

CAPÍTULO 6

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE TRÊS ECOSISTEMA AQUÁTICOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ- MA UTILIZANDO ÍNDICE DE QUALIDADE DE BASCARÁN (IQA_B)

Data de aceite: 01/09/2023

Jorge Diniz de Oliveira

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão-UEMASUL
Imperatriz-Maranhão
<https://orcid.org/0000-0001-9421-0524>

Marcelo Francisco da Silva

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão-UEMASUL
Imperatriz-Maranhão
<https://orcid.org/0000-0002-9148-6725>

Ivaneide de Oliveira Nascimento

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão-UEMASUL
Imperatriz-Maranhão
<https://orcid.org/0000-0001-7095-7092>

Aichely Rodrigues da Silva

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão-UEMASUL
Imperatriz-Maranhão
<https://orcid.org/0000-0001-94447-2380>

Rafael de Oliveira Araújo

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz-Maranhão
<http://orcid.org/0000-0003-2346-7407>

Claudia Karen Silva Lopes

Universidade Estadual da região Tocantina
do Maranhão
Imperatriz-Maranhão
<https://orcid.org/0000-0001-8422-7904>

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do Riacho Bacuri, Riacho do Meio e Riacho Santa Tereza de Imperatriz, com base na resolução CONAMA nº 357/2005. Foram determinados os parâmetros físicos, químicos o Índice de Qualidade da Água (IQA. As variações observadas para as variáveis físico-químicas e IQA indicam haver alterações na qualidade da água e essas alterações ocorrem em virtude de ações antrópicas.

PALAVRAS-CHAVE: Riachos, Parâmetros físico-químicos, Impacto ambiental.

ENVIROMENTAL DIAGNOSIS OF TREE URBAN AQUATIC ECOSYSTEMS IN THE MUNICIPALITY OF IMPERATRIZ- MA USING BASCRÁN QUALITY INDEX(IQA_B)

ABSTRACT: This work aim to evaluate the water quality of the Bacuri Stream, Meio Stream, and Santa Tereza de Imperatriz Stream, based on CONAMA resolution nº 357/2005. The physical and chemical parameters and the Water Quality Index (WQI) were determined. The variations observed for the physical-chemical and WQI

variables indicate that there are changes in water quality and these changes occur due to anthropic actions.

KEYWORD: Stream, Physucal-chemical parametrs, Environmental impact

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação das águas superficiais, caracterizada pelos riachos urbanos, ocorre devido a despejos de poluentes dos esgotos sanitários, domésticos e industriais, escoamento superficial urbanos agregados com resíduos sólidos urbanos e drenagem de água subterrânea contaminada que chega aos riachos. A pressão das atividades antrópicas no processo de urbanização da cidade de Imperatriz-MA nas últimas décadas tem sido responsável pelos impactos sobre os ecossistemas aquáticos urbanos a deterioração da qualidade da água desses ecossistemas por falta de tratamento dos efluentes tem criado um potencial de risco para as populações ribeirinhas.

Nesse sentido, os rios e córregos urbanos estão entre os ecossistemas mais prejudicados pelas atividades antrópicas (Szymanska *et al.*, 2020), com reflexos diretos na perda de serviços ecossistêmicos, definidos como os benefícios diretos e indiretos que as pessoas obtêm dos ecossistemas (fornecimento, regulação, suporte e valores culturais) (Liu *et al.*, 2019).

Segundo Gouveia e Selva (2021) os riachos urbanos são importantes componentes dentro das cidades, pois são cursos de água com características ecológicas, como o carregamento dos aquíferos, a infiltração das águas pluviais, além de recuperarem as bases dos rios. Sendo assim, o monitoramento dos recursos hídricos é um poderoso instrumento de avaliação e gestão da qualidade da água, uma vez que auxilia na redução dos impactos atrelados às atividades antrópicas (Santos *et al.*, 2021).

Diante desse quadro, o uso de análises dos parâmetros físico-químicos para identificar a qualidade da água é uma tentativa de tentar monitorar águas desses ecossistemas aquáticos como forma de acompanhar e levantar algumas informações prevenindo uma possível deterioração do corpo de água ao longo do tempo, portanto torna-se relevante investigar os possíveis impactos ambientais que vem sofrendo.

É fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físico-químicas adequadas para a utilização dos seres vivos, devendo conter substâncias essenciais à vida e estar isentos de outras substâncias que possam produzir efeitos prejudiciais aos organismos (Braga *et al.*, 2003). O Riacho Bacuri, Riacho do Meio, e Riacho Santa Tereza passam pelo perímetro urbano da cidade de Imperatriz, MA antes de desaguardem no rio Tocantins, portanto torna-se relevante investigar os possíveis impactos ambientais que esses corpos hídricos vêm sofrendo.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água desses tributários do rio Tocantins e a influência da urbanização na qualidade da água

desses tributários, por meio de comparação entre os pontos de coletas e sugerir alternativas para uma boa preservação desses corpos hídricos, uma vez que essa preservação reduz grau de contaminação do rio Tocantins.

2 | METODOLOGIA

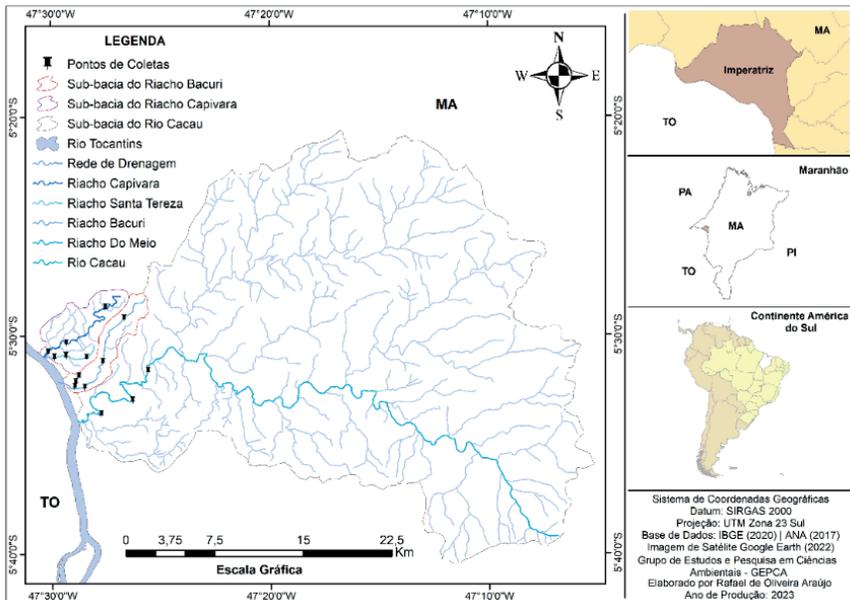
2.1 Área de estudo

A cidade de Imperatriz, localizada na mesorregião oeste maranhense, a 5°31'33" de latitude sul e 27°28'33" longitude oeste, em uma altitude de 95 metros, se estende pela margem direita do rio Tocantins é atravessada pela Rodovia Belém-Brasília, possui (segundo os últimos dados disponíveis) 273.110 habitantes, dos quais 234.671 habitantes (98,80%) residem na zona urbana, segundo dados estatísticos do IBGE (2022). Todos os corpos hídricos investigados estão localizados ao longo do perímetro recebem alta carga de resíduos líquidos domésticos e sanitário sem tratamento prévio e pontos de rede de drenagem pluviais.

2.2 Localização dos pontos de cole e tratamento das amostras de água

As mostras foram coletadas em três pontos distintos nos Riacho Bacuri, Riacho do Meio e Riacho Santa Tereza. Os pontos amostrais pontos foram selecionados aproximadamente a 2 m a jusante do ponto de entrada de contaminação (Figura 1). As coletas foram realizadas em garrafas plásticas de 500 mL, previamente lavadas no laboratório, e no próprio local de amostragem foram lavadas três vezes, consecutivamente, com água dos corpos hídricos estudados e preservadas segundo as normas da CETESB (2004).

Foram realizadas 4 coletas sendo duas no período não chuvoso e duas no período chuvoso. Após a coleta as amostras de água foram transportadas em recipientes termicamente isolados sob resfriamento e no laboratório foram imediatamente feitas as determinações pH, turbidez e condutividade, em seguida foram realizadas as determinações de alcalinidade, cloretos, material particulado em suspensão (MPS) e acidez. Todas as amostras foram coletadas em triplicata.



	Ponto 1	S 05° 33' 22,4"
		WO 47° 28' 45,5"
Riacho Bacuri	Ponto 2	S 05° 30' 15,9"
		WO 47° 28' 45,5"
	Ponto 3	S 05° 29' 40,5"
		WO 47° 28' 45,5"
	Ponto 1	S 05° 29' 23,8
		WO 47° 28' 42,8
	Ponto 1	S: 05° 32' 23,7
		WO: 47° 18' 59,9
Riacho do Meio	Ponto 2	S: 05° 32' 14,9
		WO: 47° 28' 56,9
	Ponto 3	S: 05° 32' 07,9
		WO: 47° 28' 54,1
	Ponto 1	S 05° 30' 57,9
		WO 47 29' 38,4
Riacho Santa Tereza	Ponto 2	S 05° 32' 11,0
		WO 47 29' 00,6
	Ponto 3	S 05° 31' 03,0
		WO 47° 28' 42,8

Figura 1A. Mapa de localização dos pontos amostrais nos Riachos Bacuri, Riacho do meio e Riacho Santa Tereza com as suas respectivas coordenadas geográficas.

Fonte: Autores (2023).

2.3 Análise das Variáveis Físico-Químicas

As medidas de pH e potencial redox (ORP) foram realizadas pelo método potenciométrico com pHmetro de bancada modelo pH- 21 pH/mV meter da HANNA, calibrado com uma solução tampão no pH 4,0 e pH 7,0. A temperatura foi feita *in situ* com a utilização de termômetro digital marca HANNA HI 98501. Para a definição da condutividade

elétrica se utilizou o Condutivímetro Q-40- da QUIMIS calibrado com uma solução de KCl 1 mol L⁻¹, a temperatura foi ajustada a 25°C e a leitura foi em mmS cm⁻¹. Os sólidos totais foram determinados pelo método gravimétrico de cordo com Macêdo (2002).

Para a determinação de turbidez utilizou-se método nefelométrico usando um Turbidímetro microprocessador de bancada da TecnoPON modelo TB-1000 da ADAMO previamente calibrado. As determinações da alcalinidade total foram realizadas por intermédio do método volumétrico com detecção potenciométrica utilizando-se um pHmetro de bancada modelo pH-21 pH/mV meter da HANNA com eletrodo de vidros. Uma alíquota de 50 ml da amostra a homogeneizada foi transferida para um Becker de 100 ml, na amostra foi introduzido um eletrodo de vidro previamente calibrado em pH 4,0 e pH 7,0. A titulação foi realizada até o pH final de 4,5 o volume gasto foi anotado, segundo metodologia proposta por Macêdo (2002).

As análises de cloretos foram realizadas utilizando a técnica titulométrica de precipitação pelo método de Mohr, tendo como titulantes como uma solução de nitrato de prata (AgNO₃) 0,02 N e como indicador solução de cromato de potássio (K₂Cr₂O₄), conforme proposição de Macedo (2002).

Para a determinação de material particulado em suspensão (MPS) foi utilizado uma alíquota de 1 L das águas não acidificadas para análise de material particulado em suspensão e metais dissolvidos foram imediatamente filtradas com auxílio de uma bomba de vácuo em filtro de membrana 0,45 mm, previamente seca a 60°C e pesada. Após a filtração, o material particulado (resíduo na membrana) foi seco em estufa 60 ± 5°C, por aproximadamente 24 horas, e resfriado em dessecador. A concentração final do material particulado em suspensão (MPS), que constitui a fração orgânica e inorgânica do MPS, foi obtida por diferença de peso das membranas antes e após a filtração (Jordão et al., 1999; Oliveira, 2006).

2.4 Índice de Qualidade da Água de Bascarán

Neste trabalho foi utilizando o Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQAb), diferentemente dos outros índices, é bastante flexível, pois permite a introdução ou exclusão de variáveis de acordo com as necessidades ou limitações para obtenção de dados, sendo possível definir um índice básico com um número reduzido de variáveis e outro completo com maior número de variáveis (Rizzi, 2001). A partir das variáveis analisadas fez-se a média dos resultados e calculou-se o Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQAb) (Rizzi, 2001).

O IQAb foi calculado utilizando-se a equação:

$$IQAb = K \times (\sum C_i \times P_i) / \sum P_i \quad (1)$$

Onde: C_i= valor percentual correspondente à variável (tabelado); P_i= peso

correspondente a cada variável (tabelado); K= constante de ajuste em função do aspecto visual das águas (1,00 para águas claras; 0,75 para águas com ligeira cor, espuma e turbidez; 0,50 para águas contaminadas e com forte odor; 0,25 para águas que apresentam fermentações e odores.

O valor de IQAb varia de 0 a 100 e corresponde a uma escala qualitativa de caracterização que varia desde o aspecto péssimo ao excelente (Quadro 1).

Aspecto aparente	Valor do IQA _b	Aspecto aparente	Valor do IQAb
Péssimo	0	Aceitável	60
Muito ruim	10	Agradável	70
Ruim	20	Bom	80
Desagradável	30	Muito bom	90
Impróprio	40	Excelente	100
Normal	50		

Quadro 1. Aspecto aparente de qualidade da água em função do valor de IQAb calculado

Fonte: CORADI *et al.*, (2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão apresentadas as médias dos valores das variáveis físico-química dos corpos hídricos investigados no perímetro urbano da cidade de Imperatriz-MA nos períodos não chuvoso e chuvoso. O pH é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos de difícil interpretação pela quantidade de fatores que o podem afetar (Esteves, 2011). O valor médio do pH foi de 6,73 a 7,53 no período não chuvoso, e de 6,60 a 6,75 no período chuvoso como mostrado na Tabela 1. Os valores do pH em todos os riachos para o período chuvoso foram mais baixos que o período não chuvoso contrariando a afirmação de Silva *et al.* (2008).

Os riachos do Meio e Santa Tereza apresentaram comportamento de ligeiramente alcalino no período não chuvoso (Tabela 1). Alguns autores afirmam que corpos hídricos sobre a influência de despejo domésticos apresentam caráter ligeiramente alcalino, sendo esse comportamento provavelmente devido à presença de matérias orgânicas presente nos mesmos (Alberto; Ribeiro Filho, 2012), o que justifica o comportamento observado na Tabela 1 para os riachos do Meio e Santa Tereza.

		Riacho Bacuri			Riacho do Meio			Riacho Santa Tereza		
Variáveis Físico-Químicas		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
pH	Não Chuvoso	6,73	6,74	6,95	7,09	7,11	7,06	7,14	7,53	7,00
	Chuvoso	6,60	6,73	6,83	6,66	6,72	6,76	6,77	6,80	6,75
ORP(mV)	Não Chuvoso	7,99	7,83	10,99	9,16	8,49	9,83	-0,34	-1,67	7,83
	Chuvoso	22,33	16,16	11,33	22,16	19,49	15,66	13,45	13,66	16,16
STD(mg L ⁻¹)	Não Chuvoso	280,05	186,03	420,02	281,01	356	362,03	239,50	236,02	214,04
	Chuvoso	177,02	205,10	213,50	156,36	356,02	50,65	164,05	170,02	219,50
C.E.($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Não Chuvoso	300,66	311,33	437,16	421,63	437,5	258,57	353,49	301,49	275,99
	Chuvoso	312,99	307,66	365,16	356,10	358,2	355,85	326,99	328,66	290,49
Temperatura(°C)	Não Chuvoso	29,9	29,9	30,0	29,6	29,8	29,8	31,1	31,1	31,20
	Chuvoso	27,7	27,7	26,9	28,1	28,0	27,9	27,9	27,9	27,9
Turbidez (N.T.U)	Não Chuvoso	7,89	21,51	31,93	21,17	22,89	24,16	20,20	14,56	21,90
	Chuvoso	10,39	17,56	26,38	29,91	33,21	107,95	18,36	17,50	27,55
MPS(mg L ⁻¹)	Não Chuvoso	9,58	23,03	31,03	320,10	106,50	32,00	63,00	59,00	101
	Chuvoso	1,62	23,01	36,04	46,02	51,03	47,37	24,03	16,01	96,03
A.T.(mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	Não Chuvoso	120,00	140,05	170,00	180,00	190	200,05	120,01	120,01	140
	Chuvoso	110,02	130,01	160,03	130,00	150	140,04	130,00	130,00	110
Cloreto(mg L ⁻¹)	Não Chuvoso	87,67	75,98	75,98	87,67	93,52	87,67	64,92	58,46	5429
	Chuvoso	87,67	87,67	87,67	111,05	122,7	116,90	87,67	81,83	75,98

ORP: Potencial Redox; STD: Sólidos totais dissolvidos; C.E: Condutividade elétrica; MPS: Material particulado em suspensão; A.T: Alcalinidade total

Tabela 1. Valores médios das variáveis físico-químicas nos três pontos amostrais nos riachos urbanos estudados

Fonte: Autores (2018).

Os valores médios obtidos para o pH em todos os riachos encontram-se na faixa considerada para manutenção da vida aquática pela legislação brasileira (CONAMA 357/05) a qual estabelece valores variado entre 6 e 9. As variações observadas permitem inferir que ações antrópicas, como por exemplo efluentes doméstico e sanitários, bem como as águas pluviais que escorrem para esses corpos hídricos sem nenhum tratamento prévio contribuíram com as variações observadas.

O ORP é um parâmetro muito importante na delimitação das condições de oxidação do meio, pois uma boa parte das reações observadas na natureza (25°C e atm de pressão) envolvem processos de oxidação e redução. Valores positivos de ORP indicam condições oxidantes, enquanto valores negativos indicam disponibilidade de elétrons, ou condições redutoras. Os resultados encontrados para ORP nas águas do riacho Santa Tereza nos pontos 1 e 2 no período não chuvoso apresentaram valores negativos, indicando condições redutoras para esses corpos hídricos nesses pontos de coleta.

Nos demais pontos foram observados valores positivos para ORP indicam condições oxidantes. Os valores negativos devem estar relacionados a maior carga de matéria orgânica emitida por efluentes domésticos e sanitários que causam a diminuição de oxigênio dissolvido devido a decomposição desse material pelas bactérias. As erosões

as margens e o princípio de assoreamento próximo a esses pontos de coletas também contribuem para as variações da ORP ao longo desses corpos hídricos.

A Resolução Conama 357/05, não estabelece padrões para o ORP. Entretanto, para o Ministério do Meio Ambiente citado por Fiorucci e Benedetti Filho (2005) valores de ORP entre 200 mV e 600 mV indicam um meio fortemente oxidante, entre -100 mV e -200 mV indicam meios redutores e as condições de um rio não poluído são fracamente oxidantes graças à presença de quantidades limitadas de oxigênio dissolvido. Sendo assim os valores encontrados na Tabela 1, indicam que esses corpos hídricos apresentam condições de rio poluído.

Os sólidos dissolvidos totais (TDS) incluem sais inorgânicos (principalmente cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos e sulfatos) e algumas pequenas quantidades de matéria orgânica que se dissolvem na água e a presença de sólidos dissolvidos na água é um indicativo da presença de sais, ácidos minerais e outros contaminantes similares despejados nos cursos de água.

De acordo com a Resolução CONAMA n.357/2005 o valor máximo permissível (VMP) para sólidos dissolvidos totais (SDT) é de 500 mg/L, dessa forma, pode-se observar que nenhum dos valores ultrapassou o VMP da resolução. Nenhum dos riachos investigados apresentaram concentrações STD que ultrapassassem o valor preconizado pela resolução Conama 357/2005 para corpos hídricos de classe 1, 2 e 3 (500 mg mL⁻¹). As variações observadas entre os pontos de amostragem podem ser justificadas por um maior assoreamento nos diferentes pontos e maior carga de esgotos sanitários.

A condutividade elétrica (C.E) depende dos íons em solução presentes no corpo hídrico, quanto maior a concentração de íons, maior será a condutividade. Para Esteves (2011), a condutividade elétrica é um parâmetro que pode mostrar modificações na composição dos corpos d'água, mas não especifica quantidades e componentes. É um parâmetro importante para controlar e determinar o estado e a qualidade de água (Piñeiro Di Blasi *et al.*, 2013).

Os valores de condutividade evidenciam a alta condutividade elétrica em todos os riachos em ambos os períodos de coleta (Tabela 1), estando acima do limite estabelecido pela CETESB (2004), que é de 100 μ S. cm⁻¹, o que classifica os riachos como ambiente impactados, uma vez que os valores altos da condutividade das águas características corrosivas. De acordo com Paláez-Rodrigues *et al.* (2002), os valores de C.E apresentado para as águas em todos os ecossistemas aquáticos investigados estiveram acima da faixa considerada para água de ambiente lótico não contaminado, entre 6 e 30 μ S cm⁻¹. Assim sendo, pode-se inferir que os mesmos podem ser considerados contaminados em relação à presença de sais dissolvidos, provavelmente devido ao descarte de resíduos domésticos e sanitários.

Na tabela 1 pode ser observado que no período não chuvoso os teores médios da condutividade são maiores, exceto para o ponto 1 no riacho Bacuri, indicando que a

sazonalidade altera os valores da condutividade elétrica devido a diluição dos íons presente nos corpos hídricos. Em estudos realizados por Nascimento *et al.* (2015) obtiveram os seguintes valores de condutividade elétrica para o riacho Bacuri, 70,4 a 377,0 $\mu\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ quando comparamos esses resultados como os obtidos nesta pesquisa observa-se que ocorreu um aumento para a condutividade nesse corpo hídrico. As diferenças entre os resultados podem ser explicadas pelo aumento de efluentes domésticos ao longo do Riacho Bacuri, em virtude, do crescimento imobiliário na cidade de Imperatriz nas proximidades desses corpos hídricos.

A temperatura das águas varia conforme à insolação, associada às transferências de calor pelo ar, fricção etc. A variação da temperatura na água possui uma grande influência nas características físico-químicas e suas reações, as temperaturas das águas também afetam a flotação e locomoção dos microrganismos. A resolução 357/05 CONAMA, não faz referência sobre valores máximo e mínimo estipulado para a temperatura, no entanto, os resultados obtidos para esta variável estão dentro do esperado para as condições climática da região cujo clima é considerado equatorial quente e úmido.

As temperaturas médias encontradas para o riacho Bacuri apresentaram variação ao logo do perímetro investigado de 26,78 a 27,7°C no período chuvoso (Tabela 1). Já no período não chuvoso a temperatura em todos os pontos foi de 29,9 °C. No riacho Santa Tereza a variação foi de 31,1 a 31,15°C no período não chuvoso e no período chuvoso de 27,87 a 27,9°C. Para o riacho do Meio a variação foi de 29,6 a 29 no período não chuvoso e no período chuvoso 27,91 a 28,08°C (Tabela 1).

A turbidez de uma água indica o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila), detritos orgânicos, algas, bactérias e, plânctons em geral (CETESB, 2004). A alta turbidez pode reduzir a atividade fotossintética o que por sua vez pode suprimir a produtividade de peixes, além disto, este parâmetro deixou de ser apenas estético para ser correlacionado com número de colônia de coliformes totais e fecais, casos de hepatite A e poliomielite (Mizutori *et al.* 2009). Os resultados obtidos para a turbidez em todos os corpos hídricos estiveram abaixo de 100 NTU, que é o limite máximo permitido segundo a Resolução CONAMA n°357/2005 para rio de Classe 2.

As águas naturalmente carregam uma série de materiais particulado em suspensão (minerais e orgânicos) procedente de fontes diversas, como erosão do solo, curtumes, esgotos urbanos etc. Conforme a sua densidade diante das características do corpo receptor sofre sedimentação ao longo do curso das águas, em distâncias variáveis de acordo com o regime de escoamento das mesmas, causando maior ou menor impacto ambiental.

Sodré (2004) afirma que, a concentrações de material particulado em suspensão (MPS) em águas superficiais variam em de 5 a 50 mg L^{-1} . Como podemos observar na Tabela 1, no período não chuvoso o riacho do Meio nos pontos 1 e 2 e o riacho Santa Tereza

em todos os pontos amostrais valores de MPS estiveram acima dos valores considerados, para variações em águas superficiais segundo Sodré (2004). Esse comportamento pode ser atribuído a erosão nas proximidades dos pontos de amostragem e aos despejos dos efluentes domésticos e sanitários.

Segundo a United States Environmental Protection Agency (2015), o cloreto é um íon que pode ter origem antrópica e geológica, sendo por lixiviação das rochas, esgotos domésticos e industriais a sua principal origem (USEPA, 2015). De acordo com CETESB (2010) uma pessoa expele na urina aproximadamente 6g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações que podem ultrapassar a 15 mg L⁻¹. Os teores da concentrações de Cloreto ao longo do Riacho Santa Tereza no período não chuvoso variaram de 58,45 mg L⁻¹ a 64,29 mg L⁻¹ (Tabela 1) e no período chuvoso de 75,98 mg L⁻¹ a 87,76 mg L⁻¹.

As concentrações aferidas no Riacho Bacuri foram semelhantes no período chuvoso em todos os pontos observou-se um valor de 87,67 mg L⁻¹. Já as concentrações obtidas no período não chuvoso variaram de 75,89 a 87,67 mg L⁻¹. As concentrações registradas de cloreto no riacho do Meio oscilaram de 87,67 mg L⁻¹ a 93,52 mg L⁻¹ no período não chuvoso e no período chuvoso de 111,05 a 122,74 mg L⁻¹.

Macêdo (2002) afirma que cloretos são encontrados em águas naturais em níveis baixos (7,5 mg L⁻¹). Nota-se os valores se encontram em níveis bem inferiores aos máximos permitidos pela Resolução N° 357/05 do CONAMA onde os valores máximos são de até 250 (mg L⁻¹). No entanto, os altos valores de cloreto encontrado em todos os corpos hídricos são indicadores da contribuição dos esgotos domésticos e sanitários na água.

A alcalinidade de uma água é a medida da sua capacidade de neutralizar ácidos ou absorver íons de hidrogênio sem mudança significativa do pH. A água apresenta alcalinidade devido a presença de hidróxido, carbonato e principalmente a bicarbonatos produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre rochas calcárias. No riacho Bacuri os valores obtidos no período não chuvoso variaram de 120 a 170 mg L⁻¹ e no período chuvoso de 110 a 160, já para o riacho do Meio variou de 180 a 200 mg L⁻¹ no período não chuvoso e de 130 e 150 no período chuvoso, os níveis altos para a alcalinidade destes corpos hídricos podem ser decorrentes de ações humanas. O riacho Santa Tereza apresentou valores de mesma magnitude nos pontos 1 e 2, no período não chuvoso e no período chuvoso de 120,01 mg L⁻¹ e 130,00 mg L⁻¹ respectivamente. A alcalinidade das águas de região urbanizadas pode apresentar valores significativos principalmente em águas que recebem efluentes domésticos principalmente grandes quantidades de detergentes e produtos de limpeza.

Índices de qualidade de água

Os índices de qualidade de água em geral são formas de avaliar os impactos causados pela interferência humana, pela sua utilidade simplificada torna-se uma forma

bastante utilizada para demonstrar de forma fácil a real situação de um corpo hídrico. Ao longo dos anos a poluição em corpos hídricos vem sendo discutida pela magnitude em danos causados em ambientes aquáticos influenciado de forma direta efeitos negativos para a natureza e a humanidade ligados ao índice de qualidade de água.

Segundo Leite *et al.* (2003), no Brasil, “morrem 29 pessoas ao dia por doenças decorrentes da qualidade da água e do não tratamento de esgotos” e estima-se que “cerca de 70 % dos leitos dos hospitais estejam ocupados por pessoas que contraíram doenças transmitidas pela água”. Cerca de 80% das enfermidades no mundo são contraídas devido à água poluída (Leite *et al.*, 2003). Devido a estes e outros fatos é que o uso de análise do índice de qualidade de água vem crescendo ao longo dos anos.

Nas Figuras 2 estão representados os valores de IQA_b para os três pontos amostrados nos corpos hídricos estudados. O índice de qualidade da água para o Riacho Bacuri (Figura 2) manteve-se em uma faixa aceitável com um leve aumento no índice de qualidade de água no período chuvoso em relação ao período não chuvoso. O aumento dos valores de IQA_b durante o período chuvoso pode ser atribuído, provavelmente, ao efeito de diluição que ocorreu em função do aumento de vazão do curso de água e a conseqüentemente a redução do poluente e contaminantes esse mesmo comportamento foi observado por Molina *et al.* (2006).

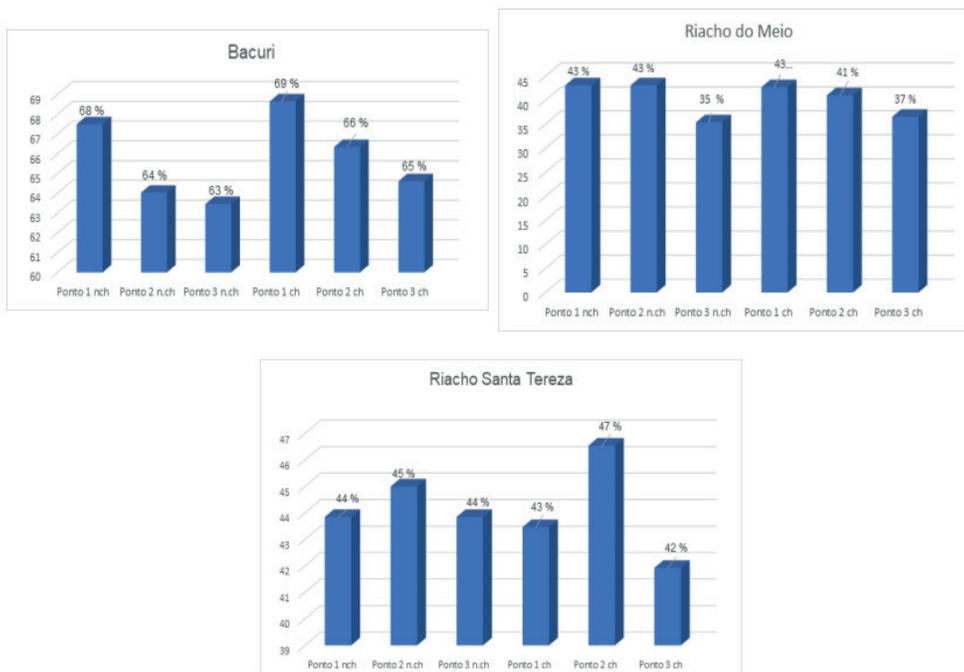


Figura 2. Índices de qualidade de água dos riachos Bacuri, Santa Tereza e do Meio.

Fonte: Autores (2018).

O Riacho Santa Tereza manteve-se em um nível impróprio com uma diminuição leve no índice de qualidade de água no período não chuvoso em relação ao período chuvoso com exceção do ponto 2 onde houve um pequeno aumento no índice de qualidade de água. Dos corpos hídricos investigados o Riacho do Meio foi o que obteve os piores valores para os IQA água variado de desagradável para impróprio esse comportamento deve estar diretamente ligado as condições dos pontos de coletas que são mais afetados pelos lançamentos de efluentes domésticos e sanitários que proporcionam a redução dos valores de IQA_b (Figura 2).

Dos corpos hídricos investigados o riacho do Meio foi o que obteve os piores valores para os IQA água variado de desagradável para impróprio esse comportamento deve estar diretamente ligado as condições dos pontos de coletas que são mais afetados pelos lançamentos de efluentes domésticos e sanitários que proporcionam a redução dos valores de IQA_b (Figura 2).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variações observadas para as variáveis físico-químicas, têm influência da sazonalidade e localização dos pontos de amostragem indicando alterações na qualidade da água e essas alterações ocorrem em virtude de ações antrópicas tais como: os despejos de resíduos domésticos e sanitários líquidos, deflúvio superficial urbanos, assoreamento, disposição inadequada de resíduos sólido e erosão do solo. O estudo sobre a qualidade das águas dos três corpos hídricos investigados demonstra que os principais contaminantes têm origem principalmente nas formas de poluição devido a efluentes domésticos, sanitário, deflúvio superficial urbano e erosões.

Os resultados obtidos demonstram uma fonte alteração pontual nos valores do IQA_b durante período chuvoso. Uma campanha de conscientização aliada a uma readequação das instalações de esgoto e galerias pluviais e fluviais, poderia resolver o problema, de degradação dos corpos hídricos urbanos da cidade de Imperatriz-MA, pois diminuiria a quantidade de resíduos depositados diretamente no corpo hídrico, sem o devido tratamento.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pela concessão da bolsa de pesquisa. Ao Laboratório de Cartografia da UEMASUL – LabCarE na elaboração da representação cartográfica.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, A.; RIBEIRO FILHO, B.G. (2012) Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 34, n. 2, p. 173-179.

BRAGA, Benedito. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Belo Horizonte: Prentice Hall, 2003.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. (2004) Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. Disponível em: < http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/biblioteca_virtual/bv_informativos_tecnicos/Relat%C3%B3rio%20Anual.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2018.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB (2010) Variáveis da qualidade da água. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-dequalidade-das-aguas> Acesso em 10 mar. 2018.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, v. 22, p. 10-16, 2005.

GOUVEIA, R. L.; SELVA. Gestão para a conservação das águas: o estudo de caso do Riacho Parnamirim (Pernambuco). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.9, n.2. p.091-108, 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2022. Imperatriz-MA: IBGE, 2022.

JORDÃO, C. P.; SILVA, A.C.; PEREIRA, J.L.; BRUNE, W. Contaminação por cromo de águas superficiais proveniente de curtumes em Minas Gerais. **Química Nova**. v.22, n.1, p. 47-52, 1999.

LEITE, M. O.; ANDRADE, N. J.; SOUZA, M. R.; FONSECA, L. M.; CERQUEIRA, M. M. O. P.; PENNA, C. F. A. M. **Controle de qualidade da água em indústrias de alimentos**. Leite & Derivados, v.69, p.38-45, 2003.

LIU, W.; ZHAN, J.; ZHAO, F.; YAN, H.; ZHANG, F.; WEI, X. Impacts of urbanization induced land-use changes on ecosystem services: A case study of the Pearl River Delta Metropolitan Region, China. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 228-238, 2019. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.054>.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos Laboratoriais de Análise-Físico-Químicas & Microbiológico ÁGUAS & ÁGUAS**. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2002. 300 p.

MIZUTORI, I.S.; DA SILVA, L.P.; CORRÊA, S.M. **Caracterização da qualidade das águas fluviais em meios Peri-urbanos**: O caso da bacia hidrográfica do Rio Morto – RJ. Dissertação de Mestrado. 162 pg. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

MOLINA, P. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA, L. S. Índice de qualidade de água na microbacia degradada do Córrego Água da Bomba-município de Regente Feijó-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM-CONRID, 26, 2006. Goiânia. **Anais...Goiânia**, 2006. CD-ROM

NASCIMENTO, B. L.M.; GOMES, D. R. C. S.; COSTA. G. P.; ARÚJO, S. S.; SANTOS, L. C.; OLIVEIRA, J. D. Comportamento e avaliação de metais potencialmente tóxicos (Cu (II), Cr (III), Pb(II) e Fe(III)) em águas superficiais dos Riachos Capivara e Bacuri Imperatriz-MA, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 369-378, 2015.

OLIVEIRA, J. D. **Espécies metálicas no Ribeirão Lavapés, Botucatu-SP: estudos envolvendo a distribuição de Cu, Zn, Pb, Ni, Fe, Mn e Cr em amostras de água e sedimentos.** 2006. 166 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, Araraquara, 2006.

PALÁEZ-RODRIGUEZ, M.; PERET, A.; MTSUMURA-TUNDIS, T.; ROCHA, O. Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção da vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. REBOUÇAS, R. (Org.). 2002. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 2.ed. São Paulo, Escrituras. 704p.

PIÑEIRO DI BLASI, J. I.; MARTÍNEZ TORRES, J.; GARCÍA NIETO, P. J.; ALONSO FERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ MUÑIZ, C.; TABOADA, J. Analysis and detection of outliers in water quality parameters from 'different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 60–66, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.054>

RIZZI, N.E Índices de qualidade de água **Sanare**, v.15, n.15, p. 11-20,2001.

Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. 265p.

SANTOS, C.L.; XAVIER, M. R.R.; CORREA, D. N.; PEREIRA JUNIOR, A. Aplicação do índice de qualidade da água no rio Ipixuna e avaliação das condições de balneabilidade com a percepção ambiental dos usuários. **Research, Society and Development**, v.10, n.4, p.1-20, abr. 2021

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A.V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733- 742. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>

SODRE, F. F.; PATRICIO, G.; ZAMORA, P.; GRASSI, M. T. Digestão fotoquímica assistida por microondas, de águas naturais aplicação em estudos de partição e especiação de cobre. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 695-700, 2004.

SZYMANSKA, M.; BURANDT, P.; BAKOWSKA, M.; SOWINSKI, P.; MROZINSKA, N.; OBOLEWSKI, K. Long-term effects of hydromorphological Stream estoration on changes in microhabitats of Ephemera Danica (Ephemeroptera) and its population. **Ecological Indicators**, v. 109, 105810, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105810>.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency - USEPA. **Secondary maximum contaminant levels: a strategy for drinking water quality and consumer acceptability.** 2015. Disponível em: <http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4537.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2020.