Education**, v. 177, n. 1, p. 94-102, 2023.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de Trofia Em Corpos d'água Do Estado de São Paulo: Avaliação Dos Métodos De Monitoramento**. Tese (Doutorado em Ciências na Área de



Ecosystemas Aquáticos e Terrestres) Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, São Paulo, 2004.

LORENZON, Cíntia Sobue et al. Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do Estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, p. 617-624, 2021.

MAKVANA, Sejal; KRILOV, Leonard R. Escherichia coli infections. **Pediatrics in review**, v. 36, n. 4, p. 167-70; quiz 171, 2015.

NATARO, James P.; KAPER, James B. Diarrheagenic escherichia coli. **Clinical microbiology reviews**, v. 11, n. 1, p. 142-201, 1998.

ODONKOR, Stephen T.; AMPOFO, Joseph K. Escherichia coli as an indicator of bacteriological quality of water: an overview. **Microbiology research**, v. 4, n. 1, p. e2, 2013.

OLIVEIRA, S.A.; BICUDO, C.E.M. Seasonal variation of limnological features and trophic state index of two oligotrophic reservoirs in southeast Brazil. **Brazilian journal biology**, v.77, n.2, p. 323-331, 2017.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, p. 435-456, 2017.

PRAVEEN, Kumar et al. Water-borne diseases and its effect on domestic animals and human health: A Review. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 6, n. 1, p. 242-245, 2016.

RINKE, Karsten et al. Reservoirs as sentinels of catchments: the Rappbode reservoir observatory (Harz Mountains, Germany). **Environmental earth sciences**, v. 69, p. 523-536, 2013.

ROCHA, Aristides Almeida; PEREIRA, Denise Navas; PÁDUA, Helcias Bernardo de. Produtos de pesca e contaminantes químicos na água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, v. 19, p. 401-410, 1985.

SALAS, Henry et al. **Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales**. OPS, 2001.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

SILVA, M. A.; VARGAS, R. R.; SAAD, A. R.; ROSINI, E.F.; QUEIROZ, W. Reflexos do Uso da Terra na Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Córrego Taboão, Guarulhos (SP). **Revista UNG Geociências**, v. 16, n. 1, p. 69-86, 2017.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e Recursos Hídricos. IN: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTHUL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p.113-132.

VON SPERLING, M. **Introdução da qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Editora UFMG, 2005.