

VARIAÇÃO SAZONAL DE METAIS PESADOS EM
SIRI AZUL (*CALLINECTES BOCOURTI* A. Milne
Edwards, 1879) DA LAGOA DE MUNDAÚ, MACEIÓ
(AL).

DANIELI FLAVIA ROSSI

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2009

VARIAÇÃO SAZONAL DE METAIS PESADOS EM
SIRI AZUL (*CALLINECTES BOCOURTI* A. Milne
Edwards, 1879) DA LAGOA DE MUNDAÚ, MACEIÓ
(AL).

DANIELI FLAVIA ROSSI

“Monografia apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biociências da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas - Ênfase em Ciências
Ambientais”.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2009

VARIAÇÃO SAZONAL DE METAIS PESADOS EM
SIRI AZUL (*CALLINECTES BOCOURTI* A. Milne
Edwards, 1879) DA LAGOA DE MUNDAÚ, MACEIÓ
(AL).

Danieli Flavia Rossi

“Monografia apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas com Ênfase em Ciências Ambientais”.

Aprovada em de ____/____/2009.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Angela Pierre Vitória (LCA - UENF)

Leonardo Bernardo Campaneli da Silva – (Msc. Biólogo INEA)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho (LCA – UENF) (Orientador)

“Dedico aos meus pais Domingos e Maria José”

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento e conclusão deste trabalho só foram possíveis graças a pessoas que participaram em maior ou em menor grau em minha vida, mas que sem dúvida, de alguma maneira tornaram essa minha conquista possível.

Primeiramente agradeço a Deus por ter me permitido e conduzido este momento em minha vida.

A UENF pela oportunidade de realização do curso.

Agradeço o apoio financeiro recebido pelo CNPq/BMBF dentro do Projeto POLCAMAR (CNPq proc.nº 590002/2005-8) Coordenado pelo Prof. Dr. Bastiaan Adriaan Knoppers e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Transferência de Materiais Continente-Oceano (CNPq Proc.:573.601/2008-9), coordenado pelo Prof. Dr. Luiz Drude de Lacerda.

Ao LCA, pelo espaço físico e uso de equipamentos para a elaboração deste trabalho. Em especial aos professores que me transmitiram seus conhecimentos e contribuíram desta forma para o meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Veiga de Carvalho pelos ensinamentos, paciência, compreensão e orientação durante parte da minha graduação.

Aos meus pais Domingos e Maria José pelo incentivo, amor, estímulo e dedicação em todos os momentos da minha vida.

As minhas irmãs Drieli e Dayani que sempre estiveram ao meu lado, me incentivando, principalmente nos momentos mais difíceis.

A toda minha família que mesmo de longe sempre deram muita força para que esse momento se realizasse.

As minhas amigas que carregarei pra sempre na memória e no coração: Aline, Thaís Schwartz, Paula, Emylli, Verônica, Iara, Thaís Rigueti, Ivy, Júlia e Juliana e por terem compartilhado comigo durante esses anos os momentos mais intensos, sejam eles de tristeza, alegria ou desespero.

Aos eternos amigos que se tornaram minha família durante esses anos: Luiz Thiago, Sávio, Germana, Geovana, Leandro, Geisa e Flávia que me proporcionaram os momentos de maior alegria durante essa caminhada.

Aos secretários da direção do CCH, Solange, Rachel e Luiz Alberto pela imensa compreensão, apoio e descontração durante esses anos.

Aos técnicos Geovana, Diogo, e Amanda pelos ensinamentos, orientação, amizade e pela ajuda sempre que necessitei.

A professora Angela e ao Léo por terem contribuído com muitos ensinamentos durante parte da graduação, além de terem aceitado fazer parte da minha banca.

A professora Cristal por ter aceitado ser a representante do meu professor orientador na banca e também pelo apoio durante essa reta final.

Este trabalho é fonte do esforço de todos vocês, portanto muito obrigada a todos.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1) APRESENTAÇÃO.....	1
2) INTRODUÇÃO.....	1
2.1) Metais pesados.....	1
2.2) Principais fontes de metais pesados	2
2.3) Contaminação de águas costeiras por metais pesados.....	2
2.4) Importância no estudo de metais pesados.....	3
2.5) A espécie <i>Callinectes bocourti</i>	4
3) JUSTIFICATIVA.....	5
4) OBJETIVOS.....	6
4.1) Principal.....	6
4.2) Específicos.....	6
5) MATERIAL E MÉTODOS.....	6
5.1) Área de estudo.....	6
5.2) Coleta do material.....	8
5.3) Determinação de metais.....	9
5.4) Análise estatística.....	10
6) RESULTADOS.....	11
6.1) Variação temporal dos parâmetros biológicos.....	11
6.2) Variação temporal da concentração de metais pesados em tecidos de <i>Callinectes bocourti</i>	11
6.3) Comprimento da carapaça e concentração de metais.....	15
6.3.1) Concentração de Cu.....	15
6.3.2) Concentração de Zn.....	16
6.4) Distribuição de metais em <i>Callinectes bocourti</i>	17
6.4.1) Concentração de Cu.....	17
6.4.2) Concentração de Zn.....	18
7) DISCUSSÃO.....	19

8) CONCLUSÕES.....	24
9) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Callinectes bocourti</i> (Danieli Flavia Rossi, 2009).....	5
Figura 2: O CELMM/AL, em destaque a lagoa de Mundaú.....	7
Figura 3: Precipitação pluviométrica de Maceió em 2007 e 2008. Fonte: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Governo do Estado de Alagoas.	8
Figura 4: Concentrações médias de Cu em relação aos meses de coleta.....	14
Figura 5: Concentrações médias de Zn em relação aos meses de coleta.....	14
Figura 6: Correlação entre o comprimento da carapaça e a concentração de cobre no músculo no mês de setembro/07 (A), no músculo no mês de fevereiro/08 (B), na víscera no mês de setembro/07 (C) e na víscera no mês de fevereiro/08 (D).....	15
Figura 7: Correlação entre o comprimento da carapaça e a concentração de zinco no músculo no mês de setembro/07 (A), no músculo no mês de fevereiro/08 (B), na víscera no mês de setembro/07 (C) e na víscera no mês de fevereiro/08 (D).....	16
Figura 8: Concentrações de cobre em diferentes tecidos de <i>C. bocourti</i> em setembro/07.....	20
Figura 9: Concentrações de cobre em diferentes tecidos de <i>C. bocourti</i> em fevereiro/08.....	21
Figura 10: Concentrações de zinco em diferentes tecidos de <i>C. bocourti</i> em setembro/07.....	22
Figura 11: Concentrações de zinco em diferentes tecidos de <i>C. bocourti</i> em fevereiro/08.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de indivíduos machos e fêmeas coletados nos dois períodos amostrados.....	9
Tabela 2: Limite de detecção para cada metal.	10
Tabela 3: Sexo, comprimento da carapaça e concentrações de Cu e Zn nos tecidos de <i>C. bocourti</i> em fevereiro/08.....	12
Tabela 4: Sexo, comprimento da carapaça e concentrações de Cu e Zn nos tecidos de <i>C. bocourti</i> em setembro/07.....	13
Tabela 5: Quadro comparativo das concentrações dos metais Cu e Zn (peso úmido) em diferentes espécies de crustáceos.....	23

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo determinar as concentrações de Zn, Cu, Ni, Cd, Cr e Pb no siri *Callinectes bocourti* como indicativo de contaminação ambiental por metais pesados na lagoa de Mundaú em Maceió (AL). Dentre os metais analisados Cr, Ni, Cd e Pb ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado, sendo consideradas apenas as concentrações de Cu e Zn. As amostras foram coletadas nos meses de setembro/2007 (estação chuvosa) e fevereiro/2008 (estação seca). Foram analisados duas partes do siri, o músculo e a víscera. Alíquotas de 1,0 g de tecido foram submetidas à extração ácida visando à determinação dos metais pesados. O mês de setembro apresentou os maiores valores de Cu tanto para músculo, quanto para víscera (13,2 e 9,8 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente). Porém, as concentrações de Zn foram maiores no mês de fevereiro em ambos os tecidos (45,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em músculo e 96,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em víscera). Comparando os dois metais analisados, Zn apresentou maiores valores em ambos os tecidos e ambos os meses, sendo a maior média ocorrendo na víscera no mês de fevereiro (57,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e a menor encontrada no músculo no mês de setembro (28,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Para o Cu, a maior média atingida foi no mês de setembro no tecido muscular (5,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e a menor média ocorreu também no músculo, no mês de fevereiro (3,9 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Testes foram feitos para verificar se as diferenças da concentração dos metais entre os tecidos do siri nos mesmos meses de coleta são relevantes. Notou-se que para Zn existe variação significativa nos dois meses de coleta, porém para Cu a diferença foi não significativa entre os tecidos em ambos os meses. Nenhum dos metais analisados em nenhum dos tecidos apresentou concentrações acima do máximo permitido para consumo humano, conforme estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA.

Palavras-chave: Metais pesados, *Callinectes bocourti*, Cu, Zn, lagoa de Mundaú.

ABSTRACT

The main objective of the present study was to evaluate the environmental contamination by heavy metals through Zn, Cu, Ni, Cd, Cr and Pb determination in siri (*Callinectes bocourti*) collected at Mundaú pond, at Maceió (AL). Among metals analyzed Cr, Ni, Cd and Pb were below the detection limit, considering just Cu and Zn. The samples of the present study were collected in September 2007 (rainy season) and February 2008 (dry season). Two shares analyzed, the muscle and the viscus. 1,0 g of tissue were submitted to the acid extraction to determinate the heavy metals concentrations. The highest Cu average was in September as to the muscle, as to the viscus (13,2 e 9,8 $\mu\text{g.g}^{-1}$, respectively). However, the concentrations of Zn were bigger at the month of February in both of tissues (45,7 $\mu\text{g.g}^{-1}$ at the muscle and 96,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$ at viscus). Comparing the two metals analyzed, Zn has presented bigger values in both tissues and in both of months, the bigger happening at the viscus at February (57,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$) and the smaller happening at muscle at September (28,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$). To the Cu, the largest reached average was at September at muscle (5,1 $\mu\text{g.g}^{-1}$) and the smallest average happened at muscle at February (3,9 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Tests were made to verify if the differences in the concentration of metals among the issues of the crab, at same months, were relevant. It was noticed that to Zn there is a significant variation at the two months of collection, however, to Cu the difference wasn't significant among the issues at both months. None of the metals tested at none tissues had concentrations above the maximum allowed for human consumption, as established by the National Agency for Sanitary Surveillance - ANVISA.

Key – words : heavy metals, *Callinectes bocourti*, Cu, Zn, Mundaú pond.

1) APRESENTAÇÃO

O presente estudo faz parte do Acordo Bilateral de Cooperação Internacional em Ciências do Mar entre o Brasil e a Alemanha dentro do projeto intitulado “O Impacto de Poluentes na Monocultura de Cana de Açúcar em Estuários e Águas Costeiras do NE-E do Brasil: Transporte, Destino e Estratégias de Gerenciamento Sustentável” Sob a coordenação geral dos professores Dr. Bastiaan Adriaan Knoppers (Geoquímica, UFF) e Dr. Wolfgang Baltzer (Universidade de Bremen) e financiamento do CNPq (Processo nº 590002/2005-8) e do BMBF.

2) INTRODUÇÃO

2.1) Metais pesados

Os metais pesados são elementos que ocorrem naturalmente no ambiente. A definição mais comum para esses metais é a de que esses elementos possuem densidade maior que $5,0 \text{ g/cm}^3$, isto é, gravidade específica maior que cinco. Podem ser definidos também como elementos químicos que apresentam número atômico superior a 22, ou pela singular propriedade de serem precipitados por sulfetos (Porto, 2009). Outras características determinadas de metais são, por exemplo, por apresentar aparência brilhante, por normalmente participarem de reações químicas com íons positivos e por serem bons condutores de eletricidade (Walker *et al.*, 1996).

Alguns metais pesados são elementos químicos denominados elementos traço indispensáveis à vida animal (Pereira *et al.*, 2002). Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, incluindo cobalto, cobre, manganês, molibdênio e zinco, para a realização de funções vitais no organismo. Porém, níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos. Outros metais pesados, como mercúrio, chumbo e cádmio, não possuem nenhuma função dentro dos organismos e sua acumulação pode provocar graves doenças. Todos esses elementos quando lançados como resíduos industriais, na água, no solo ou no ar, podem ser absorvidos pelos vegetais e animais das

proximidades, provocando graves intoxicações ao longo da cadeia alimentar (Campos *et al.*, 2009).

De acordo com Jesus *et al.*, (2004) uma das grandes preocupações ecológicas atuais refere-se ao impacto ambiental causado pela liberação antrópica de metais pesados nos diversos ambientes naturais e, de maior importância, naqueles de maior interação com populações humanas.

2.2) Principais fontes de metais pesados

Os metais pesados são componentes da biosfera, que ocorrem naturalmente tendo sua origem através dos processos de intemperismo das rochas, erosão dos solos, vulcões e fontes termais. As principais fontes de metais pesados para o ecossistema aquático são: efluentes urbanos, queima de combustíveis fósseis, rejeitos de indústrias metalúrgicas e fertilizantes (Forstner & Wittmann, 1983).

Diversas fontes colaboram com o enriquecimento da atmosfera com estes elementos traço que, por precipitação, chegam aos ecossistemas aquáticos. Dentre estas fontes destacam-se o spray marinho, queimadas, poeira e, principalmente as emissões industriais diretamente introduzidas na atmosfera. Portanto, as contribuições antrópicas apresentam cada vez mais papéis significativos e muitas vezes superiores às contribuições naturais, como encontrado em regiões industrializadas (Esteves, 1998).

O MPS (material particulado em suspensão) é o principal suporte geoquímico no transporte dos metais na água. Em seguida, estes são depositados novamente em sedimentos do fundo, importantes reservatórios desses elementos para contaminação da coluna d'água e da biota (Amado Filho *et al.*, 1999 *apud* Santos *et al.*, 2006).

2.3) Contaminação de águas costeiras por metais pesados

A importância da preservação dos corpos hídricos tem levado à necessidade de monitorar e controlar a contaminação destes ambientes, e os metais pesados estão entre os contaminantes mais tóxicos e persistentes do ambiente aquático.

Visto que os organismos aquáticos tendem a acumular metais pesados e contaminantes orgânicos em seus tecidos, mesmo quando a água possui níveis desses compostos abaixo da concentração máxima tolerada pela legislação, há grandes riscos de contaminação dentro da cadeia trófica (Campos *et al.*, 2002).

A bioacumulação e biomagnificação são problemas que resultam da introdução de metais pesados em ecossistemas aquáticos. De acordo com Markert (1998) a bioacumulação inclui todas as rotas de exposição ao contaminante, e a biomagnificação, é o processo em que é aumentada a concentração de contaminantes nos tecidos à medida que se avança nos níveis tróficos, o que faz com que as concentrações de metais nos seres vivos se tornem altamente tóxicas.

Os organismos marinhos podem ser considerados como grandes responsáveis pela dinâmica dos metais no ambiente aquático, tendo em vista sua capacidade de acumular níveis superiores de metais-traço do que aqueles usualmente encontrados na água (Bernhard e Andreae, 1984). As vias principais para entrada dos metais nos organismos marinhos são: via direta, através das brânquias e da pele e indireta, através da alimentação, via trato gastrointestinal (Vazquez, 2005).

2.4) Importância do estudo de metais pesados

A industrialização e a urbanização em áreas litorâneas têm contribuído para a contaminação e a degradação de ambientes estuarinos, colocando em risco o equilíbrio de importantes ecossistemas, a exemplo dos manguezais (Luiz-Silva *et al.*, 2006), que é um dos ecossistemas costeiros de grande importância para a população pesqueira de regiões tropicais e subtropicais (Jesus *et al.*, 2003).

Os metais pesados são considerados poluentes conservativos que acabam sendo ameaças para o manguezal quando ocorre o seu acúmulo por um longo período de tempo. Logo, esses metais adsorvidos aos sedimentos ou acumulados nos organismos bentônicos, podem estar em níveis altos sendo tóxicos para a população que os consomem (Onofre *et al.*, 2007).

2.5) A espécie *Callinectes bocourti*

Este estudo foi realizado com a espécie *Callinectes bocourti*, conhecido como siri-azul (Figura 1).

De acordo com Buckup e Bond-Buckup (1999), o siri azul apresenta a seguinte classificação zoológica:

Reino ANIMALIA

Filo CRUSTACEA

Classe MALACOSTRACA Latreille, 1806

Subclasse EUMALACOSTRACA Grobben, 1892

Superordem EUCARIDA Calman, 1904

Ordem DECAPODA Latreille, 1803

Subordem PLEOCYEMATA Burkenroad 1963

Infraordem BRACHYURA Latreille, 1803

Seção BRACHYRHINCHA Borradaile, 1907

Superfamília PORTUNOIDEAE Rafinesque, 1815

Família PORTUNIDAE Rafinesque, 1815

Gênero *Callinectes* ssp.

Espécie *Callinectes bocourti* A. Milne Edwards, 1879

A espécie *C. bocourti* é mais frequentemente encontrada em águas rasas de estuário e bocas de rio, suportando águas pouco salinas e até poluídas. Podem ocorrer também em fundos de areia, lama conchas ou rochas (Mello, 1996 *apud* Virga, 2006).

Em relação à estrutura do corpo, o gênero *Callinectes* ssp. possui o último par de pernas ambulatórias em forma de remo (adaptadas à natação) e uma série de dentes na margem ântero – lateral da carapaça, são também caracterizados por possuírem carapaça ovalada, achatada dorso-ventralmente (Hickman *et al.*, 2004).



Figura 1: *Callinectes bocourti* (Danieli Flavia Rossi, 2009)

A captura dirigida aos siris na região Nordeste do Brasil ocorre de forma bastante artesanal, utilizando-se embarcações não-motorizadas e com aparelhos de pesca dos tipos puçá, rede-de-arrasto e rede-de-espera. Na pesca motorizada, os siris são capturados como fauna acompanhante, principalmente, na pesca do camarão (Coelho & Santos, 2004). Os siris do gênero *Callinectes* são um dos recursos que tem ampla aceitação no mercado regional do Nordeste. A espécie, em função disso, é muito explorada na pesca artesanal em vários locais, constituindo-se num importante produto para a economia da região (Barreto *et al.*, 2006).

3. JUSTIFICATIVA

A presença de concentrações elevadas dos elementos considerados nesse trabalho no organismo em questão pode comprometer a integridade ambiental do ecossistema, oferecendo um potencial risco de contaminação, já que este é

consumido pela população humana da região. Dessa forma, um estudo da contaminação desses animais torna-se importante para a região, tanto do ponto de vista ambiental como da saúde pública.

4. OBJETIVOS

4.1) Principal

Determinar variação sazonal (estação seca X estação chuvosa) da concentração de metais pesados (Cr, Cd, Zn, Cu, Pb e Ni) em indivíduos de *Callinectes bocourti* da lagoa de Mundaú (Maceió, AL).

4.2) Específicos

Correlacionar as variáveis biológicas da espécie com as concentrações de metais pesados na área de coleta (Mundaú-AL).

Determinar as concentrações de metais pesados em tecido muscular e na víscera de *C. bocourti* em dois períodos de coleta (período chuvoso e seco).

Avaliar se as concentrações de metais pesados oferecem risco para a população baseadas nas concentrações máximas permitidas pela ANVISA.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1) Área de estudo

O estudo foi realizado na Lagoa de Mundaú, que possui uma área de 23.122 Km², que está integrada no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM/AL). Estas lagoas são interligadas por uma série de canais que convergem para uma única desembocadura (Calado & Sousa, 2002). Este Complexo lagunar possui aproximadamente 50 km² e encontra-se entre as coordenadas geográficas de 35°42'30" – 35°57'30" W e 9°35'00" – 9°45'00" S (figura 2).

A lagoa de Mundaú (ou do Norte) situa-se no extremo leste do Estado e na parte litoral de Alagoas, a oeste da cidade de Maceió (Araújo & Calado, 2008),

onde banha cinco municípios (Maceió, Coqueiro Seco, Marechal Deodoro, Pilar e Santa Luzia do Norte). Seu principal fornecedor de água é o Rio Mundaú.

O clima da região é tropical (Alagoas, 1980), onde se observa duas estações bem definidas. A estação chuvosa se estende dos meses de março a agosto, sendo o período mais intenso de chuvas entre maio e julho. Já a estiagem ocorre entre os meses de setembro e fevereiro (Eskinazi-Leça, 1976). O regime pluviométrico sazonal é caracterizado por outono-inverno chuvoso e verão seco com raras precipitações (figura 3), típico de regiões de baixa latitude (Alagoas, 1980).

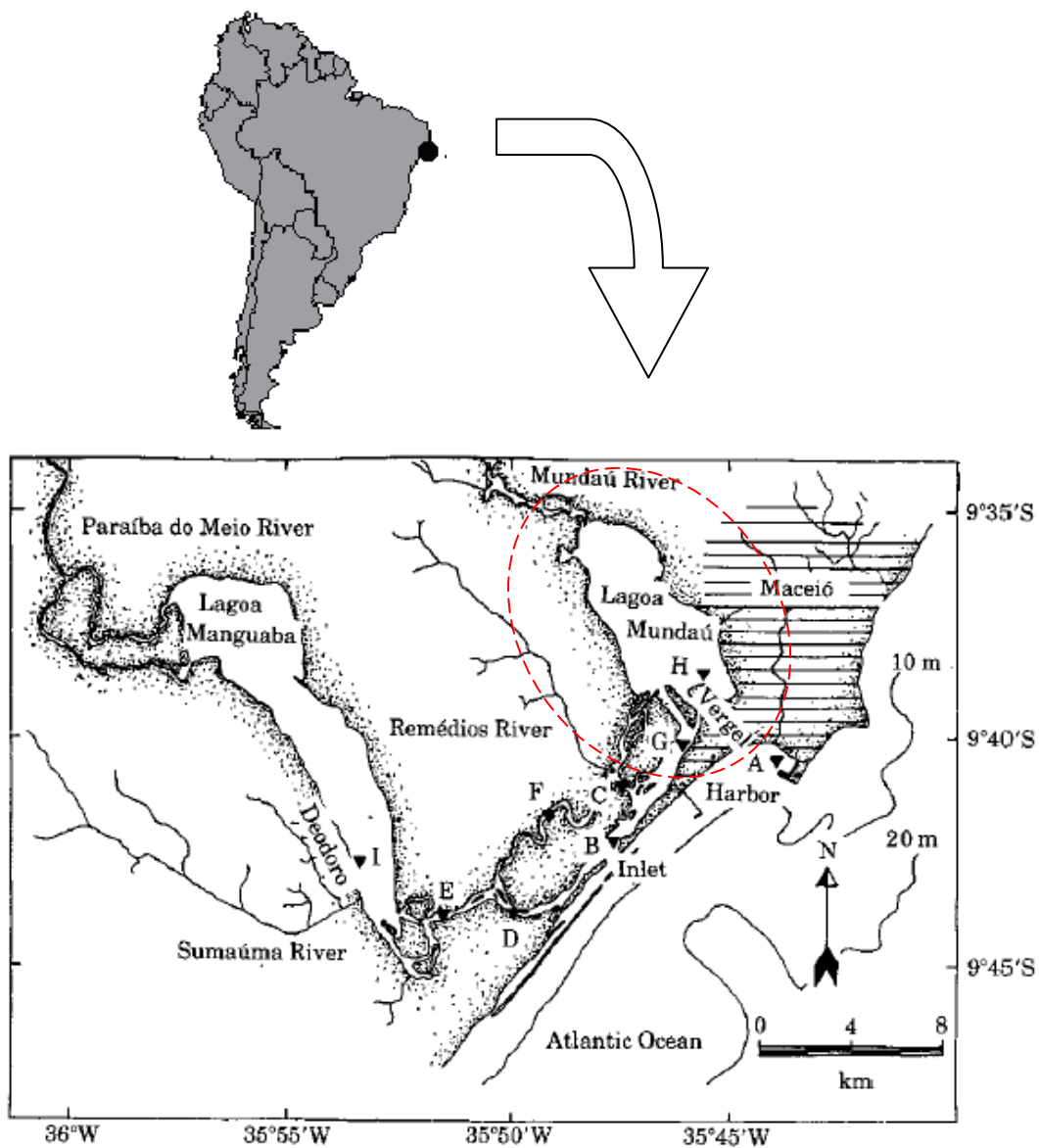


Figura 2: O CELMM/AL, em destaque a lagoa de Mundaú.

O CELMM/AL é como um “ecocomplexo mutiestressado”, pois se somam ao estresse natural inerente aos ecossistemas estuarinos, grupos de estresse antropogênicos como a atividade sucro-alcooleira que está presente nas margens do complexo. Essa atividade é uma das principais responsáveis pela poluição que afeta diversas bacias hidrográficas. Atualmente, nas bacias do rio Mundaú há seis usinas canaveiras (Marques, 1991). Nesse complexo as populações significativas são formadas por rendeiras, pescadores, jangadeiros e extrativistas vegetais (Diegues, 1994), sendo esta área importante no ponto de vista sócio-econômico (Marques, 1991).

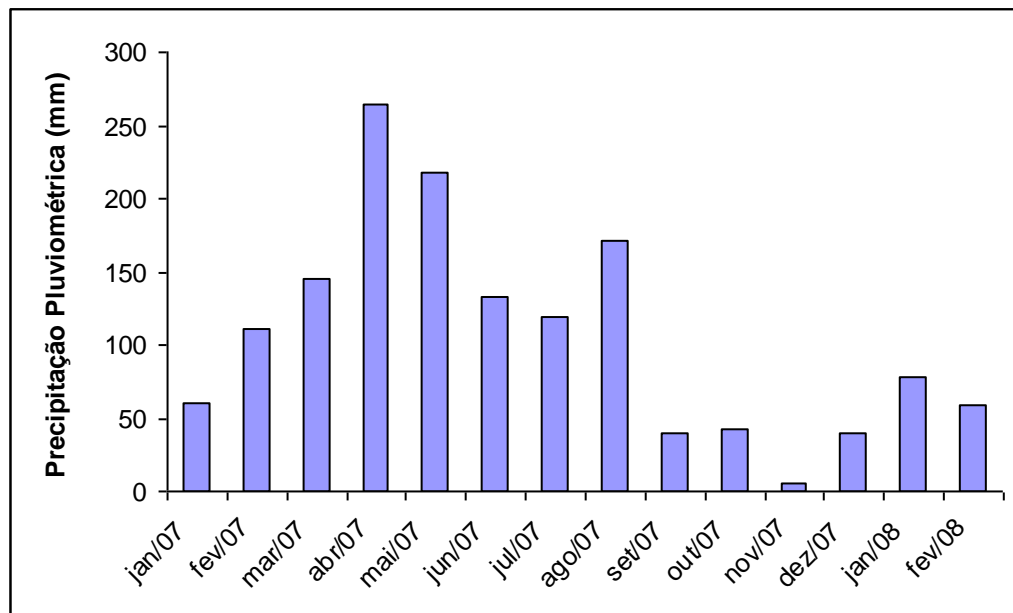


Figura 3: Precipitação pluviométrica de Maceió em 2007 e 2008. Fonte: Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Governo do Estado de Alagoas.

5.2) Coleta do material

As coletas foram realizadas em setembro de 2007 (final do período chuvoso) e fevereiro de 2008 (final do período seco). No total foram coletados 33 indivíduos, sendo 25 coletados em setembro de 2007 e 8 indivíduos em fevereiro de 2008 (tabela 1). Os indivíduos analisados foram comprados diretamente de pescadores locais, armazenados em caixas de isopor com gelo e transportados

para o Laboratório de Carcinologia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em Maceió. Os espécimes foram embalados em sacos plásticos identificados (local e data) e congelados em freezer. Posteriormente as amostras foram levadas ao LCA (Laboratório de Ciências Ambientais) na UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro) e mantidas em freezer (-18°C) até o momento das análises.

Tabela 1: Número de indivíduos machos e fêmeas coletados nos dois períodos amostrados.

	Números de indivíduos	
	Machos	Fêmeas
Setembro/07	21	4
Fevereiro/08	2	6

No laboratório foi realizada a medição de parâmetros morfológicos como o comprimento da carapaça (de uma extremidade do espinho á outra) com a ajuda de um paquímetro e determinado o sexo. Posteriormente as amostras foram descongeladas e dissecadas com o auxílio de material de aço inoxidável e separadas em porções de tecido muscular da região abdominal e de vísceras para análise.

5.3) Determinação de metais

Alíquotas de aproximadamente 1,0g de tecido muscular e de víscera foram pesadas em triplicata com o auxílio de uma balança digital (precisão 0,0001g) e acondicionadas em tubos de ensaio. Os tubos contendo as amostras foram levados para a capela e adicionados 10mL de HNO₃ 65% e deixadas overnight à temperatura ambiente para solubilização. Posteriormente as amostras foram colocadas no bloco digestor de sistema aberto em capela e aquecidas á cerca de 150°C até quase atingir a secura total da amostra. Em seguida as amostras foram ressuspensas em uma solução de HNO₃ 0,5M, filtradas em Filtro Watman nº 41

e aferidas à um volume final de 20mL com a mesma solução, segundo a metodologia descrita por Paez-Osuna *et al.*, (1995). Foi analisado um branco para cada dez amostras para verificação de possíveis contaminações. Após esse procedimento, os extratos foram estocados e congelados até a determinação de metais pesados. Para a determinação dos metais (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) foi utilizado o Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Plasma Induzido (ICP - AES da VARIAN, modelo Liberty II). Para a verificação da exatidão do método analítico foram utilizadas amostras certificadas de tecido muscular de *Squalus achantias*. (Standard Reference Material DORM1) fornecidas pelo Marine Analytical Chemistry Standards Programs, Canadá.

Tabela 2: Limite de quantificação para cada metal.

	Cr	Ni	Pb	Cd	Cu	Zn
Limites de quantificação ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,7	0,8	0,3	0,1	0,7	0,3

5.4) Análise estatística

Neste trabalho foi utilizado o programa Graphpad versão 5.0. A análise de variância empregada foi Teste Tukey (Tukey's Multiple Comparison Test) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$), para testar a existência de diferenças significativas entre as concentrações de metais nos diferentes meses de coleta (setembro/07 e fevereiro/08) no tecido muscular e na víscera do siri *Callinectes bocourti*.

6. RESULTADOS

Dentre os seis metais determinados no presente estudo, Cr, Cd, Pb e Ni apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação do método utilizado (Tabela 2).

Com base na análise do teste estatístico utilizado, foram feitas comparações entre indivíduos machos e fêmeas, porém não houve diferença ($p < 0,05$) para os dois meses e para as duas partes do siri estudadas. Em virtude disso, as comparações foram realizadas com as populações inteiras, sem a discriminação do sexo.

6.1) Variação temporal dos parâmetros biológicos

Dentre os indivíduos capturados em setembro/07 e fevereiro/08 o comprimento das carapaças variou entre 4,3 e 6,5 cm ($5,7 \pm 0,6$) e entre 4,4 e 6,1 cm ($5,3 \pm 0,5$) respectivamente.

Desta forma, tendo em vista a baixa variabilidade do tamanho os organismos foram então considerados e tratados em conjunto sem distinções quanto ao tamanho do comprimento da carapaça.

Geralmente os pescadores só capturam indivíduos de maior tamanho retornando os pequenos ao seu habitat natural, pois estes últimos não têm tanto valor no mercado. Portanto, este fato deve estar associado à baixa variação do tamanho dos organismos já que os mesmos foram comprados de pescadores locais.

6.2) Variação temporal da concentração de metais pesados em *Callinectes bocourti*

Os valores mais elevados de cobre foram encontrados no mês de setembro tanto no músculo quanto na víscera, $13,2$ e $9,8 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente (tabela 4). Porém, as concentrações de zinco foram maiores no mês de fevereiro em ambas

as partes ($45,7 \mu\text{g.g}^{-1}$ em músculo e $96,1 \mu\text{g.g}^{-1}$ em víscera) como destacado na tabela 3.

Comparando os dois metais analisados, zinco apresentou maiores valores em ambas as partes e ambos os meses, sendo a maior média ocorrendo na víscera no mês de fevereiro ($57,6 \mu\text{g.g}^{-1}$) e a menor encontrada no músculo no mês de setembro ($28,3 \mu\text{g.g}^{-1}$). Para o cobre, a maior média atingida foi no mês de setembro no tecido muscular ($5,1 \mu\text{g.g}^{-1}$) e a menor média ocorreu também no músculo, no mês de fevereiro ($3,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) (tabelas 3 e 4).

Tabela 3: Sexo, comprimento da carapaça (cm), concentrações de cobre e zinco, médias e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) nas duas partes do *C. bocourti* em fevereiro/08.

Sexo	Comprimento	Músculo		Víscera	
		Cu	Zn	Cu	Zn
F	4,4	6,1	28,0	4,4	37,7
F	4,8	4,5	41,9	4,2	67,9
F	5,4	4,0	43,2	4,7	96,1
M	5,4	2,6	19,5	4,6	26,3
M	5,4	5,0	25,8	3,1	40,8
F	5,5	4,2	34,6	6,0	40,4
F	5,5	3,8	45,7	6,7	74,9
F	6,1	1,6	33,5	5,2	76,6
Média		$3,9 \pm 1,2$	$34,0 \pm 2,1$	$4,9 \pm 2,7$	$57,6 \pm 9,5$

Tabela 4: Sexo, comprimento da carapaça (cm), concentrações de cobre e zinco, médias e desvio padrão ($\mu\text{g.g}^{-1}$) nas duas partes do *C. bocourti* em setembro/07.

Sexo	Comprimento	Músculo		Viscera	
		Cu	Zn	Cu	Zn
M	4,3	13,2	35,6	2,5	33,5
F	4,6	5,4	28,6	8,4	43,1
F	4,8	5,8	29,3	9,8	42,5
M	5	5,7	34,4	4,6	35,7
F	5	4,7	28,1	6,1	32,6
F	5,2	3,9	31,4	4,2	35,3
M	5,3	4,4	34,0	3,8	31,1
M	5,4	6,6	25,8	3,6	28,5
M	5,4	6,9	27,1	5,0	48,5
M	5,4	8,7	32,6	7,0	35,1
M	5,4	7,1	27,3	5,5	35,5
M	5,8	4,0	30,8	4,1	60,0
M	5,9	4,7	29,1	3,5	17,4
M	6	5,5	33,8	7,6	43,5
M	6	7,2	32,3	6,0	42,7
M	6	7,5	29,7	5,9	39,1
M	6	3,1	22,0	1,3	30,5
M	6	3,4	20,6	8,6	42,1
M	6,1	3,1	27,2	0,6	29,9
M	6,1	2,8	24,7	1,1	35,0
M	6,2	7,9	25,8	6,9	37,7
M	6,2	5,0	29,0	4,4	39,3
M	6,4	-	29,6	1,7	31,8
M	6,4	-	20,8	1,2	29,9
M	6,5	1,9	17,9	1,5	27,7
Média		5,1 \pm 1,4	28,3 \pm 3,5	4,6 \pm 1,5	36,7 \pm 6,8

Para cobre com a média das duas partes, não foi observada diferença significativa na concentração desse metal entre setembro e fevereiro (figura 4). Porém, na comparação do zinco, a diferença foi significativa entre os dois meses (figura 5).

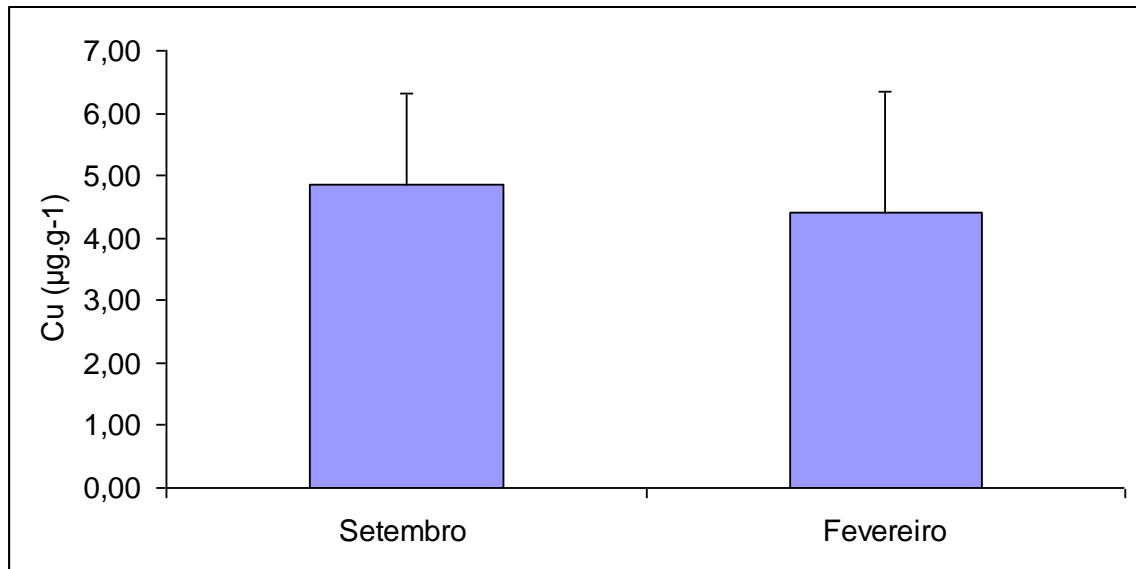


Figura 4: Concentrações médias de cobre em relação aos meses de coleta.

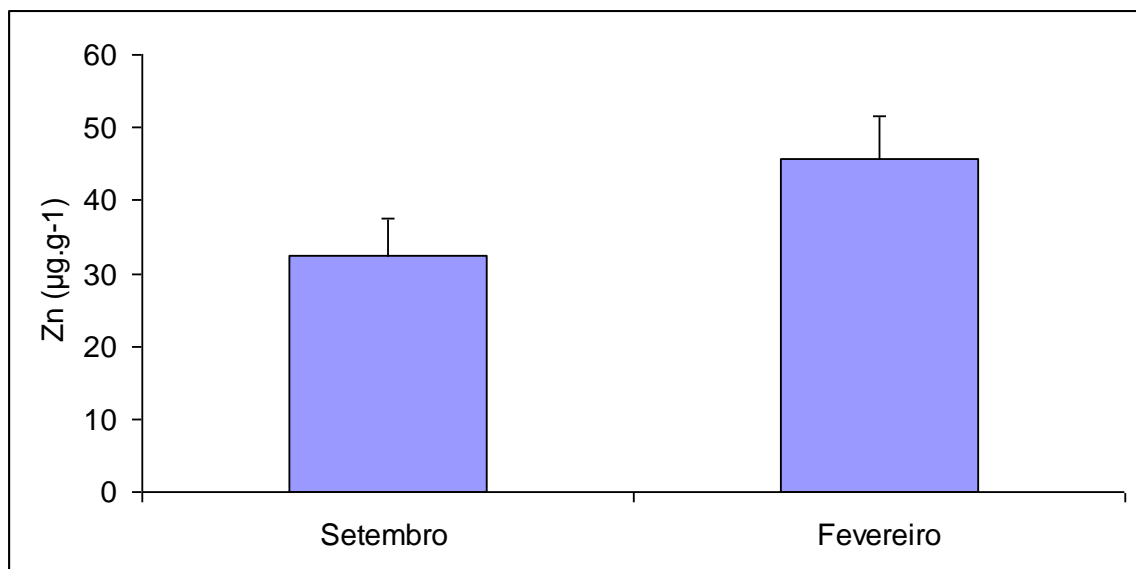


Figura 5: Concentrações médias de zinco em relação aos meses de coleta.

6.3) Comprimento da carapaça e concentração de metais

Para cada mês e em cada parte do siri foram realizadas correlações entre os valores de concentrações dos metais pesados (Cu e Zn) e os comprimentos das carapaças dos indivíduos, para se verificar se as tendências seguem um padrão. A correlação existe se a concentração do metal aumentar à medida que se aumenta o comprimento da carapaça do indivíduo, e inexistente se o aumento desse comprimento acarretar em uma diminuição da concentração do metal determinado.

6.3.1) Concentração de Cu

Para o músculo, em ambos os meses, a linha de tendência foi negativa, onde houve uma tendência da concentração diminuir de acordo com o aumento do comprimento (Figura 6A e 6B).

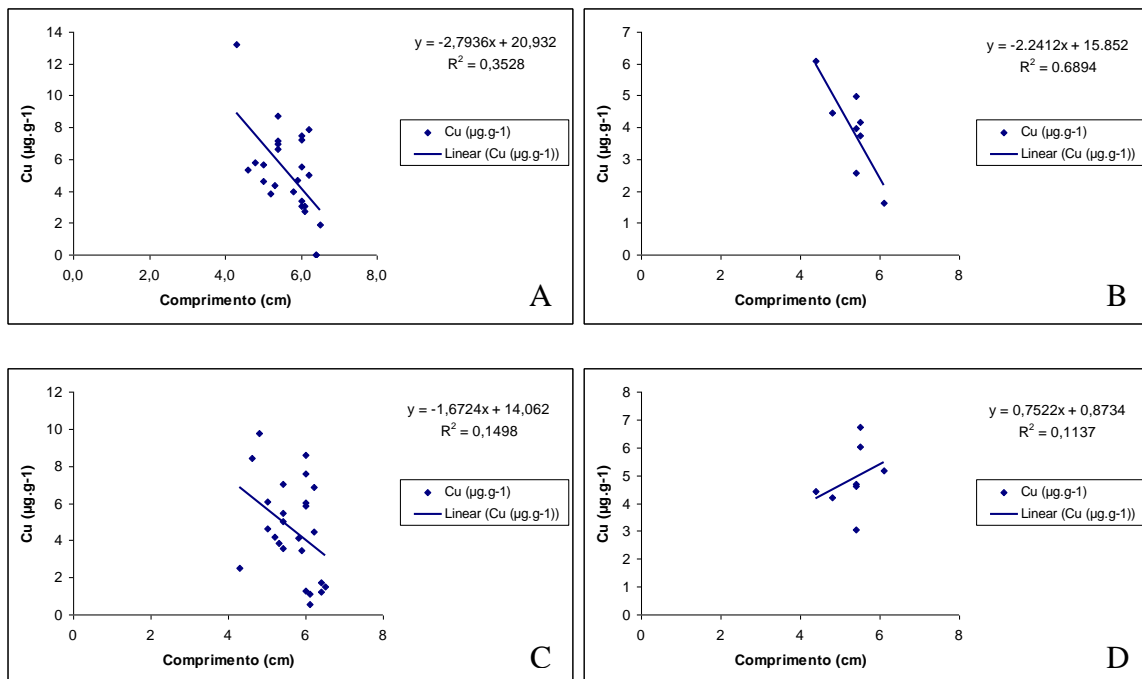


Figura 6: Correlação entre o comprimento da carapaça e a concentração de cobre no músculo no mês de setembro/07 (A), no músculo no mês de fevereiro/08 (B), na víscera no mês de setembro/07 (C) e na víscera no mês de fevereiro/08 (D).

O cobre na víscera no mês de setembro, também apresentou uma linha de tendência negativa (Figura 6C), enquanto que para o mês de fevereiro foi positiva (Figura 6D).

6.3.2) Concentração de Zn

Para o zinco, no músculo, no mês de setembro foi observada uma tendência negativa (Figura 7A), e para fevereiro houve uma tendência a uma correlação linear, porém com uma pequena inclinação positiva (Figura 7B).

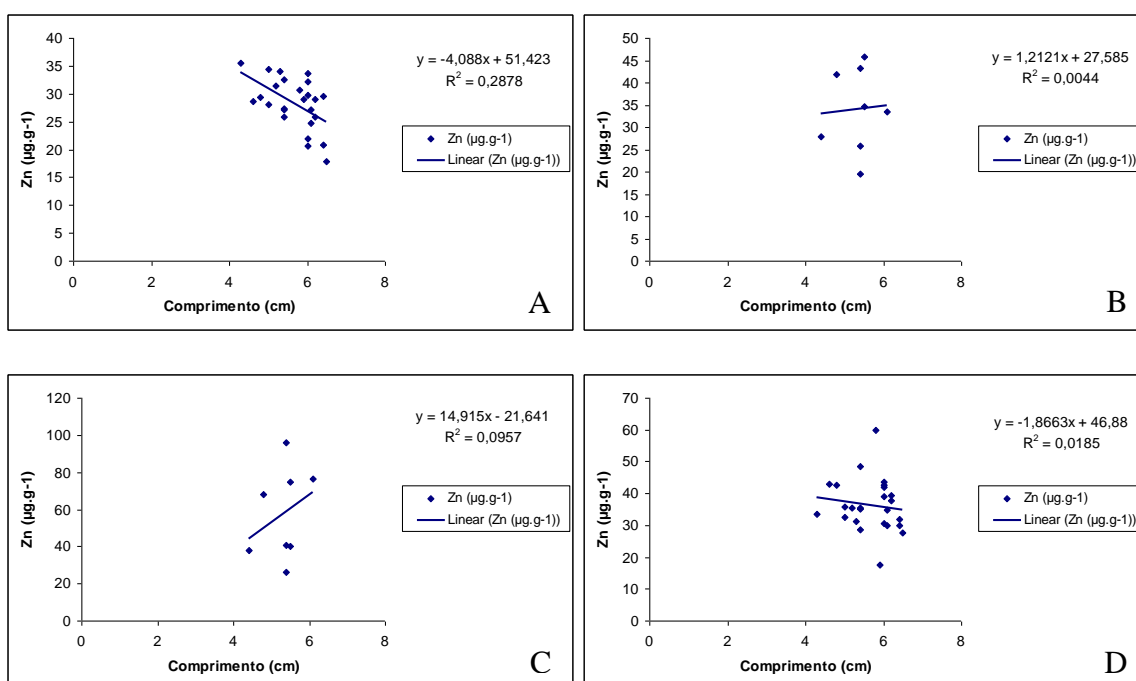


Figura 7: Correlação entre o comprimento da carapaça e a concentração de zinco no músculo no mês de setembro/07 (A), no músculo no mês de fevereiro/08 (B), na víscera no mês de setembro/07 (C) e na víscera no mês de fevereiro/08 (D).

O zinco na víscera apresentou uma tendência negativa não muito acentuada no mês de setembro (figura 7C), enquanto que em fevereiro a linha de tendência foi positiva, ocorrendo uma tendência do tamanho aumentar junto com a concentração do metal (figura 7D).

6.4) Distribuição de metais em *Callinectes bocourti*

Foi testado também se as diferenças da concentração dos metais entre as partes do siri nos mesmos meses de coleta são relevantes.

6.4.1) Concentração de Cu

No mês de setembro, não houve diferença significativa entre a concentração de cobre do músculo e víscera, contudo nota-se que há uma maior concentração no músculo (figura 8).

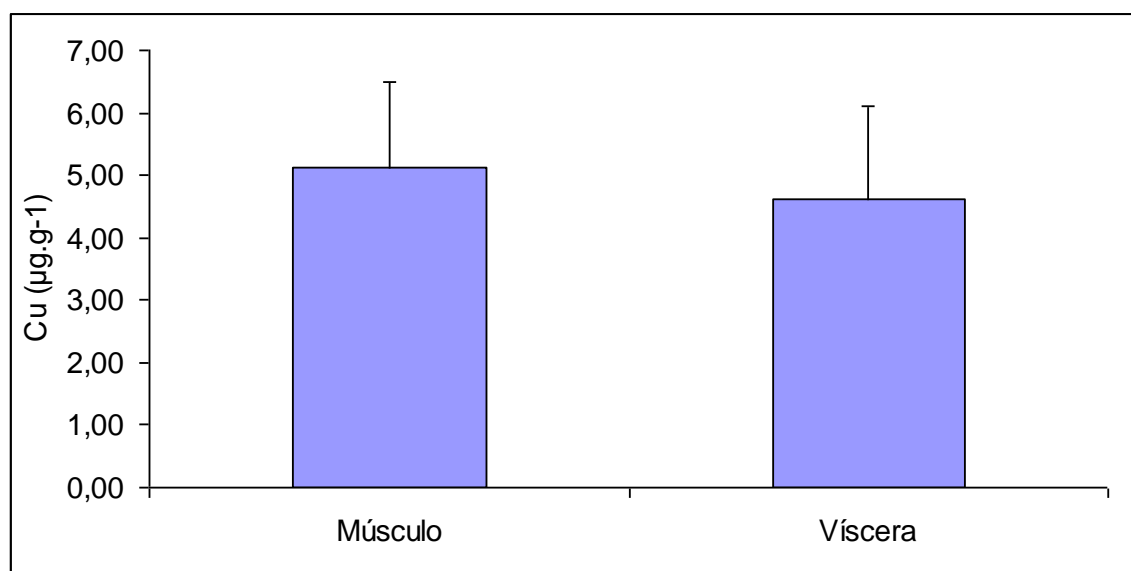


Figura 8: Concentrações de cobre em diferentes partes de *C. bocourti* em setembro/07.

Ao contrário do ocorrido em setembro, no mês de fevereiro a distribuição do cobre foi maior na víscera, apesar de a comparação entre as duas partes para este mês também ter sido não significativa de acordo com o teste estatístico utilizado (figura 9).

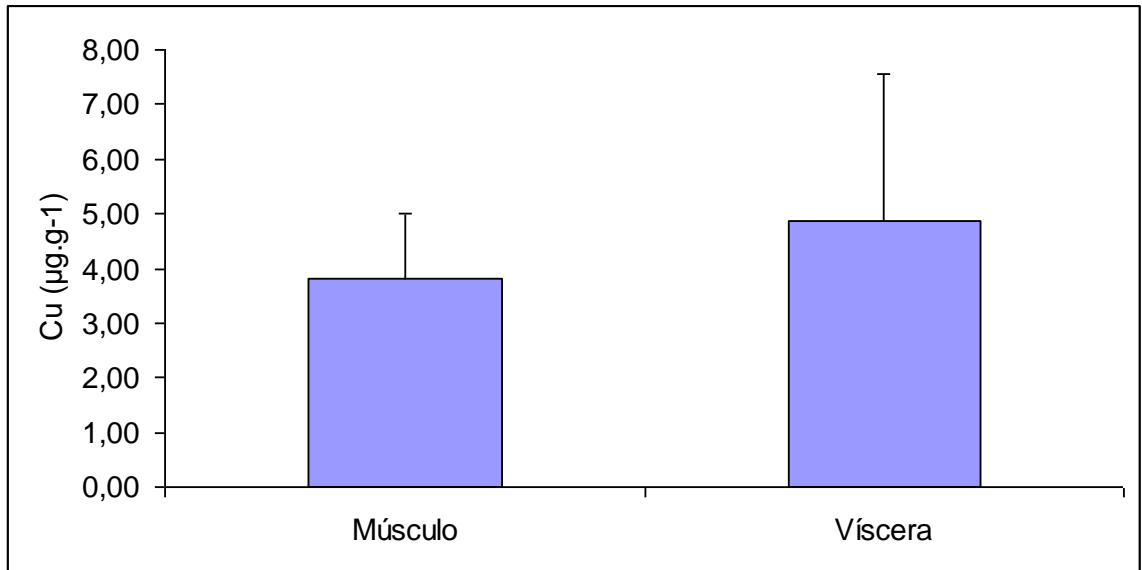


Figura 9: Concentrações de cobre em diferentes partes de *C. bocourti* em fevereiro/08.

6.4.2) Concentração de Zn

As comparações da concentração de zinco entre as partes para ambos os meses foram significativas. Em setembro, a concentração de zinco foi maior na víscera (figura 10). O mesmo ocorreu em fevereiro, porém neste último mês a diferença entre as concentrações foi maior (figura 11).

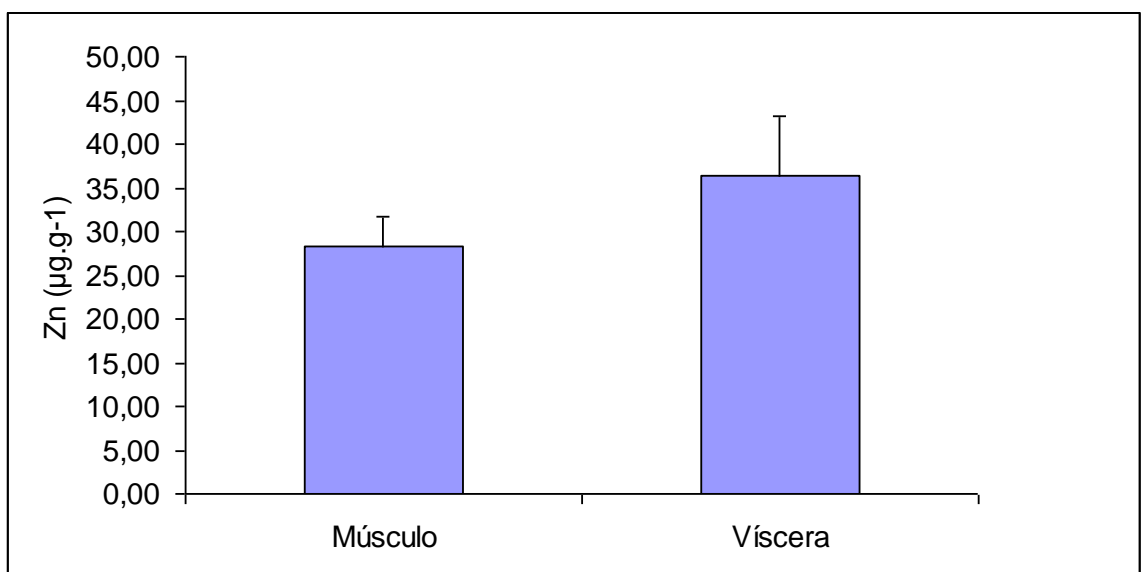


Figura 10: Concentrações de zinco em diferentes partes de *C. bocourti* em setembro/07.

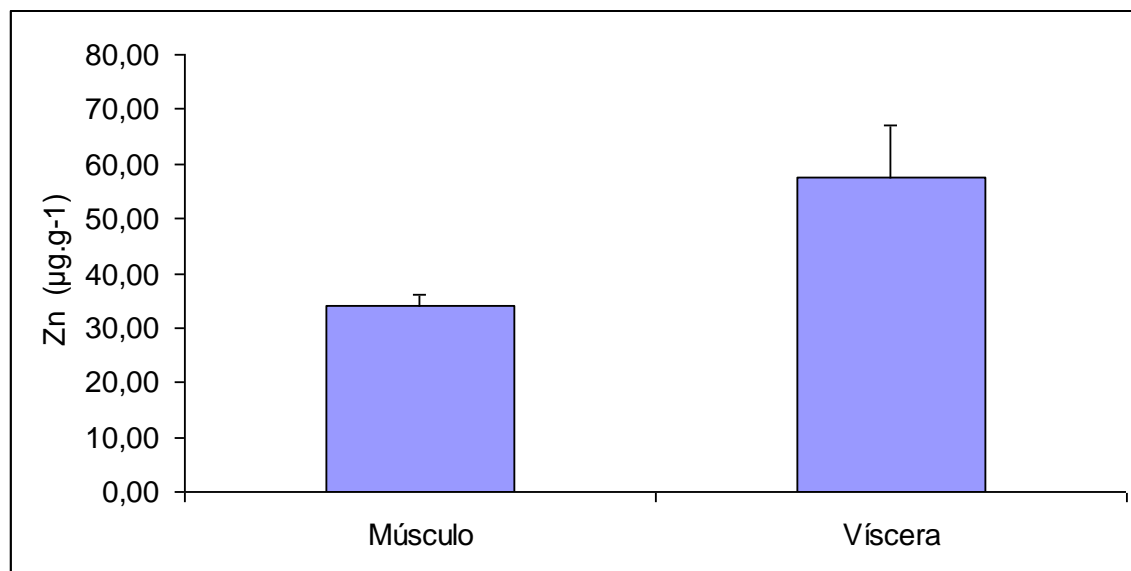


Figura 11: Concentrações de zinco em diferentes partes de *C. bocourti* em fevereiro/08.

7) DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa das concentrações de cobre entre os meses de coleta, porém em setembro foi maior (mês de elevadas precipitações) (figura 3), e pode ser explicado pelo fato de que a área de estudo apresenta diversas plantações de cana-de-açúcar, cujos meses de plantio vão de julho a novembro. Alguns herbicidas e fungicidas utilizados no controle de pragas nestas plantações possuem cobre em sua composição. Este elemento, possivelmente, é carregado pela água da chuva, alcançando os estuários adjacentes e, conseqüentemente, contaminando os organismos aquáticos. O mesmo também foi comprovado por Santos (2008) em estudo com camarão (*Macrobrachium acanthurus*) no CELMM/AL, onde também encontrou valores de cobre superiores no mês de setembro.

As maiores concentrações de zinco ocorreram no mês de fevereiro (figura 4), ao contrário do cobre, este fato está provavelmente relacionado à principal fonte de zinco ser distinta da de cobre neste sistema. As mais elevadas concentrações de zinco no período de estiagem estão provavelmente relacionadas ao baixo

volume de águas na lagoa devido à ausência de chuva que faz com que haja menor diluição de Zn oriundo de efluentes domésticos e industriais aumentando a sua concentração nos organismos. O comportamento destes elementos em sistemas aquáticos tropicais já foi anteriormente descrito por diversos autores (Carvalho *et al.*, 1999). Por outro lado, o ocorrido pode também estar ligado ao fato de que a maioria dos indivíduos capturados neste mês de coleta ser fêmeas (tabela 3) e nessa época elas estão em período reprodutivo, onde o zinco é essencial para síntese de ácidos nucleicos que são necessários para células sexuais, gônadas e papel na síntese e degradação de carboidratos, lipídeos e proteínas.

De acordo com Mantelatto *et al.*, (1999) que estudou o camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*), animais mais velhos, geralmente possuem o maior tamanho e conseqüentemente estão mais tempos expostos a contaminantes. Portanto, o esperado neste estudo seria observarmos maiores concentrações de metais nesses organismos, como o que ocorreu para zinco nas duas partes (figura 7B e 7D) e para cobre na víscera (figura 6D) em fevereiro.

Para os crustáceos, os animais jovens e menores, tendem a passar mais vezes pelo processo de muda. Da fase de zoea (larva planctônica microscópica) até a fase jovem, mudam cerca de 7 vezes em 7 semanas, enquanto que na fase adulta realizam em torno de 20 mudas no período de 3 anos (Cameron, 1995). Essas mudas ocorrem em função de uma maior atividade metabólica, que os animais possuem durante a fase de crescimento, desta forma, vão ingerir uma maior quantidade de alimentos e em conseqüência uma maior quantidade de contaminantes, caso estejam presentes no ambiente (Mantelatto & Christofolletti, 2001). Este fato pode justificar a tendência negativa observada entre a concentração de cobre e zinco com o comprimento dos indivíduos em setembro para as duas partes (figuras 6A, 6C e 7A) e somente para cobre no músculo em fevereiro (figura 6B). Esse fato pode ser atribuído ao efeito da diluição do metal à medida que o organismo cresce (Otchere *et al.*, 2003). Além disto, segundo Liao *et al.*, (2005), concentrações mais elevadas de metais encontradas em indivíduos de menor tamanho podem estar associadas ao fato de organismos juvenis serem

mais sensíveis às ações de poluentes do que indivíduos adultos, podendo absorver mais contaminantes presentes na água.

Mantelatto & Christofolletti (2001) observaram que a dieta alimentar de *Callinectes* varia de acordo com o tamanho, estágio de muda, sexo e estação do ano. Esses autores ainda observaram que animais imaturos se alimentam de organismos pequenos, encontrados no fundo de sistemas aquáticos, como foraminíferos, poliquetas, briozoários, equinodermos e etc. Dessa forma, organismos de gênero *Callinectes* estão propensos ao acúmulo de toxinas em função do seu hábito alimentar filtrador ou detritívoro, explicando as maiores concentrações de zinco observadas em indivíduos menores no mês de setembro no presente estudo.

Virga & Geraldo (2008) também observaram em *Callinectes* que os menores indivíduos apresentaram as maiores concentrações de cobre e zinco em Cubatão, da mesma forma que o observado nos indivíduos do mês de setembro da lagoa de Mundaú (para Cu e Zn) e em músculo no mês de fevereiro (apenas para o Cu).

O presente estudo determina metais pesados em duas partes de siri, e de acordo com Szefer *et al.* (1990), o conhecimento da distribuição de metais em tecidos isolados de organismos marinhos é útil para identificar um órgão específico que pode ser particularmente seletivo e sensível com relação à acumulação de metais traço.

As maiores concentrações de zinco foram encontradas na víscera neste estudo, principalmente no mês de fevereiro/08 (fim da estação seca). Nessa época, devido ao menor nível de água na lagoa pelo regime de chuvas, a salinidade provavelmente é maior (comparando com o mês de setembro), ou seja, maiores concentrações de zinco quando a salinidade aumenta. Guhathakurta & Kaviraj (2000) analisando zinco em músculo de *Penaeus monodon* (camarão-tigre-gigante) cultivado em viveiros localizados ao longo da costa nordeste da Índia onde a drenagem fluvial é uma fonte potencial de zinco para essa área, concluíram que esse metal foi acumulado em altas taxas e que a salinidade da água mostrou uma correlação positiva e significativa com a concentração de zinco no músculo.

Jesus *et al.*, (2003), encontraram concentrações mais elevadas de metais nos músculos, e concluiu que isso se deve ao fato desses elementos serem

essenciais e participarem da formação da hemocianina (Cu) e de diversas proteínas e enzimas (Zn) – metalotioneínas, por exemplo. Porém, estudos realizados por Karadede-Akin & Ünlü (2006) e Junior *et al.*, (2000), evidenciaram que as maiores concentrações de metais foram encontradas no hepatopâncreas. Em razão desse fato, esse órgão pode atuar como um local de armazenamento de metais, quando estes estão presentes em altas concentrações no ambiente, assim como no presente estudo, onde as concentrações de metais, principalmente zinco se mostraram mais concentradas na víscera.

Na Tabela 5 estão descritos comparativamente as concentrações médias de cobre e zinco em diferentes organismos, provenientes de outras áreas de amostragem, além dos valores máximos permitidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e os valores encontrados neste trabalho.

Em um estudo realizado por Karadede- Akin & Ünlü (2006) no rio Tigre, área considerada como poluída (pois sofre influência de resíduos da fábrica Ergani Copper Plant) com a espécie *Potamon fluviatilis* (caranguejo), pode-se observar que as concentrações de cobre foram superiores em relação a espécie *Callinectes bocourti* em ambas as partes de amostragem deste trabalho, entretanto com relação ao zinco foi superior.

Tabela 5: Quadro comparativo das concentrações dos metais cobre e zinco (peso úmido) em diferentes espécies de crustáceos.

Descrição	Espécie	Cu ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Zn ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Referências
Rio Tigre	<i>Potamon fluviatilis</i> (caranguejo)			Karadede-Akin & Ünlü, 2006
	músculo	11,0	31,2	
	víscera	86,4	28,2	
Estuário da Baía de Vitória - ES	<i>Ucides cordatus</i> (caranguejo-uçá)			Jesus <i>et al.</i> , 2003
	músculo	4,8	62	
	víscera	3,4	33	
Mundaú - AL	<i>Callinectes bocourti</i> (siri-azul)			Presente estudo
	músculo	5,1 (Set/07)	28,3 (Set/07)	
		3,8 (Fev/08)	34,0 (Fev/08)	
	víscera	4,6 (Set/07)	36,3 (Set/07)	
		4,9 (Fev/08)	57,6 (Fev/08)	
	PESCADO	30	100	ANVISA

Em relação ao cobre no músculo, as concentrações encontradas nas amostras de siri na lagoa de Mundaú, foram superiores a de *Ucides cordatus* (caranguejo-uçá), o que provavelmente está relacionado ao contato dos organismos com poluentes vindos tanto do esgoto doméstico, quanto de pesticidas e agrotóxicos utilizados no plantio de cana de açúcar, que chegam à lagoa Mundaú pelas águas fluviais. Já com relação ao zinco, *Ucides cordatus* apresentou concentrações superiores quando comparados aos indivíduos da área de amostragem do presente estudo, isto porque esta espécie foi coletada no Estuário da Baía de Vitória, que sofre influência antrópica, como lançamento de efluentes, disposição de lixo urbano, invasões e aterros, sendo assim, é uma região com indícios de poluição.

Quando comparadas as concentrações deste estudo com as concentrações máximas permitidas pela ANVISA, observa-se que estão abaixo do limite máximo permitido 30 e 100 $\mu\text{g.g}^{-1}$ para cobre e zinco, respectivamente. A indicação é de que não há contaminação no siri da espécie *Callinectes bocourti* em relação aos metais considerados na lagoa de Mundaú.

8) CONCLUSÃO

Na maioria dos casos observados, as maiores concentrações de cobre e zinco foram encontradas nos indivíduos de menor tamanho sugerindo que organismos juvenis são mais susceptíveis à bioassimilação de poluentes do que os indivíduos adultos, podendo absorver mais contaminantes presentes na água e no sedimento. Esse fato também pode ser atribuído ao efeito da diluição do metal à medida que o organismo cresce.

Os maiores níveis de cobre nos meses de setembro indicam que em função das maiores taxas de precipitação pluviométrica, ocorre um maior escoamento superficial levando a um aumento da disponibilidade desses metais no ambiente aquático, em comparação com fevereiro, quando há uma redução nos níveis de chuvas.

O siri (*Callinectes bocourti*) apresentou concentrações médias de cobre e zinco de 5,1 e 28,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente no músculo, 4,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de cobre e 36,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de zinco na víscera no mês de setembro/07. Em fevereiro/08 as concentrações para cobre e zinco foram de 3,9 e 34,0 $\mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente no músculo, 4,9 $\mu\text{g.g}^{-1}$ e 57,6 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na víscera. Esses valores são considerados aceitáveis no ambiente natural e considerados aceitáveis no ambiente natural e estão abaixo do limite estabelecido pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) indicando que não há contaminação dessa espécie em relação aos metais analisados e dessa forma não oferece risco à saúde humana.

9) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 685 de 27 de agosto de 1998. Disponível em www.avisa.gov.br.

ALAGOAS (1980). Secretaria de planejamento. Coordenação de desenvolvimento Científico e Tecnológico. Projeto de levantamento Ecológico Cultural da Região das Lagoas Mundaú/Manguaba. 2ª ed. Amp. Maceió: SEPLAN/AI,.V.II.605.

ARAÚJO, M.S.L.C. & CALADO, T.C.S. (2008). Bioecologia do caranguejo-Uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus) no Complexo Estuarino Lagunar Mundáu/Manguaba (CELMM), Alagoas, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada 8(2):169-181.

BARRETO, A.DO V.; BATISTA-LEITE, L. DE M.A.; AGUIAR, M.C.A. (2006). Maturidade sexual das fêmeas de *Callinectes danae* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Itamaracá, PE, Brasil. Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre, 96(2):141-146.

BERNHARD, M. & ANDEAE, M.O. (1984). Transport of trace metals in marine foods chains. In: Nriagu, J.O. (ed), Changing metals cycles and human health. Dahlem Konferenze. Berlin, Springer-Verlag.

BUCKUP, L.; BOND-BUCKUP, G. (1999). Os crustáceos do Rio Grande do Sul. Cap. 25. Infraordem Brachyura, p.446-449.

CALADO, T. C. S. & SOUSA, E. C. (2002). Crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/ Manguaba Alagoas. Fapeal, Maceió. 25: Vol. 1,2.

CAMERON, J. (1995). Molting in the blue crabs. Scientific American. p. 76-83.

- CAMPOS, A.E.L.; NUNES, G.S.; OLIVEIRA, J.C.S; TOSCANO, I.A.S. (2009). Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. *Química Nova*, Vol. 32, No. 4, 960-964.
- CAMPOS, M.L.A.M.; BENDO, A.; VIEL, F.C. (2002). Métodos de baixo custo para purificação de reagentes e controle da contaminação para a determinação de metais traços em águas naturais. *Química Nova*, Vol. 25, No. 5, 808-813.
- CARVALHO, C.E.V.; OVALLE, A.R.C.; REZENDE, C.E.; SALOMÃO, M.S.M.B.; MOLISANI, M.M.; LACERDA, L.D. (1999). Seasonal variation of particulate heavy metals in the Lower Paraíba do Sul River Drainage Basin, R.J. Brazil. *Environmental Geology*, v.37, p.297-302.
- COELHO, P. A. & SANTOS, M. DO C. F. (2004). Siris do estuário do rio Una, São José da Coroa Grande, Pernambuco - Brasil (Crustacea, Decapoda, Portunidae). *Boletim técnico científico CEPENE* 12(1):187-194.
- DIEGUES, A.C. (1994). Costa do Brasil, Áreas Úmidas Costeiras e Litorâneas. UFPA. Disponível em: <http://www.cultura.ufpa.br/dicas/arg/outros/hidro/diegues.pdf>. Acesso em novembro/09.
- ESKINAZI-LEÇA, E. (1976). Taxonomia e distribuição das diatomáceas (Bacillariophyceae) na laguna Mundaú (Alagoas-Brasil). Dissertação de Mestrado, 87p. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- ESTEVES, F. A. (1998). *Fundamentos de Limnologia* 2ª edição. Editora Interciência. 602 pp.
- FORSTNER, U.E. & WITTMANN, G.T.W. (1983). *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. 2º ed. Springer-Verlag, 485 pp.

- GUHATHAKURTA, H. & KAVIRAJ, A. (2000) Heavy metal concentration in water, sediment, shrimp (*Penaeus monodon*) and mullet (*Liza parsia*) in some brackish water ponds of Sunderban, India. *Marine Bulletin*, v. 11, n. 40, p. 914-920.
- HICKMAN JR., C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. (2004) *Princípios Integrados de Zoologia*. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- JESUS, H.C.; COSTA, E. de A.; MENDONÇA, A.S.F.; ZANDONADE, E. (2004). Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Química Nova*, Vol. 27, No. 3, 378-386.
- 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.
- JUNIOR, J.D.C.; ALLODI, S.; AMADO-FILHO, G.M.; FARINA, M. (2000). Zinc accumulation in phosphate granules of *Ucides cordatus* hepatopancreas. Zinc in phosphate granules. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 33: 217 – 221.
- KARADEDE-AKIN, H. & ÜNLÜ, E. (2007) Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. *Environ Monit Assess* 131:323–337.
- LIAO, C.Y.; ZHOU, Q.F.; FU, J.J.; JIANG, G.B. (2005). Mercury Accumulation and Distribution in Medaka after the Exposure to Sublethal Levels of Methylmercury. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 75: 584 – 591.

- LUIZ-SILVA, W.; MATOS, R.H.R.; KRISTOSCH, G.C.; MACHADO, W. (2006). Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). *Química Nova*, Vol. 29, No. 2, 256-263.
- MANTELATTO, F. L. M. & CHRISTOFOLETTI, R. A. (2001) Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): Influence of season, sex, size and the molt stage. *Marine Biology*, v. 138, n. 3, p. 585-594.
- MANTELATTO, F.L.M., AVELAR, W.E.P.; SILWA, D.M.L., TOMAZELLI, A.C.; LOPEZ, J.L.C.; SHUHAMA, T. (1999). Heavy metals in the shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Crustacea, Penaeidae) from Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 152 – 169.
- MARKERT, B., (1998). Distribution and biogeochemistry of inorganic chemicals in the environment. In: Schuurmann, G., Markert, B. (Eds.), *Ecotoxicology*. John Wiley & Sons, New York, pp. 165–222.
- MARQUES, J.G.W. (1991). Aspectos Ecológicos na Etnoictiologia dos Pescadores do Complexo Estuarino – Lagunar Mundaú –Manguaba, Alagoas.Campinas, Instituto de Biociências Tese de de Doutorado. UNICAMP, SP 280.
- ONOFRE, C.R.DE E.; CELINO, J.J.; NANO, R.M.W.; QUEIROZ, A.F.DE S. (2007). Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Rev. de Biol. E Ciênc. da Terra* (7) 2.
- OTCHERE, A. F. Mercury in the bivalves *Anadara (Senilia) senilis*, *Perna perna* and *Crassotea tulipa* from Ghana (2003). *The Science of the Environment*.304:369- 375p.

- PAEZ-OSUNA, P.; FRIAS-ESPERICUETA, M. G.; OSUNA-LOPEZ, J. I. (1995). Trace Metal Concentrations in Relation to Season and Gonadal Maturation in the Oyster *Crassostrea iridescens* Mar. Environ. Res. 40pp.
- PEREIRA, O. M.; HENRIQUES, M. B.; ZENEBON, O.; SAKUMA, A.; KIRA, C. S. (2002). Determinação dos Teores de Hg, Pb, Cd, Cu e Zn em Moluscos (*Crassostrea brasiliana*, *Perna perna* e *Mytella falcata*). Revista Instituto Adolfo Lutz, 61(1):19-25.
- PORTO, L.C.S. (2009). Avaliação de metais pesados e micronúcleos em peixes da bacia hidrográfica butuí-icamaquã e análise da água. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário Univates.
- SANTOS, D. M.; BOSSINI, J. A. T.; PREUSSLER, K. H. VASCONSELOS, E. C.; CARVALHO-NETO, F. S.; CARVALHO-FILHO, M. A. S. (2006). Avaliação de metais pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob influência das atividades antrópicas. J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 1, n. 2, 157-160.
- SANTOS, K.P. (2008). Avaliação das concentrações de metais pesados em pitú, *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836) do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú/Manguaba-AL. Monografia do curso Ciências Biológicas - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- SZEFER, P.; SZEFER, K.; SKWARZEC, B. (1990). Distribution of trace metals in some representative fauna of the Southern Baltic. Marine Pollution Bulletin, v. 21, p. 60-62.
- VAZQUEZ, F. J. (2005) Las tesisas de Belgrano: toxicidad comparada de zinc, plombo y mercúrio para zoea I de *Chasmagnatus granulata* (Brachyura). Facultad de Ciências exactas e Naturales. Carrera de Licenciatura e Ciências Biológicas, 110p.

VIRGA, R. H. P. & GERALDO, L. P. (2008) Investigação dos teores de metais pesados em espécies de siris azuis do gênero *Callinectes* sp. Ciência e Tecnologia de alimentos. Campinas. 28 (4): 1-948.

VIRGA, R.H.P. (2006). Análise quantitativa de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Pb e Zn) em siris – azuis do gênero *Callinectes* sp (Crustacea, Portunidae), provenientes do rio Cubatão, Cubatão, São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado em Saúde Coletiva. Universidade Católica de Santos.

WALKER, C. R.; HOPKIN, S. P.; SIBLY, R. M.; PEAKALL, D. B. (1996). Principles of Ecotoxicology. Taylor & Francis Ltda, 321 pp.