

A QUALIDADE DE ECOSISTEMAS ESTUARINOS IMPACTADOS PELA AÇÃO ANTRÓPICA NO PERÍODO QUATERNÁRIO – UMA REVISÃO SISTEMÁTICA SOBRE A BAÍA DE GUANABARA/RJ

THE QUALITY OF ESTUARINE ECOSYSTEMS IMPACTED BY ANTHROPIC ACTION IN THE QUATERNARY PERIOD – A SYSTEMATIC REVIEW ON THE GUANABARA BAY/RJ

Matheus Cavalcante Silva 1
Christiane do Nascimento Monte 2
Carlos David Veiga França 3
Luana dos Santos Lima 4
Eva Rocha Colares 5

Resumo: Os estuários, que são ambientes transicionais sensíveis entre bacias hidrográficas e oceano, têm sido amplamente impactados por atividades industriais, metalúrgicas, minerárias e pela ausência de saneamento básico adequado. Nesse sentido, o estuário da Baía de Guanabara, localizado em uma área densamente urbanizada do estado do Rio de Janeiro, avulta-se como objeto de estudo em diversas pesquisas, tendo em consideração os altos índices de poluição e a necessidade da atuação e efetividade da gestão ambiental. O objetivo principal foi pautado na compreensão da interferência humana em relação ao comprometimento da sustentabilidade do ecossistema estuarino tropical brasileiro. As etapas metodológicas consistiram em uma revisão bibliográfica sistemática, utilizando strings de busca e métodos de filtragem: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Exclusão. Como resultados, obtiveram-se as seguintes constatações: Os principais vetores de disseminação de poluentes nos corpos hídricos na Baía de Guanabara são os complexos industriais, metalúrgicos, minerários e a própria urbanização; A densidade urbana ao redor da Baía de Guanabara possibilita o despejo de esgotos e efluentes domésticos, contribuindo para a ocorrência da eutrofização; A eutrofização é responsável pelo comprometimento da qualidade do ecossistema; A ressuspensão é comum na baía de Guanabara devido a processos de dragagem e podem intensificar os danos ambientais.

Palavras-chave: Estuários, Contaminação, Eutrofização.

Abstract: Estuaries, which are sensitive transitional environments between river and ocean basins, have been largely impacted by industrial, metallurgical, mining activities and the lack of adequate basic sanitation. In this sense, the Guanabara Bay estuary, located in a densely urbanized area of the state of Rio de Janeiro, stands out as an object of study in several studies, taking into account the high frequency rates and the need for action and environmental management. The main objective was based on understanding human interference in relation to compromising the sustainability of the Brazilian estuarine tropical ecosystem. The methodological steps consisted of a systematic review, using search strings and filtering methods: Identification, Selection, Eligibility and Exclusion. As a result, the following findings were obtained: The main vectors for the dissemination of pollutants in water bodies in Guanabara Bay are the industrial, metallurgical, mining complexes and urbanization itself; The urban density around Guanabara Bay allows the disposal of sewage and domestic effluents, which is desirable for eutrophication to occur; Eutrophication is responsible for compromising the quality of the ecosystem; Resuspension is common in Guanabara Bay due to trawling processes and can intensify environmental damage.

Keywords: estuaries, contamination, eutrophication.

1 - Especialista em Geologia, FACULDADE ÚNICA. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9931584436765466>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6139-3624>, E-mail: matheuscavalcante_s@hotmail.com

2 - Doutora em Geociências, UFF. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6178162183692365>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4840-7777>. E-mail: christiane.monte@yahoo.com.br

3 - Mestre em Geografia, UEMA. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6038013213802762>, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8862-5520>, E-mail: tutorveiga@gmail.com

4 - Mestre em Geociências, UERJ. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3755379482505254>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3761-9523>. E-mail: luanalima.a@hotmail.com

5 - Graduada em Geologia, UFOPA. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1946728625097624>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7495-3205>. E-mail: evarcolares@gmail.com

Introdução

Os estuários configuram complexos ambientes transicionais, onde ocorrem interações entre os rios e o mar, sendo frequentemente caracterizados por fortes gradientes de salinidade e de condições químicas, alta variabilidade de fatores e alta produtividade biológica (WHITFIELD *et al.*, 2013; BASSET *et al.*, 2013). Nesse sentido, são considerados um dos ecossistemas mais produtivos, atuando como berçário para várias espécies, além da disponibilização de inúmeros bens e serviços ecossistêmicos, tais como a sustentação do paisagismo e da pesca costeira, a execução de atividades recreativas e culturais, e a possibilidade da prática de modalidades esportivas aquáticas (ORTEGA-CISNEROS *et al.*, 2014; SOARES-GOMES *et al.*, 2016).

O desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas, e antrópicas em geral, juntamente ao crescimento populacional observados no último século, contribuiu para a apropriação inadequada de recursos ambientais (PINHEIRO, CORREA & MONTE, 2019), assim como possibilitou a liberação de uma série de poluentes orgânicos em ecossistemas naturais, principalmente em ecossistemas aquáticos (SROGI, 2008). Em decorrência da notável interferência antrópica em ambientes geológicos, os termos “Atividade humana”, “Antropoceno”, “Área urbana”, e “Quaternário” têm sido recorrentes em artigos referentes a depósitos antropogênicos, uma vez que esse período é marcado por um aumento gradual da atividade humana (OLIVEIRA & MENEZES, 2018).

A Baía de Guanabara está situada no sudeste do Brasil, na zona costeira do oceano Atlântico do Estado do Rio de Janeiro, delimitada pelas latitudes 22°40'00" e 23°05'00" S e longitudes 43°00'00" e 43°20'00" W (PEREIRA *et al.*, 2021). Esta Baía apresenta área de 381km² e dispõe de uma bacia de drenagem de aproximadamente 481km². Trata-se da segunda maior baía brasileira, constituindo uma das baías mais densamente urbanizadas do mundo, totalizando cerca de 16 milhões de habitantes em seu entorno (FISTAROL *et al.*, 2015).

Seguramente, a Baía de Guanabara constitui uma das regiões costeiras mais contaminadas do Brasil, contemplando o maior parque industrial do estado do Rio de Janeiro, com aproximadamente 70% das indústrias (SEIXAS FILHO *et al.*, 2020). Além de efluentes industriais despejados em sua bacia de drenagem, são lançadas grandes quantidades de esgoto doméstico sem qualquer tratamento sanitário, agrotóxicos, e contaminantes em geral, especialmente no oeste da Baía de Guanabara, sendo a área mais afetada (KJERFVE *et al.*, 1997).

Diante desse cenário, a inquietude da pesquisa surgiu da necessidade em contribuir e fomentar discussões focadas na avaliação da qualidade de ambientes estuarinos contaminados em virtude das ações antrópicas. Nesse sentido, este estudo objetiva a compreensão dos modos pelos quais as atividades humanas comprometem a sustentabilidade do ecossistema estuarino da Baía de Guanabara – RJ em relação à qualidade das águas e dos sedimentos desse ambiente sensível e de extrema relevância histórica, cultural, ecológica, social e econômica.

Fundamentação Teórica

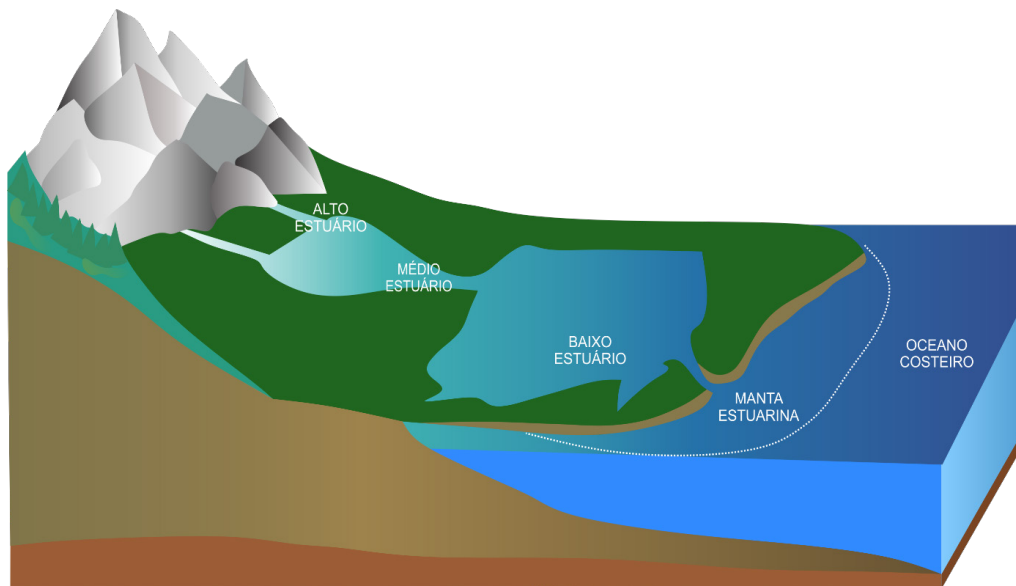
Historicamente, as regiões estuarinas foram as primeiras regiões colonizadas por ocupações humanas, regiões portuárias e pela implementação de grandes complexos industriais (PALERMO & HAYS, 2014), resultando no adensamento populacional e no desenvolvimento econômico destas áreas. Embora sua expressiva importância ambiental e cultural, os estuários de todo o mundo têm sofrido mudanças radicais em relação à qualidade da água e dos sedimentos (CHEN *et al.*, 2012).

Estudos demonstraram que as interações entre sólidos terrestres e formas moleculares de poluentes são influenciadas por características físico-químicas da água, como o pH e a matéria orgânica dissolvida, assim como partículas de sedimento (composição mineralógica e tamanho da partícula) (PENG *et al.*, 2018). O grau de poluição do ambiente estuarino depende da capacidade do fluxo de transportar poluentes através da coluna d'água, bem como dos sedimentos (WIJESIRI *et al.*, 2019). A presença de compostos com potencial acumulativo e de persistência pode variar entre bioacumulação, suspensão e deposição em sedimentos

(HINOJOSA-GARRO *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2020).

Os poluentes são inseridos nos estuários por meio de bueiros, descargas industriais, escoamento de áreas urbanas e industriais, efluentes de tratamento de esgoto, e por deposição atmosférica (SUN, WANG & HO, 2012). O poluente adentra por uma fonte pontual ou difusa, por meio do transporte hidrodinâmico, decorrente do encontro entre o rio e o oceano, sob a influência das marés, sendo então distribuídos entre as fases dissolvida e particulada, que são determinadas por condições ambientais (Figura 1). A fase particulada se associa às partículas em suspensão, que podem se depositar no fundo (FERNANDES, 2001). Desse modo, os sedimentos podem transportar poluentes para o ambiente estuarino (CISZEWSKI & GRYGAR, 2016; RÜGNER *et al.*, 2019).

Figura 1. Bloco diagrama do ambiente estuarino, com ênfase na subdivisão morfodinâmica: Alto Estuário, Médio Estuário e Baixo Estuário.



Fonte: Adaptado de Perillo (1995); Miranda *et al.* (2002); Montagna, Palmer & Beseres (2013).

Como consequência, os poluentes afetam a qualidade da água, devido às restrições de troca de água e à poluição resultante do descarte de águas residuais e de resíduos sólidos em regiões estuarinas (MACHADO *et al.*, 2016). Além de afetar a resiliência do ambiente, podem ocasionar efeitos deletérios para vidas aquáticas e resultar na degradação ecossistêmica de modo geral (JAHAN & STREZOV 2018; KAMALI *et al.*, 2019).

A eutrofização é um dos principais problemas ambientais acometidos em ecossistemas hídricos que a humanidade enfrenta na atualidade (SCHINDLER *et al.*, 2016; PINTO & ANTUNES, 2020). Há uma preocupação iminente ao considerar o contexto hídrico da América do Sul, que no ano de 2010 enfrentava problemas de eutrofização em 41% dos corpos d'água (NYENJE *et al.*, 2010). Como agravante às gerações e atividades futuras, estima-se que, até o ano de 2058, 55% de ecossistemas aquáticos nessa porção continental estejam eutrofizados (WANG *et al.*, 2018).

Há uma necessidade significativa na expansão de conhecimentos acerca das mudanças nas cargas de poluentes durante o transporte no meio aquático, visando compreender como a poluição terrestre resulta na degradação de ecossistemas, a exemplo de estuários (WIJESIRI *et al.*, 2019). Nesse mesmo mote, os estudos espaciais e temporais com enfoque na avaliação da poluição e eutrofização em corpos hídricos têm recebido destaque, principalmente quanto às características geoquímicas e sedimentológicas (GARCÍA-AYLLÓN, 2017; SPAGNOLI & ANDRESINI, 2018).

Metodologia

Trata-se de um estudo qualitativo, de caráter descritivo, que consiste em uma revisão bibliográfica sistemática. Dessa maneira, buscou-se dados na plataforma *Scholar Google*, *Science Direct* e *CAFE/CAPES*, sendo compostos por artigos científicos, além de dissertações e teses em bancos de dados de universidades. Na estratégia de busca, utilizou-se os seguintes descritores (*strings*) isolados ou combinados, nos idiomas português e inglês: Estuários/*Estuaries*, Contaminação de Estuários/*Estuarine contamination*, Sustentabilidade de Estuários/*Estuary sustainability*, Ecologia de Estuários/*Estuary ecology*, Qualidade da água/*Water quality*, Qualidade do sedimento/*Sediment quality*, Ação antrópica em estuários/*Anthropogenic action on estuaries*, Baía de Guanabara/*Guanabara bay*.

Para tanto, foram incluídas bibliografias clássicas e atualizadas, a fim de abranger artigos de alto impacto e relevância para o tema, contemplando a completude dos estudos científicos sobre a temática abordada. Os documentos que não apresentaram o texto completo disponível e aqueles que não apresentaram relação com os objetivos propostos pelo estudo foram excluídos. Inicialmente, os arquivos acessados foram agrupados, seguindo etapas de filtragem: Identificação (por meio das *strings*), Seleção (através da leitura do resumo), Elegibilidade (considerando o potencial de dados para o estudo) e Exclusão (cuja contribuição não teria tanta relevância para a pesquisa).

Resultados e Discussão

Na Baía de Guanabara, o Porto do Rio de Janeiro e o polo industrial representam as principais atividades econômicas (CAMPOS, 2017). Na circunvizinhança dos ecossistemas costeiros desta Baía, há considerável eutrofização e contaminação por metais pesados, substâncias orgânicas, hidrocarbonetos de petróleo, patógenos, hormônios e fármacos (CORDEIRO *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2017).

A expansão dessas áreas urbanas é tida como um dos principais catalisadores dos efeitos negativos sobre os recursos naturais, principalmente no que tange aos recursos hídricos e, tendo em vista que 40% da população não tem esgoto, 10% não tem água encanada e 2% não tem serviços de coleta de resíduos (MDR, 2020), a ineficiência do saneamento básico na região da Baía de Guanabara torna-se um potencial risco para a degradação da qualidade dos corpos d'água.

A eutrofização caracteriza um dos diversos danos ambientais observados na Baía de Guanabara (FISTAROL *et al.*, 2015). Esse processo produz mudanças na qualidade da água, incluindo a redução de oxigênio dissolvido, da biodiversidade aquática e da qualidade cênica (GRAY, 2002). Os desequilíbrios nos fluxos de macronutrientes essenciais, podem desencadear a eutrofização, a partir do aumento da população fitoplanctônica em ecossistemas aquáticos, tal qual em zonas estuarinas. O processo dinâmico de crescimento de fitoplânctons está correlacionado com fluxos espaciais e temporais de macronutrientes, como o fósforo (P) e o nitrogênio (N) (REYNOLDS, 2006; CRUZ, 2016).

Além disso, a ressuspensão de contaminantes ligados aos sedimentos é ocasionada por origens naturais, a exemplo da bioturbação (COZZOLI *et al.*, 2019), indução de ondas por ventos, tempestades de correntes de maré e cunha salina estuarina (LATIMER *et al.*, 1999); ou por indução antropogênica, decorrentes de eventos de dragagem, tráfego de navios e arrastos de fundo (MONTE, 2014).

Nesse viés, a Baía de Guanabara é concebida como a baía nacional que mais recebe processos de dragagens (VALENTIN *et al.*, 1999). Esses processos são indispensáveis para a manutenção periódica de canais de navegação em áreas portuárias. Os rios que sofrem assoreamento também necessitam de dragagem para manter o canal de navegação, bem como manter a vazão (MONTE, 2017). Especialmente em canais responsáveis por interligar estuários ao mar em áreas portuárias, a ação efetiva das dragagens altera a profundidade, a

composição e a ressuspensão do sedimento (SOUSA, 2018).

A manutenção dos canais de navegação estuarinos obriga à execução da dragagem, fomentando o contínuo processo de expansão portuária. Embora estudos prévios relatem que a dragagem reduz a carga total de nutrientes em curto prazo (YU *et al.*, 2016; YU *et al.*, 2017), há impactos no habitat aquático, nos organismos e na biodiversidade. Além disso, ocorrem alterações no padrão de circulação, poluição secundária do ambiente por substâncias tóxicas existentes em depósitos sedimentares, ressuspensão, transporte de sedimentos e alterações na turbidez e na qualidade de água (GUSTAVSON *et al.*, 2008; CASTRO & ALMEIDA, 2012; SILVA & GOMES, 2012).

Esses fenômenos de ressuspensão sedimentar são de expressiva importância nos processos que influenciam a dinâmica de liberação ou precipitação de íons para a coluna de água (DAPENG *et al.*, 2011; RODRIGUES, 2021). Ao adentrarem a coluna d'água, os processos geoquímicos passam a agir sobre as partículas suspensas de sedimentos, remobilizando-os para a fase dissolvida e, assim, podendo ser potencialmente biodisponíveis (CHRISTENSEN, 1998). Em relação a isso, há uma preocupação à nível global sobre o efeito de distúrbios físicos desencadeados pela mobilização de nutrientes e suas implicações ambientais (NIENCHESKI & JAHNKE, 2002; EGGLETON & THOMAS, 2004).

No caso específico do P, a interação entre partículas e este elemento ou outros poluentes é considerada ativa em ambientes frequentemente sujeitos à ressuspensão de sedimentos, tais como estuários, canais ou lagos (YI *et al.*, 2017; TANG *et al.*, 2018). Ademais, a ressuspensão pode levar à segregação de sedimentos de acordo com o tamanho de partícula (como areia, silte ou argila), entre os quais o P pode variar em concentração. Dessa maneira, o tamanho do grão é entendido também como um indicador ambiental (ZHANG *et al.*, 2019).

Considerações Finais

A localização geográfica dos estuários permitiu que esses ambientes fossem utilizados desde as primeiras ocupações humanas, facilitando o transporte e a circulação de produtos com maior facilidade, além da disponibilidade de recursos e serviços ecossistêmicos. Muito em decorrência desses fatores, foi possibilitada o início de uma relação nem sempre harmoniosa entre o homem e o meio ambiente, cujos graus de poluição têm crescido no decorrer do tempo.

A implantação de atividades econômicas no entorno da Baía de Guanabara permitiu a concentração de complexos industriais, metalúrgicos, petrolíferos, minerais e outros. Certamente, a concentração de atividades antrópicas contribuiu grandemente para a liberação de poluentes em um ecossistema sensível e, devido a isso, comprometendo a execução de bens e serviços ecossistêmicos e afetando as esferas ambiental, econômica e social.

Além disso, a urbanização nos arredores da Baía de Guanabara representa uma ameaça à qualidade da água e dos sedimentos desse ecossistema estuarino, visto que são despejadas grandes quantidades de efluentes sem quaisquer tratamentos, elucidando a ineficiência da gestão territorial e ambiental. Outro fator preocupante seria a influência do despejo de esgotos domésticos nesses corpos hídricos, colaborando para o enriquecimento de nutrientes e a efetivação de um grande problema ambiental, a eutrofização.

Referências

BASSET, A.; BARBONE, E.; ELLIOTT, M.; LI, B-L.; JORGENSEN, S. E.; LUCENA-MOYA, P.; PARDO, I.; MOUILLOT, D. **A unifying approach to understanding transitional waters: fundamental properties emerging from ecotone ecosystems**. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 132: p. 5–16, 2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771412001254>.

CAMPOS, B. G. **Avaliação do risco ecológico de metais em sedimentos da Baía de Guanabara (RJ), através de um método escalonado baseado em múltiplas linhas de**

evidências. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, 88p., 2017. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148708>.

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, 2012. <https://www.scielo.br/j/sn/a/rMwQSBNvCfmmm7CkjkVqShf/abstract/?lang=pt>.

CHEN, Y.; LIU, R.; SUN, C.; ZHANG, P.; FENG, C.; SHEN, Z. **Spatial and temporal variations in nitrogen and phosphorus nutrients in the Yangtze River Estuary.** Marine Pollution Bulletin, 64: p. 2083–2089, 2012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X12003414>.

CHRISTENSEN, E. R. **Metals, acid-volatile sulfides, organics, and particles distributions of contaminated sediments.** Water Science Technology, v. 37, 149– 156p., 1998. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122398001942>.

CISZEWSKI, D.; GRYGAR, T.M. **A review of flood-related storage and remobilization of heavy metal pollutants in river systems.** Water, Air, & Soil Pollution, 227 (7), 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-016-2934-8>.

CORDEIRO, R. C.; SANTELLI, R. E.; MACHADO, W.; MOREIRA, L. S.; FREIRE, A. S.; BRAZ, B. F.; RIZZINI-ANSARI, N.; BIDONE, E. D.; MENICONI, M. F. G. **Biogeochemical factors controlling arsenic distribution in a densely populated tropical estuary (Guanabara Bay, RJ, Brazil).** Environmental Earth Sciences, v.76, p. 1, 2017. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-017-6888-y>.

COZZOLI, F. et al. **A process based model of cohesive sediment resuspension under bioturbators' influence.** Science of the total environment, 670, 18-30p., 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719310678>.

CRUZ, A. A. A. D. **Eutrofização antropogênica da Baía de Guanabara.** Dissertação (Mestrado), Universidade de Lisboa, 58p., 2016. <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/25787>.

DAPENG, L.; YONG, H.; CHENGXIN, F.; YAN Y. **Contributions of phosphorus on sedimentary phosphorus bioavailability under sediment resuspension conditions.** Chemical Engineering Journal, 168(3):1049–1054p., 2011. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S138589471100129X>.

NIENCHESKI, L.F.; JAHNKE, R. A. **Benthic Respiration and Inorganic Nutrient Fluxes in the Estuarine Region of Patos Lagoon (Brazil).** Aquatic Geochemistry, n.8, p. 135–152, 2002. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024207220266>.

FISTAROL, G.; COUTINHO, F.H.; MOREIRA, A.P.B.; CÁNOVAS, A; PAULAjr, S.E.M.; COUTINHO, R.; MOURA, R.L.; VALENTIN, J.L.; TENENBAUM, D. R.; PARANHOS, R.; VALLE, R. A. B.; VICENTE, A. C. P.; PEREIRA, R.C.; KRUGER, R.; REZENDE, C.E.; THOMPSON, C.C.; SALOMON, P.S.; THOMPSON, F. L. **Environmental and Sanitary Conditions of Guanabara Bay, Rio de Janeiro.** Frontiers in microbiology, n. 6, p.1232- 1242, 2015. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.01232/full>.

FERNANDES, L.D.F. **Transporte de poluentes em estuários.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001. http://www.mohid.com/publicdata/products/thesis/tfc_luisfernandes.pdf.

GARCÍA-AYLLÓN, S. **Diagnosis of complex coastal ecological systems: environmental GIS**

analysis of a highly stressed Mediterranean lagoon through spatiotemporal indicators. *Ecological Indicators*, 83, 451–462p., 2017. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X17304922>.

GRAY, J.S. **Biomagnification in Marine Systems: The Perspective of an Ecologist.** *Marine Pollution Bulletin*, 45, p. 46-52, 2002. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X0100323X>.

GUSTAVSON, K. E.; BURTON, G. A.; FRANCINGUES, N. R.; REIBLE, D. D.; VORHEES, D. J.; WOLFE, J. R. **Evaluating the effectiveness of contaminated-sediment dredging.** *Environmental Science & Technology*, v. 42, n. 14, p. 5042–5047, 2008.

HINOJOSA-GARRO, D.; RENDÓN-VON OSTEN, J.; DZUL-CAAMAL, R. **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*, v. 195, p. 110477, 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765132030316X>.

JAHAN, S.; STREZOV, V. **Comparison of pollution indices for the assessment of heavy metals in the sediments of seaports of NSW, Australia.** *Marine Pollution Bulletin*, 128, 295–306p., 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1830047X>.

KAMALI, M. et al. **Sustainability considerations in membrane-based technologies for industrial effluents treatment.** *Chemical Engineering Journal*, [s.l.], v. 368, p. 474-494p., 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719303055>.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C.H.A.; DIAS, G.T.M.; FILIPPO, A.M.; QUARESMA, V.S. **Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil.** *Continental Shelf Research*, n. 17, p. 1609- 1643, 1997. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278434397000289>.

LATIMER, J. S.; DAVIS, W. R.; KEITH, D. J. **Mobilization of PAHs and PCBs from in place contaminated marine sediments during simulated resuspension events.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 49, 577–595p., 1999. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272771499905164>.

LIU, J. et al. **Interannual variation, ecological risk and human health risk of heavy metals in oyster-cultured sediments in the Maowei Estuary, China, from 2011 to 2018.** *Marine Pollution Bulletin*, [s.l.], v. 154, 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20301570>.

MACHADO, A.A.S., SPENCER, K., KLOAS, W., TOFFOLON, M., ZARFL, C. **Metal fate and effects in estuaries: a review and conceptual model for better understanding of toxicity.** *Science of Total Environment*, 541, 268–281p., 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715307051>.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema nacional de informações sobre saneamento: SNIS – aplicativo série histórica.** 2020. Acesso em: <SNIS - Série Histórica (mdr.gov.br)>. Acesso em: 22 de Novembro de 2021.

MONTE, C.N. **Análise da biodisponibilidade de metais a partir de ensaio de ressuspensão de sedimentos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica Ambiental). Universidade Federal Fluminense, 99p., 2014. <https://app.uff.br/riuff/handle/1/1604>.

MONTE, C.N. **Comportamento de contaminantes metálicos em eventos de ressuspensão de sedimentos portuários e estaurinos.** Tese (Doutorado), Universidade Federal Fluminense, 139p., 2017. <https://app.uff.br/riuff/handle/1/5733>.

NIENCHESKI, L.F.; JAHNKE, R. A. **Benthic Respiration and Inorganic Nutrient Fluxes in the Estuarine Region of Patos Lagoon (Brazil).** Aquatic Geochemistry, n.8, p. 135–152, 2002. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024207220266>.

NYENJE P. M.; FOPPEN J. W.; UHLENBROOK S.; KULABAKO R.; MUWANGA A. **Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa - A review.** Science of the Total Environment, v. 408, n. 3, p. 447-455 p., 2010. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969709009632>.

OLIVEIRA, V. G.; MENEZES, D. B. **Depósitos Antropogênicos: Evolução das Abordagens por meio de Análise Bibliométrica.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 2, p. 369-376, 2018. <https://revistas.ufjr.br/index.php/aigeo/article/download/28491/15503>.

ORTEGA-CISNEROS, K.; SCHARLER, U.M.; WHITFIELD, A. K. **Inlet mouth phase influences density, variability and standing stocks of plankton assemblages in temporarily open/closed estuaries.** Estuarine Coast Shelf Science, 136: p. 139–148, 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771413005131>.

PALERMO, M.; HAYS, D. F. **Sediment dredging, treatment and disposal.** In: **Processes, Assessment and Remediation of Contaminated Sediments.** Springer, New York, NY, p. 365-391, 2014. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-6726-7_13.

PENG, L.; LIU, P.; FENG, X.; WANG, Z.; CHENG, T.; LIANG, Y.; LIN, Z.; SHI, Z.. **Kinetics of heavy metal adsorption and desorption in soil: developing a unified model based on chemical speciation.** Geochimica et Cosmochimica Acta 224, 282-300p., 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016703718300176>.

PEREIRA, R. S.; CORDEIRO, R. C.; SANTOS, E. S.; BIDONE, E. D. **Urbanização, Tendências Ambientais e Socioeconômicas em Uma Zona Costeira sob o Enfoque do Antropoceno: 1940-2020 (Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara, Rio De Janeiro, Brasil).** Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 17, n. 2, 2021. <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/6341>.

PINHEIRO, D. C.; CORREA, E. S.; MONTE, C. N. **Trophic state index and provenance of phosphorus and chlorophyll-a in different seasons of an Amazonian watershed.** Ibero-American Journal of Environmental Sciences, 10 (5), 2019.

PINTO, J. F., ANTUNES, S. C. **Bio-manipulação para o controle da eutrofização.** Revista Ciência Elementar, v.8, (01), 1-5p., 2020. <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2020/010/>.

REYNOLDS, C. S. **The ecology of phytoplankton.** Cambridge University Press, 2006. https://books.google.com.br/books?hl=pt BR&lr=&id=gDz5jGsPWZYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=The+ecology+of+phytoplankton&ots=tUBMYbjEfl&sig=dPnjjc9d-t84uAitU_Ll4N8KSo.

RODRIGUES, C. M. **Fracionamento de fósforo em sedimento de reservatórios rasos do semiárido brasileiro.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba. Areia, 35p., 2021. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/20567>.

RODRIGUES, S. K.; ABESSA, D. M. S.; RODRIGUES, A. P. C.; SOARES-GOMES, A.; FREITAS, C. B.;

SANTELLI, R. E.; FREIRE, A. S.; MACHADO, W. **Sediment quality in a metal-contaminated tropical bay assessed with a multiple lines of evidence approach.** Environmental Pollution, v. 228, 265-276p., 2017. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749116321339>.

RÜGNER, H.; SCHWIENSTEK, M.; MILACIC, R.; ZULIANI, T.; VIDMAR, J.; PAUNOVIC, M.; LASCHOU, S.; KALOGIANNI, E.; SKOULIKIDIS, N.T.; DIAMANTINI, E.; MAJONE, B.; BELLIN, A.; CHIOGNA, G.; MARTINEZ, E.; LOPEZ DE ALDA, M.; DÍAZ-CRUZ, M.S.; GRATHWOHL, P. **Particle Bound pollutants in rivers: results from suspended sediment sampling in Globaqua River Basins.** Science of the Total Environment, 647, 645-652p., 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718329966>.

SCHINDLER, D. W. S. R.; CARPENTER, S. C.; CHAPRA, R. E.; HECKY, D. M.; ORIHIEL. **Reducing phosphorus to curb Lake Eutrophication is a success.** Environmental Science & Technology, v. 50, n.17, p. 8923-8929p., 2016. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b02204>.

SEIXAS FILHO, J.T.; MELLO, S.C.R.P.; FARIA, A.S.; SOUZA, L.L. **Análise socioambiental da poluição por esgoto da Baía de Guanabara do Rio de Janeiro.** Revista Valore, e-5022, 2020. <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/345>.

SILVA, O. R.; GOMES, M.B.M. **Impactos das atividades portuárias no sistema estuarino de Santos.** Revista Metropolitana de Sustentabilidade, v. 2, n. 2, 2012. <http://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/186>.

SOARES-GOMES, A.; DA GAMA, B.A.P.; BAPTISTA NETO, J.A.; FREIRE, D.G.; CORDEIRO, R.C.; MACHADO, W.; BERNARDES, M.C.; COUTINHO, R.; THOMPSON, F.L.; PEREIRA, R.C. **An environmental overview of Guanabara Bay, Rio de Janeiro.** Regional Studies in Marine Science, v.8, p. 319-330, 2016. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485516300111>.

SOUZA, L.K.S. **Efeito da atividade de dragagem sobre a macrofauna bêntica do complexo portuário de São Luís, Maranhão.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Maranhão, 82p., 2018. <https://tede2.ufma.br/jspui/handle/tede/2187>.

SPAGNOLI, F.; ANDRESINI, A. **Biogeochemistry and sedimentology of Lago di Lesina (Italy).** Science of the Total Environment, 643(2018), 868-883p., 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718322411>.

SROGI, K. **Developments in the determination of trace elements by atomic spectroscopic techniques.** Analytical letters, v. 41, n. 5, p. 677-724, 2008. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00032710801934445>.

SUN, J., WANG, M., HO, Y. **A historical review and bibliometric analysis of research on estuary pollution.** Marine Pollution Bulletin, 64, 14-21p., 2012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11005741>.

TANG, X., WU, M., LI, R. **Distribution, sedimentation, and bioavailability of particulate phosphorus in the mainstream of the Three Gorges Reservoir.** Water Research, 140, 44-55p., 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135418303087>.

VALENTIN, J. L.; TENENBAUM, D. R.; BONECKER, A. C.; BONECKER, S. L. C.; NOGUEIRA, C.; VILLAC, M. C. **O Sistema Planctônico da Baía de Guanabara: Síntese do Conhecimento.** Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Series Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, v. VII, p. 35-39, 1999. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/>

articulo/2885134.pdf.

WANG, S.; LI, J.; ZHANG, B.; SPYRAKOS, E.; SHEN, Q.; LEHMANN, K. et al. **Trophic state assessment of global inland waters using a MODIS-derived Forel-Ule index.** Remote Sensing of Environment, v. 217, 444-460 p., 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425718304012>.

WHITFIELD, A.K.; ELLIOTT, M.; BASSET, A.; BLABER, S.J.M.; WEST, R.J. **Paradigms in estuarine ecology—a review of the Remane diagram with a suggested revised model for estuaries.** Estuarine Coastal and Shelf Science, 97: p. 78-90, 2013. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771411004872>.

WIJESIRI, B.; LIU, A.; HE, B.; YANG, B. ZHAO, X.; AYOKO, G.; GOONETILLEKE, A. **Behaviour of metals in an urban river and the pollution of estuarine environment.** Water Research, 164, 11p., 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135419306852>.

YI, Q., CHEN, Q., SHI, W., LIN, Y., HU, L. **Sieved transport and redistribution of bioavailable phosphorus from watershed with complex river networks to lake.** Environmental Science and Technology, 51 (18), 10379–10386 p., 2017. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b02710>.

YU, J.; DING, S.; ZHONG, J. et al. **Evaluation of simulated dredging to control internal phosphorus release from sediments: focused on phosphorus transfer and resupply across the sediment-water interface.** Science of the Total Environment, v. 592, p. 662–673, 2017. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717304837>.

YU, J. et al. **Effects of sediment dredging on nitrogen cycling in Lake Taihu, China: insight from mass balance based on a 2-year field study.** Environmental Science and Pollution Research, v. 23, n. 4, p. 3871–3883, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-015-5517-0>.

ZHANG, S. et al. **Enrichment of bioavailable phosphorus in fine particles when sediment resuspension hinders the ecological restoration of shallow eutrophic lakes.** Science of the total environment, 42p., 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719356670>.

Recebido em: 30 março de 2023
Aceito em: 13 de setembro de 2023