

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA BIOLÓGICA

**DINÂMICA POPULACIONAL DO SIRI-AZUL**  
***Callinectes sapidus* (RATHBUN, 1896)**  
**(CRUSTACEA: DECAPODA: PORTUNIDAE) NO**  
**BAIXO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS, RS,**  
**BRASIL**

**LEONARDO SIMÕES FERREIRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de DOUTOR.

Orientador: Fernando D'Incao

**RIO GRANDE**  
Janeiro/2012

## AGRADECIMENTOS

---

Em primeiro lugar ao meu amigo, professor e orientador Dr. Fernando D’Incao, por seus ensinamentos durante todos esses anos.

Ao meu coorientador e amigo Dr. Duane Fonseca, por toda ajuda no decorrer da Tese, e principalmente por me passar todo o seu conhecimento sobre o assunto “lipofuscina”.

Aos Doutores, Paulo Juarez Rieger, Enir Girondi Reis (Neca), Wilson Wasieleski (Mano), e Rogério Caetano (Cebola) da Unespe, por aceitarem fazer parte da minha banca examinadora, e por suas valiosas correções e sugestões.

Toda a galera do Laboratório de Crustáceos Decapodes, os quais são muitos! A minha amiga especial Laboratorista/Dra. Roberta Barutot que me ajudou em grande parte da Tese, assim como o Doutor Luiz Felipe Dumont.

Aos meus estagiários, Andréia Barros, Renan (bonitão.com) e Diego Martins (guasco).

Meus amigos pescadores: Pingo, Sarinha, Leandro, Giovani e Didico.

A minha família, meus pais, minha esposa Juliana e a minha princesinha Luana!

Ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, a Capes pela concessão da bolsa de estudos, ao Instituto de Oceanografia e a Universidade Federal do Rio Grande.

# ÍNDICE

---

<b>RESUMO</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	5
Classificação taxonômica da espécie e distribuição.....	5
Importância bioecológica.....	9
Aspectos pesqueiros .....	12
Metodologia da Lipofuscina.....	13
Antecedentes e justificativas.....	16
<b>OBJETIVOS E ESTRUTURA DA TESE</b> .....	18
<b>METODOLOGIA GERAL</b> .....	21
Área de estudo.....	21
Fonte dos dados.....	21
Processamento das amostras biológicas.....	22
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	23
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	25
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	27
<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	29
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	32
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	34

---

<b>ANEXO I</b> Comparação da dieta natural do siri-azul <i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896 (CRUSTACEA: DECAPODA: PORTUNIDAE) em dois locais no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil .....	45
<b>ANEXO II</b> Biologia e pesca do siri-azul <i>Callinectes sapidus</i> Rathbun, 1896 (Decapoda -portunidae) no estuário da lagoa dos patos, RS.....	61
<b>ANEXO III</b> Aplicação da idade baseada na neurolipofuscina para a espécie <i>Callinectes sapidus</i> no estuário da Lagoa dos Patos.....	86

## RESUMO

---

O objetivo desse trabalho foi investigar diferentes aspectos biológicos e pesqueiros do siri-azul *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos. A alimentação da espécie foi investigada em duas áreas distintas do estuário, na região da Ilha dos Marinheiros, denominada Bandeirinhas e Saco da Mangueira. A frequência de ocorrência dos itens alimentares foi analisada para ambos os locais, sendo utilizado um teste “G” com fator de correção de Williams ( $p < 0,05$ ), tendo sido identificado um total de 19 itens alimentares; 18 nas Bandeirinhas e 12 no Saco da Mangueira, o que evidenciou a diferença entre os itens na dieta de acordo com o local de captura. Estudos mais aprofundados com respeito à distribuição e abundância da espécie no estuário da Lagoa dos Patos são raros e aqueles disponíveis são obtidos a partir de cruzeiros científicos. A caracterização das capturas nesse estudo foi feita a partir da frota de arrasto que tem como espécie-alvo o siri azul. Para esse estudo ampliou-se a área de amostragem para mais dois pontos: Prado e Marambaia, o que veio por demonstrar que a espécie apresentou distribuição homogênea no estuário, mesmo sendo registrada em diferentes micro-habitats. A CPUE registrou diferença significativa para as estações do ano, sendo baixa para as fêmeas no verão, devido ao fato de nesse período buscar ambientes com maiores salinidades para maturar e eclodir seus ovos. Os valores médios de largura de carapaça foram baixos no outono para ambos os sexos, o que provavelmente é explicado pelo recrutamento da espécie por arte de pesca. Com relação ao crescimento e mortalidade da espécie foi utilizado o método da neurolipofuscina, que foi usado para determinar a idade dos animais, o que torna o método importante, pois em populações exploradas comercialmente, informações sobre a estrutura etária e crescimento são usadas em muitos modelos de avaliação de

---

estoques. Uma sub-amostra aleatória foi retirada para a quantificação de neurolipofuscina, sendo posteriormente estimada a taxa anual de acumulação (% vol.) onde, por meio desta, pode-se obter a idade cronológica de cada animal. Foram analisados 160 animais, onde a longevidade para a espécie foi estimada em 4,15 anos. A mortalidade total foi de  $Z=0,82$ , a mortalidade natural  $M=0,20$ , a mortalidade por pesca de  $F=0,62$  e taxa de exploração de  $E=0,76$ . O presente estudo sugere que essas novas descobertas reforcem a base para uma boa gestão e sustentabilidade do recurso *Callinectes sapidus*, e fornece orientações para uma aplicação mais ampla do método neurolipofuscina com relação ao envelhecimento.

## ABSTRACT

---

The aim of this study was to investigate different aspects of biological and fishing blue crab *Callinectes sapidus* in the estuary of Lagoa dos Patos. The feeding of the species was investigated in two distinct areas of the estuary area of the Ilha dos Marinheiros called Bandeirinhas and Saco da Mangueira. The frequency of occurrence of food items was analyzed for both sites using a test "G" with Williams correction factor ( $p < 0.05$ ). A total of 19 food items were identified of being 18 are found in Bandeirinhas and 12 in Saco da Mangueira, which showed the difference between items in the diet according to the place of capture. Further study regarding the distribution and abundance of species in the estuary of the Lagoa dos Patos are rare and those available are derived from scientific cruises. This became a characterization of the catch obtained from the trawl fleet that targets the blue crab. For this study area was expanded to four sampling points in the estuary; Saco da Mangueira, Bandeirinhas, Prado e Marambaia, which has to show that the species showed homogeneous distribution in the estuary, despite being recorded in different microhabitats. The CPUE recorded significant difference in the seasons, being lower for females in the summer due to the fact that time seek environments with higher salinities to mature and hatch their eggs. The values of CW had lower mean values in the fall for both sexes, which is probably explained by the recruitment of the species by fishing gear. Regarding the growth and mortality of the species we used the method of neuropilofuscina, is used for ageing which has already been successfully employed in solving the age groups in populations of decapods of commercial interest. This method became important because in commercially exploited populations, information on the age structure and growth are used in many models of stock assessment. A random sub-sample was removed for quantification

of neuroliposcin, and later estimated the annual rate of accumulation (% vol.), Where by this we can obtain the chronological age of each animal. 160 animals were analyzed, where the longevity of the species was estimated at 4.15 years, while total mortality  $Z = 0.82$ , natural mortality  $M = 0.20$ , fishing mortality  $F = 0.62$ , and exploitation rate  $E = 0.76$ . This study suggests that these new findings strengthen the basis for good management and sustainability of the resource *C. sapidus*, which is an important biological resource, and provide guidance for a wider application of the method neurolipofuscin about aging.

## INTRODUÇÃO GERAL

---

### Classificação taxonômica e distribuição do siri-azul *Callinectes sapidus*

Filo Arthropoda  
Subfilo Crustacea (Pennant, 1777)  
Classe Malacostraca (Latreille, 1806)  
Subclasse Eumalacostraca (Grobber, 1892)  
Superordem Eucarida (Calman, 1904)  
Ordem Decapoda (Latreille, 1903)  
Subordem Pleocyemata (Burkenroad, 1963)  
Superfamília Portunoidea (Rafinesque, 1815)  
Família Portunidae (Rafinesque, 1815)  
Gênero *Callinectes* (Stimpson, 1860)  
Espécie *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896)

O siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Fig. 1) possui uma ampla distribuição geográfica sendo encontrado desde a costa Atlântica da América do Norte até a margem sul da América do Sul, mais precisamente entre Massachusetts nos Estados Unidos e Venezuela, e entre Rio de Janeiro no Brasil e Buenos Aires na Argentina (Santos, 2007) (Fig. 2). Também ocorre na Europa, onde foi introduzido em 1901 (Santos, 2002), desde a Dinamarca até o sul da França pelo Oceano Atlântico, no leste do Mar Mediterrâneo e no oeste do Mar Negro (Coelho & Ramos, 1972; Williams, 1974). Sua introdução também é citada no Japão (Powers, 1977).

Em uma classificação mais recente, Martin & Davis (2001) dividiu os crustáceos em 6 classes, 13 subclasses, 38 ordens e 652 famílias.



Figura 1. Exemplar de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 coletado no estuário da Lagoa dos Patos, RS.

Melo (1985; 1996) registra a presença de seis espécies de *Callinectes* na costa brasileira: *Callinectes bocurti* (A. Milne Edwards, 1879); *Callinectes danae* (Smith, 1869); *Callinectes exasperatus* (Gerstaecker, 1856); *Callinectes Larvatus* (Ordway, 1863); *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) e *Callinectes ornatus* (Ordway, 1863). Todas essas espécies ocorrem na região sudeste e, com exceção de *Callinectes sapidus*, nenhuma ultrapassa o limite sul da foz do rio da Prata. No entanto, todas ultrapassam o limite norte do território brasileiro, algumas ainda podem chegar ao nordeste dos Estados Unidos. Além disso, *Callinectes sapidus* é uma das cinco espécies de portunídeos que ocorrem em outras áreas do planeta (Oliveira, 2005). No Rio Grande do Sul ocorrem quatro espécies de *Callinectes*: *Callinectes affinis*, *Callinectes danae*, *Callinectes sapidus* e *Callinectes ornatus* (Santos, 2007).

Os portunídeos se caracterizam por apresentar um cefalotórax amplo e achatado dorso-ventralmente, com sua maior largura projetada num espinho lateral, sendo o quinto par de pereiópodos adaptado à natação. Em decorrência disso, esses animais recebem nomes peculiares de acordo com a sua região de ocorrência, tais como: “swimming crabs” (EUA), “jaiba” (México) e “siri” (Brasil) (Pinheiro, 1995).

A presença alimentar de restos de crustáceos em cerritos ou sambaquis pode confirmar a presença ou ausência de determinadas espécies em determinados locais, no passado histórico (Cox & Moore, 1993).

Santos & D’Incao (2004) constataram a presença de *Callinectes sapidus* no cerrito “Ariano Souza” (31°50’ S; 052° 15’ W), concluindo que esta espécie já habitava a região que hoje é conhecida como Lagoa dos Patos, a mais de dois mil anos, levando a crer que a espécie não foi introduzida, mas que sua distribuição disjunta é devida, provavelmente, a eventos vicariantes ocorridos no período Pleistoceno.

O siri azul habita a região do entre-marés até 90 metros, baías, estuários e lagoas (Melo, 1996), sendo a espécie de maior abundância e distribuição dentre todas as espécies do gênero *Callinectes* Stimpson, 1860 (Rathbun, 1930; Powers, 1977).



Figura 2. Área de distribuição do siri-azul *Callinectes sapidus*, segundo Santos (2007).

### **Importância bioecológica**

Além de sua importância econômica, *Callinectes sapidus* é considerado como um predador bentônico chave, controlando a abundância, diversidade e estrutura de várias comunidades bentônicas (Hines *et al.* 1987).

O estudo da bioecologia de *Callinectes sapidus* encontra-se bem documentado nas Américas do Norte (estuário de Chesapeake Bay) e Central (Oliveira, 2005). Sobre esse assunto destacam-se os trabalhos de Churchill Jr. (1919) que estudou aspectos ecológicos do siri azul e van Engel (1958, 1987, 1990) que investigou a biologia pesqueira, a distribuição e abundância além de aspectos reprodutivos de *Callinectes sapidus*, ambos no estuário da baía de Chesapeake (EUA). Nesse local o siri azul é um importante predador bentônico, afetando toda a estrutura da comunidade da infauna através da bioturbação no sedimento (Hines, *et al.* 1990).

Os siris apresentam uma função sanitária em zonas de águas salobras e praias. Por serem caçadores vorazes e carnívoros, nutrem-se de animais, principalmente, moluscos bivalves e gastrópodos e, também, de organismos em decomposição (Warner, 1977). Tagatz (1968) cita uma dieta composta de pequenos peixes, vegetação aquática, moluscos, crustáceos (anfípodos, isópodos), insetos e anelídeos. Os siris provém a sua necessidade protéica de tecido animal e requerimentos energéticos de tecido vegetal (Boyd & Goodyear, 1972).

Os siris são considerados importantes indicadores biológicos de massas d'água, contribuindo, juntamente com outros organismos, para delimitar regiões biogeográficas marinhas (Taissoun, 1973).

Na baía de Chesapeake (EUA), o siri azul se distribui em todas as regiões do estuário, nas áreas mais profundas durante o inverno onde estão enterrados em fundos arenosos, argilosos e com vegetação aquática, e, próximos à margem durante o verão (Heukelem, 1991). O siri azul tem um tempo de vida que varia de dois a três anos, sofrendo entre 18 e 22 mudas nesse período, conseguindo, ocasionalmente, percorrer grandes distâncias. Em seu ciclo de vida a fêmea eclode em mar aberto, perto da desembocadura do estuário. Os jovens retornam ao estuário na fase de megalopa e, posteriormente, passam para a forma juvenil e adulta (Anônimo, 1995).

A migração das fêmeas ovíferas para o mar ocorre com a finalidade de maturar seus ovos pois os estágios larvais de zoea, não são como os adultos (Paul, 1982).

O acasalamento ocorre nas regiões mais rasas, onde o macho transfere para a fêmea os espermátóforos. Este acasalamento acontece no início do verão e as fêmeas têm a oportunidade de realizar duas posturas neste período. Se o acasalamento ocorrer no final do verão, a fêmea pode realizar uma postura neste período e ainda reter suficientes espermátóforos para utilização no verão seguinte (Lee, 1999).

Com a massa de ovos no abdômen, a fêmea migra em direção à boca do estuário ou para a área oceânica adjacente, utilizando, seletivamente, as correntes de maré, podendo desovar de 800 mil a 8 milhões de larvas (Heukelem, 1991). Nos estudos realizados na Baía de Chesapeake, as larvas recém eclodidas nadam ativamente em direção à superfície, onde são levadas para fora do estuário e o restante do seu desenvolvimento larval ocorre nas águas da plataforma continental, onde já foram encontradas a distâncias de até 70 Km da costa (McConaughy *et al.* 1983). As megalopas retornam ao estuário no final do verão e no

outono. Os juvenis se dispersam no estuário e seus tributários, onde crescem principalmente em áreas com vegetação aquática submersa, completando o seu ciclo de vida (Heukelem, 1991).

Até a década de 60, muitos trabalhos sugeriam que as larvas de *Callinectes sapidus* ficavam retidas nos estuários (Olmi & Orth, 1995). No entanto, já está comprovado que a desova ocorre na boca de estuários ou nas regiões marinhas próximas, e que suas larvas são transportadas para regiões costeiras por correntes de superfície induzidas pelo vento (Johnson, 1995). No entanto, Vieira (2006) registrou uma segunda estratégia para a região estuarina da Lagoa dos Patos, onde as fêmeas ovígeras liberam suas zoés ainda no interior do estuário com valores de salinidade a partir de 15.

Os portunídeos podem apresentar um tipo de comportamento que compreende deslocamentos para áreas com salinidades mais adequadas. As observações mostram que *Callinectes* se move em resposta às mudanças de salinidade (Norse, 1978). Já na fase juvenil, os siris migram para dentro dos estuários. Eles parecem sofrer intensiva predação e, por isso, são adaptados a explorar habitats onde os predadores são menos abundantes ou menos efetivos (van Engel, 1958).

Estudos realizados indicam que algumas espécies do gênero *Callinectes* vivem em estuários da fase jovem até a fase adulta (Tagatz, 1968), sendo que o dimorfismo sexual ocorre a partir do quarto estágio juvenil (Barutot *et al.* 2001).

*Callinectes sapidus* é a espécie do gênero, mais bem sucedida em águas temperadas (Norse, 1977), sendo um dos organismos estuarinos mais estudados, com cerca de 850 trabalhos publicados (Epifanio, 1995).

### **Aspectos pesqueiros**

As espécies de *Callinectes* têm grande importância econômica como espécie-alvo da pesca, sendo exploradas em estuários e baías de toda costa leste do continente americano, especialmente o norte-americano (Perry & Malone, 1985), ou como subproduto da pesca de outros peixes e crustáceos, principalmente do camarão, também no continente americano (Branco & Fracasso, 2004; Ferreira, 2008). A pesca de crustáceos contabiliza cerca de 30% do pescado desembarcado em todo o mundo, considerada uma atividade importante em vários países e uma das mais valiosas do planeta (Tully, 2003).

A grande produção e o consumo de siris em países da América do Norte (principalmente EUA), Europa e Japão são fornecidos pela pesca comercial realizada nesses países (Branco & Fracasso, 2004).

Em toda a América do Sul, inclusive no Brasil, a pesca de *Callinectes sapidus* ainda é um subproduto da pesca de peixes e camarões, sendo realizada como uma atividade alternativa e artesanal (Marques, 1997; Conceição, 2000; Ferreira & D’Incao, 2008).

O interesse pela pesca artesanal do siri azul no Brasil tem sido contínuo desde a década de 60, quando o estado de Alagoas registrou uma média anual de rendimento de 57 toneladas. No sul, na região do estado de Santa Catarina, 1.545 toneladas foram

---

desembarcadas em 1970; esses dois dados foram os primeiros referentes à captura de siri azul no Brasil (Pereira-Barros & Travassos, 1972), Mendonça & Barbieri (2001).

Mendonça *et al.*, (2010), apresentaram mais recentemente dados estatísticos sobre as capturas de siri-azul, abordando aspecto socioeconômico na costa brasileira, descrição da atividade e equipamentos empregados.

No Brasil existe um grande potencial pesqueiro para as espécies do gênero *Callinectes*, sendo que a captura desses siris ainda é praticada em pequena escala por pequenas comunidades distribuídas pelo litoral brasileiro (Severino-Rodrigues *et al.*, 2001). Atualmente diversas comunidades sobrevivem da pescaria de subsistência e da comercialização da captura de siris (Barreto *et al.*, 2006; Ferreira, 2008).

No estuário da Lagoa dos Patos, a pesca de *Callinectes sapidus* é mais claramente observada nas entre-safras da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* (Santos 1996). No entanto, ocorre uma pesca predatória no verão, voltada às fêmeas ovígeras que ficam agrupadas em grande número próximas ao Molhe Oeste da Barra do Rio Grande (Ferreira, 2008).

### **Metodologia da Lipofuscina**

Pigmentos de desgaste ou de envelhecimento (lipofuscina) têm sido demonstrados úteis no estudo do processo de envelhecimento, para determinação de idades e para o entendimento da dinâmica de populações de crustáceos, particularmente em espécies de importância comercial (Fonseca & Sheehy, 2007). Até o momento, estudos usando lipofuscina para determinação de idade de crustáceos estão restritos a espécies de regiões

---

temperadas, na Europa, Oceania e América do Norte. O processo de formação de lipofuscina ocorre continuamente ao longo da vida durante a respiração aeróbica das células (Terman & Brunk 2004), pois sua formação está relacionada ao estresse oxidativo resultante do metabolismo celular (Sitte *et al.*, 2001). A lipofuscina é um agregado amarelo-marron composto de aglomerados de proteínas oxidadas e lipídios (Jung *et al.*, 2007). Os principais componentes de lipofuscina são as proteínas (30 - 70%) e os lipídios (20 - 50%); enquanto que em pequenas concentrações encontram-se os carboidratos (4 - 7%), e metais traços (Al, Cu, Fe e Zn) (Porta *et al.*, 2002). A acumulação do pigmento lipofuscina é idade-dependente (Katz, 2002), e é considerada uma característica marcante no processo natural do envelhecimento, podendo ser entendida como um índice de envelhecimento fisiológico (Porta, 2002).

O uso do método da neurolipofuscina foi empregado com sucesso na resolução de grupos etários em populações de decápodes (Sheehy *et al.*, 1998, Bluhm & Brey, 2001, Fonseca & Sheehy, 2007) vivendo sob condições naturais. Estes resultados abriram novas possibilidades para o uso deste método em situações onde estudos com animais de idade conhecida, tanto cultivados ou obtidos em programas de marcação-recaptura, não são viáveis, muitas vezes ao tempo despendido com várias amostragens e saídas de campo. Especificamente, estes estudos demonstraram que a estrutura etária de populações de crustáceos determinadas a partir de métodos baseados em comprimento subestimam o número de grupos etários e, subseqüentemente, a longevidade máxima da espécie e as estimativas de mortalidade natural (Fonseca& Sheehy, 2007).

Em populações exploradas comercialmente, informações sobre a estrutura etária e crescimento são usadas em muitos modelos de avaliação de estoques. Por exemplo, durante o desenvolvimento inicial de uma pescaria, a informação sobre a longevidade da espécie alvo pode ser usada para se avaliar o rendimento pesqueiro. Com o desenvolvimento da pescaria, a composição etária e o tamanho médio dos animais capturados podem ser utilizados para a estimativa do tamanho do estoque (Hilborn & Walters, 1992). Deste modo, fica evidente que o uso do método da lipofuscina para a determinação da idade de crustáceos de interesse comercial tem potencial de descrever com mais precisão tanto a dinâmica da população da espécie quanto os efeitos da pesca no estoque. Adicionalmente, a determinação etária usando-se o método da neurolipofuscina também é vantajosa para o melhor entendimento da dinâmica populacional de espécies que não são exploradas economicamente, com a vantagem de que possíveis fatores afetando a taxa de acumulação de neurolipofuscina possam ser melhor identificados devido, por exemplo, a ausência de vícios de amostragem decorrentes da atividade pesqueira.

Enquanto populações de *Callinectes sapidus* da América do Norte têm sido muito estudadas (Avyle, 1984; Miller & Smith, 2003; Hines, 2003; Seitz, 2005), as informações sobre a dinâmica populacional de *Callinectes sapidus* na região estuarina da Lagoa dos Patos são poucas. Pode-se citar as teses de Oliveira (2005), Rodrigues (2006) e Ferreira (2007). Especificamente sobre os processos de crescimento para a população da região podemos mencionar Ferreira & D’Incao (2008) e Rodrigues & D’Incao (2008) enquanto que para a mortalidade, não há dados publicados.

Índices baseados na quantificação de neurolipofuscina (extraída por solventes e quantificada por espectrofotometria) (Ju *et al.* 1999) já foram utilizados para a determinação da idade de *Callinectes sapidus* ocorrendo na região da baía de Chesapeake Bay, entretanto, esta metodologia tem mostrado resultados muito questionáveis e vem sendo veementemente criticada na literatura (Sheehy & Roberts, 1991; Sheehy *et al.*, 1996; Porta, 2002).

Estimativas de idade são fundamentais para computar a taxa de crescimento, maturação, longevidade e taxa de mortalidade; todos esses parâmetros são vitais para a análise da população (Muller *et al.*, 1997). Por exemplo, crescimento pode ser definido como a variação do tamanho (ou peso) com a idade; a taxa de mortalidade, por sua vez, é comumente idade-dependente. A idade de primeira maturação e o decréscimo da fecundidade com a idade são exemplos da influência da idade no processo reprodutivo. Estudos sobre o crescimento de crustáceos, principalmente espécies de interesse pesqueiro, facilitam o entendimento da dinâmica populacional, permitindo interpretar flutuações naturais de suas populações e alcançar uma exploração sustentável das mesmas (Petrilla & Boschi, 1997).

### **Antecedentes e justificativas**

Atualmente a produção pesqueira artesanal é significativa, apesar da falta de apoio do governo que é totalmente direcionado para a pesca industrial e empresarial. Em todo o mundo, existem cerca de 10 milhões de pescadores artesanais, os quais são responsáveis

por quase a metade de toda a produção pesqueira, seja em águas costeiras, litorâneas ou interiores (Diegues, 2002).

A grande incidência das artes de pesca consideradas predatórias (redes de arrasto e redes de espera com malhas pouco seletivas) tem contribuído ativamente na redução dos estoques pesqueiros devido à captura indiscriminada de exemplares juvenis (Alverson *et al.* 1994). Com o passar dos anos muitos recursos pesqueiros apresentaram um declínio em seus estoques ocasionado pela sobrepesca (Reis & D’Incao, 2000).

Essa queda no setor da pesca atingiu diretamente o pescador artesanal, o qual na maioria das vezes é dependente quase que exclusivamente da pesca como meio de vida e de sustento para sua família. Com isso o pescador passou a explorar outros recursos como uma forma de amenizar esse problema. Devido à abundância do siri-azul no estuário da Lagoa dos Patos essa pesca se difundiu com o passar dos anos. Entre os braquiúros, o siri-azul é considerado como a espécie de maior importância econômica do município do Rio Grande, onde durante os meses de outono até a primavera acontece uma pescaria específica voltada para a espécie em estudo.

Devido à grande abundância do siri-azul no estuário da Lagoa dos Patos, esse recurso pode ser considerado importante para a pesca artesanal, o que ressalta a necessidade de estudos biológicos e pesqueiros que permitam um adequado manejo dessa espécie.

## OBJETIVOS E ESTRUTURA DA TESE

---

O presente trabalho reúne estudos relativos a diferentes aspectos da bioecologia e pesca do siri azul *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos com a intenção de aprimorar o conhecimento sobre sua dieta alimentar, estrutura populacional, reprodução, crescimento, mortalidade, distribuição e abundância durante sua exploração.

Foram testadas as seguintes hipóteses:

- Há diferença na dieta alimentar do siri azul nas regiões do Saco da Mangueira e Bandeirinhas;
- A CPUE não varia nos quatro pontos de estudo do baixo estuário;
- O método da Neurolipofuscina pode ser usado na determinação da idade do siri azul *Callinectes sapidus*.

Este trabalho está dividido em três capítulos, cada um deles no formato de artigo científico submetidos para publicação. No item Metodologia Geral encontra-se a descrição da obtenção de amostras utilizadas no presente estudo enquanto que a metodologia utilizada nas análises foi detalhada em cada um dos anexos (artigos científicos submetidos para publicação). Os objetivos de cada capítulo são:

### **CAPÍTULO I:**

Título: Comparação da dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (CRUSTACEA: DECAPODA: PORTUNIDAE) em dois locais no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil.

*Objetivo geral*

Registrar a possível diferença na dieta da espécie *Callinectes sapidus* em duas importantes áreas de pesca do estuário da Lagoa dos Patos. Regiões do Saco da Mangueira e o sul da Ilha dos Marinheiros – Bandeirinhas, contribuindo assim com novas informações sobre a dieta dessa espécie nesses dois locais.

*Objetivos específicos*

- a) Identificar se há diferença nas condições físicas entre as duas áreas de estudo.
- b) Composição dos itens alimentares nos indivíduos de *Callinectes sapidus* amostrados nas duas áreas de estudo.

**CAPÍTULO II:**

Título: Biologia e pesca do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (DECAPODA – PORTUNIDAE) no estuário da Lagoa dos Patos, RS.

*Objetivo geral*

Estudar as relações biométricas em comprimento e peso, e a CPUE do siri-azul *Callinectes sapidus*, no sentido de fornecer informações biológicas para sua sustentabilidade.

*Objetivos específicos*

- a) Estimar sua CPUE para cada local de amostragem.
- b) Relacionar as capturas com as diferentes estações do ano.
- c) Estimar relações entre o peso total do animal e comprimento de carapaça.
- d) Estimar a razão sexual.

### **CAPÍTULO III:**

Título: Aplicação da determinação da idade baseada na metodologia da neurolipofuscina para a espécie *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos.

#### *Objetivo geral*

Estimar a estrutura etária de *Callinectes sapidus* usando o método da neurolipofuscina, e contribuir para pesquisas futuras, utilizando-se esta metodologia, para o estudo da dinâmica de populações deste portunideo.

#### *Objetivos específicos*

- a) Estimar a taxa anual de acumulação de neurolipofuscina (% vol.) e, por meio desta, obter a idade cronológica de cada animal.
- b) Estimar a longevidade da espécie através do método da neurolipofuscina.
- c) Estimar o crescimento e a mortalidade de *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos.

## METODOLOGIA GERAL

---

### *Área de estudo*

O estuário da Lagoa dos Patos está localizado na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil (32°S, 49°W), cobrindo uma área de 10.360km<sup>2</sup> (Asmus, 1996). As flutuações de salinidade no estuário estão associadas aos ventos do quadrante Sul que promovem a penetração de águas marinhas (cunha salina) e a pluviometria na sua bacia de drenagem que é responsável por grande aporte de águas continentais (Rosa-Filho & Bemvenuti, 1998). O deságüe sazonal oriundo da Lagoa dos Patos apresenta grande variabilidade (30.300 a 47 m<sup>3</sup>/s) (Garcia, 1996), sendo do tipo “estrangulada”, onde as marés astronômicas são de importância reduzida e a circulação é movida pelo vento e descarga de água doce (Kjerfve, 1986). Grande parte dos baixios e áreas rasas (menores de 1,5m) próximas às margens do estuário da Lagoa dos Patos, com circulação reduzida e sedimento arenoso é colonizada por plantas superiores submersas, sendo que a principal espécie colonizadora é a fanerógama *Ruppia marítima* (Seeliger, 1997).

### *Fonte dos dados*

Para a realização dessa tese, foram obtidas amostras de quatro fontes diferentes do estuário da Lagoa dos Patos, sempre com barcos da frota arrasteira artesanal, mantendo fidelidade à potência do motor e o tamanho de malha de rede. As áreas de amostragem foram o Saco da Mangueira (32° 4' 44,76''S 052° 7' 54,84''W), Prado (32° 3' 30,6''S 052° 11' 6''W), sul da Ilha dos Marinheiros, local conhecido como “Bandeirinhas” (32° 1' 40,44''S 052° 13' 40,8''W) e Marambaia (31° 59' 41,28''S 052° 17,52''W) (Fig. 3). Essas áreas foram escolhidas por se acreditar em serem áreas representativas da pesca no estuário. Nesses locais foram feitos arrastos de 15 minutos sempre nos mesmos locais marcados por

GPS e feita medição de salinidade.

#### *Processamento das amostras biológicas*

Todas as amostras obtidas foram levadas integralmente ao laboratório para análise, não necessitando de quarteamento. As medidas tomadas foram à largura de carapaça ao nível do maior espinho lateral (LC1), a largura de carapaça ao nível do primeiro par de espinhos ântero-laterais (LC2) e o peso total em gramas de cada indivíduo.

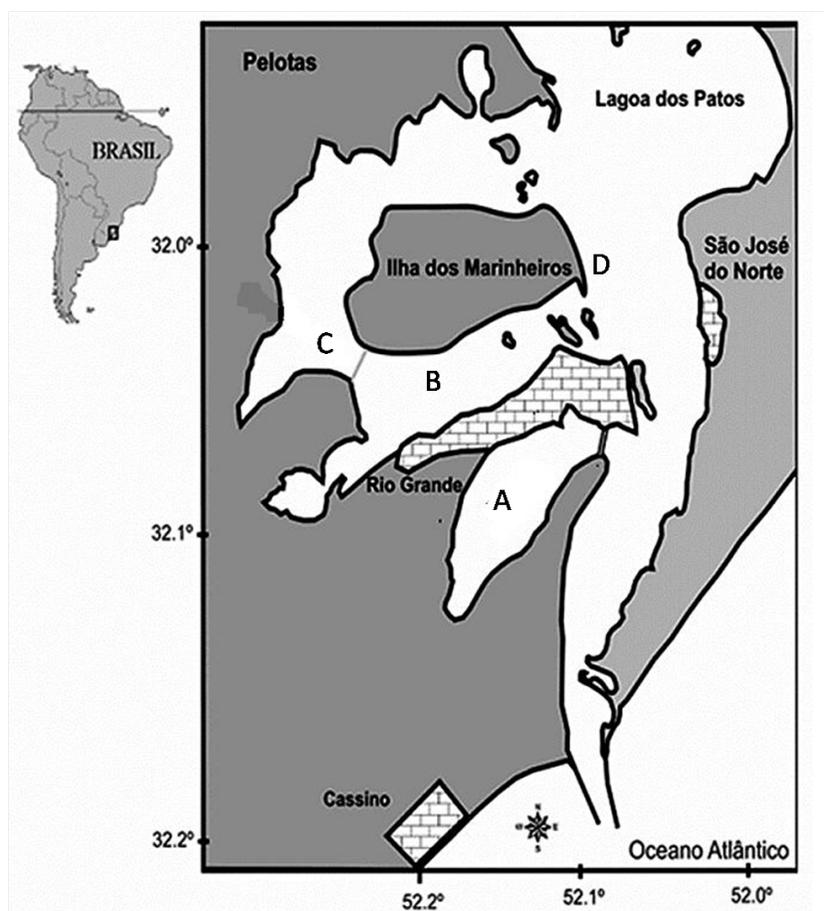


Figura 3: Estuário da Lagoa dos Patos com as áreas de amostragem de *Callinectes sapidus*. A – Saco da Mangueira, B – Prado, C – Bandeirinhas, D – Marambaia.

## CAPÍTULO 1

---

**COMPARAÇÃO DA DIETA NATURAL DO SIRI-AZUL *CALLINECTES SAPIDUS*  
(RATHBUN, 1896) (CRUSTACEA: DECAPODA: PORTUNIDAE) EM DOIS  
LOCAIS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS, RS, BRASIL**

---

**RESUMO**

O siri azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é o mais abundante dentre as espécies do gênero na região estuarina da Lagoa dos Patos, sendo considerado um predador bentônico chave. Foi feita a comparação da dieta natural do siri azul entre dois locais do estuário da Lagoa dos Patos. O estudo foi realizado nas regiões do Saco da Mangueira (32° 05' S 052° 08' W ) e Bandeirinhas (32° 02' S 052° 12' W ) – Ilha dos Marinheiros. As coletas foram realizadas em fevereiro e maio de 2009 com rede de arrasto de portas com tempo de 15 minutos. No laboratório, os intestinos foram pesados e o grau de repleção avaliado. A contribuição de cada item alimentar foi analisada com a frequência de ocorrência e a frequência relativa dos pontos. Para comparação entre os dois pontos de coleta foi realizado teste G com fator de correção de Williams ( $p < 0,05$ ). Nas Bandeirinhas foi possível identificar 18 itens, o mais ocorrente foi resto vegetal (*Erodona mactroides*, *Heleobia australis*) e Brachyura. No Saco da Mangueira foi possível identificar 12 itens, entre os mais ocorrentes estão resto vegetal (*Erodona mactroides*) e camarão. Foi observada diferença entre os itens ocorrentes na dieta de acordo com o local de coleta, sendo que a espécie se caracterizou por ser generalista oportunista, diferindo sua alimentação de acordo com a disponibilidade de presas do ambiente.

## **CAPÍTULO 2**

---

### **BIOLOGIA E PESCA DO SIRI-AZUL *CALLINECTES SAPIDUS* (RATHBUN, 1896) (DECAPODA – PORTUNIDAE) NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS, RS**

---

**RESUMO**

A espécie *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é o braquiúro mais explorado no estuário da Lagoa dos Patos, RS, sendo alvo principal ou como subproduto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Avaliações a respeito da distribuição e abundância da espécie no estuário são raras e aquelas disponíveis são obtidas a partir de cruzeiros científicos. Desta forma, se faz necessária uma caracterização das capturas obtidas a partir da frota de arrasto que objetiva o siri azul. As amostragens foram realizadas nas quatro principais áreas de pesca do estuário: Mangueira, Prado, Bandeirinhas e Marambaia, no período de outubro/2007 a março/2009. Os animais foram coletados por barcos da própria frota artesanal em arrastos de 15 minutos com rede específica para a captura da espécie. A espécie apresentou distribuição homogênea no estuário, mesmo sendo registrada em diferentes micro-habitats. A CPUE registrou diferença significativa para as estações do ano, sendo baixa para as fêmeas no verão, devido ao fato de nesse período buscarem ambientes com maiores salinidades para maturar e eclodir seus ovos. Os valores de LC apresentaram valores médios baixos no outono para ambos os sexos, o que provavelmente seja explicado pelo recrutamento da espécie por arte de pesca.

## **CAPÍTULO 3**

---

### **APLICAÇÃO DA DETERMINAÇÃO DA IDADE BASEADA NA METODOLOGIA DA NEUROLIPOFUSCINA PARA A ESPÉCIE *CALLINECTES SAPIDUS* NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS**

---

**RESUMO**

A determinação da idade através do método de quantificação de neurolipofuscina mostra-se útil e confiável no entendimento de populações de crustáceos. Neste estudo foi quantificada a acumulação *in situ* de neurolipofuscina na massa celular 10 do lobo olfativo do gânglio cerebriode (agregado 10) do siri azul *Callinectes sapidus*, usando-se metodologia microscópica padronizada e confiável. Os siris foram coletados no estuário da Lagoa dos Patos e levados para o laboratório. Uma subamostra aleatória foi retirada para a quantificação de neurolipofuscina, sendo posterior estimada a taxa anual de acumulação (% vol.), onde por meio desta pode-se obter a idade cronológica de cada animal. Foram analisados 160 animais, onde se estimou o crescimento e a mortalidade da espécie através do método da neurolipofuscina. A longevidade da espécie foi calculada em 4,15 anos, enquanto que a mortalidade total foi de  $Z=0,82$ , a mortalidade natural foi igual a  $M=0,20$ , a mortalidade por pesca foi de  $F=0,62$  e a taxa de exploração foi de  $E=0,76$ . A interpretação das composições de tamanho em função dos resultados de neurolipofuscina sugerem que podem ser identificadas novas coortes em relação aos dados de frequência de tamanho. Essas novas descobertas reforçam a base para uma boa gestão e sustentabilidade do recurso *Callinectes sapidus*; o qual é um recurso biológico importante; e fornecer orientações para uma aplicação mais ampla do método neurolipofuscina com relação ao envelhecimento.

## CONCLUSÕES GERAIS

---

### CAPÍTULO 1

- Nos dois locais de estudo as fêmeas apresentaram uma porcentagem menor de intestinos vazios em relação aos machos, o que é corroborado pela literatura.

- Observou-se uma maior variedade de itens alimentares nas Bandeirinhas, a qual apresentou exclusividade para alguns itens nessa região: semente de *Ruppia sp.*, Amphipoda, Isopoda, Mysida, *N. succinea*, Oligochaeta e Insecta. Esse fato pode ser devido a ser uma área mais nativa sem ação antrópica do homem.

- O item Resto Vegetal teve uma alta frequência de ocorrência devido ao fato do estuário da Lagoa dos Patos ser formado por cerca de 170 km<sup>2</sup> de áreas rasas (<1.5 m), as quais fornecem condições propícias ao estabelecimento e desenvolvimento de fanerógamas submersas enraizadas e macroalgas bentônicas.

- A contribuição de decápodes foi bastante elevada em relação aos outros crustáceos ocorrentes, e pode ser explicada pelo fato da existência de canibalismo e predação interespecífica, em condições ambientais, entre os braquiúros, principalmente sobre juvenis, indivíduos em ecdise ou doentes.

- De acordo com as análises feitas na dieta alimentar de *Callinectes sapidus* nos dois pontos do estuário da Lagoa dos Patos, pode-se dizer que resto vegetal, moluscos e sedimento são itens de maior importância na alimentação do siri-azul, pois estes aparecem entre os primeiros tanto na frequência de ocorrência como na frequência relativa dos pontos.

---

## CAPÍTULO 2

- Foi observada uma distribuição espacialmente homogênea para a população do siri azul no estuário, apesar dos diferentes tipos de habitats estudados.

- Comparando os valores médios de largura de carapaça, observou-se que os machos apresentam um tamanho médio maior do que as fêmeas, o que é comentado na literatura por diversos autores.

- A CPUE foi mais alta para ambos os sexos na primavera/1, o que explica o período reprodutivo da espécie, que se dá nesse período. É durante a primavera que machos e fêmeas copulam no interior do estuário. Após a cópula as fêmeas migram para a área marinha e os machos para o interior do estuário.

- No outono foram registrados os menores tamanhos de largura de carapaça capturados para ambos os sexos na região da Mangueira, o que provavelmente também possa ser explicado pelo recrutamento da espécie à arte de pesca, com a incorporação de juvenis na população, pois essa é a região protegida mais próxima do oceano, sendo considerada como um criadouro natural para diversas espécies de peixes e crustáceos.

- Os valores médios de LC capturados, tanto para machos quanto para fêmeas estão abaixo do permitido pela legislação vigente, Portaria/SUDEPE N° 24 de 26 de julho de 1983, a qual proíbe a pesca do siri com tamanho inferior a 12 cm (medida tomada entre os espinhos laterais), proíbe a captura, a industrialização e comercialização da fêmea ovígera, e também proíbe a captura em qualquer época do ano nas Zonas dos molhes da Barra de Rio Grande até 6 km de distância de cada um de seus braços.

---

- O presente estudo propõe um período de defeso para espécie no verão e primavera, o qual é o período reprodutivo da espécie, e ainda uma maior fiscalização por parte dos órgãos responsáveis quanto à captura dentro do estuário, evitando assim a sobrepesca sobre o siri-azul; regulamentação do tamanho de malha, apetrecho de pesca específico para a captura da espécie; e principalmente um maior controle fora do estuário, sobre as fêmeas ovígeras nos molhes da barra do Rio Grande.

### CAPÍTULO 3

- Os resultados obtidos com o método da neurolipofuscina demonstraram a ocorrência de animais mais velhos do que três anos de idade, idade essa geralmente registrada em trabalhos de longevidade para a espécie. No presente estudo a longevidade foi estimada em 4,15 anos.

- A espécie não atinge o tamanho de 120 mm no primeiro ano de vida, o que seria de grande importância para a espécie por aumentar a probabilidade de reprodução antes de serem capturados.

- Foi estimada uma taxa de exploração de  $E=0,76$ , taxa elevada, o que indica que a espécie *Callinectes sapidus* provavelmente esteja sendo sobre explorada.

- Como sugestão de manejo para a pesca da espécie propõe-se um período de defeso de no mínimo três meses, entre dezembro e fevereiro, preservando assim o estoque desovante durante a sua temporada reprodutiva.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A espécie *Callinectes sapidus* apresenta distribuição espacialmente homogênea ao longo do estuário da Lagoa dos Patos, com maior variabilidade sazonal na abundância relativa do que espacial. A espécie, por ser eurihalina, suporta as constantes mudanças de salinidade ocorrentes no estuário, causadas principalmente pelas chuvas e ventos. Há uma significativa diminuição das capturas no período do inverno, sendo que a espécie busca maior proteção durante esse período devido às baixas temperaturas, o que acaba por diminuir o seu metabolismo, deixando a espécie num estado letárgico, ficando assim suscetível aos predadores.

Quanto à alimentação, a espécie apresentou diferentes itens alimentares em diferentes locais do estuário, o que facilmente é explicado pelas diferenças físicas que cada região apresenta. Um tópico importante também abordado no estudo foi o uso da quantificação da lipofuscina como ferramenta para determinação da idade em crustáceos, com isso podendo-se determinar a estrutura etária da espécie bem como estimar a longevidade, parâmetros de crescimento e mortalidade da espécie. Essa metodologia tem o objetivo de contribuir para pesquisas futuras sobre a espécie e também para o estudo da dinâmica de populações de outros portunídeos no estuário.

Devido a sua considerável produtividade, esse recurso deve ser constantemente monitorado e avaliado, com o propósito de manter a sua sustentabilidade, sendo importante caracterizar as capturas obtidas pela frota que objetiva o siri azul no estuário da Lagoa dos Patos, no que diz respeito a sua variação sazonal de abundância e de tamanhos de comprimento nas principais áreas de pesca, gerando subsídios para o gerenciamento do

recurso na região. No Brasil não existem muitos trabalhos sobre a bioecologia da espécie, e esse trabalho possibilitou preencher um pouco essa lacuna vazia sobre o assunto.

Como sugestão de manejo para a pesca da espécie propõe-se um período de defeso de no mínimo três meses, entre dezembro e fevereiro, preservando assim o estoque desovante durante a sua temporada reprodutiva. É nesse período que as fêmeas migram para fora do estuário com o intuito de maturar seus ovos, ficando assim mais suscetíveis a captura no entorno do braço Oeste dos molhes da barra do Rio Grande. É de extrema importância também a preservação dos machos nesse período, os quais migram para áreas mais internas do estuário.

## BIBLIOGRAFIA

---

- Alverson, D.L.; Freeberg, M.H. Pope, J.G. & Murawisk, S.A., 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO Fisheries Technical Paper, 339: 1-233.
- Anônimo. 1995. The blue crab fishery. Virginia Marine Resource Bulletin., 27 (1 & 2): 1-31.
- Asmus, M.L., 1996. Coastal plain in Patos Lagoon. In U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello (eds.), Subtropical convergence environments, the coast and sea in the Southwestern Atlantic, Springer, Berlin, pp. 9-12.
- Avyle, M.J.V.D. 1984. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (South Atlantic) - blue crab. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-82/11.19. U.S. Army Corps of Engineers, TR EL-82-4. 16 p.
- Barutot, R.A.; Vieira, R.R.R. & Rieger, P.J., 2001. Desenvolvimento juvenil de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda: Portunidae), em laboratório, a partir de megalopas coletadas no plâncton. Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre, 14(1): 23-42.
- Barreto, A.V.; Leite, L.M.A.B. & 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. Série Zoologia, Porto Alegre, 96: 141-146.
- Bluhm, B. & Brey, T. 2001. Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea: Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin. Marine Biology. 138: 247-257.

- 
- Boyd, C.E. & Goodyear, C.P., 1972. Nutritive quality of food in ecological systems. *Archiv fur Hydrobiologie*, 69: 256-270.
- Branco, J.O. & Fracasso, H.A.A. 2004. Biologia populacional de *Callinectes ornatus* (Ordway) na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(1): 91-96.
- Churchill, Jr., E.P. 1919. Life history of the blue crab. *Bulletin U.S. Bureal Fishery*, 36: 91-128.
- Coelho, P.A. & Ramos, M.A., 1972. A constituição e a distribuição da fauna de decápodos do litoral leste da América do Sul entre as latitudes de 5° N e 39° S. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal do Pernambuco, Recife*, 13: 133-236.
- Conceição, L.I.W., 2000. Estudos genéticos em siris do gênero *Callinectes* Stimpson (CRUSTACEA) da região do sul do Brasil: I – Estudos sistemáticos; II – Estudos populacionais. Tese, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 244 p.
- Cox, C. & Moore, P., 1993. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. 5ªed., Oxford, Blackwell Scientific Publications, 325p.
- Diegues, A.C.S. 2002. Sea tenure, traditional knowledge and management among Brazilian artisanal fisherman. NUPAUB. Research Center on Population and Wetland, 58 p.
- van Engel, W.A. 1958. The blue crab and its fishery in the Chesapeake Bay. Part. 1. Reproduction, early development, growth, and migration. *Commercial Fisheries Review*, 20: 6-17.

- van Engel, W.A. 1987. Factors affecting the distribution and abundance of the blue crab in Chesapeake Bay. In: Majumdar, S.K.; Hall Jr., L.W. & Austin, H.M. eds. Contaminant Problems and Management of Living Chesapeake Bay Resources. The Pennsylvania Academic of Science. 178-209.
- van Engel, W.A. 1990. Development of the reproductively functional form in the male blue crab *Callinectes sapidus*. Bulletin of Marine Science, 46(1): 13-22.
- Epifanio, C.E. 1995. Transport of blue crab (*Callinectes sapidus*) larvae in the waters off Mid-Atlantic states. Bulletin of Marine Science, 57(3): 713-725.
- Ferreira, L.S. 2007. Pesca do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda: Portunidae) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 82 p.
- Ferreira, L.S. 2008. Crescimento de *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no estuário da laguna dos Patos, RS, Brasil. Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre, 98(1): 70-77.
- Fonseca, D.B. & Sheehy, M.R.J. 2007. Does size matter? A cautionary experimento on overoptimism in lenght-based bioresource management. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 64: 996-1008.
- Garcia, C.A.E., 1996. Hydrographic characteristics. In U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello (eds.), Subtropical convergence environments, the coast and sea in the Southwestern Atlantic. Springer, Berlin, 18-20.

- 
- Heukelem, W.F. 1991. Blue crab *Callinectes sapidus*. In: Habitat requirements for Chesapeake Bay living resources. Funderburk S.L., J.A. Mihursky, S.J. Jordan & D. Riley (eds.). Cheseapeak Research Consortium, Inc. Maryland. 1-24.
- Hilborn, R. & Walters, C. J. 1992. Analysis of body size and growth data. In: Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty, London: Chapman & Hall. 410-433.
- Hines, A.H.; Lipcius, R.N. & Haddon, A.M., 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex and molt stage of blue crab *Callinectes sapidus*, in a subestuary of Central Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series, 36: 55-64.
- Hines, A.H., Haddon, A.M. & Weichert, L.A. 1990. Guild structure and foraging impact of blue crabs and epibenthic fish in a subestuary of Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series, 67: 105-126.
- Hines, A.H. 2003. Ecology of juveniles and adult blue crabs: summary of discussion of research themes and directions. Bulletin Marine of Science 72 (2): 423-433.
- Johnson, D.R., 1995. Wind forced surface currents at the entrance to Chesapeake Bay: the effect on the blue crab larval dispersion and post-larval recruitment. Bulletin Marine of Science, 57(3): 726-738.
- Ju, S-J., Secor, D.H. & Harvey, H.R. 1999. Use of extractable lipofuscin for age determination of blue crab *Callinectes sapidus*. Marine Ecology Progress Series. 185: 171-179.

- 
- Jung, T., Bader, N., Grune, T., 2007. Lipofuscin: formation, distribution, and metabolic consequences. *Ann. N. Y. Academic Science*. 1119, 97–111.
- Katz, M.L. & Robinson, W.G. 2002. What is lipofuscin? Defining characteristics and differentiation from other autofluorescent lysosomal storage bodies. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 34: 169-184.
- Kjerfve, B. 1986. Comparative Oceanography of Coastal Lagoons. *In* Wolfe D.A. (ed) Estuarine variability. Academic Press, New York, pp. 63-81
- Lee, J.T. 1999. Padrões sazonais e diários da distribuição e abundância das megalopas de *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Tese de Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 77 p.
- Marques, W.T., 1997. Estimativa da rejeição da pesca do camarão-rosa *Penaeus paulensis* com “aviãozinho” no estuário da Lagoa dos Patos (RS), Brasil. Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 102p.
- Martin, J.W & Davis, G.E., 2001. An update classification of the recent Crustacea. *Natural History Museum of Los Angeles County. Science Series*, 39.
- McConaughy, J.R., Johnson, D.F., Provenzano, A.J. & Maris, R.C. 1983. Seasonal distribution of larvae of *Callinectes sapidus* (CRUSTACEA: DECAPODA) in the waters adjacent to Chesapeake Bay. *Journal of Crustacean Biology*, 3(4): 582-591.

- Melo, G.A.S., 1985. Taxonomia e padrões distribucionais e ecológicos dos Brachyura (Crustácea, Decapoda) do litoral sudeste do Brasil. Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 215 p.
- Melo, G.A.S. 1996. Manual de Identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo, Plêiade. 604p.
- Mendonça, J.T. & Barbieri, E. 2001. A pesca do siri no litoral do Estado de São Paulo, Cadernos – Centro Universitário São Camilo. 7(2): 36-46.
- Mendonça, J.T., Verani, J.R. & Nordi, N. 2010. Evaluation and management of blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) (Decapoda – Portunidae) fishery in the Estuary of Cananéia, Iguape and Ilha Comprida, São Paulo, Brazil. Brazilian Journal of Biology. 70(1): 37-45.
- Miller, T.J. & Smith, S.G. 2003. Modeling crab growth and population dynamics: insights from the Blue Crab conference. Bulletin Marine of Science. 72 (2): 537-541.
- Muller, R.G., Hunt, J.H., Matthews, T.R. & Sharp, W.C. 1997. Evaluation of effort reduction in Florida Keys spiny lobster, *Panulirus argus*, fishery using an age structured population analysis. Marine Freshwater Research. 48: 1045-1058.
- Norse, E.A., 1977. Aspects of the zoogeographic distribution of *Callinectes* (Brachyura: Portunidae). Bulletin Marine of Science, 27(3): 440-447.
- Norse, E.A., 1978. An experimental gradient analysis: hyposalinity as an “upstress” distributional determinant for Caribbean Portunid crabs. Biology Bulletin, 155: 586-598.

- 
- Oliveira, A.R. 2005. Bioecologia do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Tese de Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 172 p.
- Olmi, E.J. & Orth, R.J. 1995. Introduction to the proceedings of the blue crab recruitment symposium. *Bulletin Marine of Science*, 57(3): 707-712.
- Paul, R.K.G., 1982. Observations on the ecology and distribution of swimming crabs on the genus *Callinectes* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the Gulf of Califórnia, México. *Crustaceana*, 42 (1): 96-100.
- Pereira – Barros, J.B. & Travassos, I.B. 1972. Informes sobre a pesca e biologia de siri-tinga (*Callinectes danae*) e guajaú (*Callinectes sapidus*), na Lagoa Mundaú – Maceió – Alagoas. SUDENE/DRN/RP. Série de Estudos de Pesca, 2: Parte II.
- Perry, H & Mallone, R. 1985. National Symposium on the soft-shelled blue crab fishery. Gulf Coast Research Laboratory, 128 p.
- Petrilla, A.M. & Boschi, E.E. 1997. Crecimiento em crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Investigaciones Marinas, Valparaíso*. 25: 135-157.
- Pinheiro, M.A.A. 1995. Biologia reprodutiva do siri chita *Arenaeus cribrarius* (Lamarck, 1818) (Crustacea, Brachyura, Portunidae) na região de Ubatuba, litoral norte do estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 180 p.

- 
- Porta, E.A. 2002. Pigments in aging: an overview. *Ann. NY Acad. Sci.* 959, 57-65.
- Porta, E.A., Berra, A., Monserrat, A.J. & Benavides, S.H. 2002. Differential Lectin Histochemical Studies on Lipofuscin (age-pigment) and on selected Ceroid Pigments. *Archives Gerontology and Geriatrics*, 34: 193-203.
- Powers, L.W., 1977. A catalogue and bibliography to the crabs (Brachyura) of the gulf of México. *Contributions in Marine Science*, 20: 69-87.
- Rathbun, M.J. 1930. The Cancroid crabs of América of the families, Euryalidae, Portunidae, Atelecyclidae, Cancridae and Xanthidae. *Bulletin United States National Museum*, 152: 1-609.
- Reis, E.G. & D'Incao, F. 2000. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based management. *Ocean & Coastal Management*, 43: 585-595.
- Rodrigues, M. 2006. Crescimento e ciclo de mudas de *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) no estuário da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 83 p.
- Rodrigues, M. 2008. Comparação do crescimento entre *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) coletados em campo e mantidos em condições controladas. *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*, 98(3): 372-378.

- Rosa-Filho, J.S. & Bemvenuti, C.E. 1998. Caracterización de las comunidades macrobentónicas de fondos blandos en regiones estuarinas de Rio Grande do Sul (Brasil). *Revista de Ciencias del Mar Thalassas*, 14: 43-56.
- Santos, C.R.M., 2002. Biogeografia histórica e padrões atuais de distribuição do gênero *Callinectes* Stimpson, 1860 (CRUSTACEA, BRACHYURA, PORTUNIDAE) do litoral brasileiro. Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 188 p.
- Santos, C.R.M. & D’Incao, F., 2004. Crustáceos no cerrito Ariano Souza, Rio Grande do Sul e distribuição de *Callinectes sapidus* (Brachyura, Portunidae). *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 94(1): 73-76.
- Santos, C.R.M. 2007. Biogeografia, sistemática e filogenia de *Portunidae* Rafinesque, 1815 do Oceano Atlântico Ocidental (Crustacea, Decapoda): ênfase em *Callinectes* Stimpson, 1860 e *Portunus* Weber, 1795. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 296 p.
- Santos, M.H.S. 1996. Efeitos do cobre e zinco na sobrevivência e crescimento de pós-larvas do camarão-rosa *Penaeus paulensis* (Decapoda-Penaidae). Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 102 p.
- Seeliger, U. 1997. Environment and Biota of the Patos Lagoon Estuary. Submersed spermatophytes. *In*: U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello (eds.) *Subtropical Convergence Environments. The coast and sea in the southwestern Atlantic*. Springer-Verlag, Berlin, 27-29 pp.

- 
- Seitz, R.D. 2005. Introduction to the proceedings of the 2003 Blue Crab Symposium: genetics, ecology, and conservation of the blue crab. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319: 1-2.
- Severino-Rodrigues, E.; Pita, J.B. & Graça-Lopes, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustácea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 27 (1): 7-19.
- Sheehy, M.R.J. & Roberts, B.E. 1991. An alternative explanation for anomalies in “soluble lipofuscin” fluorescence data from insects, crustaceans, and other aquatic species. *Experimental Gerontology*, 26: 495-509.
- Sheehy, M.R.J., Shelton, P.M.J., Wickins, J.F., Belchier, M. & Gaten, E. 1996. Ageing the European lobster *Homarus gammarus* by the lipofuscin in its eyestalk ganglia. *Marine Ecology Progress Series*, 143: 99-111.
- Sheehy, M.R.J., Caputi, N., Chubb, C. & Belchier, M. 1998. Use of lipofuscin for resolving cohorts of western rock lobster (*Panulirus cignus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 925-936.
- Sitte, N., Merker, K., Grude, T. & Vzglinicki, T. 2001. Lipofuscin accumulation in proliferating fibroblasts in vitro: an indicator of oxidative stress. *Experimental Gerontology*, 36: 475-486.
- Tagatz, M.E., 1968. Biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Johns River, Florida. *Fishery Bulletin*, 67 (1): 17-33.

- Taissoun, E.N., 1973. Biogeografía y ecología de los cangrejos de la familia Portunidae (Crustacea, Decapoda, Brachyura) en la costa atlántica de América. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 7: 7-23.
- Terman, A, & Brunk, U.T. 2004. Molecules in focus – lipofuscin. Int. Journal of Biochemistry & Cell Biology, 36: 1400-1404.
- Tully, O. 2003. Crustacean fisheries. Fisheries Research, 65 (1-3), p 1-2.
- Vieira, R.R.R. 2006. Identificação, abundância e distribuição das fases larvais das espécies de Brachyura (Crustacea, Decapoda) no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Tese de Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 203 p.
- Warner, G.F., 1977. The biology of crabs. Elek Science London. 202 p.
- Williams, A.B. 1974. The swimming crabs of the genus Callinectes (Decapoda: Portunidae). Fishery Bulletin., 72(3): 685-798.

**COMPARAÇÃO DA DIETA NATURAL DO SIRI-AZUL *CALLINECTES SAPIDUS* RATHBUN, 1896 (CRUSTACEA: DECAPODA: PORTUNIDAE) EM DOIS LOCAIS NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS, RS, BRASIL.**

**Abstract**

The blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 is the most abundant species of genus in the estuarine region of Lagoa dos Patos, considered as key benthic predator. This study aims to compare the natural diet of the blue crab between two sites in the estuary of Lagoa dos Patos. Samples were collected in February and May 2009 by using an otter trawl towed during 15 minutes. In the laboratory, the intestines were weighed and assessed the degree of fullness. The contribution of each food item was analyzed by using the frequency of occurrence and relative frequency of points. The comparison between both sites was performed using G test with Williams correction factor ( $p < 0.05$ ). At Bandeirinhas 18 items were identified, the rest were more occurring plant *Erodona mactroides*, *Heleobia australis* and Brachyura. At Saco da Mangueira 12 items were identified, among the rest are occurring plant *Erodona mactroides* and shrimp. Difference was found among the items occurring in the diet according to the collection site. The blue crab is characterized as opportunistic generalist, its diet differs according to prey availability in the environment.

Keywords: diet, *Callinectes*, Lagoa dos Patos, blue crab.

**Resumo**

O siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é o mais abundante dentre as espécies do gênero na região estuarina da Lagoa dos Patos, sendo considerado um predador bentônico chave. O presente estudo tem por objetivo fazer a comparação da dieta natural do siri-azul entre dois locais do estuário da Lagoa dos Patos. As coletas foram realizadas em fevereiro e maio de 2009 com rede de arrasto de portas durante 15

minutos. No laboratório, os intestinos foram pesados e o grau de repleção avaliado. A contribuição de cada item alimentar foi analisada com a frequência de ocorrência e a frequência relativa dos pontos. Para comparação entre os dois pontos de coleta foi realizado teste G com fator de correção de Williams ( $p < 0,05$ ). Nas Bandeirinhas foi possível identificar 18 itens, os mais ocorrentes foram resto vegetal, *Erodona mactroides*, *Heleobia australis* e Brachyura; no Saco da Mangueira foi possível identificar 12 itens, entre os mais ocorrentes estão resto vegetal, *Erodona mactroides* e camarão. Foi observada diferença entre os itens ocorrentes na dieta de acordo com o local de coleta. O siri-azul se caracteriza por ser generalista oportunista, diferindo sua alimentação de acordo com a disponibilidade de presas do ambiente.

Palavras-Chave: dieta alimentar, *Callinectes*, Lagoa dos Patos, siri azul.

## **Introdução**

*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é uma espécie de grande valor econômico, sendo explorado na costa atlântica dos EUA e da América Central (Olimi & Orth, 1995). No Brasil, capturas comerciais são realizadas no estado de Santa Catarina enquanto que no Rio Grande do Sul elas ocorrem como subproduto da pesca artesanal de peixes e camarões (Ferreira & D’Incao, 2008). A espécie é considerada como o braquiúro mais importante, do ponto de vista pesqueiro, da região estuarina da Lagoa dos Patos/RS (Ceperg/Ibama, 2002).

O siri azul é classificado como predador bentônico chave por controlar a abundância de outras espécies bentônicas estuarinas, consumindo uma grande variedade de organismos tanto da infauna como epifauna (Hines *et al.*, 1990). Por serem vorazes predadores, os braquiúros podem exercer importantes efeitos sobre a estrutura e função de sistemas aquáticos e afetar diretamente a abundância e a estrutura

de tamanhos de suas presas, através da remoção selecionada de certos indivíduos da comunidade predada (Wright *et al.*, 1996).

A alimentação da espécie já foi foco de alguns trabalhos como os de Laughlin (1982) que realizou estudos no estuário de Apalachicola, Flórida (EUA); Kapusta & Bemvenuti (1998) investigaram a atividade nictemeral de alimentação de *Callinectes sapidus* em uma pradaria de *Ruppia maritima* numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos; Oliveira *et al.* (2006) analisaram a dieta na região estuarina da Lagoa dos Patos em relação as variações sazonais. Para outras espécies do gênero *Callinectes*, Branco & Verani (1997) realizaram estudo sobre a alimentação de *C. danae* na Lagoa da Conceição / SC, e Mantelatto & Christofolletti (2001) analisaram a dieta de *C. ornatus* na Baía de Ubatuba / SP.

Diferentemente de Oliveira *et al.* (2006) que consideraram o estuário da Lagoa dos Patos como um todo; esse manuscrito considera a possível diferença na dieta dessa espécie entre as regiões do Saco da Mangueira e o sul da Ilha dos Marinheiros – Bandeirinhas, contribuindo assim com novas informações sobre a dieta dessa espécie.

## **Material e Métodos**

### *Área de Estudo*

As coletas foram realizadas em dois pontos do estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil, no sul da Ilha dos Marinheiros, mais precisamente no local chamado “Bandeirinhas” (32° 02’S 052° 12W) e no Saco da Mangueira (32° 05’S 052° 08W) (Fig. 1).

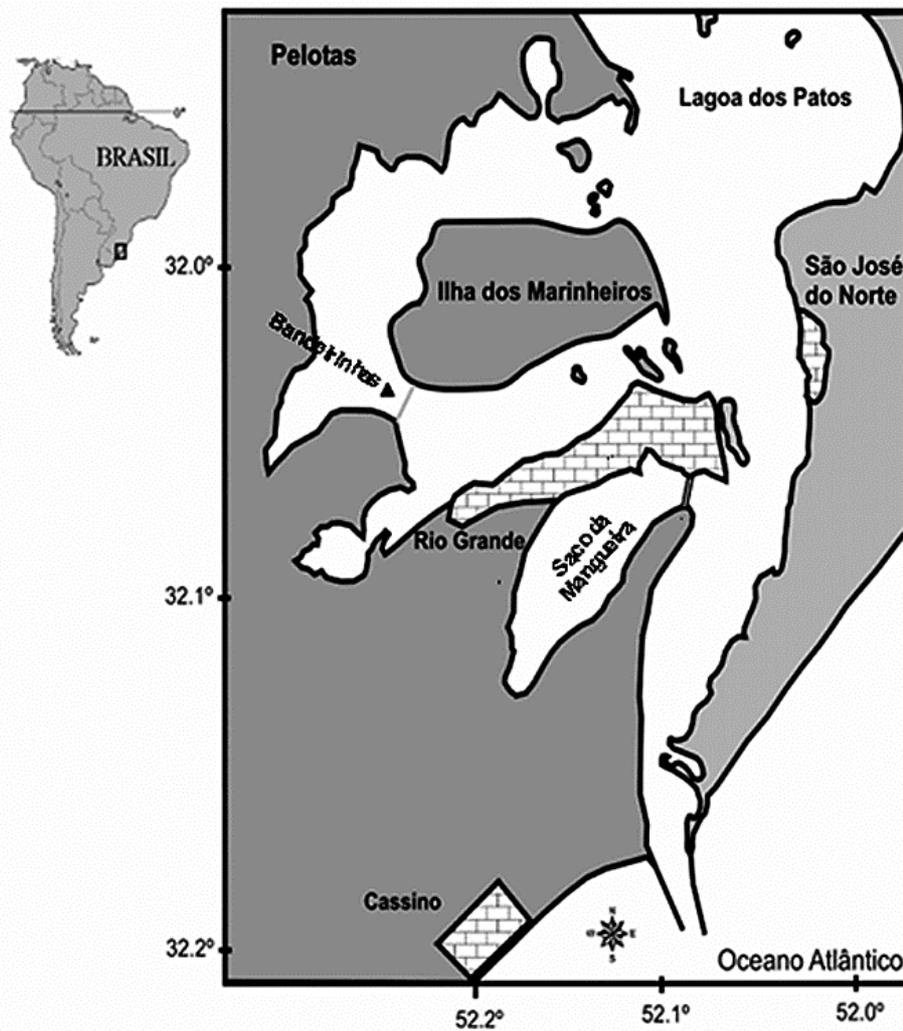
O Saco da Mangueira é uma enseada rasa, semi fechada, de forma ovalada e localiza-se ao sul da cidade do Rio Grande, possui 23 Km<sup>2</sup> de área submersa e uma profundidade máxima de 1,5m. Funciona como um pequeno estuário dentro do maior (Lagoa dos Patos), onde desemboca. Nessa enseada destaca-se o lançamento do

principal efluente oficial doméstico da cidade (sem tratamento) nas proximidades da entrada da enseada, além dos lançamentos de vários efluentes domésticos clandestinos e de efluentes de indústrias marginais com atividades bastante diversificadas (Almeida *et al.*, 1993).

A Ilha dos Marinheiros localiza-se à margem oeste do estuário no município de Rio Grande e é a maior ilha do complexo estuarino da Lagoa dos Patos abrangendo uma área de aproximadamente 62 Km<sup>2</sup>, sendo caracterizada por campos alagadiços, lagos rasos intermitentes, cordões de dunas e mantos arenosos. Pequenas formações de mata arenosa e mata palustre estão presentes em alguns pontos (Vieira, 1983).

#### *Metodologia de Coleta*

Foram realizadas duas coletas durante os meses de fevereiro e maio (verão/outono) de 2009. Os animais foram coletados no período diurno com uma rede de arrasto de portas por um período de 15 minutos. O tamanho das malhas medidas entre nós opostos variavam entre 76 e 78 mm no corpo da rede e entre 60 e 66 mm no saco, o que caracteriza a captura dos indivíduos adultos.



**Figura 1:** Lagoa dos Patos e região adjacente com as áreas de amostragem de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896.

Após a coleta os animais foram acondicionados em um balde com formol 10%, por um período de vinte e quatro horas para retardar o processo de digestão. Após, os animais foram separados por sexo e feita a biometria (medida da largura da carapaça em centímetros) com auxílio de paquímetro e a análise dos conteúdos alimentares. A largura da carapaça (LC) foi considerada como a distância entre os últimos espinhos ânterolaterais. Cada animal foi pesado em gramas (exatidão 0,01g). Estes procedimentos foram realizados no Laboratório de Crustáceos Decápodos, Instituto de Oceanografia - FURG.

Após a biometria os animais foram dissecados, o intestino foi retirado, pesado, avaliado visualmente em relação ao grau de repleção (quantidade de alimento presente

no seu interior) e classificado de acordo com Santos (1978) como segue: classe 3 (100% - 70,1%); classe 2 (70% - 30,1%); classe 1 (30% - 0,1%); classe 0 (0%). O conteúdo, devidamente identificado, foi depositado em placa de Petri e com o auxílio de um microscópio estereoscópico.

Os itens alimentares foram identificados ao menor nível taxonômico possível. Os que não puderam ser identificados, devido ao seu elevado grau de digestão, foram considerados como matéria orgânica indeterminada (MOI), os restos de origem animal que não puderam ser identificados com uma maior exatidão foram considerados como resto animal, a vegetação não identificada foi considerada como resto vegetal e a areia foi considerada como sedimento. O índice de repleção médio (Ir) foi estimado de acordo com Santos (1978) e relaciona o peso do animal com o peso do intestino. Assim pode-se avaliar se o animal consumiu mais ou menos presas.

A contribuição relativa de cada item, no volume total do conteúdo do intestino, foi mensurada segundo o método dos pontos proposto por Williams (1981), sendo subjetivamente atribuída uma escala de pontos com cinco categorias. O item recebeu 100 pontos apresentando valores de volume entre 100% e 95,1% do conteúdo do intestino; 75 pontos entre 95% e 65,1%; 50 pontos entre 65% e 35,1%; 25 pontos entre 35% e 5,1%; e 2,5 pontos para volumes com valores menores que 5%. O número de pontos recebidos por cada item foi relativo ao grau de repleção do intestino no qual se encontrava. Esta atribuição consiste em multiplicar o número de pontos por um valor dependente das classes de repleção: classe 3 – 1,00; classe 2 – 0,60; classe 1 – 0,20, (classe 3= número de pontos x 1,00; classe 2= número de pontos x 0,60; classe 1= número de pontos x 0,20). Assim, o máximo de pontos que um simples item em um único intestino pode obter é 100 (100 x 1,00, onde está presente somente um item em um intestino completamente cheio). O mínimo possível é 0,5 (2,5 x 0,20, onde o item

representa menos de 5% de um intestino quase vazio). Os intestinos da classe 0 foram desconsiderados por não possuírem nenhum item alimentar em seu interior. A porcentagem para cada item foi calculada segundo a fórmula:  $FP = \sum_{j=1}^n (P_{Faij}/A) \times 100$ , onde  $a_{ij}$  é o número de pontos que cada item  $i$  obteve no intestino  $j$  de cada animal e  $A$  é o número total de pontos para todos os itens em todos os animais da amostra.

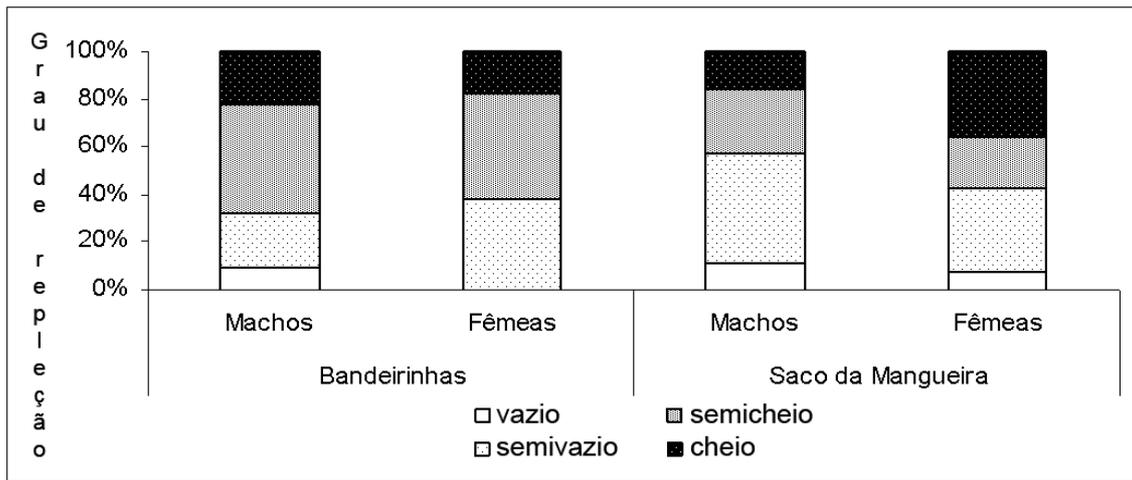
A frequência de ocorrência foi calculada segundo a fórmula:  $FO = b_i / N \times 100$ , onde  $b_i$  é o número de animais nos quais o item  $i$  está presente e  $N$ , o número de animais da amostra (todos os que possuem conteúdo no intestino).

Para fazer a comparação da dieta natural de *C. sapidus* entre dois pontos do estuário da Lagoa dos Patos foi utilizado o teste G com o fator de correção de Williams, através do programa BioEstat 5.0 com nível de significância de 0,05.

## **Resultados**

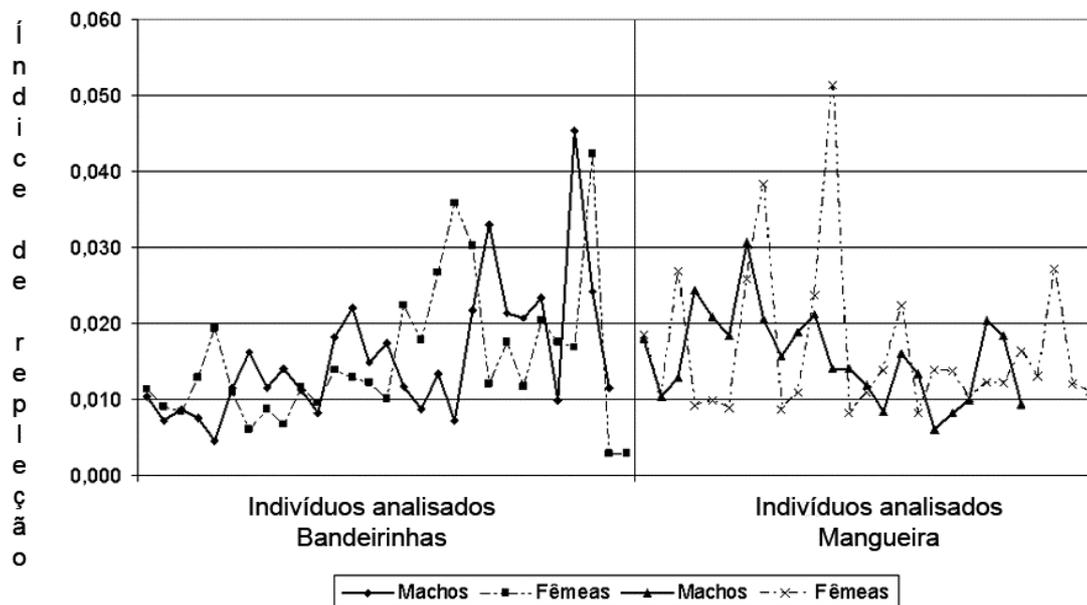
Foram analisados 107 intestinos de *C. sapidus*, sendo 57 do local Bandeirinhas, no sul da Ilha dos Marinheiros (28 machos e 29 fêmeas) e 50 do Saco da Mangueira (23 machos e 27 fêmeas).

Dentre os 57 intestinos analisados nas Bandeirinhas, 9,7% dos intestinos dos machos estavam vazios e 90,4% apresentaram conteúdo, das fêmeas analisadas 100% dos intestinos tinham algum tipo de alimento. Dos 50 intestinos analisados dos animais capturados no Saco da Mangueira, 11,5% dos intestinos dos machos estavam vazios e 88,5% apresentavam algum tipo de item alimentar, das fêmeas analisadas 7,1% dos intestinos estavam vazios e 92,8% com alimento (Fig. 2).



**Figura 2** – Grau de Repleção dos intestinos anteriores de machos e fêmeas de *Callinectes sapidus* para os dois locais de coleta.

O índice de repleção médio ( $I_r$ ) de *C. sapidus* coletados nas Bandeirinhas foi 0.016 para os machos e 0.015 para as fêmeas. No Saco da Mangueira foi de 0.016 para os machos e 0.017 para as fêmeas (Fig. 3).



**Figura 3** – Índice de Repleção Média dos intestinos anteriores de machos e fêmeas de *Callinectes sapidus* para os dois locais de coleta.

Nos exemplares coletados nas Bandeirinhas foi possível identificar 18 itens componentes da dieta. Os itens com maior frequência de ocorrência foram restos vegetais, moluscos (*Erodona mactroides* e *Heleobia australis*) e braquiúros. Os de menor ocorrência foram Oligochaeta, Insecta, Mysida e sementes de *Ruppia* sp. No

Saco da Mangueira foram identificados 12 itens alimentares, sendo os de maior frequência de ocorrência os restos vegetais, moluscos (*Erodona mactroides* e *Heleobia australis*) e camarão-rosa (*Farfantepenaeus sp.*). Os de menor ocorrência foram os Ostracoda e restos animais (Tabela 1).

O teste G com o fator de correção de Williams ( $p < 0,05$ ) aplicado a frequência absoluta de ocorrência dos 19 itens alimentares para os dois locais de captura não apresentou diferença significativa na proporção dos itens alimentares consumidos por machos e fêmeas ( $p = 0,5684$  - Bandeirinhas e  $p = 0,3811$  - Saco da Mangueira). O resultado do teste G agrupando-se os sexos e comparando-se os dois locais obteve-se uma diferença significativa na dieta dos animais ( $p = 0,0004$ ).

Tabela 1 – Frequência Relativa dos pontos (P%) e Frequência de Ocorrência (O%) dos itens alimentares presentes nos intestinos anteriores de machos e fêmeas de *Callinectes sapidus* coletados nas Bandeirinhas e no Saco da Mangueira.

Itens Alimentares	Bandeirinhas		Saco da Mangueira	
	P%	O%	P%	O%
Semente de <i>Ruppia</i> sp.	0.1	1.8	0	0
Resto vegetal	12.0	77.2	11.5	68.0
<i>Heleobia australis</i>	6.1	42.1	4.3	30.0
<i>Erodona mactroides</i>	33.0	52.6	11.5	40.0
<u>Brachyura</u>	8.3	35.1	14.9	38.0
Camarão	2.3	7.0	13.9	40.0
<u>Ostracoda</u>	1.5	10.5	1.4	4.0
<u>Cirripedia</u>	0	0	0.6	10.0
<u>Amphipoda</u>	2.0	3.5	0	0
<u>Isopoda</u>	1.1	3.5	0	0
<u>Mysida</u>	0.1	1.8	0	0
<i>Neanthes succinea</i>	1.3	5.3	0	0
<i>Laeonereis acuta</i>	2.0	3.5	0.5	10.0
Peixe	3.2	12.3	9.6	26.0
<u>Oligochaeta</u>	0.1	1.8	0	0
<u>Insecta</u>	0.1	1.8	0	0
Sedimento	19.2	75.4	10.2	36.0
Resto Animal	0.8	14.0	1.7	8.0
Matéria Orgânica				
Indeterminada	6.9	24.6	19.9	36.0

## Discussão

A frequência de indivíduos com intestino anterior vazio foi acentuadamente mais baixa do que aqueles com conteúdo alimentar em ambos os sexos e ambos os locais de captura. Oliveira *et al.* (2006) em seu trabalho de análise da dieta do siri-azul na região estuarina da Lagoa dos Patos, também observaram que aproximadamente 90% dos intestinos anteriores de *Callinectes sapidus* apresentaram algum tipo de conteúdo alimentar. Os animais capturados nas Bandeirinhas apresentaram menor proporção de intestinos vazios comparando com a dos animais do Saco da Mangueira, talvez devido a uma maior diversidade de presas encontrada neste local.

Nos dois locais as fêmeas apresentaram uma porcentagem menor de intestinos vazios que os machos. Oliveira *et al.* (2006) observaram uma maior proporção de intestinos vazios para as fêmeas do que para machos. Diferenças de repleção de intestinos de machos e fêmeas de *C. sapidus* também puderam ser observadas por Laughlin (1982), no estuário de Apalachicola, Flórida (EUA).

A alta porcentagem de intestinos anteriores de *C. sapidus* com alimento indica uma alta taxa de predação/alimentação desta espécie de acordo com Oliveira *et al.* (2006). Edgar (1990) afirma que os portunídeos apresentam maior atividade e crescimento que a maioria dos crustáceos, podendo ser esta a explicação para a constante voracidade relatada em estudos alimentares com espécies dessa família.

Comparando-se os dois locais de coleta, observa-se uma maior variedade de itens alimentares nas Bandeirinhas a qual apresentou exclusividade para alguns itens nessa região: semente de *Ruppia sp.*, Amphipoda, Isopoda, Mysida, *N. succinea*, Oligochaeta e Insecta. Já o item Cirripedia apareceu na dieta dos animais somente do Saco da Mangueira. Kapusta & Bemvenuti (1998), estudando a atividade nictemeral da alimentação de juvenis de *Callinectes sapidus* numa pradaria e num plano não-

vegetado, observaram a dominância de itens alimentares de acordo com os distintos habitats.

Os moluscos *E. mactroides* e *H. australis* obtiveram índices significativos de ocorrência em ambos locais estudados, corroborando com o trabalho de Oliveira *et al.* (2006) que apresentou também um alto índice de moluscos predados, sendo este o grupo mais ocorrente em seus estudos. Kapusta & Bemvenuti (1998) verificaram maior frequência do gastrópode *H. australis* para os juvenis das enseadas rasas do estuário da Lagoa dos Patos. A presença de moluscos na dieta dos braquiúros, em especial portunídeos, é de grande importância e foi registrada por vários autores (Laughlin, 1982; Hines *et al.*, 1990; Mantelatto & Christofolletti, 2001).

A alta frequência de ocorrência de resto vegetal no conteúdo alimentar de *C. sapidus* pode ser visto também no trabalho Oliveira *et al.* (2006), sendo que a constante presença do item resto vegetal no conteúdo alimentar do siri-azul caracteriza a espécie como generalista, já que também possui hábitos claramente carnívoros. Mantelatto & Christofolletti (2001) não consideraram resto vegetal entre os quatro itens de maior importância da dieta natural de *Callinectes ornatus*. Branco & Verani (1997) também reportaram material de origem vegetal no estômago de *C. danae* na Lagoa da Conceição / SC, porém esta espécie foi considerada como exclusivamente carnívora, já que a presença do material vegetal foi rara. Kapusta & Bemvenuti (1998) também observaram filamentos e sementes de macrófitas em juvenis de *C. sapidus*. No presente estudo, o item Resto Vegetal teve uma alta frequência de ocorrência devido ao fato do estuário da Lagoa dos Patos ser formado por cerca de 170 km<sup>2</sup> de áreas rasas (<1.5 m), as quais fornecem condições propícias ao estabelecimento e desenvolvimento de fanerógamas submersas enraizadas e macroalgas bentônicas (Copertino & Seeliger, 2010). Esse fator corrobora com a maior ocorrência de camarão-rosa no Saco da

Mangueira, devido ao fato dessa região ser considerada como um berçário para o desenvolvimento de diversas espécies de peixes e crustáceos (D’Incao, 1991).

O item sedimento foi um dos itens com frequência relativa dos pontos e frequência de ocorrência intermediária. No presente estudo esta presença pode ser atribuída à ingestão acidental, como sugere o trabalho de Branco & Verani (1997). Porém, uma parte desta ingestão pode ser atribuída como alimento propriamente dito, devido à grande quantidade de matéria orgânica associada ao sedimento (D’Incao *et al.*, 1990; Barutot *et al.*, 2011). Williams (1982) atribui este fator a uma ingestão proposital, utilizada como fonte de minerais para a formação de uma nova carapaça. A ingestão pode estar também auxiliando em processos digestórios, através do contato mecânico, para a trituração de presas calcárias, como gastrópodes e bivalves (Mantelatto & Christofolletti, 2001).

No presente estudo a contribuição de decápodes foi bastante elevada em relação aos outros crustáceos ocorrentes. Sua presença já era esperada e pode ser explicada pelo fato da existência de canibalismo e predação interespecífica, em condições ambientais, entre os braquiúros, principalmente sobre juvenis, indivíduos em ecdise ou doentes (Williams, 1982; D’Incao *et al.*, 1990; Barutot *et al.*, 2011). Trabalhos com outros decápodes têm relatado que a ingestão da própria exúvia é uma das principais maneiras para a reposição de cálcio (Hartnoll, 1982).

De acordo com as análises feitas na dieta alimentar de *C. sapidus* nos dois pontos do estuário da Lagoa dos Patos, pode-se dizer que resto vegetal, moluscos e sedimento, são itens de maior importância na alimentação do siri-azul, pois estes aparecem entre os primeiros tanto na frequência de ocorrência como na frequência relativa dos pontos, em ambos locais. Os itens secundários são crustáceos de vários tipos de acordo com a disponibilidade destes no ambiente onde estão inseridos.

Portanto sugere-se que *Callinectes sapidus* se caracteriza por ser generalista oportunista, diferindo sua alimentação de acordo com a disponibilidade do ambiente.

## **Bibliografia**

- Almeida, M.T., Baumgarten, M.G.Z. & Rodrigues, R.M.S. 1993. Identificação das possíveis fontes de contaminação das águas que margeiam a cidade de Rio Grande, RS. Série Documentos Técnicos 06 – Oceanografia. Ed. FURG. Rio Grande. 36p.
- Barutot, R.A., D’Incao, F. & Fonseca, D.B. 2011. Natural diet of *Neohelice granulata* (Dana, 1851) (Crustacea, Varunidae) in two salt marshes of the estuarine region of the Patos Lagoon. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(1): 91-98
- Branco, J.O. & Verani, J.R. 1997. Dinâmica da alimentação natural de *Callinectes danae* Smith (Decapoda, Portunidae) na Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(4): 1003-1018.
- CEPERG/IBAMA. 2002. Desembarque de pescados no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. sem paginação.
- Copertino, M. & Seeliger, U. 2010. Hábitats de *Ruppia maritima* e de macroalgas. In: SEELIGER, UC & ODEBRECHT, C. (eds.), O estuário da Lagoa dos Patos. Um século de transformações. Ed. FURG, Rio Grande-RS, 91-98.
- D’Incao, F., Silva, K.G., Rufino, M.L. & Braga, A.C. 1990. Hábito alimentar do caranguejo *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 na Barra do Rio Grande, RS (Decapoda, Grapsidae). *Atlântica*, 12(2): 85-93.
- D’Incao, F. 1991. Pesca e biologia de *Penaeus paulensis* na Lagoa dos Patos, RS. *Atlântica*, Rio Grande, 13(1): 159-169.

- Edgar, G.J. 1990. Predator-prey interactions in seagrass beds. II. Distribution and diet of the blue manna crab *Portunus pelagicus* Linnaeus at Cliff Head, Western Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 139(1-2): 23-32.
- Ferreira, L.S. & D’Incao, F. 2008. Crescimento de *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no estuário da laguna dos Patos, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*, 98(1): 70-77.
- Hartnoll, R.G. 1982. Growth. In: Lawrence G. Abele (ed.) *The biology of Crustacea. Embriology, morphology and genetics*. Academic Press, 2: 111- 196.
- Hines, A.H., Haddon, A.M. & Wiechert, L.A. 1990. Guild structure and foraging impact of blue crabs and epibenthic fish in a subestuary of Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 67(2): 105-126.
- Kapusta, S.C. & Bemvenuti, C.E. 1998. Atividade nictemeral de alimentação de juvenis de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Decapoda: Portunidae) numa pradaria de *Ruppia marítima* e num plano não vegetado, numa enseada estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Nauplius*, 6: 41-52.
- Laughlin, R.A. 1982. Feeding habitats of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the Apalachicola estuary, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 32: 807-822.
- Mantelatto, F.L.M. & Christofolletti, R.A. 2001. Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): influence of season, sex, size and molt stage. *Marine Biology*, 138(3): 585-594.
- Oliveira, A., Pinto, T.K., Santos, D.P.D. & D’Incao, F. 2006. Dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda,Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos,Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Zoológica*, 96(3): 305-313.

- Olmi, E.J. & Orth, R.J. 1995. Introduction to the Proceedings of the Blue Crab Recruitment Symposium. *Bulletin of Marine Science*, 57(3): 707-716.
- Santos, E.P. 1978. Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura. São Paulo, HUCITEC/EDUSP. 129p.
- Vieira, E.F. 1983. Rio Grande: geografia física, humana e econômica. Porto Alegre, Sagra. 158 p.
- Williams, M.J. 1981. Methods for analysis of natural diet in portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 52(1): 103-113.
- Williams, M.J. 1982. Natural food and feeding in the commercial sand crab *Portunus pelagicus* Linnaeus, 1766 (Crustacea: Decapoda: Portunidae) in Moreton Bay, Queensland. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 59(2-3): 165-176.
- Wright, R.A., Crowder, L.B. & Martin, T.H. 1996. Selective predation by blue crabs on the gastropod, *Bittium varium*: confirmation from opercula found in the sediments. *Estuaries* 19(1): 75-81.

**BIOLOGIA E PESCA DO SIRI-AZUL *CALLINECTES SAPIDUS* (RATHBUN, 1896) (DECAPODA – PORTUNIDAE) NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS, RS.**

**Abstract**

*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 is the brachyuran most explored the estuary of Lagoa dos Patos, RS, and a primary target or as a byproduct of fishing for pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. Assessments on the distribution and abundance of species in the Lagoa dos Patos are rare and those available are derived from scientific cruises. Thus, a characterization is necessary of catches taken from the trawl fleet that targets the blue crab. Sampling was conducted in four major fishing areas of the estuary: Mangueira, Prado, Bandeirinhas and Marambaia in the period from October 2007 to March/2009. The animals were collected by own fleet of boats artisanal trawl net with 15 minutes to catch specific species. The species showed homogeneous distribution in the estuary, despite being recorded in different microhabitats. The CPUE recorded significant difference in the seasons, being lower for females in the summer due to the fact that they seek environments with higher salinities to mature and hatch their eggs. The values of CW showed lower average values in the fall for both sexes, which is probably explained by the recruitment of the species by fishing gear.

Keywords: *Callinectes*, CPUE, ANOVA, estuary, Lagoa dos Patos.

**Resumo**

A espécie *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 é o braquiúro mais explorado no estuário da Lagoa dos Patos, RS, sendo alvo principal ou como subproduto da pesca do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis*. Avaliações a respeito da distribuição e abundância da espécie no estuário da Lagoa dos Patos são raras e aquelas disponíveis

são obtidas a partir de cruzeiros científicos. Desta forma, se faz necessária uma caracterização das capturas obtidas a partir da frota de arrasto (a qual não é permitida por lei) que objetiva o siri azul. As amostragens foram realizadas nas quatro principais áreas de pesca do estuário: Mangueira, Prado, Bandeirinhas e Marambaia, no período de outubro/2007 a março/2009. Os animais foram coletados por barcos da própria frota artesanal em arrastos de 15 minutos com rede específica para a captura da espécie. A espécie apresentou distribuição homogênea no estuário, mesmo sendo registrada em diferentes micro-habitats. A CPUE por meio estatístico registrou diferença significativa para as estações do ano, sendo baixa para as fêmeas no verão, devido ao fato de nesse período buscarem ambientes com maiores salinidades para maturar e eclodir seus ovos. Os valores de LC apresentaram valores médios baixos no outono para ambos os sexos, o que provavelmente seja explicado pelo recrutamento da espécie por arte de pesca.

Palavras-Chave: *Callinectes*, CPUE, ANOVA, estuário, Lagoa dos Patos.

## **Introdução**

*Callinectes sapidus* possui uma ampla distribuição geográfica sendo encontrado desde a costa Atlântica da América do Norte até a margem sul da América do Sul, mais precisamente entre Massachusetts nos Estados Unidos e Venezuela, e entre Rio de Janeiro no Brasil e Buenos Aires na Argentina. A espécie é invasora em diferentes países, tendo sido introduzida via água de lastro de navios, o que não se confirma para o estuário da Lagoa dos Patos (Santos 2007).

No Brasil, existe um grande potencial pesqueiro para as espécies do gênero *Callinectes*, sendo que a captura desses siris ainda é praticada de forma artesanal em pequena escala, por pequenas comunidades distribuídas ao longo do litoral brasileiro. Essa dispersão do esforço de pesca e a inexistência de uma rede de coleta de dados de

produção pesqueira bem definida impedem a consolidação de estatísticas seguras que permitam estimar o volume real do desembarque desses crustáceos no país (Severino-Rodrigues *et al.*, 2001). Entretanto, o que se sabe, é que diversas comunidades sobrevivem da comercialização e da captura direta de siris (Barreto *et al.*, 2006; Ferreira & D’Incao, 2008).

No estuário da Lagoa dos Patos, a espécie se destaca como captura acessória na pesca do camarão-rosa, *Farfantepenaeus paulensis* (Perez-Farfante, 1967) com redes do tipo “aviãozinho” durante a safra (Vieira *et al.*, 1996; Almeida & D’Incao, 1999; Ferreira & D’Incao, 2008). Adicionalmente, existe uma pescaria de arrasto, praticada ilegalmente e dedicada exclusivamente à captura de *Callinectes sapidus* que se estende durante o ano todo, principalmente durante os meses de junho a janeiro. Esta pescaria se caracteriza por uso de redes de arrasto realizada por barcos da frota artesanal caracterizadas geralmente com motores de 18 HP.

O estudo da bioecologia do siri azul de *Callinectes sapidus* encontra-se bem documentado na América do Norte. Van Engel (1958, 1987) documentou o ciclo de vida da espécie em Chesapeake Bay. Aspectos ecológicos como seleção de habitats por tamanho, sexo, estágio de muda (Hines *et al.*, 1987), e variações interanuais da densidade populacional de *Callinectes sapidus* na Flórida, EUA (McConaughy, 1990) foram estudados. Adicionalmente, van Montfrans *et al.*, (1991) estudaram a dinâmica populacional do siri azul em uma enseada vegetada e Prager (1996) propôs um modelo de migração e desova das fêmeas de siri azul. Como a pesca de siri-azul se expandiu geograficamente, biólogos pesqueiros desenvolveram revisões com o foco sobre o manejo dos estoques ao longo da costa leste e do Golfo do México (Kennedy & Cronin, 2007). Análises comparativas e procedimentos surgiram de encontros entre cientistas e

gestores nos EUA, o que gerou o *Bulletin of Marine Science* nos anos de 1990, 1995 e 2003 e o *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* em 2005 (Seitz, 2005).

No Brasil foram feitos estudos de dinâmica populacional com ênfase no crescimento, distribuição e abundância em Tramandaí (RS) (Tavares, 1987) e Lagoa dos Patos (RS) (Oliveira, 2005, Ferreira & D’Incao, 2008); também foi feita descrição da pesca artesanal em Santos e São Vicente (SP) (Severino-Rodrigues *et al.*, 2001) e alimentação (Oliveira, 2005). Adicionalmente, uma análise de avaliação e gestão pesqueira foi feita para um estoque do sudeste do país (Ilha Comprida, SP) (Mendonça *et al.*, 2010).

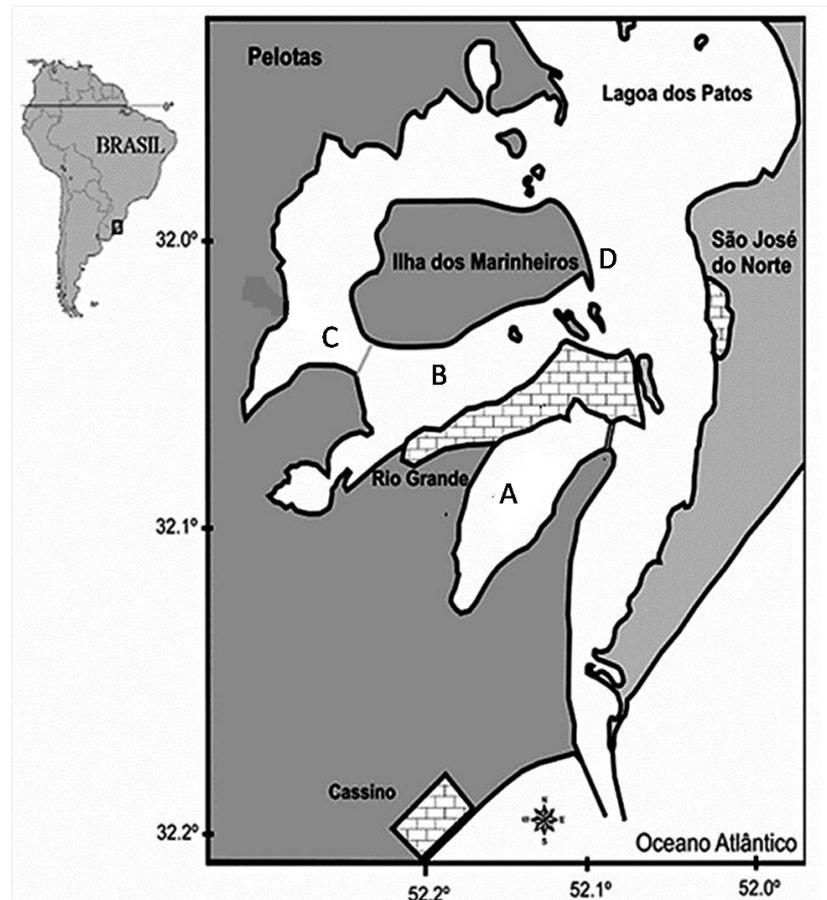
Devido a sua considerável produtividade e importância para o pescador artesanal nas entre-safras, esse recurso é constantemente monitorado e avaliado, com o propósito de manter a sua sustentabilidade. O presente artigo visa caracterizar as capturas obtidas pela frota que objetiva o sir-azul no ELP, no que diz respeito a sua variação sazonal de abundância e de comprimentos nas principais áreas de pesca, gerando subsídios para o gerenciamento do recurso na região.

## **Material e Métodos**

As coletas foram realizadas em quatro áreas de pesca do estuário da Lagoa dos Patos, chamadas Saco da Mangueira ( $32^{\circ} 4' 44,76''\text{S } 052^{\circ} 7' 54,84''\text{W}$ ), Prado ( $32^{\circ} 3' 30,6''\text{S } 052^{\circ} 11' 6''\text{W}$ ), Bandeirinhas ( $32^{\circ} 1' 40,44''\text{S } 052^{\circ} 13' 40,8''\text{W}$ ) e Marambaia ( $31^{\circ} 59' 41,28''\text{S } 052^{\circ} 17,52''\text{W}$ ) (Fig.1). Esses locais foram escolhidos por serem de grande importância para a pesca na região e apresentarem condições ambientais diferentes, em termos de profundidade, salinidade e proximidade com os canais de acesso e a desembocadura.

Os siris foram coletados mensalmente, a partir do mês de outubro/2007 até o mês de março/2009, num total de 18 meses de coleta. Foram utilizadas embarcações dos

próprios pescadores artesanais do estuário da Lagoa dos Patos, com rede de arrasto específica para a captura de siri (malha variando de 76 a 78 mm entre nós opostos no corpo da rede; e malha de 60 a 66 mm no saco), sendo o tempo de coleta/arrasto de 15 minutos em cada ponto de coleta.



**Figura 1:** Estuário da Lagoa dos Patos com as áreas de amostragem de *C. sapidus*. A – Saco da Mangueira, B – Prado, C – Bandeirinhas, D – Marambaia.

Em laboratório os exemplares de siri azul foram separados por sexo para posterior biometria. A identificação e o reconhecimento dos sexos foram realizados segundo Williams (1974), e os estágios de maturação (jovem/adulto) foram determinados pelo formato (fêmeas) e aderência do abdomen aos esternitos torácicos (machos), conforme Taissoun (1969). Para cada animal foram registradas a largura da carapaça (LC – distância entre os espinhos laterais em mm) com auxílio de paquímetro,

e o peso total em gramas (g) com exatidão de 0,01g. A salinidade foi medida durante a coleta com o uso de um refratômetro.

As comparações entre a salinidade foram feitas através de uma análise de 1 via (ANOVA) com nível de significância de  $p < 0,05$  para ver a diferença de salinidade entre as estações do ano.

Também foi feita uma análise de variância (ANOVA) para comparar a abundância relativa (CPUE) dos siris, abundância dos sexos, estações do ano e os diferentes locais de amostragem. Toda estatística procedeu segundo Zar (1999) e o nível de significância adotado foi  $p < 0,05$ . Os dados foram testados para normalidade e homogeneidade de variâncias (Bartlett  $> 0,05$ ) antes de executar o teste ANOVA e o post-hoc de Tukey ( $p < 0,05$ ). Possíveis diferenças nas classes de comprimento da carapaça também foram comparadas pela análise de variância (ANOVA).

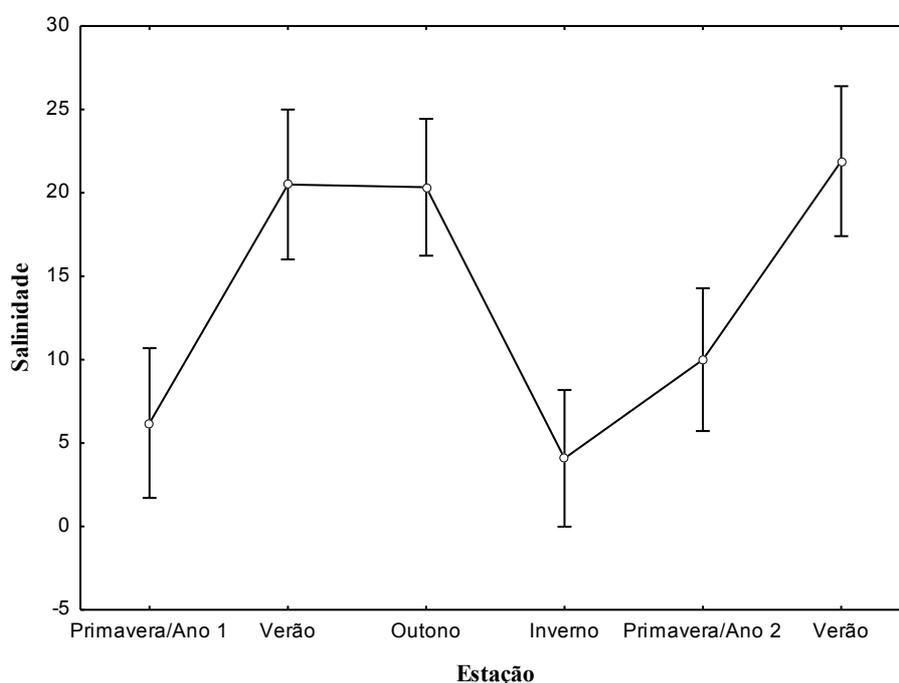
Para verificar a possível diferença entre a proporção sexual, nos pontos de coleta e durante as estações do ano, utilizou-se o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) com nível de significância de  $p < 0,05$  e (n-1) graus de liberdade (Vazzoler, 1996).

A relação peso/largura da carapaça foi calculada para cada sexo, e por estação do ano, separadamente, através da equação:  $W_t = a L_c^b$ , considerando o  $W_t$  como a variável dependente, onde  $a$  = fator de condição e  $b$  = inclinação da curva (Santos 1978). Os pontos fora dos intervalos de confiança de 95% foram automaticamente excluídos, uma vez que os indivíduos foram considerados ausentes da análise, ou tiveram o espinho quebrado, o que impossibilita a medição do tamanho da carapaça. As diferenças entre as curvas de relação peso/largura da carapaça de fêmeas e machos foram testadas aos pares, sazonalmente, baseado nos intervalos de confiança, de tal forma que os intervalos não sobrepostos fossem considerados estatisticamente diferentes.

## Resultados

### Salinidade

Esse fator demonstrou um padrão sazonal, com maiores valores médio durante o verão/1 ( $20,50 \pm 8,14$ ), outono ( $20,33 \pm 8,60$ ) e verão/2 ( $21,90 \pm 4,06$ ). Os menores valores médios foram registrados na primavera/1 ( $6,20 \pm 5,11$ ), inverno ( $4,08 \pm 2,10$ ) e primavera/2 ( $10,00 \pm 10,63$ ). Houve diferença significativa entre as estações ( $F=13,82$ ,  $p<0,05$ ) (Fig. 2).



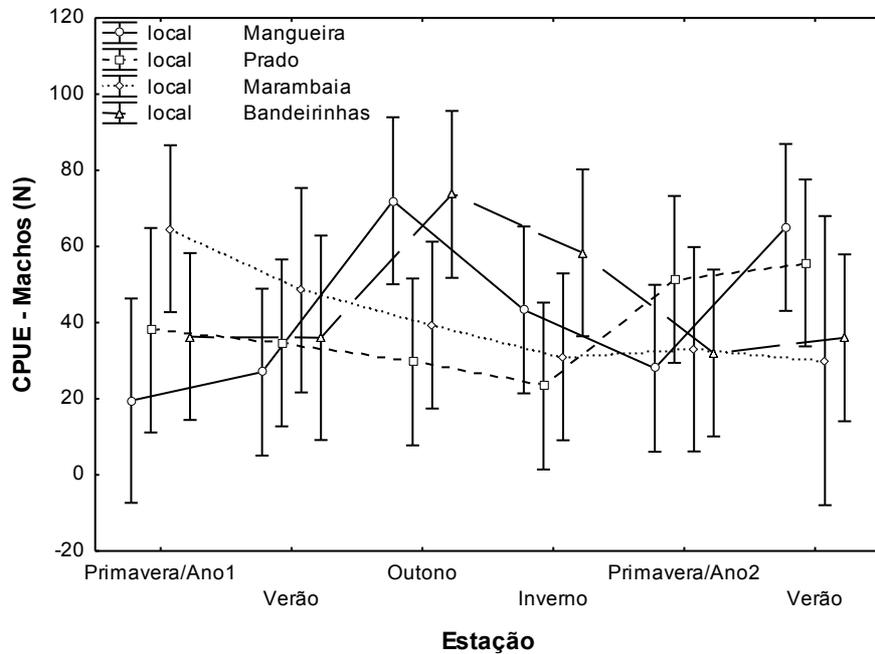
**Figura 2:** Variação da média mensal da salinidade no estuário da Lagoa dos Patos, RS. As barras verticais indicam intervalo de confiança de 95%.

### Captura por unidade de esforço (CPUE)

Os índices de abundância relativa dos machos (Fig. 3) foram registrados para a primavera/1 ( $41,80 \pm 29,23$ ), verão/1 ( $35,40 \pm 12,82$ ), outono ( $53,66 \pm 24,31$ ), inverno ( $39,00 \pm 21,18$ ), primavera/2 ( $36,56 \pm 16,78$ ) e verão/2 ( $50,00 \pm 20,23$ ).

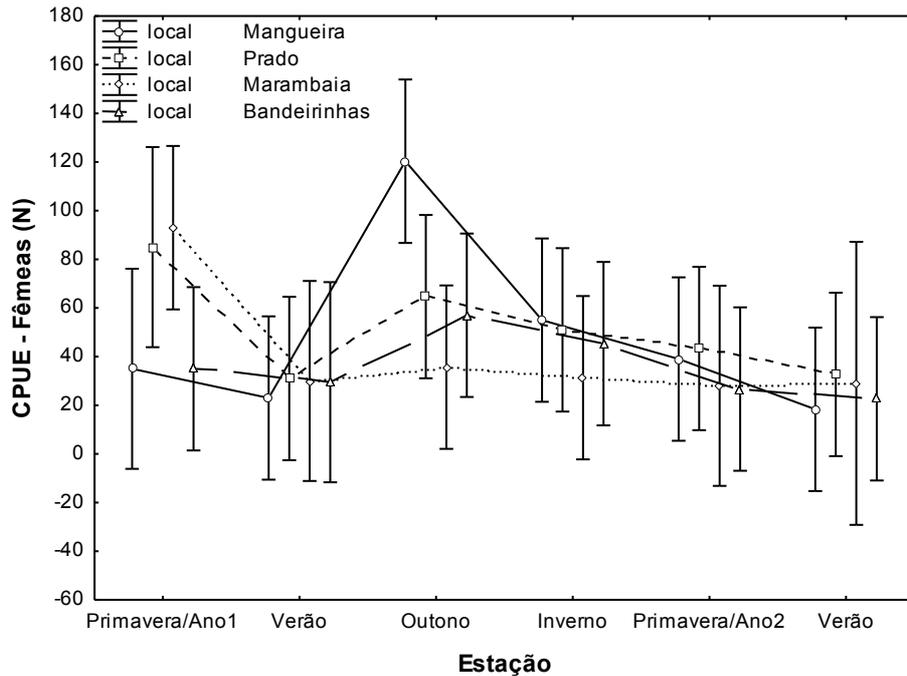
Houve diferença significativa ( $F=2,30$ ,  $P<0,05$ ) entre as estações x locais de coleta. Na Marambaia na primavera/1 registrou ( $64,66 \pm 45,74$ ), na Mangueira no outono registrou-se ( $72,00 \pm 22,11$ ) e Bandeirinhas ( $73,66 \pm 18,17$ ), enquanto que na Mangueira

no verão/2 registrou (65,00±26,50). Valores inferiores foram registrados na Mangueira na primavera/1 (19,50±2,12), verão/1 (27,00±9,53), e primavera/2 (28,00±18,24), e na região do Prado no inverno/1 (23,33±4,04).



**Figura 3:** Flutuação da média mensal da CPUE - machos (N) do siri *Callinectes sapidus* nos 4 pontos de coleta no estuário da Lagoas dos Patos, RS. As barras verticais indicam intervalo de confiança de 95%.

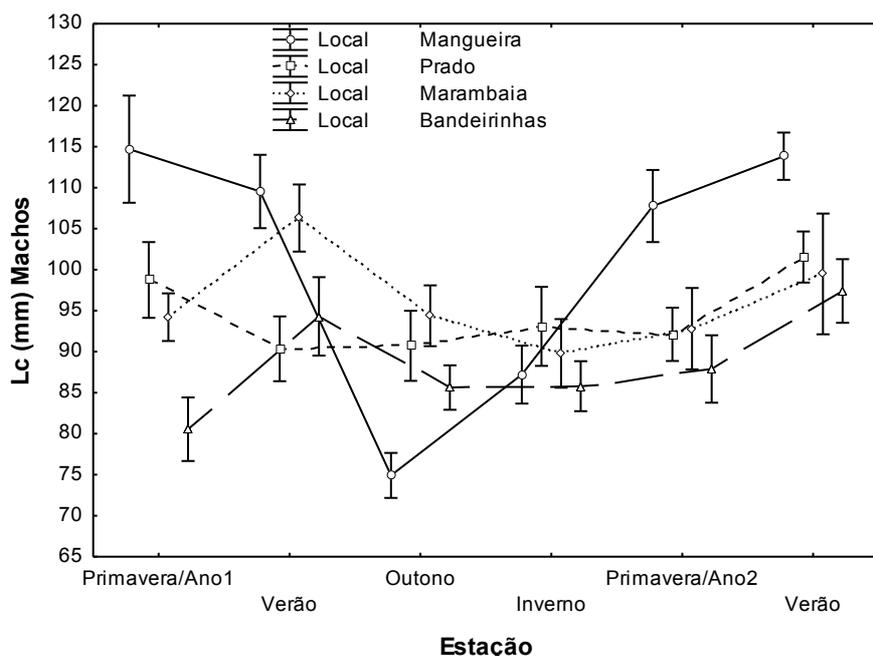
A CPUE (N) das fêmeas (Fig. 4) foi mais alta no outono (69,41±47,40) e na primavera/1 (62,40±50,03). O maior valor observado foi o outono na região da Mangueira (120±72,50) enquanto que na primavera/1, a região de maior abundância foi a Marambaia (93±72,18), seguido pelo Prado (85±63,63). Os valores médios de CPUE foram mais baixos para o verão/1 28,10±12,93 e verão/2 25,00±12,18. Houve diferença significativa entre as estações do ano (F=4,07, P<0,05).



**Figura 4:** Flutuação da média mensal da CPUE - fêmeas (N) do siri *Callinectes sapidus* nos 4 pontos de coleta no estuário da Lagoas dos Patos, RS. As barras verticais indicam intervalo de confiança de 95%.

Os machos alcançaram maiores tamanhos médios que as fêmeas. A média estimada foi de  $93,87 \pm 22,41$  mm, variando de 37,2 a 154,4 mm; enquanto que os valores médios das fêmeas foram de  $91,64 \pm 21,54$  mm, variando de 30,5 a 148,5 mm. Não houve diferença significativa dos tamanhos médios entre os sexos ( $p > 0,05$ ).

Em relação à variação sazonal do comprimento da carapaça dos machos (Fig. 5), os maiores valores médios foram encontrados na primavera/1 ( $114,70 \pm 17,87$  mm); verão/1 ( $109,54 \pm 22,33$  mm), primavera/2 ( $107,76 \pm 16,91$  mm) e verão/2 ( $113,84 \pm 15,92$  mm), todos esses valores para a área da Mangueira. Houve diferença significativa entre as estações, os locais e estação x local (Tabela 1).



**Figura 5:** Variação sazonal do comprimento médio da carapaça (LC), para os machos de *Callinectes sapidus*, nos 4 pontos de coleta no estuário da Lagoa dos Patos, RS. As barras verticais indicam intervalo de confiança de 95%.

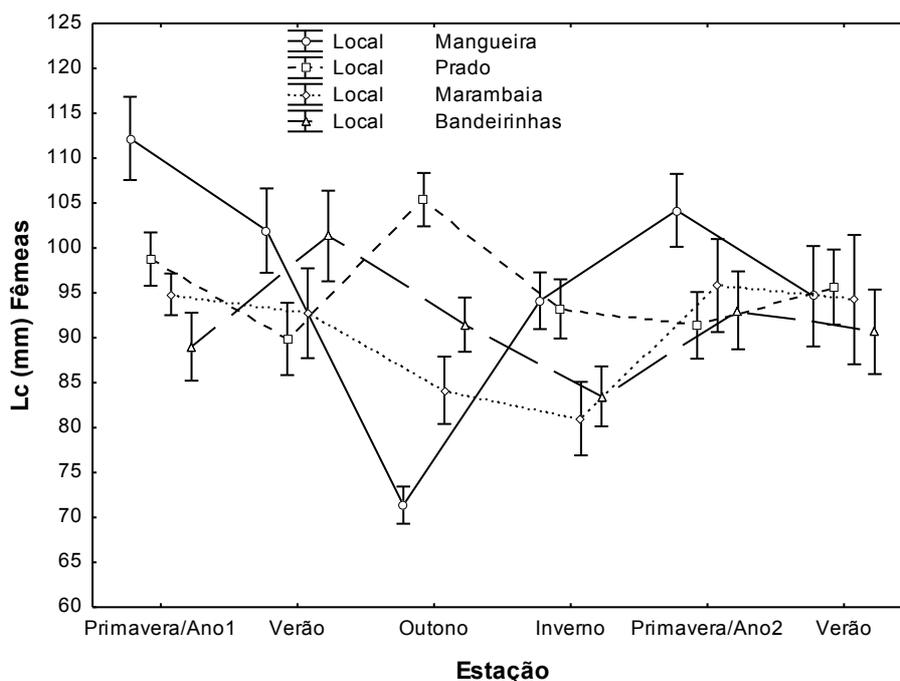
Tabela 1: Resultados das análises de variância dos comprimentos médios de carapaça (LC) dos machos de *C. sapidus*.

Fonte	GL	QM	F	p
Estação	5	16620	39,34	0.00*
Local	3	16456	38,95	0.00*
Estação x Local	15	7666	18,15	0.00*

A largura de carapaça das fêmeas em relação à variação sazonal (Fig. 6) foi homogênea durante a primavera/1, verão/1, primavera/2 e verão/2. O comprimento médio mais elevado foi observado durante a primavera/1 na região da Mangueira ( $112 \pm 17,78 \text{ mm}$ ), no outono na região do Prado ( $105,39 \pm 21,37 \text{ mm}$ ) e na primavera/2 na Mangueira ( $104,19 \pm 18,96$ ). Por outro lado, as médias mais baixas foram observadas no outono ( $88,59 \pm 24,28 \text{ mm}$ ) e inverno ( $88,78 \pm 25,17 \text{ mm}$ ). Houve diferença significativa entre as estações, os locais e estação x local (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados das análises de variância dos comprimentos médios de carapaça (LC) das fêmeas de *Callinectes sapidus*.

Fonte	GL	QM	F	p
Estação	5	10048	25,72	0.00*
Local	3	4401	11,26	0.00*
Estação x Local	15	11829	30,28	0.00*

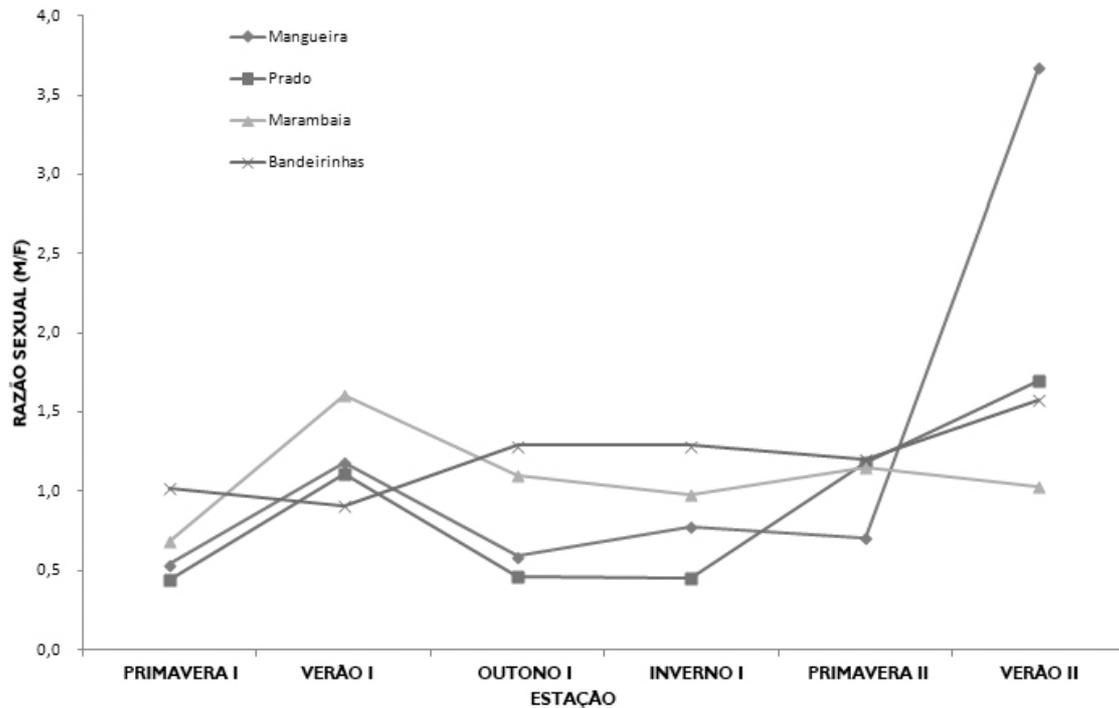


**Figura 6:** Variação sazonal do comprimento médio da carapaça (LC) para as fêmeas de *Callinectes sapidus*, nos 4 pontos de coleta no estuário da Lagoa dos Patos, RS. As barras verticais indicam intervalo de confiança de 95%.

### Razão Sexual

Foi capturado um total de 5.555 indivíduos, sendo 2.779 machos e 2.776 fêmeas, resultando em um valor para razão sexual de 1:1. Os machos apresentaram domínio significativo sobre as fêmeas nas estações do verão/1 e verão/2; já as fêmeas apresentaram domínio significativo sobre os machos na primavera/1 e no outono, não havendo diferença significativa no inverno e na primavera/2 (Fig. 7).

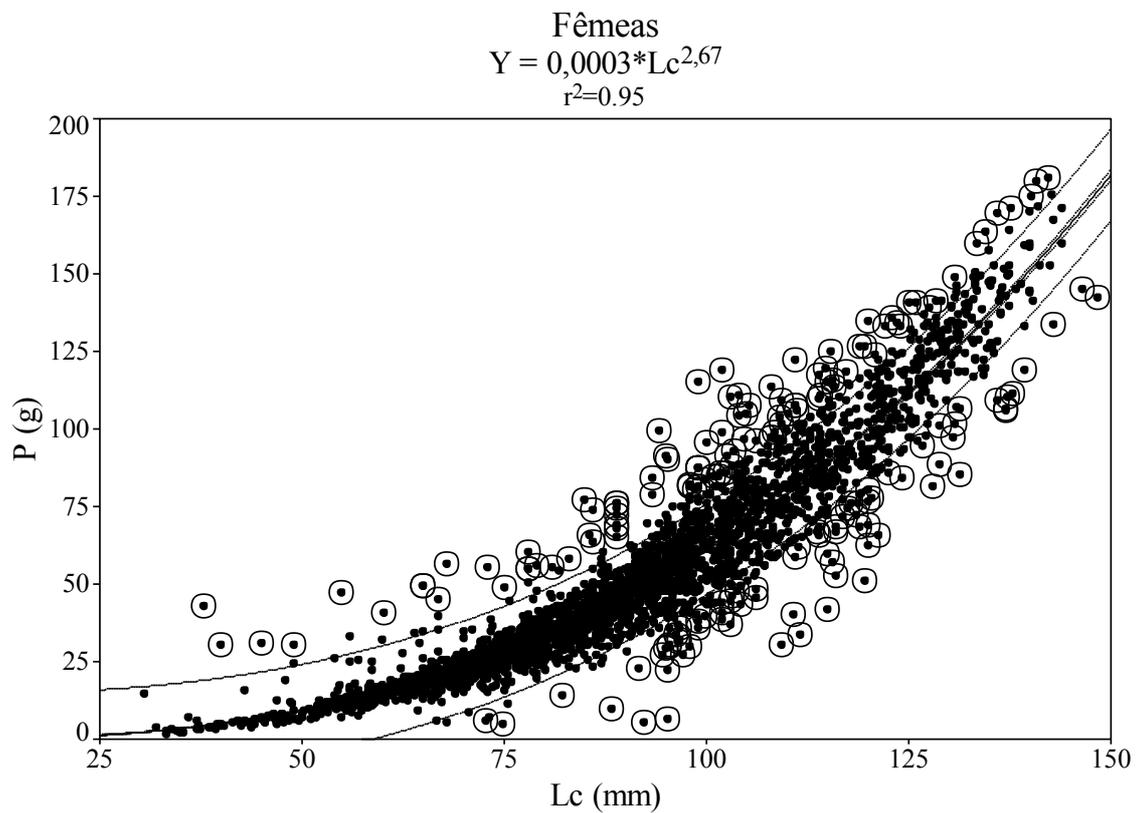
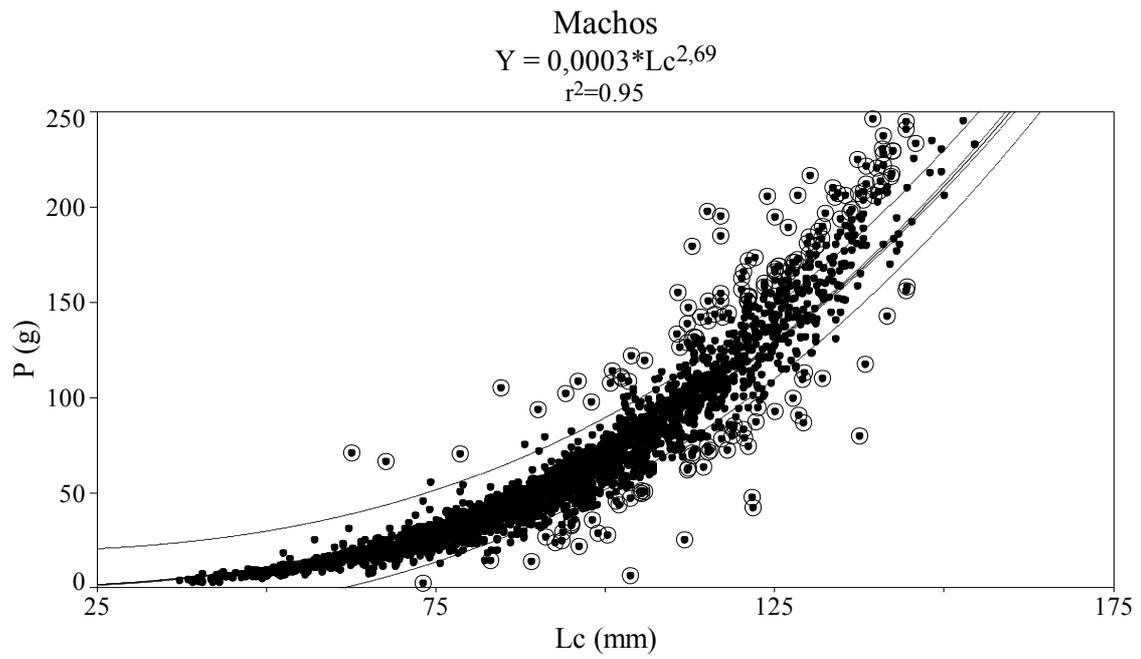
Uma possível diferença sazonal na proporção sexual entre machos e fêmeas foi verificada e obteve-se diferença significativa na primavera/1, verão/1, outono/1 e verão/2.



**Figura 7:** Variação sazonal da razão sexual (machos/fêmeas) de *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos, RS.

#### *Relação Peso x Comprimento*

A relação  $W_t \times L_c$  para machos e fêmeas se mostrou alometricamente negativa ( $b=2,69$  e  $b=2,67$  respectivamente) sem diferença significativa entre os sexos (Fig.8) (Tabela 3). Os dados apresentados na tabela 2 demonstram que as fêmeas - verão/2 obtiveram menor valor de  $b$  enquanto que as fêmeas - verão/1 apresentaram o maior valor de  $b$ . O restante das fêmeas x estações não apresentaram diferença significativa entre si. Os machos - verão e machos - verão/2 apresentaram os maiores valores de  $b$  sem diferença significativa entre si, mas com diferença significativa ( $p<0,05$ ) em relação ao restante dos machos x estações. O restante dos machos x estações não apresentaram diferença significativa entre si.



**Figura 8:** Relação peso/largura da carapaça para machos (a) e fêmeas (b) de *Callinectes sapidus* entre outubro de 2007 e março de 2009.

Tabela 3. Resumo da relação potencial de *Callinectes sapidus* obtidos a partir do peso (Wt) e largura da carapaça (LC), dados de diferentes sexos e estações do ano, contendo fator de condição ( $a \pm$  intervalo de confiança (LC) de 95%), constante de relação ( $b \pm$  LC de 95%), coeficiente de correlação (r) e número de indivíduos usados (N). As letras correspondentes indicam que não há diferença significativa entre esses ( $p < 0,005$ ).

Local	( $a \pm$ LC 95%)	( $b \pm$ LC95%)	r	N
Machos	0,00024<0,00028>0,00030	2,66<2,69>2,72(A)	0,97	2756
Fêmeas	0,00023<0,00027>0,00030	2,65<2,67>2,70(A)	0,97	2848
Machos-Primavera	0,00010<0,00017>0,00023	2,70<2,78>2,86(B)	0,97	415
Machos-Verão	0,000004<0,000006>0,000008	2,94<3,01>3,08(C)	0,98	355
Machos-Outono	0,00010<0,00016>0,00022	2,73<2,80>2,88(B)	0,95	643
Machos-Inverno	0,00010<0,00017>0,00024	2,71<2,80>2,88(B)	0,97	468
Machos-Primavera/2	0,00010<0,00017>0,00023	2,70<2,78>2,86(B)	0,97	397
Machos-Verão/2	0,000004<0,000007>0,00010	2,90<2,98>3,06(C)	0,96	500
Fêmeas-Primavera	0,00013<0,00023>0,00032	2,61<2,69>2,78(B)	0,94	624
Fêmeas-Verão	0,000005<0,00011>0,00017	2,75<2,86>2,98(D)	0,96	280
Fêmeas-Outono	0,00032<0,00040>0,00047	2,56<2,60>2,64(B)	0,98	832
Fêmeas-Inverno	0,00013<0,00018>0,00023	2,70<2,75>2,81(D)	0,98	528
Fêmeas-Primavera/2	0,00012<0,00020>0,00029	2,64<2,73>2,82(B)	0,96	383
Fêmeas-Verão/2	0,00027<0,00082>0,00138	2,30<2,45>2,59	0,92	249

## Discussão

Mudanças na salinidade, índices pluviométricos e variações de temperatura interferem sobre as capturas de *Callinectes* (Severino-Rodrigues *et al.*, 2001). Estuários com alta hidrodinâmica e forte variabilidade sazonal na temperatura e salinidade, como é o caso da região estuarina da Lagoa dos Patos (Niencheski & Baumgarten, 1998), podem exibir espécies, dentre elas *C. sapidus*, com maior variabilidade sazonal na abundância relativa, do que espacial (Buchanan & Stoner, 1988). Este fato também ajuda a explicar a distribuição espacialmente homogênea observada para a população do siri-azul no estuário, apesar deste ecossistema possuir diversos tipos de habitats (Costa *et al.*, 1997; Asmus, 1998; Bemvenuti & Neto, 1998). As maiores médias de salinidade encontradas para os meses de verão/1, outono e verão/2 no estuário estão associadas a uma baixa abundância de fêmeas, devido provavelmente a sua migração para águas com maior salinidade, com o intuito de maturar seus ovos e eclodir suas larvas (Branco & Masunari, 2000). No entanto, Vieira (2006) registrou uma segunda

estratégia para a região, onde as fêmeas ovígeras liberam suas zoés ainda no interior do estuário em locais com salinidade a partir de 15.

No presente trabalho a CPUE foi mais alta para ambos os sexos na primavera/1, o que pode ser explicado pelo período reprodutivo da espécie, que se dá nesse período. É durante a primavera que machos e fêmeas copulam no interior do estuário. Após a cópula as fêmeas migram para a área marinha e os machos para o interior do estuário, no sentido de diminuir a competição intra-específica. Mendonça *et al.* (2010), observaram que baixas capturas são registradas no estuário de Cananéia, Iguape e Ilha comprida durante o inverno, possivelmente indicando uma ausência de indivíduos nas áreas de pesca do estuário nesse período. Uma distribuição espacial diferenciada pode ocorrer no estuário entre indivíduos maduros e imaturos, pois os indivíduos jovens tendem a ficar nas áreas mais rasas, protegidas, ricas em matéria orgânica e não são avaliados na pescaria (Murphy *et al.*, 2001; Severino-Rodrigues *et al.*, 2001). A necessidade, durante as diferentes fases da vida do siri-azul, de diferentes recursos (p.ex. alimentação) faz com que a espécie explore diversos locais, com diferentes características (van Engel, 1958; Lauglin, 1982; Fitz & Wiegert, 1992; Seitz *et al.*, 2003). No estuário de Tramandaí- RS, Tavares (1987) observou indivíduos distribuídos conforme a fase da vida em que se encontravam. Além disso, a distribuição da espécie pode ser afetada por predação, quantidade de alimento e tipo de hábitat (Hines *et al.*, 1990; Clark *et al.*, 1999; Seitz *et al.*, 2003).

Comparando os valores médios de largura de carapaça, observou-se que os machos apresentam um tamanho médio maior do que as fêmeas, o que também foi registrado por Branco & Thives (1991), Branco & Lunardon-Branco (1993), Severino-Rodrigues *et al.*, (2001) e Baptista-Metri *et al.*, (2005). Os siris do gênero *Callinectes* apresentam dimorfismo sexual quanto à largura da carapaça, sendo que os machos

sempre alcançam tamanho superior ao das fêmeas (Williams, 1974). Essa diferença provavelmente é resultado da muda de puberdade, quando a energia metabólica é alocada ao crescimento somático nos machos, enquanto que as fêmeas direcionam na produção de ovos (Hartnoll, 1982). De acordo com Mantelatto & Fransozo (1996) e Baptista-Metri *et al.*, (2003, 2005), o maior tamanho dos machos representa uma adaptação reprodutiva, garantindo maior proteção às fêmeas em pós-muda, durante a corte.

No outono foram registrados os menores tamanhos de largura de carapaça capturados para ambos os sexos na região da Mangueira, o que provavelmente também possa ser explicado pelo recrutamento da espécie à arte de pesca, com a incorporação de juvenis na população, pois essa é a região protegida mais próxima do oceano, sendo considerada como um criadouro natural para diversas espécies de peixes e crustáceos (Muelbert & Weiss, 1991). Os maiores valores de largura de carapaça para os machos nas estações na primavera e no verão na região da Mangueira ocorrem devido ao período reprodutivo da espécie, pois os mesmos realizaram a cópula e provavelmente estão abrigados na região mais próxima a desova das fêmeas, para posterior migração para áreas mais internas do estuário. A largura de carapaça das fêmeas apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os locais, estações e estações x locais, o que pode ser explicado devido a migração das fêmeas para área de desova nas estações de primavera e verão. Em relação ao LC dos machos também houve diferença significativa entre os locais, estações e estações x locais, sendo que os maiores valores de LC para os machos na região da Mangueira nos meses de primavera/1, verão/1 e verão/2 seja explicado provavelmente por ser o período reprodutivo da espécie, local de maiores valores de salinidade nesse período e ainda o local de estudo mais aproximado do local de desova das fêmeas.

A relação peso total x largura da carapaça tem sido utilizada para estimar o peso de um indivíduo através do conhecimento da sua largura, sendo amplamente empregada em estudos de dinâmica populacional e avaliação de estoques (Branco *et al.*, 2002). De acordo com Branco & Thives (1991), *C. danae* apresenta crescimento alométrico negativo para ambos os sexos no manguezal do Itacorubí, enquanto que no Pontal do Paraná (Baptista-Metri *et al.*, 2005) a população apresentou crescimento isométrico para aquela população. Para a região estuarina da Lagoa dos Patos os machos da espécie de *C. sapidus* apresentaram crescimento alométrico negativo para ambos os sexos. Na estação de verão, verão/2008 e verão/2009 os machos apresentaram um crescimento alométrico positivo, resultando num maior ganho de peso em relação a sua largura de carapaça. Oliveira *et al.*, (2006) registraram um maior grau de repleção dos intestinos anteriores para a espécie nos meses com maiores temperaturas, onde o siri azul apresenta uma maior mobilidade quando comparado a estação de inverno. Para os machos, além dos meses mais quentes proporcionarem uma dieta mais rica, os mesmos já não estão mais envolvidos com a reprodução, transformando toda a energia adquirida em ganho de peso. Para as fêmeas somente no verão 2008 apresentou crescimento alométrico positivo, o que é facilmente explicado por estarem neste período ainda no processo de reprodução, com seu abdomen cheio de massa de ovos para serem maturados.

A importância biológica dos machos de *Brachyura* serem mais pesados é atribuída à necessidade de maximização do tamanho, como estratégia reprodutiva, principalmente pelo desenvolvimento dos quelípodos, que são adaptados para a defesa do território e manipulação das fêmeas durante a cópula (Mantelatto & Fransozo, 1999). Este comportamento é largamente observado em processos de cópula do siri azul *C. sapidus* (Tagatz, 1968; Jivoff, 1997, Jivoff & Hines, 1998a; Jivoff & Hines, 1998b).

Para Van Engel (1958), a proporção de sexos de *Callinectes sapidus* está relacionada com o comportamento reprodutivo e na tendência do gradiente salinidade, podendo apresentar variações sazonais de um local para outro. Tagatz (1965) informou que *C. sapidus* do St. Johns River, Florida (EUA), apresentou variações na proporção de sexos com a proximidade do oceano. Isso pode ser corroborado com os dados de CPUE nas estações do verão/1 e verão/2, onde foi registrado um maior número de machos em relação às fêmeas nesse período, o que facilmente é explicado pelo fato da reprodução da espécie, onde ocorre a maturação dos ovos e desova da espécie, com as fêmeas migrando para o oceano. No geral dos dados analisados se encontrou a proporção de 1:1, o que seria esperado para a espécie.

Analisando os dados registrados nesse trabalho nota-se que os valores médios de LC capturados, tanto para machos quanto para fêmeas estão abaixo do permitido pela legislação vigente, Portaria/SUDEPE N° 24 de 26 de julho de 1983, a qual proíbe a pesca do siri com tamanho inferior a 12 cm (medida tomada entre os espinhos laterais), proíbe a captura, a industrialização e comercialização da fêmea ovígera, e também proíbe a captura em qualquer época do ano nas zonas dos molhes da Barra de Rio Grande até 6 km de distância de cada um de seus braços.

O presente estudo propõe um período de defeso para espécie no verão e primavera, o qual é o período reprodutivo da espécie, e ainda uma maior fiscalização por parte dos órgãos responsáveis quanto à captura dentro do estuário, evitando assim a sobrepesca sobre o siri-azul; regulamentação do tamanho de malha, apetrecho de pesca específico para a captura da espécie; e principalmente um maior controle fora do estuário, sobre as fêmeas ovígeras nos molhes da barra do Rio Grande.

## **Bibliografia**

- Almeida, H.L.P.S. & D’Incao, F. 1999. Análise do esforço de pesca do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na Lagoa dos Patos, Brasil. *Atlântica*, 21: 77-92.
- Asmus, M.L. 1998. A Planície Costeira e a Lagoas dos Patos. In: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J. eds. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande, Ecoscientia. 7-13.
- Baptista-Metri, C.; Pinheiro, M.A.A.; Blankensteyn, A. & Borzone. C.A. 2003. Estrutura populacional de *Callinectes ornatus* Ordway (Crustacea, Portunidae) no Balneário Shangri-Lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20(4): 661-666.
- Baptista-Metri, C.; Pinheiro, M.A.A.; Blankensteyn, A. & Borzone. C.A. 2005. Biologia populacional de *Callinectes danae* Smith (Crustacea, Portunidae) no Balneário Shangri-Lá, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 22(2): 446-453.
- Barreto, A.V.; Leite, L.M.A.B. & 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. Série Zoologia*, Porto Alegre, 96: 141-146.
- Bemvenuti, C.E. & Netto, S.A. 1998. Distribution and seasonal patterns of the sublittoral benthic macrofauna of Patos Lagoon (South Brazil). *Revista Brasileira de Biologia*, 58(9): 211-221.

- Branco, J.O. & Thives, A. 1991. Relação peso/largura, fator de condição e tamanho de primeira maturação de *Callinectes danae* Smith 1869 (Crustacea, Portunidae) no Manguezal do Itacorubi, SC, Brasil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 34(3/4): 415-424.
- Branco, J.O. & Lunardon-Branco, M.J. 1993. Aspectos da biologia de *Callinectes ornatus* Ordway, 1863 (Decapoda: Portunidae) da Região de Matinhos, Paraná, Brasil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 36(3): 489-496.
- Branco, J.O.; Lunardon-Branco, M. J. & Souto, F.X. 2002. Estrutura populacional de *Portunus spinimanus* Latreille (Crustácea, Portunidae) na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19(3): 731-738.
- Branco, J.O. & Masunari, S. 2000. Reproductive ecology of the blue crab, *Callinectes danae* Smith, 1869 in the Conceição Lagoon system, Santa Catarina isle, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 60(1): 17-27.
- Buchanan, B.A. & Stoner, A.W. 1988. Distributional patterns of blue crab (*Callinectes* sp.) in a tropical estuarine lagoon. *Estuaries*, 11(4): 231-239.
- Clark, M.E.; Wolcott, T.G.; Wolcott, D.L. & HINES, A.H. 1999. Intraespecific interference among foraging blue crabs *Callinectes sapidus*: interactive effects of predator density and prey distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 178: 69-78.
- Costa, C.S.B.; Seeliger, U.; Oliveira, C. & Mazo, A. 1997. Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no estuário da lagoa dos Patos (RS, Brasil). *Atlantica*, 19: 67-85.
- van Engel, W.A. 1958. The blue crab and its fishery in Chesapeake Bay. I –  
Reproduction early development, growth, and migration. U. S. Fish and Wildlife Service Commission. *Fish*, 20 (6): 6-17.

- van Engel, W.A. 1987. Factors affecting the distribution and abundance of the blue crab in Chesapeake Bay. Pages 179-209 in S.K. Majumdar, L. W. Hall and H. M. Austin (eds.)
- Ferreira, L.S. & D’Incao, F. 2008. Crescimento de *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no estuário da laguna dos Patos, RS, Brasil. Iheringia, Série Zoologia, 98(1): 70-77.
- Fitz, H.C. & Wiegert, R.G. 1992. Local population dynamics of estuarine blue crabs: abundance, recruitment and loss. Marine Ecology Progress Series, 87: 23-40.
- Hartnoll, R.G. 1982. Growth. In: Lawrence G. Abele (ed.) The biology of Crustacea. Embriology, morphology and genetics. Academic Press, 2: 111- 196.
- Hines, A. H.; Lipcius, R.N. & Haddon, A.M. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. Marine Ecology Program Series 36: 55-64.
- Hines, A.H.; Haddon, A.M. & Wiechert, L.A. 1990. Guild structure and foraging impact of blue crabs and epibenthic fish in a subestuary of Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series, 67(2): 105-125.
- Jivoff, P. 1997. Sexual competition among male blue crab, *Callinectes sapidus*. Biological Bulletin, 193(3): 368-380.
- Jivoff, P. & Hines, A. H. 1998a. Effect of female molt stage and sex ratio on courtship behavior of the blue crab *Callinectes sapidus*. Marine Biology, 133(3): 533-542.
- Jivoff, P. & Hines, A.H. 1998b. Female behavior, sexual competition and mate guarding in the blue crab *Callinectes sapidus*. Animal Behavior 55(3): 589-603.

- Kennedy, V.S. & Cronin, L.E. 2007. The blue crab *Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College, EUA. 774p.
- Laughlin, R.A. 1982. Feeding habitats of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the Apalachicola estuary, Florida. *Bulletin of Marine Science*, 32: 807-822.
- McConaughy, J.R. 1990. Interannual variation in *Callinectes sapidus* population densities: biological and physiological factors. *Bulletin of Marine Science*, 46(1): 247.
- Mantelatto, F.L.M. & Fransozo, A. 1996. Size at sexual maturity in *Callinectes ornatus* (Brachyura, Portunidae) from the Ubatuba region (SP, Brazil). *Nauplius*, 4: 29-38.
- Mantelatto, F.L.M. & Fransozo, A. 1999. Reproductive biology and moulting cycle of the crab *Callinectes ornatus* (Decapoda Portunidae) from the Ubatuba region, São Paulo, Brazil. *Crustaceana*, 72(1): 63-76.
- Mendonça, J.T.; Verani, J.R. & Nordi, N. 2010. Evaluation and management of blue crab *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) (Decapoda – Portunidae) fishery in the Estuary of Cananéia, Iguape and Ilha Comprida, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(1): 37-45.
- Muelbert, J.H. & Weiss, G. 1991. Abundance and distribution of fish larvae in the channel area of the Patos Lagoon Estuary, Brazil. In: Larval fish recruitment and research in the Americas: Proceedings of the thirteenth annual larval fish conference. R. Hoyt (Ed.). NOAA Tech. Rep. NMFS, 95: 43-54.
- Murphy, M.D.; Meyer, C.A. & McMillen-Jackson, A.L. 2001. A stock assessment for blue crab, *Callinectes sapidus*, in Florida waters. Florida: Florida Fish and Wildlife Commission, 2001. 56 p.

- Niencheski, L.F. & Baumgarten, M.G.Z. 1998. Química Ambiental. In: Seeliger, U.; Odebrecht, C. & Castello, J. eds. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. Rio Grande, Ecoscientia. P. 21-25.
- Oliveira, A.R. 2005. Bioecologia do siri-azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896, na região estuarina da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande, 172p.
- Oliveira, A.R.; Pinto, T.K.; Santos, D.P.D. & D’Incao, F. 2006. Dieta natural do siri-azul *Callinectes sapidus* (Decapoda,Portunidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos,Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil, Iheringia, Série Zoológica, 96(3): 305-313.
- Perez-Farfante, I. 1967. A new species and two new subspecies of shrimp of the genus *Penaeus* from western Atlantic. Proceedings of the Biological Society of Washington, 80: 83-100.
- Prager, M.H. 1996. A simple model of the blue crab, *Callinectes sapidus*, spawning migration in Chesapeake Bay. Bulletin of Marine Science, 58(2): 421-428.
- Santos, C.R.M. 2007. Biogeografia, sistemática e filogenia de Portunidae Rafinesque, 1815 do Oceano Atlântico Ocidental (Crustacea, Decapoda): ênfase em *Callinectes* Stimpson, 1860 e *Portunus* Weber, 1795. Tese de Doutorado, Fundação Universidade do Rio Grande, RS. 296p.
- Seitz, R.D.; Lipcius, R.N.; Stockhausen, W.; Delano, K.; Seebo, M.S. & Gerdes, P. 2003. Potential bottom-up control of blue crab distribution at various spatial scales. Bulletin of Marine Science, 72(2): 471-490.

- Seitz, R.D. 2005. Introduction to the proceedings of the 2003 Blue Crab Symposium: Genetics, ecology, and conservation of the blue crab. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 319: 1-2.
- Severino-Rodrigues, E.; Pita, J.B. & Graça-Lopes, R. 2001. Pesca artesanal de siris (Crustácea, Decapoda, Portunidae) na região estuarina de Santos e São Vicente (SP), Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 27(1): 7-19.
- Tagatz, M.E. 1965. The fishery for blue crabs in the St. Johns River, Florida, with special reference to the fluctuation in yield between 1961 and 1962. U. S. Fish and Wildlife Service, Science Report Fisheries, 501: 1-11.
- Tagatz, M.E. 1968. Biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Johns River, Florida. U. S. Fish and Wildlife Service, Fishery Bulletin, 67(1): 17-33.
- Taissoun, E.N. 1969. Las especies de cangrejos del genero "*Callinectes*" (Brachyura) en el Golfo de Venezuela e Lago Maracaibo. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 2: 1-112.
- Tavares, L.J. 1987. Estudo populacional, crescimento e distribuição do siri-azul (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) no estuário de Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil (Crustacea, Decapoda, portunidae). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 162p.
- Vazzoler, A.E.A. M. 1996. Biologia de reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, SBI/EDUEM, 129p.
- Vieira, J.P.; Vasconcellos, M.C.; SILVA, R.E. & Fisher, L.G.F. 1996. A rejeição da pesca do camarão-rosa (*Penaeus paulensis*) no estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Atlântica*, 18: 123-142.

- Vieira, R.R.R. 2006. Identificação, abundância e distribuição das fases larvais das espécies de brachyura (Crustacea, Decapoda) no estuário da Lagoa dos Patos e região costeira adjacente. Tese de Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande, Rio Grande. 203p.
- Williams, M.J. 1974. The swimming crabs of genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). Fishery Bulletin, 72(3): 685-789.
- Zar, J.H. 1999. Bioestatistical Analysis. New Jersey, Prentice-Hall, 4ª ed., 663.

**APLICAÇÃO DA DETERMINAÇÃO DA IDADE BASEADA NA  
METODOLOGIA DA NEUROLIPOFUSCINA PARA A ESPÉCIE  
*CALLINECTES SAPIDUS* NO ESTUÁRIO DA LAGOA DOS PATOS**

**Abstract**

Age determination using the quantification of neurolipofuscin has been shown to be a useful and reliable approach to understand the population dynamics of crustaceans. This study quantified the accumulation of in situ neurolipofuscin in the olfactory lobe cell mass 10 of the supraesophageal ganglion (“brain”) of the blue crab *Callinectes sapidus*. Crabs were collected in the Lagoa dos Patos estuary and taken to the laboratory. A random subsample was taken for the quantification of neurolipofuscin in each individual, and further, the annual rate of neurolipofuscin accumulation (% vol/year) was estimated for the subsampled animals. One hundred sixty animals were analysed. Based on the age estimates obtained using the neurolipofuscin approach, the growth curve and the instantaneous rate of total mortality were estimated. The estimated annual rate of neurolipofuscin accumulation was 0.34 % vol/year. The oldest animal caught had an estimated age of 4.15 years, and total mortality (Z), natural mortality (M), fishing mortality (F) and rate of exploitation were 0.82/year, 0.20/year, 0.62/year, and 0.76, respectively (E). Provided a larger sample size than it has been analysed in the present investigation, the results indicate that the neurolipofuscin approach can be used to determine reliably the age structure of *Callinectes sapidus*.

Keywords: neurolipofuscin, blue crab, Crustacea, *Callinectes sapidus*, mortality.

## **Resumo**

Determinação da idade usando a quantificação da neurolipofuscina tem se mostrado uma abordagem útil e confiável para compreender a dinâmica populacional dos crustáceos. Este estudo quantificou a acumulação de neurolipofuscina *in situ* na massa de células olfativas do lobo 10 do gânglio supraesofágico ("cérebro") do siri azul *Callinectes sapidus*. Os siris foram coletados no estuário da Lagoa dos Patos e levados para laboratório. Uma subamostra aleatória foi tomada para a quantificação de neurolipofuscina em cada indivíduo, e, ainda, a taxa anual de acumulação de neurolipofuscina (% vol / ano) foi estimada para os animais da subamostra. Cento e sessenta animais foram analisados. Com base na idade, foram obtidas estimativas usando a abordagem da neurolipofuscina, a curva de crescimento e a taxa instantânea de mortalidade total foram estimadas. A taxa anual estimada de neurolipofuscina acumulada foi de 0,34% vol / ano. O animal mais velho capturado tinha uma idade estimada de 4,15 anos, a mortalidade total (Z), a mortalidade natural (M), a mortalidade por pesca (F) e taxa de exploração foram 0.82/ano, 0.20/ano, 0.62/ano, e 0,76, respectivamente (E). Com uma análise de dados maior do que a analisada na presente investigação, os resultados indicam que a abordagem da neurolipofuscina pode ser usada para determinar com confiabilidade a estrutura etária de *Callinectes sapidus*.

**Palavras-Chave:** neurolipofuscina, siri-azul, Crustacea, *Callinectes sapidus*, mortalidade.

## **Introdução**

O processo de formação da lipofuscina ocorre continuamente ao longo da vida durante a respiração aeróbica das células (Terman & Brunk, 2004) pois sua formação está relacionada ao estresse oxidativo resultante do metabolismo celular (Sitte *et al.*, 2001). A acumulação do pigmento lipofuscina é idade-dependente (Katz & Robinson, 2002) e é considerada uma característica marcante no processo natural do envelhecimento, podendo ser entendida como um índice de envelhecimento fisiológico (Porta, 2002).

Sua acumulação foi encontrada em uma ampla gama de animais, incluindo mamíferos, peixes, insetos, crustáceos, bivalves e nematóides (Hammer & Braum, 1988). A acumulação contínua de lipofuscina - em tecidos nervosos (neurolipofuscina) - com a idade foi registrada no camarão peneídeo *Marsupenaeus japonicus* Bata, 1888 (Medina *et al.*, 2000), no camarão carídeo *Notocrangon antarcticus* Pfeffer, 1887 (Bluhm & Brey, 2001), no lagostim de água doce *Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852 (Belchier *et al.*, 1998), na lagosta europeia *Homarus gammarus* Linnaeus, 1758 (Sheehy *et al.*, 1999), no siri azul *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Pereira *et al.*, 2010) e na lagosta espinhosa *Panulirus argus* Latreille, 1804 (Maxwell *et al.*, 2007).

A quantidade de neurolipofuscina é um marcador fisiológico da idade ao invés da idade cronológica do animal, o que requer a calibração do método (Sheehy *et al.*, 1995a; Maxwell *et al.*, 2007), feita através da análise da frequência de neurolipofuscina de uma subamostra aleatória da captura em campo, e com a aplicação de juvenis de cultivo de idade conhecida. A taxa média acúmulo de neurolipofuscina por ano varia entre as espécies e aparentemente é dependente da sua taxa de metabolismo. No período de vida curto do lagostim tropical *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), no maior período de vida da lagosta de águas temperadas *Pacifastacus leniusculus*, na

longa vida da lagosta temperada *Homarus gammarus* e no camarão de águas frias *Notocrangon antarcticus* as frações de volume de lipofuscina por ano foram de 2,0%, 0,20%, 0,07% e 0,02%, respectivamente (Bluhm & Brey, 2001; Sheehy, 2002a). As taxas de acumulação deste pigmento são ao menos parcialmente dependente da temperatura ambiental (Sheehy, 2002a) que altera a taxa de oxigênio consumido e o metabolismo do organismo (Tully *et al.*, 2000).

A determinação da idade de crustáceos baseada na quantificação de neurolipofuscina é uma área de pesquisa pioneira não somente no Brasil mas como em toda a América Latina. O método da neurolipofuscina foi empregado com sucesso na resolução de grupos etários em populações de decápodes de interesse comercial (Sheehy *et al.*, 1996, 1998, 1999; Sheehy & Bannister, 2002; Sheehy & Prior, 2008). Estes resultados abriram novas possibilidades para o uso deste método em situações onde estudos com animais de idade conhecida, tanto cultivados ou obtidos em programas de marcação-recaptura, não são viáveis. Especificamente, estes estudos demonstraram que as estruturas etárias de populações de crustáceos determinadas a partir de métodos baseados em comprimento subestimam o número de grupos etários e, subseqüentemente, a longevidade máxima da espécie e as estimativas de mortalidade natural.

Em populações exploradas comercialmente, informações sobre a estrutura etária e crescimento são usadas em muitos modelos de avaliação de estoques. Por exemplo, durante o desenvolvimento inicial de uma pescaria, a informação sobre a longevidade da espécie alvo pode ser usada para se avaliar o rendimento pesqueiro. Com o desenvolvimento da pescaria, a composição etária e o tamanho médio dos animais capturados podem ser utilizados para a estimativa do tamanho do estoque (Hilborn & Walters, 1992). Deste modo, fica evidente que o uso do método da neurolipofuscina

para a determinação da idade de crustáceos de interesse comercial tem potencial de descrever com mais precisão tanto a dinâmica da população da espécie quanto os efeitos da pesca no estoque. Adicionalmente, a determinação etária usando-se neurolipofuscina também é vantajosa para o melhor entendimento da dinâmica populacional de espécies que não são exploradas economicamente, com a vantagem de que possíveis fatores afetando a taxa de acumulação de neurolipofuscina possam ser melhor identificados devido, por exemplo, a ausência de vícios de amostragem decorrentes da atividade pesqueira.

Na pesca, os dados sobre o envelhecimento e longevidade são necessários para estimar corretamente o potencial pesqueiro de populações naturais (Ye, 1998) enquanto que para a biologia da conservação são de utilidade para se criar modelos de ameaça sobre uma espécie (Meyer *et al.*, 2007).

*Callinectes sapidus* possui uma ampla distribuição geográfica sendo encontrado desde a costa atlântica da América do Norte até a margem sul da América do Sul, mais precisamente entre Massachusetts nos Estados Unidos e Venezuela, e entre Rio de Janeiro no Brasil e Buenos Aires na Argentina (Santos, 2007).

A acumulação de neurolipofuscina *in situ* já foi demonstrada em pedúnculos e no gânglio supraesofágico (“cérebro”) de *C. sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos (Pereira *et al.*, 2010). Este estudo demonstrou não haver uma diferença bilateral na acumulação de neurolipofuscina nestas estruturas. Além disso, observou-se uma fraca relação entre a quantidade de neurolipofuscina e o tamanho do animal. Baseado no fato que a quantificação de neurolipofuscina tem sido demonstrada útil para a determinação da idade de crustáceos e na observação que neurolipofuscina pode ser usada para este propósito na espécie *Callinectes sapidus*, este trabalho tem como objetivo determinar a estrutura etária da espécie no estuário da Lagoa dos Patos, bem como seu crescimento e

mortalidade, e com isso contribuir para pesquisas futuras, utilizando-se esta metodologia para o estudo da dinâmica de populações deste portunídeo.

## **Material e Métodos**

### ***Amostragem***

Os siris foram capturados na região estuarina da Lagoa dos Patos, em duas áreas de estudo, na região do Saco da Mangueira (32° 4' 44,76''S 052° 7' 54,84''W) e na ilha dos Marinheiros, na área conhecida como Bandeirinhas (32° 1' 40,44''S 052° 13' 40,8''W), nos anos de 2009 e 2010 com duas amostragens em cada local. A amostragem foi feita em arrastos de 15 minutos, com rede específica para captura da espécie. Em laboratório todos os siris coletados foram medidos (largura da carapaça em mm, entre as bases dos espinhos laterais), juntamente com a verificação do sexo e maturidade.

### ***Análise da Neurolipofuscina***

De cada amostra de 200 animais foi retirada uma subamostra de 60 animais, que constituiu uma porção aleatória da pesca total, para a quantificação de lipofuscina. Os exemplares de *Callinectes sapidus* foram crioanestesiados em água com gelo por 10 minutos antes da extração de uma região que contém o cérebro (gânglio supra-esofágico; Fonseca *et al.*, 2005). O tecido removido foi fixado em formol a 10%. Após 48 horas no fixador, o cérebro foi dissecado fora dos tecidos circundantes e carapaça, desidratados em sequência crescente de álcool, diafanizados e incluídos em parafina. O seccionamento foi realizado utilizando um micrótomo rotativo fixado em 6 µm de espessura. O emblocamento foi orientado de uma maneira que permitiu o corte

transversal do tecido para a observação do lobo olfatório do gânglio supraesofágico, o agregado 10 que se encontra posteriormente ao lobo olfatório (Pereira *et al.*, 2010).

As imagens foram observadas (100 x objetiva de óleo) usando uma Olympus BX-50 microscópio com epifluorescência anexo (BX-FLA), fixado em azul filtro de excitação (488 nm). Imagens foram obtidas usando uma câmera CCD e, para cada imagem, a região com maior quantidade de acumulação de neurolipofuscina foi selecionada e uma imagem foi capturada e gravada (Sheehy, 2002b). Em média de 10 a 15 seções foram obtidas por amostra. A estimativa da neurolipofuscina (% de fração da área) para cada imagem capturada foi obtida a partir a relação entre o número de pixels ocupados pelos grânulos de lipofuscina e o número total de pixels da imagem (as áreas sem tecido foram excluídas deste total). Esta análise de imagem foi realizada utilizando GNU Image Manipulation Program (GIMP), onde foi realizada a quantificação de neurolipofuscina em cada imagem, sendo calculada pela razão entre a área ocupada pelos grânulos e a área total de células. A quantidade de neurolipofuscina em cada amostra foi estimada através de uma média geométrica ponderada simples (Sheehy *et al.*, 1998), por convenção estereológica. Este valor de neurolipofuscina foi expresso na unidade % de volume (% vol.).

Os dados de % de volume de neurolipofuscina foram divididos em intervalos de classe de 0,2% e foram construídos histogramas. A determinação dos grupos etários, baseada na frequência de neurolipofuscina, foi feita através do ajuste de curvas normais as distribuições de frequência de neurolipofuscina usando-se o programa “PeakFit” (SPSS, Inc.). Após a determinação dos grupos etários na subamostra de neurolipofuscina, a taxa anual de acumulação de neurolipofuscina foi estimada através da relação entre a média de cada grupo etário *versus* a classe anual atribuída a cada grupo etário. Após calculada a taxa anual de acumulação de neurolipofuscina, a idade

cronológica dos animais da subamostra foi estimada pelo quociente entre a quantidade de neurolipofuscina estimada para cada animal e a taxa anual de acumulação de neurolipofuscina. Para minimizar o esforço e maximizar o tamanho da amostra, os dados de neurolipofuscina para machos e fêmeas foram agrupados. A justificativa para isso é que na literatura não há registros de diferença significativa entre os padrões de acumulação de lipofuscina para ambos os sexos (Fonseca & Sheehy., 2007).

Para melhor interpretação dos dados de idade, os valores das regiões da Mangueira e Bandeirinhas foram agrupados, assegurados por uma análise ANOVA de 1 via a qual não apresentou diferença significativa entre os dois locais ( $p > 0,05$ ).

### ***Estimação dos parâmetros avaliados***

#### **Crescimento**

Foi usado o procedimento padrão de regressão não linear para se ajustarem ao modelo de von Bertalanffy (1938) sendo os dados utilizados os valores de idade (estimados pela neurolipofuscina) e a largura de carapaça. O valor do  $t_0$  utilizado nesse estudo foi de (-0,02), pois com esse valor semente o animal na idade 0 ( $LC_0$ ) apresenta o tamanho muito semelhante ao valor de crab I, que segundo Barutot *et al.* (2001), é igual a 2,61 mm excluídas as fases larvais. O valor de  $LC_\infty$  foi fixado em 120 mm, sendo esse valor definido a partir de uma média das largura de carapaça. Os parâmetros de crescimento foram calculados através da ferramenta solver (Office XP), a qual procura, a partir de valores “sementes”, minimizar as somas dos resíduos entre os comprimentos observados em campo e os calculados pelo modelo de von Bertalanffy variando o parâmetro (k) da equação como se segue:

$$LC_t = LC_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Onde:

$L_{Ct}$  = largura total no tempo  $t$ ;

$k$  = constante de crescimento;

$t_0$  = parâmetro de ajuste, representando a idade do indivíduo quando seu tamanho é igual a zero.

A longevidade foi obtida através da análise da neurolipofuscina onde, por meio desta, obteve-se a idade máxima dos animais e, conseqüentemente, a longevidade máxima para a espécie.

Foi inserido na curva de crescimento indivíduos juvenis de cultivo em laboratório, com idade conhecida (neurolipofuscina), para calibrar a curva de crescimento estimada a partir do programa Table Curve, versão 5.0, ® SPSS Inc., 2000.

### **Mortalidade**

A taxa de mortalidade total,  $Z$ , foi estimada diretamente a partir de uma distribuição etária derivada dos dados de neurolipofuscina (curva de captura).  $Z$  foi estimado como a inclinação (com sinal alterado) da regressão linear. Foi aplicado o log natural em cada classe de idade.

A taxa de mortalidade natural,  $M$ , foi estimada através de uma análise de regressão (Pauly, 1980) por ano contra a constante de catabolismo ( $k$ ) por ano, comprimento assintótico  $L_{\infty}$  (mm) e a temperatura média da superfície ( $T^{\circ}\text{C}$ ). Nesse estudo foi estimada uma  $T^{\circ}\text{C}$  de  $18^{\circ}\text{C}$  a partir da média das temperaturas anuais do estuário da Lagoa dos Patos (IBGE, 1986):

$$\ln M = -0,0152 - 0,279 \ln L_{\infty} + 0,6543 \ln k + 0,463 \ln T$$

A mortalidade por pesca ( $F$ ) foi calculada pela fórmula:

$$F = Z - M;$$

enquanto que a taxa de exploração foi estimada por:

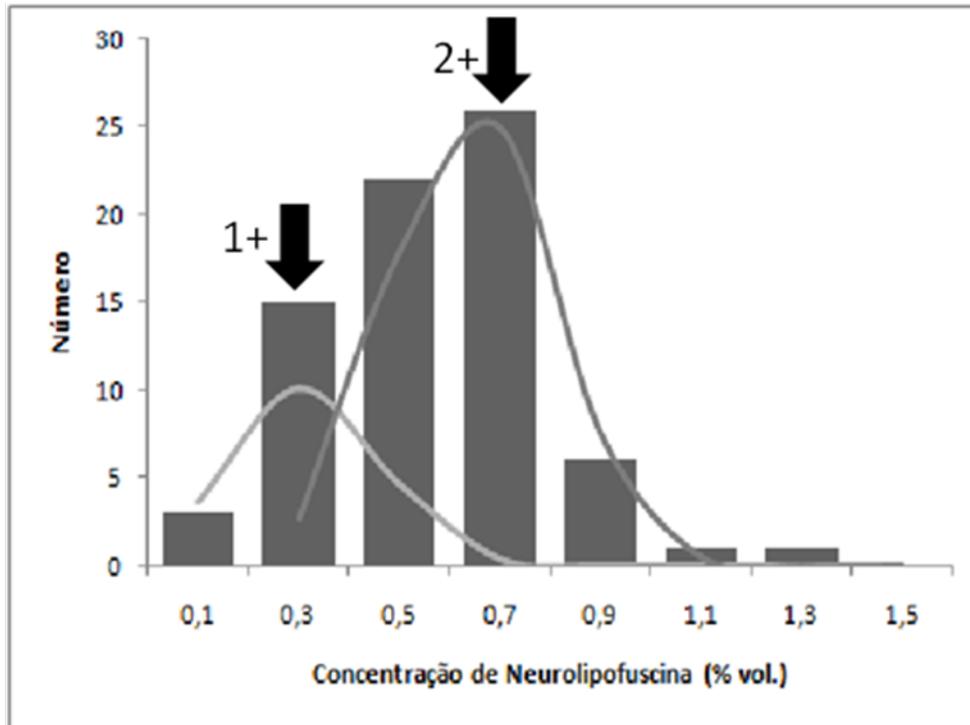
$$E = F/Z.$$

## **Resultados**

### *Neurolipofuscina*

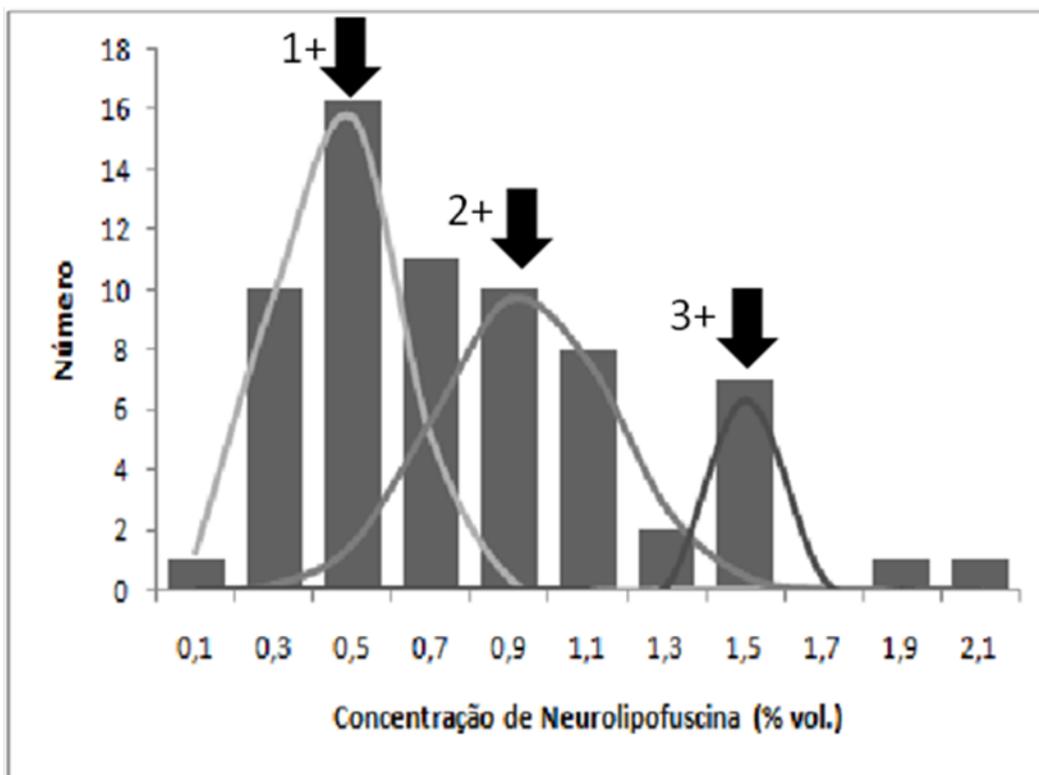
A neurolipofuscina foi quantificada em 160 animais, sendo que 18 foram indivíduos de cultivo em laboratório, e os outros 142 foram os exemplares quantificados durante esse estudo. Os indivíduos de cultivo de laboratório não foram sexados devido ao seu tamanho. A largura de carapaça variou entre 45,9 e 131,3 mm nos 142 indivíduos analisados (68 machos e 74 fêmeas). Nas fêmeas a largura média da carapaça foi  $94,59 \pm 16,71$  mm ( $\pm$  d.p.), enquanto que para os machos foi  $89,02 \pm 20,14$  mm ( $\pm$  d.p.). Dentre as fêmeas, vinte e duas eram imaturas e cinquenta e quatro maduras. Para os machos, treze eram imaturos e cinquenta e cinco maduros. Dentre os sexos e dentre os animais maduros e imaturos houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quanto às larguras de carapaça.

Para cada local de estudo foram estimados os grupos etários. A decomposição da distribuição para os indivíduos do Saco da Mangueira estimou dois grupos etários; o primeiro com 0,31% vol. de neurolipofuscina e o segundo com 0,64% vol. de neurolipofuscina (Fig. 1). Considerando o incremento na % vol. de neurolipofuscina, pode-se inferir uma taxa de acumulação anual de aproximadamente 0,34% por grupo etário (0,34%/ano).



**Figura 1.** Concentração de neurolipofuscina (sexos combinados) para a espécie *Callinectes sapidus* na área do Saco da Mangueira. As linhas sólidas são as modas e as setas indicam os grupos etários verificados no Peakfit. 1º grupo etário: 0,31 (% vol.), 2º grupo etário: 0,64 (% vol.).

A decomposição da distribuição para os indivíduos das Bandeirinhas estimou três grupos etários; o primeiro com 0,46% vol. de neurolipofuscina, o segundo com 0,93% vol. de neurolipofuscina, e o terceiro com 1,50% vol. de neurolipofuscina (Fig. 2). Considerando o incremento na % vol. de neurolipofuscina, pode-se inferir uma taxa de acumulação anual de aproximadamente 0,52% por grupo etário (0,52%/ano).



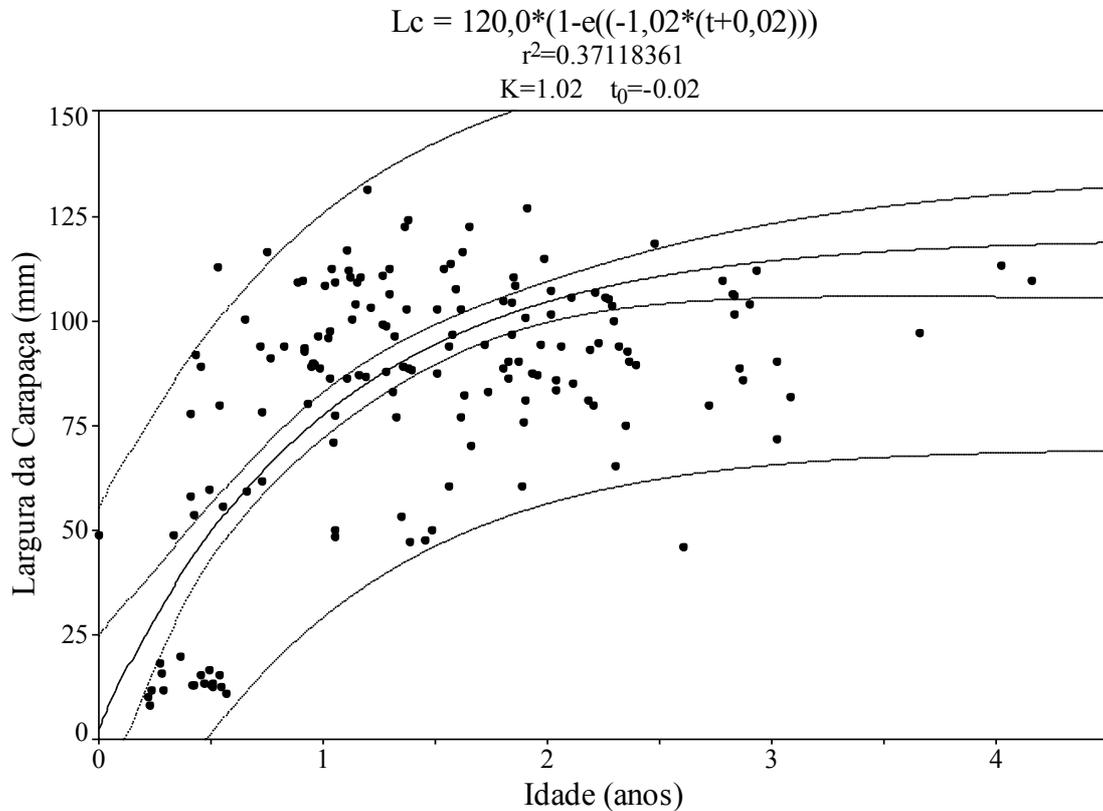
**Figura 2.** Concentração de neurolipofuscina (sexos combinados) para a espécie *Callinectes sapidus* na área das Bandeirinhas. As linhas sólidas são as modas e as setas indicam os grupos etários verificados no Peakfit. 1º grupo etário: 0,46 (% vol.), 2º grupo etário: 0,93 (% vol.), 3º grupo etário: 1,50 (% vol.).

Convertendo-se as estimativas de neurolipofuscina para idade, obteve-se a distribuição etária da amostra com o incremento da neurolipofuscina. O siri mais velho coletado tinha 4 anos e 2 meses (109,7 mm) enquanto que o mais novo tinha 5 meses (48,7 mm).

#### *Crescimento*

Foi analisado um total de 160 indivíduos na construção de uma curva única de crescimento baseada nos dados de neurolipofuscina, sendo 74 fêmeas, 68 machos, mais 18 juvenis de cultivo em laboratório (Fig. 3). A longevidade estimada foi de 4,15 anos (animal mais velho no estudo) e o valor estimado de  $R^2 = 0,37$ .

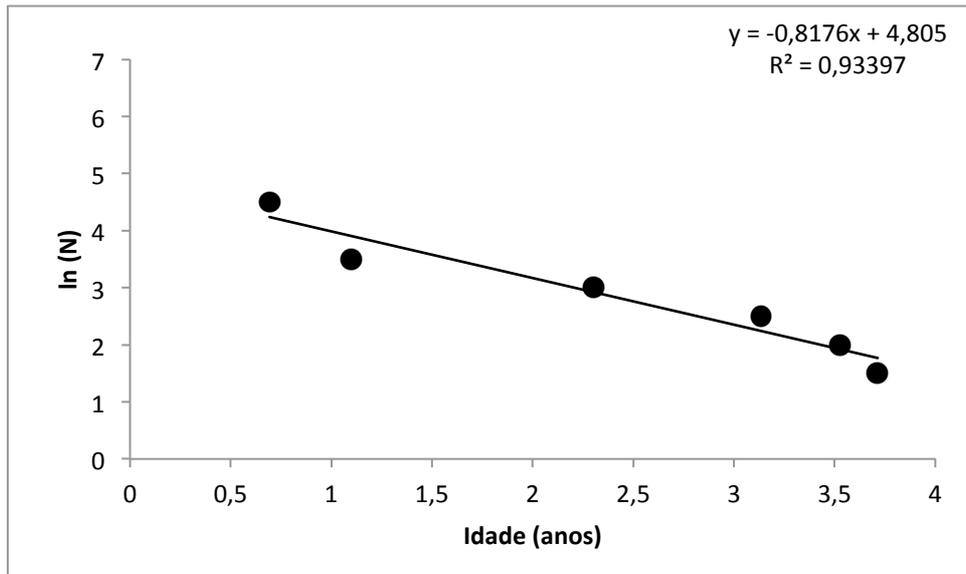
O valor de k anual calculado foi de 1,02, sendo o  $t_0$  fixado em -0,02. Os intervalos dos limites de confiança (95%) não apresentaram diferença significativa para os parâmetros k e  $L_\infty$  ( $p > 0,05$ ).



**Figura 3.** Curva de crescimento e parâmetros da equação de Von Bertalanffy estimados para a espécie *Callinectes sapidus* pelo método da neurolipofuscina. A linha central é a média, as linhas externas são os intervalos de predição (95%) e as internas são os intervalos de confiança estimados (95%).

### **Mortalidade**

Para a construção da curva de captura os recrutas (animais de laboratório inseridos na curva de crescimento) foram tirados da análise. O valor da mortalidade total (Z) estimado com base na curva de captura foi de 0,82 (Fig. 4). A mortalidade natural (M) calculada através da fórmula de Pauly foi de 0,20. A mortalidade por pesca (F), foi estimada em 0,62. A taxa de exploração (E) foi estimada em 0,76.



**Figura 4.** Mortalidade total calculada para a espécie *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos

## Discussão

*Callinectes sapidus* apresenta dimorfismo sexual onde os maiores animais observados são os machos. Estes são dominantes, reprodutivamente ativos e tem vantagem, devido ao seu maior tamanho de largura de carapaça e ao maior tamanho dos seus quelípodos, na “captura” de fêmeas no abraço reprodutivo (Jivoff, 1997; Jivoff & Hines, 1998). A área amostrada do Saco da Mangueira constitui uma área típica de reprodução na região estuarina da Lagoa dos Patos onde os maiores machos são encontrados nessa região. Esse fator pode explicar a diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na largura de carapaça entre machos e fêmeas adultos.

Os dados obtidos com o método da neurolipofuscina demonstraram a ocorrência de animais mais velhos do que três anos de idade, idade essa geralmente registrada em trabalhos de longevidade para a espécie. Os resultados também demonstraram uma das principais vantagens do método da neurolipofuscina que é a sua falta de relação direta com o tamanho do animal. Deste modo, diferenças nas taxas de crescimento individual

não afetam a taxa de acumulação de neurolipofuscina, pois esta acumulação é um índice de envelhecimento fisiológico.

Estimativas de idade são fundamentais para computar a taxa de crescimento, maturação, longevidade e taxa de mortalidade; todos esses parâmetros são vitais para a análise da população (Muller *et al.*, 1997). O crescimento pode ser definido como a variação do tamanho (ou peso) com a idade; a taxa de mortalidade, por sua vez, é comumente idade-dependente. A idade de primeira maturação e o decréscimo da fecundidade com a idade são exemplos da influência da idade no processo reprodutivo. Estudos sobre o crescimento de crustáceos, principalmente espécies de interesse pesqueiro, facilitam o entendimento da dinâmica populacional, permitindo interpretar flutuações naturais de suas populações e alcançar uma exploração sustentável das mesmas (Petrilla & Boschi, 1997).

Artigos disponíveis sugerem que a longevidade pode depender de uma série de fatores em decápodes: afiliação taxonômica, latitude geográfica, habitat e gênero (Vogt, *in press*). A longevidade encontrada para a espécie *Callinectes sapidus* no presente estudo foi de 4,15 anos, longevidade essa maior que a encontrada por Williams (1974) que foi de 2,5 a 3 anos, o qual se valeu da observação do ciclo de vida da espécie. Van Engel (1958), em trabalho feito em Chesapeake Bay, registrou longevidade de 3 a 3,5 anos, mas a média de vida seria 1 ano após atingir a idade adulta. Tagatz (1968), em St. Johns River (EUA), estimou em 4 anos a idade máxima alcançada pela espécie. Ferreira & D’Incao (2008) registrou uma longevidade de 3,17 anos para a espécie no estuário da Lagoa dos Patos, sendo essa estimativa feita pela equação de crescimento de Von Bertalanffy. Rodrigues & D’Incao (2008) estimou a longevidade para a espécie também no estuário da Lagoa dos Patos em 3,45 anos para as fêmeas e 3,47 para os machos. Rugolo *et al.*(1998) estimou 8 anos a longevidade em Chesapeake Bay, valor

desconsiderável quando comparado com a média dos outros autores. Esse mesmo autor encontrou maiores dimensões de largura de carapaça, chegando a valores próximos de 260 mm. Não se tem registros históricos para animais desse porte no estuário da Lagoa dos Patos, sendo que os valores máximos encontrados neste estuário para uma série histórica de mais de 20 anos (banco de dados do Laboratório de Crustáceos Decápodes/FURG) foram de 162,71mm  $\pm$ d.p.=3,10 para machos e 157,78mm  $\pm$ d.p.=5,45 para fêmeas (Ferreira & D'Incao, 2008). Uma explicação para isso poderia ser relacionada com a migração da espécie, sendo que as migrações pós-cópula de fêmeas para fora do estuário para desovarem, e de machos para o interior do estuário podem ser responsáveis pela ausência dos maiores indivíduos nas amostras.

Um fator importante o qual deve ser relacionado com a longevidade da espécie ao acúmulo de neurolipofuscina é a temperatura pois o aumento da taxa de acumulação de neurolipofuscina é diretamente proporcional a temperatura média da água e inversamente proporcional a latitude geográfica (Sheehy, 2002). Em diversos trabalhos (Sheehy, 1992; Sheehy *et al.*, 1994; Sheehy *et al.*, 1996; Sheehy *et al.*, 1998; Sheehy *et al.*, 1999), o autor citado relatou comparações detalhadas das taxas de acúmulo de neurolipofuscina em relação a temperatura média do habitat. Sheehy (2002) apesar de ter analisado um número limitado de espécies de crustáceos da subordem Pleocyemata, encontrou resultado estatisticamente significativo positivo entre o log da taxa de acumulação anual de neurolipofuscina e o registro da temperatura. Os dados sugerem a importância do meio ambiente em relação a taxa de envelhecimento em animais poiquilotérmicos, mesmo a um nível taxonômico relativamente alto. Se o padrão é quantitativamente semelhante em outros grupos filogenéticos, esses devem ser testados em outros estudos (Sheehy, 2002). Sheehy (1990) e Sheehy *et al.* (1995b) apresentaram evidências anteriores que a taxa de acúmulo de neurolipofuscina em peneídeos parece

ser menor do que esperado, o que pode muito bem refletir a influência genética deste grupo.

Ferreira & D’Incao (2008) estima que a espécie atinge o tamanho mínimo de captura no primeiro ano de vida (120 mm). Esse fato é importante para as populações por aumentar a probabilidade dos animais reproduzirem antes de serem capturados. No presente estudo, com um ano de vida a espécie possui 75mm de largura de carapaça. Mesmo trabalhando com a medida inferior de  $LC_2$  e calculando esse valor para  $LC_1$ , o mesmo não alcançaria o valor de 120 mm, o qual é o tamanho mínimo permitido de captura pela Portaria do IBAMA N° 24 de 26 de julho de 1983, que regulamenta a pesca do siri azul no estuário da Lagoa dos Patos. Essa questão do tamanho pode ser corroborada com a alta taxa de exploração ( $E=0,76$ ) a qual será discutida mais adiante.

Apesar da largura máxima ( $LC_\infty$ ) ter sido mantida fixa em todas as análises, o parâmetro K ainda pode fornecer informações importantes para o crescimento. Quanto ao parâmetro “ $t_0$ ”, Santos (1978) considera fator de pouca importância para peixes e crustáceos. No presente estudo, o  $t_0$  foi utilizado como parâmetro de ajuste do tamanho do indivíduo na idade zero, o qual foi considerado como (-0,02). O valor do  $R^2 = 0,37$  baixo já era esperado na análise, devido a baixa correlação que há entre as idades dos animais e o tamanho de seus comprimentos por meio da análise da neurolipofuscina.

Ao comparar-se a taxa de mortalidade total  $Z=0,82$  estimada nesse estudo as obtidas por outros autores [ $Z=1,55$  na baía de Chesapeake (Rugolo *et al.*, 1998),  $Z=1,17$  na baía de Delaware (INP, 2000) e  $Z= 3,91$  no Golfo do México (Helser & Khan, 2001)] se observa que as estimadas no presente estudo são menores, o que se deve muito provavelmente a pescaria sobre a espécie em outros locais ser em grande escala, somada a um maior número de pescadores, com embarcações e artefatos de pesca direcionados a esta pescaria, ocasionando uma maior mortalidade. Na baía de Chetumal

o nível de exploração é bem menor, sendo o valor de  $Z=0,85$  (Rosas-Correa & de Jesús-Navarrete, 2008), com uma frota de pescadores artesanais menor e armadilhas mais rústicas. A pesca de siri-azul no estuário da Lagoa dos Patos é uma alternativa de captura nas entre-safras de espécies com maior valor econômico agregado.

O valor de  $M=0,20$  estimado nesse estudo foi bem menor quando comparado aos outros trabalhos citados acima. Este valor da mortalidade natural deve ser bem trabalhado pois o mesmo provém de uma equação utilizada para peixes e não para crustáceos. Outro aspecto importante a ser analisado é que a espécie *Callinectes sapidus* não possui predadores naturais no estuário da Lagoa dos Patos, além do próprio homem. A mortalidade por pesca estimada em  $F=0,62$  está bem acima da mortalidade natural, o que deixa a mortalidade por pesca com mais de 50% do total da diminuição da espécie. Gulland (1971) sugeriu que o nível de exploração ótimo se alcança quando a taxa de exploração é  $E=0,5$ , isto significa manter a população no nível máximo de produção quando se está explorando em condições ótimas. Nesse caso a população de *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos está sendo sobre-explorada pois a taxa de exploração foi de  $E=0,76$ .

Diversos autores têm usado o método da neurolipofuscina em diversas espécies de crustáceos. No extremo leste do mar de Weddell, Bluhm & Brey (2001) estimaram o crescimento e mortalidade de *Notocrangon antarcticus*; Vila *et al.*, (2000) confirmaram que o método pode ser usado em estudos de estrutura de idade de animais selvagens e avaliação de recursos naturais de *Penaeus japonicus* em Ayamonte (Huelva, Espanha); Maxwell *et al.*, (2007) estudaram o crescimento de *Panulirus argus* na Flórida; Fonseca & Sheehy (2007) realizaram um experimento onde fizeram distribuições de frequência e comprimento x distribuições de frequência e concentração de neurolipofuscina no lagostin *Pacifastacus leniusculus*.

O método da neurolipofuscina se mostrou viável para descrevermos o crescimento e a mortalidade da espécie *Callinectes sapidus* no estuário da Lagoa dos Patos. Mesmo com um N amostral pequeno foi possível fazer todas as análises de uma progressão modal, por exemplo. Técnicas demográficas de neurolipofuscina têm feito progressos consideráveis nos últimos anos, com aplicações bem sucedidas não apenas a crustáceos, mas também outros grupos onde as abordagens tradicionais são inadequadas. A interpretação das composições de tamanho em função dos resultados de neurolipofuscina sugerem que podem ser identificadas novas coortes em relação aos dados de frequência de tamanho. Essas novas descobertas reforçam a base para uma boa gestão e sustentabilidade do recurso *Callinectes sapidus*, o qual é um recurso biológico importante, e fornecerem orientações para uma aplicação mais ampla do método neurolipofuscina com relação ao envelhecimento. Como sugestão de manejo para a pesca da espécie propõe-se um período de defeso de no mínimo três meses, entre dezembro e fevereiro, preservando assim o estoque desovante durante a sua temporada reprodutiva.

## **Bibliografia**

- Barutot, R.A., Vieira, R.R.R. & Rieger, P.J. 2001. Desenvolvimento juvenil de *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (Crustacea: Decapoda: Portunidae), em laboratório, a partir de megalopas coletadas no plâncton. Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia PUCRS, Série Zoologia, 14(1): 23-42.
- Belchier, M., Edsman, L., Sheehy, M.R.J. & Shelton, P.M.J., 1998. Estimating age and growth in long-lived temperate freshwater crayfish using lipofuscin. *Freshwater Biology*, 39: 439-446.

- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquires on growth laws). *Human Biology*, 10(2): 181-213.
- Bluhm, B.A. & Brey, T., 2001. Age determination in the Antarctic shrimp *Notocrangon antarcticus* (Crustacea: Decapoda), using the autofluorescent pigment lipofuscin. *Marine Biology*, 138: 247-257.
- van Engel, W.A. 1958. The blue crab and its fishery in the Chesapeake Bay. Part. 1. Reproduction, early development, growth, and migration. *Commercial Fisheries Review*, 20: 6-17.
- Ferreira, L.S. & D’Incao, F. 2008. Crescimento de *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) no estuário da laguna dos Patos, RS, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre, 98(1): 70-77.
- Fonseca D.B., Parise C.K. & Barutot R.A. 2005. Ocorrência de lipofuscin age pigment in *Chasmagnathus granulatus* (Decapoda, Varunidae). *Nauplius*, 13: 175-181.
- Fonseca D.B. & Sheehy M.R.J. 2007. Does size matter? A cautionary experiment on overoptimism in length-based bioresource management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64: 996-1008.
- Gulland, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de poblaciones de peces. 164 pp. Food and Agriculture Organization, Madrid.
- Hammer, C. & Braum, E., 1988. Quantification of age pigments (lipofuscin). *Comparative Biochemistry and Physiology*, (90B): 7-17.

- Helser, T.E. & Khan, D.M. 2001. Stock assessment of Delaware bay blue crab (*Callinectes sapidus*) for 2001. Department of Natural Resources and environmental control Delaware, 41pp. Division of Fish and Wildlife, Dover, Delaware.
- Hilborn, R. & Walters, C.J. 1992. Analysis of body size and growth data. In: Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics & Uncertainty, London: Chapman & Hall, pp. 410-433.
- INP. 2000. La pesquería de jaiba Del Golfo de México y mar Caribe. Carta Nacional Pesquera, 25pp. Instituto Nacional de la Pesca, México.
- Jivoff, P. 1997. Sexual competition among male blue crab, *Callinectes sapidus*. Biological Bulletin, 193: 368-380.
- Jivoff, P. & Hines, H. 1998. Female behavior, sexual competition and mate guarding in the blue crab, *Callinectes sapidus*. Animal Behaviour, 55: 589-603.
- Katz, M.L. & Robinson, W.G. 2002. What is lipofuscin? Defining characteristics and differentiation from other autofluorescent lysosomal storage bodies. Archives of Gerontology and Geriatrics, 34: 169-184.
- Maxwell, K.E., Matthews, T.R., Sheehy, M.R.J., Bertelsen, R.D. & Derby, C.D., 2007. Neurolipofuscin is a measure of age in *Panulirus argus*, the Caribbean spiny lobster, in Florida. Biology Bulletin, 213: 55-66.
- Medina, A., Vila, Y., Megina, C., Sobrino, I. & Ramos, F., 2000. A histological study of the age-pigment, lipofuscin, in dendrobranchiate shrimp brains. Journal of Crustacean Biology, 20: 423-430.

- Meyer, K.M., Gimpel, K. & Brandl, R., 2007. Viability analysis of endangered crayfish populations. *Journal of Zoology*, 273: 364-371.
- Muller, R.G, Hunt, J.H., Matthews, T.R. & Sharp, W.C .1997. Evaluation of effort reduction in Florida Keys spiny lobster, *Panulirus argus*, fishery using an age structured population analysis. *Marine & Freshwater Research*, 48: 1045-1058.
- Pereira, C.R., D’Incao, F. & Fonseca, D.B., 2010. Bilateral comparison of *in situ* neurolipofuscin accumulation in *Callinectes sapidus* caught in the wild. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 563- 567.
- Petrilla, A.M. & Boschi, E.E. 1997. Crecimiento en crustáceos decápodos: resultados de investigaciones realizadas en Argentina. *Investigación en Biología, Universidade de Valparaíso*, 25: 135-157.
- Porta, E.A. 2002. Pigments in aging: an overview. *Ann. NY Acad. Sci.* 959, 57-65.
- Rodrigues, M. & D’Incao, F. 2008. Comparação do crescimento entre *Callinectes sapidus* (Crustacea, Decapoda, Portunidae) coletados em campo e mantidos em condições controladas. *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*, 98(3): 372-378.
- Rosas-Correa, C.O. & Jesús-Navarrete, A. 2008. Parámetros poblaciones de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) em la Bahia de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(2): 247-253.
- Rugolo, L.J., Knotts, K.S., Lange, A.M. & Crecco, V.A., 1998. Stock assessment of Chesapeake Bay blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun). *Journal of Shellfish Research*, 17: 905-930.
- Santos, E. 1978. Dinâmica de população aplicada à pesca e a piscicultura. São Paulo, HUCITEC, 129p.

- Santos, C.R.M. 2007. Biogeografia, sistemática e filogenia de Portunidae Rafinesque, 1815 do Oceano Atlântico Ocidental (Crustacea, Decapoda): ênfase em *Callinectes* Stimpson, 1860 e *Portunus* Weber, 1795. Tese de Doutorado. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 296 p.
- Sheehy, M.R.J. 1990. The widespread occurrence of fluorescent morphological lipofuscin in the crustacean brain. *J. Crust. Biol.* 10, 613–622.
- Sheehy, M.R.J., 1992. Lipofuscin age-pigment accumulation in the brains of ageing field and laboratory reared crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 161: 79-89.
- Sheehy, M.R.J., Greenwood, J.G. & Fielder, D.R., 1994. More accurate chronological age determination of crustaceans from the field using the physiological age marker, lipofuscin. *Marine Biology*, 121: 237-245.
- Sheehy, M.R.J., Cameron, E., Marsden, G. & McGrath, J. 1995a. Age structure of female giant tiger prawns, *Penaeus monodon*, as indicated by neuronal lipofuscin concentration. *Marine Ecology Progress Series*, 117: 59-63.
- Sheehy, M.R.J., Greenwood, J.G. & Fielder, D.R., 1995b. Lipofuscin as a record of “rate of living” in an aquatic poikilotherm. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 50: 327–336.
- Sheehy, M.R.J., Shelton, P.M.J., Wickins, J.F., Belchier, M. & Gaten, E., 1996. Ageing of the European lobster, *Homarus gammarus*, by the lipofuscin in its eyestalk ganglia. *Marine Ecology Progress Series*, 143: 99-111.

- Sheehy, M.R.J., Caputi, N., Chubb, C. & Belchier, M., 1998. Use of lipofuscin for resolving cohorts of western rock lobsters, *Panulirus cygnus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 55: 925–936.
- Sheehy, M.R.J., Bannister, R.C.A., Wickins, J.F. & Shelton, P.M.J. 1999. New perspectives on the growth and longevity of the European lobster, *Homarus gammarus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 56: 1904-1915.
- Sheehy, M.R.J., 2002a. Role of environmental temperature in aging and longevity: insights from neurolipofuscin. Archives of Gerontology and Geriatrics, 34(3), 287-310.
- Sheehy, M.R.J. 2002b. A flow-cytometric method for quantification of neurolipofuscin and comparison with existing histological and biochemical approaches. Archives of Gerontology and Geriatrics, 34: 233-248.
- Sheehy, M.R.J. & Bannister, R.C.A., 2002. Year-class detection reveals climatic modulation of settlement strength in the European lobster, *Homarus gammarus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 59(7), 1132-1143.
- Sheehy, M.R.J. & Prior, A.E. 2008. Progress on an old question for stock assessment of the edible crab *Cancer pagurus*. Marine Ecology Progress Series, 353: 191-202.
- Sitte, N., Merker, K., Grude, T. & Vzglinicki, T. 2001. Lipofuscin accumulation in proliferating fibroblasts in vitro: an indicator of oxidative stress. Experimental Gerontology, 36: 475-486.
- Tagatz, M.E., 1968. Biology of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Johns River, Florida; Fishery Bulletin, 67(1): 17-33.

- Terman, A, & Brunk, U.T. 2004. Molecules in focus – lipofuscin. *Int. Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 36: 1400-1404.
- Tully, O., O'Donovan, V. & Fletcher, D. 2000. Metabolic rate and lipofuscina accumulation in juvenile European lobster (*Homarus gammarus*) in relation to simulated seasonal changes in temperature. *Marine Biology*, 137: 1031-1040.
- Vila, Y., Medina, A., Megina, C., Ramos, F. & Sobrinho, I. 2000. Quantification of the age-pigment lipofuscin in brains of known-age, pond-reared prawns *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda). *Journal of Experimental Zoology*, 286: 120-131.
- Vogt, G. (In press.) Ageing and longevity in the Decapoda (Crustacea): A review. *Zoologischer Anzeiger*.
- Williams, A.B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae). *Fishery Bulletin, Washington*, 72(3): 685-798.
- Ye, Y., 1998. Assessing effects of closed seasons in tropical and subtropical penaeid shrimp fisheries using a length-based yield-per-recruit model. *ICES. Journal of Marine Science*, 55: 1112-1124.