

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

QUANTIFICAÇÃO DE METAIS PESADOS E ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICO NA ÁGUA DO ESTUÁRIO DO RIO CEARÁ

QUANTIFICATION OF HEAVY METALS AND ANALYSIS OF PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS IN THE WATER OF THE CEARÁ RIVER ESTUARY

* Gardilene Monteiro da Silva ¹
Rita Mickaela Barros de Andrade ¹
Daniel Silveira Serra ²
Francisco Sales Ávila Cavalcante ²
Mona Lisa Moura de Oliveira ²
Antonia Mayza de Moraes França ³
Ronaldo Ferreira do Nascimento ³

Recibido el 6 de diciembre de 2021. Aceptado el 22 de marzo de 2022

Abstract

The APA of the Ceará River Estuary faces environmental problems, such as the presence of garbage in the estuary and water pollution, mainly caused by industrial and domestic sewage. The work was based on the analysis of the water of the Ceará River Estuary through physicochemical and microbiological parameters and quantification of heavy metals Cd, Cu, Mn, Pb, and Ni. The APA of the Ceará River Estuary, in the rainy and dry seasons. Ammonia, chemical oxygen demand-COD and conductivity samples were prepared in duplicate and the analysis methodology was adopted according to Standard Methods APHA, 2005. The microbiological test was based on the presence/absence method with the Colilert (IDEXX's Quanti-Tray). For the analysis of the quantification of metals, they were performed in a Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS) Perkin Elmer, model Analyst 1000. The quantification method used for metals is external standardization. High values of COD and ammonia were quantified, as well as the existence of the presence of total coliforms and *E. coli*. The metals Cd, Pb, Mn, and Ni obtained values above those recommended by CONAMA Resolution nº 357/05, Pb quantified more significant values compared to the metals analysis and Cu was detected at only one point of the analysis, in the rainy season, which showed the highest concentration of metals. The increase in metal concentrations can cause damage to the ecosystem, as it is possible to visualize the long-term consequences, such as urbanization and intense occupation in the Ceará River Estuary.

Keywords: estuary, mangrove, environment pollution.

¹ Programa de Pós Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil.

² Universidade Estadual do Ceará, Brasil.

³ Departamento de Química Analítica e Físico Química, Universidade Estadual do Ceará, Brasil.

* *Autor correspondente:* Programa de Pós Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Av. Treze de Maio 2081, Benfica, Fortaleza-CE, 60040-531, Brasil. Email: gardysilva@hotmail.com

Resumo

A APA do Estuário do Rio Ceará enfrenta problemas ambientais, como a presença de lixo no estuário e poluição das águas, provocada principalmente por esgotos industriais e domésticos. O trabalho baseia-se na análise da água do Estuário do Rio Ceará por meio dos parâmetros físico-químicos, microbiológico e da quantificação dos metais pesados Cd, Cu, Mn, Pb e Ni. As amostras de amônia, demanda química de oxigênio-DQO e condutividade foram preparadas em duplicata e adotou-se a metodologia de análise conforme Standard Methods APHA, 2005. O teste microbiológico baseou-se no método presença/ausência com o Colilert (IDEXX's Quanti-Tray). Para as análises da quantificação dos metais foram realizadas em Espectrofotômetro de Absorção Atômica por Chama (FSAA), Perkin Elmer, modelo Analyst 1000. O método de quantificação usado para os metais é a padronização externa. Foram quantificados valores alto de DQO e amônia, e a existência da presença de coliformes totais e *E. coli*. Os metais Cd, Pb, Mn e Ni obtiveram valores acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05, o Pb quantificou valores mais significativos em comparação aos metais em análise e o Cu foi detectado em apenas um ponto da análise, no período chuvoso o qual apresentou maior concentração de metais. O aumento das concentrações de metais pode acarretar danos ao ecossistema, é possível visualizar as consequências a longo prazo, como a urbanização e ocupação intensa no Estuário do Rio Ceará.

Palavras-chave: estuário, manguezal. poluição ambiental.

Introdução

A Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará, criada por meio do Decreto nº 25.413 de 29 de março de 1999. Em 6 de junho de 2021 o projeto de Lei nº 67/2021 redefiniu os limites da APA do Estuário do Rio Ceará, transformado na Lei nº 17.535 de 23 de junho de 2021 com área total de 2.735 ha. Possui ecossistema de mata de tabuleiro, caatinga, cerrado e manguezal. Possui acesso pelas Avenidas Francisco Sá e Ulisses Guimarães, pela BR 222 no entroncamento com a CE-090, rodovia estadual (Ceará, 2018; Ceará, 2021). A figura 1 apresenta a nova demarcação da área da APA do Estuário do Rio Ceará.

A APA do Estuário do Rio Ceará caracteriza-se com importância ecológica, social, econômico, aspectos históricos e culturais, além da valorização das comunidades indígenas. O Estuário do Rio Ceará possui ligação livre com o mar, ambiente costeiro, abrange área de cerca de 500 ha de manguezal. Há pressão demográfica devido o uso diversificado dos seus recursos naturais, deste modo possui fragilidade quanto ao equilíbrio ecológico em permanente estado de risco. O sistema de gerenciamento de mecanismos articulados para conciliar o desenvolvimento econômico e social com a capacidade de suporte do ambiente, torna-se necessário para assegurar a preservação dos valores e dos recursos naturais (Ceará, 2010).

O ecossistema de manguezal possui importância significativa na absorção e estocagem de carbono na biomassa e no solo, contribuem para a redução da vulnerabilidade da zona costeira às mudanças climáticas, possibilita a retenção de sedimentos que compensa parcialmente a elevação do nível do

mar e reduz processos erosivos. É notório a importância dos manguezais, porém esses ecossistemas são vulneráveis a várias ameaças, como à perda e fragmentação da cobertura vegetal, à deterioração dos habitats aquáticos, à poluição e às mudanças na hidrodinâmica devido especialmente a ocupação, que promove a diminuição dos recursos ecológicos disponíveis para comunidades tradicionais e comércio local que dependem do meio, destacam-se as atividades de pesca artesanal, o extrativismo, a coleta de mariscos e o turismo (ICMBio, 2018).

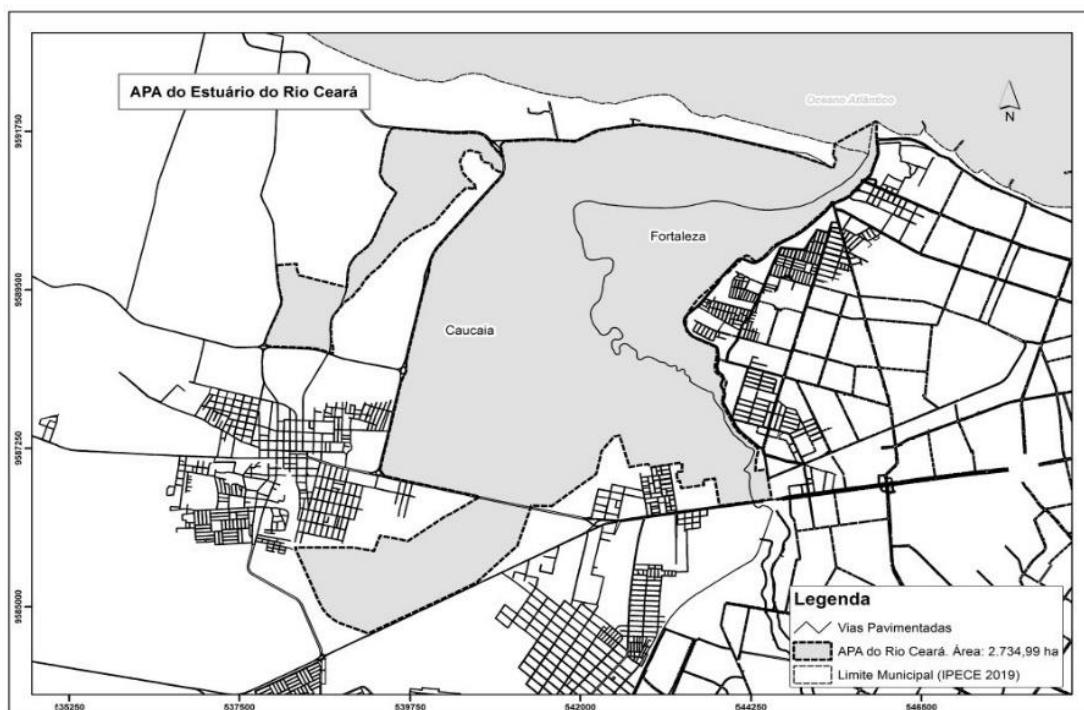


Figura 1. Redefinição da APA do Estuário do Rio Ceará. *Fuente: Ceará, 2021.*

Na região da APA do Estuário do Rio Ceará há alguns problemas ambientais, como a presença de lixo no estuário e poluição das águas, provocada principalmente por esgotos industriais e domésticos, que pode ocasionar problemas para a população local, como a comunidade indígena Tapeba, devido à diminuição da pesca, comprometendo o meio de sobrevivência. Portanto, a poluição do rio Ceará afeta diretamente a comunidade que, devido à má utilização, ocasiona consequências sócio-ambientais (Moraes, Portela e Costa, 2015).

Outro impacto que ocorre na referida APA é a falta de saneamento básico. A poluição dos rios Ceará e Maranguapinho interfere na comunidade local, pois dependem da pesca de peixes, crustáceos, da exploração dos recursos naturais e irregular ocasionada por diversos desgastes, como o despejo de

resíduos sólidos e esgotos clandestinos lançados pelas residências e indústrias próximas. A condução é efetuada pelos canais pluviais que conduzem os dejetos para o próprio rio Ceará e/ou seu principal afluente, o Rio Maranguapinho (Lima *et al.*, 2019; Melo *et al.*, 1990).

No estudo de Moraes *et al.* (2015), os autores verificaram o desmatamento na área de manguezal do Estuário do Ceará, devido à ocupação desordenada que ocorre à margem direita do rio Ceará, em Fortaleza, principalmente nos bairros, Barra do Ceará, Vila Velha e Goiabeiras. O turismo também consiste numa atividade em crescimento e cada vez mais necessário o implemento de infraestrutura. Na APA do Estuário do Rio Ceará-Rio Maranguapinho há passeios de barco pelas áreas de manguezais, incluindo-se o Parque Botânico do Ceará, com área de 190 ha de fauna e flora conservados, o parque recebe visitação do público.

As fontes mais notórias de contaminação de manguezais por metais provém de rejeitos de minas e resíduos industriais, a fauna apresenta-se vulnerável pelo estresse fisiológico com redução da reprodutividade (Hogarth, 2015). Nilin *et al.* (2007) argumentam que o distrito industrial de Maracanaú é uma fonte secundária de poluição para o rio Ceará, por partes das empresas não possuírem estações de tratamento de efluentes, os rejeitos industriais podem estar sendo despejados diretamente ou indiretamente no leito do rio Maranguapinho, efluente do Rio Ceará. No rio Maranguapinho e Ceará, foram detectados várias categorias de contaminantes, como os metais: chumbo, cromo, cádmio e mercúrio, que possui uma estreita relação entre a existência desses metais e os despejos de lixo industrial.

Efluentes industriais e domésticos provocam contaminação por metais pesados. Martins *et al.* (2011) descrevem que os metais essenciais à vida, estão presentes na natureza em concentrações significativas para a manutenção e sobrevivência das espécies. Já os metais não essenciais, não possuem função conhecida no ciclo biológico, considerados tóxicos quando excedem as concentrações normais encontradas.

O trabalho baseia-se na análise da água do Estuário do Rio Ceará por meio dos parâmetros físico-químicos, microbiológico e da quantificação dos metais pesados Cd, Cu, Mn, Pb e Ni na APA do Estuário do Rio Ceará, nos períodos chuvoso e seco. São necessários estudos que visem avaliar o nível de contaminação presente no meio e os prováveis impactos a população, ocasionados por metais pesados advindos de esgotos industriais e domésticos no manguezal da APA do Estuário do Rio Ceará.

Material e métodos

Nesta seção apresenta-se a área de estudo, o método empregado na obtenção das amostras de água e o método das análises dos dados obtidos.

Amostragem de água

As coletas de água foram realizadas em três pontos específicos ao longo do manguezal no rio Ceará, no período chuvoso (janeiro de 2021) e período de seca (agosto de 2021). A Figura 2 demarca os pontos de estudo na APA do Estuário do Rio Ceará.

O ponto de coleta 1 localiza-se nas coordenadas -3.700513, -38.632253, as margens da CE-090, Caucaia-CE. O ponto 2 encontra-se na região mais central na APA, possui coordenadas -3.701105, -38.622462, Caucaia-CE. O ponto 3 fica nas proximidades da praia Barra do Ceará, com coordenadas -3.702086, -38.590718, Fortaleza-CE.

Em cada ponto específico foram coletadas amostras de água ($n=5$ /cada). A coleta foi obtida por sucção com mangueira de silicone com profundidade de 0-15 cm a uma distância cerca de 10 m (250 mL) (Silva, 2011).

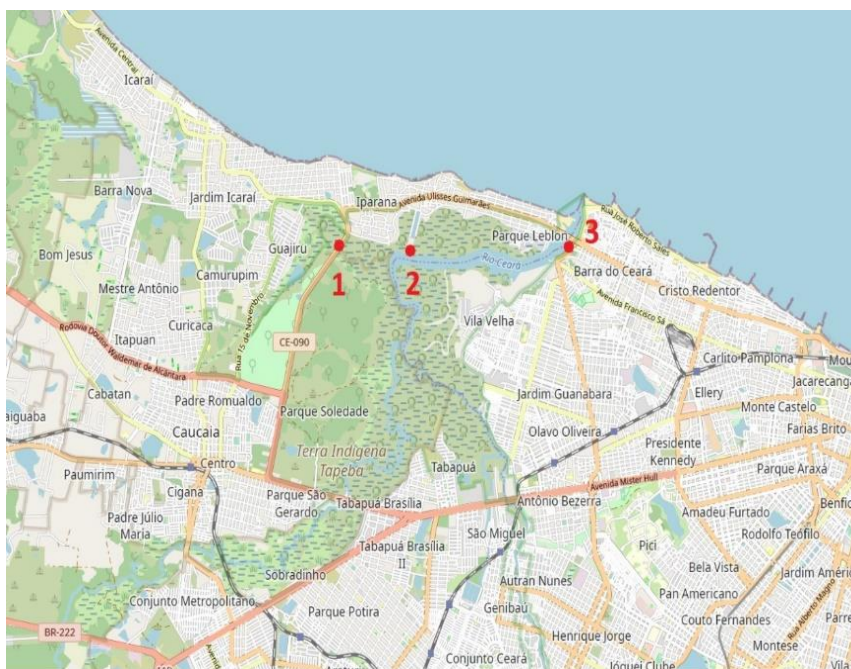


Figura 2. Pontos de coletas da amostragem de água na Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará. Fonte: OSMF (2021)

As amostras foram filtradas com papel de filtro (Whatman de 25-30 μ m) e acidificadas a 0.2% com HNO_3 , para evitar a formação de hidróxidos e conservadas na geladeira. Para efetuar as análises, as amostras foram filtradas com membranas celulósicas de 0.45 μ m com bomba de vácuo.

As análises foram realizadas em Espectrofotômetro de Absorção Atômica por Chama (FSAA), Perkin Elmer, modelo Analyst 1000. Foram construídas curvas de calibração para cada metal a partir de seus padrões puros. O método de quantificação usado para os metais é a padronização externa. As amostras de água foram submetidas ao método de mineralização por via úmida com ácido nítrico (HNO_3 65%) com leitura por espectrofotometria de absorção atômica e avaliados alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Parâmetros físico-químicos e microbiológico da água

Para os parâmetros físico-químicos e microbiológico da água foi realizada a análise somente do período seco, pelo motivo de não ter sido possível realizar as análises do período chuvoso.

As variáveis químicas determinadas para análise da qualidade da água foram: amônia (mg/L), demanda química de oxigênio DQO (mg/L), condutividade (mS/cm), coliformes totais e *Escherichia coli*. As amostras foram preparadas em duplicata e adotou-se para amônia, DQO e condutividade as metodologias de análises conforme Standard Methods (APHA, 2005).

O teste microbiológico baseou-se no método presença/ausência com o Colilert (IDEXX's Quanti-Tray), que avaliou qualitativamente a presença ou ausência de bactérias indicadoras de Coliformes Totais e *E. coli* (IDEXX, 2017).

Resultados e discussões

O estudo na APA do Estuário do Rio Ceará foram agrupados em 3 etapas: na água por meio dos parâmetros físico-químicos (DQO, Amônia e Condutividade elétrica), microbiológicas de coliformes totais, *E. coli* (presença ou ausência) e metais pesados.

Parâmetros físico-químicos e microbiológico da água

As amostras foram coletadas em agosto de 2021, em período seco. Não houve comparativos entre os períodos seco e chuvoso, devido à impossibilidade de análise no período chuvoso por motivos da Pandemia do Coronavírus (COVID-19).

A tabela 1 apresenta os resultados da DQO, amônia e condutividade elétrica. A DQO é um indicativo de poluição urbana (Sperling, 2005). Não houve uma discrepância significativa para os valores de DQO em relação aos pontos avaliados, tabela 1.

A alta DQO no ponto 2, seguido dos pontos 1 e 3, com média de 256 mg/L, indica um valor elevado de matéria orgânica presente no meio quando comparado ao trabalho de Chagas, Lima e Felici (2020), com média de 49 mg/L no córrego São Jorge, localizado no município de Tarabai-SP. Já o

estudo de Fiuza *et al.* (2010), a média foi de 300 mg/L para o baixo curso do rio Pacoti-CE. Ambos os trabalhos mencionam a presença de atividades pecuaristas, esgotos residencias e industriais.

A maior concentração de DQO foi encontrada no ponto central em estudo (ponto 2), no corpo do estuário, provavelmente pela concentração de residências nas proximidades e ausência de saneamento básico.

Tabela 1. Valores dos parâmetros físico-químicos da água.

| Parâmetro | Ponto P1 | Ponto P2 | Ponto P3 | Referência |
|-----------------------|----------|----------|----------|------------|
| DOQ (mg/L) | 254 | 281 | 234 | * |
| Amônia (mg/L) | 1.85 | 0.78 | 0.27 | 0.70 |
| Condutividade (mS/cm) | 8.76 | 17.7 | 17.6 | * |

*Não existe valor estabelecido. Fonte: elaborada pela autora.

A Resolução CONAMA nº 357/05 (Brasil, 2005) propõe que em águas salobras e salinas os valores de amônia não ultrapasse a concentração de 0.70 mg/L. Nos pontos 1 e 2, a amônia possui valores superiores ao limite proposto, já o ponto 3 apresentou concentração no limite permitido, tabela 1.

O valor máximo de amônia encontrado foi no ponto 1, com concentração de 1.85 mg/L, e o valor mínimo foi detectado no ponto 3, com 0.27 mg/L. Esses valores foram superiores aos valores obtidos no estuário do rio São Paulo, Baía de Todos os Santos (Pinheiro, 2019), com mínimo de 0.025 mg/L e máximo de 0.27 mg/L. A média da concentração de amônia nos três pontos foi de 0.97 mg/L, acima do valor permitido pelo CONAMA. Fator explicado possivelmente em função do uso e ocupação da região, como afirmam Miranda *et al.* (2016).

A condutividade no ponto 1 foi de 8.76 mS/cm, no ponto 2 foi 17.7 mS/cm e no ponto 3 foi de 17.6 mS/cm. O valor mínimo obtido foi o ponto 1 e o valor máximo no ponto 2. A presença de alta condutividade elétrica em águas é caracterizada como um fator indicador de possível poluição (São Paulo, 2015), tabela 1.

Os valores mais altos de condutividade estão próximos à foz e têm relação direta com a salinidade encontrada. A condutividade na água não representa risco à saúde humana, porém em concentrações significativas podem ser indicadores de processos de poluição, decorrente da descarga de material, principalmente por efluentes industriais que liberam altos teores de íons dissolvidos (Santos, 2013; EMBRAPA, 2020).

Os altos índices de condutividade são ocasionados por fontes não pontuais como efluentes de áreas residenciais e urbanas, águas de drenagem de sistemas de irrigação e escoamento

superficial de áreas agrícolas, principalmente em regiões semi-áridas, onde a evapotranspiração excessiva causa o acúmulo de sais (EMBRAPA, 2020).

Apesar de os teores de DQO e condutividade elétrica não serem estabelecidos na resolução para a classificação dos corpos hídricos, é de suma importância a sua caracterização e demonstração de algum desequilíbrio aquático, como a densidade e o estado de saturação de minerais carbonáticos (Chagas *et al.*, 2020).

Nos pontos de análises 1, 2 e 3 foram constatados a presença de Coliformes totais e *E.coli*, cenário justificado pela deficiência de saneamento básico na região. O esgotamento sanitário e coleta de lixo ineficiente das áreas urbanas influenciam diretamente na qualidade da água, as principais fontes de contaminação dos rios ocorrem pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais (Conceição *et al.*, 2020; Namugize, 2018).

A presença de microorganismos em ambientes aquáticos influencia em modificações químicas e ecológicas do meio (Baird, 2017).

Concentrações de metais na água

Para a avaliação das concentrações de metais foram utilizados como valores de referências máximos permissíveis (mg/L) na água pela Resolução CONAMA nº 357/05. A Tabela 2 menciona a análise descritiva das concentrações médias de metais pesados na água em período chuvoso e seco, por meio do Espectrofotômetro de Absorção Atômica por Chama, da APA do Estuário do Rio Ceará e os valores máximos permissíveis (mg/L) na água pela Resolução CONAMA.

As concentrações dos metais na água avaliados neste estudo apresentaram níveis significativos para algumas categorias, com diferenças de concentrações nos respectivos pontos de análises, porém, também apresentaram níveis aceitáveis para alguns metais quando comparado ao recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05.

A tabela 2 descreve os valores médios obtidos para os metais Cd, Cu, Mn, Pb e Ni nos dois períodos, chuvoso e seco. Foram comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, para água salobra, por se tratar de água de estuário. As concentrações de metais em águas superficiais acima dos valores de referência estabelecidos pela resolução ambiental brasileira CONAMA nº 357/05 (Brasil, 2005), pode ser evidenciada por pressões antrópicas que a área em estudo pode estar submetida, com degradação e possível perda de biodiversidade. Para Schnack *et al.* (2018), concentrações elevadas de metais em manguezais conseguem modificar a composição genética em populações como também reduzir o tamanho populacional.

Tabela 2. Médias das concentrações de metais pesados na água dos pontos de coletas 1, 2 e 3 - períodos chuvoso e seco

| Pontos de Coletas | Cd (mg/L) | Cu (mg/L) | Mn (mg/L) | Pb (mg/L) | Ni (mg/L) |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ponto 1 do Período Chuvoso | 0.022 | 0.002 | 0.201 | 0.646 | 0.067 |
| Ponto 2 do Período Chuvoso | 0.067 | 0.000 | 0.069 | 1.412 | 0.233 |
| Ponto 3 do Período Chuvoso | 0.082 | 0.000 | 0.029 | 0.836 | 0.285 |
| Ponto 1 do Período Seco | 0.000 | 0.000 | 0.173 | 0.000 | 0.000 |
| Ponto 2 do Período Seco | 0.000 | 0.000 | 0.080 | 0.418 | 0.000 |
| Ponto 3 do Período Seco | 0.000 | 0.000 | 0.028 | 0.464 | 0.000 |
| CONAMA nº 357/05 | 0.040 | 0.0078 | 0.100 | 0.210 | 0.074 |

Fonte: elaborada pela autora.

O aumento das concentrações de metais na APA do Estuário do Rio Ceará pode acarretar danos ao ecossistema. De acordo com Silva (2019) níveis significativos de metais traços podem refletir nas teias tróficas, possibilitando a transferência a níveis tróficos superiores, inclusive ao homem.

Ruiz (2020) enfatiza a preocupação ambiental de concentração de metais acima do recomendado na legislação em água de estuário, pois há animais que participam de cadeias que faz parte da alimentação humana, como peixes e crustáceos. Os metais possuem persistências nos organismos, que acarreta a bioacumulação e a biomagnificação na cadeia alimentar.

Dessa forma os resultados obtidos neste trabalho podem ser utilizados em comparativo a avaliações continuadas desenvolvidas na área.

Durante o período chuvoso no ponto de coleta 1, foram detectados valores médios abaixo do limite recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05 para os metais Cd, Cu e Ni nas amostras de água do local. Já no período seco não foram detectados concentrações para esses metais. Fernandes (2015) explica que maiores concentrações de metais no período chuvoso está associado ao aumento do processo de erosão, que possibilita o carreamento desses elementos para os corpos de água.

O ponto de estudo 2 encontra-se na região mais centralizada da APA do Estuário do Rio Ceará, no local fica a barraca Recanto do Mangue, que possui valores atrativos para os turistas e visitas. O ecossistema da área é típico de manguezal, com vegetação de mangue, crustáceos, peixes e pássaros.

Quanto as concentrações médias de metais no ponto de análise 2 no período chuvoso e seco, não foi detectado a presença do metal Cu. As concentrações médias do Mn apresentaram valores abaixo do recomendado pela resolução, com média de 0.069 mg/L e 0.080 mg/L, respectivamente para o período chuvoso e seco.

Foram detectados valores médios acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05 para os metais Cd, Ni e Pb no período chuvoso, porém em período seco não foram quantificados valores para o Cd e Ni, o Pb obteve média de 0.418 mg/L, acima do valor recomendado na resolução. O Pb não têm função biológica conhecida (Soares *et al.*, 2020), para Singh *et al.* (2011), Monisha *et al.* (2014) há preocupações com a contaminação ambiental por metais tóxicos, como o Pb que causa efeitos tóxicos, mutagênicos e cancerígenos nos seres humanos e em outros seres vivos.

O Cd obteve média de 0.067 mg/L, para o Ni, o valor médio foi 0.067 mg/L e o valor médio do Pb obtido foi 0.067 mg/L. Metais como Cd e Pb podem ser extremamente tóxicos quando ultrapassam concentrações naturais, são persistentes no meio aquático e oferecem risco a saúde humana (Hinojosa-Garro *et al.*, 2020; Lima e Meurer, 2014).

O estudo de Silva (2020) analisou a presença de contaminantes CPE (contaminantes de preocupação emergente), ácido acetilsalicílico (AAS), bisfenol-A (BPA), cafeína (CAF) e a-etinilestradiol (EE2) em amostras de água dos rios de estuários Ceará, Cocó e rio Pacoti. Ao comparar as frequências de detecção de maneira geral nos rios ao longo do período amostral, o autor pôde afirmar que o estuário do rio Ceará é o mais impactado. Esses dados corroboram com os níveis excedentes de metais, DQO, amônia, condutividade elétrica, presença de coliformes totais, *E.coli* observados nesse estudo conforme os valores permitidos na Resolução CONAMA n. 357/05.

O ponto 3 localiza-se nas proximidades da praia Barra do Ceará. Encontra-se a margem da avenida Ulisses Guimarães, com acesso pela ponte José Martins Rodrigues, que conduz a ligação física entre o litoral de Fortaleza e de Caucaia. O local possui grande fluxo de veículos automotores na avenida, atividades turísticas, pesqueira e pequenas embarcações, por ser próximo à praia. É possível visualizar as consequências de longo prazo, como a urbanização intensa e a ocupação das margens, como resultantes da intervenção antrópica da paisagem na Barra do Ceará.

Para os autores, Araújo *et al.* (2008) o aumento dos impactos ambientais na APA do Estuário do Rio Ceará, deve-se ao crescimento populacional da Barra do Ceará e a ocupação das dunas nas proximidades da foz do rio Ceará.

No ponto 3, não foi detectado a presença de Cu em período chuvoso e seco. A concentração do Mn em ambos os períodos apresentaram valores abaixo do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05, com médias de 0.029 e 0.02 mg/L.

Ainda no ponto 3 foram detectados valores médios acima do recomendado pela Resolução para os metais Cd, Ni e Pb no período chuvoso, já no período seco foi detectado somente valor médio acima do recomendado pela Resolução para o Pb. O Cd obteve média de 0.082 mg/L, para o Ni o valor médio foi 0.285 mg/L e os valores médios do Pb obtidos foram de 0.836 e 0.464 mg/L para

os períodos chuvoso e seco, respectivamente. Conforme Souza *et al.* (2018) o Cd e o Pb são metais não essenciais e sem função biológica, prejudiciais para o metabolismo dos seres vivos até em concentrações mínimas.

Ao comparar os 3 pontos de análise nos períodos chuvoso e seco, observa-se que no ponto 1, os metais Cd e Ni apresentaram médias menores quando comparados aos pontos 2 e 3 no período chuvoso, porém no período seco os pontos 1 e 2 não quantificaram valores para o Cd e o Ni. As significativas concentrações de metais no período chuvoso podem ser inferido devido à ocorrência de maior precipitação, que indica que esses metais podem estar sendo transportados no particulado fino em suspensão na água (Magalhães *et al.*, 2016).

Já o Mn apresentou valor médio maior no ponto 1 nos períodos chuvoso e seco, quando comparado aos pontos 2 e 3, que apresentaram valores abaixo do recomendado pelo CONAMA. A exceção foi o Cu, que apresentou valor médio de 0.002 mg/L no ponto 1 no período chuvoso, enquanto nos pontos 2 e 3 não foram detectados concentrações para ambos os períodos. Apesar do ponto 1 possuir média de concentração do Cu de 0.002 mg/L, o valor se encontra no padrão recomendado pela resolução.

No ponto 2 os metais Cd e Ni apresentaram valores médios menores quando comparado ao ponto 3 no período chuvoso, no período seco não houve concentrações para ambos os metais. Para o Ni foi registrado valor máximo de 0.285 mg/L no ponto 3 e valor mínimo de 0.067 mg/L no ponto 1 e não foi identificado valores de Ni no período seco em todos os pontos de análises. Os autores Salgado, Rosa e Azevedo (2018) descrevem que o Ni pode estar presente em águas residuais de indústrias químicas, produção de metal ou mineração. O valor máximo de Ni obtido no ponto 3, deve-se provavelmente aos esgotos lançados próximo ao local.

O valor médio da concentração do Pb no ponto 2, período chuvoso, foi superior quando comparado ao ponto 3. O Pb foi o metal que apresentou maior nível de significância de concentração quando comparados aos metais Cd, Ni, Cu e o Pb. A maior concentração do Pb foi no ponto 2, com média de 1.412 mg/L. Soares *et al.* (2020) relatam em seu estudo concentrações de Pb que variam de 0.500 a 0.820 mg/L na Baía de Paranaguá no litoral do Paraná. No presente estudo a concentração mínima detectada foi 0.646 mg/L e a máxima 1.412 mg/L, indicando valores superiores. É observado o crescimento de atividades antrópicas na APA do Estuário do Rio Ceará, com isso medidas de políticas públicas para o manejo das atividades de saneamento e Educação Ambiental na área são necessárias.

Quanto a comparação das concentrações de metais na água nos períodos chuvoso e seco, o ponto 1 foi o que menos quantificou metais em ambos os períodos de coletas. Essa observação pode ser justificada por a área não receber diretamente as águas do rio

Maranguapinho. Nilin (2012) descreve que o principal carreador de poluentes para o rio Ceará e conseqüentemente para seu estuário é o rio Maranguapinho (seu principal afluente), que recebe os efluentes oriundos do polo industrial da cidade de Maracanaú, o município abriga cerca de 100 empresas de várias atividades.

Os pontos 2 e 3 em ambos os períodos de coletas foram os que mais quantificaram metais acima dos valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05 para o Cd, Pb e Ni. O Pb foi o que obteve valores mais significativos em todos os pontos, tanto no período chuvoso quanto no período seco, com maiores concentrações no período chuvoso. O Pb pode ser retido pelo solo, a quantidade de Pb e a categoria de matéria orgânica podem influir no seu transporte para as águas (Azevedo e Chasin, 2003). Desse modo, as chuvas facilitam o transporte de metais por meio da erosão do solo, em consequência disso aumentam a concentração na água.

Conforme os resultados obtidos, nota-se a relação da concentração de metal com a industrialização e expansão urbana potencializada pelos poluentes indesejáveis no meio aquático, além da expansão industrial, a região está submetida a outras formas de pressão ambiental, como esgoto doméstico, efluentes industriais e lixo nas margens do estuário. Azevedo (2019) ressalta a necessidade de estudos sobre a determinação e quantificação de metais pesados em ambientes aquáticos.

Considerações finais

A concentração alta de DQO e amônia indicam valores elevados de matéria orgânica presente na água do estuário do Rio Ceará pelo possível carreamento de efluentes domésticos e industriais. Foi verificado também a presença de coliformes totais e *E. coli*, possivelmente pela deficiência de saneamento básico na região.

Os metais Cd, Pb, Mn e Ni obtiveram valores acima do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/05. O Pb quantificou valores mais significativos nos pontos de análises. Foi detectado em apenas um ponto da análise, no período chuvoso, a presença do metal Cu.

As maiores concentrações de metais foram durante o período chuvoso, devido à ocorrência de maior precipitação, associado ao aumento do processo de erosão, que possibilita o carreamento desses elementos para os corpos de água. O ponto 1 quantificou menos metais, possivelmente por não receber diretamente as águas do rio Maranguapinho.

O aumento das concentrações de metais na APA do Estuário do Rio Ceará pode acarretar danos ao ecossistema, pois é possível visualizar as consequências de longo prazo, como a urbanização e ocupação intensa na APA do Estuário do Rio Ceará.

Com os dados apresentados e considerações realizadas, acreditamos que a investigação realizada sirva de referência para futuras investigações no tema, o qual é altamente relevante, pois envolve o equilíbrio dos ecossistemas dos quais, nós seres humanos fazemos parte.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referencias bibliográficas

- APHA (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW*. Washington – USA: Baker Taylor. 1274 pp. ISBN 9780875530475.
- Araújo, M. V., Costa, S. S. L., Portela, J. P., Cruz, P. S. (2008) Análise geoambiental da área de proteção ambiental (APA) do estuário do rio ceará-ceará-brasil. *GEOGRAFIA (Londrina)*, **17**(2), 25–36. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2008v17n2p25>
- Azevedo, F. A., Chasin, A. A. M. (2003) *Metais: gerenciamento da toxicidade*. São Paulo: Editora Atheneu, 554 pp.
- Azevedo, J. W. J. (2019) Ictiofauna do golfo maranhense – amazônia oriental: diversidade, distribuição e concentração de metais na água e nos peixes. Tese (Programa de Pós-Graduação em Rede - Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 142 pp.
- Bard, R. B. (2017) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association (APHA). LMC – Pharmabooks. Washington, D.C., **23**, 1504 pp.
- Brasil (2005) *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Diário Oficial da União, Brasília. Acesso em 06 de março de 2019, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=45>
- Ceará (2010) *Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará*. [S.l.]. Secretaria do Meio Ambiente (SEMACE). Acesso em 07 de março de 2019, disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/arquivos/ce_erosao.pdf
- Ceará (2018) *Lei Nº 16.607, 18 de julho de 2018*, dispõe sobre a redefinição dos limites da área de proteção ambiental do estuário do rio Ceará. Diário oficial do estado do Ceará: Poder executivo. [S.l.]. Acesso em 29 de setembro de 2021, disponível em: <http://imagens.seplag.ce.gov.br/PDF/20180719/do20180719p01.pdf>
- Ceará (2021) *Governo do Estado do Ceará. Área da APA do Estuário do Rio Ceará é ampliada no mês dedicado ao meio ambiente*. Acesso em 29 de setembro de 2021, disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/06/23/area-da-apa-do-estuario-do-rio-ceara-e-ampliada-no-mes-dedicado-ao-meio-ambiente/>
- Chagas, D., Lima, A. P. d. S. C., Felici, E. M. (2020) Análise de parâmetros físico-químicos da água da microbacia são jorge, tarabai-sp. *Colloquium Exactarum*, **12**(1), 86–94. ISSN: 2178-8332. Acesso em 07 de julho de 2019, disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/3581>
- Conceição, M. M. M. D., Souza, R. R. N., Silva, A. C. S., Machado, N. I. G., Carneiro, C. C. A., Guedes, F. L., Silva, M. O., Lima, A. C. S., Taves, L. S., Souza, G. B., Martins, I. V. M., Ribeiro, T. S., Silva, M. P., Silva, A. S. F. (2020) A lógica fuzzy no estudo da qualidade da água do rio uraim paragoninas-pa. *Brazilian Journal of Development*, **6**(6), 38575–38588. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-413>

- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2020) Condutividade. Acesso em 29 de setembro de 2019, disponível em: <https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>
- Fernandes, A. M. (2015) Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da bacia do alto sorocaba (sp). *Geochimica Brasiliensis*, **29**(1), 23–34. <http://dx.doi.org/10.21715/gb.v29i1.410>
- Fiuza, A. B. J. d. Q., Lehugeur, L. G. d. O., Queiroz, B. J. (2010) Análise ambiental do estado de conservação do baixo curso do rio pacoti-ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*. Acesso em 03 de setembro de 2019, disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/4261>
- Hinojosa-Garro, D., Osten, J. Rendón-von, Dzul-Caamal, R. (2020) Banded tetra (astyanax aeneus) as bioindicator of trace metals in aquatic ecosystems of the yucatan peninsula, mexico: Experimental biomarkers validation and wild populations biomonitoring. *Ecotoxicology and environmental safety, Elsevier*, **195**, 110–477. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110477>
- Hogarth, P. J. (2015) The biology of mangroves and seagrasses. [S.l.]: *Oxford University Press*.
- ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2018) *Atlas dos manguezais do Brasil*. Brasília, 176 pp. Acesso em 08 de agosto de 2021, disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf
- IDEXX Laboratories (2017) *Water Quality Control Laboratory is accredited to ISO/IEC*. Westbrook, Maine 04092 USA. Acesso em 01 de agosto de 2021, disponível em: <https://www.idexx.com/water>
- Lima, C. V. S., Meurer, E. J. (2014) Elementos-traço no solo, nas águas e nas plantas de uma lavoura de arroz irrigado do rio grande do sul. *Revista de estudos ambientais*, **15**(1), 20–30. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2013v15n1p20-30>
- Lima, E. R., Gomes, A. C. A., Oliveira, Ícaro P., Cruz, M. L. B. (2019) Educação ambiental como subsidio a (re) avaliação das formas de uso na APA do estuário do rio Ceará em fortaleza. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, **21**(2), 962–975.
- Martins, C. A., Nogueira, N. O., Ribeiro, P. H., Rigo, M. M., Candido, A. O. (2011) A dinâmica de metais-traço no solo. *Revista Brasileira de Agrociência, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel*, **17**(3), 383–391.
- Melo, M. T. D., Sampaio, S. S., Vieira, R. H. S. F. (1990) Avaliação da poluição orgânica no estuário do rio Ceará (fortaleza-ceará-brasil). *Revista Caatinga*, **7**(1), 207–219.
- Miranda, L. S., Moreira, Í. T. A., Oliveira, O. M. C., Santos, C. P., Pinheiro, S. M. M., Oliveira, L. M. L., Martins, A. B. O., Filho, M. S. C. (2016) Oil-suspended particulate material aggregates as a tool in preventing potential ecotoxicological impacts in the são paulo river, todos os santos bay, bahia, brazil: Influence of salinity and suspended particulate material. *Marine pollution bulletin, Elsevier*, **112**(1-2), 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.037>
- Monisha, J., Tenzin, T., Naresh, A., Blessy, B. M. e Krishnamurthy, N. (2014) Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary toxicology, Slovak Toxicology Society*, **7**(2), 60. 10.2478/intox-2014-0009
- Moraes, M. V. A. R., Portela, J. P., Costa, S. S. de L. (2015) A educação ambiental como ferramenta didática na proteção ambiental da apa do estuário do rio ceará (CE). *Revista Equador*, **4**(2), 36–55. Acesso em 28 de agosto de 2021, disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>
- Namugize J. N., Jewitt. G., Graham, M. (2018) Effects of land use and land cover changes on water quality in the umngeni river catchment, south africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, **105**, 247–264. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.03.013>
- Nilin, J. (2012) *Biomarcadores em estudos ambientais: a vigília dos bivalves na ria de Aveiro (Portugal) e no rio Ceará (Brasil)*. Dissertação (Doutorado em Ciências Marinhas) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 154 f.
- Nilin, J., Castro, C. B., Pimentel, M. P., Franklin Júnior, W., Matos, R. F. G., Lotufo, T. M. C., Costa-Lotufo, L. V. (2007) Water toxicity assessment of the Ceará river estuary (Brazil). *J Braz Soc Ecotoxicol*, **2**(2), 107–113.

- Open Street Map Foundation. APA do Estuário do Rio Ceará. 2021. Acesso em 04 de outubro de 2021, disponível em: <https://www.openstreetmap.org/#map=15/-3.7263/-38.6177>
- Pinheiro, S. M. M. (2019) *Formação do agregado óleo material particulado em suspensão (osa) e dispersão de hpas no estuário do rio São Paulo, Bahia: uma ferramenta norteadora na prevenção de impactos ecotoxicológicos*. Instituto de Geociências. Acesso em 02 de setembro de 2021, disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/29748>
- Ruiz, A. d. S. (2020) *Revisão bibliográfica sobre a análise de metais no sedimento do rio Diana no estuário de santos (sp)*. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Mar) - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 25f.
- Salgado, L. D., Rosa, S. M., Azevedo, J. C. R. de. (2018) Concentrations of metals in liver of guiana dolphins (*Sotalia guianensis*) from an estuary in southeast of brazil. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, **13**(1), 51–61.
- Santos, T. M., Renata de S. (2013) Saúde e qualidade da água: Análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas. *Contexto Saúde*, **13**(24–25), 46–53. <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2013.24-25.46-53>
- São Paulo (2015) *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014*, Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). São Paulo. 376 pp.
- Schnack, C. E., Menezes, C. T. B., Ceni, G., Munari, A. B. (2018) Qualidade da água no estuário do rio Urussanga (SC, Brasil): um ambiente afetado pela drenagem ácida de mina. *Revista Brasileira de Biociências*, **16**(3). Acesso em 04 de outubro de 2021, disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5896>
- Silva, A. Q. (2020) Impacto de contaminantes emergentes em estuários urbanizados: efeitos em organismos não-alvos e avaliação de risco ecológico. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 115 f. Acesso em 28 de janeiro de 2022, disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/52038>
- Silva, P. P. G. (2011) *Contaminação por metais (Cd, Cu, Pb, Cr, Mn e Hg) e avaliação do impacto genotóxico em *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae), em dois manguezais do Estado de São Paulo*. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 62 pp.
- Silva, R. K. d. (2019) Biomonitoramento de metais em aves, águas superficiais e sedimentos estuarinos no nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 66 pp.
- Singh, R., Gautam, N., Mishra, A., Gupta, R. (2011) Heavy metals and living systems: An overview. *Indian journal of pharmacology, Wolters Kluwer–Medknow Publications*, **43**(3), 246. <https://doi.org/10.4103/0253-7613.81505>
- Soares, G. C. B. (2020) *Concentração de metais traços na água, sedimento em *Ascídia Microcosmus exasperatus* (Heller, 1878) na baía de Paranaguá, litoral do Paraná - Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
- Souza, A. C., Combi, T., Silva, J. da, Martins, C. C. (2018) Occurrence of halogenated organic contaminants in estuarine sediments from a biosphere reserve in southern atlantic. *Marine pollution bulletin, Elsevier*, **133**, 436–441. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.052>
- Sperling, M. V. (2005) Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. [S.l.]: Editora UFMG, **3**.