

## INFLUÊNCIA DA URBANIZAÇÃO NA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA EM AMBIENTES LÊNTICOS DE CAMOCIM/CE

### INFLUENCE OF URBANIZATION ON THE PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION IN LENTIC ENVIRONMENTS OF CAMOCIM/CE

Maria Graviele Teixeira<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3870-608X>

Adelaide Sampaio Oliveira<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-6433-8233>

Francisco Marcílio de Oliveira Pereira<sup>3</sup>

<https://orcid.org/0000-0001-6007-3525>

Jardielen Chaves Souza<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-5626-9354>

Edmo Montes Rodrigues<sup>5</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-0234-9890>

Submetido: 27/07/2022 / Aprovado: 05/02/2024 / Publicado: 09/04/2024.

#### Resumo

O município de Camocim, localizado no litoral do estado do Ceará, possui ecossistemas lênticos nas regiões urbanizada e não urbanizada. A prática de atividades desportivas é comum em vários deles, tanto por moradores locais quanto por turistas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de sólidos e a densidade de bactérias heterotróficas em dois ambientes lênticos da área urbanizada (Lagoa da Democrata e Lagoa da Tierre) e em dois da área não urbanizada (Lago do Boqueirão e Lagoa Verde do Aborrecido) no município de Camocim. Sólidos Totais, Sólidos Totais Fixos, Sólidos Totais Voláteis, Sólidos Dissolvidos Totais e contagem de bactérias heterotróficas foram realizados para todos os ambientes. Os resultados demonstram que ambientes lênticos em regiões urbanizadas apresentam valores maiores de todas as frações de sólidos e de densidade de bactérias heterotróficas quando comparados a ambientes de regiões não urbanizadas, ocorrendo correlação positiva entre os valores de sólidos e bactérias heterotróficas, exceto para sólidos totais voláteis. As concentrações de sólidos totais nas regiões urbanizadas estão acima do preconizado pela resolução CONAMA 357/2005, inabilitando esses ambientes para diversos usos, incluindo atividades recreativas. Sugere-se que essas variações estejam relacionadas à entrada de componentes alóctones devido às atividades antrópicas nos ambientes urbanizados.

**Palavras-chave:** Antropização. Sólidos. Bactérias heterotróficas. Ecologia. Microbiologia.

<sup>1</sup>Licenciada em Química, Pós-graduanda em Análise Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)/Campus Camocim. E-mail: [gravielleteixeira.2016@gmail.com](mailto:gravielleteixeira.2016@gmail.com).

<sup>2</sup>Licenciada em Química do IFCE/Campus Camocim. E-mail: [adelaidesampaio162@gmail.com](mailto:adelaidesampaio162@gmail.com).

<sup>3</sup>Licenciado em Química, Pós-graduando em Análise Ambiental do IFCE/Campus Camocim. E-mail: [m.omarcilio013@gmail.com](mailto:m.omarcilio013@gmail.com).

<sup>4</sup>Graduanda do curso de Licenciatura em Química do IFCE/Campus Camocim. E-mail: [jardielen08@gmail.com](mailto:jardielen08@gmail.com).

<sup>5</sup>Doutor em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Departamento de Ensino do IFCE, Campus Camocim. E-mail: [edmo.rodrigues@ifce.edu.br](mailto:edmo.rodrigues@ifce.edu.br).

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v21i1.7189>

V. 21, N. 1 (2024)



## Abstract

The municipality of Camocim, located on the coast of the state of Ceará, has lentic ecosystems in both urbanized and non-urbanized regions. Sports activities are common in several of them, both among local residents and tourists. The present study aimed to evaluate the concentrations of solids and the density of heterotrophic bacteria in two lentic environments in the urbanized area (Democrata Lagoon and Tierre Lagoon) and two in the non-urbanized area (Boqueirão Lagoon and Aborrecido Green Lagoon) in the municipality of Camocim. Total Solids, Fixed Total Solids, Volatile Total Solids, Total Dissolved Solids, and the count of heterotrophic bacteria were conducted for all environments. The results demonstrate that lentic environments in urbanized regions have higher values for all fractions of solids and the density of heterotrophic bacteria when compared to environments in non-urbanized regions, with a positive correlation between the values of solids and heterotrophic bacteria, except for volatile total solids. The concentrations of total solids in urbanized regions exceed the limits recommended by CONAMA Resolution 357/2005, rendering these environments unsuitable for various uses, including recreational activities. It is suggested that these variations are related to the entry of allochthonous components due to anthropogenic activities in urbanized environments.

**Keywords:** Anthropization. Solids. Heterotrophic bacteria. Ecology. Microbiology.

## 1. INTRODUÇÃO

Ambientes aquáticos podem ser divididos em duas classes: lóticos e lênticos. Ecossistemas lóticos são caracterizados por apresentarem um fluxo unidirecional da água, que atua diretamente nas variáveis físico-químicas e nas comunidades biológicas existentes, enquanto os ecossistemas lênticos são ambientes de água parada, como lagoas, lagos e pântanos (Lima; Almeida; Vicente, 2021). Em ambientes lênticos, a qualidade da água é afetada pelo escoamento superficial, que transporta substâncias e micro-organismos alóctones para o seu interior. Os compostos carreados para dentro do sistema influenciam o crescimento de organismos, como macrófitas, microalgas e plânctons (Figueroa; Maceda-Veiga; De Sostoa, 2012; Cuthbert *et al.*, 2022).

A sedimentação que ocorre nos ambientes lênticos pode ser danosa para o ecossistema, caso o material particulado possua potencial ecotoxicológico. O acúmulo de contaminantes na região bentônica pode resultar em um estoque de compostos que afeta negativamente a comunidade biológica local e os seres humanos que utilizam esses recursos para recreação ou consumo (Egun; Okotie; Oboh, 2023; Tokatli *et al.*, 2023; Yan; Li, 2023). A quantidade de sólidos suspensos está relacionada à área superficial disponível para adsorção de compostos poluentes. Além disso, uma grande quantidade de sólidos suspensos resulta em aquecimento da água e pode impedir a penetração de luz no ambiente, reduzindo a taxa de fotossíntese e o oxigênio dissolvido (Maroneze *et al.*, 2014).

De acordo com a finalidade de uso, as exigências dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos são diferentes, fazendo com que a qualidade da água seja um parâmetro relativo (Cetesb, 2016). No Brasil, a qualidade dos corpos de água doce é determinada pela resolução N° 357, de 17 de março de 2005, cuja concentração máxima de sólidos dissolvidos totais para diversos tipos de uso humano é de até 500 mg.L<sup>-1</sup> (Brasil, 2005).

Sólidos orgânicos e inorgânicos na água são utilizados como substrato para a fixação e desenvolvimento de diversos grupos de micro-organismos. Os microrganismos desempenham um papel importante nos ecossistemas, pois estão estritamente relacionados à ciclagem de nutrientes

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v21i1.7189>

V. 21, N. 1 (2024)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

inorgânicos e orgânicos e ainda fazem parte dos níveis tróficos mais basais (Mehner *et al.*, 2022). Em ambientes antropizados, é comum a avaliação da qualidade microbiológica, principalmente visando quantificar a densidade de bactérias heterotróficas totais e de grupos bacterianos patogênicos ou potencialmente patogênicos para seres humanos e demais organismos (Reche; Pittol; Fiuza, 2010).

As bactérias heterotróficas cultiváveis são decompositoras importantes para manter o equilíbrio natural dos ecossistemas. Esses micro-organismos desempenham papel importante em ambientes lênticos, principalmente com relação a ciclagem de nutrientes, atuando na decomposição de matéria orgânica (Halvorson; Wyatt; Kuehn, 2020). Quando atuam na ciclagem de nutrientes, as bactérias na água, solo e/ou sedimento aceleram o processo de decomposição, fazendo com os nutrientes estejam disponíveis para os demais organismos do ambiente (Reche; Pittol; Fiuza, 2010). Entretanto, a densidade de bactérias heterotróficas é utilizada como indicador genérico para análises da qualidade da água (Freire; Lima, 2013), visto que dentre elas estão grupos patogênicos e não patogênicos.

O processo de urbanização pode afetar significativamente as características e a qualidade da água de ambientes lênticos. No município de Camocim, localizado no litoral oeste do estado do Ceará, ocorrem vários lagos e lagoas tanto em áreas urbanas quanto em áreas não urbanas. O presente trabalho teve como objetivo realizar comparações e avaliar a relação entre as concentrações de sólidos e de bactérias heterotróficas totais em ambientes lênticos de áreas urbanizadas e não urbanizadas no município de Camocim/CE.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição do local e amostragem

Camocim é um município litorâneo do oeste do estado do Ceará, caracterizado pela presença do estuário do Rio Coreaú, dunas, praias e falésias. Apresenta uma precipitação anual média de 1.032 mm e uma temperatura média entre 26 e 28 °C, com um clima tropical quente semiárido brando (Viana *et al.*, 2017; Marques; Claudino-Sales; Pinheiro, 2019). Os ambientes objeto deste estudo estão localizados na área urbanizada do município: Lagoa da Democrata (2°54'49.0"S, 40°50'50.3"W, área aproximada de 7.000 m<sup>2</sup>) e Lagoa da Tierre (2°54'50.9"S, 40°50'32.6"W, área aproximada de 82.700 m<sup>2</sup>), e em área não urbanizada: Lago do Boqueirão (2°54'07.4"S, 40°56'23.6"W, área aproximada de 2.100.000 m<sup>2</sup>) e Lagoa Verde do Aborrecido (2°53'32.2"S, 40°56'08.2"W, área aproximada de 36.700 m<sup>2</sup>), conforme mostrado na Figura 1.

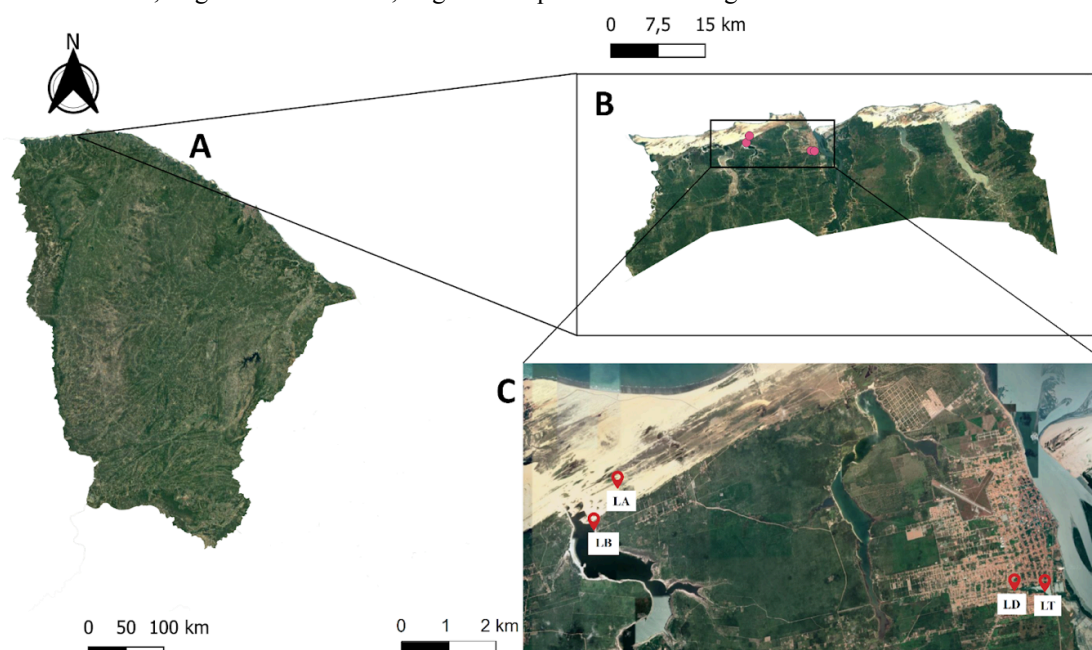
Amostras foram obtidas em triplicata a partir da superfície de um ponto marginal em cada um dos ambientes, com o objetivo de se obter amostras indicativas dos ambientes de estudo. Para tanto, as coletas ocorreram no início do mês de novembro de 2019, período considerado de ventos fortes, em que a velocidade média do vento é de 23,8 km/h, proporcionando a mistura das camadas de água nos ambientes lênticos. As amostras foram acondicionadas em um recipiente isotérmico contendo gelo e transportadas imediatamente ao Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Camocim, para análise imediata.

### 2.2 Análises de sólidos

As amostras foram submetidas às seguintes análises: sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos dissolvidos totais (SDT) seguindo a metodologia descrita por (PIVELI, 2005). A determinação dos sólidos foi realizada empregando-se o método gravimétrico de medidas de massas.



**Figura 1.** Local de estudo contendo (A) delimitação geográfica do estado do Ceará, (B) delimitação geográfica do município de Camocim e (C) pontos amostrados nas regiões urbanizadas e não urbanizadas. Lagoa da Democrata – LD, Lagoa da Tierre – LT, Lago do Boqueirão – LB e Lagoa Verde do Aborrecido – LA.



Fonte: Autores, 2024.

### 2.2.1 Procedimento experimental

Na 1ª etapa, foram utilizadas 12 cápsulas (para análises em triplicatas de cada ambiente amostrado) de evaporação de porcelana, calcinadas a 550 °C por 15 minutos. Em seguida, as cápsulas foram inseridas em um dessecador para atingir a temperatura ambiente, procedendo-se à pesagem em uma balança analítica para obter o peso das mesmas ( $P_0$ ). Na 2ª etapa, foram transferidos 100 mL de cada amostra para cápsulas de porcelana, para secagem a 105 °C durante 24 h. As cápsulas foram, então, transferidas para um dessecador para atingir a temperatura ambiente e, em seguida, pesadas em uma balança analítica para se obter a massa total da cápsula com o resíduo remanescente após a evaporação da água ( $P_1$ ). Na 3ª etapa, as cápsulas foram levadas à mufla a 550 °C por 15 minutos e, em seguida, deixadas em um dessecador para atingir a temperatura ambiente. Ao retirá-las do dessecador, foram imediatamente pesadas para a quantificação da massa de sólidos fixos ( $P_2$ ).

Para a realização da análise de sólidos dissolvidos totais, foram inseridas 12 cápsulas de evaporação de porcelana na mufla a 550 °C por 15 minutos para realizar a calcinação. Em seguida, as cápsulas foram inseridas em um dessecador para atingir a temperatura ambiente e, então, levadas à balança analítica para a obtenção do peso de cada cápsula ( $P_0$ ). Aliquotas de 100 mL de cada amostra foram inseridas nas cápsulas e estas foram mantidas em estufa a 180 °C durante 24 horas. Novamente inseridas em um dessecador para atingir a temperatura ambiente, as cápsulas foram, então, pesadas em uma balança analítica para a obtenção da massa da cápsula somada à massa de resíduos remanescentes após a evaporação da água ( $P_3$ ).



### 2.2.2 Cálculos

$$ST = [(P_1 - P_0)/V] \times 1.000.000 \quad (01)$$

$$SF = [(P_2 - P_0)/V] \times 1.000.000 \quad (02)$$

$$SV = ST - SF \quad (03)$$

$$SDT = [(P_3 - P_0)/V] \times 1.000.000 \quad (04)$$

Onde:

ST = Sólidos Totais

SF = Sólidos Fixos

SV = Sólidos Voláteis

SDT = Sólidos Dissolvidos Totais

P<sub>0</sub> = Tara da cápsula (g);

P<sub>1</sub> = Cápsula com amostra após secagem a 105 °C (g);

P<sub>2</sub> = Cápsula com amostra após calcinação (g);

P<sub>3</sub> = Cápsula com amostra após secagem a 180 °C (g);

V = Volume da amostra (mL); Expressão dos resultados em mg.L<sup>-1</sup>.

### 2.3 Bactérias heterotróficas

A determinação de bactérias heterotróficas cultiváveis foi realizada conforme descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Baird; Eaton; Rice, 2017). Em triplicatas, alíquotas de 1 mL de cada amostra dos ambientes lênticos foram utilizadas para proceder à diluição seriada em solução salina estéril (NaCl 0,9%) até 10<sup>-3</sup>. Em seguida, 1.000 µL de cada diluição foram inseridos na base de uma placa de Petri, para a realização da técnica de pourplate, onde foram vertidos aproximadamente 20 mL de ágar nutriente contendo fluconazol 0,64% (para inibição do crescimento de colônias fúngicas) a 50 °C. Posteriormente, as placas foram incubadas em B.O.D. a 30 °C durante 48 horas para a contagem posterior do número de colônias bacterianas nas diluições que apresentaram entre 20 e 300 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) e o cálculo da densidade de bactérias heterotróficas no ambiente na forma de UFC.mL<sup>-1</sup>.

### 2.4 Análises estatísticas

Os dados de sólidos e de bactérias heterotróficas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e, em seguida, ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SigmaPlot v. 12.0. Posteriormente, os dados foram inseridos no software Past v. 4.03 para a realização da análise de correlação linear de Pearson, com 5% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são apresentados de acordo com os valores de densidade de bactérias heterotróficas cultiváveis e de concentração de sólidos totais em mg.L<sup>-1</sup> (Figura 2). Todos os ambientes amostrados apresentaram diferença significativa entre os valores observados de sólidos totais. Esses resultados indicam que a Lagoa da Terra (LT) e a Lagoa da Democrata (LD), ambas de região urbanizada, apresentam maior concentração de sólidos totais quando comparadas a Lago do Boqueirão (LB) e a Lagoa Verde do Aborrecido (LA). Considerando os ambientes urbanizados LD e LT, observa-se que LT apresenta a maior concentração de sólidos totais.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v21i1.7189>

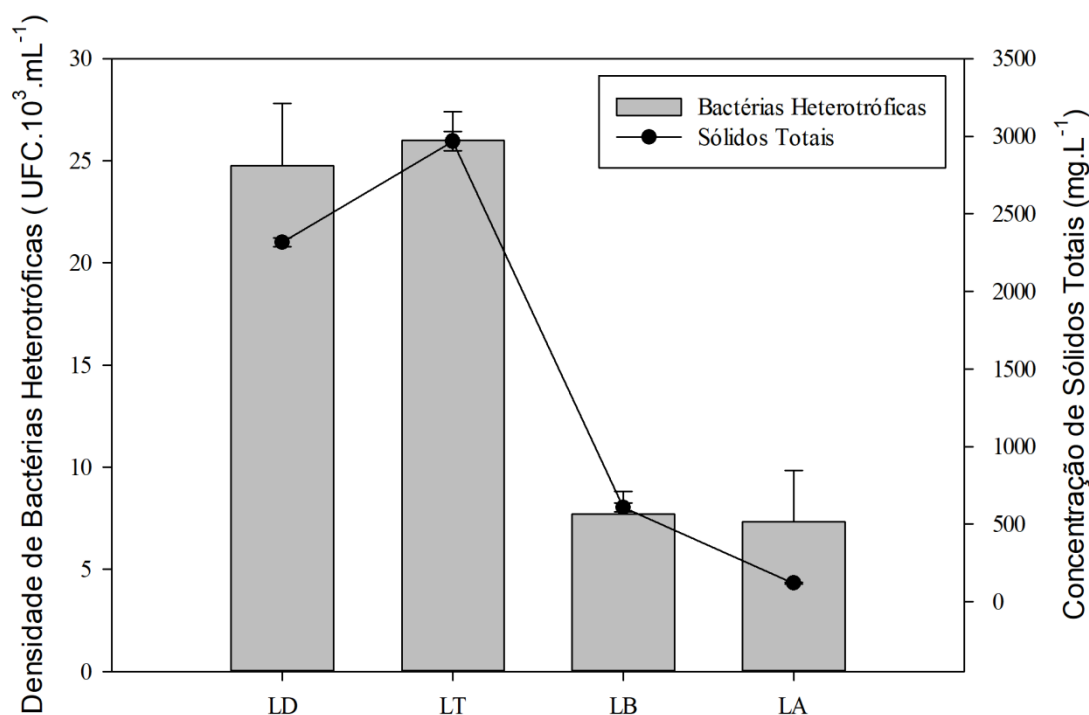
V. 21, N. 1 (2024)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Considerando apenas os ambientes não urbanizados observa-se que o maior teor de sólidos totais ocorre na LB. A LT é o ambiente com maior concentração de sólidos totais, o que pode ser justificado pela presença de muitas residências em seu entorno e vegetação na água. Destaca-se a baixa concentração de sólidos para a LA, que provavelmente ocorre devido às suas características geográficas, pois está inserida em região de solo muito arenoso, em área com dunas, com pouca vegetação tanto no interior quanto nas regiões marginais.

**Figura 2.** Densidade de bactérias heterotróficas e concentração de sólidos totais na água de quatro ambientes lânticos do município de Camocim. LD: Lagoa da Democrata; LT: Lagoa da Tierre; LB: Lagoa do Boqueirão; LA: Lagoa Verde do Aborrecido.



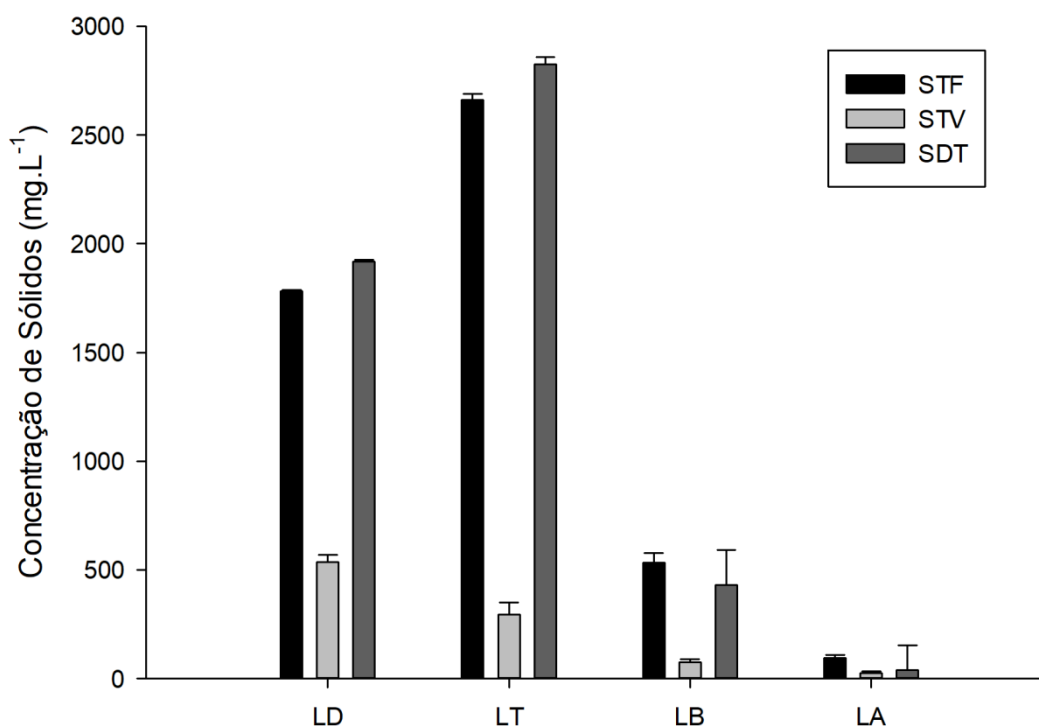
Fonte: Autores, 2024.

As parcelas fixas são representadas pelos sólidos totais fixos, ou seja, matéria inorgânica, enquanto parcelas voláteis são representadas pelos sólidos totais voláteis, ou seja, matéria orgânica na água. Avaliando a Figura 3, nota-se que tanto os ambientes urbanizados quanto os não urbanizados apresentam concentração de sólidos oriundos, em sua maioria, de matéria inorgânica, já que os valores de sólidos totais fixos são maiores que os dos voláteis. Assim como observado para sólidos totais, todos os valores de sólidos totais fixos, totais voláteis e dissolvidos totais são maiores para os ambientes localizados em área urbanizada. Sabendo-se que os sólidos totais resultam da soma dos sólidos suspensos e dos sólidos dissolvidos, é possível estimar, por meio de uma subtração, a concentração aproximada dos sólidos suspensos. Diante disso, analisando a Figura 3, observa-se que a maior parcela de sólidos totais corresponde aos sólidos dissolvidos, com exceção da LA, onde a parcela de sólidos suspensos seria maior. Pereira-Silva *et al.*, (2011) avaliaram que as atividades antrópicas podem substancialmente alterar as características da água, e o presente trabalho demonstra isso através da análise de sólidos. Os valores de todas as frações de



sólidos avaliadas são estatisticamente diferentes quando se comparam ambientes em áreas urbanizadas e não urbanizadas.

**Figura 3.** Concentração de sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV) e sólidos dissolvidos totais (SDT) na água de quatro ambientes lânticos do município de Camocim. LD: Lagoa da Democrata; LT: Lagoa da Tierre; LB: Lagoa do Boqueirão; LA: Lagoa Verde do Aborrecido.



Fonte: Autores, 2024.

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), águas destinadas ao consumo humano ou a atividades recreativas de contato primário devem apresentar valor máximo de sólidos dissolvidos totais de 500 mg.L<sup>-1</sup>. Avaliando-se os resultados de sólidos dissolvidos de acordo com a referida resolução, conclui-se que apenas os lagos de ambientes não urbanizados atendem ao padrão, onde LB está muito próximo de atingir o valor limite. Os resultados obtidos indicam que a urbanização ao redor de ambientes lânticos torna os recursos hídricos locais inaptos para diversos usos humanos de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA 375/2005 (Brasil, 2005), incluindo a recreação de contato primário. Entretanto, é comum observar a presença de crianças utilizando ambas as lagoas para atividades recreativas.

Nossos resultados vão de encontro com o trabalho de Riley *et al.*, (2022), ao afirmarem que a ocorrência de ocupações irregulares na região marginal de uma lagoa pode influenciar no aumento dos valores de sólidos totais dissolvidos no corpo d'água. No mesmo sentido, Nogueira *et al.*, (2015) afirmam que o descarte de resíduos sólidos é uma das causas antropogênicas da entrada de sólidos na água. O aumento na concentração de sólidos dissolvidos em corpos d'água tende a desencadear problemas para a manutenção da vida aquática (Figur; Reis, 2017). Neste contexto, o aumento de sólidos dissolvidos totais pode causar toxicidade pelo aumento da salinidade, mudança na composição iônica da água e toxicidade por íons individuais. Como resultado, pode haver alteração na comunidade biótica, redução da biodiversidade e extinção local de espécies pouco



tolerantes, além de ocorrência de efeitos tóxicos agudos e crônicos em determinados estágios de desenvolvimento (Bierhuizen; Prepas, 1985; Weber-Scannell; Duffy, 2007; Aravinth *et al.*, 2023).

Os resultados obtidos sobre a densidade de bactérias heterotróficas nos ambientes amostrados estão apresentados em Unidades Formadoras de Colônias (UFC) na Figura 2. Dos ambientes urbanizados é possível observar que as maiores densidades médias de bactérias heterotróficas ocorrem nas Lagoa da Tierre e Lagoa da Democrata, enquanto os ambientes não urbanizados possuem as menores densidades de bactérias heterotróficas. Não houve diferença significativa para a densidade de bactérias heterotróficas entre ambientes de uma mesma região. As diferenças observadas tanto para sólidos quanto para densidade bacteriana permitem sugerir que os ambientes urbanizados interferem de forma a proporcionar aumento tanto de sólidos quanto de bactérias heterotróficas na água de ambientes lênticos. Esses ambientes estão sujeitos a descarga de efluentes domésticos, que são fontes de matéria orgânica e demais nutrientes para bactérias heterotróficas, o que favorece o aumento da densidade desses microrganismos.

Nos ambientes avaliados de área urbanizada é comum observar a entrada de água cinza a partir de algumas residências situadas nas margens de ambas as lagoas. Segundo Oteng-Peprah; Acheampong; Devries (2018) águas cinzas possuem elevados teores de matéria orgânica biodegradável, bem como compostos nitrogenados e fosfatados em abundância, o que pode favorecer o aumento da densidade microbiana e também aumento da concentração de sólidos em suspensão na água dos corpos receptores. Alguns trabalhos relatam ainda a presença de coliformes e outros grupos bacterianos patogênicos em águas cinzas (Edwin; Gopalsamy; Muthu, 2014; Shi; Wang; Jiang, 2018; Petousi *et al.*, 2023). Esses relatos indicam necessidade de haver monitoramento desses ambientes para prevenir problemas de saúde naquelas pessoas que os frequentam para atividades recreativas de contato primário. Nos ambientes não urbanizados os menores valores de frações de sólidos podem ser resultado de menor carreamento para a coluna d'água de material alóctone, o que influencia diretamente na densidade de bactérias heterotróficas (Tabela 1), em virtude de haver menor área superficial disponível para colonização por células bacterianas não planctônicas.

**Tabela 1** - Correlação linear de Pearson entre dados de sólidos e bactérias heterotróficas nos quatro ambientes lênticos avaliados no município de Camocim.

	ST	STF	STV	SDT	BH
ST	–	0,99284	0,80243*	0,99405	0,96129
STF	0,99284	–	0,72542*	0,99772	0,9363
STV	0,80243*	0,72542*	–	0,74374*	0,86185*
SDT	0,99405	0,99772	0,74374*	–	0,94734
BH	0,96129	0,9363	0,86185*	0,94734	–

\*Valores não significativos de acordo com a correlação de Pearson a 5% de probabilidade. #Sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos dissolvidos totais (SDT), bactérias heterotróficas (BH). **Fonte:** Autores, 2024.





Apesar da maioria das bactérias heterotróficas não serem patogênicas, é de suma importância ter sob controle a qualidade da água de ambientes lênticos utilizados para atividades recreativas. Concentrações elevadas de microrganismos na água podem causar riscos à saúde, tendo em vista que diversos grupos microbianos podem atuar como agentes patogênicos oportunistas (Domingues, 2007).

Os dados de sólidos e de bactérias heterotróficas foram submetidos à análise de correlação linear de Pearson para avaliar a relação entre tais parâmetros (Tabela 1). Todos os sólidos avaliados possuem correlação positiva significativa com a densidade de bactérias heterotróficas, com exceção dos sólidos totais voláteis, que correspondem à matéria orgânica presente no ambiente (Hamilton; Zhang, 2011). Saraiva, 2012 indica que a matéria orgânica em ambientes aquáticos submetidos a climas tropicais tende a ser ciclada com maior rapidez, o que impede sua correlação positiva com a densidade de bactérias heterotróficas. Outro fator que contribui para sua rápida decomposição é a alta turbulência em virtude dos ventos e a baixa profundidade dos ambientes avaliados. Para todos os demais parâmetros avaliados, os STV não possuem correlação positiva significativa com nenhum deles. Isso reforça a possibilidade de as condições climáticas locais causarem variações significativas na matéria orgânica presente nos ambientes aquáticos lênticos. A correlação positiva significativa entre bactérias heterotróficas e demais sólidos avaliados sugere que tais frações podem ser utilizadas como substrato para fixação e fonte de íons para a comunidade bacteriana.

#### 4. CONCLUSÃO

Os ambientes lênticos em áreas urbanizadas apresentam maiores valores de frações de sólidos na água quando comparados a ambientes não urbanizados na região de Camocim. Esses valores provavelmente influenciam a comunidade bacteriana local à medida que se observa correlação positiva significativa entre valores de sólidos e bactérias heterotróficas. Devido à rápida decomposição da matéria orgânica, não ocorre correlação significativa entre sólidos totais voláteis e densidade de bactérias heterotróficas. As alterações proporcionadas pela urbanização levam ao aumento de sólidos totais, o que inviabiliza o uso da água para diversas finalidades de acordo com a legislação vigente. Futuros estudos podem elucidar a dinâmica destes ambientes em razão de variações sazonais e a qualidade dos recursos hídricos para os diferentes tipos de usos possíveis.

#### 5. REFERÊNCIAS

ARAVINTH, Annamalai; KANNAN, Radhakrishnan; CHINNADURAI, Gunasekaran; MANICKAM, Narasimman; RAJU, Piliyan; PERUMAL, Pachiappan; SANTHANAM, Perumal. Temporal changes in plankton diversity in relation to hydrographical characteristics at Perumal Lake, Cuddalore District, Tamil Nadu, India. **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 84, n. 1, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.1186/s41936-023-00337-7>.

BAIRD, Roger B.; EATON, Andrew, D.; RICE, Eugene W. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 23rd ed. American Public Health Association (APHA), Washington, D.C., 2017. 1624 p.

BIERHUIZEN, Jean; PREPAS, Ellie. Relationship Between Nutrients, Dominant Ions, and Phytoplankton Standing Crop in Prairie Saline Lakes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 42, n. 10, p. 1588-1594, 1985. <https://doi.org/10.1139/f85-199>.



BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Disponível em:

[https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_a\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 09 de abril de 2024.

CETESB. Índices de Qualidade das Águas. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**, p. 1-31, 2016. Disponível em:

[https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasInteriores\\_2016\\_corre%C3%A7%C3%A3o02-11.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasInteriores_2016_corre%C3%A7%C3%A3o02-11.pdf). Acesso em: 09 de abril de 2024.

CUTHBERT, Ross N.; WASSERMAN, Ryan John; KEATES, Chad; DALU, Tatenda. Food webs. *In: DALU, Tatenda, WASSERMAN, Ryan John. **Fundamentals of Tropical Freshwater Wetlands: From Ecology to Conservation Management***, Elsevier. pp. 517-547, 2022.

DOMINGUES, Vanessa Oliveira; TAVARES, Gilda Dias; STUKER, Fernanda; MICHELOT, Tiago Mozzaquatro; REETZ, Luiz Gustavo Brenner; BERTONCHELI, Claudia de Mello; HORNER, Rosmari. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: Comparação entre duas metodologias. **Revista Saúde (Santa Maria)**, v. 33, n. 1, p. 15-19, 2007. <https://doi.org/10.5902/223658346458>.

EDWIN, Golda A.; GOPALSAMY, Poyyamoli; MUTHU, Nandhivarman. Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. **Applied Water Science**, v. 4, n. 1, p. 39-49, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13201-013-0128-8>.

EGUN, Nkonyeasua Kingsley; OKOTIE, Ufuoma Ruth; OBOH, Ijeoma Patience. Distribution and toxicological risk assessment of metals in commercial fish species from a lentic ecosystem in Nigeria. **Journal of Trace Elements and Minerals**, v. 6, p. 100100, 2023.

FIGUEROLA, Blanca; MACEDA-VEIGA, Alberto; DE SOSTOA, Adolfo. Assessing the effects of sewage effluents in a Mediterranean creek: fish population features and biotic indices. **Hydrobiologia**, v. 694, n. 1, p. 75-86, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1132-y>

FIGUR, Cassia; REIS, Janete Teresinha. A influência do uso e cobertura da terra nos parâmetros da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Abaúna, em Getúlio Vargas, RS. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 352-365, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/4675/467551029013/movil/>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

FREIRE, Romero Correia; LIMA, Rafaela de Assis. Bactérias heterotróficas na rede de distribuição de água potável no município de Olinda-PE e sua importância para a saúde pública. **JMPHC | Journal of Management & Primary Health Care | ISSN 2179-6750**, v. 3, n. 2, p. 91-95, 2013 <https://doi.org/10.14295/jmphc.v3i2.144>.

HALVORSON, Halvor M.; WYATT, Kevin H.; KUEHN, Kevin A. Ecological significance of autotroph-heterotroph microbial interactions in freshwaters. **Freshwater Biology**, v. 65, n. 7, p. 1183-1188, 2020. <https://doi.org/10.1111/fwb.13530>.



HAMILTON, Doug; ZHANG, Hailin. **Solids Content of Wastewater and Manure**. Oklahoma Cooperative Extension Service, 2011, 4 p.

LIMA, Diego Viana Melo; ALMEIDA, Maria de Fátima Teixeira; VICENTE, Jeferson Xavier. Efeitos da sazonalidade sobre a composição e riqueza de larvas de Odonatas em lagos urbanos, Rio Branco (AC), Brasil. **Multidisciplinary Sciences Reports**, v. 1, n. 1, p. 1–16, 2021. <https://doi.org/10.54038/ms.v1i1.5>.

MARONEZE, Mariana Manzoni; ZEPKA, Leila Queiroz; VIEIRA, Juliana Guerra; QUEIROZ, Maria Isabel; JACOB-LOPES, Eduardo. A tecnologia de remoção de fósforo: gerenciamento do elemento em resíduos industriais. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 445-458, 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1403>.

MARQUES, Eduardo de Sousa; CLAUDINO-SALES, Vanda; PINHEIRO, Lidriana de Souza. Análise das características Geoambientais Costeiras da cidade de Camocim – CE. **Revista Equador**, v. 8, n. 3, p. 225-241, 2019. <https://doi.org/10.26694/ecuador.v8i3.9444>.

MEHNER, Thomas; ATTERMAYER, Katrin; BRAUNS, Mario; BROTHERS, Soren; HILT, Sabine; SCHARNWEBER, Kristin; DORST, Renee Mina; VANNI, Michael; GAEDKE, Ursula. Trophic transfer efficiency in lakes. **Ecosystems**, v. 25, 1628-1652, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10021-022-00776-3>.

NOGUEIRA, Fábio Fernandes; COSTA, Isabella Almeida; PEREIRA, Uendel Alves. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. 2015. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

OTENG-PEPRAH, Michael; ACHEAMPONG, Mike Agbesi; DEVRIES, Nanne K. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 229, n. 8, p. 255, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>.

PEREIRA-SILVA, Erico Fernando Lopes; PIRES, José Salatiel Rodrigues; HARDT, Elisa; SANTOS, José Eduardo; FERREIRA, Wanderley Augusto. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 3, p. 371, 2011. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1758/1058>.

PETOUSI, Ioanna; THOMAIDI, Vasiliki; KALOGERAKIS, Nikolaos; FOUNTOULAKIS, Michail S. Removal of pathogens from greywater using green roofs combined with chlorination. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 9, 22560-22569, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23755-6>.

PIVELI, Roque Passos. Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor. In: **Curso: Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**, n. Aula 5, p. 26, 2005. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v21i1.7189>

V. 21, N. 1 (2024)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RECHE, Maria Helena Lima Ribeiro; PITTOL, Michele; FIUZA, Lidia Mariana. Bactérias e bioindicadores de qualidade de águas de ecossistemas orizícolas da Região Sul do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 02, p. 452-463, 2010. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1402.08>.

RILEY, Melika Chicava; SOUZA, Amanda da Silva; JESUS, Taise Bomfim; SANTOS, Leila Thaise Santana de Oliveira. Análise da qualidade da água superficial das lagoas Grande e Salgada em Feira de Santana-BA. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 44, p. 162–193, 2022. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/8117>. Acesso em: 09 de abril de 2024.

SARAIVA, André Luis de Lima. **Análise dos impactos da dinâmica de sólidos e de nutrientes na qualidade da água de ambiente lêntico utilizado no abastecimento de comunidades amazônicas**. 2012. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

SHI, Kuang-Wei; WANG, Cheng-Wen; JIANG, Sunny. Quantitative microbial risk assessment of Greywater on-site reuse. **The Science of the Total Environment**, v. 635, p. 1507-1519, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.197>.

TOKATLI, Cem; VAROL, Memet; USTAOĞLU, Fikret; MUHAMMAD, Said. Pollution characteristics, sources and health risks assessment of potentially hazardous elements in sediments of ten ponds in the Saros Bay region (Türkiye). **Chemosphere**, v. 340, p. 139977, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139977>.

VIANA, Cláudia Maria de Pontes; SOUSA, Fátima Juvenal; LIMA, Kathiúscia Alves; NASCIMENTO, Margarida Maria Sérgio. **Perfil Básico Municipal: Camocim**. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Fortaleza – Ceará, 2017. 18 p.

YAN, Jiale; LI, Fang. Effects of sediment dredging on freshwater system: a comprehensive review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 57, p. 119612-119626, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30851-8>.

WEBER-SCANNELL, Phyllis K.; DUFFY, Lawrence. Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2007. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2007.1.6>.

