

**IMPACTO ANTRÓPICO E QUALIDADE DAS ÁGUAS NO BAIXO
CURSO DO RIO ITAPECURU**

**ANTHROPIC IMPACT AND WATER QUALITY IN THE LOWER COURSE
OF THE ITAPECURU RIVER**

**IMPACTO ANTRÓPICO Y CALIDAD DEL AGUA EN EL CURSO BAJO DEL
RÍO ITAPECURU**

Maria Danyelle Vieira Leal

Mestranda em Biodiversidade e Conservação pela Universidade Federal do Pará – UFPA. Graduada em Licenciatura em Ciências Naturais-Biologia pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA/Campus VII-Codó. Membro do Grupo Interdisciplinar em Pesquisa e Estudos Ambientais – GPEA/UFMA.

mariadanyelle1573@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-2568-4520>

Ueverson Silva de Almeida

Graduado em Licenciatura em Ciências Naturais-Biologia pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA/Campus VII-Codó.

weverson.n2m@gmail.com

Ismael Carlos Braga Alves

Doutorando em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede Bionorte – UFMA/São Luís –MA. Técnico de Laboratório Área – Química do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais – Biologia UFMA/Campus VII/Codó-MA.

ismael.cba@ufma.br / <http://orcid.org/0000-0002-9331-3457>

Alex de Sousa Lima

Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Professor Associado do Curso de Licenciatura em Ciências Humanas/História da Universidade Federal do Maranhão – UFMA/Campus de Codó. Líder do Grupo de Pesquisa e Ensino de Ciências Humanas – PenCiH.

alex.lima@ufma.br / <http://orcid.org/0000-0002-0955-2958>

Paulo Roberto Brasil Oliveira Marques

Pós-Doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. Doutor em Química pelo Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista – IQ-UNESP/Araraquara. Professor do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais-Biologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA/Campus VII-Codó. Coordenador do Grupo Interdisciplinar em Pesquisa e Estudos Ambientais – GPEA/UFMA.

paulo.brasil@ufma.br / <http://orcid.org/0000-0002-2860-0417>

Recebido: 21/09/2022; Aceito: 18/01/2023; Publicado: 28/09/2023.

RESUMO

A sustentabilidade hídrica é questão relevante desde o século passado. Assim, sabendo-se da relevância do Rio Itapecuru para o Estado do Maranhão, o presente trabalho objetivou analisar a qualidade da água do rio por parâmetros físico-químicos, visando também detectar impactos antrópicos a partir de processos de urbanização local. A metodologia utilizada foi o monitoramento

dos parâmetros pH, oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade, condutividade e cor aparente (multiparâmetros), a partir de três campanhas de coleta entre os meses de julho e setembro de 2021, período de transição sazonal na região, em quatro pontos específicos do curso do rio situados na cidade de Codó – MA. Foram efetuados registro fotográficos dos impactos da urbanização. Todos os parâmetros apresentaram estabilidade espacial dentro das oscilações da média. Os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, salinidade e condutividade apresentaram leve queda temporal, já os valores de temperatura sofreram incremento. Todos os parâmetros apresentaram dados dentro do que preconiza a legislação e a análise de variância indicou que não existem diferenças significativas entre os pontos de coleta.

Palavras-chave: Qualidade da água; Parâmetros físico-químicos; Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru.

ABSTRACT

Since the last century, water sustainability has been a concern. Thus, recognizing the importance of the Itapecuru River for the State of Maranhão, the present work aimed to analyze the quality of the river's water using physicochemical parameters, also aiming to detect anthropic impacts resulting from local urbanization processes. The methodology used was to monitor the parameters pH, dissolved oxygen, temperature, salinity, conductivity, and visible color (multiparameter) between the months of July and September 2021, a seasonal transition period in the region, at four specific points of the river's course located in the city of Codó, MA. Photographic records were made of the impacts of urbanization. All parameters showed spatial stability within the media oscillations. The parameters pH, dissolved oxygen, salinity, and conductivity all showed a slight decrease in time, while temperature values increased. All parameters presented data within the limits of the legislation, and the variance analysis revealed that there are no significant differences between the collection points.

Keywords: Water quality; Physicochemical parameters; Itapecuru River Watershed.

RESUMEN

Desde el siglo pasado, la sostenibilidad hídrica ha sido una preocupación. Consciente de la importancia del río Itapecuru para el estado de Maranhão, el presente estudio buscó analizar la calidad del agua del río a través de parámetros físicoquímicos, con el objetivo de detectar impactos antrópicos resultantes de los procesos de urbanización local. La metodología utilizada fue el monitoreo de parámetros de pH, oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, conductividad y color aparente (multiparámetros), de tres campañas de recolección entre julio y septiembre de 2021, período de transición estacional en la región, en cuatro puntos específicos del curso del río ubicado en la ciudad de Codó - MA. Se crearon registros fotográficos de los efectos de la urbanización. Todos los parámetros mostraron estabilidad espacial dentro de las oscilaciones de la media. Los parámetros pH, oxígeno disuelto, salinidad y conductividad mostraron un ligero descenso temporal, mientras que los valores de temperatura aumentaron. Todos los parámetros presentaron datos dentro de los límites de la legislación y el análisis de varianza reveló que no hay diferencias significativas entre los puntos de recolección.

Palabras-clave: Calidad del agua; Parámetros físicoquímicos; Cuenca hidrográfica del río Itapecuru.

INTRODUÇÃO

A questão ambiental tem sido pauta em discussões mundiais desde meados do século passado, evocando diversos temas multidisciplinares para olhares além de ações conservadoras. A discussão sobre o ambiente atualmente tem se relacionado com vários aspectos teórico-práticos, podendo ter abordagens educacionais, políticas, cidadãs,

econômicas, culturais, sociais, entre outras tantas, que interagem entre de si de forma holística e interdependente (MACEDO, 2000).

Os diversos impactos que o ambiente vem sofrendo, de forma rápida e degradante, têm sido diretamente associados aos processos de urbanização e crescimento populacional desordenado, inflados pelo acelerado crescimento das cidades, o que evidencia uma concentração elevada de pessoas em espaços restritos e que atualmente tem direcionado o processo para áreas periurbanas (SILVA et al., 2014). Dentre as formas conhecidas de impactos por poluentes, existem as pontuais, quando a origem, a constituição e as quantidades podem ser determinadas ou estimadas, e as difusas, compostas pelos materiais transportados pelo escoamento superficial e que se destinam em sua maioria aos corpos d'água (PEREIRA et al., 2021).

Dentre os diversos compartimentos ambientais impactados pelo processo de urbanização, nas últimas décadas tem emergido de forma preocupante a questão sobre a qualidade da água no planeta. A degradação dos recursos hídricos tem se tornado um dos assuntos mais discutidos na atualidade, processo esse impactado pelo atual modelo de desenvolvimento econômico e social, que conseqüentemente vem tornando a água de qualidade cada vez mais escassa, impactando o equilíbrio do compartimento aquático, fator este que, segundo Barlow (2015), interfere diretamente na saúde, assim como no bem-estar humano, visto a suma importância da água na manutenção da vida e de atividades associadas a ela.

No Brasil, de acordo com Libânio et al. (2005), as péssimas condições sanitárias, confirmadas em muitas das bacias hidrográficas consistente e desordenadamente ocupadas, assim como a disposição inadequada de resíduos sólidos nas mediações de cursos d'água ou em locais sem infraestrutura adequada, resultam na degradação generalizada dos elementos naturais e, obviamente, dos recursos hídricos. Com relação às águas dos efluentes urbanos advindos dos esgotos, há preocupação devido às doenças associadas à ingestão, ao contato e aos usos da água na irrigação. Os cursos d'água, transformados em esgotos urbanos, geralmente apresentam as seguintes características físicas: materiais sólidos, alterações na temperatura da água, mudanças de odor, variações na cor e turbidez. Quanto às características químicas, podem ser agrupadas em: proteínas, carboidratos, gorduras, surfactantes e fenóis (BRASIL, 2019).

Portanto, é de suma importância para a qualidade ambiental de um sistema aquático o mapeamento e o monitoramento de possíveis pontos de impactos antrópicos, sobretudo quando se foca em ecossistemas lóticos, como é o caso dos rios, visto que a mobilidade da

massa de água pode inferir em uma falsa impressão de rápida depuração de poluentes (JACOB; GRANDISOLI, 2017).

No caso específico da bacia hidrográfica do Rio Itapecuru, no Estado do Maranhão, além de complicações decorrentes da sua poluição por esgotos domésticos e por possíveis impactos de resíduos/rejeitos que carregam matéria orgânica e nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo, entre outros compostos que podem afetar a qualidade da água, ainda há a destruição das matas de galeria e assoreamento, que estão presentes em todo o seu curso, sendo agravados nos trechos mais urbanizados (MARTINS, 2019).

Por ser o principal curso d'água dessa bacia, o Rio Itapecuru acaba por concentrar todos esses problemas supracitados. Na cidade de Codó-MA, observa-se intensa descarga de esgotos domésticos não tratados lançados diretamente no leito do rio, além dos evidentes desmatamentos e atividades de dragagem. Tais ações podem comprometer consideravelmente a qualidade da água e conseqüentemente os múltiplos usos empregados nas águas da bacia hidrográfica, dos quais se podem destacar: o abastecimento humano, a recreação, a dessedentação de animais, a agricultura de vazante e a irrigação, bem como o meio ambiente que necessita da qualidade da água integral para o desenvolvimento seguro e sustentável de seus processos naturais (ALCANTARA, 2004).

Em tais circunstâncias, para que a água de qualidade seja assegurada a todos, é necessário o uso de instrumentos que permitam a verificação e a mensuração dessa qualidade. Uma ferramenta pertinente nesse quesito é o monitoramento, que consiste no acompanhamento da qualidade da água a partir da análise de seus parâmetros físico-químicos e biológicos, que resulta na identificação do possível nível de degradação do corpo hídrico ao longo do tempo (FERREIRA; CUNHA-SANTINHO, 2015).

Esses parâmetros são então aferidos por meio de concentrações, teores e valores numéricos, sendo regidos e estipulados no território nacional pela Resolução nº 357 de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, em consonância com a finalidade de uso da água (BRASIL, 2005).

Desse modo, a presente pesquisa buscou mapear possíveis pontos de impactos da urbanização na cidade de Codó-MA sobre o Rio Itapecuru, impactos estes que podem afetar a qualidade da água local e regional da bacia hidrográfica. Buscou-se também efetuar o monitoramento físico-químico da qualidade da água do rio no período de transição sazonal, a partir de parâmetros que podem estabelecer bases e indicar ações futuras de gerenciamento ambiental. Com isso, busca-se estabelecer um diagnóstico com base na legislação vigente, constituindo dados iniciais de monitoramento local, a fim de cooperar com ações futuras de monitoramento desse rio e de sua bacia hidrográfica no trecho

correspondente à área de estudo. A carência de estudos e a fragilidade ambiental da bacia do rio Itapecuru reforçam de atenção pelo monitoramento ambiental deste importante ambiente aquático.

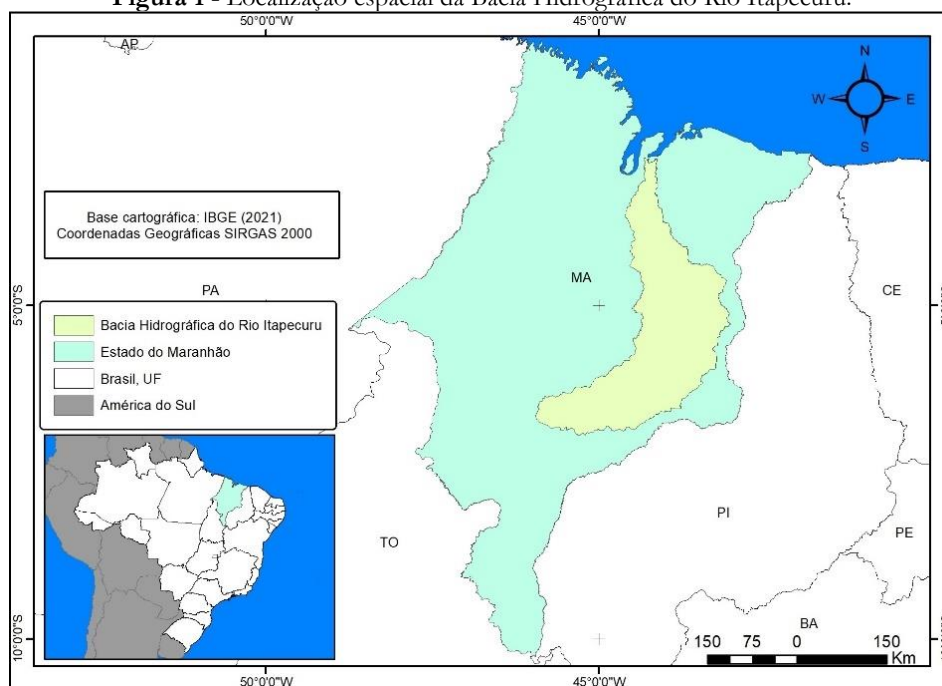
METODOLOGIA

Área de estudo

O presente estudo segue os preceitos da análise quantitativa e foi desenvolvido na área que compreende o baixo curso do Rio Itapecuru, sobretudo na cidade de Codó-MA. A cidade está inserida na Mesorregião Leste Maranhense, Microrregião Codó, abrangendo uma área de 4.361,606 km², com uma população estimada de 123.368 pessoas e densidade demográfica de 27,06 habitantes/km² (IBGE, 2021).

A bacia hidrográfica do Rio Itapecuru situa-se em uma zona de transição dos climas semiáridos do interior do Nordeste para os úmidos equatoriais da Amazônia e é a segunda maior rede de drenagem do Estado do Maranhão, ocupando uma extensa área do território estadual com superfície total de aproximadamente 52.970 km² (Figura 1). O rio nasce no sistema formado pelas serras de Crujeiras, Itapecuru e Alpercatas, a cerca de 530 m de altitude, percorrendo 852,71 km, até desaguar na baía do Arraial, a sudeste da Ilha do Maranhão, por dois braços denominados Tucha e Mojó (BRASIL, 2006).

Figura 1 - Localização espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru.



Fonte: elaborado a partir de IBGE (2021).

A bacia detém ecossistemas de grande diversidade biológica e de recursos hídricos. Porém, nas últimas três décadas, a ampliação das atividades econômicas e o avanço da urbanização das cidades em suas margens sem o devido ordenamento territorial e planejamento hídrico tem ocasionado a supressão das áreas verdes, a redução da biodiversidade, a aceleração de processos erosivos, a ocorrência de inundações e o assoreamento do rio e de seus afluentes, ampliando as áreas de risco (MASULLO et al., 2019).

Em algumas cidades, como Codó e Caxias, que margeiam o Rio Itapecuru em seu médio-baixo curso, as principais formas de degradação advêm da poluição causada por esgotos domésticos, disposição dos resíduos sólidos, poluição difusa de origem agrícola, eutrofização de lagos, córregos e riachos, desmatamento desordenado, falta de proteção do manancial superficial e subterrâneo, irrigação e extração de areia (VALE et al., 2014).

Esse processo de deterioração de corpos hídricos ocasionado pelos diversos impactos antrópicos locais, como no caso do Rio Itapecuru, soma com a poluição deste compartimento, levando a deterioração da qualidade da água, o que proporciona um estado de degradação em ampla esfera ambiental e o que claramente justifica o monitoramento contínuo de parâmetros de qualidade da água estabelecido por legislação vigente (BRASIL, 2005).

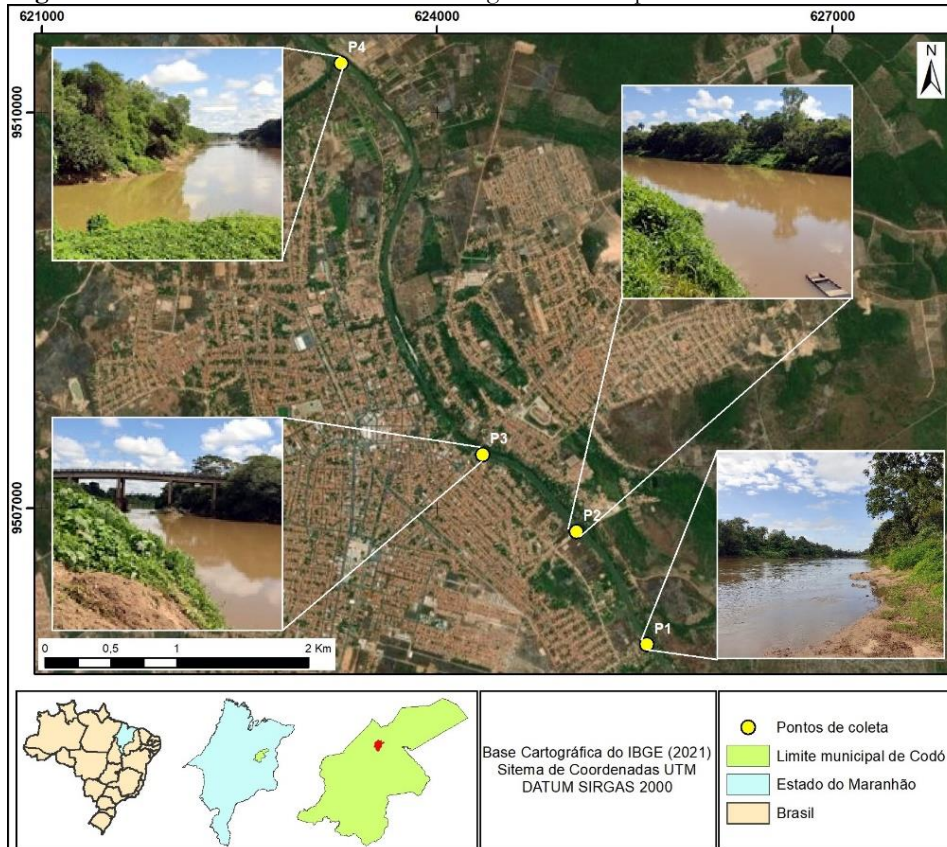
Amostragem, análises e tratamento dos dados

A determinação dos pontos de coleta foi efetuada com base no perfil de possíveis impactos antrópicos sobre as águas do Rio Itapecuru na cidade de Codó. Foram então definidos quatro pontos de coleta, a partir da geolocalização espacial via plataforma de *internet Google Earth*, como apresentado na Figura 2. Os quatro pontos foram definidos numericamente como: 1) montante perimetral urbano; 2) centro perimetral urbano1; 3) centro perimetral urbano 2; 4) jusante perimetral urbano. Os pontos 1 e 2 objetivaram avaliar a qualidade da água a partir da entrada do fluxo do rio na cidade de Codó, com baixa e média interferência da urbanização. O ponto 3 objetivou avaliar a influência da urbanização sobre a qualidade da água, no centro da cidade. E por fim o ponto 4, pelo qual passa toda a influência do fluxo da água do rio da cidade, visto que se localizou em um ponto logo após as áreas urbanas, na saída da cidade de Codó.

A elaboração dos documentos cartográficos foi realizada no ambiente SIG do *software QGis 3.16.8* a partir das malhas territoriais do IBGE (2021) (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>),

com o uso de imagem renderizada disponível no próprio programa (Web -> QuickMapServices -> Google -> Google Satélite) e dados do trabalho de campo.

Figura 2 - Pontos de coleta das amostras de água do Rio Itapecuru na cidade de Codó-MA.



Fonte: elaborado no QGis 3.16.8 com imagem Google Satélite a partir das malhas territoriais do IBGE (2021) e trabalho de campo (2021).

Após seleção e identificação dos pontos, foram definidas três campanhas para coleta das amostras de água para o período de transição entre as estações de estiagem e chuva na região dos cocais, realizadas nos meses de julho, agosto e setembro do ano de 2021. Cada campanha contou com duas etapas, a saber: 1) atividade de campo; 2) atividade laboratorial.

Desse modo, durante a etapa 1, foram efetuadas aferições da temperatura da água a partir da utilização de termômetro de vidro convencional de laboratório e coleta de 1000 ml de amostra bruta de água do rio para cada ponto de coleta (margem do rio), no período da manhã, geralmente entre 08:30 e 10:00h, sendo então armazenadas em frascos de polietileno e guardados imediatamente em caixa de isopor e transportados para o laboratório. Durante o percurso das campanhas, foram efetuados registros fotográficos de imagens de pontos de impactos antrópicos no curso do rio, na área urbana da cidade de Codó-MA.

Em laboratório (etapa 2), foram realizadas as análises das amostras. Para as medidas de pH, condutividade, oxigênio dissolvido e salinidade utilizou-se o aparelho multiparâmetro AK88 e para medidas de cor aparente da água, o medidor AK530, ambos da empresa AKSO. O equipamento foi calibrado de acordo com o protocolo de cada aparelho um dia antes das atividades de coleta, com exceção da sonda de oxigênio dissolvido pertencente ao aparelho AK88, visto que a recomendação do fabricante foi de calibração no dia de uso.

As medidas dos parâmetros foram feitas no mesmo dia da coleta por meio de triplicatas, sendo usado 50 ml da amostra em cada análise, iniciando-se sempre pelas medidas do parâmetro oxigênio dissolvido, visto a atividade microbológica que levaria ao consumo do oxigênio da amostra no frasco de polietileno. Os demais parâmetros foram analisados em ordem aleatória.

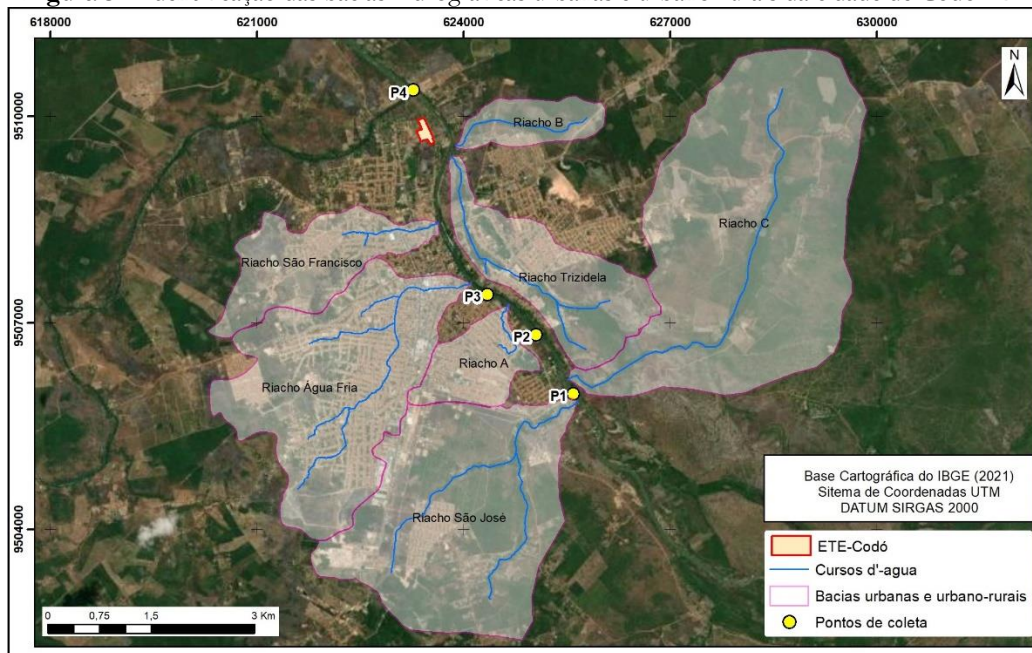
Os dados obtidos foram tabulados em planilha Excel© para análises estatísticas da média aritmética, desvio padrão, coeficiente de variação das triplicatas e análise de variância (ANOVA). Esta foi aplicada com o objetivo de avaliar variância significativa entre os pontos de coleta, utilizando-se um nível de significância de 0,05 (VIEIRA, 2018). Posteriormente esses dados foram trabalhados e analisados a partir do comportamento espacial e temporal de cada parâmetro comparados com a literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levantamento de pontos de impactos antrópicos em Codó-MA

Inicialmente foram identificadas as bacias hidrográficas urbanas e urbano-rurais (Figura 3) que diretamente contribuem com os aspectos discutidos neste estudo. Entende-se que são fontes de contribuição de poluentes ao Rio Itapecuru: 1) margem direita os riachos B e C, urbano-rurais, e riacho Trizidela, urbano; 2) margem esquerda os riachos A, Água Fria e São Francisco, em área urbana e riacho São José em ambiente urbano-rural.

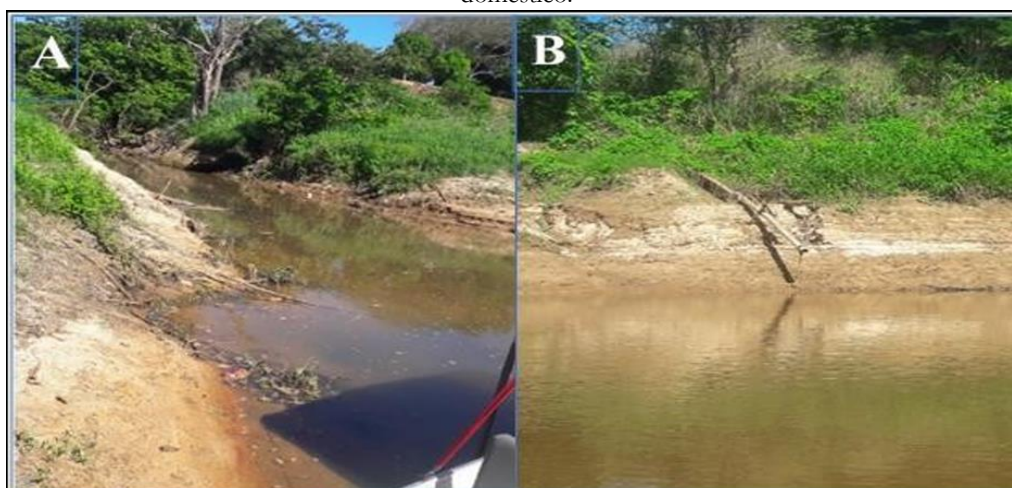
Figura 3 – Identificação das bacias hidrográficas urbanas e urbano-rurais da cidade de Codó-MA.



Fonte: elaborado no QGIS 3.16.8 com imagens do Google Satélite a partir das malhas territoriais do IBGE (2021) e trabalho de campo (2021).

O riacho Água Fria (Figura 4A) é um afluente que nasce dentro do município de Codó e deságua no Rio Itapecuru. Com isso, é suscetível a sofrer diversos impactos ambientais, pois muitos comércios e casas próximas acabam por despejar seus esgotos nele, ocasionando poluição das águas. Algumas famílias próximas ao próprio Rio Itapecuru despejam seu esgoto diretamente no rio (Figura 4B).

Figura 4 - A) Riacho água fria poluído, desaguando no Rio Itapecuru. B) Tubulação de descarte de esgoto doméstico.



Fonte: autoria própria.

Foram localizados cinco pontos específicos de descargas de esgotos na área urbanizada da cidade, relacionados aos despejos de bairros populosos da cidade de Codó. O efeito de cargas de esgoto não tratado lançados diretamente no rio pode comprometer a

biota e a qualidade da água para fins tanto recreativos como de irrigação e consumo (SOUZA; GASTALDINI, 2014).

O rio Itapecuru é uma grande fonte de subsistência para muitas famílias por todo seu percurso, da nascente até o ponto onde o mesmo desemboca, sendo fonte de alimento (pescado) e renda para milhares de pessoas, como por exemplo, no uso da extração de areia do leito do mesmo por meio de motores que agem como bombas de sucção (Figura 5).

A questão da dragagem ainda é discutida de forma tímida, visto que o impacto na dinâmica do rio não é um processo fácil e rápido de se avaliar. A atividade de dragagem na cidade de Codó é uma atividade que faz parte da rotina comercial da cidade e que está sujeita ao licenciamento ambiental mediante a Resolução N° 237/97, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. O licenciamento é feito pelo Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM e pela a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA (CASTRO, 2002). Apesar de ser uma atividade legalizada, a fiscalização e o monitoramento da atividade ainda são incipientes.

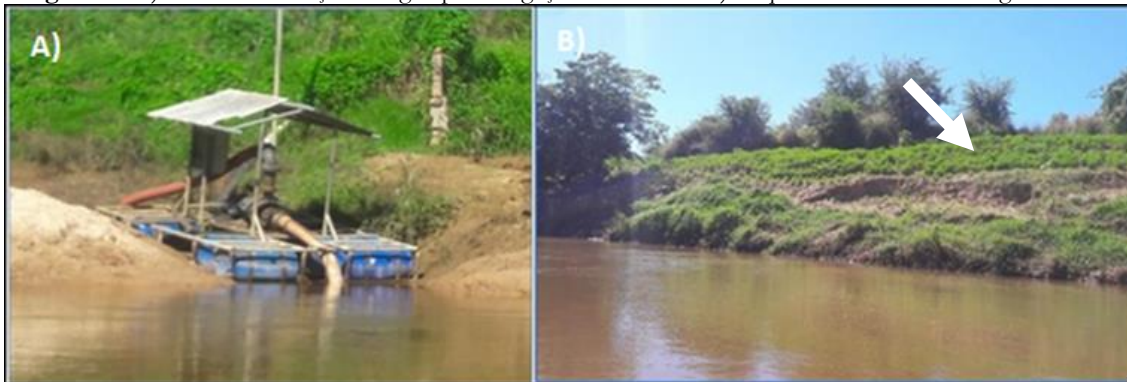
Figura 5 – Ponto de extração de areia do leito do rio.



Fonte: autoria própria.

Alguns desses motores vistos às margens do Rio Itapecuru servem para transportar água para sistemas de irrigação de lavouras de moradores próximos ao rio, como apresentado na Figura 6A. Foram observadas diversas plantações nas margens ao longo do percurso do Rio Itapecuru (Figura 6B). As plantações fazem uso da água do rio para irrigação o que pode comprometer a qualidade do alimento, além de prejudicar as margens do rio pelo desmatamento de mata ciliar e ocasionar erosão no leito do rio (JACOB; GRANDISOLI, 2017).

Figura 6 - A) Ponto de extração de água para irrigação de lavoura. B) Pequenas lavouras às margens do rio.



Fonte: autoria própria.

A partir desses dados observados e registrados no trabalho, infere-se que, atualmente, o Rio Itapecuru se encontra impactado por ações antrópicas. Não existe um método ou diagnóstico específico para se indicar vulnerabilidade de água de rio, como se tem para águas subterrâneas, porém é preciso um estudo mais específico para avaliar esse impacto e seus possíveis efeitos para o Rio Itapecuru. Contudo, esses impactos certamente atuam na dinâmica do ambiente, sobretudo no compartimento água e suas interações (SOUZA; GASTALDINI, 2014).

Avaliação espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos da água

Os dados obtidos para as análises laboratoriais estão apresentados na Tabela 1, na qual exprime os valores médios para cada ponto, a média da campanha, o desvio padrão e o coeficiente de variação para os valores nas três campanhas efetuadas.

Tabela 1 - Dados da variação espacial/temporal aferidos para todos os parâmetros em estudo.

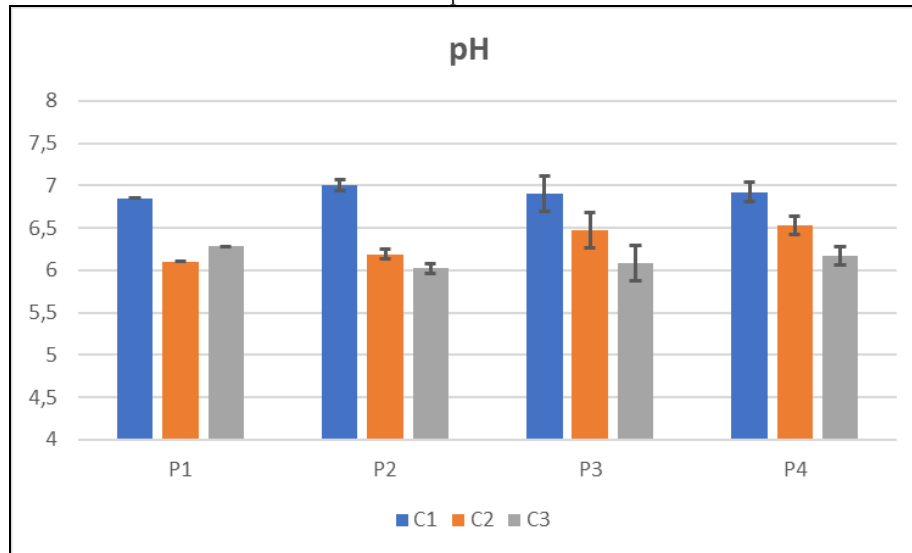
PARÂMETROS						
	pH	Salinidade (ppt)	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio dissolvido (%)	Cor aparente (uH)	Temperatura da água (°C)
Pontos	Campanha 1					
P1	6,85	0,03	60,6	67,7	28,0	28,0
P2	7,00	0,03	61,7	63,7	29,0	28,0
P3	6,90	0,03	62,6	63,0	28,5	29,0
P4	6,92	0,03	63,0	62,3	27,5	28,0
Pmed	6,92	0,03	61,98	64,18	28,25	28,25
Dp	0,062	0,000	1,066	2,419	0,645	0,500
CV%	0,90	0,00	1,72	3,77	2,28	1,77
	Campanha 2					
P1	6,10	0,03	48,3	60,6	29,0	28,0
P2	6,19	0,03	47,8	62,6	28,0	29,0
P3	6,47	0,03	49,6	60,3	28,0	29,0
P4	6,53	0,03	49,6	60,3	29,0	29,0
Pmed	6,32	0,03	48,83	60,95	28,50	28,75

Dp	0,210	0,000	0,918	1,109	0,577	0,500
CV%	3,32	0,00	1,88	1,82	2,03	1,74
Campanha 3						
P1	6,28	0,02	37,0	38,2	29,0	29,5
P2	6,02	0,02	36,2	39,5	29,0	30,0
P3	6,08	0,02	37,4	39,1	30,0	30,0
P4	6,17	0,02	38,3	38,5	32,0	30,0
Pmed	6,14	0,02	37,23	38,83	30,00	29,88
Dp	0,113	0,000	0,873	0,585	1,414	0,250
CV%	1,85	0,00	2,35	1,51	4,71	0,84

* P = Ponto; Pmed = média geral do parâmetro; Dp=desvio padrão; CV=coeficiente de variação.
Fonte: Autoria própria, 2022.

Os dados obtidos para o parâmetro pH estão apresentados na forma de gráfico a partir da Figura 7. Os valores de pH para as três campanhas encontraram-se entre 6,0 e 7,0, logo o valor médio para a campanha mantém-se dentro do aceitável, estando em conformidade com os padrões estipulados pela Resolução CONAMA n° 357/05 para o potencial hidrogeniônico, que está entre 6,0 e 9,0 para água doce, classe II (BRASIL, 2005).

Figura 7 - Gráfico dos dados obtidos para o parâmetro pH nos quatro pontos de coleta e nas três campanhas.



Fonte: autoria própria.

Observou-se que os valores mais aproximados da neutralidade foram encontrados na primeira campanha de coleta, que apresentou dados com estabilidade na variação espacial, visto que os valores entre os pontos de coleta estão bem próximos da média, sem oscilações expressivas. Essa coleta foi efetuada no mês de julho, período em que marca o início da estiagem no município de Codó.

As demais campanhas apresentam um leve decaimento nos valores (incremento na acidez) quando comparadas com a primeira. Observou-se que o valor obtido para a média da campanha 2 foi o de maior variação espacial, visto que o coeficiente de variação foi de 3,32%. Para a campanha 3, os dados indicam o caráter ácido das amostras de água analisadas, em que a média da campanha foi de $6,14 \pm 0,113$ (CV=1,85%).

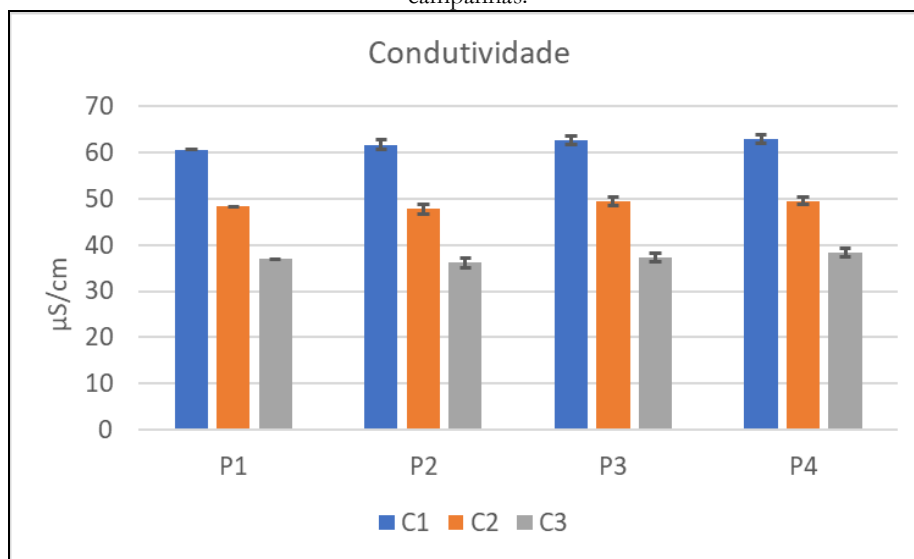
A leve variação sofrida pelo pH evidencia que o equilíbrio do íon hidrogênio no meio aquático do rio não tem sofrido expressivas alterações advindas dos impactos antrópicos que o acometem. Essa variação está mais diretamente associada à variação natural desse parâmetro, em detrimento da dissolução de matéria orgânica, diminuição do volume de água do rio, por conta do período de transição para o período de estiagem e oscilações de radiação solar (atividade fotossintética), entre outros, mas o que não descarta a influência do despejo de esgoto *in natura* no rio (SCHAFER, 1984).

Os dados para o parâmetro salinidade apresentaram comportamento de estabilidade espacial e temporal, tendo valor de 0,003 ppt para os pontos das campanhas 1 e 2, e de 0,002 ppt para todos os pontos da campanha 3, ambos sem desvios, o que confere teor de soluto em nível característico de água doce, visto que o percentual da concentração de soluto não ultrapassou a porcentagem exigida pela Resolução CONAMA nº 357/05, de 0,5% para o enquadramento nessa tipagem (BRASIL, 2005).

A salinidade é uma característica dos sais dissolvidos na água, sendo vital para o desenvolvimento de vidas aquáticas, podendo ter relação também com impactos antrópicos. Segundo Esteves (1998), quanto maior a quantidade de sais dissolvidos em água, maior será a condutividade. Desse modo o comportamento de redução temporal desse parâmetro pode estar relacionado à redução da concentração da salinidade, fato este comentando anteriormente, em que se apresenta uma redução da salinidade na terceira campanha. O uso da água do rio para diversos fins deve ter o controle do monitoramento desse parâmetro, se possível, a caracterização iônica da água quando se pensa em fins agronômicos (ESTEVES, 2011).

A Figura 8 apresenta o gráfico relativo aos dados do parâmetro condutividade. A legislação não faz alusão ao parâmetro, embora a literatura aponte que águas naturais apresentem teores de condutividade na faixa entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (POHLING, 2009). Assim, a condutividade elétrica para todos os pontos e entre as campanhas foi enquadrada em caráter aceitável, variando entre 36,2 e 63,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 8 - Gráfico dos dados obtidos para o parâmetro condutividade nos quatro pontos de coleta e nas três campanhas.

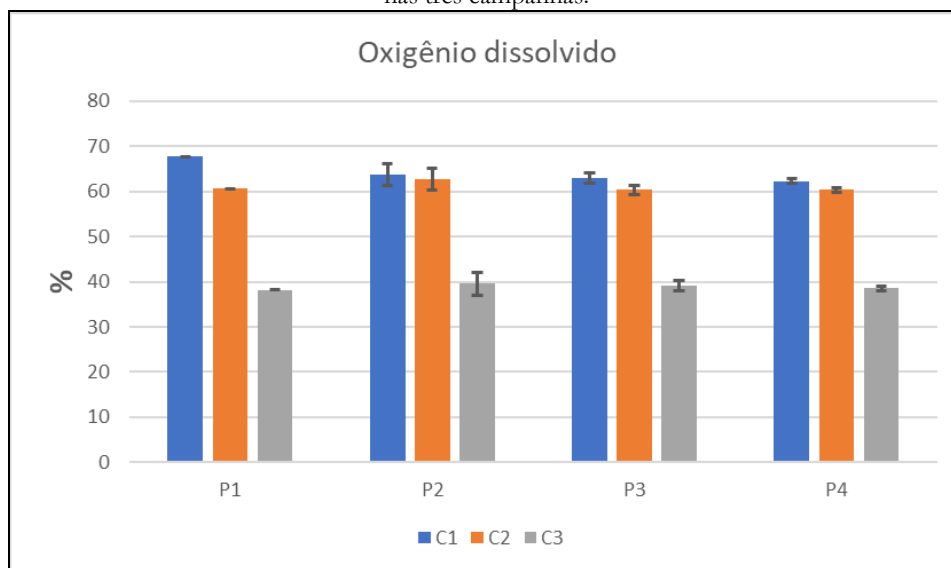


Fonte: autoria própria.

Observou-se uma tendência para um incremento de valor entre os pontos 1 até o 4, ou seja, uma variação espacial, que pode ter sido ocasionada pelos impactos de descargas de esgoto *in natura* direto no leito do Rio Itapecuru a cada ponto. Porém, apesar desse comportamento se manter nas outras campanhas, os dados de variação temporal (entre campanhas) indicam uma queda de valores durante a transição entre os períodos chuvoso e estiado.

O oxigênio dissolvido foi analisado a partir dos valores de porcentagem de saturação (%OD). A partir da Figura 9, observou-se uma queda na concentração para cada campanha, ou seja, diminuição de valores para a variação temporal e um padrão de estabilidade para a variação espacial, com valores próximos à média, com baixos desvios (abaixo de 4%).

Observou-se que o valor mais elevado para a campanha 1 foi denotado para o ponto de coleta P1, a montante da área urbana, indicando maior nível de saturação de oxigênio dissolvido nas águas ainda não impactadas, de forma antrópica, pela urbanização da cidade e, ainda, sobre influência das chuvas.

Figura 9 - Gráfico dos dados obtidos para o parâmetro oxigênio dissolvido nos quatro pontos de coleta e nas três campanhas.

Fonte: autoria própria.

As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos naturais que ocorrem nos corpos d'água, sendo que a sua solubilidade na água, assim como de todos os outros gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão (ESTEVES, 2011; SCHAFER, 1984). A diminuição das taxas de oxigênio para a terceira campanha pode estar associada à diminuição do nível do rio durante a transição do período chuvoso para o estiado e aumento das temperaturas, além de maior período de insolação diurna, por conta de menor disponibilidade de nuvens. Assim, quanto maior a temperatura, mais dispersão do oxigênio na água, maior tendência a evaporação.

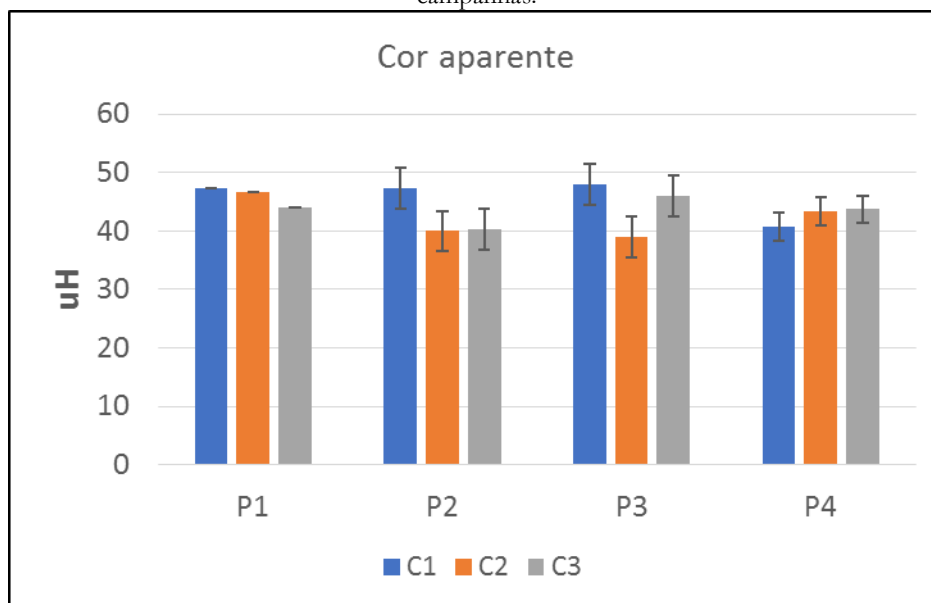
Embora não se tenha realizado aferição da pressão, considera-se que tal colocação possa explicar a diminuição de concentração desse parâmetro no presente estudo, visto que em cada campanha houve aferição de temperaturas diferentes nos períodos correspondentes, com o comportamento variando dois graus (de 28 a 30 °C) para o aumento sensível da temperatura, como apresentado na Tabela 1.

A legislação abrange tal parâmetro em seus critérios de qualidade, mas apresenta tal dado em mg. l⁻¹, em que o oxigênio disposto no corpo hídrico não deve ser inferior a 5 mg. l⁻¹ para águas doces de classe II (BRASIL, 2005). Novamente considera-se também que as cargas de esgotos podem influenciar a qualidade das águas do Rio Itapecuru, pois quanto maior a carga de esgoto, maior o consumo de oxigênio dissolvido para oxidação da matéria orgânica despejada no leito do rio (SILVA, 2016).

O parâmetro cor aparente, como apresentado na Figura 10, apresentou os valores mais elevados de coeficiente de variação entre todos os parâmetros estudados,

evidenciando menor semelhança entre os valores obtidos a partir das medidas aferidas. É possível notar uma tendência de queda de valores na variação temporal pela diminuição das taxas de coloração.

Figura 10 - Gráfico dos dados obtidos para o parâmetro cor aparente nos quatro pontos de coleta e nas três campanhas.



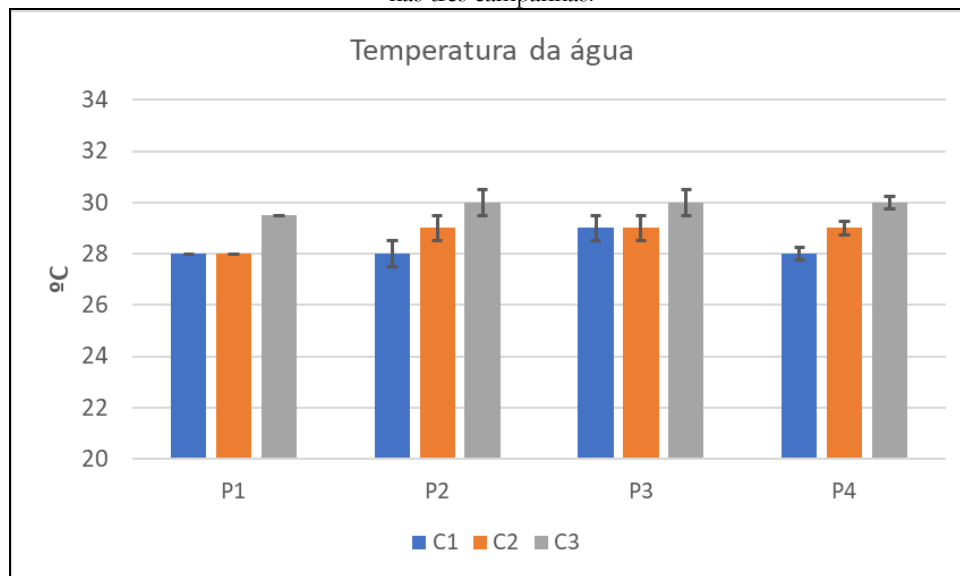
Fonte: autoria própria.

As variações na coloração da água de rio podem estar associadas diretamente a processos naturais, como decomposição de matéria orgânica e de minerais metálicos a base de ferro e manganês. Provavelmente a redução das chuvas no período de transição pode ter influenciado os dados aqui apresentados, pois tal aspecto acarreta diminuição no aporte de águas urbanas residuárias de chuva e de acúmulo de matéria orgânica oriunda das margens do rio. Porém, não se deve descartar a influência dos impactos antrópicos, como a descarga de esgotos domésticos e comerciais, aspecto marcante na cidade de Codó (CAMPOS, 2010). A legislação não faz menção sobre a cor aparente, mas indica que a cor verdadeira seja de no máximo 75 mg Pt L^{-1} para os corpos hídricos de água doce classe II (BRASIL, 2005). A relação entre as unidades de Hanzen (uH) e mg Pt L^{-1} é de 1:1, ou seja, $1\text{uH}=1 \text{ mg Pt L}^{-1}$. Logo, os dados aferidos não ultrapassam o estabelecido para esse parâmetro. As águas naturais apresentam valores entre 0 e 200 uH, assim todos os dados coletados se apresentam dentro da faixa de cor considerada adequada.

A Figura 11 apresenta a variação dos dados para as medições da temperatura da água nas campanhas. Os valores para a temperatura não tiveram oscilações relevantes, tendo uma faixa de $2 \text{ }^\circ\text{C}$ de amplitude para o comportamento temporal, com tendência a elevação de temperatura a cada campanha, o que corrobora com variações comuns nas

condições de tempo durante o período de transição da estação chuvosa para a estiagem na região onde se localiza o estudo. A maior variação espacial foi de 1,77%, também considerada baixa. A temperatura atmosférica nas coletas variou entre 28,3 a 29,3 °C, em média, entre as campanhas, com CV% máximo de 4%.

Figura 11 - Gráfico dos dados obtidos para o parâmetro temperatura da água nos quatro pontos de coleta e nas três campanhas.



Fonte: autoria própria.

A temperatura é uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em trânsito e pode ter influência sobre a salinidade, pH, saturação de oxigênio, alcalinidade, entre outros parâmetros físico-químicos, sendo primordial para o desenvolvimento de comunidades aquáticas, uma vez que pode inferir sobre as taxas de reprodução, crescimento e alimentação (ESTEVES, 2011).

ANOVA

A análise de variância foi realizada para cada um dos parâmetros em estudo a partir dos dados obtidos para os diferentes pontos de coleta. A hipótese testada foi a da existência de variação significativa entre os pontos de coleta, buscando entender o comportamento do corpo d'água durante o percurso sob influência da urbanização da cidade de Codó-MA.

Os dados foram digitados em planilha Excel© e avaliados a partir da ferramenta "análise de dados", por ANOVA de fator único, tendo a hipótese nula compatível a partir da obtenção de p-valor elevado (acima de 0,05), como citado anteriormente. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de significância a partir de p-valor obtido pelas análises de variância.

Parâmetro	Significância
pH	0,975
Salinidade	1,000
Condutividade	0,997
Oxigênio dissolvido	0,998
Cor aparente	0,563
Temperatura da água	0,718

Fonte: Autoria própria, 2022.

Os dados de p-valor da Tabela 2 indicaram que não existem diferenças significativas entre os valores obtidos dos parâmetros para a variação dos pontos de coleta, pois todos os valores de significância estão acima de 0,05, o que torna a hipótese nula, ou seja, pode se afirmar que, estatisticamente, a variação espacial não está influenciando de forma significativamente a variação dos dados obtidos.

Essa afirmação indica que as diferenças citadas para definição dos pontos de coleta, que objetivaram avaliar os impactos da urbanização, não estão sendo estatisticamente percebidas pelos dados obtidos, o que não elimina os possíveis impactos antrópicos a partir dos pontos registrados nas margens do Rio Itapecuru. Somente evidencia que a massa d'água consegue manter seus padrões de equilíbrio desse compartimento ambiental e que a influência da ação antrópica está sendo minimizada ao ponto de não alterar significativamente o ambiente aquático.

Santos et al. (2020) aplicaram ANOVA para avaliar as diferenças significativas entre treze parâmetros físico-químicos em análise de água da bacia hidrográfica do Arroio Moreira/Fragata (RS), e nela encontraram resultados significativos apenas para a saturação de oxigênio dissolvido, com nível de significância de 0,005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, conclui-se que os parâmetros físico-químicos analisados nesta pesquisa se encontram em conformidade com os padrões estipulados pela CONAMA n° 357/05 para a qualidade da água doce, tipo II. As variações nas medidas tiveram um comportamento paramétrico, com baixos desvios em torno da média. A análise de variância (ANOVA) indicou não haver diferenças significativas entre os dados obtidos para os distintos pontos de coleta.

O Rio Itapecuru, na cidade de Codó, apresentou diversos pontos de impacto antrópico oriundos de processos de urbanização desordenada registrados pela presente

pesquisa, o que pode corroborar com futuros processos de poluição deste corpo d'água, sob influência nas variáveis ambientais que incidem sobre os parâmetros aqui estudados e, conseqüentemente, sobre a qualidade da água do rio.

Contudo, apesar de os resultados se enquadrarem em uma perspectiva aceitável de qualidade ambiental para os parâmetros estudados, é importante ressaltar que não excluem a necessidade de monitoramento contínuo. Além disso, é interessante a implementação de medidas que visem a recuperação e a preservação do curso do rio no trecho da cidade de Codó-MA, considerando o crescimento da população e em conseqüente degradação dos recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMA – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H., Caracterização da bacia hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 11, p. 97-113, fev. 2004. Disponível em: <<https://silo.tips/download/caracterizaaao-da-bacia-hidrografica-do-rio-itapecuru-maranhao-brasil-characteriz>>. Acesso em: 06 abr. 2022.

BARLOW, M. **Água - futuro azul**: como proteger a água potável para o futuro das pessoas e do planeta para sempre. São Paulo: M. Books do Brasil, 2015. 312 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/506/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_Edicao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 set. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da região hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental**. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3483/Parte-1-Caderno-da-Regi%C3%A3o-Hidrogr%C3%A1fica-Atl%C3%A2ntico-Nordeste-Ocidental_MMA.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 jan. 2022.

CAMPOS, M. L. A. M. **Introdução a biogeoquímica de ambiente aquáticos**. Campinas: Editora átomo, 2010. 209 p.

CASTRO, S. M.; ALMEIDA, J. R. Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 3, p. 519-534, set./dez. 2012. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/sn/a/rMwQSBNvCfmmm7CkJkVqShf/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 06 set. 2022.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. **Municípios na bacia hidrográfica do Rio Itapecuru** - área de atuação da CODEVASF, 2019. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/area-de-atuacao/bacia-hidrografica/arquivos/itapecuru.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. São Paulo: Interciência, 2011. 826 p.

FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B. Monitoramento da qualidade da água do rio monjolinho: a limnologia como uma ferramenta para a gestão ambiental. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 16, n. 1, p. 27-37, mar. 2015. Disponível em: <<https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/4382>>. Acesso em: 25 ago. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**: Codó, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/codo.html>>. Acesso em: 17 fev. 2022.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. **Água e sustentabilidade**: desafios, perspectivas e soluções. São Paulo: IEE-USP, 2017. 110 p.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, jun. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/DLtJG9yFQ89CBxKpMpDSyMC/?lang=pt>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**. São Paulo: Editora Varela, 2000. 1.000 p.

MARTINS, R. A. **Qualidade da água do baixo curso do Rio Itapecuru e as suas implicações na saúde humana e usos múltiplos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <<https://tedebc.ufma.br/jspui/bitstream/tede/3014/2/RUBENILSONMARTINS.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2021.

MASULLO, Y. A. G.; SOARES, L. S.; CASTRO, C. E.; PINHEIRO, E. A. L. Dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Itapecuru – MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 3, p. 1054-1073, maio 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/239807>>. Acesso em: 04 jan. 2022.

PEREIRA, M. C. S.; MARTINS, J. R. S.; NOGUEIRA, F. F.; MAGALHÃES, A. A. B.; SILVA, F. P. D. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar - Bacia hidrográfica do rio Pinheiros em São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental** (Online), v. 26, p. 577-590, jun. 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/CHMtZtbxjrPmLhrDGpxjtnh/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 14 set. 2022.

ROLF, P. **Reações químicas na análise de água**. Fortaleza: Arte visual, 2009. 334 p.

SCHAFFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. da universidade UFRGS, 1984. 532 p.

SILVA, A. C. **Química ambiental**: uma abordagem introdutória e generalista. São Luís: EdUema, 2016. 294 p.

SILVA, J. A. B.; BARROSO, R. C. A.; RODRIGUES, A. J.; COSTA, S. S.; FONTANA, R. L. M. A urbanização no mundo contemporâneo e os problemas ambientais. **Cadernos de graduação - ciências humanas e sociais (UNIT)**, v. 2, n. 2, p. 197-207, out. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/cadernohumanas/article/view/1723>>. Acesso em: 25 out. 2022.

SOUZA, M. M.; M, C. C. GASTALDINI, Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19 n. 3, p. 263-27. jul/set, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/LGHjSGCrD9fgGKzFwnnRZhG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 10 jan. de 2022.

VALE, F. S.; PEREIRA, L. C.; SILVA, P. J.; BARROS, V. L. L. Rio Itapecuru: uma visão geoambiental, em Caxias-MA. **Revista Humana et al.**, Paço do Lumiar, v. 1, n. 2, p. 104-119, dez. 2014.

VIEIRA, S. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Cengage, 2018. 255 p.

Como citar:

ABNT

LEAL, M. D. V. [et al.]. Impacto antrópico e qualidade das águas no baixo curso do Rio Itapecuru. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 9, n. 02, e2023.15, 2023. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e2023.15>>. Acesso em: 28 set. 2023.

APA

Leal, M. D. V. [et al.]. Impacto antrópico e qualidade das águas no baixo curso do Rio Itapecuru. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 9, n. 02, e2023.15, 2023. Recuperado em 28 setembro, 2023, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e2023.15>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2023, Universidade Federal do Maranhão.

