

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Bruna Mariáh da Silva e Silva

**Acumulação de elementos metálicos no
caranguejo
Ucides cordatus Linnaeus (1763) em Manguezal
Amazônico, Pará, Brasil**

Belém
2015

Bruna Mariáh da Silva e Silva

Acumulação de elementos metálicos no caranguejo *Ucides cordatus* Linnaeus (1763) em Manguezal Amazônico, Pará, Brasil

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof Dr Gundisalvo Piratoba Morales

Co-orientadora: Profª Drª Ana Lúcia Nunes Gutjahr

Belém
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

S586b Silva, Bruna Mariáh da Silva e

Acumulação de elementos metálicos no caranguejo *Ucides cordatus* Linnaeus (1763) em Manguezal Amazônico, Pará, Brasil / Bruna Mariáh da Silva e Silva; Orientador Gundisalvo Piratoba Morales; Co-orientadora Ana Lúcia Nunes Gutjhar -- Belém, 2015
55 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2015.

1. Caranguejo. 2. Indicadores biológicos. 3. Elementos químicos. 4. Elementos traços no organismo. I. Morales, Gundisalvo Piratoba. II Gutjhar, Ana Lúcia Nunes. III. Título.

CDD 595.3842

Bruna Mariáh da Silva e Silva

Acumulação de elementos metálicos no caranguejo *Ucides cordatus* Linnaeus (1763) em Manguezal Amazônico, Pará, Brasil

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof Dr Gundisalvo Piratoba Morales

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Ana Lúcia Nunes Gutjahr

Data da aprovação:

Banca Examinadora

_____ - Orientador

Prof. Gundisalvo Piratoba Morales
Doutor em Geologia e Geoquímica
Universidade do Estado do Pará

_____ - Membro Externo

Prof^a. Lucia de Fatima Henriques Lourenço
Doutora em Ciências Biológicas
Universidade Federal do Pará

_____ - Membro Externo

Prof. João da Silva Carneiro
Doutor em Química Orgânica
Universidade do Estado do Pará

_____ - Membro Interno

Prof. Manoel Tavares de Paula
Doutor em Agroecossistema da Amazônia
Universidade do Estado do Pará

_____ - Suplente

Prof^a Ana Cláudia Caldeira Tavares Martins
Doutora em Botânica
Universidade do Estado do Pará

DEDICATÓRIA

*À minha mãe Suzete Silva e à minha avó Maria Amélia,
com toda minha gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (PPGCA) pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao Instituto Evandro Chagas (IEC) pela parceria na realização das análises.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro para esta pesquisa.

Ao meu orientador Prof Dr Gundisalvo Piratoba Morales pela confiança, apoio e orientação.

À minha co-orientadora Profa. Dra. Ana Lucia Nunes Gutjahr pela confiança, apoio, orientação e dedicação. Por ter me recebido de braços abertos e ter contribuído grandemente para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Antonio Amaro Pinheiro pelo compartilhamento de saberes e valiosas contribuições ao longo da produção deste trabalho.

À Profa. Ma. Maria Dulcimar de Brito Silva pela orientação no estágio em docência e parceria desde a graduação.

Ao Prof. Me. Kelson do Carmo Freitas Faial pela parceria, colaboração, empenho e preciosa orientação.

Ao Prof. Me. Bruno Carneiro Santana pela parceria.

Ao Prof Me. Osmar Guedes da Silva Junior pela elaboração do mapa da área de estudo.

À minha amiga Daniele Moysés e Rejane Rabelo por toda a colaboração durante as atividades de campo. Vocês foram fundamentais.

À minha família pelo apoio incondicional e por todos os momentos em que compreenderam minha ausência.

Às minhas amigas, Amanda Gemaque, Camila Alice, Conceição Damasceno, Gerciene Lobato, Ivanete Palheta, e Rejane Rabelo, pelas experiências compartilhadas, conhecimento construído e apoio mútuo, sobretudo nos momentos difíceis.

A Deus pelo dom da vida, fé e permissão para que eu pudesse caminhar até aqui.

Aos bons espíritos pela companhia, luz e auxílio.

RESUMO

O caranguejo *Ucides cordatus* é uma espécie endêmica dos manguezais do continente Americano, com elevado potencial de bioacumulação de metais. Neste trabalho, foram mensuradas as concentrações de cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), zinco (Zn), e chumbo (Pb) em amostras do quelípodo e brânquias do *U. cordatus*, por meio da técnica de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado. As concentrações médias de metais entre as estruturas foram comparadas estatisticamente, nas brânquias as concentrações de Cu e Zn foram maiores nas fêmeas do caranguejo, enquanto que no quelípodo, a concentração de Pb foi maior nos machos. Para os valores provisórios de ingestão diária tolerável (PTDI) o Cu foi o elemento que apresentou a maior contribuição (23%), o Fator de Bioacumulação (FBA) evidenciou a bioacumulação de Cu no quelípodo e nas brânquias e de Zn no quelípodo. O estudo forneceu informações sobre a bioacumulação de metais no *U. cordatus* e demonstrou sua utilização como biomonitor de elementos traços. Apesar da concentração de Zn nos caranguejos de Curuçá ter apresentado valor acima do recomendado pelas agências de saúde, isto não parece indicar riscos à saúde humana, mas, estas concentrações podem ser deletérios ao *U. cordatus*. Assim, sugere-se que sejam realizados estudos que avaliem o impacto genotóxico neste decápode.

Palavras-chave: Contaminação ambiental; caranguejo uçá; estuário; impacto ambiental; saúde humana

ABSTRACT

The crab *Ucides cordatus* is an endemic species of the American continent mangroves, with high potential for bioaccumulation of metals. In this work, cadmium concentrations were measured (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), zinc (Zn) and lead (Pb) and gill samples cheliped *U. cordatus* by Spectrometry Optical Emission Coupled Plasma. The mean concentrations of metals between the structures were compared statistically, gills concentrations of Cu and Zn were higher in the cancer females, whereas in cheliped, Pb concentration was higher in males. To the provisional figures of tolerable daily intake (PTDI) Cu was the element with the highest contribution (23%), the bioaccumulation factor (FBA) showed the Cu bioaccumulation in cheliped and in the gills and Zn in cheliped. The study provided information on the bioaccumulation of metals in the *U. cordatus* and demonstrated its use as biomonitor trace elements. Despite the Zn concentration in crabs Curuçá have displayed value above recommended by health agencies, this does not seem to indicate risks to human health, but these concentrations may be harmful to the *U. cordatus*. Thus, it is suggested that studies evaluating the impact of this decapod genotoxic.

Key words: Environmental contamination; Uçá crab; estuary; environmental impact; human health.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados relativos às curvas de calibração dos elementos traços em estudo	23
Tabela 2	Recuperação analítica para determinação dos elementos traços em estudo a partir de amostras de referência certificadas	24
Tabela 3	Concentração de elementos (valores em peso seco) nas brânquias e quelípodos de machos (M) e fêmeas (F) de <i>U. cordatus</i> coletados em Curuçá, Pará	27
Tabela 4	Valores do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e a concentração $\mu\text{g.g}^{-1}$ de elementos nas brânquias, LC (largura cefalotorácica em mm) e CC (comprimento cefalotorácico em mm) do <i>U. cordatus</i> de Curuçá, Pará	32
Tabela 5	Concentrações de elementos traços ($\mu\text{g.g}^{-1}$) dos sedimentos – em triplicata – das galerias do <i>U. cordatus</i> em Curuçá, Pará, e os valores de referência estabelecidos pelo Conselho Canadense de Ministros do Ambiente	34
Tabela 6	Fator de Bioacumulação para caranguejos machos de Curuçá, Pará	37
Tabela 7	Concentração média $\mu\text{g.g}^{-1}$ (peso úmido) dos elementos obtidos no músculo de machos e fêmeas de <i>U. cordatus</i> oriundos de Curuçá, Pará, comparados com os limites máximos recomendados pelas organizações de saúde	38
Tabela 8	Consumo de carne de caranguejo pela população, em relação ao valor provisório de ingestão diária tolerável (PTDI) de elementos traços, sugerida pela Organização Mundial de Saúde, para uma pessoa adulta de 60 kg	40
Tabela 9	Concentração média de elementos traços $\mu\text{g.g}^{-1}$ no caranguejo <i>U. cordatus</i> em diferentes pontos do Brasil	40

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1 *Localização geográfica dos pontos de amostragem: Localização geográfica dos pontos de amostragem: P1-00°43'46,9"S / 47°50'49,4"W; P2-00°42'08,5"S / 47°52'38,4"W; P3- 00°38'12,5"S / 47°53'27,5"W; P4-00°38'41,4"S / 47°53'53,2"W; P5-00°35'03,5"S / 47°52'05,5" W; P6-00°34'30,0"S / 55°54'22,0"W* 21
- Figura 2 *Gráficos dos scores a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn nas amostras de quelípedo entre os pontos de coleta (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)* 25
- Figura 3 *Dendrograma obtido para as amostras de caranguejos (n=18) por HCA, a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn entre os pontos de coleta (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)* 26
- Figura 4 *(A), (C), (E), (G), (I) Concentração de elementos traço (valores em peso seco) entre os sexos no quelípodos; (B), (D), (F) (H), (I) Concentração de elementos traço entre os sexos nas brânquias de U. cordatus coletados em Curuçá, Pará; Diferentes letras associadas com as caixas indicam diferenças estatisticamente significativas entre os sexos (testes Mann-Whitney e T-Student, 5%)* 29
- Figura 5 *(A), (B), (C), (D), (E) Concentração de elementos traços (valores em peso seco) entre estruturas nas fêmeas; (F), (G) (H), (I), (J)) Concentração de elementos traços entre estruturas nos machos de U. cordatus coletados em Curuçá, Pará; diferentes letras associadas com as caixas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as estruturas para o mesmo sexo (testes Mann-Whitney e T-Student, 5%)* 30
- Figura 6 *Distribuição de elementos traços nos sedimentos nos pontos de coleta no município de Curuçá, Pará* 32
- Figura 7 *Gráficos dos scores (A) e loading (B) a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn nas amostras de sedimentos das galerias dos caranguejos entre os pontos de coleta (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)* 35
- Figura 8 *Dendrograma obtido para as amostras de sedimentos (n=18) por HCA, a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)* 35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
1.1	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	14
2	ARTIGO – BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS NO CARANGUEJO <i>UCIDES CORDATUS</i> LINNAEUS (1763), NA REGIÃO DA COSTA DE MANGUEZAL DE MACRO MARÉ DA AMAZÔNIA, BRASIL	16
	ABSTRACT	17
	Introdução	18
	Parte Experimental	19
	Resultados e Discussão	25
	Conclusão	41
	Agradecimentos	42
	Referências	42
3	ANEXOS	46
3.1	Normas da revista	47
3.2	Autorização SISBIO	55

INTRODUÇÃO GERAL

A costa brasileira possui uma área de aproximadamente 7.408 km dos quais uma extensão significativa é ocupada por manguezais (Schaeffer-Novelli, 2000). O manguezal, ou mangue, é um bioma que ocorre em todas as regiões costeiras tropicais e subtropicais e atua na natureza, como um berçário para diversas espécies marinhas, em especial aos peixes e crustáceos que encontram nas águas tranquilas o refúgio ideal para suas larvas e filhotes (Menezes, et al., 2008).

Este bioma desempenha importantes funções ecológicas e econômicas, entre as quais se destacam a proteção da linha da costa marinha, a retenção de sedimentos carregados pelos rios, manutenção da diversidade biológica e o provimento de alimentos e renda ao ser humano (Pereira Filho, 1999).

Na região Amazônica, os manguezais ocupam uma área de apenas 1,87% e estão entre os ecossistemas mais frágeis e ameaçados da região (Instituto Peabiru, 2009). Os manguezais amazônicos possuem características únicas, com árvores que chegam a possuir 30 m de altura e 1 m de diâmetro, particularidades provavelmente resultantes das altas temperaturas tropicais, da grande amplitude de marés e da costa muito recortada, condições consideradas ideais para o desenvolvimento desse ecossistema (Menezes, et al., 2008).

Na costa norte brasileira, concentra - se 85% dos manguezais do país, dos quais 270 mil hectares estão no litoral nordeste do Pará, região que concentra uma faixa dos mais extensos, complexos e biodiversos manguezais do planeta (Instituto Peabiru, 2009). O município de Curuçá, localizado na mesorregião nordeste do Estado do Pará e micro região do Salgado, possui um dos maiores conjuntos contínuos de manguezais, com 37.064,27 ha. Neste município vivem mais de 52 comunidades tradicionais (Instituto Peabiru, 2009) que têm o extrativismo tradicional, a agricultura familiar, a pesca de camarão e a coleta de caranguejo como suas principais fontes de renda (Souza, 2010).

A intensificação da aquicultura e a utilização indiscriminada dos recursos naturais dos ecossistemas costeiros e estuarinos ameaçam o equilíbrio ecológico dos manguezais, por favorecer a poluição destes biosistemas, principalmente devido à contaminação química (Marengoni et al., 2013) causada pela descarga de efluentes domésticos ou industriais e a lixiviação de pesticidas em áreas agrícolas (Förstner, 1983). Estes efluentes na maioria das vezes são lançados sem tratamento

adequado, o que pode promover a contaminação por elementos traços, compostos químicos orgânicos, e com isto expor a biota marinha à contaminação (Ferreira, 2009).

Dentre os diferentes contaminantes presentes no ambiente, se destacam os metais que por não serem degradáveis física, ou biologicamente, ciclaram pelos diferentes compartimentos ambientais (Cordovil, et al., 2014). Por esta capacidade de acumulação nos componentes bióticos e abióticos, é necessário o monitoramento da concentração destes elementos nos ambientes aquáticos, uma vez que em altas concentrações podem representar riscos ao equilíbrio do ecossistema e à saúde humana.

O monitoramento de ambientes costeiros e estuarinos com a utilização de organismos vivos tem sido realizado em diversos estudos, nos Estados Unidos da América (EUA), no estado de Nova Jersey, Reichmuth et al. (2010) investigaram a bioacumulação de metais no siri azul, enquanto que Adams e Engel (2014) averiguaram a acumulação de metais neste mesmo crustáceo na costa da Flórida.

No Brasil, os estudos de biomonitoramento estão concentrados, sobretudo nas regiões sul e sudeste e são realizados principalmente com siris, peixes e moluscos bivalves. No estado do Paraná, Repula et al. (2012) realizaram o biomonitoramento dos elementos cromo (Cr) e chumbo (Pb) em peixes de água doce. Na região sudeste, destacam-se trabalhos como o de Virga et al. (2008), Virga et al. (2007) com o siri azul, Azevedo et al. (2012) com duas espécies de bagres, Andrade et al. (2011) com *Callinectes ornatus* (Ordway, 1863) e o de Pinheiro et al. (2012) com o caranguejo *Ucides cordatus* Linnaeus (1763).

O caranguejo *U. cordatus*, é um importante representante da fauna dos manguezais e é amplamente consumido como alimento pela população paraense. Apesar disto, não existem estudos que versem acerca da acumulação de metais neste crustáceo no litoral paraense e região amazônica. Com isto, as questões que nortearam este trabalho foram: a) quais são as concentrações dos metais zinco (Zn), cromo (Cr), cobre (Cu), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) no caranguejo *U. cordatus* oriundos do manguezal de Curuçá? b) o consumo deste crustáceo representa risco à saúde humana?

Assim, os objetivos deste estudo foram: a) avaliar a acumulação dos metais, Zn, Cr, Cu, Cd e Pb em amostras de brânquias e músculo do quelípodo do caranguejo *U. Cordatus*; b) Investigar se há diferença na concentração de metais entre os

sexos; c) Verificar se há diferença na concentração de metais entre o músculo do quelípodo e as brânquias; d) Averiguar se há correlações entre a largura e comprimento cefalotorácico e a concentração de metais; e) Quantificar as concentrações de metais nos sedimentos da galeria do *U. Cordatus*; f) Determinar o Fator de Bioacumulação; e) Analisar se a concentração de metais no músculo do quelípodo representa risco à saúde humana.

3 REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ADAMS, D. H.; ENGEL, M. E. Mercury, lead, and cadmium in blue crabs, *Callinectes sapidus*, from the Atlantic coast of Florida, USA: A multi predator approach. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 102, n. 2, p. 196-201, Apr. 2014.

ANDRADE, S. F.; MATOS, T. B.; CARVALHO, C. E. V. Variação Sazonal de Metais Pesados em Siris *Callinectes ornatus* (Ordway, 1863) da Lagoa de Iquiparí, Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 2, p. 129-137, abr./jun. 2011.

AZEVEDO, J. S.; HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S. Accumulation and distribution of metals in the tissues of two Catfish species from Cananéia and Santos-São Vicente Estuaries. **Brazilian Journal Of Oceanography**, v. 60, n. 4, p. 463-472, Oct./Dec. 2012.

CORDOVIL, M. C. O.; MENDONÇA, A. G. R.; BOTERO, W. G.; SANTOS A.; ROCHA, J. C.; MELLO, K.; TOPPA, R. H.; OLIVEIRA, L.C.; Análise espacial e quimiométrica da distribuição de espécies metálicas em solos alagáveis e não alagáveis da bacia do médio rio negro, Amazônia. **Quim. Nova**, v. 37, n. 5, p. 770-775, abr. 2014.

FERREIRA A. P. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 2, p. 229-241, jun. 2009.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W.; **Metal Pollution in the Aquatic Environment**, Springer Verlag, Berlim, 2ª. ed.1983.

Instituto Peabiru. **Uma experiência de intervenção sócio-ambiental no Salgado Paraense**, Gráfica Supercores, Belém, PA, 1ª ed. 2009.

MARENGONI, N. G.; KLOSOWSKI, E. S.; OLIVEIRA, K. P.; CHAMBO, A. P. S.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. [Bioacumulação de metais pesados e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional](#). **Quim. Nova**, v. 36, n. 3, p. 359-363, jan. 2013.

MENEZES, M. P. M.; MEHLIG, U. Manguezais as florestas da Amazônia Costeira. **Ciência Hoje**, v. 44, n. 264, p. 34-39, out. 2009.

PEREIRA FILHO, O.; ALVES, J. R. P. **Conhecendo o manguezal. Apostila técnica**, Grupo Mundo da Lama, RJ. 4a ed. 1999.

PINHEIRO, M. A. A.; SILVA, P. P. G.; DUARTE, L. F. A.; ALMEIDA, A. A.; ZANOTTO, F. P. Accumulation of six metals in the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) and its food source, the red mangrove *Rhizophora mangle* (Angiosperma: Rhizophoraceae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 81, n.1, p.114-121, July, 2012.

REICHMUTH, J. M.; WEIS, P.; WEIS, J. S. Bioaccumulation and depuration of metals in blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun) from a contaminated and clean estuary. **Environmental Pollution**, v. 158, n. 2, p. 361-368, Feb. 2010.

REPULA, C. M. M.; CAMPOS, B. K.; GANZAROLLI, E. M.; LOPES, M. C.; QUINÁIA, S. P. Biomonitoramento de Cr e Pb em peixes de Água Doce. **Quim. Nova**, v. 35, n. 5, p. 905-909, fev. 2012.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G.; DE-ROSA, I. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 3, n. 4, p. 561-570, Dec. 2000.

SOUZA, C. B. G. A gestão dos recursos naturais na Amazônia: A reserva extrativista Mãe Grande de Curuçá-PA. **Geografar**, v. 5, n.1, p. 83-104, jan./jun. 2010.

Graphical Abstract

An article on bioaccumulation of metals in the crab *Ucides cordatus* Linnaeus (1763) using Induced Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry.



BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS NO CARANGUEJO *UCIDES CORDATUS* LINNAEUS (1763), NA REGIÃO DA COSTA DE MANGUEZAL DE MACRO MARÉ DA AMAZÔNIA, BRASIL

Bruna Mariáh da S. e Silva^a *, Gundisalvo P. Morales^a, Ana Lúcia N. Gutjhar^a, Kelson do C. Freitas Faial^b, Bruno C. Santana^b

^aUniversidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Travessa Enéas Pinheiro, 2626, CEP 66095-100 Belém - PA, Brasil

^bInstituto Evandro Chagas, Rodovia BR-316 km 7 s/n - Levilândia 67030-000 Ananindeua – PA, Brasil

() Manuscrito com material suplementar

(x) Manuscrito sem material suplementar

METAL BIOACCUMULATION IN THE CRAB *UCIDES CORDATUS* LINNAEUS (1763) IN THE REGION AMAZON MACROTIDAL MANGROVE COAST, BRAZIL

In this study trace element concentrations were measured in chelipod and gill samples of the crab *U. cordatus* by Induced Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES). The element average concentrations between the structures were statistically compared. Gill concentrations of Cu and Zn were higher in female crabs, while in chelipods, Pb concentrations were higher in males. The concentration of Zn in crabs from Curuçá City were higher than the recommended by health agencies, but the Provisional Tolerable Daily Intake Value (PTDI), for Zn and Cu showed only 10 and 23 % contribution, respectively. Thus the consumption of this crustacean not represents risks to human health. The bioaccumulation factor (FBA) revealed Cu bioaccumulation in chelipods and gills and Zn in chelipods, it is suggested that further studies be conducted in order to evaluate the genotoxic impact to this decapod.

Keywords: Environmental contamination; Uçá crab; estuary; environmental impact; human health.

BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS NO CARANGUEJO *UCIDES CORDATUS* LINNAEUS (1763), NA REGIÃO DA COSTA DE MANGUEZAL DE MACRO MARÉ DA AMAZÔNIA, BRASIL

Keywords: Environmental contamination; Uçá crab; estuary; environmental impact; human health.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas de alta fertilidade e intensa produção de biomassa, encontrados em áreas potencialmente inundáveis de regiões tropicais e subtropicais, e influenciados pelo regime das chuvas e marés.^{1,2} A fauna deste bioma é constituída por complexos conjuntos de animais que podem ser residentes, semirresidentes ou visitantes, com destaque para os peixes, camarões e caranguejos.³

Dentre os crustáceos, destaca-se o *Ucides cordatus* Linnaeus (1763) Decapoda: Ucididae, conhecido popularmente como Caranguejo-Uçá. Esse macroinvertebrado é endêmico dos manguezais da costa atlântica do continente americano, com distribuição desde a Flórida, nos Estados Unidos da América, à Santa Catarina, no Brasil.⁴ O Uçá é um crustáceo semiterrestre que habita a região inter-mareal e desempenha funções importantes, como processamento da serrapilheira, ciclagem de matéria orgânica e bioturbação dos sedimentos.^{5,6,7,8,9}

Os sedimentos são um importante compartimento ambiental, formados pela deposição contínua de partículas autóctones produzidas em colunas de água e partículas alóctones de bacias hidrográficas.^{10,11} Possuem elevada capacidade de sorção e acumulação de espécies poluentes,^{12,13} dentre os quais, se destacam os elementos traços. No entanto, fatores como a bioturbação e o fluxo da maré podem facilmente remobilizar estes compostos,¹⁴ e com isto, afetar a qualidade da água e favorecer a bioacumulação e trocas de transferência na cadeia trófica,^{15,16} o que pode representar riscos ao equilíbrio do ambiente e à saúde humana.

A contaminação por elementos traços de origem antrópica e a bioacumulação tornaram-se uma preocupação mundial,¹⁷ uma vez que estas espécies pertencem a uma classe de substâncias incapazes de sofrerem biodegradação,¹⁸ que acumuladas têm a possibilidade de se tornarem tóxicas. Para avaliar os níveis destes poluentes nos ecossistemas, diversos macro invertebrados bentônicos^{19,20,21} e moluscos bivalves^{22,23} têm sido utilizados como biomonitores.

Nos manguezais, a utilização do *U. cordatus* como biomonitor está associada ao seu baixo poder de dispersão,²⁴ (uma vez que vive nas proximidades de suas galerias) e seu crescimento lento (cerca de oito anos).²⁵ Estas características possibilitam que este crustáceo expresse as

condições existentes nos ambientes, o que permite inferências a cerca dos níveis dos elementos traços.

O município de Curuçá, localizado nas coordenadas geográficas 00° 43' 48" S e 47° 51' 06" W, está localizado na região da Costa de Manguezais de Macro Maré da Amazônia (CMMA) e é um importante centro pesqueiro,²⁶ com áreas propícias para a navegação marítima. Fato que despertou interesse de grandes empresas para a futura construção de dois empreendimentos, o Porto de Espadarte e a Estação Flutuante de Transbordo, por onde serão escoadas as cargas e os minérios do estado do Pará para outros países e demais regiões do Brasil.

Com o funcionamento destes terminais hidroviários, surgirá o risco de derramamento de produtos químicos, vazamento de efluentes, adição de elementos traços e a possibilidade de bioacumulação e biomagnificação destas espécies.

Diante da atuação dos elementos traços como poluentes e da ausência de estudos de bioacumulação destes compostos em crustáceos no município de Curuçá, região da Costa de Manguezais de Macro Maré da Amazônia, o objetivo deste trabalho foi avaliar a acumulação dos elementos, zinco (Zn), cromo (Cr), cobre (Cu), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) nas brânquias e músculo do quelípodo do caranguejo *Ucides cordatus*.

PARTE EXPERIMENTAL

Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada na CMMA, região que se estende da Baía do Marajó, Pará, até a Ponta de Tubarão, baía de São José, Maranhão e compreende uma área de 7.591,09 km², o que corresponde a 56,6% do total de manguezais do Brasil.²⁷ A CMMA é caracterizada por baixos relevos com variação de 0 a 80 m, amplas planícies costeiras que chegam a possuir até 70 km de largura e extensa plataforma continental adjacente, com aproximadamente 200 km de largura, de extrema irregularidade, endentada e recortada por vários estuários.²⁷

Esta região está sujeita a um regime de macromarés semidiurnas, com variações em torno de 4 m na baía do Guajará, em Belém (PA) e 7,5 m na baía de São Marcos, em São Luís (MA).²⁶ O clima é quente e úmido, com as estações seca (julho a dezembro) e chuvosa (janeiro a

maio) bem definidas, com variação de 2500 a 3000 mm anuais e temperatura média em torno de 26 °C.²⁷

Em Curuçá, está localizada uma faixa dos maiores conjuntos contínuos de manguezais do mundo, com 370,64 Km², protegidos pela Reserva Extrativista Marinha Mãe Grande, criada por decreto presidencial em 13 de dezembro de 2002.²⁸ A zona costeira do município é dominada por manguezais, restingas, praias e dunas. O interior, pela agricultura familiar, capoeiras em diversos estágios de crescimento e escassos remanescentes de florestas de terra firme.²⁹ No que se refere aos solos, a predominância é do tipo latossolo amarelo, textura média e solos indiscriminados de mangue.³⁰

Sítio de amostragem

Para quantificar a acumulação de elementos traços nos caranguejos e verificar a distribuição nos sedimentos ao longo da faixa de manguezais de Curuçá, foram definidos seis pontos de amostragem, denominados P1, P2, P3, P4, P5 e P6 (Figura 1). As coordenadas geográficas foram registradas com o auxílio de um Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Os pontos P1 e P2 estão localizados na parte central do município, próximo ao centro urbano de Curuçá, e estão sujeitos à interferência antrópica (descarte de dejetos e rejeitos). Os demais pontos são mais distantes da sede municipal, onde não há registro de atividades humanas que possam contribuir para o enriquecimento do ambiente com elementos traços.

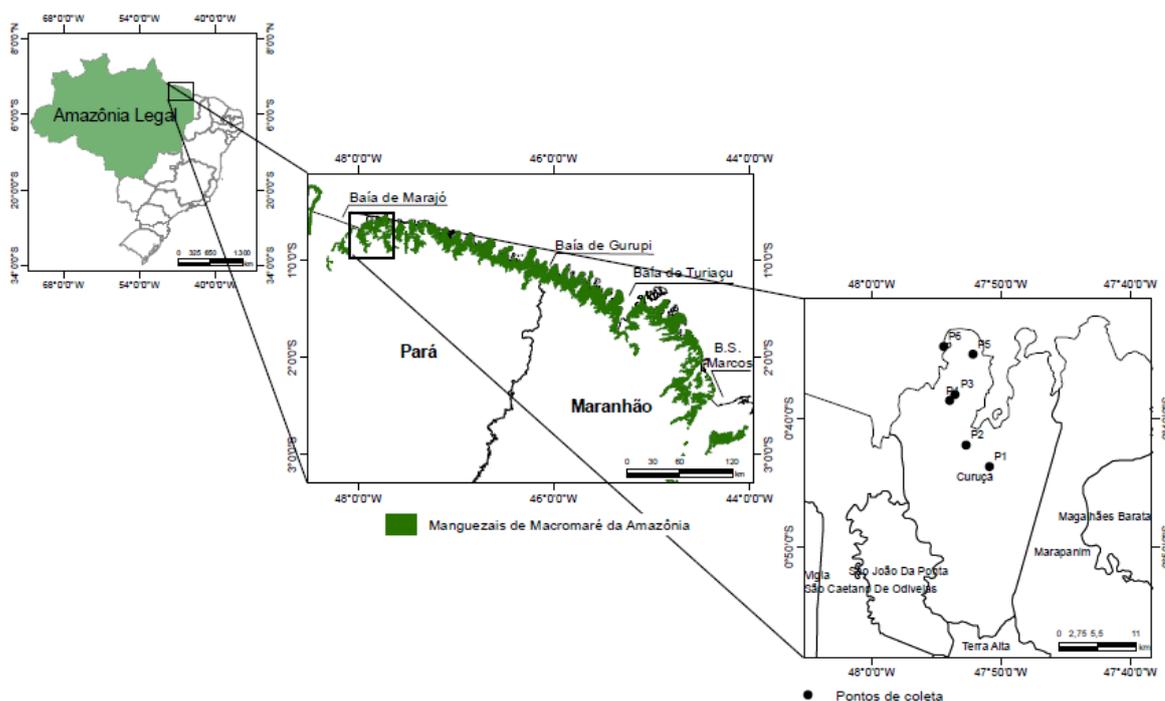


Figura 1. Localização geográfica dos pontos de amostragem: Localização geográfica dos pontos de amostragem: P1-00°43'46,9"S / 47°50' 49,4"W; P2-00°42'08,5"S / 47°52' 38,4"W; P3- 00°38'12,5"S / 47°53'27,5"W; P4-00°38'41,4"S / 47°53'53,2"W; P5-00°35'03,5"S / 47°52'05,5" W; P6-00°34' 30,0"S / 55°54'22,0"W

Coleta e preparo das amostras

Caranguejos

Em cada ponto amostral, foram coletados 3 machos e 3 fêmeas de *U. cordatus* (autorização SISBIO nº 49353-1 / código de autenticação 81473453) pelo método de braceamento, que consiste na retirada do animal da galeria com a utilização dos braços. Após a coleta, os caranguejos foram armazenados em sacos plásticos individualizados, alocados em caixas de poliestireno com gelo e transportados para o Laboratório de Química da Universidade do Estado do Pará (UEPA). Todos os espécimes foram limpos em água corrente, escovados para a remoção de resquícios de sedimentos e em seguida lavados com água destilada.

Os dados biométricos, largura e comprimento cefalotorácico (LC e CC, respectivamente) foram mensurados com paquímetro digital Caliper, de precisão (0,01 mm). A classificação dos espécimes quanto ao sexo, seguiu o manual de Pinheiro e Fiscarelli (2001).²⁵ Para a dissecação dos caranguejos, foram utilizadas tesouras e pinças de materiais inoxidáveis, previamente descontaminadas.

As amostras foram obtidas a partir da remoção das brânquias e do tecido muscular do quelípodo. As brânquias foram selecionadas devido à função osmorregulatória,³¹ e o quelípodo, por ser a parte comestível de maior volume e por poder atuar como vetor de

transferência de contaminantes. As amostras (n=72) foram depositadas em tubos *Eppendorf*, mantidos congelados (-20° C) e transportados para o Laboratório de Toxicologia “Dr. Edilson Brabo” do Instituto Evandro Chagas (IEC) para a quantificação dos elementos.

Sedimentos

Em cada ponto de amostragem foi coletado manualmente, com uma pá de policloroeteno, 01 amostra dos sedimentos das galerias dos caranguejos. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificados com o ponto amostral correspondente. Em seguida foram alocadas em caixas de poliestireno e transportadas ao Laboratório de Toxicologia “Dr. Edilson Brabo” do IEC para a quantificação dos elementos.

Procedimentos analíticos

Digestão das amostras do caranguejo U. cordatus

Amostras de aproximadamente 0,1 g de tecido muscular do quelípodo e das brânquias foram pesadas em balança analítica digital (TE2145), Sartorius AG ($\pm 0,0001$ g) e acondicionadas em tubos de polipropileno do tipo falcon®. Em seguida, foram levadas para o Liofilizador (L101) Liotes, onde permaneceram por 48h. Após o processo de liofilização, as amostras foram maceradas no almofariz com pistilo e digeridas em meio ácido.

O processo de digestão seguiu o método descrito por Vinas et al. (2000),³² em que foi utilizado 3,0 mL de ácido nítrico ($\text{HNO}_3 \geq 65\% \text{ v.v}^{-1}$) Biotec, com alto grau de pureza e 1,0 mL de peróxido de hidrogênio ($\text{H}_2\text{O}_2 \text{ 30\% v.v}^{-1}$) Sigma – Aldrich. As amostras foram digeridas com o auxílio da radiação de microondas (Mars Xpress) CEM, e aferidas a volume final de 50 mL.

Digestão das amostras de sedimentos

As amostras de sedimentos foram secas à temperatura ambiente e desagregadas em gral de ágata. O processo de digestão envolveu a decomposição de aproximadamente 0,25 g de amostras de sedimentos (em triplicata) nos seguintes volumes de ácidos minerais: 3 mL de

nítrico (HNO_3 65% v v⁻¹); 1,0 mL de clorídrico (HCl 36% v v⁻¹) e 1,0 mL de fluorídrico (HF 36% v v⁻¹) Biotec, todos com alto grau de pureza e 1,0 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 30% v.v⁻¹) Sigma – Aldrich.

A digestão foi efetuada em sistema fechado (microondas -Mars Xpress- CEM) de acordo com o método descrito por Bettinelli (2000).³³ Após dissolução, foi adicionada solução saturada de 2 mL de ácido bórico H_3BO_3 (5% v.v⁻¹) Sigma – Aldrich para complexação dos fluoretos remanescentes. As amostras foram aferidas ao volume final de 25 mL.

Parâmetros de desempenho analítico na determinação dos elementos traços

As concentrações dos elementos traços foram determinadas pela técnica de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES, Vista-MPX CCD simultâneo, Varian, Mulgrave, Austrália). A Tabela 1 apresenta os parâmetros para a determinação de zinco, cromo, cobre, cádmio e chumbo.

Tabela 1. Dados relativos às curvas de calibração dos elementos traços em estudo

Parâmetros	Zn	Cr	Cu	Cd	Pb
Comprimento de onda (nm)	213,85	267,71	327,39	226,50	220,35
Coefficiente de correlação (R^2)	0,9985	0,9992	0,9956	0,9918	0,9925
Faixa Linear (mg/L^{-1})	0,0 – 3.2	0,0 – 3.2	0,0 – 3.2	0,0 – 3.2	0,0 – 3.2

Os limites de detecção (LD) foram calculados de acordo com a equação 1, descrita por Snyder et al., (1997)³⁴ e Harris (2008).³⁵

Equação 1: $\text{LD} = 3,3 \times s/S$

Em que, s é a estimativa do desvio-padrão da resposta, que pode ser a estimativa do desvio padrão do branco, da equação da linha de regressão ou do coeficiente linear da equação e S é a inclinação ou coeficiente angular da curva analítica.^{34,35} Foram obtidos os limites de detecção de 0,0005 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0,0025 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0,0014 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0,0028 $\mu\text{g.g}^{-1}$, 0,0011 $\mu\text{g.g}^{-1}$ para os elementos Pb, Cd, Cr, Cu e Zn, respectivamente.

A exatidão do método para a determinação dos elementos nas amostras dos caranguejos e sedimentos foi avaliada por meio da análise de materiais de referência com valores certificados a saber, DORM-3 e DOLT-3 para os caranguejos, e SRM 2710 e SRM 1646a

para os sedimentos. As recuperações obtidas para os elementos em estudo apresentaram variações de 84,7 à 112,0% para os sedimentos e de 95,2 à 112,4% para os caranguejos (Tabela 2) estes resultados permitem afirmar que o método analítico empregado se mostrou eficiente para a análise de elementos traços, conforme se verificou por meio da análise dos materiais certificados de referência.

Tabela 2. Recuperação analítica para determinação dos elementos traços em estudo a partir de amostras de referência certificadas

Referência certificada	Elemento	Concentração obtida (mg/Kg)	Concentração certificada (mg/Kg)	Recuperação (%)
DORM-3	Cu	14,7	15,5 ± 0,63	95,2
	Cd	0,326	0,290 ± 0,020	112,4
	Zn	51,6	51,5 ± 3,1	100,5
	Pb	0,402	0,395 ± 0,050	101,7
	Cr	2,12	1,89 ± 0,17	112
DOLT-3	Cu	32,3	31,2 ± 1,0	103,5
	Cd	19,2	19,4 ± 0,6	98,9
	Zn	117,3	86,6 ± 2,4	103,4
	Pb	0,351	0,319 ± 0,045	110,0
SRM 2710	Cu	3306,4	2950	112,0
	Cd	18,5	21,8	84,7
	Zn	6366	6952	91,5
	Pb	5263,5	5532	95,1
SRM 1646a	Cr	35,6	40,9	87,0

Análise dos dados

As análises dos dados foram realizadas com auxílio dos programas BioEstat[®]s.3, Origin 6.0 e Minitab 14. Para avaliar as concentrações de elementos traços nos caranguejos e nos sedimentos entre os pontos de coleta, foi realizada a análise de componentes principais (*PCA - Scores e Loadings*) e análise hierárquica de agrupamentos (*HCA- Dendrograma*). Para verificar a existência de diferença significativa, entre os valores médios dos teores de elementos por estrutura entre os sexos e entre estruturas para um mesmo sexo, foram empregados dois testes: O teste T-Student, quando a distribuição foi normal e a variância homocedástica e o teste de Mann-Whitney (U), quando estas condições não foram satisfeitas. O teste de Shapiro-Wilk (W) foi utilizado para analisar a distribuição normal dos dados. A análise de correlação paramétrica de Pearson foi empregada para a avaliação de possíveis

relações significativas entre os dados biométricos e as concentrações dos elementos traços no músculo do quelípedo e nas brânquias. Em todos os testes estatísticos, considerou-se $p < 0,05$ como estatisticamente significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentração de elementos traço

Nos caranguejos entre os pontos de coleta

Para avaliar possíveis diferenças na concentração de elementos traços nos caranguejos (machos) entre os pontos de coleta foi aplicada a análise de componentes principais (PCA). Para isto, utilizou-se uma matriz 18 x 5 (18 amostras do quelípedo do caranguejo e 5 variáveis). A Figura 2 ilustra as similaridades entre as amostras (*Scores*).

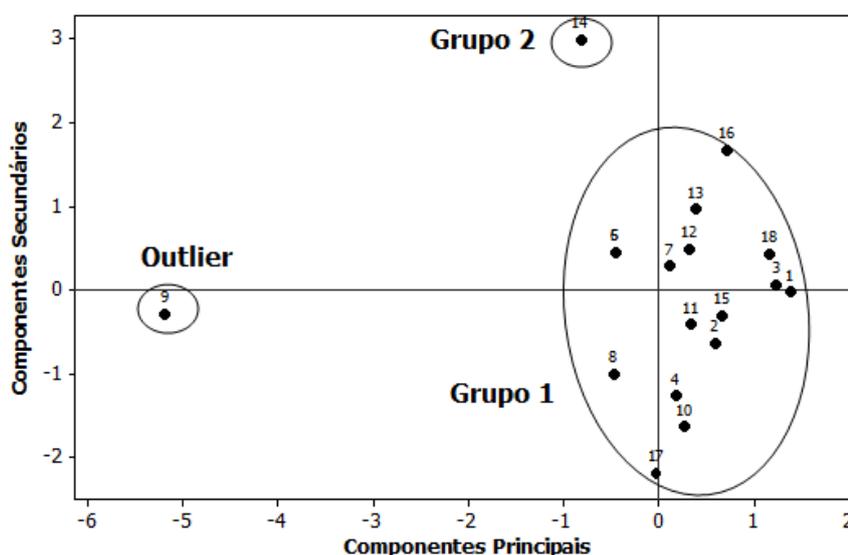


Figura 2. Gráficos dos scores a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn nas amostras de quelípedo entre os pontos de coleta (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)

A análise dos *scores* (Figura 2) evidencia a separação das amostras em 2 grupos distintos (1 e 2 e um outlier) o que foi ratificado pelo dendrograma obtido pela análise hierárquica de agrupamentos (HCA) (Figura 3).

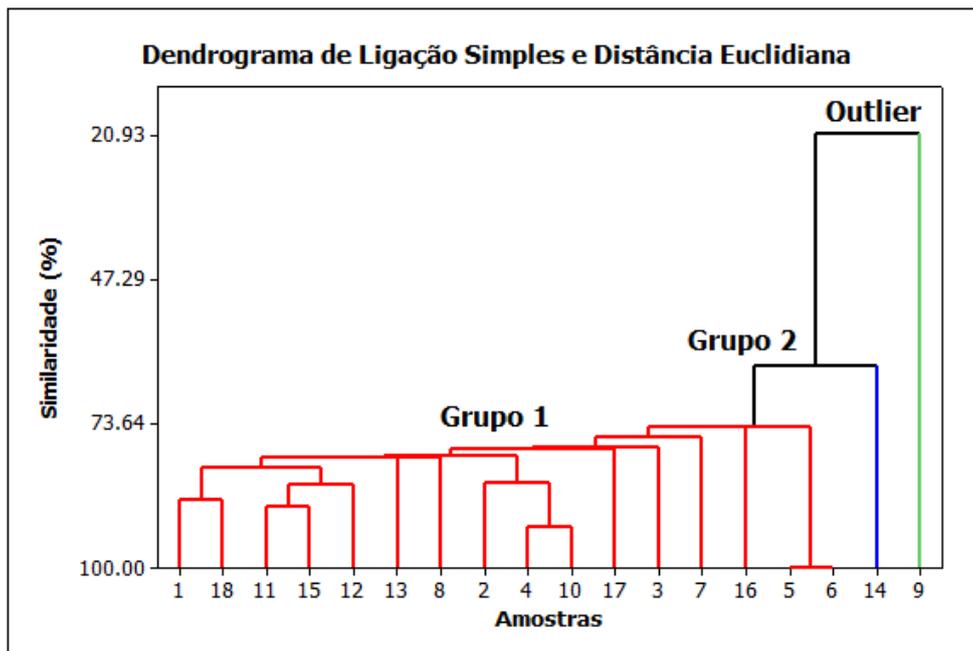


Figura 3. Dendrograma obtido para as amostras de caranguejos ($n=18$) por HCA, a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn entre os pontos de coleta (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)

O dendrograma aponta a formação de 2 grupos e um outlier (amostra discrepante), sendo o grupo 1 constituído por 16 amostras, distribuídas entre os 6 pontos de coleta. Embora as amostras 1, 2 e 3 (P1) e 4, 5 e 6 (P2) estejam sob influência antrópica (descarte de dejetos e rejeitos) elas se assemelham com as amostras dos pontos P3, P4 (com exceção à amostra 14), P5 e P6 que não estão sujeitas a uma fonte de poluição.

Deste modo, a origem do caranguejo, ou seja, a região em que ele se desenvolveu P1 (impactado) ou P5 (não impactado), por exemplo, a nível de ingestão de elementos traços, é semelhante. Este fato pode indicar que os elementos de origem antrópica estão sendo adsorvidos pelos sedimentos, mas, estão indisponíveis à biota.

Por estrutura entre os sexos

Os resultados obtidos neste estudo (Tabela 3) indicaram que para as concentrações médias de elementos traços nas brânquias entre os sexos, houve diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para o Cu e o Zn, tendo as fêmeas apresentado as maiores concentrações.

Para os crustáceos decápodes estes elementos são fundamentais,³⁶ visto que o Cu atua como importante integrante do pigmento respiratório hemocianina e o Zn como ativador de sistemas

enzimáticos.³⁷ Estes elementos podem ser introduzidos nos organismos vivos por meio da ingestão de água e alimentos, respiração, ou serem adsorvidos pela pele.³⁸ No entanto, ambos podem ser potencialmente tóxicos quando disponíveis em excesso no ambiente aquático.³⁹

Macfarlane et al. (2000),⁴⁰ ao desenvolverem um estudo com o caranguejo terrestre, *Heloecius cordiformis*, constataram a tendência de fêmeas acumularem maiores quantidades de Cu e Zn em relação aos machos, e apontaram isto como uma função da maturidade sexual. Esta especificidade reprodutiva para as fêmeas pode explicar a diferença da concentração destes elementos entre os sexos, encontrada neste trabalho.

Quando comparadas as concentrações de elementos no quelípodo entre os sexos (Figura 4), foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) para o Cu. A maior acumulação de Cu nas fêmeas, pode ocorrer em virtude da necessidade deste elemento para a produção do vitelo dos ovos³⁶ e em decorrência das diferentes atividades metabólicas e taxas de crescimento existentes entre os sexos.^{41,42}

Tabela 3. Concentração de elementos (valores em peso seco) nas brânquias e quelípodos de machos (M) e fêmeas (F) de *U. cordatus* coletados em Curuçá, Pará

Elemento	Sexo	Concentração (µg/g)	
		quelípodos	brânquias
Cd	M	0,0025 – 0,12 (0,03 ± 0,050)	0,08 - 0,3 (0,2 ± 0,10)
	F	<0,0025 *	0,0025 - 0,2 (0,1 ± 0,081)
Cr	M	1,4 - 2,7 (2,3 ± 0,51)	4,3 - 5,4 (4,9 ± 0,42)
	F	0,9 - 4,6 (2,5 ± 1,4)	4,5 - 9,2 (6,4 ± 1,8)
Cu	M	28,9 - 42,29 (35,0 ± 4,8)	119,3 - 159,5 (141,7 ± 15)
	F	32,1 - 47,5 (42,4 ± 6,3)	143,9 - 189,9 (169,5 ± 18)
Pb	M	0,0005 - 2,3 (1,0 ± 0,91)	0,7 - 4,7 (2,3 ± 1,4)
	F	0,0005 - 3,5 (0,9 ± 1,4)	0,008 - 3,0 (1,9 ± 1,3)
Zn	M	300 - 346 (315,5 ± 17)	84,8 - 103,8 (92 ± 8,5)
	F	262,6 - 359,7 (315,8 ± 38)	90 - 128,2 (116,4 ± 15)

*Não estabelecido; Valores mínimos-máximos; (média ± desvio padrão).

Entre estruturas para um mesmo sexo

Ao se confrontar as concentrações de elementos traços entre as estruturas por sexo, as brânquias constituíram o compartimento de maior acumulação ($p < 0,05$) de Cr, Cu, e Cd para machos e fêmeas (Tabela 3). Estas concentrações podem estar associadas ao fato deste órgão, no caranguejo, ser o mais importante local para as trocas iônicas e respiratórias⁴³ e possuir alta permeabilidade e adsorção passiva de elementos traços dissolvidos.⁴⁴

O tecido muscular do quelípodo constituiu o principal sítio de acumulação de Zn ($p < 0,05$), para ambos os sexos (Figura 4), o que pode estar relacionado à atuação deste elemento no processo de contração muscular ou à presença de proteínas metaloligantes.^{45,46} Resultados similares foram encontrados para as espécies de decápodes *Portunus pelagicus*,⁴⁷ e *Callinectes sapidus*.⁴⁸ Vale ressaltar que o Zn é um elemento essencial aos caranguejos, entretanto, a níveis elevados pode ser tóxico⁴⁹ e causar a redução do consumo de oxigênio e retardo no crescimento.^{50,51}

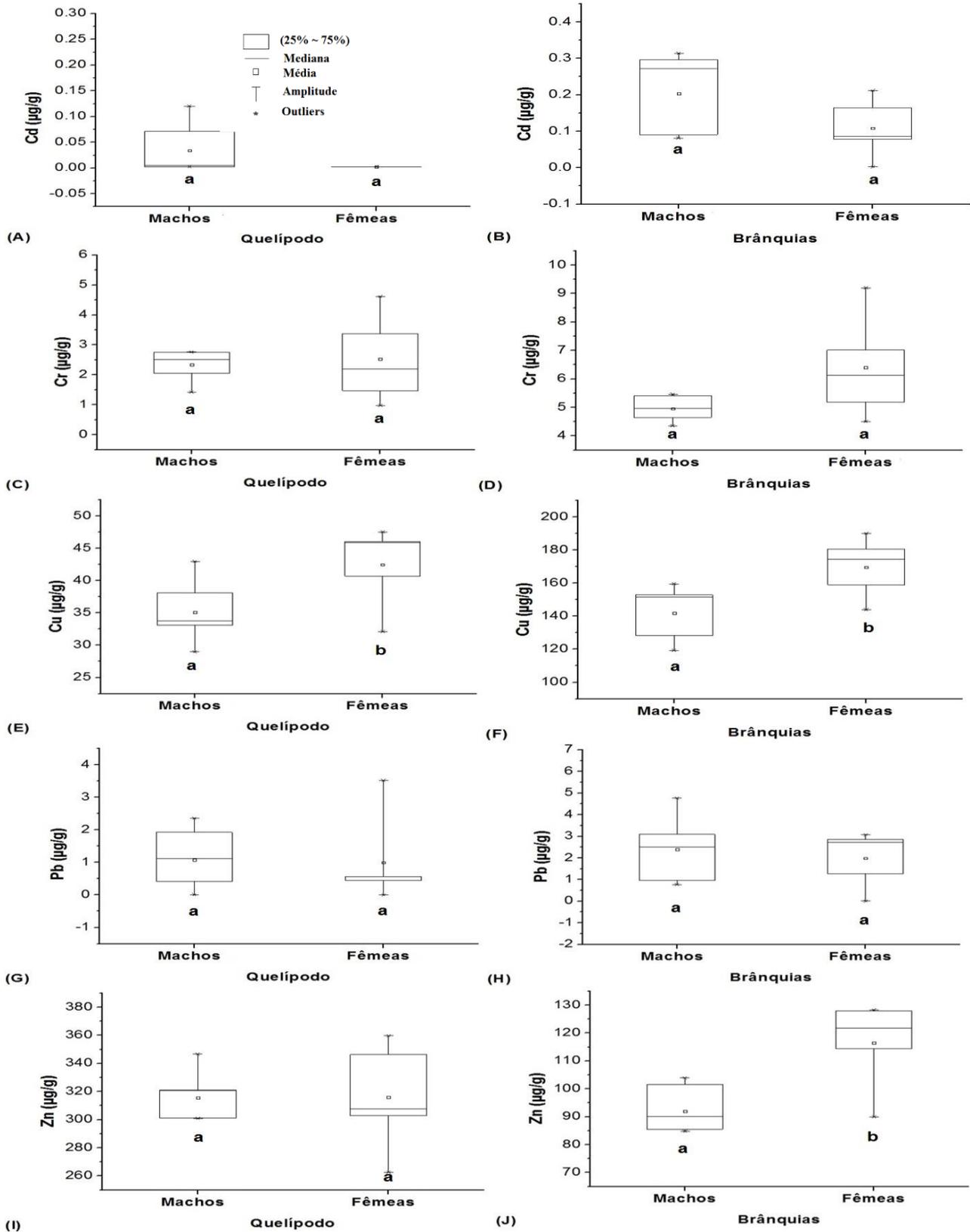


Figura 4. (A), (C), (E), (G), (I) Concentração de elementos traço (valores em peso seco) entre os sexos no quilípodos; (B), (D), (F) (H), (I) Concentração de elementos traço entre os sexos nas brânquias de *U. cordatus* coletados em Curuçá, Pará; Diferentes letras associadas com as caixas indicam diferenças estatisticamente significativas entre os sexos (testes Mann-Whitney e T-Student, 5%)

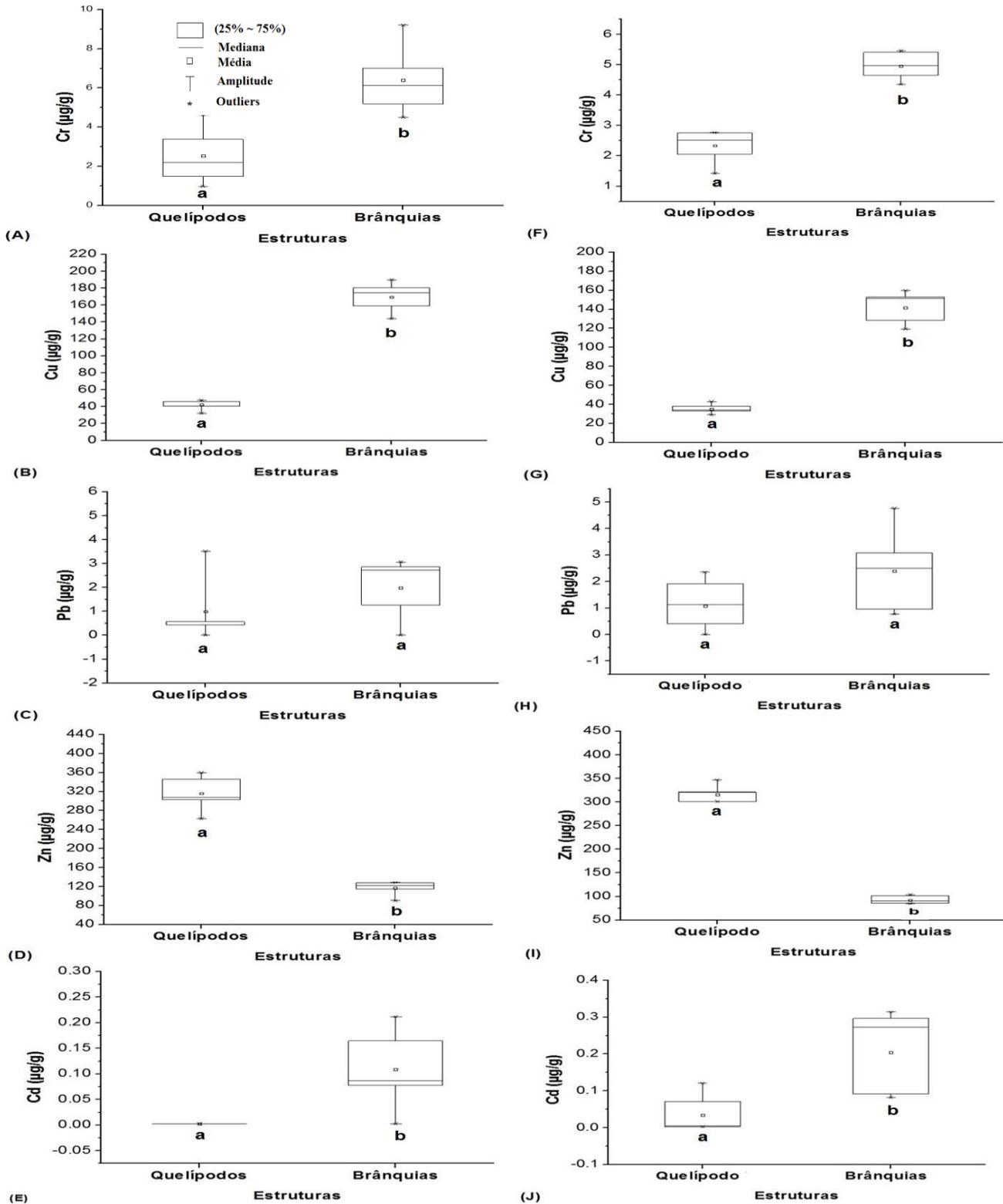


Figura 5. (A), (B), (C), (D), (E) Concentração de elementos traços (valores em peso seco) entre estruturas nas fêmeas; (F), (G) (H), (I), (J)) Concentração de elementos traços entre estruturas nos machos de *U. cordatus* coletados em Curuçá, Pará; diferentes letras associadas com as caixas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as estruturas para o mesmo sexo (testes Mann-Whitney e T-Student, 5%)

Dados biométricos

Os dados biométricos, largura cefalotorácica (LC) e comprimento cefalotorácico (CC) apresentaram variações de 45 a 81 mm e de 37 a 55 mm, respectivamente. A correlação paramétrica de Pearson para o tamanho corporal e a concentração dos elementos traços nas estruturas, evidenciaram correlações positivas entre a concentração de Cd com LC e CC ($r = 0,6053$; $r = 0,6129$) e correlações negativas para as concentrações de Cr ($r = -0.6141$; $r = -0.6272$) e Zn ($r = -0.6299$; $r = -0.6345$) para as brânquias (Tabela 4). No entanto, os coeficientes de determinação não foram representativos e não puderam ser utilizados para converter a concentração destas espécies em virtude da LC e CC.

Os elementos Cu e Pb não apresentaram qualquer tipo de correlação com os dados biométricos, resultado semelhante foi encontrado para o elemento Cu, no estudo realizado por Pinheiro et al., (2012)²⁰ com o *U. cordatus* da região de Cubatão, SP, Brasil. Mas, diferiram dos reportados por Andrade et al., (2011)²⁴ em estudo realizado com o *Callinectes ornatus* na Lagoa de Iquapará, no estado do Rio de Janeiro, (correlação negativa para o Cu e positiva para o Zn) e dos descritos por Virga et al., (2008)³⁶ que observaram uma tendência de acumulação em siris do gênero *Callinectes sp*, tendo indivíduos menores apresentado maiores concentrações de Cu, Zn, Cd, Cr e Pb.

Estas variações podem estar relacionadas às diferenças ecológicas e fisiológicas de cada organismo, ou ainda, estarem associadas às especificidades ambientais que podem afetar a biodisponibilidade destes elementos e com isto, provocar distintos padrões de bioacumulação^{52,53}.

Tabela 4. Valores do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e a concentração $\mu\text{g.g}^{-1}$ de elementos nas brânquias, LC (largura cefalotorácica em mm) e CC (comprimento cefalotorácico em mm) do *U. cordatus* de Curuçá, Pará

Elemento	Associação	r
Cd	Cd x LC	0,6053
	Cd x CC	0,6129
Cr	Cr x LC	-0,6141
	Cr x CC	-0,6272
Cu	Cu x LC	-0,3204
	Cu x CC	-0,2952
Pb	Pb x LC	-0,486
	Pb x CC	-0,5226
Zn	Zn x LC	-0,6299
	Zn x CC	-0,6345

Elementos traços nos sedimentos

Concentração e distribuição ao longo dos pontos de coleta

Com exceção ao Zn os demais elementos apresentaram maiores concentrações no P6. Este fato pode está associado a maior declividade do relevo neste ponto, o que contribui para o processo erosivo natural, ou ainda está relacionado ao tipo de sedimento e sua granulometria. A distribuição de elementos traços nos sedimentos dos pontos de coleta, ao longo das áreas de mangue de Curuçá é apresentada na Figura 6.

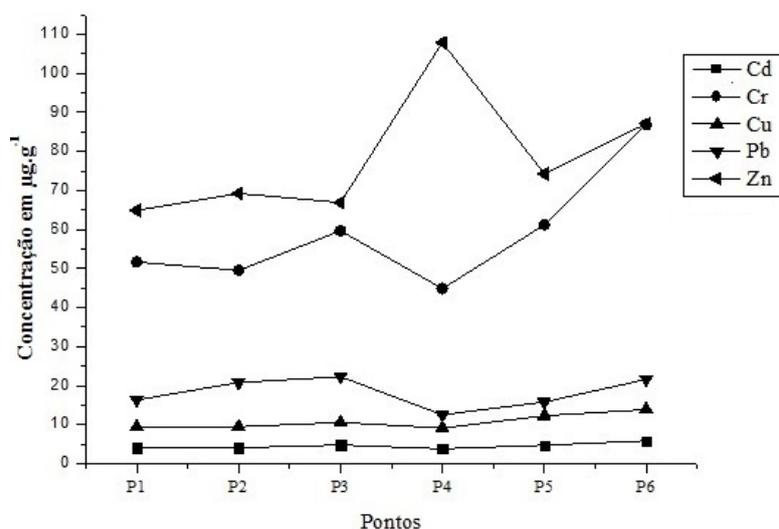


Figura 6. Distribuição de elementos traços nos sedimentos nos pontos de coleta no município de Curuçá, Pará

A análise de elementos traços nos sedimentos permite a detecção de poluentes que podem estar ausentes ou em pequenas concentrações na coluna d'água. Conhecer a distribuição destes elementos nos sedimentos costeiros fornece um registro da história espacial e temporal em uma determinada região ou ecossistema.⁵⁴

No Brasil, não há legislação específica que estabeleça limites de concentração de elementos traços nos sedimentos estuarinos. Para a verificação do impacto causado pela presença desses elementos e qualidade dos sedimentos com relação aos poluentes químicos, foi considerado o critério estabelecido pela legislação canadense⁵⁵ e adotado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

De acordo com o Conselho Canadense de Ministros do Ambiente (CCME), há dois limites e três faixas para sedimentos de águas salobras e salinas: o TEL (“nível máximo permitido”), que indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso à comunidade biológica; o PEL (“nível de efeito provável”) que é o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica e a faixa entre o TEL e o PEL representa uma possível ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica.

Na Tabela 5 encontram-se os resultados obtidos para os sedimentos dos pontos de coleta P1 à P6 bem como os níveis TEL- PEL para os elementos avaliados neste trabalho. Nota-se que as concentrações de Cd foram superiores ao TEL e ao PEL, fato que pode representar uma provável ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica. Enquanto o Cr apresentou concentração superior ao TEL e inferior ao PEL, os demais elementos apresentaram concentrações abaixo dos limites estabelecidos.

Tabela 5. Concentrações de elementos traços ($\mu\text{g.g}^{-1}$) dos sedimentos – em triplicata – das galerias do *U. cordatus* em Curuçá, Pará, e os valores de referência estabelecidos pelo Conselho Canadense de Ministros do Ambiente

Ponto	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
P1	3,9 - 4,2 (4,1 \pm 0,16)	51,4 - 51,6 (51,5 \pm 0,16)	9,0 - 9,3 (9,2 \pm 0,24)	15,9 - 19,8 (17,8 \pm 2,7)	65,0 - 65,3 (65,1 \pm 0,24)
P2	4,0 - 4,1 (4,0 \pm 0,07)	49,0 - 50,1 (49,5 \pm 0,57)	8,9 - 9,7 (9,4 \pm 0,46)	19,6 - 22,9 (20,7 \pm 1,8)	69,1 - 69,3 (69,2 \pm 0,12)
P3	4,6 - 4,9 (4,7 \pm 0,18)	58,7 - 60,5 (59,6 \pm 0,91)	10,3 - 10,7 (10,5 \pm 0,18)	21,9 - 22,5 (22,2 \pm 0,30)	66,0 - 68,1 (66,8 \pm 1,1)
P4	3,6 - 4,0 (3,7 \pm 0,20)	44,5 - 45,2 (44,8 \pm 0,36)	9,0 - 9,2 (9,1 \pm 0,12)	10,9 - 14,9 (12,5 \pm 2,1)	106,6 - 109,3 (107,8 \pm 1,3)
P5	4,7 - 4,8 (4,7 \pm 0,06)	60,3 - 61,6 (61,2 \pm 0,78)	12,1 - 12,3 (12,2 \pm 0,14)	12,7 - 17,8 (15,7 \pm 2,6)	73,3 - 75,7 (74,2 \pm 1,3)
P6	5,6 - 5,9 (5,8 \pm 0,13)	86,4 - 87,1 (86,8 \pm 0,36)	13,3 - 14,5 (13,8 \pm 0,63)	17,0 - 25,5 (21,5 \pm 4,2)	86,2 - 87,2 (87,0 \pm 0,18)
TEL	0,6	37,3	35,7	35,0	123
PEL	3,5	90,0	197	91,3	315

*Valores mínimos-máximos; (média \pm desvio padrão).

Comparação entre os pontos

A fim de comparar as concentrações de elementos traços nos sedimentos entre os pontos de coleta, foi aplicada a análise de componentes principais (PCA). Para isto, utilizou-se uma matriz 18 x 5 (18 amostras de sedimentos e 5 variáveis). A Figura 7 (A) ilustra as similaridades entre as amostras (*Scores*) e a similaridade entre as variáveis (*Loadings*) a Figura 7 (B).

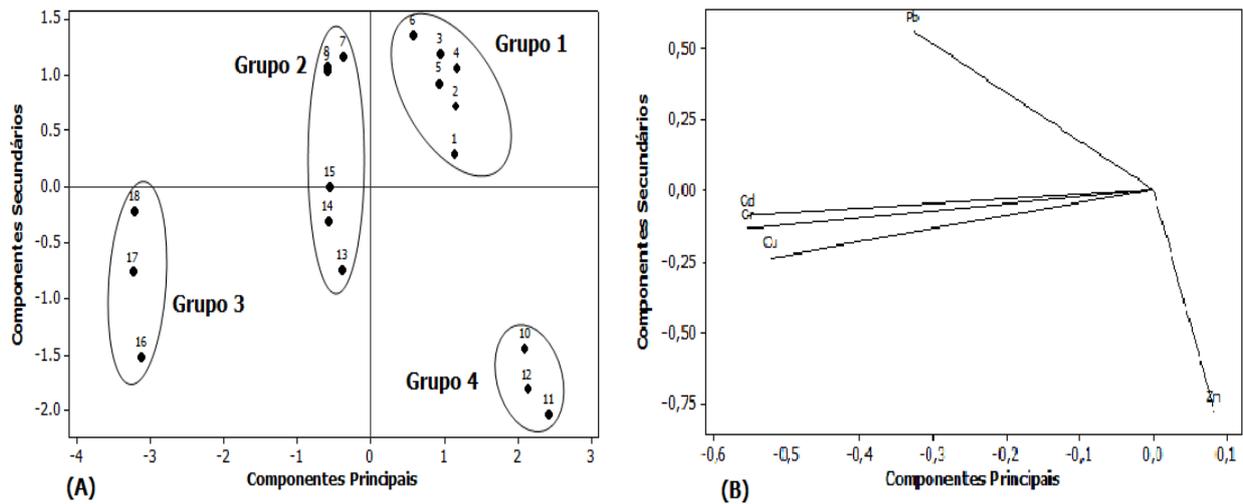


Figura 7. Gráficos dos scores (A) e loading (B) a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn nas amostras de sedimentos das galerias dos caranguejos entre os pontos de coleta (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)

A análise dos scores PC1 x PC2 (Figura 7A) mostra a separação das amostras em 4 grupos distintos (1, 2, 3 e 4). Esta separação ocorreu pela influência das variáveis estudadas, as quais estão apresentadas nos loadings (Figura 7B). As tendências de correlações observadas por meio das PCs foram confirmadas pelo dendrograma obtido pela análise hierárquica de agrupamentos (HCA) (Figura 8).

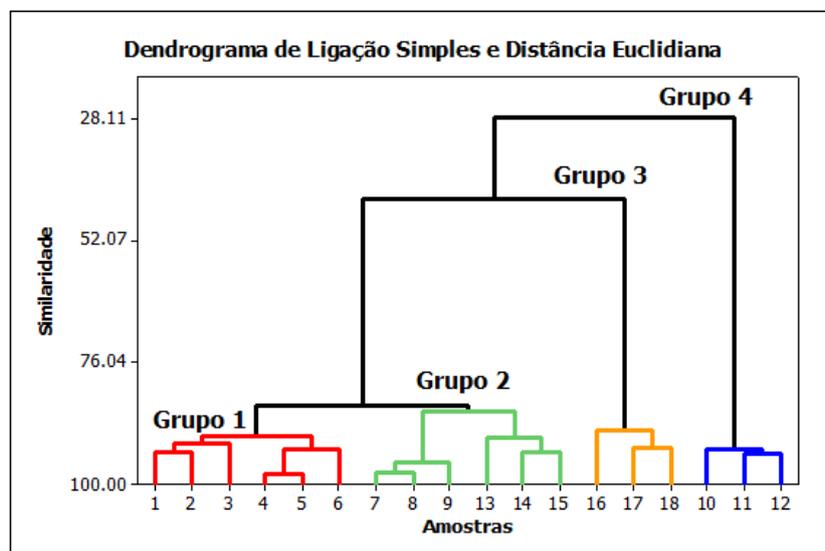


Figura 8. Dendrograma obtido para as amostras de sedimentos ($n=18$) por HCA, a partir das variáveis Cd, Cr, Cu, Pb e Zn (P1: 1, 2, 3; P2: 4, 5, 6; P3: 7, 8, 9; P4: 10, 11, 12; P5: 13, 14, 15; P6: 16, 17, 18)

A partir da análise do dendrograma, é possível observar a formação de quatro grupos (1, 2, 3 e 4), sendo que a paridade do grupo 1 (P1 e P2), pode estar relacionada as mesmas condições em que estes pontos estão sujeitos: descarte inadequado de dejetos e rejeitos. Os demais

grupos, 2, 3 e 4 são constituídos pelos pontos P3 e P5, P6 e P4 respectivamente. Esta similaridade pode ser atribuída ao fato destes pontos não possuírem alterações espaciais, relacionadas a impactos ambientais de origem antrópica.

Fator de Bioacumulação (FBA)

A capacidade de acumulação de elementos traços no caranguejo *U. cordatus* foi determinada por meio do fator de bioacumulação (FBA) conforme a equação 2, descrita por Negri et al (2006).⁵⁶

$$\text{Equação 2: FBA} = \frac{\text{Concentração de metal no compartimento corpóreo (CMCC)}}{\text{Concentração de metal no sedimento (CMS)}}$$

A bioacumulação é reconhecida quando as concentrações de elementos traços nos organismos são mais elevadas do que as concentrações no sedimento. Para isto, admiti-se que quando $\text{CMCC} \geq 1$ a bioacumulação é considerada.⁵⁷ A bioacumulação é um processo em que uma substância química é absorvida pelo organismo por todas as vias de administração, como ocorre no ambiente natural, isto é, pela ingestão de alimentos, ou por meio dos compartimentos ambientais.⁵⁸

O FBA foi calculado para os caranguejos machos, nas brânquias e quelípodo. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 6 e evidenciam a bioacumulação dos elementos Cu e Zn. Resultados semelhantes foram observados para o *Carcinus sp.*⁵⁹ Para o elemento Cu, o FBA foi maior para as brânquias, enquanto que para o Zn, a bioacumulação ocorreu somente no quelípodo. Estes resultados corroboram a tendência de bioacumulação destes elementos em órgãos específicos.

Apesar da concentração de Cu estar abaixo do TEL, os valores do FAB demonstraram que a maior fração deste elemento está em sua forma disponível. Por isto a necessidade de se empregar métodos capazes de indicar o processo de bioacumulação e não somente quantificar as concentrações de elementos traços, uma vez que baixas concentrações nos sedimentos não implicam na indisponibilidade destes, aos organismos.

Tabela 6. Fator de Bioacumulação para caranguejos machos de Curuçá, Pará

Ponto	Estrutura	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn
P1	Músculo do Quelípedo	0,000615 - 0,000615 (0,000615 ± 0)	0,02 - 0,06 (0,04 ± 0,02)	2,3 - 3,5 (3,0 ± 0,6)	0,0000314 - 0,0000314 (0,0000314 ± 0)	3,3 - 3,7 (3,6 ± 0,2)
	Brânquias	0,0005 - 0,07 (0,01 ± 0,03)	0,02 - 0,11 (0,07 ± 0,03)	10,9 - 15,6 (13,7 ± 2,4)	0,0001 - 0,38 (0,12 ± 0,21)	0,6 - 1,2 (0,9 ± 0,2)
P2	Músculo do Quelípedo	0,0006 - 0,0006 (0,0006 ± 0)	0,007 - 0,09 (0,05 ± 0,06)	3,2 - 3,7 (3,5 ± 0,3)	0,00002 - 0,11 (0,05 ± 0,07)	2,89 - 2,94 (2,92 ± 0,03)
	Brânquias	0,01 - 0,12 (0,06 ± 0,07)	0,02 - 0,19 (0,10 ± 0,11)	8,9 - 16,3 (12,6 ± 5,2)	0,21 - 0,25 (0,23 ± 0,02)	0,7 - 0,9 (0,8 ± 0,1)
P3	Músculo do Quelípedo	0,0005 - 0,07 (0,01 ± 0,03)	0,01 - 0,07 (0,04 ± 0,01)	2,8 - 4,4 (3,6 ± 0,6)	0,01 - 0,26 (0,10 ± 0,10)	2,7 - 3,4 (3,04 ± 0,33)
	Brânquias	0,0005 - 0,09 (0,03 ± 0,04)	0,02 - 0,13 (0,09 ± 0,04)	10,0 - 18,6 (14,3 ± 3,2)	0,000022 - 0,17 (0,03 ± 0,09)	0,8 - 1,0 (0,9 ± 0,1)
P4	Músculo do Quelípedo	0,0006 - 0,04 (0,001 ± 0,001)	0,015 - 0,11 (0,06 ± 0,03)	3,3 - 4,3 (3,7 ± 0,4)	0,00004 - 0,7 (0,15 ± 0,35)	1,82 - 1,96 (1,89 ± 0,05)
	Brânquias	0,0006 - 0,21 (0,08 ± 0,08)	0,02 - 0,17 (0,10 ± 0,05)	14 - 22,3 (17,5 ± 3,4)	0,00004 - 0,8 (0,18 ± 0,35)	0,39 - 0,76 (0,53 ± 0,14)
P5	Músculo do Quelípedo	0,0005 - 0,0005 (0,0005 ± 0)	0,002 - 0,03 (0,02 ± 0,01)	2,2 - 4,9 (3,4 ± 1,1)	0,00003 - 0,20 (0,04 ± 0,09)	2,71 - 3,10 (2,9 ± 0,14)
	Brânquias	0,0005 - 0,07 (0,01 ± 0,03)	0,02 - 0,11 (0,07 ± 0,03)	9,1 - 16,9 (12,4 ± 3,2)	0,000032 - 0,57 (0,20 ± 0,25)	0,6 - 1,2 (0,9 ± 0,2)
P6	Músculo do Quelípedo	0,0043 - 0,09 (0,02 ± 0,03)	0,004 - 0,4 (0,02 ± 0,01)	1,4 - 3,1 (2,3 ± 0,6)	0,00002 - 0,04 (0,01 ± 0,02)	2,23 - 2,78 (2,4 ± 0,23)
	Brânquias	0,0004 - 0,05 (0,01 ± 0,02)	0,01 - 0,08 (0,046 ± 0,02)	7,3 - 12,3 (9,7 ± 1,7)	0,00002 - 0,07 (0,04 ± 0,03)	0,6 - 1,0 (0,8 ± 0,1)

*Valores mínimos-máximos; (média ± desvio padrão).

Comparação das concentrações de elementos traços no quelípedo do *U. cordatus* com valores recomendados pelas agências de saúde

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA), e a Organização Mundial de Saúde (WHO) são organizações internacionais que regulamentam os níveis toleráveis de elementos traços e contaminantes inorgânicos nos alimentos. No Brasil, esta regulamentação é realizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Na Tabela 7 são apresentados juntamente com os valores médios obtidos neste trabalho, os valores limites recomendados pela FAO/WHO,^{60,61} ANVISA⁶² e com os intervalos de concentrações considerados como normais pela EPA.^{63,64}

Ao se comparar as concentrações médias de elementos traços nos machos e fêmeas do caranguejo *U. cordatus*, com as recomendadas pelas agências de saúde, constatou-se que as concentrações de Zn alcançaram valores acima do limite previsto.

As concentrações para os demais elementos analisados mostraram-se inferiores ao estabelecido à maior parte das Agências de Saúde (Tabela 7). Apesar de ter sido obtido um teor médio para o Cr acima do indicado pela legislação brasileira, este resultado está muito abaixo do indicado pela FAO/WHO.

Os dados de concentração obtidos em peso seco foram convertidos em peso úmido e comparados com os valores limites estabelecidos pelas agências reguladoras internacionais. Esta conversão foi feita pela divisão do valor obtido em peso seco por 5,0.

Tabela 7. Concentração média $\mu\text{g.g}^{-1}$ (peso úmido) dos elementos obtidos no músculo de machos e fêmeas de *U. cordatus* oriundos de Curucá, Pará, comparados com os limites máximos recomendados pelas organizações de saúde

Elemento	FAO / WHO	Brasil	EPA	Curucá- PA	
				Machos	Fêmeas
Cádmio	1	1	0,1 – 2,0	< 0,01	< 0,01
Cromo	12	0,1	0,1 - 0,9	0,46	0,50
Chumbo	2	2	0,1 - 0,8	0,21	0,19
Cobre	30	30	1,0 - 20,0	7,01	8,49
Zinco	50	50	10,0 - 30,0	63,10*	63,17*

*Valores acima do limite tolerável pelas agências de saúde.

Consumo de caranguejo e ingestão diária de elementos traços pela população

Tendo em vista que o caranguejo Uçá é um dos principais recursos pesqueiros explorado no município de Curuçá e é amplamente consumido como fonte de proteínas pela população paraense, este crustáceo pode atuar como uma fonte de ingestão de elementos traços. Por isso, a importância de determinar a contribuição do consumo da carne deste decapoda na ingestão diária de elementos traços.

A WHO propôs limites máximos provisórios de ingestão diária destes elementos para a população, com o objetivo de orientar os órgãos de vigilância sanitária. Os valores provisórios de ingestão diária tolerável (PTDI)⁶⁵, para os elementos analisados são apresentados na Tabela 8 e foram determinados considerando uma massa média para o corpo humano de 60 kg.

Com os resultados encontrados no músculo dos caranguejos machos listados na Tabela 7, determinou-se a ingestão média de elementos traços pela população por 100g de carne de caranguejo, os machos foram escolhidos em detrimento as fêmeas, pois o consumo destas é proibido. De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), para a obtenção de 1 kg de carne deste crustáceo, são necessários entre 25 e 30 animais⁶⁶ e se considerarmos que o consumo médio da população é em torno de 3 caranguejos, a massa correspondente será de aproximadamente 100g de carne.

Como pode ser observada, a contribuição ao PTDI em virtude do consumo da carne de caranguejo é mais dignificativa para o Cu (23% - Tabela 8) e não parece indicar riscos, uma vez que a dieta normal de adultos varia de 2000 a 5000 µg/dia de Cu.⁶⁷

Desta forma, os resultados obtidos indicam que em nível de consumo, os caranguejos do manguezal de Curuçá, na Costa de Manguezal de Macro Maré da Amazônia podem ser considerados livres de contaminação, apesar da concentração de Zn estar acima do limite recomendado pelas agências de saúde.

Tabela 8. Consumo de carne de caranguejo pela população, em relação ao valor provisório de ingestão diária tolerável (PTDI) de elementos traços, sugerida pela Organização Mundial de Saúde, para uma pessoa adulta de 60 Kg

Elemento	PTDI WHO	Ingestão média 100g ⁻¹ (peso úmido) de carne de caranguejo
Cd	60 µg/dia	1 µg/dia (1,6%)
Cr	1000 µg/dia	46 µg/dia (4,6%)
Cu	3000 µg/dia	701 µg/dia (23%)
Zn	60000 µg/dia	6310 µg/dia (10%)
Pb	210 µg/dia	21 µg/dia (10%)

Concentração média de elementos traços µg.g⁻¹ (peso úmido) no *Ucides cordatus* em diferentes regiões do Brasil

De modo geral, as concentrações de elementos traços obtidas para amostras de caranguejo de Curuçá, foram menores que as concentrações encontradas em outras regiões do Brasil (Tabela 9). Apesar de Curuçá ter fontes incipientes de poluição, apresentou maiores concentrações de Zn, Cu e Cr do que os caranguejos do Rio Grande do Norte e Cubatão- São Paulo, áreas intensamente afetadas pela poluição de lixo urbano e industrial.

No entanto, se sabe que grande parte dos solos da região é da Formação Barreiras, e são amplamente lixiviados pelo intenso intemperismo tropical, semelhante ao comportamento observado em outros solos da Amazônia⁶⁸. Com isto, se pode presumir que estas concentrações podem estar relacionadas ao *background* da região, e, portanto têm origem natural e não antrópica.

Tabela 9. Concentração média de elementos traços µg.g⁻¹ no caranguejo *U. cordatus* em diferentes pontos do Brasil

Área de estudo	Espécie	Zn	Cr	Cu	Cd	Pb
Curuçá, PA ^a	<i>U. cordatus</i>	63,10	0,46	7,01	0,01	0,21
Baía de Todos os Santos, BA ^b	<i>U. cordatus</i>	72,42	*	16,62	0,05	*
Estuário dos Rios Jundiá e Pontegi, RN ^c	<i>U. cordatus</i>	68,72	0,36	10,65	0,13	3,87
Baía de Vitória, ES ^d	<i>U. cordatus</i>	62	*	4,8	0,021	*
Cubatão, SP ^e	<i>U. cordatus</i>	*	0,25	5,31	0,10	<L.D
Baixada Santista, SP ^f	<i>U. cordatus</i>	67,0	*	11,0	<L.D	<L.D

*Não analisado; a) Presente estudo; b) Ramos⁶⁸; c) Lopes⁶⁹; d) Jesus et al.,⁷⁰; e) Pinheiro et al.,²⁰; f) Merfa⁷¹

CONCLUSÃO

O estudo forneceu informações sobre a bioacumulação de elementos traços no *U. cordatus* e demonstrou que este crustáceo pode ser utilizado como um organismo sentinela de contaminação destes compostos. Em relação ao consumo deste caranguejo, os resultados sugerem que não há riscos à saúde humana, uma vez que a contribuição do valor provisório de ingestão diária tolerável para os elementos estudados não superou 23%.

O FBA evidenciou a acumulação dos elementos Cu (nas brânquias e quelípedo) e Zn (somente no quelípedo). Sugere-se que sejam realizados estudos de ecotoxicologia e impacto genotóxico, a fim de averiguar se as concentrações destes elementos podem ser deletérias ao próprio organismo e com isto, avaliar os impactos que futuras fontes de contaminação podem promover. A análise de componentes principais demonstrou que as concentrações de elementos nos sedimentos são similares entre os pontos P1 e P2 (Grupo 1) que estão sob influência antrópica, e entre os pontos sem fontes de poluição P3 e P5 (Grupo 2). A PCA para as concentrações de elementos nos caranguejos entre os pontos apontou semelhança para 16 das 18 amostras, o que pode indicar que os elementos traços de origem antrópica estão sendo adsorvidos pelos sedimentos, mas estão indisponíveis à comunidade biológica.

As concentrações de Cd mostraram-se superiores ao TEL e ao PEL e de Cr ao TEL, no entanto, estes parâmetros não atendem às características e especificidades da região, mas, pela ausência de recomendações dos órgãos brasileiros, se usa a efeito comparativo, os valores guias canadenses. Desta forma, indica-se que sejam realizados estudos que avaliem a granulometria, a matéria orgânica, o potencial redox, os nutrientes e sulfetos nos sedimentos dos mangues de Curuçá, a fim de possibilitar melhor compreensão sobre a dinâmica de distribuição destes elementos, e com isto, estabelecer limites e parâmetros para a concentração de elementos traços nos sedimentos estuarinos da região.

Os resultados obtidos neste trabalho se referem apenas à Curuçá, um dos municípios que compõe a grande CMMA, desta forma, recomenda-se que sejam realizados estudos similares em manguezais de outros municípios da Costa, a fim de que se possa ter maior compreensão acerca dos impactos ambientais que o crescimento populacional e econômico da região poderá causar nos próximos anos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Evandro Chagas (IEC) e ao Laboratório de Toxicologia “Dr. Edilson Brabo” pela parceria na realização das análises.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

1. Pinheiro, M. A. A.; Oliveira, A. J. F. C.; Fontes, R. F. C. *Introdução ao Panorama Ambiental da Baixada Santista*. 1. ed. São Vicente: Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental do Litoral Paulista. p. 1-5, 2008.
2. Spalding, M.; Kainuma, M.; Collins, L. *World Atlas of Mangrove*. London: Earthscan Publications. 336 p, 2010.
3. Castro, A. C. L.; Correia, M. M. F.; Nascimento A. R.; Piedade Júnior, R. N., Gama L. R. M.; Sousa, M. M.; Sena, A. C. S.; Sousa, R. C. C; *Amazônia: Ci. & Desenv.* **2008**, 3, 17.
4. Melo, G. A. S. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Editora Plêiade, 1996.
5. Pinheiro, M. A. A.; Fiscarelli, A. G. *Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (Ucides cordatus)*. Itajaí, Santa Catarina: Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul - CEPSUL. 2001.
6. Nordhaus, I.; Wolff, M.; Diele, K.; *Estuar. Coast. Shelf Sci.* **2006**, 67, 239.
7. Conde, J. E.; Tognella, M. M. P.; Paes, E. T.; Soares, M. L. G.; Louro, I. A.; *Interciência* **2000**, 25, 151.
8. Guest, M. A.; Connolly, R. M.; Lee, S. Y.; Loneragan, N.R.; Breitfuss, M. J. O.; *Ecologia* **2006**, 148, 88.
9. Amouroux, J. M.; Tavares, M.; *Vie et Milieu / Life and Environment* **2005**, 55, 71.
10. Bacon, J. R.; Davidson, C. M. *Analyst* **2008**, 133, 25.
11. da Silva, G. S.; do Nascimento, A. S.; de Sousa, E. R.; Marques, E. P.; Marques, A. L. B.; Corrêa, L. B.; Silva, G. S. *Rev. Virtual Quim.*, **2014**, 6, 2.
12. Föstner, U. G.; Wittmann, G. T. W.; *Metal Pollution in the Aquatic Environmental*, Springer-Verlag: Berlin, 1981.
13. Carvalho, E. V.; Lacerda, L. D.; *Ciência e Cultura* **1992**, 44, 184.

14. Litheraty, P.; Nasser Ali, L.; Zarba, M. A.; Ali, M. A.; *Water Sci. Technol.* **1987**, 19, 781.
15. Phillips, D. J. H.; *Environ. Pollut.* **1977**, 13, 281.
16. Malins, D.; *Environ. Sci. Technol.* **1984**, 18, 705.
17. Kabata - Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants, fourth ed. RC Press/ Taylor and Francis Group, New York, 2011.
18. Cordovil, M. C. O.; Mendonça, A. G. R.; Botero, W. G.; Santos, A.; Rocha, J. C.; Mello, K.; Toppa, R. H.; Oliveira, L. C.; *Quim. Nova* **2014**, 5, 770.
19. Virga, R. H. P.; Geraldo, L. P.; Santos, F. H.; *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2007**, 27, 43.
20. Pinheiro, M. A. A.; Silva, P. P. G.; Duarte, L. F. A.; Almeida, A. A.; Zanotto F. P.; *Ecotoxicology and Environmental Safety* **2012**, 81, 114.
21. Chiba, W. A. C.; Passerini, M. D.; Tundisi, J. G.; *Braz. J. Biol.* **2011**, 71, 391.
22. Marengoni, N. G.; Klosowski, E. S.; Oliveira, K. P.; Chambo, A. P. S.; Gonçalves Junior, A. C.; *Quim. Nova* **2013**, 36, 359.
23. Urbano de Araújo, Marcos A.; Vitória de Moura, Maria F.; Borges de Carvalho, Genickson. *Acta Toxicol. Argent.* **2010**, 18, 54.
24. Andrade, S. F.; Matos, T. B.; Carvalho, C. E. V.; *Rev. Virtual Quim.* **2011**, 3, 129.
25. Pinheiro, Marcelo Antonio Amaro Manual de Apoio à Fiscalização - Caranguejo-Uçá (*Ucides cordatus*)/ Marcelo Antonio Amaro Pinheiro, Ana Gláucia Fiscarelli. - Jaboticabal: UNESP/CEPSUL, IBAMA, 2001 43. p.
26. Souza, C. B. G.; *Geografar* **2010**, 5, 83.
27. Souza Filho, P. W. M.; *Revista Brasileira de Geofísica* **2005**, 23, 427.
28. BRASIL. Decreto s/n de 13 de dezembro de 2002. Cria a Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá, no Município de Curuçá, no Estado do Pará. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 dez. 2002.
29. Pantoja, C. S.; Teles, G. C.; Pimentel, M. A. S.; *Revista Geonorte* **2012**, 3, 1105.
30. <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/curuca.pdf>, acessada em fevereiro de 2013.
31. Mantel, L.H.; Bliss, D.E. The Biology of Crustacea: Internal Anatomy and Physiological Regulation. New York: Academic Press, 1983.
32. Vinas, P.; Pardo – Martinez, M.; Hernandez – Cordoba, M.; *Journaul of Agriculture an food chemistry* **2000**, 48, 5789.

33. Bettinelli, M.; Beone, G.M.; Spezia, S.; Baffi, C.; *Anal. Chim. Acta* **2000**, 424, 289.
34. Snyder, L. R.; Kirkland, J. J.; Glajch, J. L.; **Practical HPLC method development**. 2^a ed. Wiley: New York, 1997.
35. Harris, D. C.; *Análise química quantitativa*, 7a ed., LTC: Rio de Janeiro, 2008.
36. Virga, R. H. P.; Geraldo, L. P.; *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2008**, 28, 943.
37. Rainbow, P. S.; *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **1997**, 44, 167.
38. Virga, R. H. P.; Geraldo, L. P.; Santos, F. H.; *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2007**, 27, 779.
39. Martins, C. M. G.; Barcarolli, I. F.; Menezes, E. J.; Giacomini, M. M.; Wood, C. M.; Bianchini, A.; *Aquatic Toxicology* **2011**, 101, 88.
40. Macfarlane, G. R.; Booth, D. J.; Brown, K. R.; *Aquatic Toxicology* **2000**, 50, 153.
41. Barrento, S.; Marques, A.; Teixeira, B.; Anacleto, P.; Carvalho, M. L.; Vaz -Pires, P.; Nunes, M. L.; *Journal of Food Composition and Analysis* **2009**, 22, 65.
42. Yilzmar, A. B.; Yilzmar, L. *Food Chemistry* **2007**, 101, 1664.
43. Boitel, F.; Truchot, J. P.; *Marine Biology* **1989**, 103, 495.
44. Rainbow, P. S. **The significance of trace metal concentrations in decapods**. Symposia of the Zoological Society of London v. 59, p. 291–313, 1988.
45. Bryan, G. W.; *Nature* **1967**, 213, 1043.
46. Eisler, R. **Trace metal concentrations in marine organisms**. New York: Pergamon Press, 1981, 687 p.
47. Al - Mohanna, S. Y.; Subrahmanyam, M. N. V.; *Environment International* **2001**, 27, 321.
48. Jop, K. M.; Biever, R. C.; Horberg, J. R.; Shepherd, S. P.; *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **1997**, 58, 311.
49. Phillips, D.J.H., Rainbow, P.S. **Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants**. 2 ed. London: Chapman & Hall, 1993.
50. Wu, J. P.; Chen, H. C.; *Bulletin Environmental Contamination Toxicology* **2005**, 74, 234.
51. Barbieri, E.; *Ecotoxicology* **2009**, 18, 312.
52. Ribeiro, R. F.; Vollaire, Y.; Sanches – Chardi, A. Roche, H. *Aquatic Toxicology*, **2005**, 74, 53.

53. Buratini, S. V.; Brandelli, A., 2006. **Bioacumulação, ecotoxicologia aquática, princípios e aplicações**. São Carlos: Rima. 2008.
54. Davies, O. A.; Allison M. E.; Uyi, H. S.; *African Journal of Biotechnology* **2006**, 5, 968.
55. Environment Canada *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life Summary Tables*, 1999. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca>>
56. Negri, A.; Katheryn, B.; Boyle, S.; Brinkman, D.; Webster, N.; *Environmental Pollution* **2006**, 143, 456.
57. Klavins, M.; Briede, A.; Parele, A.; Rodinov, V.; Klavina, I.; *Chemosfere*. **1998**, 15, 36.
58. Arnot, J. A.; Gobas, A. P. C.; *Environ. Rev.* **2006**, 14, 257.
59. Falusi, B. A.; Olanipekun, E. O.; *Journal of Applied Sciences & Environmental Management* **2007**, 11, 51.
60. FAO/WHO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. Food consumption and exposure assessment of chemicals. **Report of a FAO/WHO consultation**, 10-14 February. Geneva, Switzerland.1997.
61. Evaluation of certain food additives and contaminants for cadmium and methylmercury. Fifty fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, **Technical Report Series 901**. Geneva, Switzerland. 2000.
62. BRASIL, Portaria nº. 685/98. Aprova o Regulamento Técnico: “Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos” e seu Anexo: “Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos” complementa e faz algumas modificações no **Decreto Lei nº 55.871**, de 26 de março de 1965. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/>>
63. EPA. Environmental Protection Agency. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Vol. I. Fish Sampling and Analysis. EPA 823-R-93-002, U.S. Washington, D.C., 1993 In: HEINEN, J. M. *Water Quality Criteria, Uptake, Bioaccumulation, and Public Health Considerations for Chemicals of Possible Concern in West Virginia Mine Waters Used for Culture of Rainbow Trout*. 1995.: E. M. WADE, M. R. JENKINS (Eds), March 1996.
64. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Vol. II. Risk Assessment and Fish Consumption Limits. EPA 823-B-4-004, U.S. Washington, D. C., 1994. In: HEINEN, J. M. *Water Quality Criteria, Uptake, Bioaccumulation, and Public Health Considerations for Chemicals of Possible Concern in West Virginia Mine Waters Used for Culture of Rainbow Trout*.
65. Health criteria and other supporting information, v. 2, p. 2 – **Chemical and physical aspects**. Geneva, Switzerland.1996. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p2a.pdf. Acesso em: maio 2014.

66. IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Estatística da Pesca 2005 Brasil: grandes regiões e unidades da Federação. Edição IBAMA. 113 p. Brasília, 2007.
67. <http://www.ilsa.org/Brasil/Documents/19%20-%20Cobre.pdf>, acessada em agosto de 2014.
68. Berrêdo, J. F.; Costa, M. L.; Vilhena, M. P. S. P.; Santos, J. T.; Revista Brasileira de Geociências. 2008, 38, 1.
69. Ramos, M. A. V. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil, 2012.
70. Lopes, R. B. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, 2012.
71. Jesus, H.C.; Fernandes, L.F.L; Zandonade, E.; Anjos Jr., E.E.; Gonçalves, R.F.; Marques, F.C.; Reis, L.A.; Romano, C.T.; Teixeira, R.D.; Santos Sad, C.M. (2003) Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória - ES. Relatório Técnico - Projeto Facitec/PMV-ES, contrato no 4985717/2001, 40 p.
72. Merfa T. C. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil, 2010.

A REAÇÃO DE METÁTESE DE OLEFINAS: REORGANIZAÇÃO E CICLIZAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS título: todas as letras maiúsculas

José A. Benício^a, Maria C. Cavalcante^b e João D. de Almeida^{a,*} marcar com asterisco o autor que submeteu o artigo

^aAqui vai o endereço. Lembre-se de que a menor unidade usada deve ser o departamento (não citar laboratório, grupo, etc), depois instituto (se houver), depois universidade. Sempre tudo por extenso. Exemplo: Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, 87020-900 Maringá – PR, Brasil

^bCaso haja autores de outro instituto, separar os autores por endereço, como foi feito aqui. Nesse caso, aqui entra o endereço de Maria C. Cavalcante

-----*marque uma alternativa, não apague o texto em azul*-----

() Manuscrito com material suplementar

() Manuscrito sem material suplementar

-

*e-mail: insira aqui o email do autor que submeteu o artigo

THE OLEFIN METATHESIS REACTION: REORGANIZATION AND CICLIZATION OF ORGANIC COMPOUNDS título em inglês do seu manuscrito, com todas as letras maiúsculas e sem negrito

Aqui deve ser escrito o abstract do seu artigo, não se esqueça de que ele deve apresentar no máximo 200 palavras.

Keywords: keyword1; keyword2; keyword3. insira entre 3 e 5 keywords

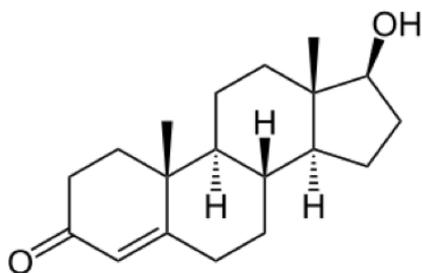
INTRODUÇÃO

Os títulos da seção são escritos com todas as letras maiúsculas e em negrito. Deve haver espaçamento antes e depois do título da seção.

Subtítulo1 subtítulo– Apenas a 1ª letra maiúscula, em negrito. Deve haver espaçamento antes e depois do subtítulo

Aqui entra o seu texto. Caso haja alguma citação a ser feita, ela deve seguir este padrão.¹ Caso queira citar um intervalo de três ou mais referências em sequência, use dessa forma.²⁻⁴ Quando forem apenas duas ou não estiverem em sequência, usar a vírgula.^{1,3,5} Repare que todas elas aparecem logo após a pontuação e não apresentam espaços.

Como pode perceber, os parágrafos não apresentam tabulações. Favor manter esse padrão durante todo o texto. Caso queira inserir uma figura, seguir o padrão como na Figura 1.



Testosterone (C₁₉H₂₈O₂)

Figura 1. *A descrição da figura deve ter esse formato. Em itálico e sem ponto final*

Todas as figuras devem ser incluídas no texto, logo após serem citadas pela primeira vez. Tabelas também são indicadas como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Siga esse padrão. O título em negrito e a descrição do título sem negrito ou itálico.
Não colocar ponto final

Ao final do rodapé das tabelas: deve ter ponto final.

Deve haver espaço entre número e unidade (por exemplo, 1 h) e as unidades devem ser abreviadas.

Termos ou expressões em inglês ou em latim – em itálico

Subtítulo2

Sub-subtítulo *Sub-subtítulo de seção só a 1^a em maiúscula e em itálico. Deve haver espaçamento apenas antes do sub-subtítulo.*

As figuras (incluindo gráficos, esquemas, etc) deverão ser em número máximo de 7 figuras e ter qualidade gráfica adequada (usar somente fundo branco). Para número maior, utilizar o Material Suplementar. A resolução mínima é de 300 dpi. No caso particular de esquemas contendo estruturas químicas, estas deverão ter sempre a mesma dimensão, para que possam ser reduzidas uniformemente, além de boa qualidade gráfica

Outro subtítulo do trabalho

Outro sub-subtítulo do trabalho

PARTE EXPERIMENTAL

Primeiro subtítulo da parte experimental

Primeiro sub-subtítulo da parte experimental

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiro subtítulo dos resultados e discussão

Primeiro sub-subtítulo dos resultados e discussão

CONCLUSÃO

MATERIAL SUPLEMENTAR

Quando houver material suplementar, ele deve ser indicado aqui, com a descrição do material, similar a: Algumas imagens dos sistemas utilizados neste trabalho estão disponíveis em <http://quimicanova.sbq.org.br>, na forma de arquivo PDF, com acesso livre.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos vão aqui. Caso queira agradecer a uma pessoa, apenas o último sobrenome deve ser por extenso, por exemplo A. B. Cardoso.

REFERÊNCIAS

Artigo:

1. Tavares, L. C.; *Quim. Nova* **2004**, 27, 631.

Artigo de uma revista de difícil acesso – deve-se citar o número de Chemical Abstract

2. Provstyanoi, M. V.; Logachev, E. V.; Kochergin, P. M.; Beilis, Y. I.; *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved.; Khim. Khim. Tekhnol.* **1976**, 19, 708. (CA 85:78051s).

Artigo com número de DOI, mas sem a referência completa:

3. Vidotti, M.; Silva, M. R.; Salvador, R. P.; de Torresi, S. I. C.; Dall'Antonia, L. H.; *Electrochimica Acta* (2007), doi:10.1016/j.electacta.2007.11.029.

Patentes - na medida do possível o número do Chemical Abstracts deve ser informado entre parênteses:

4. Hashiba, I.; Ando, Y.; Kawakami, I.; Sakota, R.; Nagano, K.; Mori, T.; *Jpn. Kokai Tokkyo Koho 79 73,771 1979*. (CA 91:P193174v)

5. Kadin, S.B.; *US pat. 4,730,004 1988*. (CA 110:P23729y)

6. Eberlin, M. N.; Mendes, M. A.; Sparrapan, R.; Kotiaho, T. *Br PI 9.604.468-3, 1999*.

Livro com editor(es):

7. Regitz, M. Em *Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry*; Regitz, M.; Scherer, O. J., eds.; Georg Thieme Verlag: Stuttgart, 1990, cap. 2.

Livro sem editor(es):

8. Cotton, F. A.; Wilkinson, G.; *Advanced Inorganic Chemistry*, 5th ed., Wiley: New York, 1988.

Programas de computação (*Softwares*):

9. Sheldrick, G. M.; *SHELXL-93; Program for Crystal Structure Refinement*; Universidade de Göttingen, Alemanha, 1993.

Teses e dissertações:

10. Velandia, J. R.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, 1997.

Material apresentado em Congressos:

11. Ferreira, A. B; Brito, S. L.; *Resumos da 20a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1998.

Páginas de Internet:

12. <http://www.sbq.org.br/jbcs>, acessada em Junho 2001.

Material não publicado:

Para material aceito para publicação: Magalhães, U. H.; *J. Braz. Chem. Soc.*, no prelo.

Para material submetido mas ainda não aceito: Magalhães, U. H.; *J. Braz. Chem. Soc.*, submetido. Para trabalho não publicado ou comunicação pessoal: Magalhães, U. H.; trabalho não publicado ou Magalhães, U. H., comunicação pessoal. Os resultados não publicados só poderão ser citados com a permissão explícita das pessoas envolvidas na sua obtenção.

P.S.: os títulos dos periódicos devem ser abreviados. Antes da submissão do trabalho, por favor, confira se as abreviaturas estão corretas no website: <http://cassi.cas.org>. Caso a abreviatura autorizada de uma determinada revista não puder ser localizada com a ferramenta CASSI, deve-se citar o título completo.

Se a referência for livro, lembre-se de que é necessário indicar editora, cidade e ano de publicação.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Caso seu manuscrito contenha material suplementar, escreva aqui, após as referências, o texto e também insira as figuras, tabelas e esquemas. Não esqueça que as legendas das figuras e títulos das tabelas se diferenciam das do texto principal por conter a letra S. Por exemplo:

Tabela 1S. Siga esse padrão. O título em negrito e a descrição do título sem negrito ou itálico.

Não colocar ponto final

Ao final do rodapé das tabelas: deve ter ponto final.

Exemplo de figura:

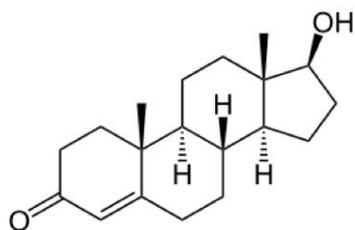
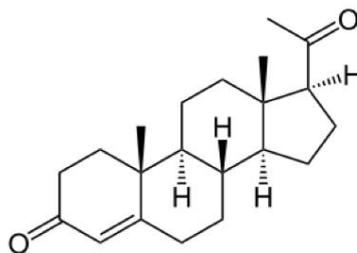
Testosterone (C₁₉H₂₈O₂)Progesterone (C₂₁H₃₀O₂)

Figura 1S. *A descrição da figura deve ter esse formato. Em itálico e sem ponto final*

Atenção: As figuras e tabelas devem ser inseridas no texto, como indicado neste template, mas também devem ser inseridos os arquivos originais separadamente na plataforma ScholarOne. Todas as figuras devem ter alta resolução. Figuras em baixa resolução causam atrasos na publicação de seu trabalho. Para mais detalhes, consultar as “Instruções para Autores” em nosso website.



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 48363-1	Data da Emissão: 18/12/2015 08:53	Data para Revalidação*: 14/01/2017
* De acordo com o art. 28 da IN 032/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Rhina Mariah da Silva e Silva	
Título do Projeto: AVALIAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS NO CARANGUEJO UCIDES CORDATUS E SEDIMENTOS DAS GALERIAS E EM ESTÁGIOS FOLIARES DA RHIZOPHORA MANGLE	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ UEPÁ	CNPJ: 34.860.833/0001-44

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Contato com a área	12/2015	12/2015
2	Escolha dos pontos de coleta	12/2015	12/2015
3	Coleta dos caranguejos e folhas	12/2015	12/2015

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo deverão ser realizadas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, sendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes de cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidas por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia. Esta autorização NÃO tem prazo de validade.
2	Como do conhecimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), de unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, possessor ou monitor de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para as fins previstas na Instrução Normativa ICMBio nº 032/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	Para obtenção de permissão para exportação de material biológico de origem vegetal deverá ser requerida por meio do sistema eletrônico www.bras.gov.br (Sistema Unificado - Licença para Importação ou Exportação de Flora e Fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros de sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar estorpo de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condições in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação de legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falta de descrição de informações relevantes que subsidiarem a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento de legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Vais maiores informações em www.mma.gov.br/mma .
8	Para obter o parecer do Instituto de Conservação de Biodiversidade (ICBIO) desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de obter o parecer AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		PA	RESERVA EXTRATIVISTA MAJ GRANDE DE CURUÇA	UC Federal

Atividades X Taxons

#	Atividade	Taxons
1	Captura de animais silvestres in situ	Urochela
2	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Urochela
3	Coleta/transporte de espécimes de fauna silvestre in situ	Urochela (Cód. 30)
4	Coleta/transporte de material botânico, fungico ou microbiológico	Plantas

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 032/2014. Abrevie do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 81473453





Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais

