



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS**

MESSIAS REIS DA SILVA

**BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM ESTRUTURAS GONADAIS DO
CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (OCYPODIDAE),
EM MANGUEZAIS DA COSTA PARAENSE**

**BRAGANÇA-PA
2022**

MESSIAS REIS DA SILVA

**BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM ESTRUTURAS GONADAIS DO
CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (OCYPODIDAE),
EM MANGUEZAIS DA COSTA PARAENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Biológicas (FBIO), Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará, Câmpus de Bragança, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dra. Ádria de Carvalho Freitas.

Coorientador: Dr. Marcus Emanuel Barroncas Fernandes.

BRAGANÇA-PA
2022

MESSIAS REIS DA SILVA

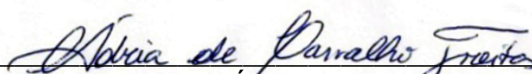
**BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM ESTRUTURAS GONADAIS DO
CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (OCYPODIDAE),
EM MANGUEZAIS DA COSTA PARAENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Biológicas (FBIO), Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará, Câmpus de Bragança, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Data da aprovação: 21/ 07/ 2022

Conceito: EXCELENTE

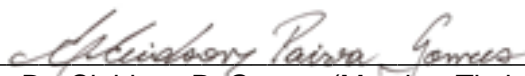
BANCA EXAMINADORA



Dra. Ádria C. Freitas
Universidade Federal do Pará (Orientadora)



Dr. Darlan J. B. Smith (Membro Titular)
Universidade Federal do Pará



Dr. Cleidson P. Gomes (Membro Titular)
Instituto Federal do Pará

AGRADECIMENTOS

Essa é uma parte opcional, mas de uma validade enorme, cheia de afeição, carinho e respeito para com aqueles que de alguma forma contribuíram e me permitiram chegar à realização desse estudo.

Agradeço a Deus por todas as oportunidades dadas e por me guiar até aqui.

À Universidade Federal do Pará em toda a sua abrangência, corpo administrativo, técnico, docente e demais servidores que permitiram uma educação de extrema qualidade, contribuindo para a minha formação profissional e cidadã.

Ao Instituto Evandro Chagas, em especial aos profissionais do Laboratório de Toxicologia II, pela troca de conhecimento, acolhimento e toda a ajuda na realização das análises de amostras.

Ao Laboratório de Ecologia de Manguezal, nas pessoas Paulo César, Madson, Aparecida, Mayara, Emylle, Indira, Hudson, Darlan, John, Diego e Lanna pelos conhecimentos compartilhados, momentos de descontração, vivências, ajuda em campo e motivação.

A minha orientadora Dra. Ádria de Carvalho Freitas, pela orientação de excelência, aprendizado, estímulo, respeito e carinho criado ao longo desse tempo de construção do presente estudo. Toda a minha admiração, respeito e reconhecimento a essa profissional pelos feitos, conquistas e contribuições ao campo das Ciências.

Ao meu Coorientador Prof. Dr. Marcus Emanuel Barroncas Fernandes por acreditar no trabalho, pelo incentivo, ensinamento, orientação e carinho emaranhado nesse percurso.

Aos meus pais Gracilene Reis e Antônio Vandilson por acreditarem e verem potencial em mim, mais do que eu mesmo. Por verem na educação uma oportunidade de mudança, me permitindo ter o acesso à educação que outrora eles mesmos não tiveram. Obrigado por todo o amor, carinho, acolhimento e estímulo que vocês tiveram e continuam tendo pelos meus irmãos e por mim.

Agradeço também ao meu irmão Elias Bruno e às minhas irmãs Evila de Paula e Evilin de Cássia por todas as experiências vividas e que me permitem continuar construindo o que sou e serei.

E, por fim, o meu muito obrigado às minhas amigas do curso Ívina Costa, Paula Letícia e Renata Furtado, como também, Larissa Pereira, Maria Tamiris e Tays Sousa, amigas do ensino médio. Cada particularidade de vocês foi importante para eu ter conseguido o acesso e ter dado continuidade ao ensino superior e ser o que sou hoje.

SUMÁRIO

Introdução geral	1
Referências	3
Resumo	6
Abstract	7
1 Introdução	8
2 Material e Métodos	10
2.1 Área de estudo	10
2.2 Amostragem, sexagem e biometria	11
2.2.1 Classificação dos estágios gonadais	12
2.3 Determinação da concentração dos metais	13
2.4 Análise estatística	16
3 Resultados	17
3.1 Os estágios de maturação gonadal	17
3.2 Concentração de metais por estágio gonadal	18
4 Discussão	23
Referências	25
Anexo	29

Introdução geral

O manguezal é um dos ambientes costeiros de maior produtividade do mundo (Hogarth, 2015), sendo mantenedor de bens e serviços (Lee et al., 2014). O Brasil conta com aproximadamente (9.900 km²) de manguezal, sendo cerca de 80% distribuído ao longo da costa amazônica brasileira, nos estados do Amapá, Pará e Maranhão (Diniz et al., 2019). A costa amazônica brasileira é uma região onde ocorrem importantes processos ambientais, tais como: desembocadura de grandes rios, acarretando a descarga de partículas e sedimentos, as macromarés e grande aporte de chuvas (Costa et al., 2016). Nessa região encontra-se a maior faixa contínua de manguezais do mundo que se estende da Baía de Marajó (PA) até a Ponta de Tubarão, Baía de São José (MA) (Sousa Filho, 2005).

Nos manguezais encontra-se uma grande diversidade de animais, entre vertebrados e invertebrados e de origem terrestre e marinha, os quais podem ser classificados em residente permanente, residente sazonal, residente parcial e visitante esporádico (Fernandes, 2000). Da fauna marinha destacam-se os peixes, camarões e caranguejos (Castro, 2008). Os caranguejos caracterizam-se como um dos principais recursos pesqueiros dos estuários, especialmente o caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, por serem organismos de ampla distribuição e fácil captura (Castro, 1986). A captura e comercialização dessa espécie de caranguejo ocorre em todos os estados da costa brasileira. Sua importância vai além do seu papel econômico, sendo também um relevante agente no processo de reciclagem de nutrientes e na oxigenação dos solos (Solano, 2010), além de fazer parte como item alimentar de alguns animais de topo de cadeia no manguezal, como os macacos-prego e guaxinins (Nordhaus et al., 2009).

Apesar de sua importância ambiental, cultural e econômica, os manguezais vêm sofrendo sérios impactos antrópicos (Hayashi et al., 2019). Percebe-se nos estados que formam a costa amazônica brasileira, um desordenado processo de urbanização que está gerando problemas como a ocupação territorial em áreas de risco, desmatamento, contaminação do lençol freático e contaminação dos rios e estuários (Costa et al., 2016). É somado

também, uma super exploração dos recursos, onde o homem retira ostras, crustáceos, peixes e madeira em quantidades elevadas (Castro, 2008).

Os ambientes costeiros e estuários, recebem grande aporte de efluentes urbanos e industriais, o que corrobora para a contaminação desses ambientes por diversos contaminantes, inclusive por metais (Maia et al., 2006). Os metais estão entre os contaminantes que podem provocar problemas de intoxicação humana pela ingestão de alimentos contaminados (Machado, 2002). Assim, os estudos ecotoxicológicos se configuram como um importante aliado para a avaliação das áreas antropizadas, como os ambientes costeiros, já que fornecem informações essenciais sobre o efeito e o monitoramento ambiental (Cesar, 2003). No entanto, é importante que indicadores ambientais e biológicos sejam utilizados para a aplicabilidade e sucesso dos monitoramentos (Shen et al., 2016).

O caranguejo-uçá é um organismo já utilizado como um agente bioindicador, sendo sua escolha realizada levando-se em conta a sua vasta dispersão pelo litoral brasileiro e alta sensibilidade a vários poluentes (Santos, 2002). Essa espécie é também utilizada como um bom bioindicador para a avaliação da presença e do grau de contaminação por metais nos manguezais (Castilho, 2006).

Assim, o presente trabalho apresenta os resultados de um estudo ecotoxicológico, em uma área de manguezal na costa paraense, tendo como principal foco do estudo os órgãos do sistema reprodutor de *U. cordatus*. As gônadas exercem importante papel na reprodução e manutenção das espécies, tendo influência direta nas futuras gerações, tanto positivas quanto negativas, ou seja, podem acarretar tanto a reprodução da espécie com qualidade quanto a contaminação de toda a sua prole (Schreck et al., 2001). Somado a esses fatores, existe um grande déficit literário acerca da contaminação dos órgãos do sistema reprodutor do caranguejo-uçá por metais, sendo essa carência maior para a costa amazônica brasileira.

Referências

- Castilho, G. G., 2006. Aspectos reprodutivos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (L.) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), na Baía de Antonina, Paraná, Brasil. *Curitiba (PR): Universidade Federal do Paraná*.
- Castro, A. C. L., 2014. Aspectos Bio-ecologicos do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (LINNAEUS 1763), no estuário do rio dos cachorros e estreito do coqueiro, São Luís – MA. *Bol. Lab. Hidrobiol.*, 7.
- Castro, A. C. L., Correia, M. M. F., Nascimento, A. R., Piedade-Júnior, R. N., Gama, L. R. M., Sousa, M. M., ... & Sousa, R. C. C., 2008. Aspectos bioecológicos do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus cordatus*, L. 1763) (Decapoda, Brachyura) nos manguezais da ilha de São Luís e litoral oriental do Estado do Maranhão, Brasil. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, 3, 17-36.
- César, A., 2003. *Análisis ecotoxicológico integrado de la contaminación marina en los sedimentos de la costa de Murcia: el caso de Portmán, Sudeste-España* (Doctoral dissertation, Universidad de Murcia).
- Costa, R. A. A. M., Pereira, L. C. C., Sousa, E. B., Costa, V. B., Carmona, P. A., Simith, D. J. B., 2016. Microfitoplâncton, em: Fernandes, M. E. B (org.), Os manguezais da costa norte brasileira, Bragança, PA p.09-32.
- Diniz, C., Cortinhas, L., Nerino, G., Rodrigues, J., Sadeck, L., Adami, M., & Souza-Filho, P. W. M. 2019. Brazilian mangrove status: Three decades of satellite data analysis. *Remote Sensing*, 11(7), 808.
- Fernandes, M. E. B., 2000. Association of Mammals with mangrove forests: a worldwide review. *Bol. Lab. Hidrobiol.* 13: 83-108.
- Hayashi, S. N., Souza-Filho, P.W.M., Nascimento, W. R. J.r., Fernandes, M. E. B., 2019. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. *PLoS ONE* 14: e0217754
- Hogarth, P. 2015. *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford University Press, 289p.
- Lee, S. Y., Primavera, J. H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J. O., Cannicci, S., ... & Record, S., 2014. Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global ecology and biogeography*, 237, 726-743.
- Machado, I. C., de MAIO, F. D., Kira, C. S., & Maria de Fátima, H. C., 2002. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu e Zn na ostra de mangue *Crassostrea brasiliana* do estuário de Cananéia-SP, Brasil. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 61(1), 13-8.
- Maia, C. B., Almeida, A. C. M., & Moreira, F. R., 2006. Avaliação do teor de chumbo em mexilhões da espécie *Perna perna* na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, 1, 195-198.

Nordhaus, I., Diele, K., & Wolff, M., 2009. Activity patterns, feeding and burrowing behaviour of the crab *Ucides cordatus* (Ucididae) in a high intertidal mangrove forest in North Brazil. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 374, 104-112.

Santos, M. D. C. F., 2002. Drinking and osmoregulation in the mangrove crab *Ucides cordatus* following exposure to benzene. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133, 29-42.

Schreck, C. B., Contreras-Sanchez, W., & Fitzpatrick, M. S., 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. In *Reproductive biotechnology in Finfish aquaculture*. Elsevier, 3-24.

Shen, W., Zhu, N., Cui, J., Wang, H., Dang, Z., Wu, P., ... & Shi, C., 2016. Ecotoxicity monitoring and bioindicator screening of oil-contaminated soil during bioremediation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 124, 120-128.

Solano, F., Flores, L., & Ruiz, W., 2010. Capturas de cangrejo rojo *Ucides occidentalis* en los puertos de la provincia del Guayas y El Oro, Ecuador, durante 2009.

Souza Filho, P. W. M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23, 427-435.

**BIOACUMULAÇÃO DE METAIS EM ESTRUTURAS GONADAIS DO
CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (LINNAEUS, 1763) (OCYPODIDAE),
EM MANGUEZAIS DA COSTA PARAENSE ¹**

¹ Este artigo será submetido à revista “Aquatic Toxicology” (Percentil Scopus 96% - Aquatic Science; Qualis = A1, Comitê de Biodiversidade; JCR Fator de Impacto 5.202). A redação do presente capítulo está de acordo com as normas dessa revista (Anexo), as tabelas e figuras estão inseridas no manuscrito para dar mais fluência à leitura.

Resumo

O grau de contaminação dos ecossistemas costeiros por metais pode colocar em risco toda a biota associada. Assim, através da análise da concentração de Cd, Cu, Cr, Pb e Mn nas gônadas de machos e fêmeas do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), o presente estudo objetivou determinar o grau de contaminação por esses metais nos diferentes estágios gonadais dessa espécie nos manguezais da Vila do Bacuriteua, costa paraense. As concentrações dos metais foram medidas por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Dos 57 caranguejos analisados, os machos (n=30) eram indivíduos maiores e mais pesados do que as fêmeas (n=27) e para os quatro estágios gonadais identificados, a maioria dos machos encontravam-se no estágio “em desenvolvimento” (ED), enquanto as fêmeas no estágio “rudimentar” (RU), não sendo encontrado nenhum indivíduo macho e fêmea nos estágios “imaturo” (IM) e “avançado” (AV). A análise da concentração de Cd, Cu, Cr, Pb e Mn revelou que o estágio gonadal “esgotado” (ES) apresentou as maiores concentrações para Cd, Cu e Mn, enquanto que no estágio ED foram para Cr e Pb, embora as concentrações de Cd e Pb tenham sido grande parte registradas abaixo do limite de detecção. Esses elementos só foram detectados nos estágios RU e ES e em poucas amostras. As fêmeas apresentaram valores de concentração um pouco superiores aos dos machos, embora não tenha sido registrada diferença significativa entre os metais analisados. Os resultados aqui apresentados revelaram um processo de bioacumulação desses metais nas estruturas gonadais de *U. cordatus*. Por fim, nota-se que os manguezais da área de estudo estão localizados em uma região considerada “bem conservada”, mas, os resultados aqui obtidos também revelaram que as gônadas de ambos os sexos do caranguejo-uçá apresentam elevadas concentrações de Cr e Pb, acima dos limites permitidos pelo órgão regulador do país, a ANVISA.

Palavras-chave: Metais, Contaminação, Maturação gonadal, Crustáceo, Manguezais Amazônicos.

Abstract

The degree of contamination of coastal ecosystems by metals can put all associated biota at risk. Thus, by analyzing the concentration of Cd, Cu, Cr, Pb and Mn in the gonads of male and female of the mangrove crabs (*Ucides cordatus*), the present study aimed to determine the degree of contamination by these metals in the different gonadal stages of this species in the mangroves of Vila do Bacuriteua, on the coast of Pará. Metal concentrations were measured by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Of the 57 crabs analyzed, males (n=30) were larger and heavier than females (n=27) and for the four identified gonadal stages, most males were in the "developing" stage (DE), while females in the "rudimentary" (RU) stage, with no male and female individuals being found in the "immature" (IM) and "advanced" (AV) stages. The analysis of the concentration of Cd, Cu, Cr, Pb and Mn revealed that the empty stage (ES, Esgotado em Português) presented the highest concentrations for Cd, Cu and Mn, while in the ED stage they were for Cr and Pb, although the concentrations of Cd and Pb had been largely recorded below the detection limit. These elements were only detected in the RU and ES stages and in a few samples. Females showed concentration values a little higher than males, although no significant difference was recorded between the analyzed metals. The results presented here revealed a process of bioaccumulation of these metals in the gonadal structures of *U. cordatus*. Finally, even considering the study area a well-preserved maguezal area, the results obtained here also revealed that the gonads of both sexes of the uçá crab have high concentrations of Cr and Pb, above the limits allowed by the regulatory agency in the country.

Keywords: Metals, Contamination, Gonadal Maturation, Crustacean, Amazonian mangroves.

1 Introdução

O manguezal é um ecossistema costeiro transicional característico de regiões tropicais e subtropicais, influenciado pelo regime das marés (Hogarth, 2015), sendo considerado um ecossistema gerador de bens e serviços, com importância notória na alimentação, proteção e reprodução de diversas espécies de animais (Mitra, 2020).

O Brasil é o segundo país em extensão de áreas de manguezal possuindo 9.900 km², estando cerca de 80% distribuídos em três estados da costa amazônica brasileira: Maranhão, Pará e Amapá (Diniz et al., 2019). E apesar de sua importância ecológica e socioeconômica, os manguezais brasileiros, bem como outras áreas de manguezal no mundo, são vulneráveis à uma série de ameaças (Hayashi et al., 2019). Com frequência os estuários e as regiões costeiras tornam-se sumidouros de efluentes urbanos e industriais. O que leva à contaminação das águas e da biodiversidade aquática por diversos poluentes, inclusive por metais (Maia et al., 2006).

Atualmente tem crescido a preocupação no que diz respeito à contaminação dos ambientes costeiros por contaminantes químicos como metais pesados (Boaventura et al., 2011). O número de atividades que, de alguma forma, podem direcionar seus impactos para essas áreas é crescente, podendo ser citados o avanço minerador, o uso indiscriminado de defensivos e fertilizantes agrícolas e o descaso em relação ao esgoto e lixo doméstico (Costa & Costa, 2004). No entanto, mesmo a costa amazônica, que abriga a maior porção contínua de manguezal do mundo (Souza Filho, 2005) e cuja maior parte dos manguezais encontra-se sob proteção legal (Brasil, 2018), é vulnerável a uma série de ameaças, como a exploração da madeira, aterros para a construção de estradas e despejo de efluentes domésticos, ainda que em menor escala (Silva, 2008). Tais atividades podem causar a bioacumulação na cadeia alimentar, mortalidade instantânea de alguns organismos mais susceptíveis, além de possíveis alterações fisiológicas levando a prejuízos na reprodução, no crescimento e no sistema imune de diversos organismos (Costa & Costa, 2004).

As ações antrópicas sofridas pelos manguezais impactam diretamente na disponibilidade, qualidade e durabilidade dos recursos presentes nesse ambiente, como o caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Almeida et al., 2016). Dentre os serviços ecossistêmicos de provisão ofertados pelos manguezais, a pesca do caranguejo-uçá é uma das mais praticadas pelas populações que vivem e sobrevivem a partir desse ecossistema (Pinheiro & Fiscarelli, 2001). Esse crustáceo é um organismo de elevada importância na cadeia alimentar dos manguezais e estuários, sendo consumido desde seus estágios larvais até quando atingem o porte para a comercialização (Souto, 2007). Por ser um organismo de pouca mobilidade e por apresentar um ciclo de vida lento e longo, o caranguejo-uçá é considerado um importante bioindicador de contaminação ambiental em manguezais, sendo um dos organismos que também mais sofrem com o impacto de contaminantes como os metais (Santos, 2002; Almeida, 2016).

Alguns autores evidenciam a contaminação por metais em ovos de crustáceos (Almeida, 2016; Beltrame et al., 2010 e Lavrada et al., 2014). Esses resultados podem ser um indicativo de que as gônadas desses mesmos organismos também sejam passíveis de contaminação por metais. Além disso, sabe-se que existe uma tendência do acúmulo de metais diferir de acordo com o sexo (Andrade et al., 2011; Lavradas et al., 2014 e Silva et.al., 2018). Assim, espera-se que para os manguezais da região paraense essa tendência de bioacumulação de metais entre os sexos em crustáceos também seja encontrada

Diante de tais problemáticas, avaliar a contaminação por metais nos manguezais e estuários, bem como, nos organismos que neles habitam é extremamente importante, já que com mais frequência tem-se visto a invasão e destruição dos ambientes costeiros pelas mais variadas ações antropogênicas. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a contaminação por metais (Cd, Cu, Cr, Pb e Mn) na estrutura gonadal de *U. cordatus*, em uma área de manguezal do litoral paraense, bem como, avaliar se existe diferença entre os sexos quanto à tendência de bioacumulação. Para fazer isso, determinamos e comparamos a concentração desses metais nas gônadas de machos e fêmeas em diferentes estágios de desenvolvimento para verificar o grau de

contaminação de acordo com os limites estabelecidos pelo órgão regulador do país para avaliar a qualidade ambiental e as possíveis consequências do uso de recursos contaminados por metal oriundos de áreas de manguezal, como os caranguejos-uçá.

2 Material e Métodos

2.1 Área de estudo

No Estado do Pará, o município de Bragança está entre os principais produtores de caranguejo-uçá, sendo os manguezais da Vila do Bacuriteua um dos mais utilizados para essa atividade extrativista (Cavalcante et al., 2013) (Fig. 1).

A Vila do Bacuriteua está localizada a 9 km da zona urbana da cidade de Bragança - PA (Souza, 2013). Essa comunidade de pescadores é cortada pela PA-458, cuja construção iniciou nos primeiros anos da década de 1970, que também cortou 26 km de floresta de mangue, no intuito de escoar os produtos dos pescadores e dar acesso às praias da península de Ajuruteua (Oliveira & Henrique, 2018). Bacuriteua é considerada uma comunidade que tem como principais atividades econômicas a agricultura e a pesca artesanal, sendo esta última de grande relevância, já que a vila é uma das áreas com maior número de pescadores de caranguejo em atividade (Oliveira & Maneschy, 2014). A comunidade também é caracterizada pela forte presença de imigrantes e empresários da pesca de peixes de outras regiões, com destaque para aqueles oriundos do nordeste do país, dos estados do Ceará e Maranhão (Souza, 2013). É importante ressaltar que essa comunidade tem certa divisão definida pelos moradores, onde os pescadores de caranguejo situam-se predominantemente na “pontinha do Bacuriteua”, próximo ao estuário, enquanto que os pescadores de peixe ocupam o centro da vila (Souza, 2013), além do fato de que essa é uma das comunidades mais populosas do município de Bragança. Vale ressaltar que toda a região do município de Bragança é bastante populosa, possuindo cerca de 130.122 habitantes e somente 14,5% dos domicílios dispõem de esgoto sanitário adequado (IBGE, 2022). Esses dados são relevantes pois indicam que

a maioria das comunidades, incluindo Bacuriteua, não é uma exceção e enfrenta sérios problemas sanitários que impactam diretamente os manguezais da região e as áreas do seu entorno.

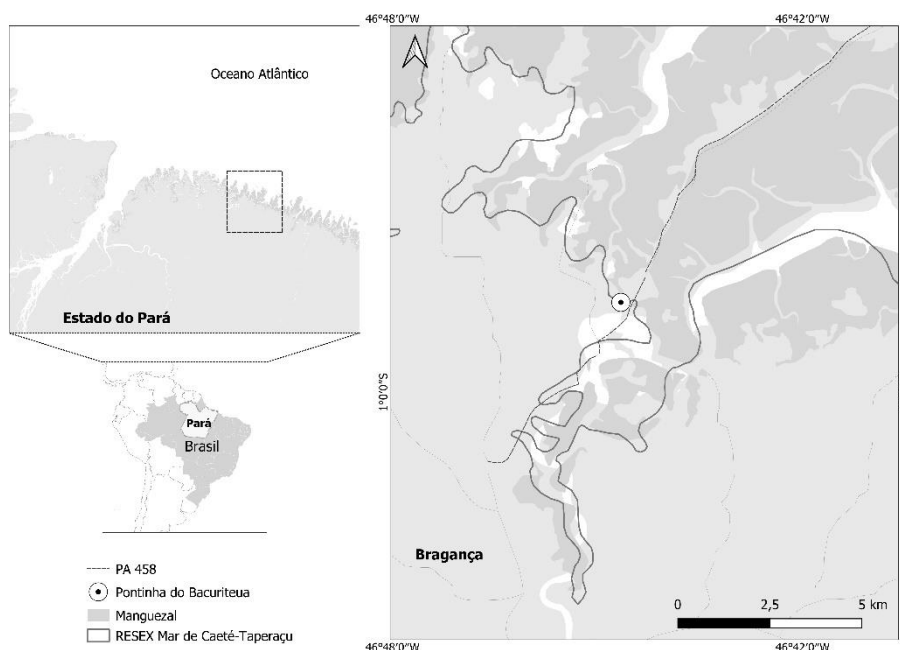


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Bragança-PA, destacando a Vila do Bacuriteua com o respectivo ponto de coleta.

2.2 Amostragem, sexagem e biometria

As coletas dos exemplares de *U. cordatus* foram realizadas durante três meses (maio, junho e julho) do ano de 2019. Esses meses de coleta representam o período de intermuda que foi escolhido pela maior facilidade de coleta, já que nesse período o caranguejo fica em sua toca e com o cefalotórax descalcificado. Além disso, esses meses compreendem o fim do período seco e o início do período chuvoso do ciclo anual (Diele, 2000), essa variação pode implicar em diferenças nas concentrações de metais presentes nos tecidos dos caranguejos (Beltrame, 2010). A escolha de mais de um mês de coleta foi no intuito de obter exemplares que pudessem representar os diferentes estágios gonadais dessa espécie, sendo capturados animais adultos, machos e fêmeas.

Para a identificação do sexo dos caranguejos capturados, levou-se em conta as diferenças observadas na morfologia abdominal (Pinheiro & Fiscarelli, 2001). A captura ocorreu principalmente por aplicação do método de

“braceamento”, técnica onde o pescador inserindo o braço na toca extrai o caranguejo, minimizando o risco da carapaça e dos pereiópodos serem danificados. Os exemplares capturados foram acondicionados em caixa térmica contendo gelo escamado, visando uma melhor conservação e transporte até o Laboratório de Ecologia de Manguezal – LAMA, no Campus da Universidade Federal do Pará - UFPA, em Bragança - Pará.

Um total de 57 espécimes de *U. cordatus* foram capturados, sendo 30 machos e 27 fêmeas. No laboratório, os exemplares foram lavados e escovados em água corrente para posteriormente serem retiradas as medidas biométricas. Dos exemplares foi medida a largura da carapaça (LC), com uso de paquímetro digital (0,01 mm), e aferido o peso utilizando-se balança digital de precisão (0,05 g). Após a aplicação da técnica de crioanestesia por imersão em gelo escamado as gônadas dos indivíduos machos e fêmeas foram removidas para posterior identificação do estágio de maturação gonadal. As gônadas foram armazenadas em eppendorfs (2 mL), pesadas usando uma balança digital de precisão (0,001 g) e mantidas sob congelamento até o momento da análise.

2.2.1 Classificação dos estágios gonadais

A maturação das gônadas dos caranguejos capturados foi determinada por meio de observação macroscópica das mesmas, tomando como critérios para a determinação do estágio de desenvolvimento gonadal a i) forma, ii) tamanho e iii) coloração (Castiglioni & Coelho, 2011). E para a classificação dos estágios de maturação das gônadas utilizou-se como referência uma escala de maturidade modificada de Botelho et al. (1999), Ivo & Gesteira (1999) e Pinheiro & Fiscarelli (2001), sendo classificados os estágios para machos e fêmeas da seguinte forma:

Machos – Imaturo (IM): gônada indiferenciada que não pode ser visualizada macroscopicamente; **Rudimentar (RU):** gônada pouco visível com aspecto filamentosos e coloração transparente; **Em Desenvolvimento (ED):** gônada visível, enovelada e de coloração esbranquiçada; **Desenvolvido (DE):** gônada que atinge seu maior desenvolvimento, sendo bastante enovelada, de coloração branca e ocupando $\frac{1}{2}$ da cavidade cefalotorácica; **Esgotado (ES):** gônada filamentosos, delgada, flácida e com coloração transparente.

Fêmeas – Imaturo (IM): gônada indiferenciada que não pode ser visualizada macroscopicamente; **Rudimentar (RU):** gônada não desenvolvida, apresentando aspecto filamentosos, delgada e transparente; **Em Desenvolvimento (ED):** gônada visível, sendo que a coloração do ovário varia de amarelo a laranja e a relação gônada/hepatopâncreas é de aproximadamente 1/10; **Desenvolvido (DE):** ovário com aspecto lobulado e de coloração variando de laranja-escuro a vinho-claro e a relação gônada/hepatopâncreas é de aproximadamente $\frac{1}{2}$; **Avançado (AV):** ovário ocupa toda a cavidade torácica, ultrapassando o tamanho do hepatopâncreas e apresenta aspecto lobulado mais evidente do que o estágio anterior, sendo de coloração vinho intenso; **Esgotado (ES):** gônada filamentososa, delgada e flácida com coloração transparente a amarelo e a relação gônada/hepatopâncreas é de aproximadamente 1/10.

2.3 Determinação da concentração dos metais

Para a determinação das concentrações dos metais Cd, Cu, Cr, Pb e Mn, as amostras foram submetidas ao processo de digestão ácida, sendo pesado entre 0,1 e 0,2 gramas de amostra certificada (SRM DOLT 4 e SRM DORM 3) para controle do método e 0,1 e 0,2 gramas de amostras de gônada em tubos de PTFE, sendo, em seguida, adicionado 3 mL de ácido nítrico concentrado (HNO₃) e 1 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30% v/v. Logo após, as amostras foram submetidas ao processo de digestão, através do sistema de radiação por micro-ondas, no digestor de amostra da Berghof®, modelo Speed wave 4, conforme o programa descrito abaixo (Tabela 1). Este processo foi realizado no Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente (SEAMB) do Instituto Evandro Chagas (IEC), em Belém - Pará.

Tabela 1: Condições operacionais do digestor de amostras Berghof®

Condições Operacionais				
Etapa	Potência (W)	Temperatura (°C)	Pressão (bar)	Tempo (min)
1	800	180	35	10
2	1000	200	35	5
3	400	100	35	10

As amostras são colocadas no micro-ondas para que a digestão pelo ácido nítrico concentrado (HNO₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) seja acelerada através da temperatura e potência geradas nesse aparelho. O material de referência ou amostra certificada DORM-3 e DOLT-4 são utilizadas tanto para certificar a eficácia, através da digestão ácida, quanto para determinar as concentrações dos analitos presentes nas amostras. E seguindo os padrões de análise, permite-se uma recuperação entre 70% e 120% das amostras certificadas.

Após o resfriamento, a mistura resultante foi transferida quantitativamente para frascos de Polipropileno e aferidos para o volume de 30 mL. Para a quantificação dos metais foi utilizada a técnica de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), modelo Vista-MPX CCD simultâneo (Varian, Mulgrave, Austrália), com configuração axial e equipado com um sistema de amostragem automático (SPS-5). É importante ressaltar que o equipamento de espectrometria não quantifica os metais encontrados na amostra, mas mensura a intensidade das ondas eletromagnéticas geradas quando os átomos são submetidos a determinadas condições. A quantificação é possível graças às curvas de calibração conhecidas que fornecem informações, permitindo com que a intensidade das ondas eletromagnéticas dos analitos estudados sejam quantificadas.

Os parâmetros instrumentais estabelecidos para a determinação dos metais por ICP-OES são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros instrumentais para determinação dos metais

Analito	Comprimento de onda (λ ; nm)	Descrição dos acessórios
Cd	214,439	Potência = 1,0 Kw
Cu	327,395	Fluxo do Gás = 15 L min ⁻¹
Cr	267,716	Rotação da bomba = 30 rpm
Mn	257,610	Tipo de tocha = Axial de 2,4 mm de diâmetro
Pb	220,353	Tipo de nebulizador = Cônico concêntrico

O teste de linearidade do método utilizado foi avaliado a partir de soluções padrão de Al, Fe, Pb e Zn da marca Inorganics Venture; as alíquotas foram preparadas através do método de diluição, abrangendo a faixa de 1 a 32 mg L⁻¹, partindo de uma concentração de 1000 mg L⁻¹ e para o controle analítico de qualidade, utilizando-se o material de referência 1515SRM e 1547SRM (National Institute of Standards and Technology), com o intuito de avaliar a recuperação do método analítico.

Para a técnica analítica empregada na determinação de metais, a linearidade do método foi avaliada a partir da interpretação de curvas de calibração, sendo geradas a partir de soluções padrão de Al, Ba, Fe, Mn e Zn da marca Specsol®; as alíquotas foram preparadas através do método de diluição, abrangendo o intervalo dinâmico de 0,1 a 3,2 mg L⁻¹, partindo de uma concentração de 1000 mg L⁻¹.

Para a determinação de todos os parâmetros foram calculados os limites de detecção (LD) (Tabela 3) do método analítico utilizado. A determinação destes parâmetros de validação ocorreu mediante a leitura de 10 brancos analíticos.

Tabela 3: Limites de detecção (LD) para os cinco analitos analisados para amostras gonadais de *Ucides cordatus*.

Estrutura	LD	Cd	Cu	Pb	Cr	Mg
Gônada	LD	0,0016	0,0013	0,0501	0,0034	0,0006

2.4 Análise estatística

A fim de analisar as diferenças entre peso gonadal e estágio de desenvolvimento e as diferenças nas concentrações de metais entre os diferentes estágios gonadais, os dados foram submetidos previamente a um teste de homogeneidade das variâncias (Levene) e de normalidade (Shapiro-Wilk). Para dados com distribuição normal foram utilizados teste-t e ANOVA-um critério, enquanto para os dados que não apresentaram distribuição normal foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis (Siegel & Castellan-JR, 1988). O teste-t foi usado para avaliar a existência de diferenças significativas entre os valores de peso encontrados para os estágios gonadais ES e RU em macho e as concentrações medias de metais para os mesmos estágios. Assim também, foram aplicados testes que buscaram constatar diferenças estatísticas entre os diferentes pesos encontrados para espécimes fêmeas e as concentrações dos metais para as mesmas, sendo o teste de Kruskal-Wallis aplicado para peso das gônadas e para as diferenças entre as medias encontradas para os elementos metálicos avaliados e por sua vez o teste ANOVA-um foi usado somente para as concentrações dos metais nas gônadas. O teste Qui-quadrado (χ^2) foi aplicado para observação de diferenças significativas nas concentrações de metais entre machos e fêmeas, considerando os diferentes estágios de desenvolvimento das gônadas. Para todos os testes o nível de significância considerado foi $\alpha \leq 0,05$. As análises estatísticas foram efetuadas com o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007).

3 Resultados

3.1 Os estágios de maturação gonadal

No cômputo geral, dos 57 espécimes de *U. cordatus* (30 machos e 27 fêmeas), os machos apresentaram valores médios de largura da carapaça (LC) superior ($68,71 \pm 5,04$) aos das fêmeas ($58,69 \pm 3,95$), sendo o mesmo resultado obtido para o peso (g) (macho = $135,63 \pm 27,32$ e fêmeas = $86,11 \pm 19,89$). Na Tabela 4 estão apresentados o número de indivíduos de machos e fêmeas e peso das gônadas. Os exemplares machos do caranguejo-uçá apresentaram o estágio gonadal “em desenvolvimento” (ED) com mais frequência, em 25 indivíduos, enquanto que para as fêmeas foi o estágio rudimentar (RU) com 12 indivíduos. Referente ao peso das gônadas, o estágio ED apresentou valor ($0,43 \pm 0,13$), enquanto que as fêmeas em estágio RU apresentaram peso igual ($0,22 \pm 0,06$). Dos indivíduos macho e fêmea capturados nenhum se encontrava nos estágios gonadais “imaturo” (IM), para ambos os sexos e “avançado” (AV) para fêmeas. Para os exemplares machos o estágio ED, foi percebido nos três meses de coleta e para o estágio RU em fêmeas foi encontrado nos meses de junho e julho.

Os testes apresentaram diferenças significativas entre os valores referentes a peso gonadal para macho ($H=XXXXX$; g.l.=2, $p=0.03$) e para as fêmeas ($H=13,01$, g.l.=3, $p=0,005$). A diferença significativa para as fêmeas, se deu entre os postos 1 e 3, 1 e 4, 2 e 3 e por fim 2 e 4. Possivelmente, os resultados significativos estejam relacionados a grande diferença entre as quantidades de amostras para cada estágio.

Tabela 4. Quantidade de indivíduos por estágio, mais média±desvio padrão (DP) para peso da gônada (g) de machos e fêmeas de *Ucides cordatus* em diferentes estágios de desenvolvimento gonadal, com o nível de significância (p) do teste-t para machos e Kruskal-Wallis para as fêmeas. RU=rudimentar, ED=em desenvolvimento, DE=desenvolvido, ES=esgotado.

	Estágio	Nº de indivíduos	Peso da gônada (g)
Macho	ED	25	0,43±0,13
	ES	4	0,28±0,04
	RU	1	0,24
	α	n.a.	<0,05
	RU	12	0,22±0,06
Fêmea	ED	3	0,72±0,22
	DE	2	1,09±0,25
	ES	10	0,27±0,11
	α	n.a.	<0,05

3.2 Concentração de metais por estágio gonadal

A concentração de metais para os três tipos diferentes de estágio gonadal identificados para os indivíduos machos de *U. cordatus* mostrou que os elementos Cd e Pb, em grande parte das amostras, apresentaram valores abaixo dos limites de detecção (LD). Os resultados da Tabela 5 mostram que o estágio gonadal ES foi o que apresentou maiores concentrações médias para os elementos Cu (2,276 mg kg⁻¹), Mn (2,267 mg kg⁻¹) e Cd (0,151 mg kg⁻¹). A mesma tabela mostra que no estágio ED, as maiores concentrações foram registradas para os metais Pb (3,641 g kg⁻¹) e Cr (0,680 g kg⁻¹) e sendo a concentração de Pb detectada apenas em uma amostra impossibilitando a análise estatística para esse metal, enquanto todos os outros elementos não apresentaram diferenças significativas entre as suas concentrações para os três tipos de estágios gonadais identificados para os machos.

Tabela 5: Concentração (mg kg^{-1} , média \pm desvio padrão) dos metais Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn) e Chumbo (Pb), para os diferentes estágios de desenvolvimento gonadal de indivíduos machos de *Ucides cordatus*, com o nível de significância (p) do teste-t. n.a.=não se aplica.

Metal	Estágio	Min.	Máx.	Média \pm DP	g.l.	p
Cd	ED	0,080	0,016	0,048 \pm 0,045	2	>0,05
	ES	0,146	0,156	0,151 \pm 0,007	2	
	RU*	0,847	0,847	n.a.	n.a.	
Cu	ED	0,383	4,555	1,977 \pm 1,214	25	>0,05
	ES	0,384	5,291	2,276 \pm 2,105	25	
	RU*	0,556	0,556	n.a.	n.a.	
Cr	ED	0,079	2,485	0,680 \pm 0,512	27	>0,05
	ES	0,273	1,230	0,657 \pm 0,410	27	
	RU*	1,788	1,788	n.a.	n.a.	
Mn	ED	0,816	6,067	2,067 \pm 1,164	27	>0,05
	ES	1,459	2,839	2,267 \pm 0,587	27	
Pb	ED*	3,641	3,641	n.a.	n.a.	n.a.

* Os valores referentes a uma amostra

A Tabela 6 apresenta os quatro estágios de desenvolvimento gonadal (RU, ED, DE e ES) que foram identificados para as fêmeas. No entanto, para os metais Cd e Pb, as concentrações metálicas estiveram abaixo do limite de detecção para alguns estágios. Para o elemento Cd só foi possível quantificar a concentração para os estágios RU (0,174 mg kg^{-1}), ED (0,132 mg kg^{-1}) e ES (0,113 mg kg^{-1}). O estágio RU também apresentou as maiores médias para os elementos Cu (11,472 mg kg^{-1}), Cr (0,963 mg kg^{-1}) e Mn (7,729 mg kg^{-1}). Já o estágio ES apresentou maior concentração para o metal Pb (2,714 mg kg^{-1}).

Os testes apresentaram diferenças significativas entre as concentrações dos elementos Cu ($F=3,889$, g.l.=2, $p=0,035$), referente ao teste de ANOVA e Mg ($H=10,071$, g.l.=2, $p=0,007$). A diferença significativa para o metal Cu, ocorreu entre os estágios gonadais ED e RU, assim como para o elemento Mn.

Tabela 6: Concentração (mg kg^{-1} , média \pm desvio padrão) dos elementos cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn) e chumbo (Pb), para os diferentes estágios de desenvolvimento gonadal de indivíduos fêmeas de *Ucides cordatus*, com o nível de significância (p) de ANOVA(um fator) e Kruskal-Wallis (H). n.a.=não se aplica.

Metal	Estágio	Min.	Máx.	Média \pm DP	p
Cd	RU	0,095	0,252	0,174 \pm 0,111	>0,05
	ED*	0,132	0,132	n.a.	
	ES	0,076	0,162	0,1127 \pm 0,044	
Cu	RU	6,806	18,068	11,472 \pm 4,263	< 0,05
	ED	5,078	6,284	5,569 \pm 0,634	
	DE	6,312	10,482	8,397 \pm 2,949	
	ES	2,732	14,036	8,437 \pm 3,235	
Cr	RU	0,21	1,844	0,963 \pm 0,556	> 0,05
	ED	0,171	0,891	0,570 \pm 0,366	
	DE	0,437	0,621	0,529 \pm 0,130	
	ES	0,438	2,480	0,893 \pm 0,585	
Mn	RU	3,025	18,481	7,729 \pm 4,360	<0,05
	ED	1,536	3,201	2,37 \pm 0,833	
	DE	1,367	3,151	2,259 \pm 1,262	
	ES	2,613	7,825	4,202 \pm 1,570	
Pb**	RU	0,771	0,771	n.a.	n.a.
	ES	2,716	2,716	n.a.	

* Referente a uma amostra para o respectivo estágio

**Os valores de Pb são referentes a uma amostra para cada estágio

Quando comparado os valores médios de cada elemento químico avaliado no presente estudo, foi possível perceber maiores concentrações de metais para os estágios de desenvolvimento gonadal em fêmeas, com exceção de Cd para o estágio ES, Cr para ED e Pb que foi encontrado no estágio ED, somente para macho. Diante desse resultado, foi aplicado o teste Qui-Quadrado para os elementos Cu, Cr e Mn, mas nenhum dos elementos apresentou diferenças significativas. Somente as concentrações dos metais Cu, Cr e Mn

foram usadas no teste, isso se deve ao fato de que os mesmos elementos citados foram os que apresentaram dados suficientes para que o teste fosse rodado (Tabela 7).

Para comparação dos valores médios encontrados para cada metal com os limites estabelecidos pelo órgão regulador, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), foi utilizado o Decreto Federal nº 55.871/1965 e o RDC Nº 487/2021. Quando as médias das concentrações dos metais foram comparadas com os limites máximos toleráveis de contaminantes inorgânicos estabelecidos pelo órgão regulador foi percebido que os elementos Cr e Pb, para ambos os sexos, apresentaram concentrações acima dos limites permitidos (Tabela 7).

Tabela 7: Valores médios (mínimo-máximo) expressos em mg kg⁻¹ de cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn) e chumbo (Pb) para os quatro estágios de desenvolvimento gonadal de *Ucides cordatus*, comparados aos limites máximos toleráveis estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), com o nível de significância (p) do teste Qui-Quadrado (χ^2).

Estágio	Macho					Fêmea				
	Cd	Cu	Cr*	Mn	Pb*	Cd	Cu	Cr*	Mn	Pb*
RU	-**	0,847	0,556	1,788	-**	0,174 (0,095-0,252)	11,472 (6,806-18,068)	0,963 (0,210-1,844)	7,729 (3,025-18,481)	0,771
ED	0,048 (0,016-0,080)	1,977 (0,383-4,555)	0,681 (0,079-2,485)	2,067 (0,816-6,067)	3,641	0,174 (0,095-0,252)	5,569 (5,078-6,284)	0,570 (0,171-0,891)	2,370 (1,536-3,201)	-**
DE	-**	-**	-**	-**	-**	-**	8,397 (6,312-10,482)	0,529 (0,437-0,621)	2,259 (1,367-3,151)	-**
ES	0,151 (0,146-0,156)	2,277 (0,384-5,291)	0,657 (0,273-1,230)	2,267 (1,459-2,839)	-**	0,113 (0,076-0,162)	8,437 (2,732-14,036)	0,893 (0,438-2,48)	4,202 (2,613-7,825)	2,714
ANVISA	0,50	30,00	0,10	-***	0,50	0,50	30,00	0,10	-***	0,50
p	n.a.	> 0,05	> 0,05	> 0,05	n.a.	n.a.	≥ 0,05	> 0,05	> 0,05	n.a.

*= concentrações acima dos limites máximos toleráveis estabelecidos pela ANVISA.

**= concentrações abaixo do limite de detecção.

***= não existe limite máximo tolerável estabelecido para esse elemento.

4 Discussão

A avaliação do desenvolvimento gonadal revelou que a maioria dos indivíduos analisados apresentaram as gônadas nos estágios ED, DE e ES, ou seja, um indicativo de que esses indivíduos estavam caminhando para o final do seu período reprodutivo. Isto pode ser justificado pelos meses de captura dos espécimes que ocorreu no final do período chuvoso, entrando para o período mais seco (quando se espera um pequeno aumento na média da temperatura do ambiente), pois a frequência de indivíduos nesses estágios gonadais tende a aumentar com a elevação da temperatura (Castiglioni et al., 2013).

A análise de determinação da concentração de metais no presente estudo mostrou a seguinte ordem hierárquica: Cu>Mn>Pb>Cr>Cd. Tais resultados corroboram parcialmente com os valores encontrados por Freitas (2019) cujas concentrações mais elevadas nos tecidos corporais do caranguejo-uçá, para a mesma região de estudo, foram para os metais Cu, Cr e Pb, sendo o primeiro elemento (Cu) o principal metal.

Apesar de encontrarmos um acúmulo de metais ligeiramente mais elevado em fêmeas, não houve diferença estatística significativa entre os sexos. Entretanto, estudos divergem sobre os processos de bioacumulação entre sexos para crustáceos. Um estudo realizado na Turquia, com o crustáceo *Callinectes sapidus*, não encontrou semelhança no acúmulo de metais nos tecidos de ambos fêmeas e machos (Genç & Yilmaz, 2015), mostrando que parece não existir uma tendência biológica específica para o fator sexo como influenciador no processo de bioacumulação de metais em crustáceos (Simonetti et al., 2018). Contudo, dois estudos realizados com *U. cordatus* encontraram diferença entre sexos, sendo um na Estação Ecológica do Lameirão, no sudeste do Brasil (Ramos & Leite, 2022) e o outro na região amazônica, no município de Curuçá, no Estado do Pará (Silva et.al., 2018). No entanto, esses estudos quantificaram a concentração de metal a partir de outras estruturas corpóreas dos crustáceos, como musculatura, brânquias e hepatopâncreas, o que pode ser a causa da tendência registrada nos achados do presente estudo.

A literatura sobre a bioacumulação de metais de acordo com o estágio de maturação gonadal é escassa, especialmente para o caranguejo-uçá.

Relacionado à outros crustáceos podemos citar o trabalho de Bondgaard et. al. (2000) que investigou a absorção de cádmio em diferentes estágios de maturação gonadal em machos e fêmeas de *Carcera pagurus* e estudo de Wiech et. al. (2020) que também investigou a contaminação por cádmio para a mesma espécie em machos e fêmeas, em dois locais ao longo da costa norueguesa. Esses últimos autores registraram maior concentração de Cd em indivíduos machos de *C. pagurus* durante o estágio “desenvolvido” (DE), enquanto nas fêmeas houve uma tendência de menor acúmulo de Cd nos estágios mais maduros, diferindo dos resultados encontrados no presente estudo.

A influência de metais pesados na reprodução e prole de crustáceos também já foi demonstrada em alguns estudos, cujos achados argumentam que os poluentes podem estimular ou inibir a reprodução em crustáceos decápodes (Martin-Díaz et al., 2004, 2005). Esses mesmos autores relatam que metais como Cd, Cu e Zn podem estimular a vitelogênese em *Carcinus maenas*. Já um estudo sobre a avaliação da concentração de metais em ovos de *U. cordatus*, desenvolvido no Sudeste do Brasil, observou aumentos significativos nas concentrações de vanádio (V), Cr e Mn ao longo do desenvolvimento dos ovos (Almeida et al., 2016). Estes autores acreditam que os ovos podem ter absorvidos os metais a partir da transferência da fêmea para os embriões e pela adsorção e incorporação ao ambiente durante o desenvolvimento dos ovos. Ainda segundo esses autores, tais processos merecem mais atenção pois a contaminação em embriões pode afetar o ciclo reprodutivo e a conservação da espécie.

No que diz respeito à comparação entre as concentrações dos metais analisados e os valores estabelecidos pela ANVISA foi registrado que os valores de Cr e Pb encontram-se acima do recomendado por esse órgão regulador em ambos os sexos. Este resultado é importante, já que na região norte o consumo das vísceras de caranguejo-uçá é uma prática comum, e somado às outras estruturas comestíveis podem representar riscos para a saúde dos consumidores. Nesse contexto, faz-se necessário estudos direcionados para verificar com exatidão os potenciais riscos e prejuízos que as concentrações de metais acima do recomendado encontradas em gônadas de *U. cordatus* podem

representar tanto para a espécie quanto para os demais organismos que deles se alimentam.

Referências

Andrade, S.F, Matos, T. B., & de Carvalho, C. E. V., 2011. Variação Sazonal de Metais Pesados em Siris *Callinectes ornatus* (Ordway, 1863) da Lagoa de Iquiuparí, Brasil. *Revista Virtual de Química*, 3, 129-137.

Almeida, E. V. D., 2016. Influência do ciclo reprodutivo do caranguejo de mangue *Ucides Cordatus* (Linnaeus, 1763) na dinâmica de elementos-traços.

Almeida, V. E., Kutter, V. T., Marques, E. D., & Silva-Filho, V. E., 2016. First assessment of trace metal concentration in mangrove crab eggs and other tissues, SE Brazil. *Monitoramento e Avaliação Ambiental*, 188:420–434.

Ayres, M., Ayres Jr, M., Ayres, D. L., Santos, A. A. S., 2007. Bioestat 5.0 aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: IDSM, p.364.

Beltrame, M. O., De Marco, S. G., & Marcovecchio, J. E., 2010. Influences of sex, habitat, and seasonality on heavy-metal concentrations in the burrowing crab (*Neohelice granulata*) from a coastal lagoon in Argentina. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 58, 746-756.

Boaventura, S. F., Hadlich, G. M., & Celino, J. J., 2011. Índices de contaminação de metais traço em encostas, manguezais e apicuns, Madre de Deus, Bahia. *Geosciences= Geociências*, 30(4), 631-639.

Bondgaard, M., Bjerregaard, P., & Nærum, U., 2000. Cadmium accumulation in the female shore crab *Carcinus maenas* during the moult cycle and ovarian maturation. *International Journal on Life in Oceans and Coastal Waters*, 137(5), 995–1004.

Botelho, E. R. O.,; Dias, A. F. & Ivo, C. T. C., 1999. Estudos sobre a biologia do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763), capturado nos estuários dos Rios Formoso (Rio Formoso) e Ilhetas (Tamandaré), no Estado de Pernambuco, *Boletim do CEPENE*, v, 7, n,1, 117-145.

Brasil, 2021. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 88, DE 26 DE MARÇO DE 2021. Edição: 61 | Seção: 1 | Página: 226.

Brasil, Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade., 2018 – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 176 p. : il.

Brasil. 1965. Normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos. Presidência da República. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Diário

Oficial da União. Brasília, DF, 26 mar. (Microsoft Word - DECRETO N272 55.871, DE 26 DE MAR\307O DE 1965) (www.gov.br).

Castiglioni, D. D. S., & Coelho, P. A., 2011. Determinação da maturidade sexual de *Ucides cordatus* (Crustacea, Brachyura, Ucididae) em duas áreas de manguezal do litoral sul de Pernambuco, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 101, 138-144.

Castiglioni, D. S., Silva-Castiglioni, D., & Oliveira, P. J. A., 2013. Biologia reprodutiva de *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ucididae) em duas áreas de manguezal do litoral sul do Estado de Pernambuco, Brasil, *Revista de Gestão Costeira Integrada* 13, 433-444.

Cavalcante, A. P. A. S., Elias, L. M., Furtado, L. C. O., Silva, N. P. E. F., Monteiro. N. C., 2013. A ecobiologia do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) do manguezal da Península de Ajuruteua, Bragança-PA; IV Congresso Brasileiro de gestão Ambiental, 01-11.

Costa, F. A. A., Costa, R. C., 2004. Níveis de metais pesados no camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Crustacea, Decapoda) na enseada de Ubatuba, Ubatuba, São Paulo. *Rev. biociências.*, Taubaté, 10, 199-203.

Diele, K., 2000. Life history and population structure of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil. Center for Tropical Marine Ecology – ZMT. PhD Thesis, University of Bremen, Germany, p.103.

Diniz, C., Cortinhas, L., Nerino, G., Rodrigues, J., Sadeck, L., Adami, M., & Souza-Filho, P. W. M., 2019. Brazilian mangrove status: Three decades of satellite data analysis. *Remote Sensing*, 11, 808.

Freitas, Á. C., 2019. Avaliação da concentração de metais no caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) na costa amazônica brasileira: Implicações para conservação ambiental e saúde pública.

Genç, T. O., & Yilmaz, F., 2015. Bioaccumulation indexes of metals in blue crab inhabiting specially protected area Koycegiz Lagoon (Turkey). *Indian J Anim Sci* 85, 94–99.

Hayashi, S. N., Souza-Filho, P.W.M., Nascimento, W. R. J.r., Fernandes, M. E. B., 2019. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. *PLoS ONE* 14: e0217754.

Hogarth, P. 2015. *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford University Press, 289p.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE., 2022. Bragança. [https://cidades,ibge.gov.br/brasil/pa/braganca](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/braganca).

Ivo, C. T. C. & Gesteira, T. C. V., 1999. Sinopse das observações do Caranguejo uçá, *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) capturado em estuários de sua ocorrência no Brasil, *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, 7: 9-51.

Lavradas, R. T., Hauser-Davis, R. A., Lavandier, R. C., Rocha, R. C. C., Saint’Pierre, T. D., Seixas, T., ... & Moreira, I., 2014. Metal, metallothionein and glutathione levels in blue crab (*Callinectes* sp.) specimens from southeastern Brazil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 107, 55-60.

Maia, C. B., Almeida, A. C. M., & Moreira, F. R., 2006. Avaliação do teor de chumbo em mexilhões da espécie *Perna perna* na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol*, 1(2), 195-198.

Martín-Díaz, M. L., Villena-Lincoln, A., Bamber, S., Blasco, J., & DeIvalls, A., 2005. An integrated approach using bioaccumulation and biomarker measurements in female shore crab. *Carcinus maenas*. *Chemosphere*.

Mitra, A., 2020. Ecosystem Services of Mangroves: An Overview. In: *Mangrove Forests in India*. Springer, Cham.

Oliveira, M. D. V., & Manesch, M. C. A., 2014. Territórios e territorialidades no extrativismo de caranguejos em Pontinha de Bacuriteua, Bragança, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 9, 129-143.

Oliveira, M. V. C., & Henrique, M. C., 2018. No meio do caminho havia um mangue: impactos socioambientais da estrada Bragança-Ajuruteua, Pará. *História, Ciências, Saúde-manguinhos*, 25, 497-514.

Pinheiro, M. A. A., & Fiscarelli, A. G., 2001. Manual de Apoio à Fiscalização do Caranguejo- Uçá (*Ucides cordatus*), Itajaí: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) / Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul (CEPSUL), 1ª Edição, 43p.

Ramos, R. J., & Leite, G. R., 2022. Disposition of trace elements in the mangrove ecosystem and their effects on *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)(Crustacea, Decapoda). *BioMetals*, 1-21.

Santos, M. D. C. F., 2002. Drinking and osmoregulation in the mangrove crab *Ucides cordatus* following exposure to benzene. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 133, 29-42.

Siegel, S. & Castellan Jr., N.J., 1988. Nonparametric statistics for the behavioral sciences. New York (NY): McGraw-Hill, 2ª Edição, 400p.

Silva, B.M.S., Morales, G. P., Gutjahr, A. L. N., Faial, F., Carneiro, B. S., 2018. Bioaccumulation of trace elements in the crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) from the macrotidal mangrove coast region of the Brazilian Amazon. *Environ Monit Assess* 190, 214.

Silva, M. M. T., 2008. Bioecologia e produção comercial do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus* Linnaeus, 1763) em Quatipurú—Pará (Doctoral dissertation, Dissertation, Universidade Federal do Pará).

Simonetti, P., Botté, S. E., Marcovecchio, J. E., 2018. Heavy metal bioconcentration factors in the burrowing crab *Neohelice granulata* of a temperate ecosystem in South America: Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Environ Sci Pollut Res*. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3404-1>.

Souto, F. J. B., 2007. Uma abordagem etnoecológica da pesca do caranguejo *Ucides cordatus* Linnaeus, 1763 (Decapoda: Brachyura), no manguezal do Distrito de Acupe (Santo Amaro-BA), *Biotemas* 20, 69-80.

Souza Filho, P. W. M., 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23, 427-435.

Souza, C. S., 2013. Relações de gênero em Bacuriteua (pa): imaginário do homoerotismo masculino entre os coletores de caranguejo, Dissertação de mestrado em letras, Universidade Federal do Pará, Bragança, 14-1014.

Wiech, M., Frantzen, S., Duinker, A., Rasinger, J. D., & Maage, A., 2020. Cadmium in brown crab *Cancer pagurus*. Effects of location, season, cooking and multiple physiological factors and consequences for food safety. *Science of the Total Environment*, 703, 134922.

Anexo



AQUATIC TOXICOLOGY

GUIDE FOR AUTHORS

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Abstract

A concise and factual abstract is required of no more than 300 words.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times),
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

1. *Single author*: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors*: both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors*: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999)
Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*.19, e00205.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. *Cancer statistics reports for the UK*.

<http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>
(accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.